جمهوری اسلامی ایران
معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور

مشخصات فنی عمومی و اجرایی
تأسیسات برقی ساختمان
جلد اول:
تاسیسات برقی فشار ضعیف و فشار متوسط

(تجدیدنظر دوم)

معاونت نظارت راهبردی

دفتر نظام فنی اجرایی

نشریه شماره ۱-۱۱۰

http://tec.mprog.ir

جمهوری اسلامی ایران
معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور

مشخصات فنی عمومی و اجرایی
تأسیسات برقی ساختمان

جلد اول:
تاسیسات برقی فشار ضعیف و فشار متوسط

نشریه ۱-۱۱۰
(تجدید نظر دوم)

معاونت نظارت راهبردی
دفتر نظام فنی اجرایی

۱۳۸۹

بسمه تعالی

ریاست جمهوری

معاون برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس‌جمهور

بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران	**شماره:**	۱۰۰/۹۶۶۴۰
	تاریخ:	۱۳۸۹/۱۱/۱۶

موضوع: مشخصات فنی عمومی و اجرایی تأسیسات برقی ساختمان- جلد اول: تأسیسات برقی فشار ضعیف و فشار متوسط

به استناد ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه و ماده (۶) آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی- مصوب سال ۱۳۵۲ و در چارچوب نظام فنی و اجرایی کشور (موضوع تصویبنامه شماره ٤٢٣٣٩/ت٣٣٤٩٧هـ مورخ ۱۳۸۵/٤/۲۰ هیأت محترم وزیران)، به پیوست نشریه شماره ۱-۱۱۰ دفتر نظام فنی اجرایی، با عنوان «**مشخصات فنی عمومی و اجرایی تأسیسات برقی ساختمان - جلد اول: تأسیسات برقی فشار ضعیف و فشار متوسط (تجدیدنظر دوم)**» از نوع گروه اول ابلاغ می‌شود؛ تا از تاریخ ۱۳۹۰/۱/۸ به اجرا درآید.

رعایت کامل مفاد این نشریه از طرف دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور، پیمانکاران و عوامل دیگر در اجرای طرح‌ها، الزامی است.

این دستورالعمل جایگزین دستورالعمل شماره ۵۴/۲۸-۱۰۵/۱۰۰ مورخ ۱۳۸۰/۱/۸ می‌شود.

ابراهیم عزیزی

722998

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی

دفتر نظام فنی اجرایی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این نشریه نموده و آن را برای استفاده به جامعه مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلطهای مفهومی، فنی، ابهام، ایهام و اشکالات موضوعی نیست.

از این‌رو، از شما خواننده گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال فنی مراتب را به صورت زیر گزارش فرمایید:

۱- *شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.*

۲- *ایراد مورد نظر را به صورت خلاصه بیان دارید.*

۳- *در صورت امکان متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال نمایید.*

٤- *نشانی خود را برای تماس احتمالی ذکر فرمایید.*

کارشناسان این دفتر نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت.

پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

نشانی برای مکاتبه: تهران، میدان بهارستان، خیابان صفی‌علی‌شاه، مرکز تلفن ۳۳۲۷۱، معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، دفتر نظام فنی اجرایی

Email: tsb.dta@mporg.ir **web: http://tec.mporg.ir/**

بسمه تعالی

پیش‌گفتار

به روزآوری و به هنگام نمودن نشریات و دستورالعمل‌های فنی با توجه بـه فنـاوری‌هـای جدیـد و نـوآوری‌هـای صنعتی در مقاطع زمانی مختلف، امری ضروری و اجتناب ناپذیراست. معاونت برنامه‌ریزی و نظـارت راهبـردی ریـیس جمهور در راستای وظایف و مسؤولیت‌های قانونی براساس ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه و نظام فنی و اجرایی کشـور (مصوبه شماره ۴۲۳۳۹/ت۳۳۴۹۷هـ مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیأت محترم وزیران) اقدام به بازنگری و تجدیـد نظـر دوم در نشریه شماره ۱-۱۱۰ با عنوان "مشخصات فنی عمومی و اجرایی تأسیسات برقی ساختمان- جلد اول: تأسیسات برقی فشار ضعیف و فشار متوسط" نموده است. این مشخصات فنی به منظور ایجـاد همـاهنگی و یکنـواختی در معیارهـای طراحی، نظارت و اجرای تأسیسات برقی ساختمان‌های طرح‌ها و پروژه‌های سرمایه‌گذاری عمرانی کشـور و اسـتفاده از لوازم و مصالح برقی استاندارد و همچنین رعایت اصول، روش‌ها و فنون اجرایی متناسب با تجهیزات کاربردی و سازگار با شرایط و مقتضیات کشور تهیه و تدوین شده است. بدیهی است که استفاده از این گونه ضـوابط و معیارهـا متضـمن ارتقای کیفیت طرح‌ها، تأمین ایمنی لازم، اطمینان از دوام و عمر مفید تأسیسات و صرفه اقتصادی است.

در تجدید نظر این نشریه سعی شده است علاوه بر جایگزین نمودن تجهیزات جدید استاندارد به جای لوازم برقی خارج از رده، دستورالعمل‌ها و متون فنی نیز با ویرایش‌های جدید استانداردها و آیین‌نامه‌های داخلی کشور، که به وسیله مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، وزارت نیرو، وزارت مسکن و شهرسازی و دیگر سازمان‌هـا و نهادهـا تهیـه گردیده، هماهنگ شود و در مواردی که ضوابط و معیارهای داخلی موجـود نبـوده از اسـتانداردهای معتبـر بـین‌المللـی همچون IEC ، BS1 ، NEC ، DIN ، VDE و NFC استفاده گردد. همچنین نشریه به گونه‌ای نگاشته شده که با توجه به مشکلات دسترسی به متون استانداردها و آیین‌نامه‌ها و به منظور بسط و توسعه فرهنـگ دانـش فنـی و انتقال آن به عوامل طراحی و اجرای پروژه‌ها، محتوای استانداردها و ضوابط فنی لازم الاجرا تا حـد امکـان در اختیـار استفاده کنندگان قرار گیرد.

این مجموعه حاوی مشخصات فنی و استاندارد ساخت لوازم، مصالح و تجهیزات مورد استفاده در تأسیسـات بـرق فشار ضعیف و فشار متوسط، و نیز دستورالعمل و ضوابط اجرایی نصب، آزمون و راه‌اندازی تأسیسات نامبرده می‌باشـد و شامل مباحث مربوط به لوله‌کشی و سیم‌کشی برق، کلید و پریز، چراغهای روشنایی، تابلوهـای فشـار ضـعیف و فشـار متوسط، کابل‌های فشار ضعیف و فشار متوسط، خازن‌های قدرت موازی، منابع تغذیه جریان مسـتقیم بـا ولتـاژ پـایین، وسایل شبکه، و نهایتاً سیستم‌های حفاظت در برابر آذرخش و اتصال زمین است.

شایان ذکر است که مشخصات فنی عمومی و اجرایی سیستم‌های جریان ضعیف ساختمان در نشریه ۲-۱۱۰ ارایه شده است. نشریه مزبور حاوی مشخصات فنی و استاندارد ساخت لوازم، مصالح و تجهیزات مورد استفاده در تأسیسات برق جریان ضعیف ساختمان، و نیز دستورالعمل و ضوابط اجرایی نصب، آزمون و راه‌اندازی تأسیسات یادشده می‌باشد. این مجموعه مباحث مربوط به کابل‌ها و هادی‌های جریان ضعیف (تلفن)، وسایل ارتباطی (مراکز تلفن و جعبه‌های تقسیم)، سیستم‌های دربازکن و فراخوان، سیستم آنتن مرکزی، سیستم‌های حفاظتی، سیستم ساعت مرکزی و تنظیم وقت، سیستم‌های صوتی، و منابع برق بدون وقفه را در بر می‌گیرد.

معاونت نظارت راهبردی به این وسیله از تهیه کنندگان این نشریه و تمامی سازمان‌ها، نهادها، و شرکت‌های مهندسی مشاور که با اظهار نظرهای اصلاحی و ارشادی این معاونت را در جهت تکمیل آن یاری نموده‌اند سپاسگزاری و قدردانی نموده، موفقیت و توفیق آنان را از درگاه ایزدمنان خواستار است.

معاون نظارت راهبردی

۱۳۸۹

مشخصات فنی عمومی و اجرایی تأسیسات برقی ساختمان
جلد اول: تأسیسات برقی فشار ضعیف و فشار متوسط

تهیه کنندگان

این نشریه توسط شرکت مهندسی پار سامان طرح با همکاری آقایان مهندس پرویز سیداحمدی و دکتر وحید طباطبا وکیل مورد بازنویسی و تجدید نظر دوم قرار گرفته است. متن اولیه نشریه در سال ۱۳۷۱ در گروه کارشناسی به مسؤولیت آقای پرویز سیداحمدی و با همکاری آقایان مهندسین ادیک زاریب خانیان، محمد سرفراز و دکتر وحید طباطبا وکیل تهیه و تدوین و منتشر گردید و سپس در سال ۱۳۸۰ به وسیله آقای پرویز سیداحمدی مورد تجدید نظر اول قرار گرفت. نشریه ۱-۱۱۰ طی یک دوره هجده ساله دوبار تجدید نظر شده و در فاصله هر تجدید نظر چندین بار تجدید چاپ گردیده است.

تاسیسات برقی فشار ضعیف و فشار متوسط

فهرست

۱ لوله‌کشی برق

شناسه	عنوان	صفحه
۱-۱	دامنه پوشش	۱ از ۲۷
۱-۲	تعاریف و اصطلاحات	۱ از ۲۷
۱-۳	استاندارد ساخت	۲ از ۲۷
۱-٤	طبقه‌بندی	۳ از ۲۷
۱-۵	انواع لوله و موارد کاربرد	۶ از ۲۷
۱-۶	مشخصات فنی عمومی لوله‌های برق	۱۱ از ۲۷
۱-۷	ظرفیت لوله‌ها	۱۷ از ۲۷
۱-۸	اصول و روش‌های نصب لوله‌های برق	۱۹ از ۲۷

۲ سیم‌کشی برق

شناسه	عنوان	صفحه
۲-۱	دامنه پوشش	۱ از ۲٤
۲-۲	تعاریف و اصطلاحات	۱ از ۲٤
۲-۳	استاندارد ساخت	۳ از ۲٤
۲-٤	مشخصات فنی و موارد کاربرد سیم‌ها و کابل‌ها بر اساس استانداردهای ملی	٤ از ۲٤
۲-۵	مشخصات فنی و موارد کاربرد سیم‌ها و کابل‌ها بر اساس استانداردهای بین‌المللی	۸ از ۲٤
۲-۶	ضوابط طراحی سیستم سیم‌کشی	۱٤ از ۲٤
۲-۷	اصول و روش‌های نصب در سیم‌کشی	۲۰ از ۲٤
۲-۸	نشانه‌های ترسیمی الکتریکی	۲۳ از ۲٤

۳ کلید و پریز

شناسه	عنوان	صفحه
۳-۱	دامنه پوشش	۱ از ۲۶
۳-۲	تعاریف و اصطلاحات	۱ از ۲۶
۳-۳	استاندارد ساخت	۲ از ۲۶
۳-٤	کلیدهای برق	٤ از ۲۶
۳-۵	کلیدهای الکترونیکی	۹ از ۲۶
۳-۶	پریزهای مصارف خانگی و مشابه	۱۳ از ۲۶
۳-۷	پریزها و پلاگ‌های صنعتی	۱۶ از ۲۶
۳-۸	انتخاب پریزهای برق	۱۷ از ۲۶
۳-۹	سیستم‌های سیم‌کشی مدار و تعداد پریزها	۱۷ از ۲۶
۳-۱۰	اصول و روش‌های نصب کلید و پریز	۱۹ از ۲۶

٤ چراغ‌های روشنایی

شناسه	عنوان	صفحه
٤-۱	دامنه پوشش	۱ از ۲۹
٤-۲	تعاریف و اصطلاحات	۱ از ۲۹
٤-۳	استاندارد ساخت	۳ از ۲۹
٤-٤	طبقه‌بندی چراغ‌ها	۵ از ۲۹
٤-۵	طراحی و محاسبه روشنایی	۱۱ از ۲۹
٤-۶	مشخصات فنی و موارد کاربرد چراغ‌ها	۲۱ از ۲۹
٤-۷	اصول و روش‌های نصب چراغ‌ها	۲۵ از ۲۹
٤-۸	نشانه‌های ترسیمی الکتریکی	۲۷ از ۲۹

۵ تابلوهای فشار ضعیف

شناسه	عنوان	صفحه
۵-۱	دامنه پوشش	۱ از ۸۷
۵-۲	تعاریف و اصطلاحات	۱ از ۸۷
۵-۳	استاندارد ساخت	۲ از ۸۷
۵-٤	طبقه‌بندی	۳ از ۸۷
۵-۵	انواع و موارد کاربرد	٤ از ۸۷
۵-۶	مشخصات فنی ساخت و روش نصب	۶ از ۸۷
۵-۷	لوازم، وسایل و تجهیزات داخل تابلو	١٤ از ۸۷
۵-۸	شرایط بهره‌برداری عادی	۱۶ از ۸۷
۵-۹	شرایط بهره‌برداری خاص	۱۷ از ۸۷
۵-۱۰	مشخصات فنی کلیدهای خودکار	۱۷ از ۸۷
۵-۱۱	کنتاکتورها و راه‌اندازهای الکترومکانیکی فشار ضعیف	۲۲ از ۸۷
۵-۱۲	کنتاکتورهای الکترومکانیکی هوایی مصارف خانگی و مشابه	۲۷ از ۸۷
۵-۱۳	فیوزهای فشارضعیف	۲۸ از ۸۷
۵-۱٤	کلیدهای خودکار مینیاتوری	۲۹ از ۸۷
۵-۱۵	ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری جریان	۳۰ از ۸۷
۵-۱۶	وسایل اندازه‌گیری و نمایشگر	۳۱ از ۸۷
۵-۱۷	پلاک‌های مشخصات و نشانه‌گذاری تابلو	۳۱ از ۸۷
۵-۱۸	آزمایش تابلوهای فشار ضعیف	۳۲ از ۸۷
۵-۱۹	جداول داده‌ها و شکل‌های نمونه تابلوهای فشار ضعیف	۳۳ از ۸۷
	ضمیمه	۶۶ از ۸۷

۶ تابلوهای فشار متوسط

شناسه	عنوان	صفحه
۶-۱	دامنه پوشش	۱ از ۳۲
۶-۲	تعاریف و اصطلاحات	۱ از ۳۲
۶-۳	استاندارد ساخت	٤ از ۳۲
۶-٤	طبقه‌بندی	۶ از ۳۲
۶-۵	انواع تابلوهای ایستاده تمام بسته فشار متوسط	۶ از ۳۲
۶-۶	مشخصات فنی ساخت تابلوهای قدرت و فرمان فشار متوسط، ایستاده، تمام بسته با پوشش فلزی	۷ از ۳۲
۶-۷	لوازم، وسایل و تجهیزات داخل تابلو	١٤ از ۳۲
۶-۸	ترکیب کلی تابلو فشار متوسط	٢٤ از ۳۲
۶-۹	نصب تابلوهای فشار متوسط	۲۵ از ۳۲
۶-۱۰	آزمایش تابلوهای فشار متوسط	۲۶ از ۳۲
۶-۱۱	نمونه شکل‌ها و نشانه‌های ترسیمی تابلوهای فشار متوسط	۲۸ از ۳۲

۷ کابل‌های فشار ضعیف

شناسه	عنوان	صفحه
۷-۱	دامنه پوشش	۱ از ۳۵
۷-۲	تعاریف و اصطلاحات	۱ از ۳۵
۷-۳	استاندارد ساخت	۲ از ۳۵
۷-٤	مشخصات فنی و موارد کاربرد کابل‌ها	٤ از ۳۵
۷-۵	ضوابط اساسی در طراحی سیستم کابل‌کشی	۱۰ از ۳۵
۷-۶	اصول و روش‌های نصب کابل‌ها	۲۲ از ۳۵
۷-۷	کابلشوها، سرکابل‌ها و مفصل‌ها	۳۳ از ۳۵
۷-۸	نشانه‌های ترسیمی الکتریکی	۳۵ از ۳۵

۸ کابل‌های فشار متوسط

شناسه	عنوان	صفحه
۸-۱	دامنه پوشش	۱ از ۲٤
۸-۲	تعاریف و اصطلاحات	۱ از ۲٤
۸-۳	استانداردهای ساخت و مراجع	۳ از ۲٤
۸-٤	مشخصات فنی و موارد کاربرد کابل‌های فشار متوسط	٤ از ۲٤
۸-۵	ضوابط اساسی در طراحی سیستم کابل‌کشی فشار متوسط	۷ از ۲٤
۸-۶	اصول و روش‌های نصب کابل‌های فشار متوسط	۱۱ از ۲٤
۸-۷	کابلشوها، سرکابل‌ها و مفصل‌ها	۲۰ از ۲٤

۹ مولدهای برق

شناسه	عنوان	صفحه
۹-۱	دامنه پوشش	۱ از ۲۱
۹-۲	تعاریف و اصطلاحات	۱ از ۲۱
۹-۳	استاندارد ساخت	۲ از ۲۱
۹-٤	طبقه‌بندی مولدها	٤ از ۲۱
۹-۵	موارد استفاده از نیروی برق اضطراری و سیستم برق بدون وقفه	۵ از ۲۱
۹-۶	مشخصات فنی مولدهای برق	۶ از ۲۱
۹-۷	مشخصات فنی موتور دیزل	۷ از ۲۱
۹-۸	تابلوی وسایل اندازه‌گیری موتور	۱۱ از ۲۱
۹-۹	سیستم اگزوست موتور و دودکش	۱۲ از ۲۱
۹-۱۰	سیستم سوخت	۱۲ از ۲۱
۹-۱۱	ژنراتور	۱۳ از ۲۱
۹-۱۲	تابلو کنترل الکتریکی	۱٤ از ۲۱
۹-۱۳	مشخصات فنی اضافی برای مولدهای برق اضطراری	۱٤ از ۲۱
۹-۱٤	دستگاه سنکرونیزاسیون (همزمانی)	۱۵ از ۲۱
۹-۱۵	اصول و روش‌های نصب	۱۵ از ۲۱
۹-۱۶	آزمون دستگاه‌ها	۱۶ از ۲۱
۹-۱۷	نشانه‌های ترسیمی الکتریکی	۱۷ از ۲۱
	پیوست ۱	۲۰ از ۲۱

۱۰ ترانسفورماتورهای قدرت فشار متوسط

شناسه	عنوان	صفحه
۱۰-۱	دامنه پوشش	۱ از ۱۸
۱۰-۲	تعاریف و اصطلاحات	۱ از ۱۸
۱۰-۳	تعاریف	۱ از ۱۸
۱۰-٤	انواع و موارد کاربرد	۳ از ۱۸
۱۰-۵	استاندارد و مشخصات فنی ترانسفورماتورها	٤ از ۱۸
۱۰-۶	آزمون‌های ترانسفورماتورهای قدرت	۹ از ۱۸
۱۰-۷	اصول و روش‌های نصب ترانسفورماتور	۱۰ از ۱۸
۱۰-۸	محافظت ترانسفورماتور در برابر ازدیاد جریان	۱۷ از ۱۸
۱۰-۹	نشانه‌های ترسیمی الکتریکی	۱۸ از ۱۸

۱۱ خازن‌های قدرت موازی

شناسه	عنوان	صفحه
۱۱-۱	دامنه پوشش	۱ از ۱۵
۱۱-۲	تعاریف و اصطلاحات	۱ از ۱۵
۱۱-۳	استاندارد و مشخصات فنی خازن‌های قدرت موازی	٤ از ۱۵
۱۱-٤	آزمون‌های خازن	۸ از ۱۵
۱۱-۵	توان واحدهای خازنی فشار ضعیف و روش محاسبه خازن مورد نیاز	۹ از ۱۵
۱۱-۶	وسایل قطع و وصل و حفاظت خازن‌های فشار ضعیف	۱۰ از ۱۵
۱۱-۷	روش‌های کنترل خودکار توان راکتیو	۱۱ از ۱۵
۱۱-۸	اصول و روش‌های نصب	۱۲ از ۱۵
۱۱-۹	نشانه‌های ترسیمی الکتریکی	۱٤ از ۱۵

۱۲ منابع تغذیه جریان مستقیم با ولتاژ پایین

شناسه	عنوان	صفحه
۱-۱۲	دامنه پوشش	۱ از ۱۲
۲-۱۲	تعاریف	۱ از ۱۲
۳-۱۲	استانداردها و مشخصات فنی منابع تغذیه برق مستقیم	۲ از ۱۲
٤-۱۲	الزامات آزمون	۹ از ۱۲
۵-۱۲	اصول و روش‌های نصب	۱۰ از ۱۲
۶-۱۲	نشانه‌های ترسیمی الکتریکی	۱۲ از ۱۲

۱۳ وسایل شبکه

شناسه	عنوان	صفحه
۱-۱۳	دامنه پوشش	۱ از ۳۳
۲-۱۳	تعاریف	۱ از ۳۳
۳-۱۳	انواع و موارد کاربرد پایه‌های شبکه توزیع هوایی	۳ از ۳۳
٤-۱۳	استانداردها و مشخصات فنی پایه‌های برق	٤ از ۳۳
۵-۱۳	اصول و روش‌های نصب پایه‌های برق	۱۶ از ۳۳
۶-۱۳	کنسول‌ها و براکت‌ها	۲۶ از ۳۳
۷-۱۳	مقره‌ها	۲۷ از ۳۳
۸-۱۳	بست‌ها	۲۸ از ۳۳
۹-۱۳	هادی‌ها و مفتول‌های خطوط هوایی توزیع	۲۹ از ۳۳
۱۰-۱۳	مهارها و حایل‌ها	۳۱ از ۳۳
۱۱-۱۳	برقگیر حفاظتی	۳۲ از ۳۳
۱۲-۱۳	نشانه‌های ترسیمی الکتریکی	۳۳ از ۳۳

۱۴ سیستم حفاظت در برابر آذرخش

شناسه	عنوان	صفحه
۱-۱۴	دامنه پوشش	۱ از ۳۷
۲-۱۴	تعاریف	۱ از ۳۷
۳-۱۴	استانداردها و مشخصات فنی سیستم‌های حفاظت در برابر آذرخش	۳ از ۳۷
۴-۱۴	موارد استفاده و ضوابط محاسباتی برقگیرها	۱۱ از ۳۷
۵-۱۴	اصول و روش‌های نصب سیستم‌های حفاظت در برابر آذرخش	۲۳ از ۳۷

.

۱۵ سیستم اتصال زمین

شناسه	عنوان	صفحه
۱-۱۵	دامنه پوشش	۱ از ۲۹
۲-۱۵	کلیات و تعاریف	۱ از ۲۹
۳-۱۵	استانداردها و مشخصات فنی سیستم اتصال زمین	۵ از ۲۹
۴-۱۵	محاسبه تعداد چاه اتصال زمین لازم	۹ از ۲۹
۵-۱۵	همبندی برای هم‌ولتاژکردن	۱۰ از ۲۹
۶-۱۵	اصول و روش‌های نصب سیستم اتصال زمین	۱۱ از ۲۹
۷-۱۵	شکل‌ها، فرمول‌ها و نشانه‌های ترسیمی	۱۳ از ۲۹

فصل ۱

لوله‌کشی برق

مشخصات فنی عمومی و اجرایی

تأسیسات برقی ساختمان

نشریه ۱-۱۱۰ (تجدید نظر دوم)

۱ لوله‌کشی برق

فهرست

شناسه	عنوان	صفحه
۱-۱	دامنه پوشش	۱ از ۲۷
۱-۲	تعاریف و اصطلاحات	۱ از ۲۷
۱-۳	استاندارد ساخت	۲ از ۲۷
۱-٤	طبقه‌بندی	۳ از ۲۷
۱-۵	انواع لوله و موارد کاربرد	۶ از ۲۷
۱-۶	مشخصات فنی عمومی لوله‌های برق	۱۱ از ۲۷
۱-۷	ظرفیت لوله‌ها	۱۷ از ۲۷
۱-۸	اصول و روش‌های نصب لوله‌های برق	۱۹ از ۲۷

۱-۱ دامنه پوشش

در این قسمت مشخصات فنی عمومی و معیارهای پایه برای طراحی و اجرای سیستم‌های لوله‌کشی برق توکار و روکارساختمان شامل موارد زیر مشخص و ارایه شده است:

- تعاریف و اصطلاحات
- استاندارد ساخت
- طبقه بندی
- انواع و موارد کاربرد
- مشخصات فنی عمومی
- جدول‌های ظرفیت
- اصول و روش‌های نصب

۱-۲ تعاریف و اصطلاحات

واژه‌ها و اصطلاحات مورد استفاده در این مبحث دارای تعاریف زیر خواهد بود:

۱-۲-۱ لوله برق (conduit)

بخشی از سیستم سیم‌کشی پوشیده با سطح مقطع گرد یا غیرگرد می‌باشد که هادی‌ها یا کابل‌ها را در تاسیسات الکتریکی دربرمی‌گیرد و امکان سیم‌کشی و تعویض آنها را فراهم می‌سازد.
لوله‌ها باید به گونه‌ای مسدود باشد که هادی‌ها یا کابل‌ها فقط به درون آن کشیده شده و از جوانب داخل نشود.

۱-۲-۲ لوله ساده یا صاف (plain conduit)

لوله‌ای است که برش طولی آن صاف باشد.

۱-۲-۳ لوله موجدار یا خرطومی (corrugated conduit)

لوله‌ای است که برش طولی آن موجدارباشد.

۱-۲-۴ لوله قابل رزوه‌شدن (threadable conduit)

لوله صافی که دو انتهای آن به منظور اتصالات، دارای رزوه بوده و یا بتوان بعداً آن را رزوه‌دار کرد.

۱-۲-۵ لوله غیرقابل رزوه‌شدن (non-threadable conduit)

لوله‌ای که برای اتصالات بدون رزوه مناسب می‌باشد.

۱-۲-۶ لوله سخت یا صلب (rigid conduit)

لوله‌ای که فقط می توان آن را به کمک ابزارمکانیکی با انجام یا بدون انجام عملیات خاصی (treatment) خم کرد.

۱-۲-۷ لوله خم پذیر (pliable conduit)

لوله‌ای است که آن را می‌توان به وسیله دست با نیروی متعارف وبدون استفاده از ابزارکمکی خم کرد.

۱-۲-۸ لوله خود برگردان یا ارتجاعی (self-recovering conduit)

لوله خم‌پذیری است که وقتی نیرویی گذرا درمدت زمان کم به آن اعمال شود، تغییرشکل داده و با از بین رفتن این نیرو درمدت زمان کوتاهی به حالت اولیه خود بازگردد.

۱-۲-۹ لوله قابل انعطاف (flexible conduit)

لوله خم‌پذیری است که می‌توان به وسیله دست و با نیروی معمولی و بدون استفاده از ابزار آن را خم کرد و قابلیت خم شدن های متعدد را درمدت زمان کاربری خود دارا می‌باشد.

۱-۲-۱۰ لوله فلزی

لوله‌ای است که جنس آن تنها از فلز است.

۱-۲-۱۱ لوله عایق

لوله‌ای که جنس آن فقط از عایق باشد و هیچ قسمتی از آن دارای اجزای هادی به شکل پوشش داخلی یا به صورت بافت یا پوشش فلز بیرونی نباشد.

۱-۲-۱۲ لوله مرکب

لوله‌ای که جنس آن ترکیبی از هادی و عایق می‌باشد.

۱-۲-۱۳ لوله مقاوم دربرابرگسترش شعله

لوله‌ای که در اثر شعله آتش گرفته ولی آتش درآن منتشر و شعله‌ور نشود و در زمان کمی پس از حذف شعله خود به خود خاموش شود.

۱-۲-۱۴ لوله بدون گازهای هالوژن

لوله‌ای که در زمان سوختن، گاز اسیدی کمی را منتشر کند.

یادآوری: اصطلاح "بدون گازهای هالوژن" بهتر است به مفهوم بی ضرر یا غیرآلاینده در نظر گرفته نشود، چون ممکن است سایر اثرات آتش را منتشر کند.

۱-۲-۱۵ عوامل بیرونی

عوامل بیرونی شامل آب، روغن، مصالح ساختمانی، دماهای بالا یا پایین، مواد آلاینده و خورنده و پرتوهای خورشید می‌باشد.

۱-۳ استاندارد ساخت

لوله‌های فلزی، عایق و مرکب و اتصالات مربوط به آنها که برای حفاظت هادی‌های عایق‌دار وکابل‌ها در تاسیسات الکتریکی ساختمان به کارمی‌رود، باید برابر جدیدترین اصلاحیه استانداردهای موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و یا یکی از استانداردهای شناخته شده ومعتبر جهانی مانند کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (International Electrotechnical Commission, IEC) به شرح زیر طراحی، ساخته و مورد آزمون قرارگیرد:

۱-۳-۱ استانداردهای موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

- لوله‌های محافظ برای تاسیسات الکتریکی، قسمت ۱: الزامات عمومی ISIRI 3450-1

- مشخصات لوله‌های محافظ برای تاسیسات الکتریکی، قسمت ۲: مشخصات ویژه لوله‌های محافظ بخش ۱: لوله‌های فلزی محافظ ISIRI 3450-2-1
- مشخصات لوله‌های محافظ برای تاسیسات الکتریکی، قسمت ۲: مشخصات ویژه لوله‌های محافظ بخش ۴: لوله‌های محافظ خم پذیرارتجاعی از مواد عایقی ISIRI 3450-2-4
- لوله‌های محافظ برای مصارف الکتریکی: قطربیرونی لوله‌های محافظ برای تاسیسات الکتریکی و رزوه‌های لوله‌های محافظ و اتصالات مربوط ISIRI 3455

۱-۳-۲ استانداردهای کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک

- مشخصات لوله‌های برق – الزامات عمومی، اصلاحیه ۱ IEC 60614-1
- مشخصات لوله‌های برق – مشخصات ویژه لوله‌های فلزی IEC 60614-2-1
- مشخصات ویژه لوله‌های عایق صلب ساده برق IEC 60614-2-2
- مشخصات ویژه لوله‌های محافظ عایقی خم‌پذیر برق IEC 60614-2-3
- مشخصات ویژه لوله‌های عایقی خم‌پذیر ارتجاعی IEC 60614-2-4
- مشخصات ویژه لوله‌های برق قابل انعطاف IEC 60614-2-5
- مشخصات ویژه لوله‌های برق فلزی و مرکب IEC 60614-2-6
- لوله‌های برق– قطرخارجی و رزوه لوله و اتصالات مربوط IEC 60423
- الزامات عمومی پوشش های لوازم برقی خانگی و تاسیسات برقی نصب ثابت مشابه IEC 60670
- مشخصات اتصالات لوله‌های برق – الزامات عمومی IEC 61035-1
- مشخصات ویژه اتصالات فلزی لوله‌های برق IEC 61035-2-1
- مشخصات ویژه اتصالات لوله‌های عایق برق IEC 61035-2-2
- مشخصات ویژه اتصالات لوله‌های قابل انعطاف فلزی، عایق یا مرکب و لوله‌های خم پذیر فلزی و مرکب IEC61035-2-3
- سیستم‌های لوله‌کشی تاسیسات برقی، الزامات عمومی IEC 61386-1
- سیستم‌های لوله‌کشی برای مدیریت کابل– الزامات ویژه سیستم لوله‌های صلب IEC 61386-21
- سیستم‌های لوله‌کشی برای مدیریت کابل– الزامات ویژه لوله‌های خم پذیر IEC 61386-22
- سیستم‌های لوله‌کشی برای مدیریت کابل– الزامات ویژه لوله‌های قابل انعطاف IEC 61386-23
- سیستم‌های مدیریت کابل– مشخصات اتصالات لوله‌های فلزی خیلی سنگین برق IEC 61950

۱-۳-۳ استانداردهای DIN

- لوله‌های فولادی و گالوانیزه عمقی داغ DIN 49020
- لوله‌های فولادی درزجوش گالوانیزه و فولادی ضد انفجار DIN 2440

۱-۴ طبقه‌بندی

لوله‌های برق با توجه به نوع جنس، روش اتصال، ویژگی های الکتریکی و مکانیکی، قابلیت انعطاف، مقاومت در برابر حرارت و آتش و حفاظت در برابر اثرات عوامل بیرونی به شرح زیر طبقه‌بندی شده است (IEC 60614-1):

۱-۴-۱ طبقه بندی برحسب جنس لوله

- لوله‌های فلزی

- لوله‌های عایق
- لوله‌های مرکب

۱-۴-۲ طبقه بندی برحسب روش اتصال لوله

۱-۴-۲-۱ لوله‌های دارای قابلیت رزوه‌شدن

- لوله‌های ساده

۱-۴-۲-۲ لوله‌های بدون قابلیت رزوه‌شدن

- لوله‌های ساده
- لوله‌های موجدار

۱-۴-۳ طبقه بندی براساس خواص مکانیکی

- لوله‌های مناسب برای تنش‌های مکانیکی خیلی سبک
- لوله‌های مناسب برای تنش‌های مکانیکی سبک
- لوله‌های مناسب برای تنش‌های مکانیکی متوسط
- لوله‌های مناسب برای تنش‌های مکانیکی سنگین
- لوله‌های مناسب برای تنش‌های مکانیکی خیلی سنگین

۱-۴-۴ طبقه بندی برحسب قابلیت خمش

- لوله‌های سخت
- لوله‌های قابل خمش
- لوله‌های خود ترمیم‌شونده
- لوله‌های قابل انعطاف

۱-۴-۵ طبقه بندی برحسب درجه حرارت طبق جدول زیر:

طبقه بندی دما (C°)	حداقل دمای معمولی		حدود تغییرات دما در بهره برداری دایمی(C°)
	دمای حمل و انبار (C°)	دمای نصب و استفاده (C°)	
-۴۵	-۴۵	-۱۵	-۱۵ تا +۶۰
-۲۵	-۲۵	-۱۵	-۱۵ تا +۶۰
-۵	-۵	-۵	-۵ تا +۶۰
+۹۰	-۵	-۵	-۵ تا +۶۰ (یادآوری ۱)
-۲۵/+۹۰	-۲۵	-۱۵	-۱۵ تا +۶۰ (یادآوری ۱)
یادآوری ۱: این نوع لوله‌ها درداخل بتن پیش ساخته مصرف می‌شود و درکوتاه مدت دمایی تا +۹۰ درجه سیلسیوس را تحمل می‌کند.			

توجه: لوله‌های عایق تا حرارت ۲۰۰ درجه سلسیوس، در دست بررسی می‌باشد.

۱-۴-۶ طبقه بندی بر حسب پایداری در برابر گسترش شعله

- لوله‌های پایدار در برابر گسترش شعله

- لوله‌های ناپایدار در برابر گسترش شعله (آتشگیر): استفاده از این نوع لوله‌ها دراین مشخصات فنی غیرمجاز است.

۱-۴-۷ طبقه بندی برحسب ویژگی های الکتریکی

- لوله‌های بدون پیوستگی مسیرهدایت الکتریکی
- لوله‌های با پیوستگی مسیر هدایت الکتریکی
- لوله‌های بدون خواص عایق‌بندی
- لوله‌های دارای خواص عایق‌بندی

۱-۴-۸ طبقه بندی برحسب مقاومت در برابر اثرات عوامل بیرونی

۱-۴-۸-۱ حفاظت در برابر نفوذ آب

- لوله‌های بدون حفاظت IPX0
- لوله‌های دارای حفاظت در برابر ترشح آب (spraying water) IPX3
- لوله‌های دارای حفاظت در برابر پاشیدگی آب (splashing water) IPX4
- لوله‌های دارای حفاظت در برابر فوران آب (water jets) IPX5
- لوله‌های دارای حفاظت در برابر امواج دریا (heavy seas) IPX6
- لوله‌های دارای حفاظت در برابر فرو رفتن در آب (Immersion) IPX7
- لوله‌های دارای حفاظت در برابر فرورفتن نامحدود در آب (submersion) IPX8

۱-۴-۸-۲ حفاظت در برابر ورود اجسام سخت بیرونی

- لوله‌های دارای حفاظت در برابر اجسام سخت با قطربیش از ۲/۵ میلی‌متر IP3X
- لوله‌های دارای حفاظت در برابر اجسام سخت با قطربیش از یک میلی‌متر IP4X
- لوله‌های دارای حفاظت در برابر گرد و غبار IP5X
- لوله‌های غیرقابل نفوذ در برابر گرد و غبار (dust-tight) IP6X

۱-۴-۸-۳ مقاومت در برابر مواد خورنده یا آلاینده

الف) لوله‌های دارای حفاظت یکسان در سطوح داخلی و خارجی

- لوله‌های دارای حفاظت کم
- لوله‌های دارای حفاظت متوسط
- لوله‌های دارای حفاظت زیاد

ب) لوله‌هایی که حفاظت سطح خارجی آن بیش از سطح داخلی آن است.

- لوله‌های دارای حفاظت متوسط بیرونی و حفاظت کم داخلی
- لوله‌های دارای حفاظت زیاد بیرونی و حفاظت کم داخلی
- لوله‌های دارای حفاظت زیاد بیرونی و حفاظت متوسط داخلی

۱-۴-۹ طبقه بندی بر حسب میزان مقاومت در برابر پرتو خورشید

۱-۴-۹-۱ لوله‌های بدون حفاظت در برابر پرتو خورشید

۱-۴-۹-۲ لوله‌های دارای حفاظت در برابر پرتو خورشید

الف) لوله‌های دارای حفاظت کم در برابر پرتو خورشید
ب) لوله‌های دارای حفاظت متوسط در برابر پرتو خورشید
پ) لوله‌های دارای حفاظت زیاد در برابر پرتو خورشید

۱-۵ انواع لوله و موارد کاربرد

۱-۵-۱ لوله‌های فولادی سیاه

این نوع لوله و لوازم مربوط به آن، که به وسیله رنگ یا وارنیش مقاوم می‌شود، را می توان صرفاً در داخل ساختمان‌ها (فضاهای سرپوشیده) مورد استفاده قرارداد. این گونه لوله‌ها باید برابر استاندارد ISIRI 3450-2-1 ساخته شده و برابر استاندارد ISIRI 13455 دارای قابلیت رزوه‌شدن باشد. مصرف این قبیل لوله‌ها در ارتباط مستقیم با زمین و یا در محل‌هایی که در معرض نفوذ عوامل زنگ زدگی و خوردگی شدید است مجاز نخواهد بود.

۱-۵-۲ لوله‌های گالوانیزه

این نوع لوله و لوازم مربوط به آن را که در برابر زنگ زدگی وخوردگی با ماده مقاومی مانند روی یا کادمیم از داخل و خارج پوشیده می‌شود می‌توان متناسب با میزان حفاظت و استحکام مکانیکی در زیراندودگچی، محل‌های‌تر و مرطوب و مانند آن مورد استفاده قرارداد. این گونه لوله‌ها باید برابر استاندارد ISIRI 3450-2-1 ساخته شده و برابر استاندارد ISIRI 3455 قابلیت رزوه‌دار شدن داشته باشد.

۱-۵-۳ لوله‌های فولادی گالوانیزه عمقی داغ

این نوع لوله و لوازم مربوط به آن باید در بتن، درتماس مستقیم با زمین، در لوله‌کشی‌های روکار که در فضای آزاد انجام می‌شود، یا در مواردی که در معرض زنگ‌زدگی و خوردگی قرارمی‌گیرد مانند محل‌های تر و مرطوب و همچنین درمواردی که استحکام مکانیکی زیاد مورد نیاز است، مورد استفاده قرارگیرد. این گونه لوله‌ها باید برابر استاندارد DIN 49020 یا استاندارد IEC مشابه ساخته شده باشد.

۱-۵-۴ لوله‌های فولادی گالوانیزه بدون درز ضد انفجار

این گونه لوله‌ها و لوازم مربوط به آن باید درلوله‌کشی های مکان‌های مخاطره آمیز،طبقه بندی شده، (hazardous-classified-locations) به کاربرده شود. در این گونه مناطق به علت وجود گازها، بخارها، غبارها و مایعات قابل اشتعال، الیاف و رشته‌های آتشگیر ومانند آن، امکان به وجود آمدن آتش سوزی و انفجار در اثرجرقه، قوس الکتریکی و دمای بیش از حد، بسیار است، از این رو تمام مصالح، وسایل و تجهیزات برقی و از آن جمله لوازم لوله‌کشی برق شامل لوله، زانو، سه راه، جعبه های تقسیم یا کشش و غیره باید به نحوی انتخاب شود که برای محل مورد نظر مناسب باشد.
مناطق مخاطره آمیز براساس استاندارد NFPA 70، Edition 2002 به شرح زیرطبقه بندی شده است.

۱-۵-۴-۱ مکانهای کلاس یک Class I Locations

مکان‌هایی است که درآن گازها و بخارهای قابل اشتعال به مقدارکافی برای ایجاد مخلوط هـای آتشـگیر و انفجـاری، موجود یا محتمل باشد.مکان‌های کلاس یک به دو مکان به شرح زیر تقسیم می‌شود:

الف) مکان‌های کلاس یک، قسمت یک

این عنوان به مکان‌هایی اتلاق می‌شود که گازها و بخارهای قابل اشتعال درشرایط عادی کار غالباً وجـود دارد، ماننـد اتاق‌های جراحی که درآن از گازهای بیهوشی قابل اشتعال استفاده می‌شود، یا فضاهای رنگ آمیزی با پمپ،کـه درآن از حلال های قابل اشتعال فرار استفاده می گردد.

ب) مکان‌های کلاس یک، قسمت دو

این طبقه‌بندی مکان‌هایی را دربرمی‌گیرد که مایعات قابل اشتعال فرار یا گازها و بخارهای قابل اشتعال مـورد اسـتفاده قرارمی‌گیرد و فقط درصورت حادثه یا شرایط غیرعادی بهره برداری خطرزا می‌شود، مانند فضاهایی که گازهـای قابـل اشتعال مایع شده از مخزنی به مخزن دیگر نقل و انتقال می یابد.
سیستم‌های لوله‌کشی برق در مکان‌های کلاس یک، قسمت یک و همچنین درمکان‌های کـلاس یـک، قسـمت دو، باید از نوع ضد انفجار(explosion proof) بوده و برابر ماده 501.4 از آیین نامه NFPA 70 طراحی و اجرا شود.

۱-۵-۴-۲ مکان‌های کلاس دو Class II Locations

مکان‌هایی است که درآن غبارهای آتشگیربه مقدار کافی بـرای ایجـاد مخلـوط‌هـای آتشـگیر و انفجـاری موجـود یـا محتمل باشد. مکان‌های کلاس دو به دو نوع مکان به شرح زیر تقسیم می‌شود.

الف) مکان‌های کلاس دو قسمت یک CLASS II Division I Locations

در این نوع طبقه بندی غبارهای قابل انفجار و غیرهادی الکتریسیته (مانند غبارهای گندم وغلات) یا غبارهـای هـادی الکتریسیته (مانند غبارهای آلومینیوم یا منیزیم) در شرایط عادی کار یا براثر خرابی مکانیکی دستگاه‌هـا بـه مقـدارکافی برای انفجار درفضا به وجود می آید.

ب) مکان‌های کلاس دو قسمت دو CLASS II Division II Locations

در این نوع طبقه‌بندی غبارهای قابل انفجار در شرایط عادی کار به مقدار کافی برای انفجار در محیط ایجاد نمی‌شـود بلکه بر اثر شرایط غیرعادی بهره‌برداری به‌وجود می‌آید.
سیستم‌های لوله‌کشی در مکان‌های کلاس دو، قسمت یک و همچنین در مکـان‌هـای کـلاس دو، قسـمت دو، بایـد متناسب با مورد مصرف از نوع ضدغبار(dust tight) یا از نوع "ضد اشـتعال غبـار" (dust ignition proof) بـوده و برابر ماده 502.4 از آیین‌نامه NFPA 70 طراحی و اجرا شود.

۱-۵-۴-۳ مکان‌های کلاس سه Class III Locations

مکان‌هایی است که در آن الیاف و رشته‌های آتشگیر موجود باشد لیکن این گونه الیاف و رشته‌هابه مقدار کـافی بـرای ایجاد مخلوط‌های قابل آتشگیری در فضا به وجود نمی‌آیـد. مکـان‌هـای کـلاس سـه بـه دو قسـمت بـه شـرح زیـر طبقه بندی می‌شود.

الف) مکان‌های کلاس سه، قسمت یک

در این نوع مکان‌ها الیاف و رشته‌های آتشگیرمانند پنبه و ابریشم مصنوعی(rayon) مورد فرابری یا تولید قرارمی‌گیرد.

ب) مکان‌های کلاس سه، قسمت دو

در این نوع طبقه بندی الیاف و رشته‌های آتشگیرانبارشده و یا مورد فرایند غیراز تولید قرار می‌گیرد.
سیستم‌های لوله‌کشی درمکان‌های کلاس سه قسمت یک و همچنین در مکان‌های کلاس سه، قسمت دو باید از نوع ضد غبار بوده و برابر ماده 503.3 از آیین‌نامه NFPA70 طراحی و اجرا شود.

۱-۵-۵ لوله‌های فولادی قابل انعطاف

۱-۵-۵-۱ موارد مصرف

درمواردی که لوله‌های برق از درز انبساط ساختمان عبور می‌کند و همچنین برای اتصال برق به موتورها یا ماشین‌آلاتی که ایجاد لرزش می‌کند باید از لوله‌های فولادی قابل انعطاف متناسب با نوع لوله‌کشی استفاده شود. داخل این نوع لوله‌ها باید دارای پوششی از لاستیک، یا مواد مشابه باشد.

۱-۵-۵-۲ موارد عدم مصرف

لوله‌های فولادی قابل انعطاف درموارد زیر نباید مورد استفاده قرارگیرد:

الف) نصب در مکان‌های نمناک[1] به استثنای مواردی که هادی‌ها از انواع مصوب برای شرایط مورد نظر باشد و مجاری سیم‌کشی به گونه‌ای باشد که ورود آب به داخل آن نامحتمل باشد.

ب) استفاده در چاه آسانسور به استثنای مواردی‌که درآیین نامه مربوط مشخص شده باشد.

پ) نصب دراتاق باتری‌های ذخیره ای (storage batteries)

ت) کاربرد درمحیط‌های مخاطره‌آمیز به استثنای مواردی که درآیین‌نامه مربوط تعیین شده است.

ث) استفاده درمواردی که هادی‌ها درمعرض مواد فاسدکننده همچون بنزین، روغن و مانند آن قرار دارد.

ج) استفاده در زیرزمین یا در بتن ریزی‌ها

چ) کاربرد در مواردی که در معرض صدمه و آسیب فیزیکی قرار گیرد.

۱- مکان های نمناک در تاسیسات برقی شامل محل‌هایی است که تاسیسات در زیرزمین، یا دال بتنی یا آجری در ارتباط مستقیم با زمین باشد و یا در معرض اشباع آب یا سایر مایعات قرارگرفته باشد و یا این که در فضای آزاد استقرار داشته باشد.

۱-۵-۶ لوله‌های فلزی قابل انعطاف مقاوم مایعات (liquid tight flexible metal conduit)

۱-۵-۶-۱ موارد مصرف

این گونه لوله‌ها در موارد زیر به صورت روکار یا درزیرکار مورد استفاده قرار می‌گیرد:

الف) در مواردی که به علت شرایط نصب یا بهره برداری و نگهداری، انعطاف پذیری یا حفاظت در برابر مایعات، بخارها یا جامدات ضروری باشد.

ب) درمواردی که در مکان‌های مخاطره‌آمیز برابر ضوابط مربوط استفاده از آن مجاز باشد.

پ) دفن مستقیم در زمین در مواردی که برای این منظور ساخته شده و علامتگذاری شده باشد.

۱-۵-۶-۲ موارد عدم مصرف

لوله‌های فلزی قابل انعطاف مقاوم مایعات درموارد زیر نباید مورد استفاده قرارگیرد:

الف) درمورادی که درمعرض صدمه و آسیب فیزیکی قرارگیرد.

ب) درمواردی که هر ترکیبی از حرارت‌های محیطی و هادی از حرارت کارکردی مصوب لوله متجاوز باشد.

۱-۵-۷ لوله‌های غیرفلزی

این لوله‌ها و لوازم مربوط به آن در مواردی که در بالای سطح زمین مورد استفاده قرار می‌گیرد باید در برابر رطوبت، فضاهای شیمیایی، ضربه، فشار، شعله، تغییر شکل ناشی از حرارت در شرایط بهره برداری، برودت و اثرات نورخورشید مقاومت کافی داشته باشد. لوله‌های غیرفلزی مورد استفاده در زیر سطح زمین باید از موادی ساخته شود که در برابر رطوبت و عوامل خورنده مقاوم بوده و در برابر ضربه و فشارهایی که ممکن است درحمل و نقل و هنگام نصب به آن وارد شود نیز مقاومت نماید. در مواردی که این نوع لوله‌ها بدون غلاف بتنی مستقیماً در زمین نصب می‌شود باید از موادی ساخته شده باشد که بارهای مداوم محتمل پس از نصب را تحمل کند. برخی از موادی که دارای خواص فیزیکی نامبرده می‌باشد،برای مصارف زیرزمینی عبارت است از فیبر، سیمان ازبست، سنگ صابون (soapstone)، پلی واینال کلراید سخت (pvc)، فایبرگلاس اپوکسی (fiberglass epoxy)، و پلی‌اتیلن با غلظت زیاد، و برای مصارف بالای سطح زمین پلی واینال‌کلراید سخت ممکن است به کار برده شود.

۱-۵-۷-۱ موارد مصرف

استفاده از لوله‌های غیرفلزی سخت و لوازم مربوط به آن درموارد زیر مجاز است:

الف) نصب توکار دردیوار، کف وسقف

ب) در محیط‌هایی که لوله‌ها درمعرض عوامل ایجاد خوردگی شدید قرار می‌گیرد و یا درمکان‌هایی که در معرض مواد شیمیایی باشد. در این گونه موارد بنا بر نوع عامل خورنده جنس لوله خاص مربوط باید به کار رود.

پ) در مکان‌های تر از قبیل محل‌هایی که دیوارها غالباً شسته می‌شود و یا قسمت هایی از برخی کارخانه ها و کارگاه‌ها مانند لبنیات‌سازی، لباس‌شویی، کنسروسازی و امثال آن، کلیه سیستم لوله‌کشی شامل جعبه ها و لوازم مربوط به لوله‌کشی باید به گونه‌ای مجهز و نصب شود که از ورود آب به داخل آن جلوگیری شود. همچنین کلیه پایه ها، پیچ ها، بست ها، مهره ها و مانند آن باید از نوع مقاوم در برابر زنگ‌زدگی وخوردگی بوده و یا با پوششی از مواد مقاوم مورد تایید ساخته شده‌باشد.

ت) استفاده در محل‌هایی که با پوکه پر شود.(cinder fill)

ث) کاربرد در مکان‌های خشک یا مرطوب منوط به این که دربند ۱-۵-۷-۲ مصرف آن منع نشده‌باشد.

ج) نصب روکار در موارد مجاز مشروط بر این که درمعرض صدمه و آسیب فیزیکی یا تابش مستقیم خورشید نباشد.

چ) نصب مستقیم در زیر سطح زمین منوط به این که لوله‌ها برای این منظور ساخته شده باشد و ضوابط مربوط به حداقل عمق نصب رعایت شود.

۱-۵-۷-۲ موارد عدم مصرف

کاربرد لوله‌های غیرفلزی سخت در موارد زیر مجاز نخواهد بود:

الف) استفاده درمحیط‌های مخاطره آمیز (طبقه بندی شده) به استثنای موارد زیر:
- مکان‌های کلاس سه، قسمت یک (به بند ۱-۵-۴-۳ نگاه کنید)
- استفاده در سیم‌کشی های خود ایمن (intrinsically safe wiring)
- نصب در عمق حداقل ۶۰ سانتی‌متر از سطح زمین که دراین صورت باید سیستم اتصال زمین اضافی برای حفظ مداومت الکتریکی مجاری فلزی و قسمت های فلزی ماشین آلات کشیده شود و لوله قبل ازخروج از زمین به طول ۶۰ سانتی‌متر از نوع فلزی باشد.

ب) کاربرد به عنوان پایه نگهدارنده چراغ ها و سایر وسایل برقی

پ) استفاده درمواردی که درمعرض صدمات فیزیکی قراردارد مگر این که برای همین منظور ساخته شده‌باشد.

ت) استفاده در مواردی که حرارت محیطی از ۵۰ درجه سانتی‌گراد متجاوز باشد.

ث) کاربرد درمواردی که محدودیت حرارتی عایق‌بندی هادی‌ها بیش از حرارت مجاز لوله‌ها باشد.

ج) استفاده در تصرف‌های تجمعی مگر این که با یک غلاف بتنی با ضخامت حداقل پنج سانتی‌متر پوشیده شود.

۱-۶ مشخصات فنی عمومی لوله‌های برق

عمده‌ترین مشخصات فنی عمومی لوله‌های محافظ برق و لوازم مربوط براساس استاندارد های ISIRI 3450-1 و ISIRI 3450-2-1 و ISIRI 3450-2-4 و ISIRI 3455 به شرح زیر خواهد بود:

۱-۶-۱ الزامات عمومی

لوله‌های محافظ برق باید به گونه ای طراحی و ساخته شود که سیم‌ها یا کابل‌هایی که درون آن قرار می‌گیرد از نظرمکانیکی محافظت شود. این گونه لوله‌ها درصورتی که از نوع فلزی باشد باید در موارد لازم حفاظت الکتریکی کافی را نیز تامین کند.

علاوه بر این،لوله‌های محافظ هادی‌ها باید در برابر تنش‌هایی که ممکن است دراثرجابه‌جایی، انبارش و هنگام نصب طبق دستورالعمل توصیه شده پیش آید، مقاوم باشد.

۱-۶-۲ ابعاد رزوه‌ها و ضخامت دیواره‌های لوله

۱-۶-۲-۱ قطرهای بیرونی لوله‌های محافظ و جزییات رزوه‌ها و اتصالات مربوط به آن برابر استاندارد ISIRI 3455 باید با جدول ۱-۱ مطابقت نماید.

۱-۶-۲-۲ ضخامت دیواره لوله‌های فلزی محافظ بدون قابلیت رزوه‌شدن، برابر استاندارد ISIRI 3450-2-1 باید با جدول مندرج در شکل ۱-۲ مطابقت نماید.

۱-۶-۲-۳ ضخامت دیواره و طول رزوه لوله‌های فلزی محافظ با قابلیت رزوه‌شدن، برابر استاندارد ISIRI 3450-2-1 باید با جدول مندرج در شکل ۱-۳ مطابقت نماید.

۱-۶-۲-۴ حداقل قطر درونی لوله‌های عایقی خم پذیرارتجاعی محافظ، برابر استاندارد ISIRI 3450-2-4 باید با جدول مندرج در شکل ۱-۴ مطابقت نماید.

۱-۶-۲-۵ حداقل قطر بیرونی لوله‌های عایقی خم پذیرارتجاعی محافظ، برابر استاندارد ISIRI 3450-2-4 باید با شاخص‌های کنترل مندرج درشکل ۱-۵ بررسی گردیده و مطابقت نماید.

۱-۶-۳ ساختمان لوله

سطوح درونی و بیرونی لوله‌های برق، باید فاقد زبری، پلیسه و عیوب مشابه باشد.همچنین لبه‌هایی که ممکن است هادی‌ها روی آن کشیده شود، نباید باعث آسیب دیدن غلاف یا عایق‌بندی هادی‌ها یا کابل‌ها شود.

۱-۶-۴ مشخصه های الکتریکی

۱-۶-۴-۱ لوله‌های محافظ با مشخصه پیوستگی الکتریکی باید به گونه ای ساخته شود که درسیستم نصب به عنوان هادی اتصال زمین یا حفاظتی مورد استفاده قرارگیرد. مقاومت این گونه لوله‌ها نباید از ۵×۱۰^{-۳} اهم برمتر بیشترباشد.

۱-۶-۴-۲ لوله‌های محافظ با مشخصه عایق الکتریکی باید از نظر استقامت الکتریکی عایقی و مقاومت عایقی مورد آزمون قرارگیرد.

۱-۶-۵ عوامل بیرونی

لوله‌های محافظ باید از نظر حفاظت در برابر آب، روغن یا مصالح ساختمانی دماهای کم یا زیاد، مواد آلاینده و خورنده و پرتوهای خورشیدی مورد آزمون قرار گیرد.

۱-۶-۶ خواص مکانیکی وآزمون ها

لوله‌های محافظ باید برابر استاندارد ISIRI 3450-1 متناسب با جنس لوله در موارد زیر مورد آزمون قرارگیرد:

- آزمون خمش
- آزمون شکست
- آزمون فشار
- آزمون مقاومت در برابر سوختن
- آزمون مقاومت در برابر حرارت
- آزمون انتشار گاز اسیدی
- آزمون ضربه

۱-۶-۷ نشانه گذاری

لوله‌های محافظ باید به صورت با دوام و خوانا در فواصل منظم (ترجیحاً یک متروحداکثر سه متر) به شرح زیر نشانه گذاری شود:

الف) نام تولید کننده یا علامت تجاری آن

ب) کد طبقه بندی

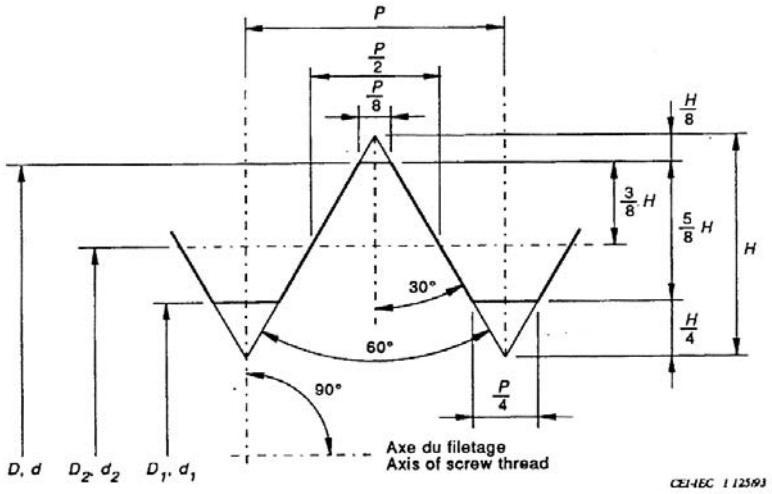
پ) هر نوع نماد یا نشانه استاندارد لازم

ت) کلمه "بدون هالوژن" یا عبارت اختصاری آن HF (Halogen Free)، درصورت مقتضی

جدول ۱-۱: قطرهای بیرونی لوله‌های محافظ و جزییات رزوه‌ها و اتصالات مربوط به آن

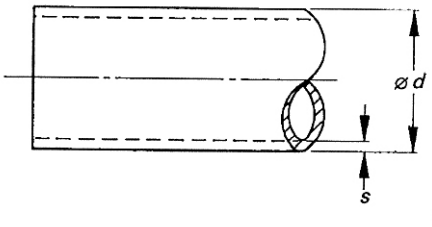
قطرهای بیرونی و رزوه لوله محافظ				رزوه‌های بیرونی						رزوه‌های درونی					
قطرهای بیرونی	رزوه متریک	طبقه بندی اتصالات	طول گام	قطراصلی d		قطر موثر d_2		قطر کمتر d_1		قطراصلی D		قطر موثر D_2		قطرکمتر D_1	
				بیشینه	کمینه	بیشینه	کمینه	بیشینه	کمینه	کمینه	بیشینه	کمینه	بیشینه	کمینه	بیشینه
۶+۰/-۰/۱	M6	6g/6H	۰/۷۵	۵/۹۷۸	۵/۸۳۸	۵/۴۹۱	۵/۳۹۱	۵/۰۵۸	۴/۹۲۹	۶/۰۰۰	۵/۶۴۵	۵/۵۱۳	۵/۳۷۸	۵/۱۸۸	۵/۳۷۸
۸+۰/-۰/۲	M8	8g/7H	۱/۰۰	۷/۹۷۴	۷/۶۹۴	۷/۳۲۴	۷/۱۴۴	۶/۷۴۷	۶/۵۲۸	۸/۰۰۰	۷/۵۴۰	۷/۳۵۰	۷/۲۱۷	۶/۹۱۷	۷/۲۱۷
۱۰+۰/-۰/۲	M10	8g/7H	۱/۰۰	۹/۹۷۴	۹/۶۹۴	۹/۳۲۴	۹/۱۴۴	۸/۷۴۷	۸/۵۲۸	۱۰/۰۰۰	۹/۵۴۰	۹/۳۵۰	۹/۲۱۷	۸/۹۱۷	۹/۲۱۷
۱۲+۰/-۰/۳	M12	8g/7H	۱/۵۰	۱۱/۹۶۸	۱۱/۵۹۳	۱۰/۹۹۴	۱۰/۷۷۰	۱۰/۱۲۸	۹/۸۴۶	۱۲/۰۰۰	۱۱/۲۶۲	۱۱/۰۲۶	۱۰/۷۵۱	۱۰/۳۷۶	۱۰/۷۵۱
۱۶+۰/۰/۳	M16	8g/7H	۱/۵۰	۱۵/۹۶۸	۱۵/۵۹۳	۱۴/۹۹۴	۱۴/۷۷۰	۱۴/۱۲۸	۱۳/۸۴۶	۱۶/۰۰۰	۱۵/۲۶۲	۱۵/۰۲۶	۱۴/۷۵۱	۱۴/۳۷۶	۱۴/۷۵۱
۲۰+۰/۰/۳	M20	8g/7H	۱/۵۰	۱۹/۹۶۸	۱۹/۵۹۳	۱۸/۹۹۴	۱۸/۷۷۰	۱۸/۱۲۸	۱۷/۸۴۶	۲۰/۰۰۰	۱۹/۲۶۲	۱۹/۰۲۶	۱۸/۷۵۱	۱۸/۳۷۶	۱۸/۷۵۱
۲۵+۰/-۰/۴	M25	8g/7H	۱/۵۰	۲۴/۹۶۸	۲۴/۵۹۳	۲۳/۹۹۴	۲۳/۷۵۸	۲۳/۱۲۸	۲۲/۸۳۴	۲۵/۰۰۰	۲۴/۲۷۶	۲۴/۰۲۶	۲۳/۷۵۱	۲۳/۳۷۶	۲۳/۷۵۱
۳۲+۰/-۰/۴	M32	8g/7H	۱/۵۰	۳۱/۹۶۸	۳۱/۵۹۳	۳۰/۹۹۴	۳۰/۷۵۸	۳۰/۱۲۸	۲۹/۸۳۴	۳۲/۰۰۰	۳۱/۲۷۶	۳۱/۰۲۶	۳۰/۷۵۱	۳۰/۳۷۶	۳۰/۷۵۱
۴۰+۰/-۰/۴	M40	8g/7H	۱/۵۰	۳۹/۹۶۸	۳۹/۵۹۳	۳۸/۹۹۴	۳۸/۷۵۸	۳۸/۱۲۸	۳۷/۸۳۴	۴۰/۰۰۰	۳۹/۲۷۶	۳۹/۰۲۶	۳۸/۷۵۱	۳۸/۳۷۶	۳۸/۷۵۱
۵۰+۰/-۰/۴	M50	8g/7H	۱/۵۰	۴۹/۹۶۸	۴۹/۵۹۳	۴۸/۹۹۴	۴۸/۷۴۴	۴۸/۱۲۸	۴۷/۸۲۰	۵۰/۰۰۰	۴۹/۲۹۱	۴۹/۰۲۶	۴۸/۷۵۱	۴۸/۳۷۶	۴۸/۷۵۱
۶۳+۰/-۰/۴	M63	8g/7H	۱/۵۰	۶۲/۹۶۸	۶۲/۵۹۳	۶۱/۹۹۴	۶۱/۷۴۴	۶۱/۱۲۸	۶۰/۸۲۰	۶۳/۰۰۰	۶۲/۲۹۱	۶۲/۰۲۶	۶۱/۷۵۱	۶۱/۳۷۶	۶۱/۷۵۱
۷۵+۰/-۰/۴	M75	8g/7H	۱/۵۰	۷۴/۹۶۸	۷۴/۵۹۳	۷۳/۹۹۴	۷۳/۷۴۴	۷۳/۱۲۸	۷۲/۸۲۰	۷۵/۰۰۰	۷۴/۲۹۱	۷۴/۰۲۶	۷۳/۷۵۱	۷۳/۳۷۶	۷۳/۷۵۱

یادآوری ۱- همه ابعاد برحسب میلی‌متر است.
یادآوری ۲- همچنین به شکل مراجعه شود.
یادآوری ۳- اندازه های ۶، ۸، ۱۰ و ۱۲غیرترجیحی هستند.



3/8 H = 0,324 76 P H = 0,866 03 P
5/8 H = 0,541 27 P H = Pas/Pitch

شکل ۱-۱: نمای ساده رزوه‌های پیچ

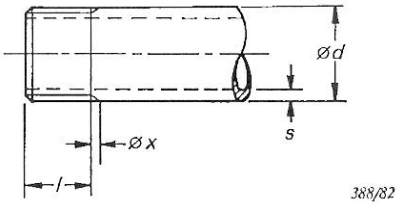


اندازه d	ضخامت دیواره S (میلی متر)
۱۶	۱ ±۰/۱
۲۰	۱ ±۰/۱
۲۵	۱/۲ ±۰/۱۲
۳۲	۱/۲ ±۰/۱۲
۴۰	۱/۲ ±۰/۱۲
۵۰	۱/۲ ±۰/۱۲
۶۳	۱/۲ ±۰/۱۲

طول ساخته شده:
- حداقل : ۳ متر
- ترجیحی : ۳ یا ۴ متر

رواداری برای اندازه نامی باید بر طبق استاندارد ملی ایران ۳۴۵۵ باشد.

شکل ۱-۲: ضخامت دیواره لوله‌های فلزی محافظ بدون قابلیت رزوه شدن برابر استاندارد ISIRI 3450-2-1



اندازه *d*	ضخامت دیواره S (میلی متر)	طول رزوه l (میلی متر)	رزوه x (میلی متر)
۱۶	۱/۴ ±۰/۱۵	۱۳ ±۳	۳
۲۰	۱/۶ ±۰/۱۵	۱۴ ±۳	۳
۲۵	۱/۶ ±۰/۱۵	۱۷±۳	۳
۳۲	۱/۶ ±۰/۱۵	۱۹ ±۳	۳
۴۰	۱/۶ ±۰/۱۵	۱۹ ±۳	۳
۵۰	۱/۶ ±۰/۱۵	۱۹ ±۳	۳
۶۳	۱/۸ ±۰/۱۵	۱۹ ±۳	۳

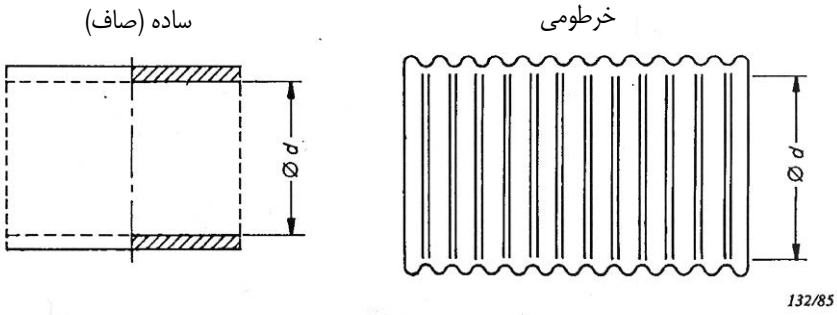
رزوه‌های پیچ بر طبق استاندارد ملی ایران ۳۴۵۵ می باشند.

طول های ساخته شده:

- حداقل ۳ متر
- ترجیحی : ۳ یا ۴ متر

رواداری برای اندازه نامی باید برطبق استاندارد ملی ایران ۳۴۵۵ باشد.

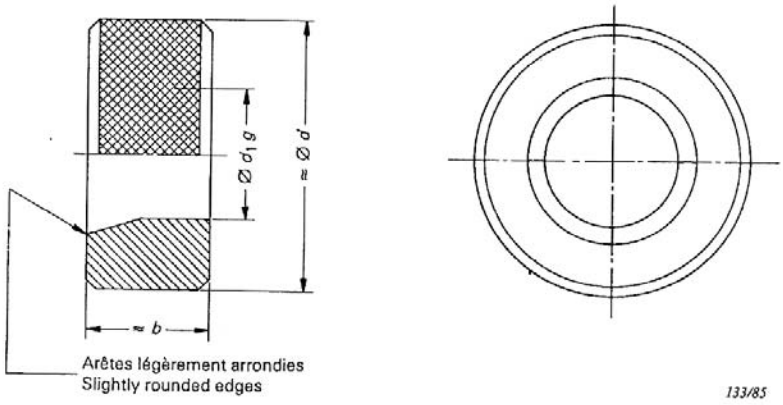
شکل ۱-۳ : ضخامت دیواره و طول رزوه لوله‌های فلزی محافظ با قابلیت رزوه شدن برابر استاندارد ISIRI 3450-2-1



اندازه	حدقال قطر درونی (d (mm))	طول ترجیحی کلاف (متر)
۱۶	۱۰/۷	۵۰ و ۱۰۰
۲۰	۱۴/۱	
۲۵	۱۸/۳	۵۰
۳۲	۲۴/۳	
۴۰	۳۱/۲	
۵۰	۳۹/۶	۲۵
۶۳	۵۲/۶	

این ترسیم ها برای طراحی در نظرگرفته نشده اند مگر درجایی که ابعاد داده شده باشند.

شکل ۱-۴: حداقل قطر درونی لوله‌های عایقی خم پذیر ارتجاعی محافظ برابر استاندارد ISIRI 3450-2-4



اندازه لوله محافظ هادی	d_{ig} (میلی متر)	b (میلی متر)	d (میلی متر)
۱۶	۱۵/۷	۲۴	۴۵
۲۰	۱۹/۷	۲۴	۴۵
۲۵	۲۴/۶	۳۲	۶۰
۳۲	۳۱/۶	۳۶	۷۰
۴۰	۳۹/۶	۳۶	۷۰
۵۰	۴۹/۵	۴۰	۸۵
۶۳	۶۲/۴	۴۰	۱۰۰

جنس : فولاد
۱- رواداری ساخت : ۰/۰۱ – میلی متر
پوشش مجاز : ۰/۰۱+ میلی متر
شاخص مربوطه نباید به طور کامل تحت وزن خود در سرتا سر لوله محافظ بلغزد.

شکل ۱-۵: شاخص های کنترل حداقل قطر خارجی لوله‌های عایقی خم پذیر ارتجاعی محافظ برابر استاندارد ISIRI 3450-2-4

۱-۷ ظرفیت لوله‌ها

۱-۷-۱ تعداد مجاز هادی‌ها در هر لوله بستگی به درصد سطح مقطعی از لوله که به وسیله هادی‌ها اشغال می شود دارد و نباید از مقادیر تعیین شده درجدول ۱-۲ تجاوز نماید. انتخاب اندازه لوله‌ها باید با توجه به قطر داخلی لوله و شمار خم‌های موجود در آن، به گونه‌ای انجام شود که سیم‌کشی و کابل‌کشی به آسانی صورت گرفته وصدمه و آسیبی به سیم ها و کابل ها و عایق بندی آن وارد نشود.

۱-۷-۲ جدول ۱-۲ بر اساس شرایط عادی سیم‌کشی ، با توجه به طول نرمال کشش سیم ها یا کابل ها و شمار خم‌های مجاز درنظر گرفته شده است. بدیهی است که در شرایط ویژه باید اندازه لوله و تعداد سیم ها و کابل ها متناسب با شرایط کار انتخاب شود.

جدول ۱-۲ درصد سطح مقطع مجاز اشغال شده در هرلوله بر حسب تعداد و نوع هادی

تعداد هادی ها / نوع هادی ها	۱	۲	۳	۴	بیش از ۴ رشته
هادی‌های غلاف سربی	٪۵۵	٪۳۰	٪۴۰	٪۳۸	٪۳۵
انواع دیگر هادی‌ها	٪۵۳	٪۳۱	٪۴۰	٪۴۰	٪۴۰

۱-۷-۳ حداکثر تعداد مجاز هادی‌های روشنایی و نیرو در داخل لوله‌های فولادی عایق دار، بدون عایق و پلاستیکی سخت برحسب سطح مقطع هادی‌ها و قطر داخلی لوله‌ها به شرح مندرج در جدول شماره ۱-۳ خواهد بود.

۱-۷-۴ حداکثر تعداد مجاز هادی‌های جریان ضعیف (تلفن، زنگ ومانند آن) در لوله‌های فولادی عایق دار، بدون عایق و پلاستیکی سخت برحسب سطح مقطع و یا قطر هادی‌ها وقطر داخلی لوله‌ها به شرح مندرج در جدول ۱-۴ خواهد بود.

۱-۷-۵ حداقل قطر داخلی لوله‌های فولادی عایق‌دار برق ۱۶/۴ میلی متر(PG 11) وحداقل قطر داخلی لوله‌های فولادی بدون عایق و پلاستیکی سخت ۱۶ میلی متر خواهد بود.

جدول ۱-۳: حداکثر تعداد مجاز هادی های روشنایی و نیرو در داخل لوله‌های فولادی عایق دار، بدون عایق و پلاستیکی سخت برحسب سطح مقطع هادی ها و قطر داخلی لوله ها

تعداد هادی	۲			۳			۴			۵			۶		
سطح مقطع هادی (میلیمتر مربع)	فولادی عایق دار	فولادی بدون عایق ویا پلاستیکی سخت	شماره لوله	فولادی عایق دار	فولادی بدون عایق ویا پلاستیکی سخت	شماره لوله	فولادی عایق دار	فولادی بدون عایق ویا پلاستیکی سخت	شماره لوله	فولادی عایق دار	فولادی بدون عایق ویا پلاستیکی سخت	شماره لوله	فولادی عایق دار	فولادی بدون عایق ویا پلاستیکی سخت	شماره لوله
	قطر	قطر	PG	قطر	قطر	PG	قطر	قطر	PG	قطر	قطر	PG	قطر	قطر	PG
۱(ت) و(چ)	۱۶	۱۶/۴	(۱۱)	۱۶	۱۶/۴	(۱۱)	۱۶	۱۶/۴	(۱۱)	۱۶	۱۶/۴	(۱۱)	۱۶	۱۶/۴	(۱۱)
۱/۵(ت)و(چ)	۱۶	۱۶/۴	(۱۱)	۱۶	۱۶/۴	(۱۱)	۱۶	۱۶/۴	(۱۱)	۲۱	۱۸	(۱۳/۵)	۲۱	۱۸	(۱۳/۵)
۲/۵(ت)و(چ)	۱۶	۱۶/۴	(۱۱)	۱۶	۱۶/۴	(۱۱)	۲۱	۱۸	(۱۳/۵)	۲۱	۱۸	(۱۳/۵)	۲۱	۱۹/۹	(۱۶)
۴(ت)و(چ)	۱۶	۱۶/۴	(۱۱)	۱۶	۱۸	(۱۳/۵)	۲۱	۱۹/۹	(۱۶)	۲۱	۲۵/۵	(۲۱)	۲۹	۲۵/۵	(۲۱)
۶(ت)و(چ)	۱۶	۱۸	(۱۳/۵)	۲۱	۱۹/۹	(۱۶)	۲۱	۲۵/۵	(۲۱)	۲۹	۲۵/۵	(۲۱)	۲۹	۳۴/۲	(۲۹)
۱۰(ت)و(چ)	۲۱	۱۹/۹	(۱۶)	۲۹	۲۵/۵	(۲۱)	۲۹	۳۴/۲	(۲۹)	۳۶	۳۴/۲	(۲۹)	۳۶	۳۴/۲	(۲۹)
۱۶(ت)	۲۹	۲۵/۵	(۲۱)	۲۹	۳۴/۲	(۲۹)	۳۶	۳۴/۲	(۲۹)	۳۶	۴۴	(۳۶)	۴۲	۴۴	(۳۶)
۱۶(چ)	۲۹	۲۵/۵	(۲۱)	۲۹	۳۴/۲	(۲۹)	۳۶	۳۴/۲	(۲۹)	۳۶	۴۴	(۳۶)	۴۲	۴۴	(۳۶)
۲۵(ت)	۲۹	۳۴/۲	(۲۹)	۳۶	۳۴/۲	(۲۹)	۴۲	۴۴	(۳۶)	۴۸	۵۱	(۴۲)	۴۸	۵۱	(۴۲)
۲۵(چ)	۲۹	۳۴/۲	(۲۹)	۳۶	۳۴/۲	(۲۹)	۴۲	۴۴	(۳۶)	۴۸	۵۱	(۴۲)	۴۸	۵۱	(۴۲)
۳۵(چ)	۳۶	۳۴/۲	(۲۹)	۴۲	۴۴	(۳۶)	۴۲	۴۴	(۳۶)	۴۸	۵۱	(۴۲)	–	۵۵/۸	(۴۸)
۵۰(چ)	۴۲	۴۴	(۳۶)	۴۸	۵۱	(۴۲)	–	۵۵/۸	(۴۸)	–	–	–	–	–	–
۷۰(چ)	۴۸	۴۴	(۳۶)	۴۸	۵۱	(۴۲)	–	۵۵/۸	(۴۸)	–	–	–	–	–	–
۹۵(چ)	–	۵۱	(۴۲)	–	۵۵/۸	(۴۸)	–	–	–	–	–	–	–	–	–
۱۲۰(چ)	–	۵۵/۸	(۴۸)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
۱۵۰(چ)	–	۵۵/۸	(۴۸)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

توضیحات ضروری:

۱- ارقام مندرج درجدول زیر عنوان قطر نمایانگر قطرداخلی لوله‌ها بر حسب میلی‌متر است.

۲- جدول فوق شامل سیم‌های NGA و NYA می شود که ممکن است در لوله زیرکار و یا روی‌کار نصب شود.

۳- حرف "ت" نشان دهنده هادی‌های تک رشته‌ای و حرف "چ" معرف هادی‌های چند رشته‌ای می باشد.

۴- در ستون‌هایی که لغت "فولادی" به کار رفته است منظور لوله‌های فولادی سیاه و یا گالوانیزه است.

جدول ۱-۴: حداکثر تعداد مجاز هادی های جریان ضعیف (تلفن، زنگ ومانند آن) درلوله‌های فولادی عایق دار، بدون عایق و پلاستیکی سخت

فولادی بدون عایق (۱۱) PG یا پلاستیکی سخت یا فولادی عایق‌دار ۱۶ میلی‌متر	فولادی بدون عایق(۱۳/۵)PG یا پلاستیکی سخت یا فولادی عایق‌دار ۲۱ میلی‌متر	فولادی بدون عایق (۱۶) PG یا پلاستیکی سخت یا فولادی عایق‌دار ۲۱ میلی‌متر	فولادی بدون عایق (۲۱) PG یا پلاستیکی سخت یا فولادی عایق‌دار ۲۹ میلی‌متر	فولادی بدون عایق (۲۹) PG یا پلاستیکی سخت یا فولادی عایق‌دار ۳۶ میلی‌متر	فولادی بدون عایق (۳۶) PG یا پلاستیکی سخت یا فولادی عایق‌دار ۴۲ میلی‌متر
۰/۶mm تا ۰/۸) ۸ تا ۱۰	۰/۶mm تا ۰/۸)۱۲ تا ۱۴	۲۰×۰/۸mm	۲۶×۰/۸mm	۳۴×۰/۸mm	۴۸×۰/۸mm
-	۲×۱/۵mm² ۳×۰/۶mm	۲×۱/۵mm² ۶×۰/۶mm	۲×۱/۵mm² ۱۴×۰/۸mm	۲×۱/۵mm² ۳۰×۰/۶mm	۲×۱/۵mm² ۴۲×۰/۶mm
-	۲×۲/۵mm² ۲×۰/۶mm	۲×۲/۵mm² ۳×۰/۶mm	۲×۲/۵mm² ۹×۰/۶mm	۲×۱/۵mm² ۲۶×۰/۶mm	۲×۲/۵mm² ۳۶×۰/۶mm

توضیح: در هریک از موارد مندرج در جدول فوق یک سیم زمین نیز مجاز است

۱-۸ اصول و روش‌های نصب لوله‌های برق

۱-۸-۱ انتخاب سیستم‌های لوله‌کشی

سیستم‌های لوله باید متناسب با شرایط محیطی مورد نظر و رعایت مقررات مربوط بـه هریـک طراحـی و اجـرا شـود. عمده‌ترین شرایط مختلف محیطی و نوع لوله‌کشی مورد مصرف در آن به قرار زیر است.

۱-۸-۱-۱ محیط‌های با شرایط عادی (محیط خشک)

در این‌گونه محیط‌ها شرایط دما و رطوبت عادی است و معمولا ژاله‌زایی یا تعریق صورت نمی گیـرد وهـوا از رطوبـت اشباع نمی شود، مانند فضاهای اداری، تجاری و مسکونی خشک.

در این نوع محیط‌ها طراحی و اجرای سیستم‌های لوله‌کشی تابع مقررات عمومی لولـه‌کشـی بـرق بـوده و اسـتفاده از انواع لوله‌های استاندارد فلزی، غیرفلزی و قابل انعطاف و لوازم مربوط متناسب با مورد مصرف مجاز است.

۱-۸-۱-۲ محیط‌های نمناک، مرطوب و گرم

در محیط‌های نمناک وجود نم، ژاله‌زایی یا آثار شیمیایی و مانند آن ممکن است مانع کـار صـحیح وسـایل الکتریکـی شود مانند فضای آزاد، سردخانه، موتورخانه، گلخانه و غیره.

در محیط‌های مرطوب علاوه بر وجود نم، دیوارها وکف ها، برای نظافت،معمولا با آب تحت فشـار شسـته مـی‌شـود مانند حمام، رختشوی خانه، کارواش،کارگاه‌های اتوکشی، کارخانه‌های لبنیات سازی و غیره.

درمحیط‌های گرم دمای بیش از ۳۵ درجه سانتی گراد وجود دارد و معمولا شرایط محیط‌های نمنـاک و مرطـوب نیـز حاکم است مانند موتورخانه، کارخانجات فولاد سازی، شیشه سازی، ذوب فلز و غیره.

سیستم لوله‌کشی توکار یا روکار درمحیط‌های نمناک و مرطوب و همچنین درمحیط‌های گرم تابع شرایط زیـر خواهـد بود:

الف) لوله‌کشی وکابل‌کشی برق باید فقط با استفاده از لوله فولادی، لوله پلاستیکی سخت، وکابل های دارای غـلاف پلاستیکی، سربی و عایق بندی معدنی انجام شود.

ب) تجهیزات به کاررفته در این محیط ها باید مجهز به اتصالات مخصوص مربوط به نوع سیم‌کشی مورد استفاده باشد تا از نفوذ رطوبت به درون لوله ها وتجهیزات (چراغ ها، جعبه تقسیم ها، کلیدها، پریزها، وسایل مصرف کننده وغیره) جلوگیری شود.

پ) با توجه به مفاد مندرج در بند "ب" کلیه لوازم وتجهیزات به کار رفته در این‌گونه محیط ها باید از درجه حفاظت زیر برخوردار باشد:

- در محیط‌های نمناک، لوازم و تجهیزات باید از نوع ضد ترشح آب با درجه حفاظت حداقل IP44 باشد.
- درمحیط‌های مرطوب، لوازم و تجهیزات باید از نوع ضد آب تحت فشار با درجه حفاظت حداقل IP45 باشد.

ت) کلیه لوازم وتجهیزات به کاررفته باید از نوع حفاظت شده، در برابر زنگ زدگی وخوردگی باشد.

ث) قطعات فلزی به کاررفته در تاسیسات، از جمله لوله‌های فولادی باید دارای پوشش ضد زنگ باشد.

۱-۸-۱-۳ محیط‌های ویژه

سیستم لوله‌کشی در محیط‌های ویژه که به علت شرایط محیطی خاص یا عملکردی، از نظر ایمنی مخاطره‌آمیز بوده یا تاثیر نامناسبی بر نحوه کار تجهیزات، وسایل و لوازم دارد، باید بر اساس مقررات ویژه مربوط به هر یک، طراحی و اجرا شود. این قبیل محیط‌ها ممکن است شامل موارد زیر باشد:

الف) محیط‌های درمانی مخاطره‌آمیز همچون اتاق‌های عمل، کاتتریزاسیون قلب، زایمان، مراقبت های ویژه (CCU, ICU) و مانند آن (به جلد سوم از سری نشریات شماره ۲۸۷ با عنوان "طراحی بناهای درمانی- سیستم های تاسیسات برقی" مراجعه شود)

ب) محیط‌های مخاطره آمیز در سیلوها، پالایشگاه ها و مانند آن (به بند ۱-۵-۴ نگاه کنید).

پ) محیط‌های محل استقرار تاسیسات مربوط به شبکه‌های کامپیوتری و مراکز کامپیوتر

ت) استخرهای شنا و حوضچه‌ها (IEC 60364-7-702)

ث) سایر انواع محیط‌هایی که برای آن مقررات ویژه تدوین شده است.

۱-۸-۲ هماهنگی لوله‌کشی و نصب تاسیسات برقی

پیمانکار یا مجری تاسیسات برق به منظور ایجاد هماهنگی و احتراز از دوباره‌کاری باید قبلاً نقشه‌های ساختمانی و مکانیکی را مورد بررسی و مطالعه دقیق قرار داده و ترتیب انجام عملیات مربوط به لوله‌کشی و نصب تاسیسات برقی را به نحوی فراهم نماید که با سایر فعالیت‌های ساختمانی هم‌آهنگ بوده و موجبات تداخل و تاخیر آن نشود. بدیهی است در صورتی که عملیات مذکور تغییراتی در نقشه‌ها ایجاد کند، مراتب باید به واحد نظارت گزارش و پس از تایید اجرا شود.

۱-۸-۳ معیارهای عمومی نصب مجاری و لوله‌های برق

۱-۸-۳-۱ تمامی سیم‌کشی‌های داخلی ساختمان‌ها، اعم از روکار یا توکار، باید در داخل لوله‌های مخصوص برق یا مجاری ویژه این کار (ترانکینگها) متناسب با شرایط محیطی مندرج در بند ۱-۸-۲ انجام شود و برای اجرای انشعاب‌ها، خم‌ها، زانوها، سه یا چهارراهه‌ها و غیره باید از وسایل و متعلقات استاندارد و مخصوص هر نوع لوله یا مجرا استفاده شود.

۱-۸-۳-۲ سیستم‌های لوله‌کشی

سیستم‌های زیر باید توسط لوله‌های جداگانه و یا تقسیم‌بندی‌های متفاوت در کانال (duct) انجام پذیرد:

الف) سیستم برق‌رسانی به پریزهای عمومی

ب) سیستم برق‌رسانی به پریزهای اضطراری

پ) سیستم برق‌رسانی به فن‌کویل‌ها

ت) سیستم روشنایی برق متناوب

ث) سیستم برق اضطراری- برق متناوب

ج) سیستم برق اضطراری- برق مستقیم

چ) سیستم آنتن و آنتن مرکزی تلویزیون و رادیو

ح) سیستم تلفن و فکس

خ) سیستم فراخوان

د) سیستم دربازکن

ذ) سیستم تصویری (تلویزیون مداربسته)

ر) سیستم مادر ساعت

ز) سیستم تشخیص، هشدار حریق و نشت گاز

ژ) سیستم صوتی

س) سیستم تلکس

ش) سیستم کنترل تاسیسات مکانیکی ازقبیل تهویه مطبوع، آسانسور و غیره

ص) دستگاه‌های یک فاز

ض) سیستم شبکه رایانه و سیستم چند رسانه‌ای

ط) شبکه مدیریت ساختمان (Building Management System-BMS) و شبکه مدیریت انرژی (Energy Management System-EMS)

یادآوری:
مدارهای سیستم‌های جریان ضعیف در موارد زیر ممکن است به صورت یک‌جا کشیده شود مشروط بر این که ولتاژ هیچ یک از هادی‌ها از ولتاژ اسمی عایق‌بندی هادی‌های فشار ضعیف مورد استفاده تجاوز نکند:

- تلفن، تلکس، فکس و نظایر آن؛
- زنگ اخبار، احضار، دربازکن؛
- خطوط ارتباطی سیستم اعلام حریق با مرکز آتش‌نشانی یا مرکز اصلی.

۱-۸-۳-۳ لوله‌های حاوی هادی‌های الکتریکی، جعبه‌ها، کابل‌های زره‌دار، تابلوها، زانوها و سایر لوازم مربوط به لوله‌کشی برق باید براساس ضوابط مشروحه در بند ۱-۵ انتخاب شود به نحوی که برای محیط مورد مصرف مناسب باشد.

۱-۸-۳-۴ مجاری سیم‌کشی (ترانکینگ‌ها) اعم از فلزی یا پلاستیکی، توکار و یا روکار، باید مجهز به جعبه تقسیم‌ها، جعبه انشعاب‌ها، قطعات اتصالی و انتهایی و انواع زانوها، (داخلی و خارجی) و سه‌راهها و چهارراهه‌های مناسب و مخصوص به خود باشد. مجاری سیم‌کشی که از داخل آن علاوه بر سیم‌کشی‌های مربوط به قدرت، سیم‌کشی‌های تاسیسات فشار ضعیف نیز عبور می‌کند، باید حداقل به یک دیواره جداکننده دو نوع سیم‌کشی مجهزباشد واین جدایی باید درسراسر مجرا وجعبه تقسیم‌ها وجعبه انشعاب‌ها وغیره برقرار باقی بماند. مجاری فلزی باید به پیچ‌های مخصوص مداومت الکتریکی بدنه مجهز باشد و در سراسر سیستم مجرا، بدنه‌ها به طورکامل به یکدیگرمتصل وهمگی به هادی حفاظتی تابلوی مربوط وصل شود.

۱-۸-۳-۵ تمامی لوله‌کشی‌های برق باید از تابلوی برق مربوط شروع و به جعبه تقسیم یا جعبه کلید و پریز ختم شود، بدین معنی که باقی‌گذاردن سرلوله به طور آزاد و یا استفاده از سر چپقی برای ختم لوله مجاز نیست.

۱-۸-۳-۶ درمکان‌های نمناک ومرطوب کلیه اتصالی‌های مجراها و لوله‌ها باید در برابر رطوبت عایق وکلیه درپوش‌های جعبه تقسیم‌ها دارای واشربوده وبا پیچ به جعبه‌ها متصل شود.

۱-۸-۳-۷ درسیستم لوله‌کشی فلزی به منظور اجتناب از فعل و انفعالات گالوانیک باید حتی‌الامکان لوله‌های فلزی ناهمجنس مورد استفاده قرارنگیرد.

۱-۸-۳-۸ درمواردی که از لوله‌های غیرفلزی استفاده می شود باید کلیه لوازم اتصال آن نیز از همان نوع انتخاب شود.

۱-۸-۳-۹ کلیه لوله‌های روکار و یا توکار باید با خط الرآس دیوارها وسقف، موازی و یا عمود برآن،به طرز منظمی نصب شود. همچنین فواصل لوله‌ها از یکدیگرباید مساوی بوده وشعاع خمش لوله‌ها یکسان باشد. اتصال لوله‌های روکار به دیوار باید به وسیله پیچ و مهره فلزی مناسب انجام شود به گونه‌ای که ظاهرکار کاملا تمیز و مرتب باشد.

۱-۸-۳-۱۰ درمواردی که لوله‌های برق از درز انبساط ساختمان عبور می کند باید از بوش منبسط شونده استفاده شود ویا ممکن است لوله اصلی را در داخل لوله بزرگتری قرارداد به نحوی که بتواند آزادانه منقبض و منبسط شود وانتهای دیگرلوله بزرگتر نیز به وسیله یک تبدیل به دنباله لوله‌کشی وصل گردد ویک سیم رابط نیز به منظور حفظ مداومت اتصال زمین بین دو لوله‌کشیده شود.

۱-۸-۳-۱۱ خم کردن لوله ها – خم کردن لوله ها، درصورت لزوم، باید به گونه‌ای انجام شود که لوله‌ها زخمی نشده و قطر داخلی آن به طور موثر نقصان نیابد.برای لوله‌های به قطر ۲۵ میلی متر می توان از لوله خم‌کن دستی استفاده کرد لیکن برای لوله‌های بیش از ۲۵ میلی متر قطر باید از ماشین خم کن استفاده شود.شعاع داخلی انحنای لوله‌هایی که درکارگاه خم می‌شود، درصورتی که لوله حاوی هادی‌های بدون روکش سربی باشد نباید از ۸ برابر قطر لوله کمترباشد ودر صورتی که لوله حاوی هادی‌های دارای روکش سربی باشد ۱۲ برابر قطر لوله باید درنظر گرفته شود.

۱-۸-۳-۱۲ تعداد خم‌ها – در مسیر لوله‌کشی بین دو نقطه اتصال مکانیکی مانند دوجعبه (اعم از جعبه تقسیم و یا جعبه کلید و پریز) و یا یک جعبه و یک بوشن ویا دو بوشن در صورتی که تعداد خم‌ها از چهارخم ۹۰ درجه (مجموعاً ۳۶۰ درجه) بیشتر گردد باید از جعبه کشش (pull box) استفاده شود.

۱-۸-۳-۱۳ درمواردی که لوله ها درکارگاه بریده می شود باید لبه های تیز وبرنده آن از داخل وخارج لوله صاف، و به کلی برطرف شود.

۱-۸-۳-۱۴ لوله‌های له‌شده و زده‌دار نباید در لوله‌کشی مصرف شود،و درهنگام نصب نیز باید دقت و مواظبت به عمل آید که لوله ها زخمی و معیوب نشود.

۱-۸-۳-۱۵ تمامی مجاری و لوله‌ها باید از یک نقطه اتصال تا نقطه اتصال دیگر (جعبه تقسیم به جعبه تقسیم یا پریز به پریز ومانند آن) به صورت پیوسته امتداد یابد.

۱-۸-۳-۱۶ دهانه ورودی لوله‌هایی که از ساختمان خارج و یا به ساختمان وارد می شود باید به طریق مصوب در برابر آب وگاز مسدود شود.

۱-۸-۳-۱۷ کلیه لوله‌ها و مجاری وجعبه ها ومانند آن باید درجریان نصب به طریق مناسب و به طور موقت مسدود شود تا از ورود گچ و شن و مواد خارجی مشابه به داخل آن جلوگیری شود.

۱-۸-۳-۱۸ لوله‌ها باید در هنگام نصب خالی باشد وسیم ها یا کابل‌ها پس از پایان لوله‌کشی به داخل آن هدایت شود.

۱-۸-۳-۱۹ حداقل فاصله بین لوله‌های برق و سایر لوله‌های تاسیساتی از قبیل آب، بخار، گاز و امثال آن باید ۱۵ سانتی‌متر باشد.

۱-۸-۳-۲۰ در مسیر لوله‌کشی روکار و یا توکار در هر نقطه اتصال چراغ، کلید، پریز و مانند آن باید یک جعبه متناسب با مورد کاربرد نصب شود.

۱-۸-۳-۲۱ کلیه هادی‌هایی که به جعبه تقسیم یا جعبه کشش یا به تابلو وارد می شود باید در برابر ساییدگی حفاظت شود، به این ترتیب که برای حراست پوشش عایق سیم‌ها، در محل ورود هادی، یا اتصال لوله به جعبه تقسیم و مانند آن، باید یک بوشن فیبری و یا برنجی نصب شود مگر این که معادل آن در ساخت جعبه در نظرگرفته شده باشد.

۱-۸-۳-۲۲ اندازه جعبه‌های تقسیم یا کشش باید طوری انتخاب شود که فضای کافی برای سیم‌ها وکابل‌های داخل آن وجود داشته باشد.

۱-۸-۳-۲۳ درموارد اتصال لوله به جعبه در صورتی که از بوشن یا مهره قفلی (lock nut) استفاده شود جعبه‌های مدور نباید به کاربرده شود.

۱-۸-۳-۲۴ تغییر نوع لوله (مانند فولادی به پلاستیکی) بدون تعبیه نوعی جعبه در محل تغییر مجاز نخواهد بود.

۱-۸-۳-۲۵ جعبه‌های اتصال و جعبه تقسیم‌های فلزی مخصوص کشش باید با مهره قفلی یا بوشن متناسب با نوع لوله‌کشی به لوله متصل شود ودقت کافی به عمل آید که رزوه‌های سر لوله به قدرکافی به داخل جعبه وارد شود و در نتیجه محل لازم برای نصب بوشن یا مهره قفلی و تامین اتصال الکتریکی محکم با جعبه مربوط به وجود آید.

۱-۸-۳-۲۶ در لوله‌کشی فلزی کلیه اتصالات اعم از لوله و جعبه ها وسایر لوازم مربوط باید به نحوی انجام شود که اتصال موثر الکتریکی تحقق پذیرد.

۱-۸-۳-۲۷ مجاری فلزی، جعبه‌های تقسیم و کشش، تابلوها، کابل‌های زره دار و لوازم لوله‌کشی مربوط، باید به سیستم زمین اتصال داده شود.

۱-۸-۳-۲۸ درمواردی که لوله‌ها به کانال فلزی، یا تابلو، و یا هر نوع صفحه فلزی ختم می شود، اتصال باید به وسیله بوشن برنجی و واشر سربی انجام شود.

۱-۸-۳-۲۹ کلیه مجاری و لوله‌هایی که به جعبه های تقسیم و یا کشش، تابلوها، کابینت ها ومانند آن ختم می شود، باید به طریق مقتضی، علامت گذاری و مشخص شود.

۱-۸-۳-۳۰ در مواردی که لوله‌های برق از زیر دیوار یا کف بتنی ویا از زیر پارتیشن عبور می کند، باید قبل از دیوارکشی یا بتن‌ریزی بر حسب محل عبور لوله اصلی، لوله‌های محافظ از نوع چدنی، فولادی، یا سیمانی پیش بینی و نصب شود.

ورودی لوله‌هایی که از زیر دیوار خارجی عبور می‌کند باید به نحو مقتضی، در برابر نفوذ آب و گاز و مانند آن مسدود شود. در صورتی که لوله برق با جاده یا لوله‌های آب و گاز و امثال آن تقاطع داشته باشد باید از غلاف محافظ فلزی مناسب استفاده شود.

۱-۸-۳-۳۱ کلیه لوازم الکتریکی، باید به طور کاملاً مستقل روی دیوارها نصب شود و اتکایی به لوله‌های برق مجاور خود نداشته باشد.

۱-۸-۳-۳۲ سیم‌های کشیده شده درلوله ها یا مجاری باید از هر نظرسالم و بدون هیچ گونه شکستگی و پیچیدگی باشد و بین دو جعبه تقسیم یا درمحل‌های دسترسی به سرسیم‌ها باید یکپارچه باشد.

۱-۸-۴ لوله‌کشی توکار

۱-۸-۴-۱ در دیوارهای بتنی برای نصب و عبور لوله‌های برق باید هنگام قالب بندی محل لازم در نظرگرفته شود. کندن شیار روی این گونه دیوارها، یا سقف و کف بتنی، پس از اتمام بتن ریزی، مجاز نخواهد بود.

۱-۸-۴-۲ در دیوارهای آجری، شیارکنی ویا جاسازی و ایجاد سوراخ برای نصب لوله‌های برق، باید پس از کاهگل‌کاری و یا گچ و خاک دیوارها و یا سقف انجام شود. عمق این گونه شیارها باید به نحوی باشد که اولاً، بیش از نصف ضخامت دیوار برداشته نشود و ثانیاً، سطح خارجی لوله نصب شده، حداقل ۱/۵ سانتی‌متر زیر سطح تمام شده دیوار قرار گیرد. شیارهای فوق‌الذکر باید حتی‌المقدور با وسایل مکانیکی و در صورت عدم امکان دسترسی به وسایل مذکور با تیشه مخصوص انجام شود. عرض شیار باید حتی‌الامکان متناسب با مجموع پهنای لوله‌های مورد نظر باشد و در آوردن شیار بیش از حد لزوم مجاز نمی باشد.

۱-۸-۴-۳ تمامی جعبه‌های تقسیم، کشش وکلید و پریز باید به گونه‌ای نصب شود که لبه خارجی آن با سطح تمام شده دیوار کاملا هم‌سطح و تراز باشد.در مواردی که این‌گونه جعبه‌ها پایین تر از سطح دیوار قرار گیرد، باید به وسیله حلقه های قابل تنظیم (extension rings) لبه‌های خارجی جعبه با سطح دیوار یکسان شود.

۱-۸-۴-۴ کاربرد لوله‌های برکمان و خرطومی پی – وی – سی در سیستم توکار به هیچ وجه مجاز نمی باشد.

۱-۸-۴-۵ لوله‌های توکار باید به طریقی نصب شود که از پیچ وخم‌های اضافی امتناع شود وحتی المقدور از کوتاهترین فاصله استفاده شود.

۱-۸-۴-۶ لوله‌های توکار باید حداقل ۱۵ میلی متر زیر سطح تمام شده دیوار یا سقف نصب شود.

۱-۸-۴-۷ در مواردی که لوله‌ها در کف نصب می شود حداقل فاصله از روی لوله تا سطح تمام شده، باید سه سانتی‌متر باشد. این گونه لوله‌کشی‌ها باید فقط با استفاده از لوله‌های فولادی یا پلاستیکی سخت انجام شود.

۱-۸-۴-۸ جعبه‌های تقسیم وکشش و امثال آن، باید به گونه‌ای نصب شود که سیم‌ها و کابل‌های محتوی آن بدون تخریب ساختمان و یا خاکبرداری قابل دسترسی باشد ضمن این که حتی المقدور دور از انظار قرارگیرد.

۱-۸-۴-۹ اتصالات بدون رزوه باید به طور محکم انجام شود. در مکان‌های مرطوب یا درجایی که لوله در بتن یا زیر خاک و امثال آن دفن می شود، اتصال باید از نوعی باشد که از ورود آب به داخل لوله‌ها جلوگیری کند.

۱-۸-۴-۱۰ کلیه لوله‌ها و لوازم مربوط به آن و سایر تاسیسات برقی که در زیر کار نصب می شود باید پس از بازرسی، آزمایش و تصویب مهندس ناظر پوشیده شود. بدیهی است این امر باید به نحوی برنامه‌ریزی و اجرا شود که موجبات تاخیر و یا اختلال در انجام سایر فعالیت‌های ساختمانی را فراهم نکند.

۱-۸-۵ لوله‌کشی روکار

۱-۸-۵-۱ درسیستم لوله‌کشی روکار تمامی اتصالات باید از نوع پیچی باشد و به وسیله پیچ ومهره و بوشن و زانو و سه راه به یکدیگر متصل شود. محکم کردن لوله‌ها باید به وسیله لوازمی انجام گیرد که سبب زدگی و یا فرورفتگی آن نشود.

۱-۸-۵-۲ محل وفاصله بست‌های لوله‌های روکار به وسیله مهندس ناظر تاسیسات برق دقیقاً در کارگاه تعیین می شود لیکن در هرحال فاصله بست ها نباید از ۴۰ سانتی متر کمتر و از ۱۰۰ سانتی متر بیشتر باشد. بست ها باید به وسیله رول پلاگ و پیچ به دیوار یا سقف محکم شود. این گونه بست ها باید دو پیچه و از انواعی باشد که لوله با دیوار یا سقف تماس پیدا نکند و حداقل ۶ میلی متر با آن فاصله داشته باشد.در مواردی که لوله بر روی سطح فلزی نصب می شود باید از پیچ های فولادی مخصوص فلز استفاده شود و درصورتی که لوله در روی سطح چوب نصب شود پیچ های مخصوص چوب باید به کار رود. استفاده از میخ به منظور محکم کردن لوله ها، جعبه های تقسیم، چراغ ها و غیره مجاز نمی باشد.

۱-۸-۵-۳ لوله‌های برق، در سقف کاذب نباید روی رابیتس نصب شود بلکه این گونه لوله‌ها را باید از سقف اصلی عبور داد. در صورتی که کلیه لوله‌های برق حتی‌المقدور از کف اتاق‌ها عبور داده شود از نظر آسیب دیدگی بیشتر مصون خواهد بود.

۱-۸-۵-۴ اتصال لوله‌کشی به دستگاه های دارای لرزش (مانند موتور) باید به کمک لوله‌های فولادی قابل انعطاف با بوش‌های مناسب، که حداقل طول آن ۲۰ سانتی‌متر‌باشد، انجام شود.

۱-۸-۵-۵ در لوله‌کشی روکار درصورتی که از لوله‌های فولادی سیاه استفاده شود، کلیه لوله‌ها، جعبه‌ها، و سایر وسایل مربوط باید با یک دست رنگ ضد زنگ و یا رنگ ثانویه پوشانده شود. نصب لوله‌های فولادی سیاه در مکان‌های تر، یا در خارج ساختمان‌ها (فضای آزاد) مجاز نخواهد بود.

۱-۸-۵-۶ درسیستم لوله‌کشی روکار در مکان‌های تر داخل ساختمان ها، لوله‌کشی روکار باید به نحوی انجام شود که بین تمامی لوله‌ها، جعبه‌ها و سایر لوازم مربوط به آن، و دیوار یا سطح اتکایی حداقل شش میلی‌متر فاصله وجود داشته باشد.

۱-۸-۶ لوله‌کشی روکار ضد انفجار

در محیط‌های مخاطره آمیز که ایجاد جرقه، قوس الکتریکی و دمای بالا خطرساز است مانند محل‌هایی که گازهای محترق وقابل انفجار، بخارهای هادی جریان برق، مواد نفتی، رشته های قابل اشتعال معلق در فضا و مانند آن وجود دارد، باید کلیه لوله‌کشی‌های برق براساس طبقه بندی‌ها و استانداردهای وزارت نفت، یا یکی از استانداردهای شناخته شده بین المللی مانند کمیته بین المللی الکترونیک (IEC) و NFPA 70 انجام شود. (به بند ۱-۵-۴ نگاه کنید.)

۱-۸-۷

علایم ترسیمی الکتریکی برای لوله‌کشی برق درجدول ۱-۵ نشان داده شده است.

جدول ۱-۵: نشانه های ترسیمی الکتریکی برای لوله‌کشی برق

شرح	نشانه
مسیر لوله‌کشی توکار، درسقف، یا کف و یا دیوار	
مسیر لوله‌کشی روکار، روی سقف، یا کف و یا دیوار	
مسیر لوله‌کشی توکار، برای سیستم برق اضطراری	E
مسیر لوله‌کشی توکار، برای سیستم تلفن	T
مسیر لوله‌کشی توکار، برای سیستم اینترفون	IF
مسیر لوله‌کشی توکار، برای سیستم احضار پرستار	N
مسیر لوله‌کشی توکار، برای سیستم آنتن	A
مسیر لوله‌کشی توکار، برای سیستم مادر ساعت	C
مسیر لوله‌کشی توکار، برای سیستم اعلام واطفای حریق	F
مسیر لوله‌کشی توکار، برای سیستم صوتی	S
مسیر لوله‌کشی توکار، برای سیستم موسیقی	M
مسیر لوله‌کشی توکار، برای سیستم انتقال داده های رایانه‌ای	D
جعبه انتهایی (تقسیم یا کشش)، یک راه، نوع روکار	
جعبه تقسیم یا جعبه کشش، دو راه، نوع روکار	
جعبه تقسیم یا جعبه کشش، سه راه، نوع روکار	
جعبه تقسیم یا جعبه کشش، چهار راه، نوع روکار	
جعبه انتهایی (تقسیم یا کشش)، یک راه، نوع توکار	
جعبه تقسیم یا جعبه کشش، دو راه، نوع توکار	
جعبه تقسیم یا جعبه کشش،سه راه، نوع توکار	
جعبه تقسیم یا جعبه کشش، چهار راه، نوع توکار	

فصل ۲

سیم‌کشی برق

مشخصات فنی عمومی و اجرایی

تأسیسات برقی ساختمان

نشریه ۱-۱۱۰ (تجدید نظر دوم)

۲ سیم‌کشی برق

فهرست

شناسه	عنوان	صفحه
۲-۱	دامنه پوشش	۱ از ۲٤
۲-۲	تعاریف و اصطلاحات	۱ از ۲٤
۲-۳	استاندارد ساخت	۳ از ۲٤
۲-٤	مشخصات فنی و موارد کاربرد سیم‌ها و کابل‌ها بر اساس استانداردهای ملی	٤ از ۲٤
۲-۵	مشخصات فنی و موارد کاربرد سیم‌ها و کابل‌ها بر اساس استانداردهای بین‌المللی	۸ از ۲٤
۲-۶	ضوابط طراحی سیستم سیم‌کشی	۱٤ از ۲٤
۲-۷	اصول و روش‌های نصب در سیم‌کشی	۲۰ از ۲٤
۲-۸	نشانه‌های ترسیمی الکتریکی	۲۳ از ۲٤

۲-۱ دامنه پوشش

در این فصل سیم‌ها و کابل‌های قابل انعطاف و غیرقابل انعطاف و نیز بندهای قابل انعطاف با عایق و غلاف (در صورت وجود) پلی‌وینیل‌کلراید (pvc) یا عایق لاستیکی که ولتاژ اسمی آنها حداکثر ۴۵۰/۷۵۰ ولت یا ۳۰۰/۵۰۰ ولت بوده و به صورت نصب ثابت برای مصارف عمومی یا سیم‌کشی داخلی و نیز برای مصارف خاص از قبیل کابل‌های بالابر و کابل‌های اتصالات متحرک به کار می‌روند، مورد بررسی قرار می‌گیرند. با تعیین ویژگی‌های عمده این نوع سیم‌ها و کابل‌ها، مشخصات فنی عمومی و معیارهای پایه برای طراحی و اجرای سیستم‌های سیم‌کشی برق ساختمان، شامل بخش‌های زیر تدوین و ارایه شده است:

- تعاریف و اصطلاحات
- استاندارد ساخت
- مشخصات فنی و موارد کاربرد سیم‌ها و کابل‌ها بر اساس استانداردهای ملی
- مشخصات فنی و موارد کاربرد سیم‌ها و کابل‌ها بر اساس استانداردهای بین‌المللی
- ضوابط طراحی سیستم سیم‌کشی
- اصول و روش‌های نصب در سیم‌کشی

۲-۲ تعاریف و اصطلاحات

واژه‌ها و اصطلاحات مورد استفاده در این فصل دارای تعاریف زیر خواهد بود:

۲-۲-۱ هادی

هادی شامل مفتول‌های نازک مسی (افشان) در سیم قابل انعطاف و شامل تک‌مفتول یا مفتول‌های منظم تابیده‌شده در سیم غیرقابل‌انعطاف می‌باشد.

۲-۲-۲ سیم (رشته)

سیم شامل هادی است که توسط پوششی (عایق) احاطه شده باشد.

۲-۲-۳ کابل

مجموعه سیم‌ها (رشته‌ها) که توسط پوششی (غلاف) احاطه شده باشد.

۲-۲-۴ پلی‌وینیل‌کلراید (polyvinyl chloride, PVC)

آمیزه‌ای از مواد که به طور مناسب انتخاب شده و متناسب با هم به عمل آمده و جزء اصلی آن پلاستومر (plastomer) پلی‌وینیل‌کلراید یا یکی از کوپلیمرهای(copolymers) آن می‌باشد.این اصطلاح نیز برای آمیزه‌هایی شامل پلی‌وینیل‌کلراید و برخی از پلیمرهای آن به کار می‌رود.

۲-۲-۵ لاستیک

آمیزه‌ای از مواد که به طور مناسب انتخاب شده و متناسب با هم ولکانیزه(vulcanized)، یا کراس لینک شده و جزء شاخص آن لاستیک طبیعی و یا الاستومر سنتتیک (synthetic elastomer) می‌باشد.

۲-۲-۶ پلی‌کلروپرن (polychloroprene, PCP)

آمیزه‌ای ولکانیزه که الاستومر آن، پلی‌کلروپرن است. از هر الاستومر سنتتیک دیگر نیز می‌توان استفاده کرد مشروط برآن که خواص آمیزه مشابه خواص pcp باشد.

۲-۲-۷ لاستیک اتیلن وینیل آستات (EVA)

آمیزه‌ای ولکانیزه که الاستومر آن، اتیلن وینیل آستات است. از هر الاستومر سنتتیک دیگر نیز می‌توان استفاده کرد مشروط بر آن که خواص آمیزه مشابه خواص EVA باشد.

۲-۲-۸ ولتاژ اسمی

ولتاژ اسمی سیم یا کابل ولتاژی است که سیم یا کابل برای آن طراحی شده و آزمون‌های الکتریکی بر اساس آن انجام می‌شود.ولتاژ اسمی به صورت U_0/U بر حسب ولت بیان می‌شود.

U_0- مقدار موثر ولتاژ هر رشته و زمین (پوشش فلزی کابل یا هر پوشش دیگر) می‌باشد.

U– مقدار موثر ولتاژ بین هر دو فاز یک کابل چند رشته‌ای یا سیستمی از سیم‌ها می‌باشد.

۲-۲-۹ جریان مجاز حرارتی یک هادی یا جریان اسمی

مقدار ثابتی از جریان، که تحت شرایط تعیین شده‌ای بدون این که درجه حرارت تعادل هادی از میزان معینی تجاوز نماید، می‌تواند از آن عبور کند.برای هادی‌ها جریان مجاز، جریان اسمی آن در نظر گرفته می‌شود.

۲-۲-۱۰ اضافه جریان

هر جریانی است که بیش از جریان اسمی باشد.

۲-۲-۱۱ جریان اضافه بار

اضافه جریان به وجود آمده در مداری که از نظر الکتریکی آسیب ندیده باشد.

۲-۲-۱۲ جریان اتصال کوتاه

اضافه جریانی است که در اثر متصل شدن دو نقطه با ولتاژهای مختلف، در هنگام کار عادی از طریق مقاومت ظاهری (امپدانس) بسیار کم، به وجود آمده باشد.

۲-۳ استاندارد ساخت

سیم‌ها، کابل‌های قابل انعطاف و غیرقابل انعطاف و نیز بندهای قابل انعطاف با عایق و غلافPVC یا لاستیکی که برای نصب ثابت یا اتصالات متحرک در تاسیسات برقی کارهای ساختمانی به کار می‌روند باید برابر جدیدترین اصلاحیه استانداردهای موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و یا یکی از استانداردهای شناخته شده و معتبر جهانی مانند کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC, International Electrotechnical Commission) به شرح زیر طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گیرد:

۲-۳-۱ استانداردهای موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

- سیم‌ها و کابل‌ها با عایق پلی‌وینیل کلراید با ولتاژ اسمی تا و خود ۴۵۰/۷۵۰ ولت

بخش ۱: مقررات عمومی	ISIRI 607-1
بخش ۲: روش‌های آزمون	ISIRI 607-2
بخش ۳: سیم‌ها برای سیم‌کشی نصب ثابت	ISIRI 607-3
بخش ۴: کابل‌ها برای سیم‌کشی نصب ثابت	ISIRI 607-4
بخش ۵: کابل‌ها و بندهای قابل انعطاف	ISIRI 607-5

بخش ۶: کابل‌های بالابر و کابل‌های اتصالات متحرک	ISIRI 607-6
– سیم‌ها، کابل‌ها و بندهای قابل انعطاف با عایق‌بندی لاستیکی و هادی‌های گرد و با ولتاژ اسمی تا ۷۵۰ ولت	ISIRI 1926
– جریان مجاز هادی‌ها برای تاسیسات الکتریکی ساختمان‌ها	ISIRI 1936
– آیین‌نامه ایمنی تاسیسات الکتریکی ساختمان‌ها	ISIRI 1937

۲-۳-۲ استانداردهای کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک

– کابل‌ها با عایق پلی‌وینیل کلراید، با ولتاژ اسمی تا وخود ۴۵۰/۷۵۰ ولت	
بخش ۱: الزامات عمومی	IEC 60227-1
بخش ۲: روش‌های آزمون	IEC 60227-2
بخش ۳: کابل‌های بدون غلاف برای سیم‌کشی نصب ثابت	IEC 60227-3
بخش ۴: کابل‌های دارای غلاف برای سیم‌کشی نصب ثابت	IEC 60227-4
بخش ۵: کابل‌های (بندهای) قابل انعطاف	IEC 60227-5
بخش ۶: کابل‌های بالابر و کابل‌های اتصالات متحرک	IEC 60227-6
بخش ۷: کابل‌های قابل انعطاف با و بدون حفاظ(screen) با دو هادی یا بیشتر	IEC 60227-7
– کابل‌ها با عایق لاستیکی، با ولتاژ اسمی تا و خود ۴۵۰/۷۵۰ ولت	
بخش ۱: الزامات عمومی	IEC 60245-1
بخش ۲: روش‌های آزمون	IEC 60245-2
بخش ۳: کابل‌ها با عایق سیلیکون مقاوم در برابر حرارت	IEC 60245-3
بخش ۴: بندها وکابل‌های قابل انعطاف	IEC 60245-4
بخش ۵: کابل‌های بالابر	IEC 60245-5
بخش ۷: کابل‌ها با عایق لاستیکی اتیلن وینیل‌آستات مقاوم در برابر حرارت	IEC 60245-7
بخش ۸: بندها برای کاربردهایی با انعطاف‌پذیری بالا	IEC 60245-8
– تاسیسات الکتریکی ساختمان‌ها،بخش ۱–اصول پایه‌ای، ارزیابی شاخصه‌های عمومی، تعاریف	IEC 60364-1
– تاسیسات الکتریکی ساختمان‌ها، بخش۵۱–۵، انتخاب و نصب دستگاه الکتریکی،مقررات عمومی	IEC 60364-5-51
– تاسیسات الکتریکی ساختمان‌ها، بخش۵۲–۵،انتخاب و نصب دستگاه الکتریکی،سیم‌های سیم‌کشی	IEC 60364-5-52
– تاسیسات الکتریکی ساختمان‌ها، بخش۵۴–۵، انتخاب و نصب دستگاه الکتریکی،ساختارهای اتصال زمین و هادی‌های حفاظتی	IEC 60364-5-54

۲-۳-۳ استانداردهای B.S.

- کابل‌های الکتریکی، کابل‌های عایق PVC بدون زره برای ولتاژهای اسمی تا و خود ۴۵۰/۷۵۰ ولت	BS 6004
- کابل‌های الکتریکی،بندهای قابل انعطاف با ولتاژ اسمی ۳۰۰/۵۰۰ ولت	BS 6500
- کاربرد کابل‌های با ولتاژ اسمی حداکثر ۴۵۰/۷۵۰ ولت	BS 7540

۲-۳-۴ استانداردهای DIN VDE

- نصب تاسیسات برقی با ولتاژ زیر ۱۰۰۰ ولت	DIN VDE 0100
- مقادیر توصیه شده برای جریان مجاز –(پیوست۱)	DIN VDE 0100-450
- کابل‌ها، سیم‌ها و بندهای قابل انعطاف برای تاسیسات برقی	DIN VDE 0250-1/819
- کابل‌ها و بندهای قابل انعطاف لاستیکی برای تاسیسات برقی	DIN VDE 0282-1/808
- کابل‌ها، سیم‌ها و بندهای قابل انعطاف با عایق پی- وی – سی برای تاسیسات برقی	DIN VDE 0281-1/404

۲-۳-۵ مقررات ملی ساختمان ایران، مبحث سیزدهم، طرح و اجرای تاسیسات برقی ساختمان‌ها، ۱۳۸۲

۲-۴ مشخصات فنی و موارد کاربرد سیم‌ها و کابل‌ها بر اساس استانداردهای ملی

سیم‌ها و کابل‌های دارای عایق پلی‌وینیل‌کلراید(PVC) با ولتاژ اسمی تا و خود ۴۵۰/۷۵۰ ولت که برای نصب ثابت در تاسیسات برقی کارهای ساختمانی به کار می‌روند، باید برابر استانداردهای ملی ایران به شماره ۱-۶۰۷، ۳-۶۰۷، ۴-۶۰۷ ساخته شده باشد. کابل‌ها و بندهای قابل انعطاف و نیز کابل‌های بالابر و کابل‌های اتصالات متحرک با عایق پلی‌وینیل‌کلراید با ولتاژ اسمی تا و خود ۴۵۰/۷۵۰ ولت که در تاسیسات برقی کارهای ساختمانی مورد استفاده قرار می‌گیرند باید براساس استانداردهای ملی ایران به شماره ۵-۶۰۷ و ۶-۶۰۷ تولید شده باشند. هم چنین سیم‌ها کابل‌ها و بندهای قابل انعطاف با پوشش لاستیکی (طبیعی، مصنوعی و یا مخلوطی از آن دو) با ولتاژ اسمی حداکثر ۷۵۰ولت و مورد مصرف در تاسیسات یاد شده باید بر طبق استاندارد ملی ایران با شماره ۱۹۲۶ ساخته شده باشند.در مواردی که برای سیم و کابل مورد نیاز استاندارد ایرانی موجود نباشد باید از استاندارد کمیسیون بین‌المللی الکترونیک (IEC) و یا سایر استانداردهای معتبر جهانی مانند BS ،VDE،CENELEC و مشابه آن استفاده نمود.

در بخش‌های زیر انواع سیم و کابل‌هایی که مطابق با استانداردهای ملی ایران در کشور تولید و در تاسیسات برقی کارهای ساختمانی مورد استفاده قرار می‌گیرند، بر اساس کد مشخصه طبقه‌بندی وضمن ارایه مشخصات فنی عمومی، موارد کاربرد آنها نیز مشخص و درج گردیده است. لازم به یادآوری است انواع سیم و کابل‌ها با عایق PVC و تحت پوشش استاندارد ملی ایران به شماره ۶۰۷ با دو رقم مشخص شده‌اند که بعد از شماره این استاندارد قرار می‌گیرند. رقم اول نشان‌دهنده گروه اصلی سیم و کابل و رقم دوم مصرف نوع به خصوص سیم و کابل در گروه اصلی می‌باشد. چند گروه اصلی سیم و کابل به عنوان نمونه در این استاندارد عبارتند از:

۰- سیم‌ها برای سیم‌کشی نصب ثابت
۱- کابل‌ها برای سیم‌کشی نصب ثابت
۴- بندهای قابل انعطاف برای کاربردهای سبک
۵- کابل‌های قابل انعطاف برای مصارف معمولی
۷- کابل‌های قابل انعطاف برای مصارف مخصوص

۲-۴-۱ سیم از نوع ISIRI (۶۰۷).۱

این نوع سیم باید دارای ولتاژ اسمی ۴۵۰/۷۵۰ ولت بوده و هادی‌های آن از جنس مس به صورت تک مفتولی (گروه ۱) ویا چند مفتولی تابیده شده منظم(گروه ۲) مطابق ضوابط استاندارد ملی شماره ۳۰۸۴ ساخته شود. جنس عایق باید آمیزه‌ای از پلی‌وینیل کلراید نوع C مطابق استاندارد ملی شماره۱-۶۰۷ بوده وهادی را در برگرفته باشد. ضخامت و مقاومت عایق و هم چنین قطر خارجی سیم باید مطابق مقررات و جدول (۱) از استاندارد ملی شماره ۳-۶۰۷ باشد. حداکثر دمای هادی در استفاده عادی این گونه سیم‌ها، ۷۰ درجه سانتی‌گراد است. سیم‌های نوع ۱.(۶۰۷) ممکن است با سطح مقطع اسمی ۱ تا ۴۰۰ میلی‌متر مربع ساخته شده و به صورت ثابت در محیط‌های خشک، در دستگاه‌ها، تابلوهای سوییچ وتوزیع ونیزداخل لوله، به صورت روکاره یا توکار به کار می‌رود. استفاده از این نوع سیم به طور مستقیم زیر گچ مجاز نخواهد بود.

۲-۴-۲ سیم از نوع ISIRI (۶۰۷).۲

این نوع سیم باید دارای ولتاژ اسمی ۴۵۰/۷۵۰ ولت بوده و هادی‌های قابل انعطاف آن از جنس مس باید با مقررات داده شده برای گروه ۵ هادی‌ها در استاندارد ملی شماره ۳۰۸۴ مطابقت نماید.
عایق باید آمیزه‌ای از پلی‌وینیل‌کلراید نوع C بوده و هادی را پوشش دهد. ضخامت و مقاومت عایق و هم‌چنین قطر خارجی سیم باید مطابق مقررات و جدول(۳) از استاندارد ملی شماره ۳-۶۰۷ باشد. حداکثر دمای هادی در بهره‌برداری از این نوع سیم‌ها ۷۰ درجه سانتی‌گراد است. سیم‌های نوع ۲.(۶۰۷) ممکن است با سطح مقطع اسمی ۱/۵ تا ۲۴۰ میلی‌متر مربع ساخته شده و برای سیم‌کشی نصب ثابت در مصارف عمومی مشابه سیم نوع ۱.(۶۰۷) به کار می‌رود.

۲-۴-۳ سیم از نوع ISIRI (۶۰۷).۵

این نوع سیم باید دارای ولتاژ اسمی ۳۰۰/۵۰۰ ولت بوده و هادی‌های آن از جنس مس به صورت تک‌مفتولی (گروه ۱) مطابق استاندارد ملی شماره ۳۰۸۴ ساخته شود. جنس عایق باید آمیزه‌ای از پلی‌وینیل‌کلراید نوع C بوده و هادی را در برگرفته باشد. ضخامت و مقاومت عایق و هم‌چنین قطر خارجی سیم باید مطابق مقررات و جدول شماره (۵) از استاندارد ملی شماره ۳-۶۰۷ باشد. حداکثر دمای هادی در استفاده عادی ۷۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. این‌گونه سیم‌ها ممکن است با سطح مقطع اسمی ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ میلی‌مترمربع ساخته شده و در مکان‌های خشک برای سیم‌کشی داخلی به کار رفته و باید از مصرف آن به طور مستقیم در زیر گچ خودداری شود.

۲-۴-۴ سیم از نوع ISIRI (۶۰۷).۶

این نوع سیم باید دارای ولتاژ اسمی ۳۰۰/۵۰۰ ولت بوده و هادی‌های آن از نوع مس قابل انعطاف باید با مقررات داده شده برای گروه هادی‌ها در استاندارد ملی شماره ۳۰۸۴ مطابقت داشته باشد.جنس عایق باید آمیزه‌ای از پلی‌وینیل‌کلراید نوع C بوده و هادی را پوشش دهد. ضخامت و مقاومت عایق و هم‌چنین قطر خارجی سیم باید مطابق مقررات و جدول شماره (۷) از استاندارد ملی شماره ۳-۶۰۷ باشد. حداکثر دمای هادی در بهره‌برداری عادی ۷۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. این‌گونه سیم‌ها ممکن است با سطح مقطع اسمی ۰/۵ تا ۷۰ میلی‌مترمربع تولید شده و در تاسیسات برقی نصب ثابت،در نقاط خشک و برای اتصالات مدارهای روشنایی، داخل لوله روی دیوار یا داخل دیوار به کار رفته ولی استفاده از این سیم به طور مستقیم در زیر گچ مجاز نمی‌باشد.

۲-۴-۵ سیم از نوع ISIRI (۶۰۷).۷

این نوع سیم باید دارای ولتاژ اسمی ۳۰۰/۵۰۰ ولت بوده و هادی آن از جنس مس به صورت تک‌مفتولی (گروه۱) مطابق استاندارد ملی ۳۰۸۴ ساخته شود.جنس عایق باید آمیزه‌ای از پلی‌وینیل‌کلراید نوع E بوده و هادی را پوشش دهد. ضخامت و مقاومت عایق و هم‌چنین قطر خارجی سیم باید مطابق مقررات و جدول شماره (۹) از استاندارد ملی شماره ۳-۶۰۷ باشد.این نوع سیم‌ها ممکن است با سطح مقطع اسمی ۰/۵ تا ۶ میلی‌مترمربع تولید شده و در مکان‌های خشک برای نصب ثابت و سیم‌کشی داخلی وقتی که دمای هادی حداکثر ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد گردد به کار می‌رود.

۲-۴-۶ سیم از نوع ISIRI (۶۰۷)۸

این نوع سیم باید دارای ولتاژ اسمی ۳۰۰/۵۰۰ ولت بوده و هادی‌های آن از نوع مس قابل انعطاف (گروه ۵) مطابق استاندارد ملی شماره ۳۰۸۴ ساخته شود.جنس عایق باید آمیزه‌ای از پلی‌وینیل‌کلراید نوع E بوده و هادی‌ها را پوشش دهد. ضخامت و مقاومت و هم‌چنین قطر خارجی سیم باید بر اساس مقررات و جدول شماره (۱۱) از استاندارد ملی شماره ۳-۶۰۷ باشد. سیم‌های نوع ۸.(۶۰۷) ممکن است با سطح مقطع اسمی ۰/۵ تا ۶ میلی‌مترمربع تولید شده و برای تاسیسات نصب ثابت در مکان‌های خشک وقتی که دمای هادی حداکثر ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد گردد مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲-۴-۷ کابل از نوع ISIRI (۶۰۷).۱۰

این نوع کابل باید دارای ولتاژ اسمی ۳۰۰/۵۰۰ ولت بوده و هادی‌های آن از جنس مس به صورت تک‌مفتولی(گروه ۱) و یا چند مفتولی تابیده شده منظم (گروه ۲) باید با مقررات استاندارد ملی شماره ۳۰۸۴ مطابقت نماید. عایق باید آمیزه‌ای از پلی‌وینیل‌کلراید نوع C بوده و های را دربر گرفته باشد. رشته‌های به هم تابیده شده باید به وسیله یک پوشش داخلی اکسترود شده شامل لاستیک غیرولکانیزه یا آمیزه‌ای از پلاستیک پوشانیده شود. غلاف باید آمیزه‌ای از پلی‌وینیل‌کلراید نوع ST4 (استاندارد ملی شماره ۱-۶۰۷) بوده و پوشش داخلی را در بر گیرد. غلاف باید کاملاً با پوشش داخلی در تماس بوده ولی به آن نچسبد. ضخامت و مقاومت عایق و نیز ضخامت غلاف و قطر خارجی کابل باید مطابق مقررات و جدول شماره (۱) از استاندارد ملی شماره ۴-۶۰۷ باشد. حداکثر دمای هادی در استفاده عادی از این کابل ۷۰ درجه سانتی‌گراد است. این نوع کابل ممکن است به تعداد ۲، ۳، ۴ یا ۵ رشته و به سطح مقطع اسمی ۱/۵ تا ۳۵ میلی‌مترمربع و برای تاسیسات ثابت و در مکان‌های خشک یا مرطوب، در محوطه‌ها و فضای آزاد به صورت رو کار تا توکار به کار می‌رود. استفاده از این کابل به صورت دفن مستقیم در زمین مجاز نمی‌باشد.

۲-۴-۸ بند از نوع ISIRI (۶۰۷)۴۱

این نوع بند با انعطاف‌پذیری بالا باید دارای ولتاژ اسمی ۳۰۰/۳۰۰ و دو هادی بوده و هرهادی از دسته‌های به هم تابیده یا گروه‌هایی از این دسته‌ها که به هم تابیده شده‌اند تشکیل شده باشد. هر دسته تابیده شده از یک یا تعداد بیشتری از مفتول‌های نازک تخت مسی یا آلیاژ مس تشکیل شده که به صورت مارپیچ روی نخی از پنبه پلی‌آمید یا مواد مشابه دیگر پیچیده شده است. عایق باید آمیزه‌ای از پلی‌وینیل‌کلراید نوع D بوده و هادی را در بر گرفته باشد.مقاومت هادی و ضخامت و مقاومت عایق و نیز ابعاد خروجی این نوع بند باید بر اساس مقررات و جدول شماره (۱) از استاندارد ملی شماره ۵-۶۰۷ باشد.بند نوع ۴۱(۶۰۷) ممکن است با سطح مقطع اسمی ۰/۵ و ۰/۷۵ میلی‌مترمربع ساخته شده و در کاربردهای سبک و وسایل الکتریکی قابل حمل وقتی که دمای هادی حداکثر ۷۰ درجه سانتی‌گراد باشد مورد استفاده قرارمی‌گیرد.

۲-۴-۹ بند از نوع ۴۲(۶۰۷) ISIRI

این نوع بند تخت بدون غلاف باید دارای ولتاژ اسمی ۳۰۰/۳۰۰ ولت و دو هادی بوده و هادی‌ها باید با مقررات داده شده برای گروه ۶ هادی‌ها در استاندارد ملی شماره ۳۰۸۴ مطابقت نماید.عایق باید آمیزه‌ای از پلی‌وینیل‌کلراید نوع D بوده و هادی را پوشش دهد.هادی‌ها باید موازی قرار گرفته و با عایق پوشانیده شود.باید در دو طرف عایق شیاری بین هادی‌ها در نظر گرفته شوند تا جداسازی رشته‌ها از هم به سهولت انجام گیرد. ضخامت و مقاومت عایق و نیز ابعاد خارجی باید بر طبق مقررات و جدول شماره (۳) از استاندارد ملی شماره ۵-۶۰۷ باشد. حداکثر دمای هادی در استفاده عادی ۷۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. این نوع بند ممکن است باسطح مقطع اسمی ۰/۵ و ۰/۷۵ میلی‌مترمربع تولید شده و در محیط‌های خشک برای اتصال وسایل الکتریکی قابل حمل و در مکانهایی که تنش‌های مکانیکی کمی وجود دارد می‌تواند استفاده شود. کاربرد این نوع بندها در تجهیزات گرمازا مجاز نمی‌باشد.

۲-۴-۱۰ بند از نوع ۴۳(۶۰۷) ISIRI

این نوع بند باید دارای ولتاژ اسمی ۳۰۰/۵۰۰ ولت بوده و هادی مسی آن باید با مقررات داده شده برای گروه ۵ هادی‌ها در استانداد ملی شماره ۳۰۸۴ مطابقت نماید. عایق باید آمیزه‌ای از پلی‌وینیل‌کلراید نوع D بوده و هادی را در بر گرفته باشد. پوشش بافته شده از منسوجات بر روی عایق اختیاری است.بافت در صورت وجود باید از پنبه، ابریشم یا جنس مشابهی بوده که ممکن است با آمیزه مناسبی اشباع شده باشد. ضخامت و مقاومت عایق ونیز قطر خارجی باید مطابق مقررات و جدول شماره (۵) از استاندارد ملی شماره ۵-۶۰۷ باشد. حداکثر دمای هادی در استفاده عادی ۷۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. این نوع بند ممکن است با سطح مقطع اسمی ۰/۵ و ۰/۷۵ میلی‌مترمربع ساخته شده و به عنوان بند برای زنجیرهای تزیینی به کار می‌رود.

۲-۴-۱۱ کابل از نوع ۵۲(۶۰۷) ISIRI

این کابل قابل انعطاف سبک باید دارای ولتاژ اسمی۳۰۰/۳۰۰ ولت بوده و هادی‌های مسی آن به تعداد ۲ و ۳ با مقررات داده شده برای گروه ۵ هادی‌ها در استاندارد ملی شماره ۳۰۸۴ مطابقت نماید. عایق باید آمیزه‌ای از پلی‌وینیل‌کلراید نوع D بوده و هادی را در بر گرفته باشد. رشته‌ها در کابل گرد باید به هم تابیده شده ودر کابل تخت رشت‌ها باید به طور موازی قرار گیرند.غلاف باید آمیزه‌ای از پلی‌وینیل‌کلراید نوع ST5 بوده و رشته‌ها را در بر گرفته باشد.ضخامت و مقاومت عایق و نیز ضخامت غلاف و ابعاد خارجی کابل باید بر طبق مقررات و جدول شماره (۷) از استاندارد ملی شماره ۵-۶۰۷ باشد. این نوع کابل ممکن است با سطح مقطع اسمی ۰/۵ و ۰/۷۵ میلی‌متر مربع تولید شده و برای تجهیزاتی که تنش‌های مکانیکی کم را تحمل کرده و دمای کار آنها حداکثر ۷۰ درجه سانتی‌گراد است به کار می‌رود.

۲-۴-۱۲ کابل از نوع ۵۳(۶۰۷) ISIRI

این کابل قابل انعطاف معمولی با غلاف PVC باید دارای ولتاژ اسمی ۳۰۰/۵۰۰ ولت بوده و هادی‌های مسی آن به تعداد ۳،۲، ۴ یا ۵ باید با مقررات داده شده برای گروه ۵ هادی‌ها در استاندارد ملی شده ۳۰۸۴ مطابقت نمایند. عایق باید آمیزه‌ای از پلی‌وینیل‌کلراید نوع D بوده و هادی را پوشش دهد. در کابل گرد، رشته‌ها و پرکننده‌ها (fillers) (در صورت وجود) باید به هم تابیده شوند و در کابل تخت رشته‌ها باید به طور موازی قرار گیرند. غلاف باید آمیزه‌ای از پلی‌وینیل‌کلراید نوع ST5 بوده و رشته‌ها را در بر گرفته باشد.ضخامت و مقاومت عایق و نیز ضخامت غلاف و ابعاد خارجی کابل باید مطابق جدول شماره (۹) از استاندارد ملی شماره ۵-۶۰۷ باشد. این نوع کابل ممکن است با سطح مقطع اسمی ۰/۷۵ تا ۲/۵ میلی‌مترمربع تولید شده و در مکان‌های خشک و در تجهیزاتی که تنش‌های مکانیکی متوسطی را تحمل کرده و دمای کار آنها حداکثر ۷۰ درجه سانتی‌گراد است به کار می‌رود.

۲-۴-۱۳ کابل f ۷۱(۶۰۷) ISIRI

این کابل تخت با غلاف PVC باید دارای ولتاژ اسمی ۳۰۰/۵۰۰ ولت برای کابل‌هایی که سطح مقطع اسمی هادی آنها از یک میلی‌مترمربع بیشتر نباشد و ۴۵۰/۷۵۰ ولت برای سایر کابل‌ها بوده و هادی‌های مسی آن باید با مقررات داده شده برای گروه ۵ هادی‌ها در استاندارد ملی شماره ۳۰۸۴ مطابقت نمایند. ترکیب سطوح مقطع اسمی و تعداد هادی‌های مربوطه باید بر اساس مقررات استاندارد ملی شماره ۶-۶۰۷ باشد. عایق باید آمیزه‌ای از پلی‌وینیل‌کلراید نوع D بوده و هادی را در برگرفته باشد. هم‌چنین غلاف باید آمیزه‌ای از پلی‌وینیل‌کلراید نوع ST5 بوده و رشته‌ها را در بر گرفته باشد.ضخامت و مقاومت عایق و نیز ضخامت غلاف باید بر اساس مقررات و جدول شماره (۱) از استاندارد ملی شماره ۶-۶۰۷ باشد. حداکثر دمای هادی در استفاده عادی ۷۰ درجه سانتی‌گراد است. این نوع کابل‌ها برای آسانسورها و بالابرها در تاسیساتی که طول معلق و آزاد کابل‌ها از ۳۵ متر و سرعت حداکثر آنها از ۱/۶ متربر ثانیه بیشتر نشود، به کار می‌رود.

۲-۴-۱۴ سیم‌ها،کابل‌ها و بندهای قابل انعطاف با عایق لاستیکی

سیم‌ها، کابل‌ها و بندهای قابل انعطاف با عایق‌بندی لاستیکی باید بر اساس استاندارد ملی شماره ۱۹۲۶ تولید شوند. این استاندارد برای سیم‌ها، کابل‌ها و بندهای قابل انعطافی با ولتاژ اسمی حداکثر ۷۵۰ ولت است که دارای عایقی از جنس لاستیک طبیعی یا مصنوعی یا مخلوطی از آنها بوده و برای استفاده در دمای هادی تا ۶۰ درجه سانتی‌گراد مناسب می‌باشند. انواع کابل‌ها و بندهای قابل انعطاف مشمول این استاندارد با دو رقم مشخص می‌شوند که قبل از آن شماره استاندارد ذکر می‌گردد. اولین رقم نشان‌دهنده طبقه اصلی کابل یا بند قابل انعطاف بوده و دومین رقم نشان‌دهنده نوع مخصوص در طبقه اصلی است. کد مشخصه انواع مختلف کابل‌ها و بندهای قابل انعطاف با عایق‌بندی لاستیکی بر اساس استاندارد ملی شماره ۱۹۲۶ به شرح زیر می‌باشد.

ردیف	نوع کابل یا بند	کد مشخصه
۱	بند قابل انعطاف بافته‌ای	۱۹۲۶ ISIRI۵۱
۲	بند قابل انعطاف با غلاف لاستیک سخت معمولی	۱۹۲۶ ISIRI۵۳
۳	کابل قابل انعطاف با غلاف لاستیک سخت معمولی	۱۹۲۶ ISIRI۶۱
۴	کابل قابل انعطاف با غلاف لاستیک سخت سنگین	۱۹۲۶ ISIRI۶۲
۵	کابل قابل انعطاف با غلاف پلی‌کلروپرن معمولی	۱۹۲۶ ISIRI۶۵
۶	کابل قابل انعطاف با غلاف پلی‌کلروپرن سنگین	۱۹۲۶ ISIRI۶۶
۷	کابل الکتروجوشکاری با غلاف لاستیک سخت	۱۹۲۶ ISIRI۸۱
۸	کابل الکتروجوشکاری با غلاف پلی‌کلروپرن یا لاستیک مصنوعی معادل	۱۹۲۶ ISIRI۸۲

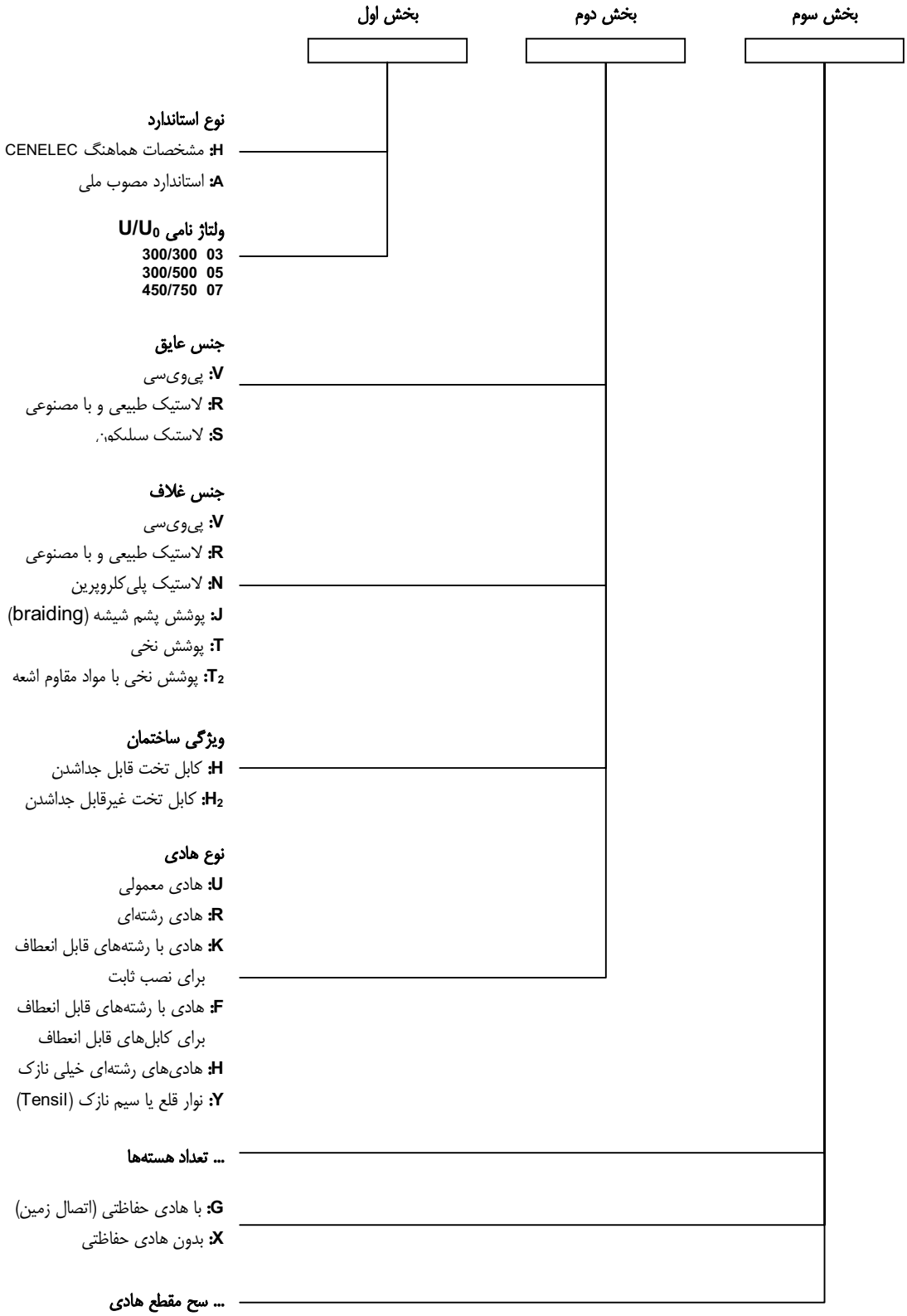
۲-۵ مشخصات فنی و موارد کاربرد سیم‌ها و کابل‌ها بر اساس استانداردهای بین‌المللی

درمواردی که برای سیم، کابل و بند موردنظراستاندارد ایرانی تدوین و ابلاغ نگردیده است، استانداردهای IEC و سایر استانداردهای معتبر جهانی از قبیل CENELEC، VDE و BS باید ملاک عمل قرار گیرد.در تدوین استانداردهای ملی شماره ۱-۶۰۷ الی ۶-۶۰۷ و نیز شماره ۱۹۲۶، استانداردهای کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک به شماره IEC 60227-1 الی IEC 60227-6 و نیز IEC 60245-1 الی IEC 60245-4 مبنای کار بوده و در بسیاری موارد دقیقاً ملاک عمل قرار گرفته‌اند. بدین علت از تکرار مشخصات فنی وموارد کاربرد سیم‌ها، کابل‌ها و بندها بر اساس استانداردهای IEC و کدهای مشخصه آن‌ها پرهیز می‌گردد.

در استاندارد بین‌المللی سیستم هماهنگ (CENELEC Harmonized System) نشانه شناسایی سیم‌ها و کابل‌ها عبارت است از حروف HAR یا نخی با رنگ‌های متوالی مشکی– قرمز– زرد، که همراه با نشانه‌های استاندارد کشور سازنده باید حداقل بر روی یک هسته علامت‌گذاری شود، به طوری که مثلاً سیم‌ها و کابل‌های استاندارد آلمان در سیستم هماهنگ با علامت HAR VDA مشخص می‌شود. در مواردی که از نخ شناسایی استفاده می‌شود ملیت استاندارد تولیدکننده ممکن است با استفاده از طول رنگ‌های مختلف نیز مشخص شود.

کد شناسایی مشخصات سیم‌ها و کابل‌ها در سیستم هماهنگ(CENELEC) در جدول ۲-۱ ارایه شده است.نشانه شناسایی سیم‌ها و کابل‌ها در سیستم استاندارد VDE با توجه به کاربرد وسیع و با سابقه آنها برای کابل‌های فشار ضعیف و متوسط در این کشور، در فصل ۷- کابل‌های فشار ضعیف مطرح و معرفی گردیده است. عمده‌ترین انواع سیم‌ها و کابل‌های عایق‌دارمورد استفاده در تاسیسات برقی کارهای ساختمانی بر اساس استانداردهای سیستم هماهنگ CENELEC و VDE به قرار زیر است.

جدول ۲-۱: کد شناسایی مشخصات سیم‌ها و کابل‌ها در سیستم هماهنگ (CENELEC)



۲-۵-۱ سیم از نوع HO7V-U یا NYA

این نوع سیم با ولتاژ اسمی ۴۵۰/۷۵۰ ولت دارای هادی مفتولی از جنس مس نرم‌شده می‌باشد که با ماده PVC به رنگ‌های مختلف پوشیده شده است. این‌گونه سیم‌ها در تابلوهای برق و تاسیسات نصب ثابت در محیط‌های خشک در داخل لوله، روی دیوار یا داخل آن به کار می‌رود. استفاده از این سیم به‌طور مستقیم در داخل دیوار مجاز نخواهد بود. این نوع سیم معادل سیم ۱.(۶۰۷) ISIRI (هادی گروه۱) می‌باشد. هم‌چنین این نوع سیم معادل سیم 227 IEC 01 است.

۲-۵-۲ سیم از نوع HO7V-R یا NYAB

این نوع سیم با ولتاژ اسمی ۴۵۰/۷۵۰ ولت دارای هادی رشته‌ای (نیمه‌افشان) از مس نرم‌شده با پوششی از ماده PVC به رنگ‌های مختلف می‌باشد و در تاسیسات نصب ثابت در محیط‌های خشک درون لوله به صورت روکار یا توکار به کار می‌رود. استفاده از این سیم به طور مستقیم در داخل دیوار مجاز نخواهد بود.سیم نوع NYAB نسبت به NYA دارای نرمش بیشتری است. این نوع سیم معادل سیم ۱.(۶۰۷) ISIRI (هادی گروه۲) می‌باشد. هم‌چنین این نوع سیم معادل سیم 227 IEC 01 است.

۲-۵-۳ سیم از نوع HO7V-K یا NYAF

این نوع سیم با ولتاژ اسمی ۴۵۰/۷۵۰ ولت دارای هادی افشان (قابل انعطاف) از مس نرم‌شده با پوششی از ماده PVC به رنگ‌های مختلف می‌باشد و در تاسیسات نصب ثابت در محیط‌های خشک در داخل لوله به صورت روکار یا توکار به کار می‌رود. استفاده از این سیم به طور مستقیم در داخل دیوار مجاز نیست. این نوع سیم معادل سیم ۲.(۶۰۷) ISIRI می‌باشد. هم‌چنین این نوع سیم معادل سیم 227 IEC 02 است.

۲-۵-۴ سیم‌های HO5V-U یا NYFA و HO5V-K یا NYFAF

این نوع سیم با ولتاژ اسمی ۳۰۰/۵۰۰ ولت دارای پوشش عایق از جنس PVC می‌باشد. سیم HO5V-U دارای هادی مسی تک‌مفتولی و سیم HO5V-K دارای هادی‌های مسی افشان (قابل انعطاف) است. این‌گونه سیم‌ها در محیط‌های خشک برای سیم‌کشی داخلی یا اتصالات لوازم و دستگاه‌های اندازه‌گیری و کنترل تاسیسات نیرو، لوازم برقی و چراغ‌ها و در تاسیسات حفاظت‌شده نصب ثابت مورد استفاده قرار می‌گیرند. این نوع سیم‌ها معادل سیم‌های ۵.(۶۰۷) ISIRI و ۶.(۶۰۷) ISIRI می‌باشند. هم‌چنین این نوع سیم‌ها معادل سیم 227 IEC 01 است.

۲-۵-۵ کابل پلاستیکی سبک NYM

این نوع کابل با ولتاژ اسمی ۳۰۰/۵۰۰ ولت دارای هادی‌های مسی مفتولی یا افشان، عایق ترموپلاستیک (PVC)، پوشش مشترک بر روی هسته و غلاف ترموپلاستیک می‌باشد و در محیط‌های خشک، تر و مرطوب، در زیر یا روی کار به صورت نصب ثابت به کار می‌رود. استفاده از کابل مزبور در فضای باز در صورتی که در برابر نور مستقیم خورشید محافظت شود بلامانع است، لیکن دفن آن در زیرزمین مجاز نخواهد بود. این نوع کابل معادل کابل ۱۰(۶۰۷) ISIRI است.

۲-۵-۶ سیم HO3VH-H یا NYZ

این نوع سیم که به صورت بند تخت دوتایی ساخته می‌شود دارای ولتاژ اسمی ۳۰۰/۳۰۰ ولت، هادی از رشته‌های مسی خیلی نازک و عایق از جنس PVC می‌باشد، در محیط‌های خشک با تنش‌های مکانیکی خیلی‌کم برای تغذیه

وسایل برقی کم‌مصرف که گرمازا نمی‌باشند مانند رادیو، چراغ رومیزی و ساعت مورد استفاده قرار می‌گیرد. این نوع سیم معادل سیم ۴۲(۶۰۷) ISIRI می‌باشد. هم‌چنین این نوع سیم معادل سیم 42 IEC 227 است.

۲-۵-۷ کابل‌های قابل انعطاف HO3VV-F یا NYLHY و HO5VV-F یا NYMHY

این نوع کابل‌ها با ولتاژ اسمی ۳۰۰/۳۰۰ ولت و ۳۰۰/۵۰۰ ولت، دارای هادی از رشته‌های مسی نازک، عایق و غلاف PVC می‌باشد. کابل اتصال HO3VV-F در محیط‌های خشک با تنش‌های مکانیکی کم برای تغذیه وسایل الکتریکی کوچک که گرمازا نمی‌باشد مانند چراغ‌های روشنایی معمولی، لوازم برقی آشپزخانه ولوازم برقی دفتری مورد استفاده قرار می‌گیرد.این کابل معادل کابل 43 IEC 227 می‌باشد.کابل اتصال HO5VV-F که معادل کابل 53 IEC 227 است در محیط‌های خشک، مرطوب و تر جز در هوای آزاد، برای تغذیه لوازم برقی، درمواردی که تنش‌های مکانیکی متوسط وجود دارد مانند ماشین لباسشویی و یخچال به کار می‌رود. این نوع کابل‌ها به ترتیب معادل کابل‌های۵۲(۶۰۷) ISIRI و ۵۳(۶۰۷) ISIRI می‌باشند.

۲-۵-۸ سیم از نوع NYIF

این نوع سیم با ولتاژ اسمی ۲۲۰/۳۸۰ ولت، دارای هادی مسی مفتولی و عایق پلاستیکی است که چند رشته از آن با فاصله به موازات یکدیگر قرار داده شده و با یک روپوش مشترک لاستیکی پوشانیده شده است و برای سیم‌کشی نصب ثابت در محیط‌های خشک درون گچ‌کاری و یا زیر آن به کار می‌رود. استفاده از این نوع سیم‌ها در حمام آپارتمان‌ها و هتل‌ها نیز مجاز است.

۲-۵-۹ سیم‌های نوع N4GA و N4GAF

سیم‌های نوع N4GA با هادی مسی قلع‌اندود مفتولی و نوع N4GAF با هادی‌های مسی قلع‌اندود افشان، با ولتاژ اسمی ۴۵۰/۷۵۰ ولت و عایق مقاوم حرارت از جنس لاستیک مصنوعی در تاسیسات حفاظت شده نصب ثابت به کار می‌رود. این‌گونه سیم‌ها در مواردی که حرارت محیط بیش از ۵۵ درجه سانتی‌گراد باشد در محیط‌های خشک برای سیم‌کشی داخلی وسایل حرارتی، ماشین‌های برقی، تابلوهای توزیع و به ویژه برای عبور سیم از داخل چراغ‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲-۵-۱۰ سیم از نوع H05SJ-K و N2GAPI

این نوع سیم با ولتاژ اسمی ۳۰۰/۵۰۰ ولت دارای هادی مسی افشان، عایق از لاستیک سلیکون و روکش پشم‌شیشه با اندود وارنیش می‌باشد. سیم مزبور در مواردی که حرارت محیط بیش از ۵۵ درجه سانتی‌گراد باشد در محیط‌های خشک برای سیم‌کشی داخلی چراغ‌های روشنایی دارای شدت نور زیاد یا با نور متمرکز، موتورهای برق ؛ و تمامی انواع وسایل حرارتی به کار می‌رود. همچنین این نوع سیم ممکن است در شرایطی که نصب وسایل برقی مشکل یا با تنش‌های مکانیکی زیاد همراه باشد مورد استفاده قرار گیرد و درمقاطع ۱/۵ میلی‌مترمربع به بالا نیز ممکن است از آن در تاسیسات حفاظت‌شده نصب ثابت در لوله به صورت روکار یا توکار استفاده شود. این نوع سیم معادل سیم 245 IEC 03 است.

۲-۵-۱۱ کابل‌های N2GMH2G و 4GMH4G

این نوع کابل‌ها با ولتاژ اسمی ۳۰۰/۵۰۰ ولت برای حرارت محیط بیش از ۵۵ درجه سانتی‌گراد، در محیط‌های خشک، مرطوب، تر، و هوای آزاد به عنوان کابل اتصال قابل انعطاف برای لوازم حرارتی و وسایل برقی پخت و پز

مورد استفاده قرار می‌گیرد.کابل N2GMH2G دارای هادی مسی‌افشان، و عایق و غلاف از لاستیک سیلیکون می‌باشد و در مواردی که تنش‌های مکانیکی کم مطرح است باید از آن استفاده شود.
کابل 4GMH4G دارای هادی مسی قلع‌اندود افشان، و عایق و غلاف از لاستیک مصنوعی می‌باشد و در مواردی که تنش‌های مکانیکی متوسط موجود باشد باید به کار رود.

۲-۵-۱۲ سیم‌ها و کابل‌های NHXMH و NYBUY

این نوع سیم‌ها و کابل‌ها با ولتاژ اسمی ۳۰۰/۵۰۰ ولت، در محیط‌های خشک، مرطوب، تر، و درهوای آزاد در صورتی که در برابر نور مستقیم خورشید محافظت شود، ممکن است درون گچ و زیر یا روی آن به صورت نصب ثابت مورد استفاده قرار گیرد لیکن دفن آن در زیرزمین مجاز نخواهد بود.کابل NHXMH دارای هادی‌های مسی مفتولی یا افشان، عایق از جنس پلی‌اتیلن (XLPE)، پوشش درونی بر روی هسته و غلاف از نوع EVA مستحکم می‌باشد. این نوع سیم‌های ساختمانی فاقد ترکیبات هالوژن بوده و در برابرآتش مقاومت بیشتری دارد. کابل NYBUY دارای هادی مسی مفتولی، عایق از نوع پروتودر، پوشش داخلی هسته، غلاف سربی با روکش پروتودر می‌باشد. استفاده از کابل‌های غلاف سربی در حمام مجاز نخواهد بود.

۲-۵-۱۳ سیم‌های NHXA و NHXAF

سیم NHXA با هادی مسی مفتولی و سیم NHXAF با هادی مسی افشان با ولتاژ ۴۵۰/۷۵۰ ولت دارای عایق از جنس EVA می‌باشد و در محیط‌های خشک برای سیم‌کشی داخلی تجهیزات برقی و در چراغ‌ها به صورت حفاظت‌شده مورد استفاده قرار می‌گیرد. استفاده از این نوع سیم‌ها در لوله به صورت روکار یا توکار و در کانال‌های بسته نیز مجاز است.

۲-۵-۱۴ کابل‌های H05RR-F یا NLH/NMH و H05RN-F

این‌گونه کابل‌ها با ولتاژ اسمی ۳۰۰/۵۰۰ ولت دارای هادی از رشته‌های نازک مسی قلع‌اندود و عایق لاستیکی می‌باشد. کابل H05RR-F که معادل کابل IEC 53 245 است، دارای غلاف از لاستیک سخت سبک است و در محیط‌های خشک در مواردی که تنش‌های مکانیکی کم وجود دارد برای اتصال الکتریکی لوازم برقی همچون جاروبرقی، اجاق برقی، هاویه و مانند آن به کار می‌رود. کابل H05RN-F که معادل کابل IEC 57 245 می‌باشد دارای غلاف از لاستیک مصنوعی سخت است و در محیط‌های خشک، تر و در هوای آزاد، درمواردی که تنش‌های مکانیکی کم مطرح است، برای اتصال الکتریکی لوازم برقی باغبانی همچون چمن‌زن مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲-۵-۱۵ بند از نوع H05RN-F یا NYMHou و کابل از نوع H07RN-F یا NMHou/NSHou

بندH05RN-F با ولتاژ اسمی ۳۰۰/۵۰۰ ولت دارای هادی از رشته‌های مسی نازک، عایق از لاستیک مصنوعی (EPR) و غلاف از الاستومرکلردار(Chlorinated Elastomer) مانند پلی‌کلروپرین می‌باشد که در برابر روغن مقاوم و در مقابل شعله کندسوز است. این‌گونه بندها در اتاق‌های خشک و مرطوب، در مواردی که تنش‌های مکانیکی کم وجود دارد مورد استفاده قرار می‌گیرد. این نوع بند معادل IEC 57 245 است.
کابل H07RN-F با ولتاژ ۴۵۰/۷۵۰ ولت، دارای هادی از رشته‌های نازک مسی، عای سیم از لاستیک، عایق هسته از لاستیک (برای مقاطع ۱۶ میلی‌مترمربع به بالا) و غلاف خارجی از لاستیک مصنوعی می‌باشد. این‌گونه کابل‌ها در محیط‌های خشک، مرطوب و تر، و درهوای آزاد، در مواردی که تنش‌های مکانیکی متوسط وجود دارد، برای اتصال الکتریکی لوازم و وسایل برقی سیار، دیگ‌های بخار بزرگ و مانند آن مورد استفاده قرار می‌گیرد. این نوع کابل معادل IEC 65 245 می‌باشد.

۲-۶ ضوابط طراحی سیستم سیم‌کشی

طراحی سیستم سیم‌کشی تاسیسات برقی کارهای ساختمانی باید مطابق ضوابط مندرج در استاندارد ملی شماره ۱۹۳۷ یا استاندارد IEC 60364 و یا یکی از استانداردهای معتبر بین‌المللی مشابه انجام شود. در طراحی سیم‌کشی‌ها موارد زیر باید مورد توجه قرار گرفته و رعایت شود.

۲-۶-۱ به منظور طراحی اقتصادی و قابل اطمینان بر اساس محدودیت‌های حرارتی و افت ولتاژ، تعیین حداکثر تقاضا ضروری بوده و بدین علت درسیستم توزیع نیروی موردنظر، سیستم هادی‌های برق‌دار از نظر تعداد فاز و سیم (مانند سیستم متناوب سه فاز چهار سیمه) و سیستم اتصال زمین شامل سیستم‌های IT,TT,TN باید بررسی و انتخاب شود.سیستم توزیع نیرو و اتصال زمین مورد استفاده در تاسیسات برقی کارهای ساختمانی معمولاً سیستمTN-C-S و یا در صورت انتخاب سیستم TN-S خواهد بود.[1]در مواردی که به علت توسعه وضع موجود یا علل موجه دیگر، از سیستم‌های TT و IT و یا نوع دیگری از سیستم‌های ایمنی استفاده می‌شود باید ضمن رعایت کلیات ضوابط این مشخصات فنی، از استانداردهای معتبر همچون IEC ، VDE، BS،NEC و مانند آن استفاده شود. در این گونه موارد باید مجوز لازم قبلاً از مقام مجری این ضوابط یا نماینده مجاز وی کسب شود.

۲-۶-۲ انتخاب نوع سیم‌کشی و طرز نصب آن باید با توجه به ماهیت محل، نوع و ماهیت دیوارها و سایرقسمت‌های حاوی سیم‌کشی‌ها، امکان دسترسی انسان یا حیوانات اهلی، میزان ولتاژ و تنش‌های مکانیکی که ممکن است در جریان نصب یا بهره‌برداری به وجود آید، انجام شود.

۲-۶-۳ در سیستم سیم‌کشی، پس از تعیین محل نقاط نیازمند به توان الکتریکی، بارهای مورد انتظار در مدارهای مختلف، تغییرات روزانه و سالیانه تقاضا، الزامات کنترل، سیگنال‌دهی و ارتباطات دور و هر گونه شرایط خاص دیگر، می‌توان تعداد و نوع مدارهای مورد نیاز برای روشنایی، گرمایش، توان، سیگنال‌دهی و ارتباطات دور را محاسبه نمود.

۲-۶-۴ از نظر ایمنی انسان، حیوانات و تاسیسات در برابر خطرات و آسیب‌های محتمل در بهره‌برداری از تاسیسات برقی در طراحی سیستم سیم‌کشی باید حفاظت‌های لازم در مقابل شوک الکتریکی حاصل از تماس مستقیم یا غیرمستقیم، اثرات حرارتی، اضافه جریان و جریان‌های حاصل از خرابی و نقص مدار، اضافه ولتاژ، پیش‌بینی و منظور گردد.

۲-۶-۵ اثرات عوامل خارجی شامل حداکثر دمای محیط، منابع گرمایی خارجی، رطوبت و نفوذ آب، عناصر خورنده و آلوده‌کننده، ضربه، فشار و ارتعاش، تشعشع خورشید و اثرات زلزله وباد، ماهیت مصالح ذخیره و فرآوری‌شده و نوع ساختمان باید در طراحی سیستم سیم‌کشی ساختمان در نظر گرفته شود.

۲-۶-۶ در مکان‌هایی که گرد و غبار زیادی وجود دارد، به منظور جلوگیری از تجمع گرد و غبار و سایر عناصر که می‌تواند بر انتقال و اتلاف حرارتی سیستم سیم‌کشی تاثیرگذار باشد باید اقدامات احتیاطی لازم و اضافی به عمل آید.

۲-۶-۷ سیستم سیم‌کشی باید به نحوی انتخاب و نصب شود که برای بالاترین دمای محیط مناسب بوده و از دمای حداکثر مندرج در جدول ۲-۲ تجاوز ننماید.

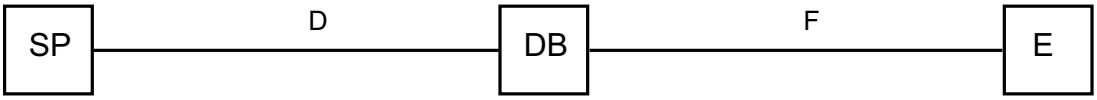
۱- برای تعاریف و شرح انواع سیستم‌های توزیع نیرو و اتصال زمین، به استاندارد ملی ایران ، شماره ۱۹۳۷،یا IEC 60364 رجوع شود.

جدول ۲-۲: حداکثر دمای کار برای انواع عایق

نوع عایق	حداکثر دما (درجه سانتی‌گراد)
پلی وینیل‌کلراید (PVC)	۷۰ در هادی
پلی‌اتیلن‌کراس‌لینک XLPE و لاستیک اتیلن پروپیلن (EPR)	۹۰ در هادی
معدنی (پوشش PVC)	۷۰ در غلاف
معدنی (لخت غیرقابل لمس یا عدم تماس با مواد قابل انفجار)	۱۰۵ در غلاف

۸-۶-۲ سطح مقطع هادی‌ها باید با توجه به حداکثر دمای مجاز، افت و ولتاژ مجاز، تنش‌های الکترومکانیکی، ناشی از اتصال کوتاه و دیگر تنش‌های مکانیکی، حداکثر مقاومت ظاهری (امپدانس) با توجه به عمل وسیله حفاظتی در برابر اتصال کوتاه، و صرفه اقتصادی تعیین شود.

۹-۶-۲ در طراحی مدارهای توزیع (D) و مدارهای تاسیسات (F)، حداکثر مجاز افت ولتاژ باید مطابق مقادیر ارایه شده درجدول ۲-۳ باشد.



SP = (تابلوی ترانسفورماتور توزیع) نقطه شروع افت ولتاژ در سیستم فشار ضعیف این تابلو به حساب می‌آید. اگر ترانسفورماتور اختصاصی باشد، افت ولتاژ این تابلو مشمول مقررات است. در شبکه‌های عمومی افت ولتاژ تا سرویس مشترک طبق مقررات شرکت توزیع نیرو خواهد بود.

D = (مدار توزیع) این مدار ممکن است مرکب از چند مدار مختلف باشد که پس از عبور از چند تابلو یا انشعاب، به ورودی سرویس مشترک یا تابلوی اصلی ساختمان می‌رسد.افت ولتاژ در این مدار اگر ترانسفورماتور اختصاصی باشد، طبق جدول زیر خواهد بود و درمورد ترانسفورماتورهای توزیع عمومی، تابع مقررات شرکت توزیع خواهد بود.

DB = (نقطه تغذیه) ورودی سرویس مشترک یا تابلوهای اصلی ساختمانی که ترانسفورماتور اختصاصی دارند.

F = (مدار داخلی) مدار داخلی شامل کلیه مدارهایی است که از تابلوی اصلی ساختمان یا سرویس مشترک ساختمان تا مصرف‌کننده ادامه دارند.

E = (تجهیزات مصرف) تجهیزاتی هستند که به صورت ثابت نصب می‌شوند از جمله پریزها

جدول ۲-۳: حداکثر مجاز افت ولتاژ در مدارهای توزیع ترانسفورماتورهای اختصاصی و مدارهای تاسیسات

نوع مدار	نوع مصرف یا لوازم وصل شده	افت ولتاژ مجاز(درصد)
توزیع(D)	تابلوی توزیع(DB)	۵
تاسیسات(F)	روشنایی(E)	۳
	تجهیزات (E)	۵

۲-۶-۱۱ برگ نمونه محاسبه اندازه سیم‌هاو کابل‌ها شامل روش محاسبه افت ولتاژ و تعیین سطح مقطع هادی‌ها برای برق مستقیم و متناوب یک فاز غیرالقایی وسه‌فاز در جدول ۲-۷ ارائه شده است. برای محاسبه اندازه کابل‌ها و افت ولتاژ با در نظر گرفتن مقاومت القایی به فصل هفتم مراجعه شود.

۲-۶-۱۲ استفاده از ضرایب همزمانی فقط در مواردی مجاز است که مصرف‌کننده‌های غیرهمزمان در مدار یا مدارهای تابلو وجود داشته باشد. در مورد مدارهای انفرادی نهایی مانند روشنایی، پریز، موتور و غیره، نباید ضریب همزمانی اعمال شود، این‌گونه مدارها با بار کامل باید در نظرگرفته شود.

۲-۶-۱۳ هادی‌های برق‌دار باید در برابر اضافه بار و اتصال کوتاه، جز در مواردی که منبع تغذیه قادر به تامین جریان به مقداری که بیش از جریان مجاز هادی‌ها نباشد (مانند ترانسفورماتورهای زنگ، جوشکاری و یا ژنراتورهای ترموالکتریک) به کمک یک یا چند وسیله که به طور خودکار مدار تغذیه را قطع کند حفاظت شود. علاوه بر این، حفاظت‌های اضافه‌بار و اتصال کوتاه باید با یکدیگر هماهنگ شود. وسایلی که حفاظت در برابر اضافه‌بار و اتصال کوتاه را با هم تضمین می‌نماید عباتند از کلیدهای خودکار، انواع مخصوص فیوزها و کلیدهای خودکار توام با فیوز.

۲-۶-۱۴ در مواردی که در طول مدار جریان مجاز حرارتی هادی‌ها در نتیجه تغییر در سطح مقطع یا نوع هادی‌ها یا طرز ساختمان یا نحوه نصب آن تقلیل یابد یا ازآن انشعاب گرفته شود باید یک وسیله حفاظت در برابر اضافه جریان متناسب با جریان مجاز مقطع کوچکتر پیش‌بینی و نصب شود، مگر آن که:

الف- حداکثر طول مدار یا انشعاب با مقطع کوچکتر، ۳ متر باشد، یا

ب- وسیله حفاظتی در شروع مدار اصلی مناسب برای مدار یا انشعاب مقطع کوچکتر باشد.

۲-۶-۱۵ در انتخاب جریان مجاز هادی‌های برق‌دار باید به تاثیر مدارهای هم‌جوار و شرایط نصب توجه و در صورت لزوم از ضریب تعدیل مناسبی استفاده شود. وسایل حفاظتی مدار باید با توجه به جریان مجاز تعدیل شده انتخاب شود.

۲-۶-۱۶ برای تعیین قابلیت بار مجاز و سطح مقطع سیم‌ها و کابل‌ها باید از جداول نشریه استاندارد ایران شماره ۱۹۳۶ و یا استاندارد IEC60364-5-52 استفاده شود. برای تعیین میزان جریان مجاز انواع کابل‌ها با توجه به روش‌های نصب، درجه حرارت محیط و تعداد سیم‌ها و کابل‌ها به فصل هفتم رجوع شود. در صورتی که با توجه به شرایط مندرج در نشریات یاد شده نتوان جداول موردنظر را ملاک عمل قرار داد ممکن است مقادیر ارایه شده در جدول ۲-۴ به کار برده شود. در این جدول جریان مجاز و جریان فیوز کلیه سیم‌ها و کابل‌های ساخته شده برابر استاندارد ISIRI 607 و VDE 0100 برای حرارت محیطی تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد، در سه گروه ارایه شده است. گروه اول هادی‌های مسی یک یا چند رشته‌ای مانند سیم NYA یا سیم نوع ISIR(۶۰۷).۱ در داخل لوله را شامل می‌شود، گروه دوم کابل‌های سبک، تخت و قابل انعطاف را در بر می‌گیرد. گروه سوم سیم‌های مورد استفاده، در فضای آزاد که با فواصلی برابر با قطر آن قابل نصب است و نیز هادی‌های تک‌رشته که در تابلوهای توزیع و کنترل به کارمی‌رود را شامل می‌شود.جریان مجاز سیم‌ها در گروه اول تابع تعداد سیم‌ها در داخل لوله می‌باشد. ضریب تصحیح f را می‌توان از نمودار شکل 1 به دست آورد. اطلاعات ارایه شده در جدول ۲-۴ برای حرارت محیطی حداکثر ۳۰ درجه سانتی‌گراد معتبر است.در مواردی که حرارت محیط از ۳۰ درجه سانتی‌گراد تجاوز کند، جریان مجاز سیم‌ها و کابل‌ها باید بر اساس ضرایب تقلیل مندرج در جدول ۲-۵ اصلاح شود.

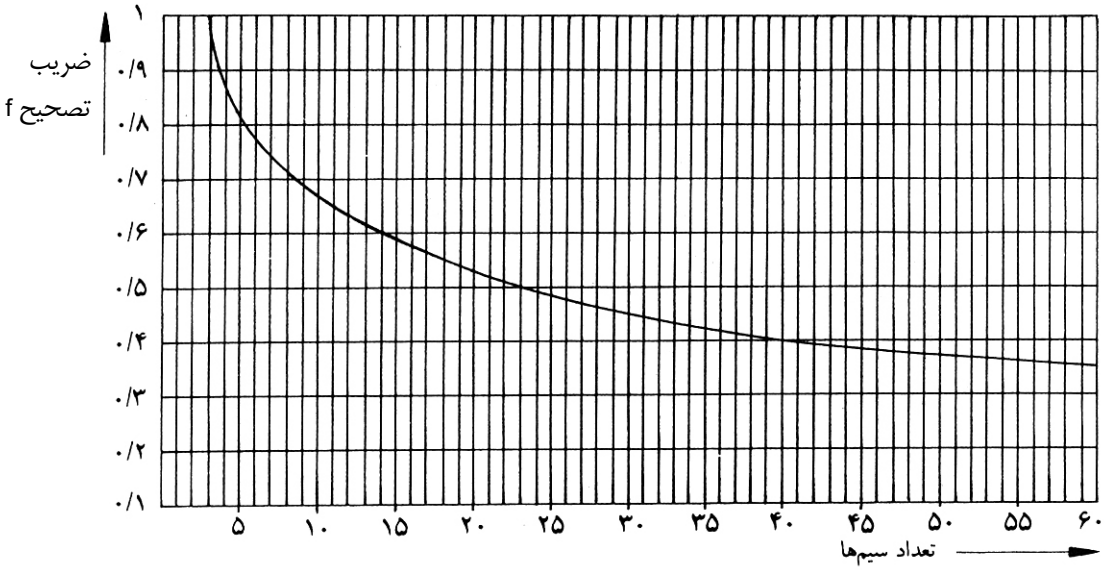
۲-۶-۱۷ در انتخاب سطح مقطع هادی خنثی در مدارهای سه فاز باید دقت کافی به عمل آید و در صورت لزوم سطح مقطع این هادی برابر هادی‌های فاز انتخاب شود.

۲-۶-۱۸ سطح مقطع یا قطر هادی‌های مسی یا آلومینیومی برای مدارهای مختلف الکتریکی باید بر اساس محاسبه تعیین شود لیکن در هیچ موردی از مقادیر ارایه شده در جدول ۲-۶ نباید کمتر باشد.

جدول ۲-۴: قابلیت بار مجاز سیم‌های مسی عایق‌دار و سطح مقطع‌های مربوط[۱]

سطح مقطع (میلی‌مترمربع)	گروه اول: یک یا چند سیم عایق‌دار در داخل لوله		گروه دوم: کابل‌های سبک تخت و قابل انعطاف		گروه سوم: سیم‌های مخصوص نصب در هوای آزاد و مراکز توزیع	
	جریان مجاز (آمپر)	فیوز (آمپر)	جریان مجاز (آمپر)	فیوز (آمپر)	جریان مجاز (آمپر)	فیوز (آمپر)
۱	۱۱	۶	۱۵	۱۰	۱۹	۱۰
۱/۵	۱۵	۱۰	۱۸	۱۰	۲۴	۲۰
۲/۵	۲۰	۱۶	۲۶	۲۰	۳۲	۲۵
۴	۲۵	۲۰	۳۴	۲۵	۴۲	۳۵
۶	۳۳	۲۵	۴۴	۳۵	۵۴	۵۰
۱۰	۴۵	۳۵	۶۱	۵۰	۷۳	۶۳
۱۶	۶۱	۵۰	۸۲	۶۳	۹۸	۸۰
۲۵	۸۳	۶۳	۱۰۸	۸۰	۱۲۹	۱۰۰
۳۵	۱۰۳	۸۰	۱۳۵	۱۰۰	۱۵۸	۱۲۵
۵۰	۱۳۲	۱۰۰	۱۶۸	۱۲۵	۱۹۸	۱۶۰
۷۰	۱۶۵	۱۲۵	۲۰۷	۱۶۰	۲۴۵	۲۰۰
۹۵	۱۹۷	۱۶۰	۲۵۰	۲۰۰	۲۹۲	۲۵۰
۱۲۰	۲۳۵	۲۰۰	۲۹۲	۲۵۰	۳۴۴	۳۱۵
۱۵۰	–	–	۳۳۵	۲۵۰	۳۹۱	۳۱۵
۱۸۵	–	–	۳۸۲	۳۱۵	۴۴۸	۴۰۰
۲۴۰	–	–	۴۵۳	۴۰۰	۵۲۸	۴۰۰
۳۰۰	–	–	۵۰۴	۴۰۰	۶۰۸	۵۰۰
۴۰۰	–	–	–	–	۷۲۶	۶۳۰
۵۰۰	–	–	–	–	۸۳۰	۶۳۰

۱- مقادیر جدول ۲-۴ باید با در نظرگرفتن مفاد بند ۲-۶-۱۶ و سایر اصول مندرج در این فصل مورد استفاده قرار گیرد.



شکل ۱: نمودار ضریب تصحیح f

جدول ۲-۵: ضرایب تصحیح جریان مجاز سیم و کابل بر حسب تغییرات درجه حرارت محیط از ۳۰ درجه سانتی‌گراد

حداکثر بار مداوم مجازبه صورت درصد مقادیر مندرج در جدول		درجه حرارت محیط (درجه سانتی‌گراد)
عایق پی – وی- سی	عایق لاستیکی	
۹۳	۹۳	بیش از ۳۰ و حداکثر تا ۳۵
۸۷	۸۲	بیش از ۳۵ و حداکثر تا ۴۰
۷۹	۷۱	بیش از ۴۰ و حداکثر تا ۴۵
۷۱	۵۸	بیش از ۴۵ و حداکثر تا ۵۰
۶۱	–	بیش از ۵۰ و حداکثر تا ۵۵

جدول ۲-۶: حداقل سطح مقطع یا قطر هادی‌های مسی یا آلومینیومی برای مدارهای مختلف الکتریکی

نوع سیستم سیم‌کشی		نوع مدار	هادی مسی	هادی آلومینیومی
تاسیسات ثابت	کابل‌ها و هادی‌های عایق‌دار	سیستم روشنایی و سیستم پریزها	۱/۵میلی‌مترمربع	۲/۵میلی‌مترمربع
		سیستم تلفن یا فاکس	۰/۶ میلی‌مترمربع	–
		سیستم‌های سیگنال‌دهی و کنترل (فراخوان، دربازکن،ساعت مرکزی، اعلام و اطفاء حریق وسیستم صوتی)	۰/۵ میلی‌مترمربع	–
	هادی‌های لخت	سیستم‌های قدرت	۱۰میلی‌مترمربع	۱۶میلی‌مترمربع
		سیستم‌های سیگنال‌دهی و کنترل	۴ میلی‌مترمربع	–
اتصالات قابل انعطاف با هادی‌های عایق‌دار و کابل‌ها			۰/۷۵میلی‌مترمربع	–

جدول ۲-۷: برگ محاسبه اندازه سیم یا کابل

نام پروژه:		شماره پروژه:
محل پروژه:		
بخش:	طبقه:	شماره نقشه:
نام اتاق:		شماره اتاق:

مجموع بار متصل شده:	کیلووات	آمپر
مجموع بارمصرفی (دیماند):	کیلووات	آمپر
فاصله:	متر	

محاسبات

درمواردی که توان مشخص باشد

برای برق مستقیم و متناوب یک فاز غیرالقایی

$$A = \frac{2 \times L \times P}{X \times A \times V} \qquad A = \frac{2 \times L \times P}{X \times \Delta V \times V}$$

برای برق متناوب سه‌فاز

$$\Delta V = \frac{L \times P}{X \times A \times V} \qquad A = \frac{L \times P}{X \times \Delta V \times V}$$

در مواردی که جریان معلوم باشد

برای برق مستقیم و متناوب یک‌فاز غیرالقایی

$$\Delta V = \frac{2 \times L \times I}{X \times A} \qquad A = \frac{2 \times L \times I}{X \times \Delta V}$$

برای برق متناوب سه‌فاز

$$A = \frac{1.73 \times L \times I \times \cos\varphi}{X \times A} \qquad A = \frac{1.73 \times L \times I \times \cos\varphi}{X \times \Delta V}$$

V = ولتاژ خط بر حسب ولت؛ ΔV = افت ولتاژ بر حسب ولت؛

I = جریان بر حسب آمپر ؛ P = توان بر حسب وات؛

X = ضریب هدایت:Cu=۵۶، Al=۳۴ ، Zn=۱۶ ، Ir=۱۰؛ A = سطح مقطع بر حسب میلی‌مترمربع؛

cosφ = ضریب توان؛ L = طول خط(یک سیم) بر حسب متر؛

اندازه سیم یا کابل مورد نیاز:

جریان نامی استاندارد سیم یا کابل:

۲-۷ اصول و روش‌های نصب در سیم‌کشی

۲-۷-۱ با توجه به نوع سیم یا کابل مورد استفاده ومشروط بر آن که اثرات خارجی در استانداردهای آنها منظور شده باشد،می‌توان بر اساس استاندارد IEC 60364-5-52 ، جدول ۲-۸ را برای تعیین روش نصب سیستم سیم‌کشی ملاک عمل قرار داد.

۲-۷-۲ سیستم سیم‌کشی باید به نحوی نصب شود که عملکرد ساختاری ساختمان و ایمنی آن در مقابل آتش کاهش نیابد. در مکان‌هایی که سیستم سیم‌کشی از قسمت‌های مختلف ساختمان، از قبیل کف‌ها، دیوارها، سقف‌ها، پشت‌بام‌ها عبور می‌کند، فضای خالی باقیمانده پس از عبور سیستم سیم‌کشی باید آب‌بندی شده و هر قسمت همان درجه حفاظت قبلی در برابر آتش را دارا باشد.

۲-۷-۳ در مکان‌هایی که سیستم سیم‌کشی از مسیری در مجاورت سرویس‌هایی از قبیل آب، بخار ویا گاز عبور کرده و امکان دارد این سرویس‌ها سبب ایجاد تراکم و یا گاز شوند، اقدامات احتیاطی برای حفاظت سیستم سیم‌کشی در مقابل این‌گونه اثرات مخرب باید به عمل آید.

۲-۷-۴ اتصالات بین هادی‌ها وسایر دستگاه‌ها باید دارای پیوستگی الکتریکی پایدار و قدرت و حفاظت مکانیکی کافی باشد. در انتخاب وسیله اتصال، باید به عوامل مهم شامل جنس هادی و عایق آن، تعداد نوع سیم‌ها، سطح مقطع هادی و تعداد هادی‌هایی که به یکدیگر باید متصل شوند، توجه گردد.

جدول ۲-۸: انتخاب سیستم سیم‌کشی

سیم‌ها وکابل‌ها		روش نصب							
		بدون بست	لوله	روکار (با استفاده از بست)	ترانکینگ‌ها	داکت کابل	نردبان کابل سینی کابل	شبکه هوایی	سیم مهار
سیم‌های لخت		–	–	–	–	–	–	+	–
سیم‌های عایق‌دار		–	+	–	+	+	–	+	–
کابل‌های غلاف‌دار (شامل زره‌دار و عایق‌دار معدنی)	چندسیمه	+	+	+	+	+	+	0	+
	تک‌سیمه	0	+	+	+	+	+	0	+
+ ≡ مجاز – ≡ غیرمجاز		0 ≡ غیرقابل اعمال، یا معمولاً در عمل به کار نمی‌رود.							

۲-۷-۵ در نصب ثابت وسایل و دستگاه‌های حامل جریان که معلق و آویزان می‌باشند (مانند چراغ‌ها)، از کابل قابل انعطاف باید استفاده شود. اگر انتظار نمی‌رود که هر گونه نوسان یا حرکتی رخ دهد، می‌توان از کابل‌های غیرقابل انعطاف استفاده کرد.

۲-۷-۶ سیستم سیم‌کشی باید به نحوی انتخاب و نصب شود که در طول نصب، بهره‌برداری ونگهداری،به غلاف، عایق و هادی‌های عایق‌شده و ترمینال‌های آنها هیچ‌گونه آسیبی وارد نشود.

۲-۷-۷ شعاع هر خم در سیستم سیم‌کشی باید به نحوی انتخاب شود که هادی‌ها یا کابل‌ها دچار آسیب نشوند.در مکان‌هایی که تنش کششی دائم به سیستم سیم‌کشی وارد می‌شود (مانند وزن سیم یا کابل در نصب عمودی) باید از نوع مناسبی از کابل یا سیم با سطح مقطع مناسب و روش نصب صحیح استفاده کرد تا آسیبی به سیم یا کابل وارد نشود.

۲-۷-۸ سیستم سیم‌کشی نصب شده در کف اتاق‌ها، سالن‌ها، به علت رفت و آمد زیاد، باید در مقابل فشارهای مکانیکی حاصل به اندازه کافی حفاظت شود.

۲-۷-۹ در سیستم سیم‌کشی ثابت نصب‌شده در درون دیوارها، سیم‌ها و کابل‌ها باید به صورت افقی یا عمودی یا موازی لبه‌های اتاق نصب شوند.

۲-۷-۱۰ سیم‌های مدارهای مختلف الکتریکی حامل ولتاژهای متفاوت باید از لوله‌های جداگانه عبور کند.

۲-۷-۱۱ سیم‌ها باید در برابر گرم شدن زیاد با وسایل خودکاری که بستگی به مقدار جریان و درجه‌حرارت دارد محافظت گردد. (به بند ۲-۶-۱۳ رجوع شود.)

۲-۷-۱۲ هادی‌های مربوط به یک مدار (فاز یا فازها، هادی خنثی و هادی حفاظتی) باید کلاً در داخل یک لوله یا مجرا یا کانال سیم‌کشی (ترانکینگ) کشیده شود.

۲-۷-۱۳ سیم نول هر مدار فیوز باید به طور مجزا تعبیه شود و استفاده از یک نول مشترک برای مدارهای مختلف مجاز نخواهد بود.

۲-۷-۱۴ به کار بردن سیم اتصال زمین (هادی حفاظتی) به جای سیم نول مجاز نمی‌باشد، سیم نول (خنثی) باید به طور جداگانه کشیده شود.

۲-۷-۱۵ تمامی سیم‌های درون لوله‌ها اعم از سیم خنثی(سیم صفر) و یا سیم محافظ (مخصوص اتصال بدنه به زمین) باید دارای پوشش باشد.

۲-۷-۱۶ لوله‌های فلزی و پوشش‌های فلزی سیم‌های عایق‌دار نباید به عنوان سیم نول یا سیم حفاظت مورد استفاده قرارگیرد.

۲-۷-۱۷ تمامی مدارها باید در داخل مجاری ساختمانی (کانال‌ها، رایزرها و غیره)، کانال‌های ویژه سیم‌کشی (مانند ترانگینگ و نظایر آن) یا لوله‌ها یا نگهدارهای مخصوص مانند سینی کابل یا نردبان کابل و غیره به گونه‌ای نصب یا هدایت شود که بازدید، خارج کردن و نصب مجدد آن در داخل مجاری، لوله‌ها و دیگر محل‌های ذکر شده بدون ایجاد خرابی و کندوکاو، امکان‌پذیر باشد.

۲-۷-۱۸ استفاده از مسیر(شافت) آسانسوربه عنوان کابل بالارو برای هرنوع مداری جز مدارهای مجاز مربوط به خود آسانسور ممنوع است، مگر این که کانال عبور این‌گونه مدارها با دیواری که حداقل ضخامت آن برابر با عرض یک آجر (۱۰ سانتی‌متر) یا معادل آن از بتن باشد، از مسیر (شافت) آسانسور مجزا شده باشد. در هر حال استفاده از این دیوار به عنوان دیوار حامل کابل‌ها ممنوع است.

۲-۷-۱۹ سیستم سیم‌کشی باید به گونه‌ای علامت‌گذاری شود که شناسایی هادی‌ها برای بازرسی، آزمایش و تعمیرات بعدی به سهولت امکان‌پذیر باشد.

۲-۷-۲۰ پوشش سیم‌ها برای مصارف مختلف باید به رنگ‌های متفاوت باشد، لیکن برای یک نوع مصرف همچون سیم‌کشی سیستم تلفن و مانند آن، رنگ پوشش سیم در تمام ساختمان باید یکسان انتخاب شود به گونه‌ای که تغییرات و تعمیرات بعدی به سهولت انجام پذیرد.

۲-۷-۲۱ رنگ سیم‌ها باید برحسب فاز تغذیه‌کننده تغییرکرده و بر طبق فهرست زیر باشد:

فاز اول = قرمز　　نول = آبی کمرنگ

فاز دوم = زرد　　برگشت = ترجیحاً رنگ فاز مربوطه با خط سفید و در صورت عدم امکان خاکستری

فاز سوم = سیاه　　زمین = رنگ دوگانه سبز/ زرد

۲-۷-۲۲ در اطراف هود آشپزخانه و محیط‌هایی که درجه حرارت محیط از ۵۵ درجه سانتی‌گراد تجاوز می‌کند باید از سیم‌های نسوز در برابر حرارت که در داخل لوله‌های فولادی معمولی یا نرم قرار خواهد گرفت استفاده شود.

۲-۷-۲۳ سیم‌ها نباید به داخل چراغ‌ها، لوازم، یا دستگاه‌هایی وارد شود که به علت انتقال حرارت در شرایط عادی کار ممکن است سبب تجاوز دمای هادی‌ها از مقادیر منظورشده در محاسبه جریان و سطح مقطع گردد.

۲-۷-۲۴ سیم‌ها و کابل‌ها نباید از ابتدا در داخل لوله‌های برق قرار داده شود بلکه باید پس از نصب لوله‌ها واتمام نازک‌کاری، در موقع مناسب نسبت به قرار دادن آن در داخل لوله‌ها اقدام شود.

۲-۷-۲۵ هنگام نصب یا کشیدن سیم‌ها به داخل لوله‌ها، بهتر است تنش و کشش بر هادی‌ها وارد شود و نه برپوشش آن.

۲-۷-۲۶ تمامی سیم‌هایی که درداخل لوله‌های برق قرار می‌گیرد باید یک‌تکه و بدون زدگی باشد.

۲-۷-۲۷ اتصال سیم‌ها به یکدیگر باید در داخل جعبه‌های تقسیم انجام شود و موکداً به وسیله ترمینال یا اتصالی نوع شانه‌ای پیچی صورت پذیرد.

۲-۷-۲۸ سرسیم‌های افشان باید قبل از قرار گرفتن در ترمینال با لحیم‌کاری یک‌پارچه شود. در صورتی که عمل لحیم‌کاری مشکل باشد باید از کابلشوهای لوله‌ای پرسی مخصوص زیر ترمینال استفاده شود.

۲-۷-۲۹ پوشش سر سیم‌ها (به ویژه سیم‌های افشان) باید با استفاده از ابزار مخصوص (سیم‌لخت‌کن) برداشته شود و توجه گردد که به رشته‌ها یا هادی‌ها آسیبی وارد نشود.

۲-۷-۳۰ در هر نقطه خروجی و در هر قسمت کلیدی حداقل باید ۱۵ سانتی‌متر از سیم برای ایجاد اتصالات و وصل وسایل و دستگاه‌های مربوطه درنظر گرفته شود مگر آن که سیم بدون اتصال از آن نقطه یا قسمت عبور داده شود.

۲-۷-۳۱ اتصال سیم‌ها به شینه‌های تابلو، ماشین‌ها و مصرف‌کننده‌های دیگر فقط باپیچ و مهره مجاز است.

۲-۷-۳۲ هر رشته سیم نول باید مستقلاً به شینه نول تابلو متصل شود و اتصال دو یا چند سیم نول به هم بسته به تابلو مجاز نخواهد بود.

۲-۷-۳۳ تمامی مدارهای نهایی روشنایی و پریزها، برای اتصال به بدنه‌های هادی چراغ‌ها یا کنتاکت حفاظتی پریزها (بر حسب مورد) باید شامل هادی حفاظتی باشد.

۲-۷-۳۴ سیم‌های مورد استفاده در سیستم سیم‌کشی باید برای مقاطع پایین تا ۱۰ میلی‌مترمربع از نوع تک مفتولی و برای مقاطع بالاتر از نوع چند مفتولی، با عایق‌بندی پی – وی- سی انتخاب شود. کاربرد سیم‌های افشان فقط در مواردی که انجام برخی قسمت‌های سیم‌کشی به طور استثنایی مشکل باشد مجاز است.

۲-۷-۳۵ سیم‌های لخت که به سیستم زمین متصل نیست باید فقط روی مقره کشیده شود و از دیوارها و قسمت‌های فلزی و ساختمان‌ها فاصله کافی داشته باشد.

۲-۷-۳۶ سیستم‌های سیم‌کشی روکار یا توکار که در محیط‌های تر و مرطوب مورد استفاده قرار می‌گیرد باید با استفاده از لوله‌های فولادی مقاوم در برابر زنگ‌زدگی و خوردگی،یا پلاستیکی سخت، و یا کابل‌های غلاف پلاستیکی یا غلاف سربی، و یا عایق معدنی انجام شود.

۲-۷-۳۷ لوازم سیم‌کشی که در محیط‌های تر[۱] و مرطوب[۲] به کار می‌رود باید مجهز به اتصالات متناسب با نوع سیم‌کشی باشد تا از نفوذ آب و رطوبت به درون لوله‌ها و سایر تجهیزات مانند جعبه‌ها، کلیدها، پریزها، چراغ‌ها و سایر مصرف‌کننده‌ها جلوگیری شود. تمامی لوازم مورد استفاده در این‌گونه محیط‌ها باید حداقل دارای درجات حفاظت زیر باشد:

الف: لوازم و تجهیزات مورد مصرف در محیط‌های مرطوب باید حداقل دارای درجه حفاظت IP44 باشد (مقاوم در برابر ترشح آب)

ب : لوازم و تجهیزات مورد استفاده در محیط‌های تر باید حداقل دارای درجه حفاظت IP45 باشد (مقاوم دربرابر آب تحت فشار)

۲-۸ نشانه‌های ترسیمی الکتریکی

نشانه‌های ترسیمی الکتریکی برای سیم‌کشی برق در جدول ۲-۹ نشان داده شده است.

۱- برای تعریف محیط تر به فصل اول رجوع شود.

۲- محیط‌های مرطوب یا نمناک شامل مکان‌هایی است که وجود رطوبت ، ژاله‌زایی یا آثار مواد شیمیایی و مانند آن ممکن است مانع از کار صحیح لوازم ووسایل الکتریکی شود. این‌گونه محیط‌ها شامل مکان‌های نیمه‌حفاظت‌شده مانند فضاهای باز مسقف ، ایوان‌ها وبالکن‌ها ، و محل‌های درونی ساختمان که در معرض درجات متوسطی از رطوبت قرار دارد مانند زیرزمین ، سردخانه ،آشپزخانه تجاری ، گلخانه و غیره می‌شود.

جدول۲-۹ نشانه‌های ترسیمی الکتریکی برای سیم‌کشی برق

شرح	نشانه
مسیر لوله و سیم (دو سیم)	
مسیر لوله و سیم، تعداد خطوط مورب نشانه شمار سیم‌ها(بیش از دو سیم) می‌باشد که ممکن است با عدد نیز نشان داده شود	۳
دو رشته سیم با سطح مقطع ۱/۵ میلی‌مترمربع در لوله شماره ۱۱	$\frac{۲\times ۱/۵mm^۲}{۱۱}$
مسیر لوله و سیم به طرف تابلو محلی، مدار شماره ۸	۸
مسیر لوله وسیم به طرف بالا	
مسیر لوله و سیم به طرف پایین	
مسیر لوله وسیم از پایین به بالا، یا از بالا به پایین	
نقطه انشعاب	
تقاطع، بدون اتصال الکتریکی	
هادی خنثی	
هادی حفاظتی	
هادی مشترک حفاظتی و خنثی مثال: سیم‌کشی سه‌فاز با هادی‌های خنثی و حفاظتی	
مرکز توزیع با ۵ لوله خروجی	

فصل ۳

کلید و پریز

مشخصات فنی عمومی و اجرایی

تأسیسات برقی ساختمان

نشریه ۱-۱۱۰ (تجدید نظر دوم)

۳ کلید و پریز

فهرست

شناسه	عنوان	صفحه
۳-۱	دامنه پوشش	۱ از ۲۶
۳-۲	تعاریف و اصطلاحات	۱ از ۲۶
۳-۳	استاندارد ساخت	۲ از ۲۶
۳-٤	کلیدهای برق	٤ از ۲۶
۳-۵	کلیدهای الکترونیکی	۹ از ۲۶
۳-۶	پریزهای مصارف خانگی و مشابه	۱۳ از ۲۶
۳-۷	پریزها و پلاگ‌های صنعتی	۱۶ از ۲۶
۳-۸	انتخاب پریزهای برق	۱۷ از ۲۶
۳-۹	سیستم‌های سیم‌کشی مدار و تعداد پریزها	۱۷ از ۲۶
۳-۱۰	اصول و روش‌های نصب کلید و پریز	۱۹ از ۲۶

۳-۱ دامنه پوشش

در این بخش مشخصات فنی عمومی و اجرایی کلیدهای برقی و الکترونیکی و کلیدهای "حسگر تصرف" و همچنین پریزها و پلاگ‌های برق شامل موارد زیر ارایه شده است:

- تعاریف
- استاندارد ساخت
- طبقه بندی
- موارد کاربرد
- انتخاب نوع، ظرفیت بار و روش سیم‌کشی
- اصول و روش‌های سیم‌کشی

۳-۲ تعاریف و اصطلاحات

۳-۲-۱ کلید (switch)

وسیله‌ای است که برای قطع و وصل جریان برق در یک یا چند مدار الکتریکی به کار می‌رود.

۳-۲-۲ کلید الکترونیک (electronic switch)

یک واژه عمومی است که وسایل کلیدزنی و کنترل الکترونیکی را شامل می‌شود.

۳-۲-۳ کلید"حسگرتصرف" (occupancy sensor switch)

کلید الکترونیکی خودکاری است که حضور انسان را براساس الگوی معین ردیابی نموده و مدار چراغ‌ها را قطع و وصل و کنترل می‌نماید.

۳-۲-۴ کلید الکترومغناطیسی کنترل از راه دور (remote control electromagnetic switch)

کلید کنترل از راه دور (RCS) که مجهز به یک سیم‌پیچ بوده و با ضربه‌های الکتریکی کار می‌کند و یا به وسیله یک مدار کنترل به صورت ثابت برق‌دار می‌شود.

۳-۲-۵ زمان تاخیر در "کلیدهای حسگرتصرف" (time delay)

عبارت است از فاصله بین آخرین حرکت ردیابی شده و خاموش نمودن چراغ‌ها.

۳-۲-۶ پلاگ یا دو شاخه (plug)

لوازمی که شاخک‌هایی برای درگیر شدن با کنتاکت‌های پریز دارد، همچنین مجهز به قسمت‌هایی برای نگهداری اتصال الکتریکی و مکانیکی کابل‌های قابل انعطاف یا بندها می‌باشد.

۳-۲-۷ پریز (socket - outlet)

لوازمی که کنتاکت‌هایی برای درگیر شدن با شاخک‌های دو شاخه یا پلاگ و ترمینال‌هایی برای اتصال کابل یا بند دارد.

۳-۲-۸ پریز ثابت (fixed socket - outlet)

پریزی است که برای اتصال یا یک‌پارچه‌شدن با کابل‌های قابل انعطاف در نظرگرفته می‌شود.

۳-۲-۹ پریز سیار (portable socket - outlet)

پریزی است که برای اتصال یا یک‌پارچه شدن با کابل‌های قابل انعطاف در نظر گرفته شده و زمانی که به منبع تغذیه متصل است، می‌توان آن را به آسانی جا به جا کرد.

۳-۲-۱۰ پریز چند تایی (multiple socket - outlet)

پریزی است که از دو یا چند پریز تشکیل شده است.

۳-۲-۱۱ پریز کلیددار (switched socket - outlet)

یک واحد سوار شده در کارخانه است که شامل یک پریز با کلید کنترل یک‌پارچه می‌باشد.

۳-۲-۱۲ پریز کلیددار چندتایی (multiple switched socket - outlet)

وسیله‌ای است که شامل بیش از یک پریز کلیددار بوده و هر پریز دارای کلید کنترل جداگانه می‌باشد.

۳-۲-۱۳ جعبه زیر کلید و پریز (mounting box)

قوطی است که در داخل یا روی دیوار، کف یا سقف و مانند آن به منظور کارگذاردن کلید یا پریزهای ثابت به کار می‌رود.

۳-۲-۱۴ ترمینال (terminal)

وسیله اتصال دهنده عایق شده یا نشده‌ای است که جهت اتصال الکتریکی مکرر هادی‌های بیرونی به کار می‌رود.

۳-۲-۱۵ پایانه (termination)

وسیله اتصال‌دهنده عایق‌شده یا نشده‌ای است که جهت اتصال الکتریکی ثابت هادی‌های بیرونی به کار می‌رود.

۳-۲-۱۶ ولتاژ اسمی (nominal voltage)

ولتاژی است که توسط سازنده برای کلید یا پریز یا پلاگ تعیین شده است و این مقدار در برگ استاندارد (در صورت وجود) مشخص شده است.

۳-۲-۱۷ جریان اسمی (nominal current)

جریانی است که توسط سازنده برای کلید یا پریز یا پلاگ تعیین شده است و این مقدار در برگ استاندارد (در صورت وجود) مشخص شده است.

۳-۳ استاندارد ساخت

۳-۳-۱ کلیدهای فرمان روشنایی مورد مصرف در تاسیسات برقی ساختمان‌ها (مسکونی، اداری، آموزشی، بهداشتی، صنعتی و غیره)، که ولتاژ نامی آن از ۲۵۰ ولت برای یک فاز و ۵۰۰ ولت برای دوفاز و سه فاز، و جریان اسمی آن از ۲۵ آمپر تجاوز نمی‌کند، باید منطبق با مشخصات مندرج در آخرین اصلاحیه استاندارد ملی شماره ۴۶۲ طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گیرد.

۳-۳-۲ کلیدهای دستی مصارف عمومی برق متناوب (AC) و نصب ثابت، برای استفاده در داخل یا خارج ساختمان، که ولتاژ نامی آن از ۶۳ آمپر تجاوز نمی‌کند باید برابر استاندارد IEC 60669-1 یا یکی از استانداردهای معتبر بین‌المللی مشابه طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گیرد.

استاندارد مزبور همچنین در مورد کلیدهای زیر نیز کاربرد دارد:

-کلیدهای دارای چراغ پیلوت

-کلیدهای کنترل از دور الکترومغناطیسی (مقررات ویژه این نوع کلیدها باید برابر استانداردهای ISIRI 462-1 یا IEC 60669-2-2 نیز رعایت شود).

-کلیدهای مجهز به وسایل تاخیر زمانی (مقررات ویژه این نوع کلیدها باید برابر استاندارد IEC 60669-2-3 نیز رعایت شود).

-کلیدهای درترکیب با دیگر عملکردها (combinations of switches and other functions)، به استثنای کلیدهای مجهز به فیوز.

-کلیدهای الکترونیکی(مقررات ویژه این نوع کلیدها باید برابر استانداردهای ISIRI 3892 یا IEC 60669-2-1 نیز رعایت شود).

-کلیدهای مجهز به خروجی و کابل‌های قابل انعطاف.

۳-۳-۳ کلیدهای زمان‌سنج (timers and time switches) باید برابر استاندارد IEC 60730-2-7 یا مشابه آن طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گیرد.

۳-۳-۴ جعبه‌های زیر کلید به استثنای جعبه‌های توکار معمولی (بدون حفاظت) باید مطابق استاندارد IEC 60669-1 یا مشابه آن تولید شده باشد. جعبه‌های زیر کلید توکار معمولی باید برابر استاندارد IEC 60670 یا مشابه آن تولید شده باشد.

۳-۳-۵ دو شاخه‌ها و پریزهای ثابت یا سیار با اتصال به زمین یا بدون اتصال به زمین که منحصراً برای جریان متناوب (AC) با ولتاژ اسمی حداقل ۵۰ ولت و حداکثر ۴۴۰ ولت و جریان اسمی حداکثر ۳۲ آمپر برای مصارف خانگی و مشابه جهت نصب در داخل یا خارج ساختمان به کار می‌رود باید برابر جدیدترین اصلاحیه استاندارد ملی ایران با شماره ۶۳۵ یا استاندارد IEC 60884-1 طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گیرد.

۳-۳-۶ انواع دوشاخه‌ها و پریزهای مصارف خانگی و مشابه باید برابر مقررات ویژه مرتبط با هر یک به شرح زیر طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گیرد:

-مقررات ویژه دوشاخه‌های فیوزدار برابر استانداردهای ISIRI 635-2-1 یا IEC 60884-2-1.

-مقررات ویژه پریزهای مورد استفاده برای تجهیزات برقی(appliance) برابر استاندارد IEC 60884-2-2

-مقررات ویژه پریزهای کلیددار بدون قفل ایمنی برای نصب ثابت برابراستاندارد ISIRI 635-2-3 یا IEC 60884-2-3.

-مقررات ویژه برای دوشاخه‌ها و پریزهای ولتاژ خیلی ضعیف ایمن(SELV) برابراستاندارد IEC 60884-2-4.

-مقررات ویژه برای تبدیل کننده‌ها (adaptors) برابر استانداردهای ISIRI 635-2-5 یا IEC 60884-2-5.

-مقررات ویژه برای پریزهای کلیددارباقفل ایمنی برای نصب ثابت برابر استانداردهای ISIRI 635-2-6 یا IEC 60884-2-6.

۳-۳-۷ چندشاخه‌ها، پریزها و اتصال دهنده‌ها برای مصارف صنعتی در داخل یا خارج ساختمان، که ولتاژ اسمی آن از ۶۹۰ ولت مستقیم (DC) یا متناوب (AC) تجاوز نمی‌کند، با فرکانس ۵۰۰ هرتز (AC)، و جریان اسمی که از ۲۵۰ آمپر متجاوز نباشد، باید برابر استاندارد IEC 60309-1 طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گیرد.

۳-۳-۸ مشخصات پین‌ها و کنتاکت‌های مورد استفاده در چند شاخه‌ها، پریزها و اتصال دهنده‌های مصارف صنعتی در داخل و خارج ساختمان، که ولتاژ اسمی آن از ۶۹۰ ولت با فرکانس ۵۰۰ هرتز و جریان اسمی آن از۱۲۵ آمپر تجاوز نمی‌کند باید با ضوابط مندرج در استاندارد IEC 60309-2 مطابقت نماید.

۳-۳-۹ در سایر مواردی که استاندارد ایرانی موجود نباشد مانند دیگر انواع کلید و پریز و پلاگ، و همچنین دکمه فشاری، انواع دیمر، روزت تلفن، بیزر و غیره، باید از استانداردهای کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک و مشابه آن استفاده شود.

۳-۴ کلیدهای برق

۳-۴-۱ طبقه‌بندی

به طور کلی کلیدهای برق به شرح زیر طبقه‌بندی می‌شود:

۳-۴-۱-۱ بر حسب نوع منبع نیرو که شامل کلیدهای مورد مصرف در برق متناوب (AC)، برق مستقیم (DC) و هر دو نوع متناوب و مستقیم (DC وAC) می‌شود.

۳-۴-۱-۲ بر حسب نوع اتصال که شامل کلیدهای یک جهته (یک پل، دو پل، سه پل، و سه‌پل و نول)، کلیدهای چند جهته (دو جهته با حالت خاموش، دو مداره، تبدیل، تبدیل دوپل، و صلیبی)می‌باشد.

۳-۴-۱-۳ بر حسب روش به کار انداختن کلید که شامل کلیدهای گردان، نوسانی، شستی، تکمه فشاری و کششی می‌شود.

۳-۴-۱-۴ بر حسب درجه حفاظت در برابر اثر زیان‌آور آب به داخل کلید که شامل کلیدهای بدون حفاظت معمولی، کلیدهای محافظت شده در برابر چکیدن قطرات آب، کلیدهای محافظت شده در برابر پاشیده شدن آب و کلیدهای غیرقابل نفوذ در برابر آب.

۳-۴-۱-۵ برحسب روش نصب که شامل نصب روکار، توکار، نیمه توکار، و تابلویی می‌باشد.

۳-۴-۱-۶ بر حسب فواصل بین کنتاکت‌ها که شامل فاصله معمولی، فاصله جزیی یا مینی (mini-gap)، فاصله بسیار جزیی(micro-gap) و بدون فاصله (کلیدهای نیمه‌هادی) خواهد بود.

۳-۴-۱-۷ بر حسب درجه حفاظت در برابر دسترسی به قسمت‌های خطرناک و اثرات زیان‌آور ورود اشیاء جامد خارجی به درون کلید به شرح زیر:

IP2X: کلیدهای حفاظت شده در برابر دسترسی انگشتان دست به قسمت‌های خطرناک و اثرات زیان‌آور ورود اجزای اجسام جامد خارجی با قطر ۱۲/۵ میلی‌متر و بیشتر به درون آن.

IP4X: کلیدهای حفاظت‌شده در برابر دسترسی با سیم به قسمت‌های خطرناک و اثرات زیان‌آور ورود اجسام جامد خارجی به قطر یک میلی‌متر و بیشتر به درون آن.

IP5X: کلیدهای حفاظت‌شده در برابر دسترسی با سیم به قسمت‌های خطرناک و همچنین حفاظت‌شده در برابر گرد وغبار.

۳-۴-۱-۸ بر حسب روش نصب کلید از نظر طرح ساخت آن که شامل کلیدهایی می‌شود که پوشش یا صفحه درپوش آن بدون جابجایی هادی‌ها قابل برداشت باشد (طرح A)، و کلیدهایی که پوشش یا صفحه درپوش آن بدون جابجایی هادی‌ها قابل برداشت نباشد(طرح B).

۳-۴-۱-۹ بر حسب نوع ترمینال به شرح زیر:
-کلیدهای دارای ترمینال پیچ‌دار
-کلیدهای بدون ترمینال پیچی ویژه هادی‌های صلب
-کلیدهای بدون ترمینال پیچی برای هادی‌های صلب و قابل انعطاف

۳-۴-۲ موارد کاربرد

موارد کاربردعمده‌ترین انواع کلیدهای برق به قرار زیر است:

۳-۴-۲-۱کلید یک‌پل، یک‌راه، و یک‌خانه:

این نوع کلید برای قطع و وصل سیم فاز در چراغ‌های روشنایی و مصارف مشابه به کار می‌رود.

۳-۴-۲-۲ کلید یک‌پل، یک‌راه، و دوخانه:

این نوع کلید برای قطع و وصل دو مدار به کار می‌رود.

۳-۴-۲-۳ کلید دوپل:

این نوع کلید را که در حقیقت دو کلید در یک جعبه است می‌توان برای قطع و وصل همزمان دو فاز و یا یک فاز و یک نول مورد استفاده قرار داد.

۳-۴-۲-۴ کلید سه‌پل:

این نوع کلید برای قطع و وصل سه انشعاب از یک نقطه به کار می‌رود. این گونه کلیدها برای قطع و وصل موتورهای سه‌فاز نیز کاربرد دارد.

۳-۴-۲-۵ کلید دوراه یا تبدیل:

این نوع کلید که در واقع مدار را تبدیل یا عوض می‌کند برای قطع و وصل چراغ از دو نقطه مختلف به کار می‌رود.

۳-۴-۲-۶ کلید دوراه یا تبدیل دوپل:

این نوع کلید دو مدار را تبدیل یا عوض می‌کند و برای قطع و وصل دو فاز یا فاز و نول و یا برق ایزوله از دو نقطه مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۳-۴-۲-۷ کلید صلیبی:

کلید صلیبی به همراه دو کلید تبدیل برای کنترل مدار چراغ‌ها از سه نقطه و یا بیشتر به کار برده می‌شود و نحوه قطع و وصل به صورت تغییر مدار (ضربدار یا موازی) است.

۳-۴-۲-۸ کلید جیوه‌ای:

این نوع کلید در مدارهای فرعی با بارکم مانند ترموستات‌ها، روی دیگ‌های بخار و چیلرها، اتاق‌های عمل، و غیره به کار می‌رود.

۳-۴-۲-۹ سایرانواع کلیدها مانند کلید دو جهته با حالت خاموش و کلید سه فاز و نول نیز بر حسب نیاز مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۳-۴-۲-۱۰ کلیدهای فوق‌الذکر به‌صورت حفاظت‌شده در برابر ترشح آب با درجه حفاظت IPX4 و حفاظت‌شده دربرابر فوران آب با درجه حفاظت IPX5 نیز ساخته می‌شود که برای مکان‌های تر و مرطوب و همچنین در فضای آزاد مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۳-۴-۲-۱۱ کلیدهای "ضدانفجار"(Explosion proof) و "ضداشتعال غبار"(Dust-ignition-proof)

این نوع کلیدها در مکان‌های مخاطره‌آمیز (طبقه‌بندی شده) مورد استفاده قرار می‌گیرد. کلید «ضد انفجار» مجهز به محفظه‌ای است که در برابر انفجار گاز یا بخار مشخص در درون آن مقاوم بوده و از سرایت جرقه،برق یا انفجار گازهای درون محفظه به محیط خارج جلوگیری می‌کند. میزان دمای خارجی محفظه نیز به گونه‌ای است که موجب اشتعال و انفجار گازهای موجود در اطراف آن نمی‌شود. کلید«ضد اشتعال غبار» مجهز به پوششی است که مانع از ورود گرد وغبار قابل اشتعال به درون محفظه می‌شود و در صورتی که مطابق مقررات مربوط مورد استفاده قرار گیرد قوس الکتریکی، جرقه یا حرارت تولید یا آزاد شده در داخل پوشش موجب اشتعال رسوبات خارجی روی محفظه یا غبارهای معلق در هوای اطراف آن نمی‌گردد.(به بند ۳-۱۱-۲۷ نیز مراجعه شود).

۳-۴-۳ انتخاب نوع، ظرفیت بار و روش سیم‌کشی کلیدها

۳-۴-۳-۱ کلیدهای روشنایی باید براساس موارد استفاده، نوع منبع نیرو، شرایط محل نصب، ولتاژ مورد لزوم و محاسبه مقدار جریانی که از آن عبور می‌کند از انواع توکار یا روکار، یک‌پل (یک‌خانه یا دوخانه)، دوپل، سه‌پل، تبدیل، صلیبی، و در صورت لزوم از انواع حفاظت‌شده در برابر اثر زیان‌آور رطوبت و ورود آب به داخل آن، یا حفاظت‌شده در برابر جرقه و انفجار انتخاب شود. این نوع کلیدها در سیستم برق یک‌فاز، ۲۲۰ ولت باید حداقل ۲۵۰ ولت و ۱۰ آمپر باشد.

۳-۴-۳-۲ جریان اسمی کلیدها باید با توجه به نوع باری که قطع و وصل می‌شود، برابر یا بزرگتر از مقادیر زیر باشد مگر در مواردی که در استاندارد ساخت کلید به گونه دیگری مشخص شده باشد:

الف) برای بارهای دارای ضریب قدرت واحد (لامپ‌های رشته‌ای و مانند آن):

جریان مصرف؛

ب) برای بارهای دارای ضریب قدرت رآکتیو (موتورها و مانند آن):

۱/۲۵ برابر جریان مصرف؛

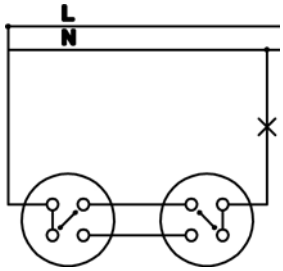
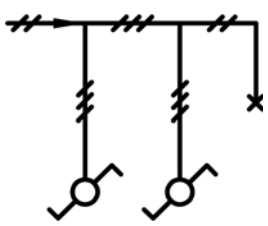
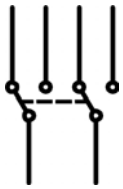
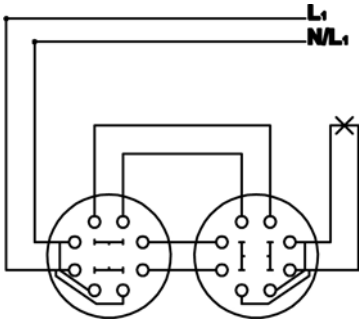
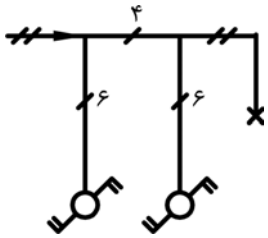
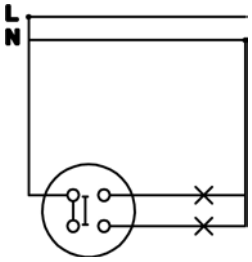
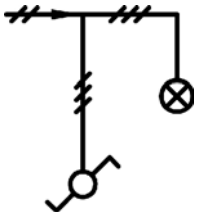
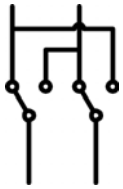
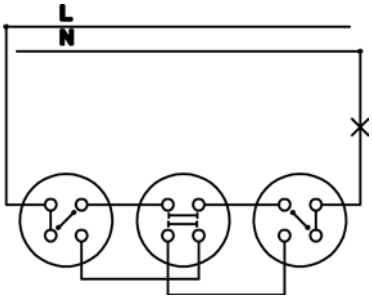
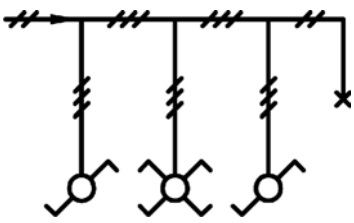
پ) برای بارهای دارای ضریب قدرت خازنی و مواردی مانند لامپ‌های گازی با خازن تصحیح ضریب قدرت و موتورهای دارای راه‌انداز خازنی و غیره:

۲ برابر جریان مصرف

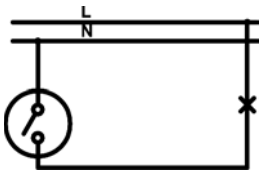
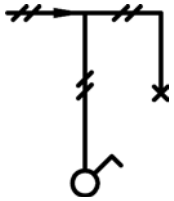
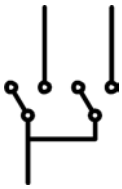
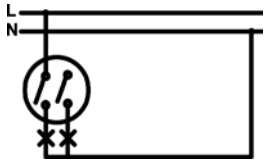
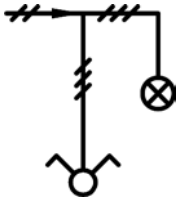
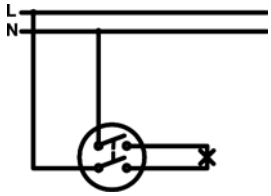
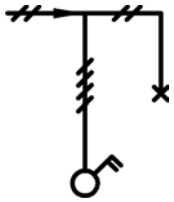
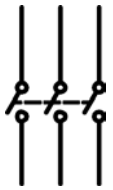
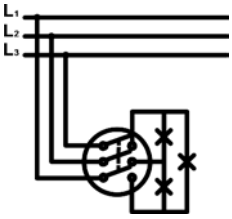
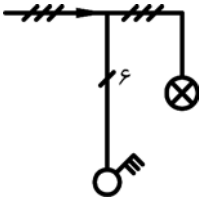
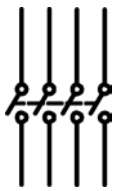
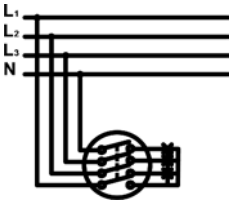
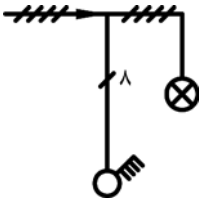
۳-۴-۳-۳ کلیدهایی که برای قطع بار کامل الکتریکی القایی طراحی نشده باشد باید دارای آمپراژ دو برابر بار ثابت مورد نظر باشد.

۳-۴-۳-۴ عمده‌ترین انواع کلیدهای برق مورد مصرف در تاسیسات الکتریکی ساختمان‌ها شامل اتصالات ممکن، روش اتصال الکتریکی، و نقشه یک خطی در جدول ۳-۱ آمده است.

جدول ۳-۱: عمده‌ترین انواع کلیدهای برق مورد مصرف در تاسیسات الکتریکی ساختمان‌ها، شامل اتصالات ممکن، روش اتصال الکتریکی و نقشه یک خطی

نوع کلید	اتصالات ممکن	روش اتصال الکتریکی	نقشه یک خطی
دو راه یا تبدیل			
تبدیل دوپل			
تبدیل با حالت خاموش			
صلیبی			

جدول ۳-۱: عمده‌ترین انواع کلیدهای برق مورد مصرف در تاسیسات الکتریکی ساختمان‌ها، شامل اتصالات ممکن، روش اتصال الکتریکی و نقشه یک خطی

نوع کلید	اتصالات ممکن	روش اتصال الکتریکی	نقشه یک خطی
یک پل، یک راه، یک‌خانه			
یک پل دومداره			
دو پل قطع فاز و نول			
سه پل			
سه پل سه فاز و نول			

۳-۵ کلیدهای الکترونیکی

۳-۵-۱ کلیدهای الکترونیکی و کلیدهایی که بخشی از آن الکترونیکی است، با ولتاژ اسمی ۲۵۰ ولت متناوب و جریان اسمی که از ۱۶ آمپر تجاوز نمی‌کند، و برای تاسیسات نصب ثابت خانگی و مشابه در مکان‌های سرپوشیده یا سرباز مورد استفاده قرار می‌گیرد باید برابر استانداردهای ISIRI 3892 یا IEC 60669-2-1 طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گیرد.

۳-۵-۲ این نوع کلیدها ممکن است بر حسب مورد استفاده از انواع زیر انتخاب شود:

-کلیدهای لمسی(touch switches)

-کلیدهای مجاورتی(proximity switches) مانند کلیدهای حسگر تصرف(occupancy sensor)

-کلیدهای نوری(optical switches)

-کلیدهای صوتی(acoustic switches)

-کلیدهایی که تحت تاثیر عوامل خارجی دیگر عمل می‌کند

۳-۵-۳ کلیدهای الکترونیکی همچنین ممکن است بر حسب موارد زیر نیز دسته‌بندی شود:

-کلیدهای مورد استفاده برای لامپ‌های رشته‌ای

-کلیدهای ویژه لامپ‌های فلورسنت

-کلیدهای مورد استفاده برای کنترل سرعت موتورها

-کلیدهای قابل استفاده برای بار موردنظر

۳-۵-۴ این قبیل کلیدها ممکن است برای قطع و وصل مدارهای چراغ‌ها و تنظیم نور لامپ‌ها یا کنترل سرعت موتورها و مانند آن مورد استفاده قرار گیرد. نمونه‌ای از انواع کلیدهای الکترونیکی و عملکرد آنها در جدول ۳-۲ ارایه شده است.

جدول ۳-۲: نمونه انواع کلیدهای الکترونیکی و عملکرد آن

کلیدهای الکترونیکی (۱)	عملکرد
کلیدهای لمسی و مانند آن	وسایل قطع و وصل نیمه‌هادی با عملکرد الکترونیکی
	وسایل قطع و وصل مکانیکی با عملکرد الکترونیکی
دیمرهای روشنایی با کلید کنترل و کنترل‌کننده‌های سرعت و مانند آن	رگولاتورهای مجهز به مدار کنترل الکترونیک با عملکرد مکانیکی
	رگولاتورهای مجهز به مدار کنترل الکترونیک با عملکرد الکترونیکی
دیمرهای کنترل روشنایی مجهز به کلید وکنترل‌کننده‌های سرعت مجهز به کلید	رگولاتورهای دارای عملکرد مکانیکی مجهز به یک مدار کنترل الکترونیک و با یک وسیله کلیدزنی مکانیکی
	رگولاتورهای با عملکرد مکانیکی، مجهز به یک مدار کنترل الکترونیک و یک وسیله کلیدزنی مکانیکی با عملکرد الکترونیکی
	رگولاتورهای دارای عملکرد مکانیکی مجهز به یک مدار کنترل الکترونیک و یک وسیله کلیدزنی نیمه‌هادی
	رگولاتورهای دارای عملکرد الکترونیکی مجهز به یک مدار کنترل الکترونیک و یک وسیله کلیدزنی نیمه‌هادی
	رگولاتورهای دارای عملکرد الکترونیکی مجهز به یک مدار کنترل الکترونیک و یک وسیله کلیدزنی مکانیکی با عملکرد الکترونیکی
کلیدهای الکترونیکی در ترکیب با حسگرهای حرارتی یا نوری	وسایل کلیدزنی نیمه‌هادی با عملکرد الکترونیکی
	وسایل کلیدزنی مکانیکی با عملکرد الکترونیکی

(۱) تمام کلیدهای الکترونیکی ممکن است به کمک مدارهای کنترل کمکی کار کند.

۳-۵-۵ کلیدهای "حسگر تصرف" (occupancy sensor switches)

۳-۵-۵-۱ کلیدهای خودکار موسوم به "حسگر تصرف" که به منظور صرفه‌جویی در مصرف انرژی برای کنترل روشنایی مورد استفاده قرار می‌گیرد، عمدتاً با استفاده ازتکنولوژی امواج ماورای صوت (ultrasonic waves) یامادون قرمز غیرفعال (passive infrared) یا PIR جنبش و حرکت را در فضای مورد نظر ردیابی و کنترل می‌نماید. این‌گونه حسگرها همچنین ممکن است مجهز به هردو نوع تکنولوژی باشد.

۳-۵-۵-۲ حسگرهای تصرف در مواردی کاربری دارد که اتاق‌ها یا فضاها به طور متناوب یا به صورت غیرقابل پیش‌بینی مورد استفاده قرار می‌گیرد، مانند برخی دفاتر کار، انبارها، سالن‌های کنفرانس، سالن‌ها و فضاهای ورزشی، سالن‌های غذاخوری، کلاس‌های درس، راهروها، دستشویی‌ها، اتاق‌های تکثیر، اتاق‌های کامپیوتر، اتاق‌های معاینه و بیمارخواب‌ها در بیمارستان‌ها، آزمایشگاه‌ها، کتابخانه‌ها، اتاق‌های هتل‌ها و غیره.

۳-۵-۵-۳ هر حسگر تصرف معمولا شامل یک ردیاب جنبشی (motion detector)، قسمت الکترونیکی، رله کنترل، و منبع تغذیه می‌باشد. در این گونه کلیدها، کنترل الکترونیکی حضور انسان را ردیابی نموده و سیگنال لازم را به رله، که مدار روشنایی را قطع و وصل می‌کند، هدایت می‌نماید.

۳-۵-۵-۴ حسگرهای مادون قرمز به حرکت منابع حرارتی مانند بدن انسان متحرک پاسخگو می‌باشد.با توجه به این که چنین حسگرهایی لازم است دارای یک خط دید مستقیم به متحرک داشته باشد، استقرار مبلمان، پارتیشن‌ها یا اشیای دیگر بین حسگر و انسان متحرک مانع از عملکرد آن می‌شود. بنابراین سطح پوشش حسگرهای مادون قرمز بستگی به موقعیت استقرار و ارتفاع نصب حسگر، چیدمان مبلمان و اندازه متحرک مورد نظر، و تنظیم درجه حساسیت آن دارد.

۳-۵-۵-۵ حسگرهای تصرف ماورای صوتی با پخش امواج فشاری ۲۵ تا ۴۰ کیلوهرتز و دریافت انعکاس‌های آن از سطوح اتاق و اجسام درون آن حرکت را ردیابی می‌کند. این گونه حسگرها برخلاف حسگرهای مادون قرمز به حرکت اجسام بی‌جان حساس می‌باشد، و با توجه به این که دارای خط دید مشخص برای ردیابی نمی‌باشد برای فضاهای دارای پارتیشن، کابینت‌های بلند یا سایر موانع نسبت به حسگرهای مادون قرمز ازجحیت دارد.

۳-۵-۵-۶ کلیدهای حسگر تصرف با توجه به نوع کاربری و شرایط استفاده از آن ممکن است مجهز به امکانات یا از انواع زیر باشد:

- زمان‌سنج تاخیر زمانی (حداقل ۳ ثانیه تا حداکثر ۳۰ دقیقه)
- کنترل نور طبیعی
- کنترل دستی
- کلید یک‌پل یا تبدیل
- قابلیت استفاده برای لامپ‌های رشته‌ای و فلورسنت
- ظرفیت بارهای مختلف
- کنترل میزان حساسیت
- انواع دیواری یا سقفی یا قابل نصب روی میله یا تبر

۳-۵-۵-۷ انتخاب نوع حسگر برای اتاق‌ها و فضاها باید با توجه به نوع تحرک در آن انجام شود. حرکت‌های بدنی مانند راه‌رفتن به عنوان حرکت بزرگ، حرکت دست‌ها مانند برداشتن تلفن به عنوان حرکت متوسط و ماشین‌نویسی یا کار با کامپیوتر به عنوان حرکت کوچک دسته‌بندی شده است. برگزیدن حسگرهای تصرف باید با توجه به الگوی حرکت در محل مورد نظر، شکل اتاق یا فضا، موقعیت استقرار ساکنان، موانع ثابت احتمالی مانند میز، کتابخانه، فایل، کابینت، در، پارتیشن، و موانع متحرک احتمالی مانند پرده یا حرکت در فضاهای هم‌جوار مانند راهروها و غیره، صورت گیرد.

۳-۵-۵-۸ برای مقایسه امکانات حسگرهای مادون قرمز و ماورای صوتی شامل دامنه پوشش،جزییات انواع تحرک قابل ردیابی، قابلیت نصب بر روی دیوار یا سقف، و کاربری‌های سازگار و ناسازگار با نوع حسگر به جدول ۳-۳ نگاه کنید.

جدول ۳-۳: مقایسه امکانات حسگرهای مادون قرمز وماورای صوتی

نوع مشخصات	حسگرهای مادون قرمز(PIR)	حسگرهای ماورای صوتی
دامنه پوشش	دارای خط دید، تنظیم میدان دید به وسیله کنترل میزان حساسیت یا با چسبانیدن پوشانه برروی عدسی (lens)	پوشش تمامی حجم فضا تنظیم نسبی میدان دید به وسیله کنترل میزان حساسیت
ردیابی حرکت دست‌ها	تا ۱۵ فوت (۴/۵۷ متر)	تا ۲۵ فوت (۷/۶۲ متر)
ردیابی حرکت دست‌ها و بالاتنه	تا ۲۰ فوت (۶/۱ متر)	تا ۳۰ فوت (۹/۱۴ متر)
ردیابی حرکت کامل بدنی	تا ۴۰ فوت (۱۲/۲ متر)	تا ۴۰ فوت(۱۲/۲متر)
حداکثر سطح پوشش	۳۰۰ تا ۱۰۰۰ فوت مربع (۲۷/۸۷ تا ۹۲/۹ مترمربع)	۲۷۵ تا ۲۰۰۰ فوت مربع (۲۵/۵۴ تا ۱۸۵/۸ مترمربع)
حساسیت جهت حرکت	حرکت عرضی در برابرحسگر	حرکت در جهت حسگر یابه دور از آن
قابلیت نصب	به جای کلید، روی دیوار یا سقف	به جای کلید، روی دیوار یا سقف
کاربری‌های سازگار	فضاهای محصور کوچک (کلیدهای دیواری)، در مواردی که حسگر دید مستقیم به فعالیت دارد (حسگرهای دیواری و سقفی)، فضای باز و راهروهای انبار	فضاهای باز فضاهای دارای موانع دستشویی‌ها فضاهای دارای سطوح سخت
کاربری‌های ناسازگار	حرکت در سطوح پایین و حاشیه پوششی حسگر، موانع انسدادی در راستای خط دید حسگر، محدوده ۶ تا ۸ فوت (۱/۸۲ تا ۲/۴۳ متر) از دریچه‌های توزیع هوای تهویه مطبوع و دیگر منابع حرارتی	سقف بلند، لرزش یا جریان هوا در سطوح بالا، فضاهای بازی که نیاز به پوشش گزینشی دارد (مانند کنترل تکی راهروها در انبار)

۳-۶ پریزهای مصارف خانگی و مشابه

۳-۶-۱ طبقه‌بندی

۳-۶-۱-۱ طبقه‌بندی بر حسب روش کاربرد یا نصب

پریزهای مصارف خانگی و مشابه بر حسب روش کاربرد یا نصب به شرح زیر طبقه‌بندی شده است:

الف) پریزهای روکار

ب) پریزهای توکار

پ) پریزهای نیمه‌توکار

ت) پریزهای تابلویی

ث) پریزهای تزیینی

ج) پریزهای سیار

چ) پریزهای قابل نصب بر روی میز(تکی یا چندتایی)

ح) پریزهای قابل نصب برروی کف اتاق

خ) پریزهای قابل نصب بر روی دستگاه

۳-۶-۱-۲ طبقه‌بندی بر حسب روش نصب

این گونه پریزها بر حسب روش نصب با توجه به طراحی به صورت زیر طبقه‌بندی شده است:

الف – پریزهای ثابتی که برداشتن پوشش یا صفحه پوشش آن بدون جابجایی هادی‌ها میسر است (طرح A) یا

ب– پریزهای ثابتی که برداشتن پوشش آن بدون جابجایی هادی‌ها میسر نمی‌باشد (طرحB)

۳-۶-۱-۳ دسته‌بندی برحسب اتصال زمین

طبقه‌بندی بر حسب اتصال زمین که شامل پریزهای بدون اتصال زمین و پریزهای مجهز به اتصال زمین می‌باشد. پریزهای اتصال زمین‌دار باید به نحوی ساخته شود که در هنگام قرار دادن دو شاخه در پریز کنتاکت‌های اتصال زمین قبل از شاخک‌های اتصال حامل جریان وصل شود، و زمان کشیدن دو شاخه از پریز، شاخک‌های اتصال حامل جریان قبل از کنتاکت‌های اتصال زمین از پریز قطع شود. ساختمان پریزهای یک فاز اتصال زمین‌دار باید به گونه‌ای باشد که وصل دوشاخه‌های معمولی (بدون اتصال زمین) به آن امکان‌پذیر نباشد، لیکن اتصال دوشاخه‌های لوازم برقی مجهز به عایق‌بندی مضاعف به این گونه پریزها میسر باشد.

پریزهای مجهز به اتصال زمین به منظور اتصال وسایل الکتریکی خانگی و اداری از قبیل یخچال، فریزر، کولر، لباس‌شویی، خشک‌کن، ظرفشویی، ومانند آن در ساختمان‌ها به کار می‌رود. این گونه وسایل به لحاظ امکان اتفاقی جریان برق بر روی بدنه و قسمت‌های خارجی آن، باید از طریق کنتاکت‌های اتصال زمین به سیستم زمین متصل شود. ابزارهای دستی موتوری مانند دریل برقی، چمن‌زن برقی، و اره برقی نیز، به ویژه در مناطق مخاطره‌آمیز، یا در مناطق تر و مرطوب، و یا در مواردی که افراد در ارتباط مستقیم با زمین، کف فلزی، داخل مخازن فلزی و دیگ‌های بخار، و غیره از آن استفاده می‌کنند، باید به سیستم زمین اتصال یابد.

۳-۶-۱-۴ طبقه‌بندی بر حسب حفاظت در برابر رطوبت و آب

طبقه‌بندی بر حسب درجه حفاظت در برابر رطوبت و نفوذ آب که شامل پریزهای معمولی، حفاظت شده در برابر ترشح آب و حفاظت شده در برابر پاشیده شدن آب با فشار می‌شود. پریزهای معمولی در محل‌های خشک مورد استفاده قرار

می‌گیرد و پریزهای حفاظت‌شده در برابر رطوبت و نفوذ آب در محل‌های تر و مرطوب و خارج ساختمان‌ها بر حسب نیاز مربوط به کار می‌رود.

۳-۶-۱-۵ طبقه‌بندی بر حسب درجه حفاظت در برابر خطر برق‌گرفتگی

پریزها در مواردی که برای استفاده عادی نصب شده باشد بر حسب درجه حفاظت در برابر برق‌گرفتگی به شرح زیر طبقه‌بندی می‌شود.

الف) پریزبا حفاظت معمولی

پریزها باید به گونه‌ای طراحی و ساخته شود ک پس از نصب وسیم‌کشی برای استفاده عادی، قسمت‌های برق‌دار در دسترس نباشد (حتی پس از جداکردن بخش‌هایی که می‌توان بدون استفاده از ابزار آنها را جدا کرد).

ب) پریز با حفاظت افزایش‌یافته

پریزهای دارای حفاظت افزایش‌یافته باید به گونه‌ای طراحی و ساخته شود که پس از نصب و سیم‌کشی برای استفاده عادی، قسمت‌های برق‌دار در دسترس قرار نگیرد.

۳-۶-۱-۶ طبقه‌بندی بر حسب وجود "مسدودکننده"

الف) پریزهای بدون "مسدودکننده"

ب) پریزهای مجهز به "مسدودکننده"

۳-۶-۱-۷ طبقه‌بندی بر حسب تعداد فازها که پریزهای یک‌فاز و سه‌فاز را در بر می‌گیرد.

۳-۶-۲ پریزهای کلیددار با قفل ایمنی

۳-۶-۲- ۱ این نوع پریزها باید به گونه‌ای طراحی و ساخته شود که هنگام برق‌دار بودن کنتاکت‌های اتصال، پلاگ را نمی‌توان در پریز قرار داد، یا از آن خارج ساخت، و نیز بدون قراردادن پلاگ در پریز کنتاکت‌های اتصال برق‌دار نمی‌شود.

۳-۶-۲-۲ پریزهای قفل‌شو مورد استفاده در تاسیسات برق خانگی و مشابه مجهز به کلید کنترل با ولتاژهای اسمی ۵۰ تا ۴۴۰ ولت متناوب و جریان اسمی حداکثر ۳۲ آمپر باید برابر استانداردهای ISIRI 635-2-6 یا IEC 60884-2-6 طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گیرد.

۳-۶-۲-۳ طبقه‌بندی

پریزهای کلیددارباقفل ایمنی به شرح زیر طبقه‌بندی می‌شود:

الف) بر حسب تعداد قطب‌ها

- یک قطبی
- دو قطبی
- سه قطبی
- سه قطبی وخنثی

ب) بر حسب روش به کاراندازی کلید
- چرخشی (rotary)
- شستی (tumbler)
- نوسانی (rocker)
- دکمه فشاری (push-button)
- مجاورتی (proximity)
- نوری (optical)
- صوتی (acoustic)
- دیگر انواع تاثیرات خارجی

پ) بر حسب نوع اینترلاک
- مکانیکی
- برقی
- الکترونیکی
- ترکیبی از موارد فوق

ت) بر حسب وسیله نگهدارنده
- با وسیله نگهدارنده
- بدون وسیله نگهدارنده

۳-۶-۳ پریزهای ریش‌تراش

این گونه پریزها، که برای اتصال ماشین‌های ریش‌تراش برقی در دستشویی، حمام، بیمارستان، هتل و مانند آن به کار می‌رود، دارای ترانسفورماتور جداکننده و کلیدی است که در صورت عدم اتصال ریش‌تراش، ترانسفورماتور را از منبع برق جدا می‌کند.

۳-۶-۴ پریزهای کلیددار بدون قفل ایمنی

۳-۶-۴-۱ پریزهای کلیددار بدون قفل ایمنی، نصب ثابت، مجهز به کنتاکت‌های اتصال زمین یا بدون آن، قابل استفاده در داخل یا خارج ساختمان، با ولتاژ اسمی حداکثر ۴۴۰ ولت متناوب و جریان اسمی حداکثر ۳۲ آمپر باید برابر استانداردهای ISIRI 635-2-3 یا IEC 60884-2-3 طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گیرد.

۳-۶-۴-۲ طبقه‌بندی

پریزهای کلیددار بدون قفل ایمنی به شرح زیر طبقه‌بندی می‌شود:

الف) بر حسب روش کاراندازی کلیدها
- کلیدهای گردان (rotary switches)
- کلیدهای شستی (tumbler switches)
- کلیدهای نوسانی (rocker switches)
- کلیدهای دکمه فشاری (push-button switches)

ب) بر حسب قطع و وصل سیم خنثی

- کلیدهای قابل قطع ووصل سیم خنثی
- کلیدهای بدون قابلیت قطع و وصل سیم خنثی

۳-۷ پریزها و پلاگ‌های صنعتی

۳-۷-۱ پریزها و پلاگ‌های صنعتی، که معمولا به اشکال سه قطبی (فاز، خنثی،و زمین)، چهارقطبی (سه فاز و زمین)، وپنج قطبی (سه فاز، خنثی، و زمین)؛ در ولتاژهای مختلف (۲۰ تا ۶۹۰ ولت) و آمپراژهای گوناگون (۱۶ تا ۲۵۰ آمپر)، با درجات حفاظت برابر استاندارد IEC 60529 ساخته می‌شود باید با ضوابط مندرج در استانداردهای IEC 60309-1 و IEC 60309-2 مطابقت نماید.

۳-۷-۲ بر اساس معیارهای مندرج در استانداردهای نامبرده فوق این نوع پلاگ‌ها و پریزها دارای ویژگی‌های زیر خواهد بود:

۳-۷-۲-۱پلاگ‌های هر ولتاژ و فرکانس معین مخصوص همان سیستم ولتاژ و فرکانس است و در پریز ویژه خود امکان اتصال دارد.

۳-۷-۲-۲ شرایط محیطی استفاده از لوازم مزبور شامل طیف حرارتی۲۵- تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد خواهد بود.

۳-۷-۲-۳ پلاگ‌ها و پریزها صرفا برای اتصال به کابل‌های مسی و آلیاژهای مسی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۳-۷-۲-۴ پریزها یا ورودی‌های برق تجهیزات و دستگاه‌ها نیز باید با ضوابط این استانداردها مطابقت نماید.

۳-۷-۲-۵ ضوابط استانداردهای فوق شامل پریزها و پلاگ‌های مورد استفاده در تاسیسات برق خیلی ضعیف (ELV) نیز می‌شود.

۳-۷-۲-۶ استفاده از این نوع پلاگ‌ها و پریزها در مصارف تاسیسات برق ساختمان، کشاورزی، تجاری و خانگی بلامانع است.

۳-۷-۳ اندازه انواع هادی‌های حامل جریان برق و زمین قابل اتصال به پریزها و پلاگ‌های صنعتی ساخته شده بر اساس استانداردهای فوق شامل سیستم‌های SI و AWG/MCM در جدول ۳-۴ ارایه شده است.

جدول ۳-۴: اندازه مقطع انواع هادی‌های حامل جریان برق و زمین قابل اتصال به پریزها و پلاگ‌های صنعتی

ولتاژ و جریان اسمی		اتصالات داخلی				اتصال زمین	
ولتاژ ولت	جریان آمپر	کابل‌های قابل انعطاف اتصال به پلاگ‌ها (مفتولی یا افشان به ورودی دستگاه‌ها)		کابل‌های اتصال به پریزها (افشان یا مفتولی)			
	نوع ۱	نوع ۲	mm^2	AWG/MCM	mm^2	AWG/MCM	mm^2	AWG/MCM
تا۵۰ ولت	۱۶	۲۰	۴تا ۱۰	۱۲ تا ۸	۴تا ۱۰	۱۲ تا ۸	–	–
	۳۲	۳۰	۴تا ۱۰	۱۲ تا ۸	۴تا ۱۰	۱۲ تا ۸	–	–
بیش از ۵۰ ولت	۱۶	۲۰	۱ تا ۲/۵	۱۶ تا ۱۲	۱/۵ تا ۴	۱۶ تا ۱۲	۶	۱۰
	۳۲	۳۰	۲/۵ تا ۶	۱۴ تا ۱۰	۲/۵ تا ۱۰	۱۴ تا ۸	۱۰	۸
	۶۳	۶۰	۶ تا ۱۶	۱۰ تا ۶	۶ تا ۲۵	۱۰ تا ۴	۲۵	۴
	۱۲۵	۱۰۰	۱۶ تا ۵۰	۶ تا ۲	۲۵ تا ۷۰	۴ تا ۰	۲۵	۴
	۲۵۰	۲۰۰	۷۰ تا ۱۵۰	۰۰ تا ۰۰۰۰	۷۰ تا ۱۸۵	۰۰ تا ۲۵۰	۲۵	۴

۳-۸ انتخاب پریزهای برق

۳-۸-۱ پریزهای برق باید براساس موارد کاربرد، شرایط محل نصب، میزان ولتاژ و تعداد فاز، ایمنی مورد لزوم، و محاسبه مقدار جریانی که تغذیه می‌کند از انواع توکار یا روکار، با اتصال زمین یا بدون اتصال زمین، معمولی یا حفاظت شده در برابر رطوبت و نفوذ آب، یک‌فاز یا سه‌فاز، قفل‌شو یا کلیددار بدون قفل ایمنی انتخاب شود.

۳-۸-۲ در تاسیسات برق ساختمان‌ها پریزهای برق باید از نظر حداقل ظرفیت اسمی بار و دارا بودن اتصال زمین در سیستم‌های مختلف برقی تابع شرایط زیر باشد:

۳-۸-۲-۱ درمواردی که از سیستم برق یک‌فاز و ۲۲۰ ولت استفاده می‌شود، پریز باید حداقل ۲۵۰ ولت، ۱۶ آمپر و اتصال زمین‌دار باشد.

۳-۸-۲-۲ در مواردی که از سیستم برق سه‌فاز و ۳۸۰ ولت استفاده می‌شود، پریز باید حداقل ۵۰۰ ولت،۱۶ آمپر و اتصال زمین‌دار باشد.

۳-۸-۲-۳ در مواردی که از سیستم برق یک‌فاز و ۱۱۰ ولت یا سه‌فاز و ۲۰۸ ولت استفاده می‌شود، پریزهای مورد مصرف ممکن است بر حسب مورد از نوع اتصال زمین‌دار یا بدون اتصال زمین باشد.

۳-۸-۲-۴ در مواردی که از سیستم برق ۶۰ ولت و ولتاژهای پایین‌تر استفاده می‌شود باید از پریزهای مخصوص بدون اتصال زمین استفاده شود.
در هر یک از سیستم‌های ولتاژ فوق‌الذکر پریزها وپلاگ‌های مربوط به آن، باید مخصوص همان ولتاژ باشد و پلاگ یک سیستم قابل جایگزینی درسیستم‌های دیگر نباشد.

۳-۸-۳ کلیه پریزهایی که در کف نصب می‌شود باید مجهز به درپوش مخصوص بوده و شکننده نباشد. این‌گونه پریزها باید برای مکان‌های خشک از نوع معمولی، برای مناطق تر و مرطوب یا خارج از ساختمان‌ها از نوع حفاظت‌شده در برابررطوبت و نفوذ آب، و برای مکان‌های مخاطره‌آمیز بر حسب مورد از انواع «ضد انفجار» یا ضد «اشتعال غبار» انتخاب شود.

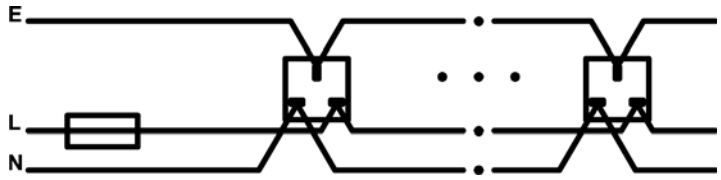
۳-۹ سیستم‌های سیم‌کشی مدار و تعداد پریزها

۳-۹-۱ در مواردی که برای سیم‌کشی مدار پریزها از سیستم شعاعی(radial circuits) استفاده می‌شود، باید هادی برق‌دار از فیوز حفاظتی یا کلید مینیاتوری مدار به کنتاکت فاز و هادی نول به کنتاکت نول، و سیم زمین به کنتاکت اتصال زمین هر یک از پریزها به ترتیبی که در شکل ۳-۱ نشان داده شده است متصل شود.
حفاظت مدارهای این‌گونه پریزها در برابر اضافه بار به وسیله کلیدهای مینیاتوری (MCB) یا فیوزهای مدار فرعی با ظرفیت مناسب، و با توجه به این نکته که ظرفیت بار کلید یا فیوز نباید از ظرفیت بار سیم یا کابل مربوط تجاوز کند، تامین می‌شود.
مقررات مدارهای شعاعی در تاسیسات برق خانگی و مشابه با توجه به سطح پوششی آن به شرح زیر خواهد بود:

۳-۹-۱-۱ برای سطح کف تا ۲۰ مترمربع، سطح مقطع کابل باید ۲/۵ میلی‌متر مربع و فیوز حفاظتی یاکلید مینیاتوری ۲۰ آمپر در نظر گرفته شود.

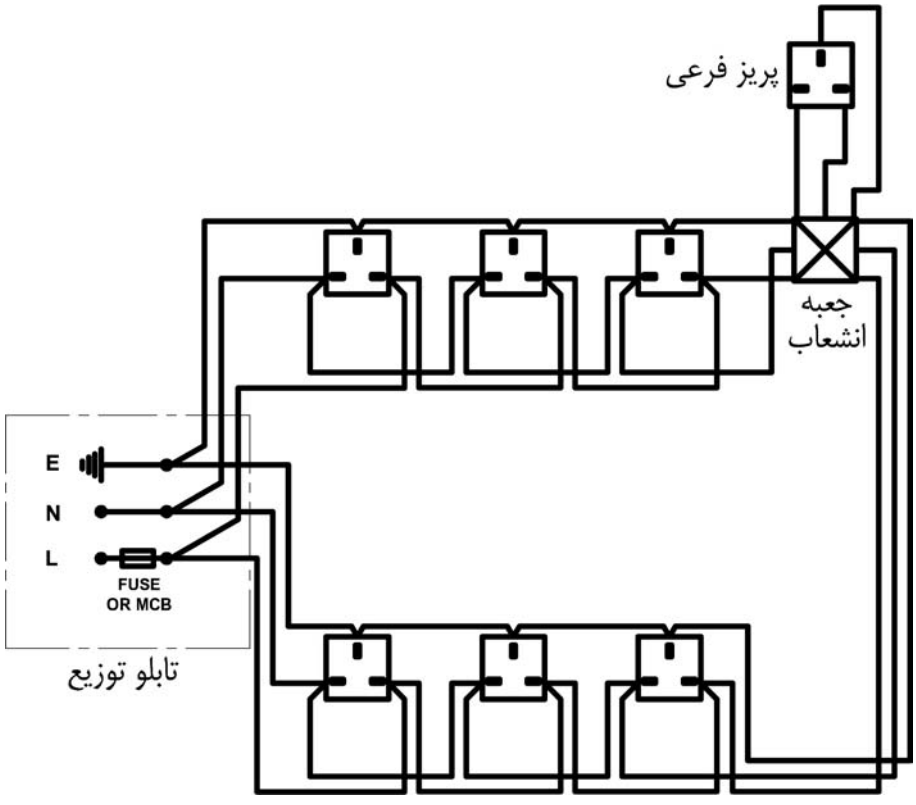
۳-۹-۱-۲ برای سطح کف تا ۵۰ مترمربع، سطح مقطع کابل باید ۴ میلی‌متر مربع و فیوز حفاظتی ۳۰ آمپر یاکلید مینیاتوری ۳۲ آمپر در نظر گرفته شود.

یادآوری: تغذیه تجهیزات برقی بزرگ مانند اجاق برقی، ماشین ظرفشویی وغیره باید با استفاده از مدار شعاعی جداگانه انجام شود.



شکل ۳-۱: سیستم سیم‌کشی شعاعی مدار پریزها

۳-۹-۲ در مواردی که برای سیم‌کشی مدار پریزها از سیستم حلقوی یا رینگ (ring circuits) استفاده می‌شود، باید هر دو سر هادی برق‌دار به ترمینال فیوز حفاظتی ۳۰ آمپر یا کلید مینیاتوری ۳۲ آمپر، هر دو سر هادی خنثی به ترمینال نول، و هر دو سرهادی اتصال زمین به ترمینال سیستم زمین به ترتیبی که در شکل ۳-۲ نشان داده شده است، متصل شود. در این سیستم سطح مقطع سیم‌های مورد مصرف حداقل ۲/۵ میلی‌متر مربع خواهد بود و هر یک از مدارهای فرعی رینگ، که در محل‌های مسکونی و مشابه آن مورد استفاده قرار می‌گیرد، نباید سطحی بیش از ۱۰۰ مترمربع را پوشش دهد.



شکل ۳-۲: سیستم سیم‌کشی حلقوی مدار پریزها

۳-۹-۳ تعداد مدارهای نهایی لازم برای پریزها و بار هر یک باید طبق یکی از روش‌های زیر تعیین شود:

۳-۹-۳-۱ تعداد لوازم ثابت ویا پریزهایی که به وسیله یک مدار نهایی تغذیه می‌شود باید طوری انتخاب گردد که جمع تقاضای مداربا توجه به نحوه استفاده از لوازم در محل، از جریان مجاز حرارتی هادی‌های مدار تجاوز ننماید. در مواردی که غیرهمزمانی زیادی بین مصرف لوازم و پریزها وجود داشته باشد احتیاجی به محدودکردن تعداد نقاط تغذیه مدار نهایی نخواهد بود، مانند مواردی که در آن سطح محدودی از زیربنا به وسیله مدار تغذیه می‌شود.
جریان مجاز حرارتی یک مدار نهایی حلقوی ۱/۵ برابر جریان مجاز هادی‌های مدار خواهد بود.

یادآوری
مقررات ذکر شده در بند ۳-۹-۳-۱، در درجه اول برای آپارتمان‌ها یا منازل مسکونی در نظر گرفته شده است ولی در موارد دیگری هم که غیرهمزمانی زیادی در مصارف وجود داشته باشد نیز از این مقررات می‌توان استفاده نمود به شرط آن که تغییراتی که ممکن است در آینده در نحوه استفاده از محل به وجود آید مدنظر قرار گیرد.

۳-۹-۳-۲ در مواردی که استفاده از ضریب هماهنگی امکان‌پذیر نباشد بار هر مصرف‌کننده ثابت، مقدار اسمی ورودی آن بوده و هر پریز مانند یک مصرف‌کننده ثابت فرض شده و بار آن برابر جریان اسمی پریزیا وسیله حفاظتی انفرادی آن پریز خواهد بود.

۳-۹-۴ برای وسایل برقی از قبیل یخچال، فریزر، ماشین لباسشویی، خشک‌کن، ظرفشویی، و مانند آن باید یک پریز با مدار جداگانه در نظر گرفته شود و حداکثر فاصله آن از یک متر تجاوز نکند.

۳-۹-۵ پریزهای مخصوص کارهای صنعتی مانند دریل رومیزی، سنگ سنباده، دستگاه جوش، و مانند آن، باید دارای مدار جداگانه بوده و برای تحمل بار مشخص شده به طور مداوم ظرفیت کافی داشته باشد. این‌گونه پریزها باید به درپوش مخصوص و مناسب مجهز بوده و در صورت امکان از نوع چدنی قفل‌شو باشد.

۳-۱۰ اصول و روش‌های نصب کلید و پریز

۳-۱۰-۱ کلیدها اصولا باید سیم فاز مدار را قطع و وصل کند مگر در مواردی که از کلید دوپل برای قطع و وصل فاز و نول مدار استفاده شود و همچنین کلیدهای سه‌فاز و خنثی که سیم نول نیز به کلید آورده می‌شود. در این‌گونه موارد ساختمان کلید باید به گونه‌ای باشد که هادی خنثی (نول) قبل از هادی‌های فاز قطع نشود و در هنگام وصل نیز هادی خنثی باید قبل از وصل‌شدن هادی‌های فاز یا هم‌زمان با آن وصل شود. در مواردی که از هادی خنثی در سیستم‌هایTNبه عنوان هادی حفاظتی نیز استفاده می‌شود، هادی خنثی باید پیوسته بوده و هیچ‌گاه قطع نشود.

۳-۱۰-۲ محل دقیق نصب کلیدها باید بر اساس نقشه‌های معماری و با توجه به استقرار تجهیزات و مبلمان، بر روی نقشه‌های اجرایی تفضیلی کارگاهی مشخص شود و پس از تصویب به مرحله اجرا در آید.

۳-۱۰-۳ کلیدهایی که محل نصب آن جنب در ورودی واقع می‌شود باید در طرف قفل در قرار گیرد. فاصله نزدیک‌ترین لبه درپوش این‌گونه کلیدها از چارچوب باید از ۱۰ سانتی‌متر کمتر و از ۳۰ سانتی‌متر بیشتر نباشد و ضمنا فاصله مذکور باید به صورت یکسان در تمامی پروژه رعایت شود.

۳-۱۰-۴ کلیدها باید طوری تعبیه شود که رو به پایین روشن و رو به بالا خاموش باشد.

۳-۱۰-۵ ارتفاع نصب کلیدها به شرح زیر خواهد بود:

کلید روشنایی:

- برای اتاق‌های مسکونی، اداری یا کار، آشپزخانه، اماکن صنعتی، و مانند آن ۱۱۰ سانتی‌متر از کف تمام شده. کلیدهای دیواری حسگر تصرف متناسب با مورد مصرف لیکن از ۱۱۰ سانتی‌متر از کف تمام شده کمتر نباشد.
- برای اتاق‌های بخش‌های عمل، زایمان، شکسته‌بندی و فضاهای مشابه، در صورتی که از نوع «ضد انفجار» نباشد ۱۵۵ سانتی‌متر از کف تمام شده (به نشریه شماره ۸۹ (تجدید نظر اول) و همچنین نشریات شماره ۲۸۷ دفتر نظام فنی اجرایی، نیز مراجعه شود.)

- کلید راه انداز موتور۱۲۰ سانتی‌متر از کف تمام شده.

- کلید کنترل هواکش ۱۲۰ سانتی‌متر از کف تمام شده.

۳-۱۰-۶ در مواردی که از کلیدهای چند فاز متناسب با مورد کاربرد استفاده می‌شود باید نوع هر یک از فازها با نصب علامت ویژه در زیر آن مشخص شود و عبارت «خطر ۳۸۰ ولت» نیز در زیر روکش کلید قید گردد.

۳-۱۰-۷ انتخاب کلیدهای خودکار تصرف باید با بررسی و درک صحیح از الگوی تصرف انجام شود. این‌گونه کلیدها در مواردی که استفاده از فضاها غیرقابل‌پیش‌بینی و یا متناوب است بیشترین صرفه‌جویی را حاصل می‌کند.

۳-۱۰-۸ کلیدهای حسگر تصرف باید از نظر ردیابی میزان جنبش مورد لزوم و تاخیر زمان قطع چراغ‌ها برای استفاده مورد نظر تنظیم شود. این‌گونه کلیدها معمولا مجهز به زمان‌سنج تاخیری قابل تنظیم بین ۳ ثانیه تا ۳۰ دقیقه می‌باشد و ممکن است تنظیم کارخانه برای محیط مورد نظر مناسب نباشد.

۳-۱۰-۹ در مواردی که از حسگرهای مادن قرمز استفاده می‌شود، خط دید بین حسگر و متصرف باید تنظیم وبرقرار شود.

۳-۱۰-۱۰ مشخصات حسگر باید با پوشش مورد نیاز مطابقت نماید. در این‌گونه موارد ممکن است از تعدادی حسگر متناسب با فضای مورد نظر استفاده شود.

۳-۱۰-۱۱ مقدار جنبش لازم برای روشن نگه‌داشتن چراغ‌ها بر مبنای فاصله بین حسگر و متصرف تعیین می‌شود. حسگرهای ماورای صوتی از حسگرهای مادون قرمز حساس‌تر است.

۳-۱۰-۱۲ به منظور تامین عملکرد صحیح حسگرها و اجتناب از ایجاد شرایط مناسب برای فرمان اشتباه (false triggering) باید موارد زیر مورد توجه قرار گیرد:

۳-۱۰-۱۲-۱ عدم استفاده از حسگرهای ماورای صوتی در مناطق محدود و کاربری‌های خارج از ساختمان

۳-۱۰-۱۲-۲ تنظیم حساسیت حسگرهای ماورای صوتی به گونه‌ای که از حداکثر آن استفاده نشده و در نتیجه هر جنبش کوچک غیرانسانی مورد ردیابی قرار نگیرد.

۳-۱۰-۱۲-۳ اجتناب از تنظیم زمان قطع حسگر به صورت خیلی سریع برای فضاهای کوچک به گونه‌ای که رویت متصرف حاصل نشود.

۳-۱۰-۱۲-۴ اجتناب از استفاده از حسگرهای ماورای صوتی در مواردی که لرزش و جریان هوا وجود دارد.

۳-۱۰-۱۲-۵ اجتناب از کاربری حسگرهای مادون قرمز در مواردی که مستقیما در برابر نور خورشید قرار دارد.

۳-۱۰-۱۲-۶ در مواردی که حسگرهای مادون قرمز در فضاهایی استفاده می‌شود که در مجاورت کریدور واقع می‌شود باید با استفاده از یک پوشانه بر روی قسمتی از عدسی که به کریدور دید دارد سطح پوشش آن محدود شود.

۳-۱۰-۱۳ هر کلید حسگر تصرف باید پس از نصب از نظر عملکرد در شرایط واقعی مورد آزمون قرار گیرد.

۳-۱۰-۱۴ در پریز یک فاز و نول اتصال سیم‌ها به کنتاکت‌های پریز باید به ترتیبی انجام شود که سیم فاز سمت راست و سیم نول سمت چپ فردی که روبروی پریز قرار می‌گیرد نصب شود.

۳-۱۰-۱۵ در ساختمان‌های مسکونی در اتاق‌های نشیمن، خواب، مطالعه، هال، سالن‌های ناهارخوری و پذیرایی، وآشپزخانه پریزهای برق باید به گونه‌ای نصب شود که در هر دیوار فاصله بین محل نصب پریزها و هر نقطه‌ای به موازات فصل مشترک دیوار و کف (خط کف) از دو متر تجاوز نکند. پریزهای واقع در کف در صورتی مورد احتساب قرار می‌گیرد که نزدیک دیوار واقع شده باشد.
دیوار مورد اشاره در این بند باید حداقل دارای یک متر یا بیشتر طول باشد، و در طول خط کف به وسیله راهرو، بخاری، و مانند آن بریده نشده باشد، لیکن در گوشه‌ها ممکن است بیش از یک دیوار را شامل شود.
منظور از شرایط مندرج در این بند آن است که کاربرد بندهای رابط قابل انعطاف در برابر محل عبور مانند راهرو، بخاری و دهانه‌های مشابه به حداقل ممکن برسد.

۳-۱۰-۱۶ ارتفاع نصب پریزها و فشاری زنگ به شرح زیر خواهد بود:
-پریزهای برق ۳۰ سانتی‌متر از کف تمام شده.
-پریزهای برق که در آشپزخانه، موتورخانه، تعمیرگاه، و گاراژ نصب می‌شود، ۱۱۰ سانتی‌متر از کف تمام شده.
-پریزهای برق در پاراون‌ها در کف نصب می‌شود.
-پریزهای تلفن ۳۰ سانتی‌متر از کف تمام شده.
-پریزهای آنتن تلویزیون ۳۰ سانتی‌متر از کف تمام شده.
-فشاری زنگ در صورتی که در کنار پریز قرار گیرد ۳۰ سانتی‌متر از کف تمام شده و چنانچه در جنب کلید قرار گیرد ۱۱۰ سانتی‌متر از کف تمام شده.

۳-۱۰-۱۷ لوازم برقی از قبیل کلید و پریز و امثال آن در اتاق‌های عمل، زایمان، شکسته‌بندی، بیهوشی یا در مکانهایی که احتمال مصرف گاز بیهوشی وجود دارد در صورتی که از نوع «ضد انفجار» نباشد باید حداقل در ارتفاع ۱۵۵ سانتی‌متر از کف تمام شده نصب شود.

۳-۱۰-۱۸ در مکان‌هایی که از میز کار مخصوص و یا پیشخوان استفاده می‌شود مانند آزمایشگاه‌ها، کارگاه‌ها، آشپزخانه‌ها، و غیره، پریزهای برق در صورتی که روی دیواره وسط میز آزمایشگاه یا روی قرنیز میز کار نصب نشده باشد، باید حداقل ۱۰ سانتی‌متر بالای قرنیز میز روی دیوار نصب شود.

۳-۱۰-۱۹ محل نصب کلید و پریزو مانند آن، در محل‌هایی که کاشی‌کاری می‌شود، باید به گونه‌ای تعیین شود که هر کدام از لوازم مزبور در مرکز یک کاشی قرار گیرد.

۳-۱۰-۲۰ پریزهای سه‌فاز باید بر حسب مورد با چهار شاخه یا پنج شاخه مربوط همراه باشد.

۳-۱۰-۲۱ لوازم برقی از قبیل کلید، پریز، دیمر، فشاری زنگ، و رزوت تلفن باید در سیستم لوله‌کشی توکار از نوع توکار و در سیستم لوله‌کشی روکار از نوع روکار انتخاب و نصب شود. این‌گونه لوازم باید به طور کاملا مستقل روی دیوار استقرار یابد و به لوله‌های برق مجاور آن اتکا داده نشود.

۳-۱۰-۲۲ لوازم برقی همچون کلید، پریز و مانند آن، که در محیط‌های تر و مرطوب و خارج ساختمان‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد باید حداقل دارای درجات حفاظت زیر باشد:

۳-۱۰-۲۲-۱ برای محیط‌های مرطوب IP44

۳-۱۰-۲۲-۲ برای محیط‌های تر و خارج ساختمان‌ها IP45

در هر یک از موارد فوق‌الذکر محل ورود کابل به داخل کلید و پریز باید رو به پایین قرار گرفته و با گلند کاملا آب‌بندی شود.

۳-۱۰-۲۳ اتصالات سیستم لوله‌کشی شامل جعبه‌های زیر کلید و پریز و تقسیم، لوله‌ها، تابلوهای برق، پایه‌های کلید و پریز و امثال آن باید کاملا پیچ شده باشد تا اتصال زمین را به نحو مطلوب تامین کند.

۳-۱۰-۲۴ روش بستن کلید و پریز و مانند آن به جعبه زیر آن باید به وسیله پیچ بوده و محل ورود آن رزوه شده باشد و نحوه اتصال لوله به جعبه باید به وسیله بوش برنجی انجام شود.

۳-۱۰-۲۵ جعبه زیر کلید و پریز و لوازم مشابه، باید از نظر جنس برای کاربرد مورد نظر مناسب باشد. این‌گونه جعبه‌ها باید به گونه‌ای نصب شود که بدون در نظرگرفتن اتصال آن به لوله مستقلا محکم شود و سطوح درپوش کلید و پریز توکار باید هم‌سطح اندود آجری دیوار باشد.

۳-۱۰-۲۶ در مکان‌های مسکونی و مانند آن، در حمام، نصب هر گونه کلید، پریز یا وسیله برقی دیگر در محدوده قابل دسترسی توسط استفاده کننده از دوش ممنوع است. محوطه قابل دسترسی، در امتداد عمودی از کف حمام تا ارتفاع ۲۲۵ سانتی‌متر و در جهت افقی از لبه وان یا زیردوشی تا فاصله ۶۰ سانتی‌متر را شامل می‌شود.

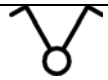
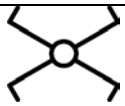
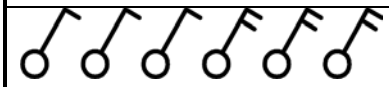
یادآوری: برای مقررات مربوط به سایر وسایل نصب ثابت مورد استفاده در حمام به مقررات ملی ساختمانی یا استاندارد IEC 364-7-701 رجوع شود.

۳-۱۰-۲۷ در مکان‌های (طبقه‌بندی شده) مخاطره‌آمیز (hazardous (classified) locations) برای انتخاب نوع کلید و پریز و سایر لوازم برقی مشابه و روش نصب آن باید براساس طبقه‌بندی‌ها و دستورالعمل‌ها، و استانداردهای خاص مکان‌های مخاطره‌آمیز که به وسیله وزارت نفت یا یکی از موسسات شناخته شده بین‌المللی مانند کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC) و NFPA تدوین شده است عمل شود.

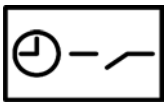
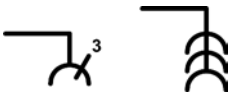
۳-۱۰-۲۸ لوازم الکتریکی از قبیل کلید، پریز، دیمر، فشاری زنگ و مانند آن، که در یک پروژه واحد مورد مصرف قرار می‌گیرد باید با رعایت بند ۳-۳ متحدالشکل بوده و از کارخانه سازنده واحدی تهیه شود.

۳-۱۰-۲۹ نشانه‌های ترسیمی الکتریکی برای لوازم برقی در جدول ۳-۵ نشان داده شده است.

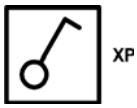
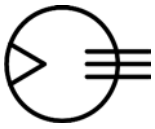
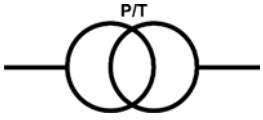
جدول ۳-۵: نشانه‌های ترسیمی برای لوازم الکتریکی

شرح	نشانه
کلید، نشانه کلی	
کلید حسگر تصرف، یک‌پل، یک‌راه، یک‌خانه	
کلید با چراغ پیلوت	
کلید یک‌پل، یک‌راه، یک‌خانه	
کلید یک‌پل، یک‌راه، یک‌خانه از نوع زمانی	
کلید یک‌پل، یک‌راه، یک‌خانه از نوع کششی	
کلید دو پل، یک‌راه، یک‌خانه (فاز و نول)	
کلید یک‌پل، یک‌راه، دوخانه (دومداره)	
کلید سه‌پل، یک‌راه، یک‌خانه	
کلید تبدیل (یک‌پل، دوراه، یک‌خانه)	
کلید صلیبی، یک‌پل، یک‌خانه	
کلیدهای چندخانه	
دیمر با کلید	
دکمه فشاری	
دکمه فشاری با لامپ	
دکمه فشاری با دسترسی محدود (پوشش شیشه‌ای)	
تجهیزات محدود کننده زمان یا دوره	

جدول ۳-۵: نشانه‌های ترسیمی برای لوازم الکتریکی

شرح	نشانه
کلید زمانی	
وسیله قطع و وصل کلیددار(کنترل شبگرد)	
بیزر	
پریز یک‌فاز و نول	
پریز یک‌فاز و نول با اتصال زمین	
مجموعه چند پریز(در شکل سه تایی)	
پریز یک‌فاز و نول با کلید و اتصال زمین	
پریز یک‌فاز و نول با کلید (قفل‌شونده) و اتصال زمین	
پریز یک‌فاز با فیوز	
پریز برق با صفحه حفاظتی	
مجموعه پریز برق و ترانسفورماتور مجزا کننده (مانند پریزریش‌تراش)	
پریز سه‌فاز و نول با اتصال زمین	
پریز مخصوص مخابرات، نشانه کلی یادآوری: انواع مختلف با استفاده از نشانه‌های زیر مشخص می‌شود: TP =تلفن M =میکروفون =بلندگو FM =اف ام TV =تلویزیون TX =تلکس	

جدول ۳-۵: نشانه‌های ترسیمی برای لوازم الکتریکی

شرح	نشانه
لوازم برقی از نوع صنعتی معمولی، مثال: کلید یک‌پل، یک‌راه، یک‌خانه، از نوع صنعتی	
لوازم برقی از نوع صنعتی بارانی، مثال: کلید یک‌پل، یک‌راه، یک‌خانه، از نوع صنعتی بارانی	
لوازم برقی از نوع صنعتی ضدانفجار، مثال: کلید یک‌پل، یک‌راه، یک‌خانه، از نوع صنعتی ضد انفجار	
پنکه سقفی	
هواکش دیواری	
هواکش سقفی	
کلید کنترل پنکه	
ترانسفورماتور اتوماتیک	
ترانسفورماتور ولتاژ	
دست‌خشک‌کن برقی	

فصل ٤

چراغ‌های روشنایی

مشخصات فنی عمومی و اجرایی

تأسیسات برقی ساختمان

نشریه ۱-۱۱۰ (تجدید نظر دوم)

٤ چراغ‌های روشنایی

فهرست

شناسه	عنوان	صفحه
٤-١	دامنه پوشش	١ از ٢٩
٤-٢	تعاریف و اصطلاحات	١ از ٢٩
٤-٣	استاندارد ساخت	٣ از ٢٩
٤-٤	طبقه‌بندی چراغ‌ها	٥ از ٢٩
٤-٥	طراحی و محاسبه روشنایی	١١ از ٢٩
٤-٦	مشخصات فنی و موارد کاربرد چراغ‌ها	٢١ از ٢٩
٤-٧	اصول و روش‌های نصب چراغ‌ها	٢٥ از ٢٩
٤-٨	نشانه‌های ترسیمی الکتریکی	٢٧ از ٢٩

۴-۱ دامنه پوشش

در این فصل چراغ‌های روشنایی مورد استفاده در تاسیسات برقی کارهای ساختمانی شامل چراغ‌های فلورسنت، کامپکت، رشته‌ای و نیز چراغ‌های صنعتی، فضای آزاد مانند چراغ‌های خیابانی یا پارکی و چراغ‌های مخصوص از قبیل نورافکن‌ها، چراغ‌های استخر یا چراغ‌های بیمارستانی مورد بررسی قرار گرفته و مشخصات فنی و استاندارد ساخت و نیز دستورالعمل و ضوابط اجرایی نصب، آزمون و راه‌اندازی این‌گونه لوازم و تجهیزات تهیه و تدوین شده است. هم‌چنین چراغ‌های روشنایی بر حسب نوع حفاظت در برابر برق‌گرفتگی، درجه حفاظت در برابر نفوذ رطوبت و غبار و جنس سطوح نگه‌دارنده چراغ و از نقطه نظر کاربرد طبقه‌بندی شده و ضوابط اساسی در طراحی و محاسبه روشنایی، تعیین نوع و تعداد چراغ‌ها در یک طرح روشنایی ارایه می‌شود. مشخصات فنی عمومی و اجرایی چراغ‌های روشنایی شامل بخش‌های زیر می‌باشد.

- تعاریف و اصطلاحات
- استانداردهای ساخت
- طبقه‌بندی چراغ‌ها
- طراحی و محاسبه روشنایی
- مشخصات فنی و موارد کاربرد چراغ‌ها
- اصول و روش‌های نصب چراغ‌ها
- نشانه‌های ترسیمی الکتریکی تاسیسات روشنایی

۴-۲ تعاریف و اصطلاحات

۴-۲-۱ چراغ

وسیله‌ای که نور ساطع از یک یا چند لامپ روشنایی را توزیع، تبدیل یا فیلتر می‌کند و دارای تمامی قطعات لازم برای نصب، نگهداری و حفاظت لامپ‌ها بوده و در موارد لازم مجهز به اجزای کمکی مدار همراه با وسایل اتصال به منبع نیرو می‌باشد.

۴-۲-۲ چراغ معمولی

چراغی است که دارای حفاظت در مقابل تماس تصادفی با بخش‌های برق‌دار بوده ولی فاقد هر گونه حفاظت خاص در برابر گرد و غبار و رطوبت می‌باشد.

۴-۲-۳ چراغ عمومی (general purpose)

چراغی که برای منظور خاصی طراحی نشده باشد مانند چراغ‌های آویز، برخی نورافکن‌های همگرا (spot) و بعضی چراغ‌های ثابت روکار یا توکار. نمونه چراغ‌های مخصوص که برای کاربردهای ویژه به کار می‌روند عبارتند ازچراغ‌های صنعتی، چراغ‌های عکس‌برداری و چراغ‌های استخر.

۴-۲-۴ چراغ ثابت

چراغی که به سهولت قابل جابجایی نباشد، یا نحوه نصب به گونه‌ای باشد که چراغ به کمک یک ابزار برداشته شود و یا محل نصب آن خارج از دسترسی آسان باشد.

۴-۲-۵ چراغ قابل حمل

چراغی که در شرایط عادی بهره‌برداری و هنگام اتصال به برق قابل جابجایی باشد.

۴-۲-۶ چراغ توکار

چراغی که بخشی یا تمامی آن برای نصب توکار ساخته شده باشد.

۴-۲-۷ اجزاء برق‌دار

اجزاء هادی چراغ که می‌توانند در شرایط عادی بهره‌برداری سبب شوک الکتریکی شوند. هادی خنثی به عنوان اجزاء برق‌دار محسوب می‌شود.

۴-۲-۸ عایق‌بندی اساسی

عایق‌بندی که به منظور حفاظت در برابر خطر برق‌گرفتگی به اجزاء برق‌دار اعمال می‌شود.

۴-۲-۹ عایق‌بندی تکمیلی

عایق‌بندی مستقلی است که علاوه بر عایق‌بندی اساسی به منظور تامین حفاظت در برابر خطر برق‌گرفتگی در صورت بروز نقص در عایق‌بندی اساسی پیش‌بینی شده باشد.

۴-۲-۱۰ عایق‌بندی مضاعف

عایق‌بندی است که متشکل از عایق‌بندی اساسی و تکمیلی باشد.

۴-۲-۱۱ عایق‌بندی تقویت شده

یک سیستم عایق‌بندی واحد که به اجزاء برق‌دار اعمال شده و همان درجه حفاظت عایق‌بندی مضاعف را در برابر خطر برق‌گرفتگی ایجاد می‌کند.

۴-۲-۱۲ ولتاژ خیلی ضعیف ایمنی (Safety Extra Low Voltage, SELV)

ولتاژ موثری است که از ۵۰ ولت متناوب بین هادی‌ها یا بین هر هادی وزمین، در مداری که از شبکه اصلی برق با وسیله‌ای مانند ترانسفورماتور جداکننده ایمنی یا یک کنورتر با سیم‌پیچ‌های مجزا، جدا شده باشد، تجاوز نکند.

۴-۲-۱۳ بالاست (Ballast)

وسیله‌ای است که بین منبع تغذیه و یک یا چند لامپ تخلیه قرار داده شده و به صورت اندوکتانس، کاپاستیانس یا مقاومت، به تنهایی یا ترکیبی از آنها، جریان لامپ‌ها را محدود کرده و در حد موردنظر تنظیم می‌کند. از این وسیله نیز می‌توان به عنوان تبدیل ولتاژ منبع تغذیه، تامین ولتاژ راه‌اندازی و جریان پیش‌گرم‌کننده، جلوگیری از راه‌اندازی سرد، اصلاح ضریب توان و حذف تداخل رادیویی استفاده کرد.

۴-۲-۱۴ راه‌انداز (starter)

وسیله‌ای است که معمولاً در لامپ‌های فلورسنت، سبب پیش‌گرم‌شدن ضروری الکترودها شده و در ترکیب با امپدانس سری بالاست، افزایش سریعی در ولتاژ اعمالی به لامپ را به وجود می‌آورد.

۴-۲-۱۵ ایگنیتور (ignitor)

وسیله‌ای است که به تنهایی و یا همراه با تجهیزات دیگر، به منظور ایجاد پالس ولتاژ برای راه‌اندازی لامپ‌های تخلیه‌ای که فاقد پیش‌گرم شدن الکترودها می‌باشند، استفاده می‌گردد.

۴-۲-۱۶ لامپ بالاست سرخود

وسیله‌ای است که جداکردن اجزاء آن بدون صدمه‌زدن دایمی بـه آن، امکـان‌پـذیر نیسـت. ایـن لامـپ شـامل کلاهـک، منبع نور و اجزاء اضافی لازم برای راه‌اندازی و عملکرد پایدار منبع نور می‌باشد.

۴-۲-۱۷ لامپ بخار سدیم فشار کم

لامپ تخلیه‌ای است که در آن، تشعشع حاصل از بخار سـدیم در فشـار نسـبی ۰/۱ تـا ۱/۵ پاسـکال، سـبب تولیـد نـور می‌گردد.

۴-۲-۱۸ نورافکن

لامپی است که در آن نور بر روی صفحه یا جسم موردنظر به نحوی متمرکز می‌شود کـه شـدت روشـنایی خیلـی بیشـتر از شدت روشنایی محیط اطراف می‌باشد. نورافکن‌ها به دو صـورت واگـرا (floodlights) و همگـرا (spotlights) تولیـد و مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۴-۳ استانداردهای ساخت

چراغ‌هـای روشـنایی کـه در تاسیسـات برقـی کارهـای سـاختمانی بـه کـار مـی‌رونـد بایـد برابـر جدیـدترین اصـلاحیه استانداردهای موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و یا یکی از استانداردهای شـناخته شـده و معتبـر جهـانی ماننـد کمیسیون بین‌المللی (IEC) به شرح زیر طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گیرد.

۴-۳-۱ استانداردهای موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

– طبقه‌بندی و علائم مشخصه حباب لامپ‌های روشنایی	ISIRI 3083
– مقررات ایمنی و تعویض‌پذیری لامپ‌های رشته‌ای تنگستن برای مصارف روشنایی عمومی و مشابه	ISIRI 2910
– لامپ‌های بخار جیوه با فشار زیاد	ISIRI 2702
– سرپیچ لامپ‌های فلورسنت لوله‌ای و نگه‌دارنده راه‌اندازها	ISIRI 2610
– لامپ‌های فلورسنت لوله‌ای برای مصارف روشنایی عمومی	ISIRI 687
– بالاست لامپ‌های فلورسنت	ISIRI 700
– راه‌اندازهای لامپ‌های فلورسنت	ISIRI 1560
– درجات حفاظت تامین‌شده به وسیله محفظه‌ها (کد IP)	ISIRI 2868

۴-۳-۲ استانداردهای کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک

۴-۳-۲-۱ چراغ‌ها

– چراغ‌ها، بخش ۱، الزامات عمومی و آزمون‌ها	IEC 60598-1
– چراغ‌ها، بخش ۲، الزامات خاص، چراغ‌های عمومی (کاربرد عام)نصب ثابت	IEC 60598-2-1
– چراغ‌ها، بخش۲، الزامات خاص، چراغ‌های توکار	IEC 60598-2-2
– چراغ‌ها، بخش ۲، الزامات خاص، چراغ‌های روشنایی خیابان‌ها و جاده‌ها	IEC 60598-2-3
– چراغ‌ها، بخش۲، الزامات خاص، چراغ‌های نورافکن واگرا (floodlights)	IEC 60598-2-5
– چراغ‌ها، بخش ۲، الزامات خاص، چراغ‌های ترانسفورماتور سرخود با لامپ رشته‌ای	IEC 60598-2-6

– چراغ‌ها، بخش ۲، الزامات خاص، چراغ‌های روشنایی صفحه و استودیوهای تلویزیونی و فیلم‌برداری	IEC 60598-2-17
– چراغ‌ها، بخش ۲، الزامات خاص، چراغ‌های استخرهای شنا و کاربردهای مشابه	IEC 60598-2-18
– چراغ‌ها، بخش ۲، الزامات خاص، چراغ‌های روشنایی اضطراری	IEC 60598-2-22
– چراغ‌ها، بخش ۲، الزامات خاص، چراغ‌های محیط‌های کلینیکی بیمارستان‌ها و مراکز بهداشتی	IEC 60598-2-25
– دستگاه‌های الکتریکی طبی، بخش۴۱-۲، الزامات ایمنی چراغ‌های جراحی و چراغ‌های تشخیص بیماری	IEC 60601-2-41

۴-۳-۲-۲ لامپ‌ها و تجهیزات جانبی چراغ‌ها

– لامپ‌های رشته‌ای تنگستن برای مصارف روشنایی عمومی، الزامات عملکرد	IEC 60064
– لامپ‌های فلورسنت (با دوکلاهک)، مشخصات عملکرد	IEC 60081
– راه‌اندازهای (glow) برای لامپ‌های فلورسنت	IEC 60155
– لامپ‌های بخار جیوه با فشار زیاد، مشخصات عملکرد	IEC 60188
– لامپ‌های بخار سدیم کم‌فشار، مشخصات عملکرد	IEC 60192
– لامپ‌های هالوژن تنگستن	IEC 60357
– سرپیچ لامپ‌های فلورسنت لوله‌ای و نگهدارنده راه‌اندازها	IEC 60400
– لامپ‌های رشته‌ای، مشخصه‌های ایمنی، بخش ۱، لامپ‌های رشته‌ای تنگستن برای مصارف روشنایی عمومی	IEC 60432-1
– لامپ‌های رشته‌ای، مشخصه‌های ایمنی بخش ۲، لامپ‌های هالوژن تنگستن برای مصارف روشنایی عمومی	IEC 60432-2
– لامپ‌های بخارسدیم با فشار زیاد	IEC 60662
– لامپ‌های فلورسنت (با یک کلاهک)، مشخصات عملکرد	IEC 60901
_ بالاست برای لامپ‌های فلورسنت لوله‌ای، الزامات عملکرد	IEC 60921
– بالاست برای لامپ‌های تخلیه، الزامات عملکرد	IEC 60923
– راه‌اندازها، الزامات عملکرد	IEC 60927
– لامپ‌های بالاست سرخود برای مصارف روشنایی عمومی، الزامات ایمنی	IEC 60968
– لامپ‌های بالاست سرخود برای مصارف روشنایی عمومی، الزامات عملکرد	IEC 60969
– خازن‌ها برای استفاده در مدارهای لامپ‌های فلورسنت لوله‌ای و لامپ‌های تخلیه، الزامات عمومی و ایمنی	IEC 61048
– لامپ‌های متال هالاید	IEC 61167
– لامپ‌های فلورسنت (با دو کلاهک)، مشخصه‌های ایمنی	IEC 61195
– لامپ‌های فلورسنت (با یک کلاهک)، مشخصه‌های ایمنی	IEC 61199
– روش آزمون تشعشعات الکترومغناطیسی بالاست‌های الکترونیکی برای لامپ‌های فلورسنت با دو یا یک کلاهک	IEC CISPR 30
– سیستم بین‌المللی کدبندی لامپ‌ها	IEC TS 61231
– درجات حفاظت تامین شده توسط محفظه‌ها (کد IP)	IEC 60529

۴-۳-۳ استانداردهای B.S.

– چراغ‌ها، بخش ۱۰۱، مشخصات برای الزامات عمومی و آزمون‌ها	BS 4533 Part 101
– چراغ‌ها، بخش ۱۰۲، مشخصات چراغ‌ها برای روشنایی صحنه، و استودیوهای تلویزیونی، فیلم‌برداری و عکاسی	BS 4533 Part 102
– چراغ‌ها، بخش ۲-۱۰۲، مشخصات چراغ‌های توکار	BS 4533 Part 102-2
– چراغ‌ها، بخش ۲۲-۱۰۲، مشخصات چراغ‌های اضطراری	BS 4533 Part 102-22
– چراغ‌ها، بخش ۵۱-۱۰۲، مشخصات چراغ‌ها با نوع حفاظت N	BS 4533 Part 102-51
– چراغ‌ها، بخش ۵۵-۱۰۲، مشخصات چراغ‌های بیمارستانی و ساختمان‌های مراکز بهداشتی	BS 4533 Part 102-55
– چراغ‌ها، بخش ۶-۱۰۲، مشخصات چراغ‌های ترانسفورماتور سرخود با لامپ رشته‌ای	BS 4533 Part 102-6

۴-۳-۵ سایر مراجع

– مقررات ملی ساختمان، مبحث ۱۳: طرح و اجرای تاسیسات برقی ساختمان‌ها، وزارت مسکن و شهرسازی، دفترنظامات مهندسی

۴-۴ طبقه‌بندی چراغ‌ها

چراغ‌ها بر حسب نوع حفاظت در برابر برق‌گرفتگی، درجه حفاظت در برابر نفوذ رطوبت وغبار، و جنس سطوح نگه‌دارنده چراغ طبقه‌بندی می‌شود:

۴-۴-۱ طبقه‌بندی بر حسب درجه حفاظت در برابر برق‌گرفتگی

چراغ‌ها با توجه به نوع حفاظت در برابر برق‌گرفتگی به چهار گروه به شرح زیر طبقه‌بندی می‌شود:

گروه 0– چراغ‌هایی را شامل می‌شود که در آن حفاظت در برابر خطر برق‌گرفتگی صرفاً به عایق‌بندی اساسی متکی باشد. این امر بدان معنی است که هیچ وسیله‌ای برای اتصال قسمت‌های هادی در دسترس (در صورت وجود) به هادی حفاظتی سیم‌کشی تاسیسات وجود ندارد و در صورت بروز نقص در عایق‌بندی اساسی حفاظت در برابر برق‌گرفتگی متکی به شرایط محیط اطراف می‌شود.

گروه I– چراغ‌هایی را شامل می‌شود که در آن حفاظت در برابر خطر برق‌گرفتگی صرفاً به عایق‌بندی اساسی متکی نباشد بلکه پیش‌بینی اضافی دیگری برای اتصال قسمت‌های هادی دردسترس به هادی حفاظتی (سیستم زمین) سیم‌کشی ثابت نیز شده باشد تا در صورت بروز نقص در عایق‌بندی اساسی قسمت‌های مزبور برق‌دار نشود.

گروه II– چراغ‌هایی را شامل می‌شود که حفاظت در برابر خطر برق‌گرفتگی صرفاً به عایق‌بندی اساسی متکی نباشد بلکه پیش‌بینی اضافی دیگری نیز همچون عایق‌بندی مضاعف یا تقویت شده در آن در نظر گرفته شده باشد. در این نوع طبقه‌بندی پیش‌بینی اتصال زمین حفاظتی با شرایط محل نصب منظور نشده است.
گروه III– چراغ‌هایی را شامل می‌شود که در آن حفاظت در برابر خطر برق‌گرفتگی متکی بر تغذیه با ولتاژ خیلی ضعیف ایمنی (SELV) می‌باشد و ولتاژهای بیش از آن در چراغ تولید نمی‌شود.

۴-۴-۲ طبقه‌بندی بر حسب درجه حفاظت در برابر نفوذ رطوبت و غبار

درجه حفاظت چراغ‌ها از نظر نفوذ رطوبت و غبار بر اساس «شماره IP» مطابق استاندارد شماره ۲۸۶۸ ایران زیر عنوان «درجات حفاظت تامین شده به وسیله محفظه‌ها (کدIP)» یا IEC 60529 طبقه‌بندی می‌شود. حروف I و P به معنای حفاظت بین‌المللی و مخفف کلمات (International Protection) می‌باشد که با یک عدد دو رقمی همراه است. رقم مشخصه اول که درجه حفاظت اشخاص در برابر تماس با قسمت‌های برق‌دار و نفوذ اشیاء خارجی را نشان می‌دهد در جدول ۴-۱(الف) آمده است و رقم مشخصه دوم که درجه حفاظت در برابر آب را نشان می‌دهد در جدول ۴-۱(ب) ذکر شده است.

جدول ۴-۱(الف): میزان حفاظت تعیین شده به وسیله اولین رقم مشخصه برابر استاندارد ۲۸۶۸ ایران و IEC 60529

رقم مشخصه اول	میزان حفاظت	
	شرح مختصر	جزییات نوع حفاظت ایجاد شده به وسیله محفظه دستگاه
0	حفاظت نشده	حفاظت ویژه‌ای ندارد
1	حفاظت در برابر اجسام سخت به قطربرابر یا بزرگتر از ۵۰ میلی‌متر	دارای حفاظت برای اعضای بزرگ بدن انسان مانند دست (ولی فاقد حفاظت در برابر دسترسی عمدی) دارای حفات برای اجسام سخت به قطر برابر یا بیش از ۵۰ میلی‌متر
2	حفاظت در برابر اجسام سخت به قطربرابر یا بزرگتر از ۱۲ میلی‌متر	دارای حفاظت برای انگشتان یا اجسامی که طول آن از ۸۰ میلی‌متر متجاوز نباشد. دارای حفاظت برای اجسام سخت با قطر برابر یا بیش از ۱۲ میلی‌متر
3	حفاظت در برابر اجسام سخت به قطربرابر یا بزرگتر از ۲/۵ میلی‌متر	دارای حفاظت برای ابزارها، سیم‌ها و غیره با قطر یا با ضخامت برابر یا بیش از ۲/۵ میلی‌متر. دارای حفاظت برای اجسام سخت با قطر برابر یا بیش از ۲/۵ میلی‌متر
4	حفاظت در برابر اجسام سخت بزرگتر از ۱/۵ میلی‌متر	دارای حفاظت برای سیم‌ها یا تسمه‌ها با ضخامت برابر یا بیش از یک میلی‌متر . دارای حفاظت برای اجسام سخت با قطر برابر یا بیش از ۱/۵ میلی‌متر
5	حفاظت در برابر گرد و غبار	از نفوذ گرد و غبار به درون دستگاه کاملاً جلوگیری نشده است لیکن گرد و غبار به میزانی که در کار دستگاه ایجاد اختلال کند وارد نمی‌شود.
6	غیرقابل نفوذ در برابر گرد و غبار	هیچ‌گونه گرد و غباری نفوذ نمی‌کند.

جدول ۴-۱(ب): میزان حفاظت تعیین شده به وسیله دومین رقم مشخصه برابر استاندارد ۲۸۶۸ ایران و IEC 60529

رقم مشخصه دوم	میزان حفاظت	
	شرح مختصر	جزییات نوع حفاظت ایجاد شده به وسیله محفظه دستگاه
0	حفاظت نشده	حفاظت ویژه‌ای ندارد
1	حفاظت شده در برابر چکیدن آب	چکیدن آب (ریزش عمودی قطرات) اثر زیان‌آوری ندارد
2	حفاظت شده در برابر چکیدن آب با زاویه انحراف تا ۱۵ درجه	قطرات عمودی آب بر محفظه با زاویه انحراف تا ۱۵ درجه اثر زیان‌آور نخواهد داشت
3	حفاظت شده در برابر پاشیدگی آب	بارش آب به صورت پاشیدگی تا زاویه ۶۰ درجه از وضع قائم اثر زیان‌آور ندارد
4	حفاظت شده در برابر ترشح آب	آب ترشح شده از هر سو به محفظه دستگاه اثر زیان‌آور نخواهد داشت
5	حفاظت شده در برابر فوران آب	آب پرتاب‌شده توسط آب پخش‌کن از هر سو به محفظه دستگاه اثر زیان‌آور ندارد
6	حفاظت شده در برابر امواج دریا	آب حاصله از امواج دریای طوفانی یا فوران شدید آب نباید به مقدار زیان‌آور داخل محفظه شود
7	حفاظت شده در برابر اثرات غوطه‌ورشدن در آب	هنگامی که محفظه دستگاه در شرایط معینی از فشار و زمان در آب غوطه‌ور می‌شود نباید نفوذ آب به مقدار زیان‌آوری در آن امکان‌پذیر باشد
8	حفاظت‌شده در برابر فرورفتگی در زیر آب	تجهیزات برای فرورفتگی مداوم در زیر آب در شرایطی که به وسیله سازنده مشخص می‌شود مناسب است یادآوری: معمولاً این بدان معنی است که تجهیزات به طور غیرقابل نفوذی آب‌بندی شود . هر چند در انواع معینی از تجهیزات، این طور استنباط می‌شود که آب ممکن است داخل شود اما اثر زیان‌آور نخواهد داشت

۴-۴-۳ طبقه‌بندی بر حسب جنس سطح نگه‌دارنده چراغ

چراغ‌ها بر اساس این که برای نصب مستقیم روی سطوح قابل اشتعال معمولی در تمام موارد، مناسب هستند یا اصولاً برای آن کاربرد طراحی و ساخته شده‌اند و یا این که فقط برای نصب بر روی سطوح نسوز (non- combustible) مناسب می‌باشند به شرح زیر طبقه‌بندی می‌شوند.

الف) چراغ‌های قابل حمل و دستی. در مورد این نوع چراغ‌ها نیازی به نشانه مشخصات الکتریکی نیست.

ب) سایر چراغ‌های ثابت که برای نصب روی سطوح قابل اشتعال معمولی مناسب هستند برای نشانه مشخص‌کننده این نوع چراغ‌ها به جدول ۴-۲ رجوع شود.

ج) چراغ‌های ثابت دیگر که فقط برای نصب روی سطوح نسوز مناسب می‌باشند. در مورد این نوع چراغ‌ها نیازی به نشانه مشخصات الکتریکی نبوده ولی امکان دارد استفاده از نکات هشداردهنده ضروری باشد.

۴-۴-۴ طبقه‌بندی بر حسب شرایط کاربرد

چراغ‌ها بر اساس این که برای کار در شرایط معمولی یا برای استفاده در شرایط سخت طراحی و ساخته شده باشند طبقه‌بندی می‌شوند:

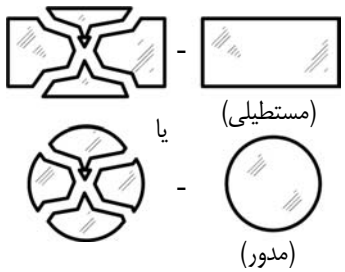
الف) چراغ‌ها برای کار در شرایط عادی و معمولی. در مورد این نوع چراغ‌ها نیازی به نشانه مشخص‌کننده نیست.

ب) چراغ‌ها برای کار در شرایط سخت و خشن. برای نشانه مشخص‌کننده این نوع چراغ‌ها به جدول ۴-۲ مراجعه شود.

جدول ۴-۲: نشانه‌های مشخصات الکتریکی و طبقه‌بندی چراغ‌های روشنایی بر اساس استانداردIEC 60598-1

شرح	کد حفاظت بین‌المللی	نشانه
ترمینال زمین	–	
آمپر	–	A
فرکانس (هرتز)	–	Hz
ولت	–	V
توان(وات)	–	W
منبع تغذیه جریان متناوب		
منبع تغذیه جریان مستقیم	–	
منبع تغذیه جریان مستقیم و متناوب	–	
گروه II	–	
گروه III	–	
حداکثر حرارت محیط نامی	–	t_a … °C
هشدار در مورد عدم استفاده از لامپ‌های نور سرد	–	
حداقل فاصله از اشیا روشن بر حسب متر	–	
چراغ‌های مناسب برای نصب مستقیم بر روی سطوح قابل اشتعال	–	
چراغ‌هایی که برای نصب مستقیم روی سطوح قابل اشتعال معمولی مناسب نیستند (مناسب فقط برای نصب روی سطوح غیرقابل اشتعال)	–	
چراغ‌های مناسب برای نصب در یا روی سطوح قابل اشتعال معمولی در شرایطی که ماده عایق حرارتی چراغ را پوشش دهد	–	
چراغ‌های معمولی (بدون حفاظت)	IP20	–
ضد قطره	IPX1	
ضد باران	IPX3	
ضدآب پاشیدگی	IPX4	
ضد فوران آب	IPX5	
ضدفوران آب قوی	IPX6	–
ضد آب(غوطه‌وری در آب)	IPX7	

جدول ۴-۲: (ادامه)

ضد آب با فشار(قابل استفاده درزیر آب با تعیین حداکثر عمق بر حسب متر)	IPX8	
حفاظت در برابر اجسام با قطر بزرگتر از ۲/۵ میلی‌متر	IP3X	–
حفاظت در برابر اجسام با قطر بزرگتر از یک میلی‌متر	IP4X	–
ضد گرد و غبار	IP5X	
غیرقابل نفوذ در برابر گرد وغبار	IP6X	
استفاده از کابل‌های تغذیه، کابل‌های اتصال دهنده میانی یا سیم‌کشی خارجی که در برابر حرارت مقاوم باشند	-	
چراغ‌هایی که برای کار با لامپ‌های آینه‌ای ساخته شده‌اند	-	
چراغ‌ها برای کار در شرایط سخت	-	
چراغ‌ها برای کار با لامپ‌های سدیم با فشار زیاد که نیاز به ایگنیتور خارجی دارد	-	
چراغ‌ها برای کار با لامپ‌های سدیم با فشار زیاد که دارای وسیله راه‌اندازی داخلی می‌باشند	-	
چراغ‌ها برای کار با لامپ‌های هالوژن تنگستن حفاظ سرخود	-	
تعویض هر گونه حفاظ ترک خورده		

تمام نشانه‌های مشخصات الکتریکی باید منطبق با الزامات مربوطه مندرج در استاندارد IEC 60416 باشند.

۴-۵ طراحی و محاسبه روشنایی

۴-۵-۱ روش‌های نورپردازی

روش‌های نورپردازی از نظر ترتیب استقرار منابع نوری به چهار دسته به شرح زیر قابل طبقه‌بندی است:

۴-۵-۱-۱ نورپردازی موضعی که شامل یک واحد روشنایی تکی با توان مصرفی کم است و برای هر کارگر، ماشین یا میز کاردر سطحی نزدیک به محل کار نصب می‌شود و در آن یکنواختی روشنایی مطرح نمی‌باشد.

۴-۵-۱-۲ روش نورپردازی عمومی که در آن واحدهای روشنایی در سطحی نسبتاً نزدیک به سقف و یا لااقل با فاصله کافی از سطح کار نصب می‌شود. در این روش نورپردازی فواصل چراغ‌ها از یکدیگر یکسان بوده و بدون توجه به محل استقرار ماشین‌ها، مبلمان یا سایر وسایل به گونه‌ای تعیین می‌شود که روشنایی به صورت یکنواخت توزیع گردد.

۴-۵-۱-۳ نورپردازی گروهی روش میانه‌ای است بین نورپردازی موضعی و عمومی که در آن واحدهای روشنایی نزدیک به سقف و یا با فاصله قابل ملاحظه از سطح کار نصب می‌شود. در این روش فواصل نصب چراغ‌ها یکسان نمی‌باشد لیکن واحدهای مزبور در ارتباط با محل استقرار سطوح کار، ماشین‌ها، موقعیت اپراتورها و مانند آن قرار می‌گیرد به گونه‌ای که روشنایی کافی برای هر ماشین، اپراتور یا سطوح کار دیگر تامین شود. در این سیستم تامین روشنایی یکنواخت مدنظر نمی‌باشد.

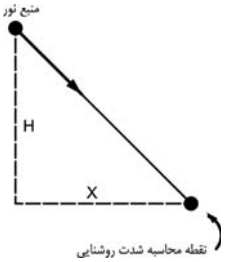
۴-۵-۱-۴ در روش نورپردازی ترکیبی عمومی و موضعی روشنایی یکنواخت برای تمامی محیط به وسیله واحدهای روشنایی که طبق روش نورپردازی عمومی نصب می‌شود تامین شده و در مواردی که شدت نور بیشتری مورد نیاز است از چراغ‌های موضعی استفاده می‌گردد.

۴-۵-۲ روش‌های محاسبه روشنایی

عمده‌ترین روش‌های محاسبه روشنایی و موارد کاربرد آن به شرح زیر است:

۴-۵-۲-۱ روش نقطه‌ای

در این روش که بر اساس قانون عکس مجذور فاصله استوار است، شدت شار نوری (I) بر حسب عکس مجذور فاصله منبع نور از نقطه اندازه‌گیری (D) تغییر می‌کند و شدت روشنایی (E) در هر سطح عمود بر پرتوهای نور با استفاده از فرمول $E=\frac{I}{D^2}$ قابل محاسبه است . بنابراین شدت روشنایی در سطوح افقی روشنایی (E_h) و عمودی (E_v) به شرح زیر خواهد بود:



شکل ۴-۱

$$E_v=\frac{I\times X}{D^3} \quad و \quad E_h=\frac{I\times H}{D^3}$$

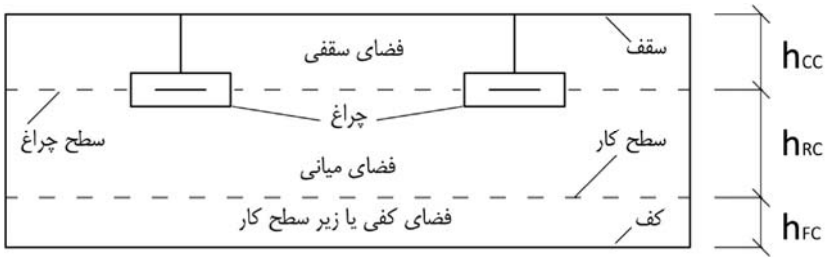
این روش که برای محاسبه نور مستقیم قابل استفاده است در نورپردازی موضعی و در مواردی که یک منبع نور واحد مطرح است غالباً به کار می‌رود.

۴-۵-۲-۲ روش استفاده از ضریب چراغ یا ضریب کاربردی[1]

در نورپردازی فضاهای داخلی نور غیرمستقیم سطوح انعکاسی مانند سقف، دیوار و سطوح کار نیز باید مورد محاسبه قرار گیرد. از جمله روش‌های محاسباتی متداول در این زمینه روش استفاده از ضریب بهره چراغ یا ضریب کاربردی است که به ویژگی‌های توزیع نور چراغ‌ها، ترتیب استقرار و خصوصاً ارتفاع نصب آن بستگی دارد. این ضریب مضافاً به شکل هندسی فضای محصور و خواص انعکاسی دیوارها، سقف، کف و مبلمان نیز مرتبط است . در این روش محاسبه شار نوری و در نتیجه تعیین تعداد چراغ‌ها با استفاده از جدول ۴-۳ به دو صورت زیر امکان‌پذیر است:

۱- محاسبه شاخص فضا، K از رابطه (۱) جدول ۴-۳ و تعیین ضرایب نگهداری و بهره چراغ از جداول مشخصات چراغ‌ها و محاسبه شار نوری چراغ‌ها بر حسب لومن از فرمول (۲) جدول مزبور. در این روش ارتفاع سطح کار ۰/۸۵ متر در نظر گرفته می‌شود.

۲- تقسیم‌بندی فضای مورد محاسبه[2] به سه بخش سقفی، میانی و کفی مطابق شکل ۴-۲ و محاسبه ضرایب بخش‌ها (ضرایب کاواک) از فرمول (۳)، تعیین انعکاس موثر سقف (ρ_{cc}) و کف (ρ_{pc}) با توجه به ضرایب انعکاس واقعی سقف و دیوارها و یا کف و دیوارها به کمک جداول مربوط[3] به صورت اعداد واحد و به دست آوردن ضرایبMF و CU از جداول مشخصات چراغ‌ها و محاسبه شار نوری چراغ‌ها φ بر حسب لومن از رابطه (۲)، در این روش تعیین ارتفاع سطح کار در اختیار طراح است.



شکل ۴-۲: تقسیم‌بندی فضای اتاق

۴-۵-۳ نرم‌افزارهای طراحی روشنایی

برخی تولیدکنندگان چراغ‌ها نرم‌افزار طراحی روشنایی نسبتاً کامل و در عین حال ساده‌ای، به همراه پایگاه داده و اطلاعات پخش نور انواع چراغ‌ها از قبیل اداری، تجاری، تزیینی، صنعتی، فضای آزاد و مخصوص، را در اختیار طراحان قرار می‌دهند تا با استفاده از آن به مطلوب‌ترین نتایج روشنایی دست یابند. در طراحی روشنایی با استفاده از نرم‌افزارهای مذکور و نیز با توجه به کاربری محیط و هم‌چنین چگونگی مبلمان داخلی فضا، شبیه‌سازی فضای موردنظر با چراغ‌های متناسب انجام شده و در نتیجه قبل از انجام هر گونه عملیات اجرایی و حذف هزینه، با شبیه‌سازی محیط در نرم‌افزار، میزان روشنایی مشخص و بر اساس نتایج، در صورت وجود آلودگی نوری و با کمبود، با تغییر در پارامترهای طراحی، روشنایی فضا به نحو مطلوب تامین می‌شود.

1-Utilization factor
2 -Zonal cavity method
3 -IES lighting handbook

جدول ۴-۳: برگ محاسبه روشنایی

۱- مشخصات طرح			
نام طرح	شماره	محل پروژه	
بخش	طبقه	شماره نقشه	
۲- مشخصات اتاق			
طول (L) متر	عرض (W) متر	ارتفاع (H) متر	مساحت اتاق (A)
انعکاس سقف (درصد)	انعکاس دیوارها (درصد)		
۳- مشخصات چراغ			
ضریب بهره (CU)	ضریب نگهداری (MF)	شدت نور (E)	
۴- فرمول‌های محاسباتی			
شاخص فضا[1] (K)	$K = \frac{L \times W}{H(L+W)}$		(۱)
میزان نور لازم (لومن)	$\phi = \frac{A \times E}{CU \times MF}$		(۲)
(شکل ۴-۲)	$(X)\,CR = \frac{5h_{(XY)}(L+W)}{L \times W}$		(۳)
ضریب کاواک[2] [(X)CR] و فواصل کاواک [$h_{(XY)}$]:			
ضریب سقفی (CCR)	ضریب میانی (RCR)	ضریب کفی (FCR)	
فاصله چراغ تا سقف: h_{CC}	فاصله چراغ تا سطح کار: h_{RC}	فاصله سطح کار از کف: h_{FC}	
تعداد لامپ‌ها و میزان مصرف (وات) :			
تعداد و نوع چراغ:			

[1]-Room index
[2]-Cavity ratio

۴-۵-۴ تعیین نوع و تعداد چراغ‌ها در یک طرح روشنایی

۴-۵-۴-۱ در یک طرح روشنایی جنبه‌های اقتصادی، که شامل تعداد و هزینه چراغ‌ها و به خصوص لامپ‌ها و نیز هزینه نگهداری و تعمیر آن می‌باشد، باید در نظر گرفته شود. علاوه بر این، یک طرح روشنایی هنگامی قابل قبول است که اصول بهداشتی در مورد آن رعایت گردیده باشد یعنی در مرحله اول بایستی نور تولید شده یکنواخت بوده و در قدم بعدی روشنایی کافی و تا حد امکان به نور روز نزدیک باشد. بنابراین در طراحی و محاسبه روشنایی باید دو عامل اقتصادی و بهداشتی تواماً در نظر گرفته شود.

۴-۵-۴-۲ در هر طرح روشنایی، به موازات اعمال و اجرای اهداف موردنظر کارفرما، بایستی نوع محل چراغ‌ها و چگونگی قراردادن و فواصل آن از یکدیگر و نیز معماری محل از نظر رعایت اصول زیبایی مدنظر قرار گیرد.

۴-۵-۴-۳ در طراحی و اجرای پروژه روشنایی، علاوه بر تعیین نوع روشنایی یعنی روشنایی عمومی یا روشنایی موضعی باید نوع جریان، ولتاژ، فرکانس و مدت استفاده از روشنایی نیز توجه شود تا به وسیله این عوامل بتوان لامپ و چراغ و مقطع سیم مورد نظر را انتخاب نمود.

۴-۵-۴-۴ شدت روشنایی داخلی بر حسب لوکس (لومن بر مترمربع) برای اماکن مسکونی، عمومی، کارخانجات و کارگاه‌ها برابر استاندارد موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران در جدول ۴-۴ درج شده است. در استاندارد مزبور میزان روشنایی برای هر محل به صورت دو مقدار کمینه و پیشنهادی در نظر گرفته شده است. شدت روشنایی مورد نظر باید حتی‌الامکان هم‌ارز مقادیر پیشنهادی انتخاب شود و در صورتی که شرایط فنی و اقتصادی ایجاب کند می‌توان میزان روشنایی را بیش از مقادیر پیشنهادی انتخاب نمود ولی هیچ‌گاه نباید کمتر از میزان کمینه باشد.
شدت نور لازم شامل نور عمومی و در صورت لزوم نور موضعی برای قسمت‌های مختلف بیمارستان برابر استاندارد DIN 5035-1988 در جدول ۴-۵ ارائه شده است .

۴-۵-۴-۵ سیستم روشنایی مورد لزوم باید با توجه به نوع کار از نظر میزان دقت و احتیاج به روشنایی، سایه‌اندازی، ارتفاع نصب، ارتفاع محل کار، و در نظر گرفتن جنبه‌های اقتصادی و بهداشتی انتخاب شود.

۴-۵-۴-۶ پس از انتخاب نوع چراغ و تعیین شدت روشنایی مورد لزوم از جدول ۴-۴ یا ۴-۵ تعداد چراغ‌های لازم برای هر اتاق یا هر فضای موردنظر دیگر با استفاده از یکی از روش‌های مندرج در بند ۴-۵-۲ محاسبه و تعیین می‌شود.

۴-۵-۵ مدارروشنایی

در طراحی مدار روشنایی ضوابط زیر باید ملاک عمل قرار گیرد.

۴-۵-۵-۱ هر لامپ رشته‌ای کوچکتر از ۱۰۰ وات و هر لامپ یا نقطه روشنایی ثابت، که توان آن در حین طرح و اجرا معلوم نباشد، باید در محاسبه جریان مجاز مدار و تخمین درخواست(دیماند) ۱۰۰ وات محسوب شود و برای جریان و درخواست لامپ‌های بزرگتر، مقدار نامی آنها به حساب آورده شود.

۴-۵-۵-۲ هر لامپ تخلیه الکتریکی در گازها (فلورسنت، جیوه‌ای، سدیم و غیره)، حتی اگر مجهز به خازن‌های تصحیح ضریب قدرت باشند، باید در محاسبه جریان مجاز مدار بدون خازن به حساب آورده شود. توان وسیله راه‌اندازی و تثبیت جریان آنها نیز در تخمین درخواست باید منظور شده باشد.

۴-۵-۵-۳ مدارهای تغذیه کننده چراغ‌ها یا نقاط روشنایی نباید پریزها یا هر گونه وسیله یا دستگاه دیگر را تغذیه کنند.

۴-۵-۵-۴ در محاسبه جریان مدارهای تغذیه‌کننده مخلوطی از چراغ‌های رشته‌ای و گازی، علیرغم وجود اختلاف فاز، جریان‌ها باید به صورت جبری جمع شوند.

۴-۵-۵-۵ در ساختمان‌های مسکونی، هر مدار روشنایی نباید بیش از ۱۲ چراغ یا نقطه روشنایی را، اگر در بیش از یک اتاق یا فضای مشخص قرار گرفته باشد، تغذیه کند.

۴-۵-۵-۶ تعداد چراغ‌های مدار روشنایی که در یک اتاق یا فضای مشخص نصب می‌شوند تنها به جریان مجاز مدار محدود می‌شود.

۴-۵-۵-۷ کلیه واحدهای مسکونی، بدون در نظرگرفتن سطح زیربنای آنها باید حداقل دو مدار نهایی مستقل به شرح زیر داشته باشند.

الف) یک مدار مختص روشنایی
ب) یک مدار مختص پریزها

دو مدار یاد شده از این نظر لازم‌اند که در صورت بروز اختلال در یکی از مدارها، مدار دیگر تا رفع خرابی، روشنایی واحد مسکونی را تامین کند تا از پیش‌آمدن هر گونه خطر احتمالی ناشی از تاریکی، جلوگیری شود.

۴-۵-۵-۸ کلیه مدارهای روشنایی، باید برای وصل به بدنه هادی چراغ‌ها شامل هادی حفاظتی باشند. چنانچه بدنه چراغی از جنس عایق باشد، هادی حفاظتی در محل آن به دقت عایق‌بندی و رها می‌شود تا اگر احتمالاً در آینده در محل آن چراغ عایق، چراغی با بدنه هادی نصب شود، از آن هادی حفاظتی استفاده شود.

جدول ۴-۴: شدت روشنایی بر حسب لوکس

مکان	کمینه	پیشنهادی	مکان	کمینه	پیشنهادی
۱- محل‌های مسکونی			**۵- بیمارستان**		
۱-۱- اتاق نشیمن و پذیرایی	۷۰	۲۰۰	(به جدول ۴-۵ رجوع شود)		
۱-۲- اتاق مطالعه (نوشتن، خواندن کتاب، مجله و روزنامه)	۱۵۰	۵۰۰	**۶- کارخانه کنسروسازی**		
۱-۳- آشپزخانه(ظرفشویی، اجاق‌گاز و میزکار)	۱۰۰	۲۰۰	۶-۱- محل دسته‌بندی و تفکیک	۱۵۰	۵۰۰
۱-۴- اتاق خواب			۶-۲- محل پوست‌کندن	۱۰۰	۲۰۰
۱-۴-۱- روشنایی عمومی	۵۰	۱۰۰	۶-۳- محل پختن	۱۵۰	۳۰۰
۱-۴-۲- روشنایی تخت‌خواب و میز توالت	۲۰۰	۵۰۰	۶-۴-محل قوطی پرکنی	۳۰۰	۵۰۰
۱-۵- حمام			**۷- آسیاب غلات**		
۱-۵-۱-روشنایی عمومی	۵۰	۱۰۰	۷-۱- روشنایی عمومی	۷۰	۱۰۰
۱-۵-۲- آینه (برای اصلاح صورت)	۲۰۰	۵۰۰	۷-۲- روشنایی محل کار	۲۰۰	۵۰۰
۱-۶- پلکان	۱۰۰	۱۵۰	**۸- نانوایی**		
۱-۷- راهرو، سرسرا و آسانسور	۵۰	۱۵۰	۸-۱- خمیرگیری	۲۰۰	۳۰۰
			۸-۲- اتاق تنور:		
۲- دفاتر و اداره‌ها			۸-۲-۱- روشنایی عمومی	۱۰۰	۲۰۰
۲-۱- تمام کارهای عمومی	۲۰۰	۵۰۰	۸-۲-۲- تنور	۳۰۰	۵۰۰
۲-۲- ماشین‌نویسی و محل دیکته‌کردن	۳۰۰	۶۰۰	۸-۳- بسته‌بندی	۲۰۰	۳۰۰
۲-۳- حسابداری و ماشین‌های حساب و اندیکاتورنویسی	۳۰۰	۶۰۰	**۹-کارخانه شکلات و آبنبات‌سازی**		
			۹-۱- تهیه مواد اولیه		
۲-۴- بایگانی	۱۰۰	۳۰۰	۹-۱-۱- روشنایی عمومی	۱۰۰	۱۵۰
۲-۵- اتاق نقشه‌کشی	۵۰۰	۱۰۰۰	۹-۱-۲- روشنایی روی نوار	۳۰۰	۵۰۰
۲-۶- اتاق کنفرانس	۲۰۰	۵۰۰	۹-۲- تزیین و بسته‌بندی	۱۵۰	۲۰۰
۲-۷- اتاق انتظار و اطلاعات	۱۵۰	۵۰۰			
۲-۸- پلکان	۱۰۰	۱۵۰	**۱۰- کارخانه لبنیات**		
۲-۹- راهرو، سرسرا و آسانسور	۵۰	۱۵۰	۱۰-۱- سکوی تخلیه	۷۰	۱۰۰
			۱۰-۲- ظرفشویی	۲۰۰	۳۰۰
۳-کتابخانه			۱۰-۳- ماشین آلات تهیه مواد	۲۰۰	۳۰۰
۳-۱- قفسه‌ها (درسطح عمودی)	۱۰۰	۲۰۰	۱۰-۴- پرکردن بطری	۲۰۰	۳۰۰
۳-۲- سالن مطالعه	۱۰۰	۲۰۰	۱۰-۵- آزمایشگاه‌ها	۳۰۰	۵۰۰
۳-۳- روی میز مطالعه	۳۰۰	۵۰۰	**۱۱- کارخانه نوشابه‌سازی**		
			۱۱-۱- روشنایی عمومی	۷۰	۱۰۰
۴- مدارس			۱۱-۲- محل تهیه و تخمیر	۲۰۰	۳۰۰
۴-۱- کلاس درس، آمفی‌تئاتر	۲۰۰	۵۰۰	۱۱-۳- محل شست‌وشوی لوازم	۲۰۰	۳۰۰
۴-۲- تخته سیاه (درسطح عمودی)	۳۰۰	۵۰۰	۱۱-۴- محل پرکردن	۲۰۰	۳۰۰
۴-۳- آزمایشگاه	۲۰۰	۵۰۰			
۴-۴- کلاس نقاشی و کارهای دستی	۵۰۰	۷۰۰	**۱۲- چاپخانه و گراورسازی**		
۴-۵- سالن ورزشی سرپوشیده	۱۵۰	۳۰۰	۱۲-۱- ماشین حروف‌چینی:		
۴-۶- رختکن، توالت، دستشویی	۵۰	۱۰۰			

جدول ۴-۴ شدت روشنایی بر حسب لوکس. (ادامه)

مکان	کمینه	پیشنهادی	مکان	کمینه	پیشنهادی
۱۲-۱-۱- روشنایی عمومی	۲۰۰	۳۰۰	۱۴-۴-۲- روشنایی محل کار	۳۰۰	۵۰۰
۱۲-۱-۲- محل حروف‌چینی	۳۰۰	۵۰۰	۱۴-۵- بافندگی:		
۱۲-۲- ماشین‌های چاپ:			۱۴-۵-۱- روشنایی عمومی	۳۰۰	۵۰۰
۱۲-۲-۱- روشنایی عمومی	۲۰۰	۳۰۰	۱۴-۵-۲- روشنایی محل کار	۵۰۰	۱۰۰۰
۱۲-۲-۲- روی ماشین	۳۰۰	۵۰۰	۱۴-۶- رنگرزی		
۱۲-۳- میز تصحیح	۵۰۰	۷۰۰	۱۴-۶-۱- روشنایی عمومی	۲۰۰	۳۰۰
۱۲-۴- گراورسازی	۵۰۰	۷۰۰	۱۴-۶-۲- روشنایی محل کار	۳۰۰	۵۰۰
۱۲-۵- حکاکی	۲۰۰۰	۳۰۰۰	۱۴-۷- آزمایشگاه رنگ:		
			۱۴-۷-۱- روشنایی عمومی	۳۰۰	۵۰۰
۱۳- کارخانه شیشه‌سازی			۱۴-۷-۲- روشنایی محل کار	۵۰۰	۱۰۰۰
۱۳-۱- کوره					
۱۳-۱-۱- روشنایی عمومی	۱۰۰	۳۰۰	**۱۵- کارخانه نساجی (پشم)**		
۱۳-۲- مخلوط کردن مواد خام:			۱۵-۱- عدل‌شکن:		
۱۳-۲-۱- روشنایی عمومی	۱۰۰	۱۵۰	۱۵-۱-۱- روشنایی عمومی	۱۰۰	۲۰۰
۱۳-۲-۲- روی دستگاه‌های توزین	۲۰۰	۳۰۰	۱۵-۱-۲- روشنایی محل کار	۲۰۰	۳۰۰
۱۳-۳- دمیدن و پرس‌کردن:			۱۵-۲- حوضچه‌ها:	۵۰	۱۰۰
۱۳-۳-۱- روشنایی عمومی	۱۰۰	۱۵۰	۱۵-۳- محل شست و شوی:		
۱۳-۳-۲- روشنایی محل کار	۲۰۰	۳۰۰	۱۵-۳-۱- روشنایی عمومی	۱۰۰	۲۰۰
۱۳-۴- برش	۱۵۰	۲۰۰	۱۵-۳-۲- روشنایی محل کار	۲۰۰	۳۰۰
۱۳-۵- صیقل دادن	۱۵۰	۲۰۰	۱۵-۴- حلاجی:		
۱۳-۶- نقره‌کاری(آینه‌کاری)	۲۰۰	۳۰۰	۱۵-۴-۱- روشنایی عمومی	۱۰۰	۲۰۰
۱۳-۷- تراش دقیق	۳۰۰	۵۰۰	۱۵-۴-۲- روشنایی محل کار	۲۰۰	۳۰۰
۱۳-۸- تزیین و جلا و حکاکی	۳۰۰	۵۰۰	۱۵-۵- پشم‌ریسی و دولاتابی:		
۱۳-۹- بازرسی:			۱۵-۵-۱- روشنایی عمومی	۲۰۰	۳۰۰
۱۳-۹-۱- روشنایی عمومی	۲۰۰	۳۰۰	۱۵-۵-۲- روشنایی محل کار	۳۰۰	۵۰۰
۱۳-۹-۲- روشنایی محل کار	۷۰۰	۱۰۰۰	۱۵-۶- دوک‌کردن (ماسوره‌پیچی)		
			۱۵-۶-۱- روشنایی عمومی	۲۰۰	۳۰۰
۱۴- کارخانه نساجی (پنبه)			۱۵-۶-۲- روشنایی محل کار	۳۰۰	۵۰۰
۱۴-۱- عدل‌شکن:			۱۵-۷- بافندگی:		
۱۴-۱-۱- روشنایی عمومی	۱۰۰	۲۰۰	۱۵-۷-۱- روشنایی عمومی	۲۰۰	۳۰۰
۱۴-۱-۲- روشنایی محل کار	۲۰۰	۳۰۰	۱۵-۷-۲- روشنایی محل کار	۳۰۰	۵۰۰
۱۴-۲- حلاجی:			۱۵-۸- چله‌کشی و تارپیچی:		
۱۴-۲-۱- روشنایی عمومی	۱۰۰	۲۰۰	۱۵-۸-۱- روشنایی عمومی	۷۰۰	۱۰۰۰
۱۴-۲-۲- روشنایی محل کار	۲۰۰	۳۰۰	۱۵-۸-۲- روشنایی محل کار	۱۰۰۰	۱۵۰۰
۱۴-۳- نخ‌ریسی و دولاتابی:					
۱۴-۳-۱- روشنایی عمومی	۲۰۰	۳۰۰	**۱۶- کارخانه نساجی (ابریشم طبیعی و الیاف مصنوعی)**		
۱۴-۳-۲- روشنایی محل کار	۳۰۰	۵۰۰	۱۶-۱- حوضچه	۵۰	۱۰۰
۱۴-۴- دوک‌کردن:			۱۶-۲- ریسندگی و دولاتابی:		
۱۴-۴-۱- روشنایی عمومی	۲۰۰	۳۰۰	۱۶-۲-۱- روشنایی عمومی	۲۰۰	۳۰۰

جدول ۴-۴ شدت روشنایی بر حسب لوکس. (ادامه)

مکان	کمینه	پیشنهادی	مکان	کمینه	پیشنهادی
۱۶-۲-۲- روشنایی محل کار	۳۰۰	۵۰۰	**۲۰- کارخانه دخانیات**		
۱۶-۳- بافندگی:			۲۰-۱- محل برش	۱۵۰	۲۰۰
۱۶-۳-۱- روشنایی عمومی	۳۰۰	۵۰۰	۲۰-۲- خشک و تخمیرکردن	۱۵۰	۲۰۰
۱۶-۳-۲- روشنایی محل کار	۵۰۰	۷۰۰	۲۰-۳- درجه‌بندی	۲۰۰	۳۰۰
۱۶-۴- بازرسی منسوجات:			**۲۱- کارخانه صابون‌سازی**		
۱۶-۴-۱- روشنایی محل کار	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۲۱-۱- روشنایی عمومی	۱۵۰	۲۰۰
۱۷- کارخانه صنایع شیمیایی			۲۱-۲- تابلوهای کنترل	۲۰۰	۳۰۰
۱۷-۱-جلو دستگاه‌های مخلوط‌کننده و خردکننده	۲۰۰	۳۰۰	۲۱-۳- ماشین‌های بسته‌بندی	۲۰۰	۳۰۰
۱۷-۲- روی دستگاه‌های کنترل و سنجش (در سطح عمودی)	۱۵۰	۲۰۰	**۲۲- کارگاه‌های مکانیکی**		
۱۷-۳- روی میز کنترل	۲۰۰	۳۰۰	۲۲-۱- کارهای خشن مانند شمارش و بازرسی سطحی اشیای موجود در محل:		
۱۷-۴- آزمایشگاه‌ها:			۲۲-۱-۱-روشنایی عمومی	۱۰۰	۱۵۰
۱۷-۴-۱- روشنایی عمومی	۲۰۰	۳۰۰	۲۲-۱-۲- روشنایی محل کار	۱۵۰	۳۰۰
۱۷-۴-۲- روشنایی محل کار	۳۰۰	۵۰۰	۲۲-۲- کارهای متوسط، مانند بازرسی اشیاء با شاخص:		
۱۸- کارخانه رنگ‌سازی			۲۲-۲-۱- روشنایی عمومی	۲۰۰	۳۰۰
۱۸-۱-مخلوط، آسیاب و پودرکردن	۵۰	۱۰۰	۲۲-۲-۲- روشنایی محل کار	۳۰۰	۵۰۰
۱۸-۲- پرکردن و توزین			۲۲-۳-کارهای‌دقیق،مانندکار با وسایل	۷۰۰	۱۰۰۰
۱۸-۲-۱- روشنایی عمومی	۱۰۰	۲۰۰	مخابراتی، دستگاه‌های		
۱۸-۲-۲- روشنایی محل کار	۲۰۰	۳۰۰	سنجش و وسایل دقیق		
۱۸-۳- آزمایشگاه رنگ:			۲۲-۴-کارهای خیلی دقیق‌مانندسنجش و	۱۵۰۰	۲۵۰۰
۱۸-۳-۱- روشنایی عمومی	۲۰۰	۵۰۰	بازرسی اجزا و وسایل ساخته شده		
۱۸-۳-۲- روشنایی محل کار	۵۰۰	۱۰۰۰	۲۲-۵-کارهای‌بسیاردقیق (کارباچشم مسلح)	۱۵۰۰	۳۰۰۰
۱۹- کارخانه لاستیک‌سازی			**۲۳- کارگاه‌های مونتاژ**		
۱۹-۱- تهیه مواد اولیه:			۲۳-۱- محل قطعه‌های بزرگ	۱۵۰	۲۰۰
۱۹-۱-۱-ماشین مخلوط‌کردن‌وورزدادن	۲۰۰	۳۰۰	۲۳-۲- محل قطعه‌های متوسط	۲۰۰	۳۰۰
۱۹-۱-۲- نوارکردن	۳۰۰	۵۰۰	۲۳-۳- محل قطعه‌های کوچک	۵۰۰	۱۰۰۰
۱۹-۲- تهیه الیاف			۲۳-۴-محل قطعه‌های خیلی کوچک	۱۰۰۰	۱۵۰۰
۱۹-۲-۱- برش الیاف و تهیه لایه‌ها	۳۰۰	۵۰۰	**۲۴- کارگاه ورقکاری**		
۱۹-۲-۲- روی ماشین‌ها	۲۰۰	۳۰۰	۲۴-۱- کارباورق‌های فلزی (روی‌میزکار)	۲۰۰	۳۰۰
۱۹-۳- ساخت لاستیک وسایل نقلیه:			۲۴-۲-کارباماشین‌های افزار (صنایع‌فلزی)		
۱۹-۳-۱- روشنایی عمومی	۱۰۰	۲۰۰	۲۴-۲-۱- روشنایی عمومی	۲۰۰	۳۰۰
۱۹-۳-۲- روشنایی محل کار	۲۰۰	۳۰۰	۲۴-۲-۲- روشنایی محل کار:		
۱۹-۴- ولکانیزه کردن	۲۰۰	۳۰۰			
۱۹-۵- بازرسی:					
۱۹-۵-۱- روشنایی عمومی	۲۰۰	۳۰۰			
۱۹-۵-۲- روشنایی محل کار	۳۰۰	۵۰۰			
۱۹-۶- بسته‌بندی	۲۰۰	۳۰۰			

جدول ۴-۴ شدت روشنایی بر حسب لوکس. (ادامه)

مکان	کمینه	پیشنهادی	مکان	کمینه	پیشنهادی
۲۴-۲-۲-۱-با قطعات متوسط روی میزکاریا روی ماشین و تراش قطعات بزرگ	۳۰۰	۵۰۰	۲۷-۲-محل کوره‌های بلند	۱۰۰	۱۵۰
۲۴-۲-۲-۲-با قطعات کوچک روی میزکاریا روی ماشین و تراش قطعات متوسط و کوچک و تنظیم ماشین‌های خودکار	۵۰۰	۷۰۰	۲۷-۳-نورد قطعه‌های بزرگ	۵۰	۱۰۰
۲۴-۲-۲-۳-با قطعات خیلی ظریف روی میزکاریا روی ماشین و ساختن ابزار و سنجش کالیبرو تراش قطعات دقیق	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۲۷-۴-نورد و پروفیل‌سازی:		
۲۵- جوشکاری و لحیم‌کاری			۲۷-۴-۱-روشنایی عمومی	۱۵۰	۳۰۰
۲۵-۱-جوشکاری:			۲۷-۴-۲-روشنایی محل کار	۲۰۰	۳۰۰
۲۵-۱-۱-روشنایی عمومی	۱۵۰	۲۰۰	۲۷-۵-حدیده سیم‌های کلفت	۵۰	۱۰۰
۲۵-۱-۲-روشنایی محل کار	۲۰۰	۳۰۰	۲۷-۶-حدیده سیم‌های نازک:		
۲۵-۲-لحیم‌کاری:			۲۷-۶-۱-روشنایی عمومی	۲۰۰	۳۰۰
۲۵-۲-۱-روشنایی عمومی	۲۰۰	۳۰۰	۲۷-۶-۲-روشنایی محل کار	۳۰۰	۵۰۰
۲۵-۲-۲-روشنایی محل کار	۳۰۰	۵۰۰	۲۷-۷-نورد ورق‌های نازک:		
			۲۷-۷-۱-روشنایی عمومی	۲۰۰	۳۰۰
۲۶-ریخته‌گری			۲۷-۷-۲-روشنایی محل کار	۳۰۰	۵۰۰
۲۶-۱-ماهیچه‌سازی			۲۷-۸-بازرسی ورق‌های فلزی:		
۲۶-۱-۱-روشنایی عمومی	۲۰۰	۳۰۰	۲۷-۸-۱-روشنایی عمومی	۲۰۰	۳۰۰
۲۶-۱-۲-روشنایی محل کار	۳۰۰	۵۰۰	۲۷-۸-۲-روشنایی محل کار	۳۰۰	۵۰۰
۲۶-۲-قالب‌گیری:					
۲۶-۲-۱-قالب‌گیری معمولی با دست یا ماشین:					
۲۶-۲-۱-۱-روشنایی عمومی	۱۵۰	۲۰۰	**۲۸-کارگاه آهنگری:**		
۲۶-۲-۱-۲-روشنایی محل کار	۲۰۰	۳۰۰	۲۸-۱-کارگاه آهنگری	۱۰۰	۱۵۰
۲۶-۲-۲-قالب‌گیری ظریف با دست:					
۲۶-۲-۲-۱-روشنایی عمومی	۲۰۰	۳۰۰	**۲۹-کارخانه اتومبیل‌سازی**		
۲۶-۲-۲-۲-روشنایی محل کار	۳۰۰	۵۰۰	۲۹-۱-مونتاژ قطعات	۲۰۰	۳۰۰
۲۶-۳-ریختن مواد مذاب در قالب‌های بزرگ	۵۰	۱۰۰	۲۹-۲-کارگاه نقاشی (روی بدنه ماشین)	۵۰۰	۱۰۰۰
۲۶-۴-ریختن مواد مذاب در قالب به وسیله تزریق:			۲۹-۳-تودوزی	۲۰۰	۳۰۰
۲۶-۴-۱-روشنایی عمومی	۱۵۰	۲۰۰	۲۹-۴-بازرسی نهایی	۳۰۰	۵۰۰
۲۶-۴-۲-روشنایی محل کار	۲۰۰	۳۰۰			
۲۶-۵-تمیزکردن قطعات ریخته‌شده	۵۰	۱۰۰	**۳۰-نیروگاه‌ها**		
۲۶-۶-بازرسی قطعات ریخته‌شده:			۳۰-۱-موتورخانه:		
۲۶-۶-۱-روشنایی عمومی	۲۰۰	۳۰۰	۳۰-۱-۱-روشنایی عمومی	۱۵۰	۲۰۰
۲۶-۶-۲-روشنایی محل کار	۳۰۰	۵۰۰	۳۰-۱-۲-روشنایی محل کار	۲۰۰	۳۰۰
			۳۰-۲-اتاق فرمان:		
۲۷-کارخانه ذوب آهن			۳۰-۲-۱-روشنایی عمومی	۲۰۰	۳۰۰
۲۷-۱-محل تخلیه و انبارمواد اولیه	۵۰	۱۰۰	۳۰-۲-۲-محل کار (روی تابلوها)	۳۰۰	۵۰۰

جدول ۴-۴ شدت روشنایی بر حسب لوکس. (ادامه)

مکان	کمینه	پیشنهادی	مکان	کمینه	پیشنهادی
۳۱- کارگاه صحافی			**۳۷-کارگاه سراجی**		
۳۱-۱-صحافی معمولی:			۳۷-۱-برش، پرداخت و فرم‌دادن	۳۰۰	۵۰۰
۳۱-۱-۱- روشنایی عمومی	۱۵۰	۲۰۰	۳۷-۲-دوخت	۵۰۰	۱۰۰۰
۳۱-۱-۲- روشنایی محل کار	۲۰۰	۳۰۰			
۳۱-۲- برش:			**۳۸-کارخانه کفاشی**		
۳۱-۲-۱- روشنایی عمومی	۲۰۰	۳۰۰	۳۸-۱-بازرسی و انتخاب مواد اولیه	۵۰۰	۷۰۰
۳۱-۲-۲- روشنایی محل کار	۳۰۰	۵۰۰	۳۸-۲-روی میزکار	۵۰۰	۷۰۰
۳۱-۳- چاپ با فشار روی جلد:			۳۸-۳-روی ماشین‌ها	۳۰۰	۵۰۰
۳۱-۳-۱- روشنایی عمومی	۲۰۰	۳۰۰			
۳۱-۳-۲- روشنایی محل کار	۳۰۰	۵۰۰	**۳۹-کارخانه کاغذسازی**		
			۳۹-۱-مخلوط و خمیرکردن مواد	۲۰۰	۳۰۰
۳۲- صنایع سفالی (سرامیک)			۳۹-۲- برش و تکمیل	۱۵۰	۳۰۰
۳۲-۱- تهیه و عمل‌آوردن گل	۱۰۰	۱۵۰			
۳۲-۲-فرم‌دادن	۱۵۰	۲۰۰	**۴۰-کارگاه نجاری**		
۳۲-۳-کوره	۱۰۰	۱۵۰	۴۰-۱-ماشین‌های اره	۲۰۰	۳۰۰
۳۲-۴-تزیین و لعاب‌کاری	۵۰۰	۷۰۰	۴۰-۲-روی میز کار	۲۰۰	۳۰۰
			۴۰-۳-روی سایر ماشین‌ها	۳۰۰	۵۰۰
۳۳-کارگاه دستکش‌سازی					
۳۳-۱-بافندگی	۳۰۰	۵۰۰			
۳۳-۲-برش و پرس	۳۰۰	۵۰۰			
۳۳-۳-دوزندگی (روشنایی محل کار)	۷۰۰	۱۰۰۰			
۳۳-۴-بازرسی	۵۰۰	۷۰۰			
۳۴-کارگاه کلاهدوزی					
۳۴-۱-رنگرزی، تمیزکاری، نمد مالی، فرم دادن	۲۰۰	۳۰۰			
۳۴-۲- دوزندگی	۵۰۰	۷۰۰			
۳۵-کارگاه قالی‌بافی					
۳۵-۱-محل انتخاب مواد اولیه رنگ شده:					
۳۵-۱-۱-روشنایی عمومی	۱۵۰	۲۰۰			
۳۵-۱-۲-روشنایی محل کار	۲۰۰	۳۰۰			
۳۵-۲-کارگاه بافت:					
۳۵-۲-۱-روشنایی عمومی	۲۰۰	۳۰۰			
۳۵-۲-۲-روشنایی محل کار	۳۰۰	۵۰۰			
۳۵-۳-محل پرداخت	۲۰۰	۳۰۰			
۳۶-کارگاه دباغی					
۳۶-۱-حوضچه‌ها	۱۰۰	۱۵۰			
۳۶-۲-تمیزکردن و رنگ‌کردن	۱۵۰	۲۰۰			
۳۶-۳-پرداخت و برش و غلطک‌زنی	۲۰۰	۳۰۰			

جدول ۴-۵ شدت روشنایی لازم برای قسمت‌های مختلف بیمارستان بر حسب لوکس برابر استاندارد DIN 5035-1988

شرح محل و نوع روشنایی	شدت نور [لوکس]	شرح محل و نوع روشنایی	شدت نور [لوکس]
۱-اتاق‌های خواب بیماران		**۶- اتاق عمل**	
روشنایی عمومی	۱۰۰	روشنایی عمومی	۱۰۰۰
روشنایی مطالعه	۲۰۰	روشنایی موضعی	(۲۰۰۰۰تا۱۰۰۰۰۰)
روشنایی معاینه	۳۰۰	**۷- اتاق‌های فرعی بخش عمل**	
۲- بخش نوزادان		روشنایی عمومی رختکن	
روشنایی عمومی	۲۰۰	اتاق‌های شست‌وشوی	
روشنایی مراقبت شب	۲۰	آماده‌سازی قبل از عمل	۵۰۰
۳- اتاق‌های معاینه و درمان عمومی		نگهداری بعد از عمل	
روشنایی عمومی	۵۰۰	نگهداری وسایل جراحی	
روشنایی موضعی معاینه	۱۰۰۰	نگهداری لوازم استریل	
۴- اتاق‌های معاینه و درمان ویژه		محل استریل‌کردن	
۴-۱-معاینات اندوسکپی		ریکاوری	۵۰۰ قابل تبدیل به ۱۰۰
آماده‌سازی	۵۰۰	**۸-اتاق‌های درمان، حمام‌های طبی، فیزیوتراپی، ماساژ**	
ارولوژی، رکتوسکپی، گانیکالوژی	۵۰	روشنایی عمومی	۳۰۰
۴-۲-معاینات چشم		**۹-اتاق‌های دیالیز**	
		روشنایی عمومی اتاق	۱۰۰
روشنایی عمومی	۵۰۰	روشنایی عمومی محل	
انکسارسنجی، عکسبرداری شبکیه، معاینه درونی، انحراف‌سنجی	۵۰	مریض‌خواب‌ها	۵۰۰
دیدسنجی، انطباق‌سنجی	۵	**۱۰-آزمایشگاه و داروخانه**	
۴-۳-معاینات رادیوگرافی		روشنایی عمومی	۵۰۰
روشنایی عمومی	۵۰۰	کنترل رنگ	۱۰۰۰
		۱۱-راهروها و راه‌پله‌ها	
کار با مانیتور	۲۰	در محل‌مریض خواب‌ها- روز	۲۰۰
۴-۴-دندانپزشکی		شب	۵۰
نورعمومی	۵۰۰	در بخش عمل	۳۰۰
نورموضعی	۸۰۰۰	روز	
۴-۵-معاینات پوستی		شب	۱۰۰
نورعمومی	۵۰۰	**۱۲-توالت‌ها و قسمت‌ها کثیف**	
۵-مراقبت‌های شدید		توالت‌ها	۲۰۰
نورعمومی	۱۰۰	قسمت‌های کثیف	۳۰۰
نورعمومی روی تخت‌ها	۳۰۰	**۱۳-اتاق کار پزشکان و پرستاران**	
نورموضعی روی تخت‌ها	۱۰۰۰	روشنایی عمومی	۳۰۰
روشنایی مراقبت شب	۲۰	روشنایی کارهای چشمی	۵۰۰
		سخت	

۴-۶ مشخصات فنی و موارد کاربرد چراغ‌ها

۴-۶-۱ در انتخاب نوع و تعداد چراغ‌ها در یک طرح روشنایی، مصرف هر چه کمتر انرژی برق نقش اساسی ایفا نموده و با توجه به مزایای لامپ‌های فلورسنت فشرده(compact)و انواع دیگر لامپ‌های فشرده کم‌مصرف از جمله طول عمر بالا همراه با نوردهی زیاد، نصب آسان در سرپیچ‌های استاندارد، استفاده از این نوع لامپ‌ها در انواع مختلف چراغ‌های روشنایی تا حد امکان باید در نظر گرفته شود. در جدول ۴-۶ مشخصات برخی از لامپ‌های فشرده ارایه شده است.

۴-۶-۲ تعداد انواع مختلف چراغ‌ها و لامپ‌ها باید در حداقل ممکن بوده و در انتخاب آن باید عوامل هزینه اولیه، هزینه تعمیر و نگهداری و تعویض، خیرگی لامپ، صدا، پارازیت رادیویی و بالاخره معماری محل در نظر گرفته شود. جدول ۴-۷ بهره نوری، رنگ، طول عمر، اثر تغییرات ولتاژ و تجهیزات لامپ‌های مختلف را با یکدیگر مقایسه می‌نماید.

۴-۶-۳ چراغ‌های حاوی لامپ‌های رشته‌ای باید دارای سرپیچ مارپیچی باشد. لامپ‌های فیلامان تنگستن باید از بهترین نوع بوده و برابر استاندارد بین المللیIEC ساخته شده باشد.

۴-۶-۴ چراغ‌های فلورسنت باید دارای سرپیچ‌های میخی (دوشاخه‌ای) بوده و شامل چوک‌های رفع‌کننده تداخل رادیویی، خازن‌های تصحیح ضریب قدرت، لامپ و در صورت لزوم راه‌اندازها (استارترها) باشد . در هنگام انتخاب انواع لامپ‌های فلورسنت، باید در مورد احتمال تولید اعوجاج رنگ نامطلوب توسط این لامپ‌ها دقت و توجه کافی به عمل آید. رفلکتورها و حباب‌ها باید طوری طراحی و ساخته شده باشد که تعویض و تمیزکردن لامپ‌ها به سهولت انجام پذیرد.

جدول ۴-۶: مشخصات لامپ‌های فلورسنت فشرده

ردیف	نوع لامپ	توان لامپ [w]	شارنوری [lm]	طول عمر (ساعت)	نوع سرپیچ
۱	فشرده Triple CFL	۲۰	۱۲۰۰	۱۰۰۰۰	E 27
۲	فشرده FPL	۳۶	۲۹۰۰	۱۰۰۰۰	2G11
۳	فشرده مارپیچی CFL	۱۵	۹۵۰	۱۰۰۰۰	E27 و E14
۴	فشرده CFL4U	۸۵	۵۰۰۰	۱۰۰۰۰	E40 و E27

جدول ۴-۷ مقایسه انواع لامپ‌های روشنایی

ردیف	نوع لامپ	حداکثربهره نوریlm/w	رنگ	طول عمر (ساعت)	اثر تغییرات ولتاژ لامپ	تجهیزات	خیرگی
۱	رشته‌ای	۲۰	مایل به قرمز	۱۰۰۰	زیاد	کم	زیاد
۲	فلورسنت	۷۰	انواع سفید و رنگهای دلخواه	۱۰۰۰۰	نسبتاً کم	نسبتاًزیاد	زیاد
۳	جیوه‌ای با فشارزیاد	۶۰	سفید مایل به آبی	۵۰۰۰	کم	معمولی	بسیارزیاد
۴	جیوه‌ای بافشارکم	۴۵	سفید مایل به آبی	۵۰۰۰	کم	معمولی	بسیارزیاد
۵	جیوه‌ای دوبل	۳۰	سفید مایل به قرمز	۲۰۰۰	متوسط	معمولی	زیاد
۶	سدیم با فشارکم	۸۵	قرمز مایل به زرد	۴۰۰۰	کم	زیاد	بسیارزیاد
۷	سدیم با فشار زیاد	۱۰۰	قرمزمایل به زرد	۶۰۰۰	کم	زیاد	بسیارزیاد
۸	متال هلاید	۷۰	سفیدکمی مایل به قرمز	۴۰۰۰	کم	معمولی	زیاد
۹	نئون	۱۰	انواع رنگها	۱۰۰۰۰	نسبتاً کم	بسیارزیاد	کم
۱۰	هالوژن	۲۵	قرمز مایل به زرد	۱۰۰۰	زیاد	معمولی	زیاد

۴-۶-۵ چراغ‌های فلورسنت که در یک ردیف و به صورت پشت سر هم نصب می‌شوند، باید به نحوی طراحی شده باشد که در صورت لزوم تعویض لامپ در چراغ‌های میانی، نیازی به تنظیم چراغ‌های دیگر نباشد. هم‌چنین در چراغ‌هایی که حاوی چند لامپ فلورسنت می‌باشند تعویض یک لامپ، نباید سبب اخلال در ایمنی سایر لامپ‌ها گردد.

۴-۶-۶ سرپیچ‌ها باید مناسب لامپ مصرفی و از نوع چینی یا برنجی باشد. استفاده از سرپیچ‌های پلاستیکی در هیچ مورد مجاز نخواهد بود. سرپیچ‌ها باید طوری باشد که اتصال الکتریکی فقط موقعی که لامپ کاملاً بسته شده است انجام پذیرد.

۴-۶-۷ در مورد چراغ‌های رشته‌ای، به غیر از مواردی که لامپ دیده می‌شود، لامپ با شیشه بی‌رنگ باید در کلیه چراغ‌ها مصرف شود.

۴-۶-۸ خازن تصحیح ضریب قدرت باید در کلیه چراغ‌ها به جز چراغ‌های رشته‌ای پیش‌بینی و نصب شود.

۴-۶-۹ کلیه چراغ‌ها بایستی به طور کامل با حباب، سرپیچ، لامپ و وسایل نصب از قبیل پیچ و مهره، رول پلاگ، لوله آویز، روزت و سایر وسایل مربوطه تهیه و نصب شود.

۴-۶-۱۰ در چراغ‌هایی که سرسیم‌های اتصال باید توسط ترمینال جداگانه به مدار سیم‌کشی اتصال یابد، فضای کافی در چراغ برای استقرار ترمینال باید پیش‌بینی گردد.

۴-۶-۱۱ چراغ‌ها باید به نحوی طراحی و ساخته شده باشد که هنگام استفاده طبیعی از آن، کیفیت کار آنها قابل اطمینان بوده و هیچ‌گونه خطری برای مصرف‌کننده یا محیط اطراف ایجاد نکند.

۴-۶-۱۲ چراغ‌ها باید به نحوی طراحی و ساخته شده باشد که نگهداری عمومی آن از جمله تمیزکردن، تعویض نمودن لامپ‌ها و راه‌اندازها بدون ایجاد صدمه‌ای به چراغ یا خطری برای کننده کار، امکان‌پذیر باشد.

۴-۶-۱۳ اتصالات پیچیده شده و سایر اتصالات ثابت بین قسمت‌های مختلف چراغ باید به نحوی باشد کـه در اثـر نوسـانات و یـا سایر نیروهایی که در هنگام کار معمولی چراغ به آن ممکن است وارد آید تغییر نکنند.

۴-۶-۱۴ ساختمان چراغ باید به نحوی باشد که از افتادن لامپ‌ها در اثر نوسانات و یا سایر شرایط کار مربوطه جلوگیری کند.

۴-۶-۱۵ چراغ‌ها برای کار در شرایط سخت باید دارای حفاظت در مقابل ذرات غبار و رطوبت حداقلIP54 باشند.

۴-۶-۱۶ سطوح کلیه قسمت‌های فلزی چراغ باید بر حسب طبقه‌بندی آن و شرایط کار مربوطه در مقابل زنگ‌زدگی مقاوم باشد.

۴-۶-۱۷ لبه‌های صفحات فلزی و سایر مواد باید به نحوی همواره صاف باشد که نتواند عایق هادی‌های مربوطه را زخمی نماید.

۴-۶-۱۸ قسمت‌های شیشه‌ای چراغ‌ها باید طوری طراحی و ساخته شده باشد که قادر به مقاومت در برابر شوک حرارتی حاصـل از کاربرد مربوطه باشد.

۴-۶-۱۹ چراغ‌ها هنگام روشن بودن، نباید دارای صدای قابل شنیدن حاصل از انبساط حرارتی باشد و چـوک آن نیـز نبایـد باعـث تشدید صدا شود.

۴-۶-۲۰ کلیه چراغ‌ها به خصوص چراغ‌های رشته‌ای باید به نحوی طراحی و ساخته شده باشد که حرارت حاصل از لامپ‌هـا را بـه سهولت دفع کرده و حرارت مذکور نباید سبب ایجاد هر گونه خطری برای کاربرد معمولی و حتی غیرعادی چراغ‌ها گردد.

۴-۶-۲۱ در چراغ‌های مناسب برای نصب در یا روی سطوح قابل اشتعال معمولی، اگـر یکـی از اجـزاء چـراغ از کـار بیافتـد دمـای اضافی حاصل از این پدیده، نباید سبب گرم شدن بیش از حد سطوح مذکور شود.

۴-۶-۲۲ در سیم‌کشی داخلی چراغ‌ها، هادی‌ها باید از نوع و اندازه (سطح مقطع) مناسب با توان مصرفی چراغ در حالت کـار عـادی باشد . عایق سیم‌کشی باید مقاوم در برابر ولتاژ و دمای حداکثر ایجاد شده در چراغ که به طرز صحیح نصب و به سیسـتم برق متصل است بوده و اختلالی در ایمنی آن به وجود نیاید.

۴-۶-۲۳ در چراغ‌های گروه I، پس از نصب یا در شرایط بازکردن چراغ به منظور تعویض لامـپ، راه‌انـداز و یـا تمیزکـردن چـراغ، قسمت‌های فلزی قابل دسترسی که امکان دارد به علت ایجاد نقص در عایق‌بندی، برق‌دار شوند بایستی به صـورت دائـم و قابل اطمینان به سیستم زمین اتصال یابند. قسمت‌های فلزی چراغ‌هایی که امکان دارد در صورت نقص در عایق‌بنـدی برق‌دار شده ولی قابل دسترسی نمی‌باشند و در عین حال ممکن است با سطح نگـاه‌دارنـده چـراغ تمـاس داشـته باشـند بایستی به طور دائم و قابل اطمینان به ترمینال زمین متصل شوند.

۴-۶-۲۴ چراغ‌های خیابانی و جاده‌ای و نیز نورافکن‌های فضای آزاد باید دارای حفاظت در مقابل نفوذ ذرات غبار و رطوبت حـداقل IPX3 باشند.

۴-۶-۲۵ وسیله‌ای که نورافکن را بر پایه نگاه‌دارنده آن متصل کرده است باید مناسب با وزن نورافکن طراحی و ساخته شـده باشـد

۴-۶-۲۶ چراغ‌های فلورسنت اضطراری باید بدون کمک راه‌انداز(glow starter)روشن شده و راه‌انداز نباید در مدار چراغ در حالـت کار اضطراری قرار داشته باشد.

۴-۶-۲۷ ایجاد نقص در هر چراغ اضطراری متصل به یک مدار روشنایی، نبایستی تاثیری بر سایر چراغ‌های متصل به آن مدار داشته باشد . در این رابطه می‌توان از یک فیوز، رله یا هر وسیله حفاظتی پیش‌بینی شده در هر چراغ استفاده کرد و یا طراحی مدار و اجزاء چراغ، حفاظت در مقابل اضافه جریان‌های نقص را تامین نمود.

۴-۶-۲۸ چراغ‌های بیمارستانی باید به نحوی ساخته شوند که (حتی در مواردی که الزامات حفاظت برای آنها ذکر نشده باشد)، نفوذ و انباشته‌شدن گرد و غبار در آنها در حداقل ممکن باشد.

۴-۶-۲۹ چراغ‌های مورد استفاده در بخش جراحی باید سطوح خارجی هموار داشته تا احتمال جمع‌شدن ذرات غبار و سایر اجسام کوچک به حداقل ممکن برسد.

۴-۶-۳۰ چراغ‌های بیمارستانی که به منظور روشنایی عمومی در اتاق‌های جراحی، مناطق استریل شده مانند داروخانه‌ها و اتاق‌های آب‌درمانی به کار می‌روند باید دارای حفاظت در مقابل نفوذ ذرات غبار و رطوبت حداقل IP54 باشند.

۴-۶-۳۱ چراغ‌های بیمارستانی که به منظور روشنایی عمومی در اطاق‌های سردخانه و غسالخانه مورد استفاده قرار می‌گیرند باید دارای حفاظت در مقابل نفوذ ذرات غبار و رطوبت حداقل IP55 باشند.

۴-۶-۳۲ چراغ‌های نصب شده در محدوده دوش حمام باید دارای درجه حفاظت IP44 یا بیشتر باشد.

۴-۶-۳۳ در چراغ‌های سیلندری توکار برای پیشگیری از افزایش درجه حرارت باید از لامپ‌های فشرده و مناسب استفاده شود.

۴-۷ اصول و روش‌های نصب چراغ‌ها

۴-۷-۱ جزییات ساختمانی نصب چراغ‌ها باید دقیقاً مطابق آنچه در نقشه‌ها و جزییات تیپ تاسیسات الکتریکی ساختمان‌ها تعیین و نشان داده شده است بوده و کاملاً رعایت گردد.

۴-۷-۲ محل دقیق چراغ‌ها باید با توجه به محدودیت‌هایی که از نظر اسکلت‌بندی ساختمان و سایر موانع از قبیل شبکیه‌های هوا، بلندگو و غیره وجود دارد تعیین شود.

۴-۷-۳ محل قرار گرفتن کلیه چراغ‌ها باید دقیقاً در محل نصب تعیین شود به نحوی که امتداد چراغ‌ها مخصوصاً در راهروها کاملاً یکسان باشد.

۴-۷-۴ کلیه چراغ‌های سقفی و آویز بایستی در مرکز سقف‌ها به نسبت مساوی از دیوار نصب شده و حالت تقارن از یکدیگر را حفظ کند. کلیه سیم‌ها و حلقه‌ها باید کاملاً در داخل چراغ قرار گیرد.

۴-۷-۵ در هنگام نصب چراغ باید دقت شود که پیچ و رول‌پلاگ روی مسیر لوله برق زده نشود. اندازه پیچ و رول‌پلاگ باید به صورتی انتخاب گردد که در قسمت سفت‌کاری سقف یا دیوار (آجر یا سیمان) نفوذ کند.

۴-۷-۶ چراغ‌ها باید طوری نصب شود که بهترین بازده نوری را داشته باشد. در صورتی که با تغییراتی در نصب بتوان پخش نور را به نحو بهتر و یکسان انجام داد پیمانکار می‌تواند باموافقت مهندس مشاور اقدام به تغییر محل چراغ‌ها کند.

۴-۷-۷ کلیه چراغ‌ها باید قبل از نصب به طور کامل سیم‌کشی شده باشد. سیم مصرفی باید از بهترین نوع بوده و در برابر حرارت حاصل از کاربرد چراغ مقاومت کافی را دارا باشد. ضمناً در محل ورود سیم‌های اصلی به داخل چراغ لازم است سیم‌های مزبور به وسیله غلاف نسوز محافظت شود.

۴-۷-۸ چراغ‌های سقفی باید به سقف اصلی ساختمان نصب شود و در صورت وجود سقف کاذب، چراغ‌ها باید به سقف اصلی آویزان شود. قاب چراغ نیز نبایستی به سقف کاذب محکم شود. اتصال چراغ‌ها به سقف اصلی به وسیله رول‌پلاگ و پیچ خواهد بود.

۴-۷-۹ اتصال به چراغ‌های توکار، در بالای سقف کاذب توسط کابل نرم سه سیمه که یک سر آن به روزت وصل شده باشد انجام می‌گیرد و در مورد چراغ‌های رشته‌ای کابل نرم باید از نوع ضد حرارت باشد.

۴-۷-۱۰ سیم چراغ‌های فلورسنت که مستقیماً روی جعبه نصب می‌شود باید مستقیماً به اتصالی داخلی جعبه تقسیم برای اتصال برده شود.

۴-۷-۱۱ چراغ‌های فلورسنت توکار از نظر نحوه نصب در طرح‌های مختلف طراحی و ساخته می‌شوند ولی در هر حال چراغ باید مستقل از پانل‌های سقف کاذب نظیر دامپا، کناف و غیره به سقف اصلی متصل شود. در سقف کاذب رابتیز و گچ باید با آهن‌کشی در لبه‌های حفره داخل سقف تکیه‌گاه مناسبی برای چراغ ایجاد نمود.

۴-۷-۱۲ در هنگام استفاده از سرپیچ‌های نوع پیچی باید دقت کافی به عمل آید تا هادی فاز به قسمت پیچی سرپیچ اتصال نیابد.

۴-۷-۱۳ در صورت استفاده از خازن‌های تصحیح ضریب قدرت در مدارهای لامپ تخلیه گازی، هر قسمت از مدار نهایی که به وسیله یک کلید جداگانه و مستقل کنترل می‌شود باید دارای خازن تصحیح ضریب قدرت جداگانه باشد . هر خازنی که در مدار لامپ تخلیه گازی به کار می‌رود (به استثنای خازن‌های حذف تداخل رادیویی) باید به وسیله‌ای مانند مقاومت نشتی فوراً به محض قطع منبع جریان به صورت اتوماتیک دشارژ شود.

۴-۷-۱۴ در هنگام نصب چراغ‌های مخصوص داخل استخر که باید دارای درجه حفاظت IPX8 بوده و ولتاژ کار ۱۲ ولت آنها توسط ترانس ایزوله تامین می‌شود، کابل چراغ باید به صورت یک‌پارچه تا تابلو کشیده شود و اگر نیاز به اتصال باشد باید مفصل حرارتی قابل استفاده در داخل آب به کار رود.

۴-۷-۱۵ در مورد نصب چراغ صنعتی آویز، در صورتی که در سقف آهن وجود نداشته باشد باید برای نصب چراغ، کلمپ اتصال را با رول بولت قلاب‌دار به سقف آویزان نمود.

۴-۷-۱۶ چراغ‌های سیلندری توکار برای فضای مسکونی واداری معمولاً برای نصب روی سقف کاذب طراحی می‌شوند. در این صورت باید لبه‌های پانل سقف را در دو طرف چراغ تقویت نمود.

۴-۷-۱۷ در هنگام نصب چراغ فلورسنت روکار با لوله‌کشی روکار، اتصالات سیم یا کابل در خط اصلی روشنایی باید در جعبه تقسیم و به وسیله ترمینال انجام شود. اتصال لوله به جعبه تقسیم و چراغ باید توسط بوشن و مهره انجام شود. در اتاق‌های تاسیسات که از چراغ نوع ضد آب استفاده می‌شود باید در محل اتصالات لوله از واشر سربی و برای درب جعبه تقسیم از واشر لاستیکی استفاده شود.

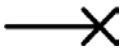
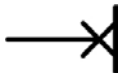
۴-۷-۱۸ چراغ‌های بشقابی لعابی با حباب مات استوانه‌ای که به عنوان چراغ‌های خیابانی بر روی تیرهای چوبی، پایه‌های بتونی و تیرهای فلزی نصب می‌شود باید به وسیله براکت فولادی، بست پیچی شکاف‌دار، بست نگهدارنده سیم، و کلمپ اتصال به شبکه بر طبق مشخصات و استانداردهای وزارت نیرو ساخته شده و نصب شود.

۴-۷-۱۹ چراغ‌های لاک‌پشتی با حباب و لامپ مربوطه که به عنوان چراغ‌های خیابانی بر روی پایه‌های بتونی یا دیوار ساختمان‌ها نصب می‌شود باید به وسیله براکت فولادی شلاقی، بست پیچی شکاف‌دار، بست نگهدار کابل، سیم مسی، کلید کنترل روشنایی، لوله فولادی گالوانیزه، تسمه فولادی گالوانیزه بر طبق مشخصات و استانداردهای وزارت نیرو ساخته شده و نصب شود.

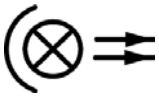
۴-۸ نشانه‌های ترسیمی الکتریکی

نشانه‌های ترسیمی تاسیسات روشنایی بر اساس استاندارد IEC60617-8,11 در جدول ۴-۸ ارائه شده است.

جدول ۴-۷: نشانه‌های ترسیمی برای تاسیسات روشنایی برابر استانداردIEC60617-8,11

شرح	نشانه
محل اتصال لامپ یا چراغ با سیم‌کشی مربوط	
محل اتصال لامپ یا چراغ دیواری با امتداد سیم‌کشی به طرف چپ	
لامپ و چراغ، نشانه عمومی لامپ و چراغ نشانگر، نشانه عمومی یادآوری: ۱- در صورتی که تعیین رنگ نور موردنظر باشد، در کنار نشانه از حروف مشخص‌کننده زیر استفاده شود: قرمز=RD زرد =YE سبز =GN آبی =BU سفید =WH ۲- در صورتی که تعیین نوع لامپ مورد نظر باشد، در کنار نشانه از حروف مشخص‌کننده زیر استفاده شود: نئون =Ne زنون =Xe بخار سدیم =Na بخار جیوه =Hg ید =I رشته‌ای =IN الکترولومینسنت =EL قوس الکتریکی =ARC فلورسنت =FL مادون قرمز=IR ماورای بنفش=UV دیود نورافشان =LED	
چراغ نشانگر چشمک‌زن	
لامپ یا چراغ فلورسنت، نشانه عمومی مثال‌ها: چراغ، مجهز به سه لامپ فلورسنت چراغ، مجهز به پنج لامپ فلورسنت	
نورافکن، نشانه عمومی	

جدول ۴-۷: نشانه‌های ترسیمی برای تاسیسات روشنایی برابر استاندارد IEC60617-8,11 (ادامه)

نورافکن همگرا (اسپات)	
نورافکن واگرا (فلاد)	
تجهیزات کمکی برای لامپ‌های تخلیه‌ای یادآوری: این نشانه فقط در مواردی به کار رود که تجهیزات کمکی به صورت جداگانه نصب شود.	
چراغ اضطراری بر روی مدار ویژه	
چراغ اضطراری باتری سرخود	

فصل ۵

تابلوهای فشار ضعیف

مشخصات فنی عمومی و اجرایی

تأسیسات برقی ساختمان

نشریه ۱-۱۱۰ (تجدید نظر دوم)

۵ تابلوهای فشار ضعیف

فهرست

شناسه	عنوان	صفحه
۵-۱	دامنه پوشش	۱ از ۸۷
۵-۲	تعاریف و اصطلاحات	۱ از ۸۷
۵-۳	استاندارد ساخت	۲ از ۸۷
۵-٤	طبقه‌بندی	۳ از ۸۷
۵-۵	انواع و موارد کاربرد	٤ از ۸۷
۵-۶	مشخصات فنی ساخت و روش نصب	۶ از ۸۷
۵-۷	لوازم، وسایل و تجهیزات داخل تابلو	۱٤ از ۸۷
۵-۸	شرایط بهره‌برداری عادی	۱۶ از ۸۷
۵-۹	شرایط بهره‌برداری خاص	۱۷ از ۸۷
۵-۱۰	مشخصات فنی کلیدهای خودکار	۱۷ از ۸۷
۵-۱۱	کنتاکتورها و راه‌اندازهای الکترومکانیکی فشار ضعیف	۲۲ از ۸۷
۵-۱۲	کنتاکتورهای الکترومکانیکی هوایی مصارف خانگی و مشابه	۲۷ از ۸۷
۵-۱۳	فیوزهای فشارضعیف	۲۸ از ۸۷
۵-۱٤	کلیدهای خودکار مینیاتوری	۲۹ از ۸۷
۵-۱۵	ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری جریان	۳۰ از ۸۷
۵-۱۶	وسایل اندازه‌گیری و نمایشگر	۳۱ از ۸۷
۵-۱۷	پلاک‌های مشخصات و نشانه‌گذاری تابلو	۳۱ از ۸۷
۵-۱۸	آزمایش تابلوهای فشار ضعیف	۳۲ از ۸۷
۵-۱۹	جداول داده‌ها و شکل‌های نمونه تابلوهای فشار ضعیف	۳۳ از ۸۷
	ضمیمه	۶۶ از ۸۷

۵-۱ دامنه پوشش

در این بخش مشخصات فنی‌عمومی و دستورالعمل‌های اجرایی نصب تابلوهای قطع و وصل و فرمان فشارضعیف مورد استفاده در تاسیسات برق ساختمان‌ها شامل انواع تابلوهای اصلی، نیم‌اصلی و فرعی نیروی برق ارایه شده است. تابلوهای مورد بحث شامل تابلوهای قابل دسترسی از جلو، تابلوهای قابل دسترسی از پشت، تابلوهای چند خانه‌ای و چند جعبه‌ای، تابلوهای فرعی دیواری، تابلوهای قابل نصب در فضای باز، و تابلوهای فرمان وسایل موتوری، خواهد بود.

این مشخصات فنی هم‌چنین لوازم، وسایل و تجهیزات داخل تابلو از قبیل کلیدهای اتوماتیک، کنتاکتورهای فشارضعیف، وسایل اندازه‌گیری، وسایل حفاظت و فرمان، لوازم سمعی و بصری، مقره‌ها و شینه‌ها را نیز در بر می‌گیرد.

۵-۲ تعاریف و اصطلاحات

۵-۲-۱ تابلو قطع و وصل و فرمان فشار ضعیف (Low - Voltage Switchgear and Controlgear Assemblies)

ترکیبی است از یک یا چند وسیله کلیدزنی (قطع و وصل) فشار ضعیف همراه با تجهیزات فرمان، اندازه‌گیری، نشانگر(سیگنال)، حفاظت، و تنظیم که کلیه اتصالات برقی و مکانیکی داخلی و قسمت‌های بدنه آن به طور کامل با مسوولیت سازنده سوار و نصب شده باشد.

۵-۲-۲ تابلو قطع و وصل و فرمان فشار ضعیف که آزمون نوعی را گذرانده است

(Type Tested Low- Voltage Switchgear and Controlgear Assembly,TTA)

تابلویی است با یک سیستم شناخته شده که تفاوت آن نسبت به تابلوهایی که بر طبق استاندارد ISIRI 1928-1 آزمون نوعی شده‌اند، آن‌قدر نباشد که تاثیر قابل ملاحظه‌ای بر نحوه عملکرد تابلو داشته باشد.

۵-۲-۳ تابلو قطع و وصل و فرمان فشار ضعیف که قسمت‌هایی از آن آزمون‌های نوعی را گذرانده است

(Partially Type Tested Low Voltage Switchgear and Controlgear Assembly,PTTA)

تابلوی قطع و وصل و فرمان فشار ضعیفی است که از قسمت‌های دارای آزمون نوعی و قسمت‌های فاقد آزمون نوعی تشکیل شده است مشروط بر این که قسمت‌های فاقد آزمون نوعی از نمونه‌های دارای آزمون نوعی اقتباس شده باشند (برای مثال از راه محاسبه) و با آزمون‌های مربوطه مطابقت داشته باشد.

۵-۲-۴ اسکلت نگهدار (supporting structure)

قسمتی از ساختمان تابلو است که برای نگهداری اجزای متشکله مختلف تابلو و پوشش آن، در صورت وجود، طراحی می‌شود.

۵-۲-۵ پوشش (enclosure)

قسمتی از تابلو است که برای تامین حفاظت تجهیزات در برابر عوامل خارجی معینی طراحی شده و در همه جهات در برابر تماس مستقیم، درجه حفاظتی حداقل IP2X را تامین می‌کند.

۵-۲-۶ شینه (busbar)

یک هادی با مقاومت ظاهری (امپدانس) کم است که بتوان چند مدار الکتریکی را به طور جداگانه به آن وصل کرد.

۵-۲-۷ مدار اصلی (در مورد یک تابلو) (main circuit)

کلیه قسمت‌های هادی متعلق به یک مدار از تابلو که برای انتقال انرژی الکتریکی به کار رفته است.

۵-۲-۸ مدار کمکی (در مورد یک تابلو) (auxiliary circuit)

کلیه قسمت‌های هادی متعلق به یک مدار از تابلو (غیر از مدار اصلی) که برای کنترل و انـدازه‌گیـری و علامـت دادن و تنظیم، پردازش داده‌ها و غیره به کار می‌رود.

۵-۲-۹ واحد عامل (functional unit)

قسمتی متشکل از کلیه اجزای الکتریکی و مکانیکی یک تابلو که در انجام یک عمل معین شرکت دارند.

۵-۲-۱۰ سیستم مجرای شینه‌کشی (باس‌وی) (busbar trunking system,busway)

مجموعه‌ای است که آزمون‌های نوعی را گذرانده و به فرم هادی‌های تشکیل شده از شینه‌ها است که از داخل کانـال یـا مجرا یا پوشش مشابهی عبور کرده است و مواد عایق، آنها را از هم جدا نگه‌داشته و ایجاد تکیه‌گاه می‌کند.

۵-۲-۱۱ درجه آلودگی (در مورد شرایط محیطی)

عددی قراردادی است که بر اساس مقدار گرد و غبار رسانا یا جاذب رطوبت، گاز یونیزه شده یا نمـک و رطوبـت نسـبی و فراوانی وقوع آن تعیین می‌شود و در نتیجه آن جذب رطوبت یا تجمع قطرات پیش می‌آید و منجر بـه کـاهش اسـتقامت دی‌الکتریکی و/ یا مقاومت ویژه سطحی می‌گردد.

۵-۳ استاندارد ساخت

۵-۳-۱ تابلوهای کنترل و فرمان فشار ضعیف که ولتاژ اسمی آن در جریان متناوب از ۱۰۰۰ ولت و فرکانس آن از ۱۰۰۰ هرتز، و در جریان مستقیم ولتاژ اسمی آن از ۱۵۰۰ ولت تجاوز نمی‌کنـد بایـد برابـر مشخصـات منـدرج در جدیـدترین اصـلاحیه استانداردهای موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران یا یکی از استانداردهای مشابه شناخته شده و معتبر جهانی ماننـد کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC) به شرح زیر طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گیرد:

۵-۳-۱-۱ استانداردهای موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

- تابلوهای قطع و وصل و فرمـان فشـار ضـعیف – قسـمت اول: تابلوهـایی کـه آزمـون‌هـای نـوعی در مـورد آنهـا یـا قسمت‌هایی از آنها انجام شده است. ISIRI 1928-1
- تابلوهای قطع و وصل و فرمان فشار ضعیف – قسمت دوم: مقـررات ویـژه مجموعـه‌هـای مجـرای شـینه (busway) ISIRI 1928-2
- طبقه‌بندی درجه حفاظت پوشش‌ها در لوازم الکتریکی ISIRI 2868
- تابلوهای مورد استفاده در شبکه توزیع – قسمت اول: مبانی تابلوهای فشار ضعیف و فشار متوسط ISIRI 5820

۵-۳-۱-۲ استانداردهای کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)

- تابلوهای کنترل و فرمان فشار ضعیف – قسمت اول: تابلوهایی که آزمون‌های نوعی در مورد آن یـا بخـش‌هـایی از آن انجام شده است. IEC 60439-1
- تابلوهای کنترل و فرمان فشار ضعیف – قسمت دوم: مقررات ویژه برای سیستم‌های مجرای شینه. IEC 60439-2

- تابلوهای کنترل و فرمان فشار ضعیف – قسمت سوم: مقررات ویژه برای تابلوهای کنترل و فرمان در دسترس و استفاده افراد بدون مهارت. IEC 60439-3
- تابلوهای کنترل و فرمان فشار ضعیف – قسمت چهارم: مقررات ویژه برای تابلوهای مورد استفاده در کارگاه‌های ساختمانی. IEC 60439-4
- تابلوهای کنترل و فرمان فشار ضعیف – قسمت پنجم: مقررات ویژه برای تابلوهای مورد استفاده در فضای باز اماکن عمومی. IEC 60439-5

۵-۳-۲ لوازم داخل تابلوهای فشار ضعیف باید برابر مشخصات مندرج در جدیدترین اصلاحیه استانداردهای موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران یا یکی از استانداردهای مشابه شناخته شده و معتبر جهانی مانند کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC) به شرح زیر طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گیرد:

- شینه‌های مسی برابر استاندارد VDE 0201و شینه‌های آلومینیومی برابر استاندارد VDE 0202
- کلیدهای خودکاری که ولتاژ اسمی آن در جریان متناوب از ۱۰۰۰ ولت و در جریان مستقیم از ۱۵۰۰ ولت تجاوز نمی‌کند برابر استانداردهای ISIRI 4835-1 و ISIRI 4835-2 یا IEC 60947-1 و IEC 60947-2 مقررات تکمیلی در مورد کلیدهای خودکاری که به عنوان راه‌اندازهای مستقیم به کار می‌رود برابر استاندارد ISIRI 4835-4
- کلیدها، قطع‌کننده‌ها (disconnectors)،کلیدهای قطع‌کننده و واحدهای درترکیب با فیوز فشار ضعیف برابر استاندارد IEC 60947-3
- کنتاکتورها و راه‌اندازهای موتور الکترومکانیکی برابر استاندارد IEC 60947-4-1
- کنتاکتورها و راه‌اندازهای موتور نیمه‌هادی برق متناوب برابر استاندارد IEC 60947-4-2
- کنتاکتورهای الکترومکانیکی هوایی مصارف خانگی و مشابه برابر استاندارد IEC 61095
- روش‌های علامت‌گذاری و شناسایی ترمینال‌های کنتاکتورهای فشار ضعیف و رله‌های اضافه بار همراه آن برابر استاندارد ISIRI 3181
- فیوزهای ولتاژ ضعیف برابر استانداردهای ISIRI 3109-1, 2, 3 و یا IEC 60269-1, 2, 2-1, 3, 3-1, 4, 4-1
- ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری جریان برابر استاندارد IEC 60044-1
- ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری ولتاژ برابر استاندارد IEC 60044-5 و IEC 60044-2

۵-۳-۳ سایر انواع تابلوها و وسایل داخل آن مانند وسایل اعلام‌خطر، ترمینال‌ها و غیره باید در صورت فقدان استاندارد ملی برابر مشخصات فنی یکی از استانداردهای معتبر و شناخته‌شده بین‌المللی که مورد قبول دستگاه نظارت نیز باشد مانند کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC) طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گیرد.

۵-۴ طبقه بندی

تابلوهای فشارضعیف مورد استفاده در تاسیسات برقی ساختمان‌ها را می‌توان با توجه به محل و موقعیت استقرار نسبت به منبع تغذیه و نقشی که در سیستم کنترل و توزیع برق ایفا می‌کند به ترتیب زیر طبقه‌بندی کرد:

۵-۴-۱ تابلو اصلی

این عنوان به تابلویی اطلاق می‌شود که عموماً در پست برق نصب می‌شود و به طرف فشار ضعیف ترانسفورماتور متصل است و برق مجموعه را توزیع و کنترل می‌کند.

۵-۴-۲ تابلو نیم‌اصلی

این‌گونه تابلوها برق بلوک ساختمانی یا قسمت مستقلی از مجموعه را توزیع و کنترل می‌کند.تابلوهای نامبرده از تابلوی اصلی تغذیه می‌شود.

۵-۴-۳ تابلو فرعی تاسیسات و تجهیزات

این نوع تابلوها برای توزیع و کنترل سیستم برقی خاص مانند موتورخانه، آشپزخانه، رختشوی‌خانه و مانند آن به کار می‌رود. تابلوهای مزبور از تابلو نیم‌اصلی تغذیه می‌شود.

۵-۴-۴ تابلو فرعی روشنایی

تابلویی است که نیروی برق روشنایی و پریزهای عمومی مربوط به هر قسمت را توزیع و کنترل می‌کند.این نوع تابلو نیز از تابلو نیم‌اصلی تغذیه می‌شود.

۵-۴-۵ نقشه‌های شماتیک سیستم توزیع نیروی برق به وسیله تابلوهای اصلی، نیم‌اصلی، فرعی، و غیره برای توزیع در سطح در شکل ۵-۲ و برای توزیع در ارتفاع در شکل‌های ۵-۳(الف)و ۵-۳(ب) نشان داده شده است.

۵-۵ انواع و موارد کاربرد

عمده‌ترین انواع تابلوهای مورد مصرف در تاسیسات برق ساختمان‌ها و موارد کاربرد آن به شرح زیر است:

۵-۵-۱ تابلو تمام‌بسته: (برای نصب در فضاهای سرپوشیده)

این نوع تابلو عبارت است از مجموعه سوار شده در کارخانه که تمام جوانب آن – جز سطح نصب که ممکن است باز باشد –به نحوی بسته باشد که حداقل، درجه حفاظت IP ۲۰ تامین شود. این‌گونه تابلو را تابلو تمام بسته ایمنی نیز می‌نامند. تابلوهای تمام بسته ایمنی به اشکال مختلف ساخته می‌شود که بر حسب نوع کاربرد متفاوت و عمده‌ترین انواع آن به شرح زیر است:

۵-۵-۲ تابلوهای تمام بسته ایستاده:

منظور تابلویی است که بتواند به طور مستقل وبدون اتکا به دیوار در روی کف ساختمان استقرار پیدا کند.این‌گونه تابلوها معمولاً برای تابلوهای اصلی و نیم‌اصلی و تاسیسات و تجهیزات به کار می‌رود. انواع تابلوهای ایستاده به اشکال زیر ساخته می‌شود:

۵-۵-۲-۱ تابلو ایستاده قابل دسترسی از جلو عبارت است از تابلویی که دسترسی برای فرمان، تعویض فیوز و لوازم، اتصال سرکابل و سیم، و غیره کلاً از طرف جلو تابلو امکان‌پذیر باشد و شامل یک یا چند سلول می‌باشد (شکل‌های ۵-۶ و ۵-۷).

۵-۵-۲-۲ تابلو ایستاده قابل دسترسی از پشت عبارت است از تابلویی که وسایل اندازه‌گیری در جلو تابلو قرار گرفته و فرمان‌ها نیز از سمت جلو تابلو انجام می‌شود ولی دسترسی برای تعویض وسایل، اتصال کابل‌ها و سیم‌ها و مانند آن، از پشت تابلو امکان‌پذیر است و شامل یک یا چند سلول می‌باشد (شکل ۵-۸).

۵-۵-۲-۳ تابلو ایستاده چندخانه‌ای عبارت است از تابلویی که هر سلول آن دارای شینه‌کشی عمودی و قابل خانه‌بندی متغیر برای نصب کلیدهای مختلف، فیوزها و وسایل اندازه‌گیری برای فرمان ماشین‌آلات وغیره بوده و مجهز به شینه اصلی افقی برای توسعه به چند سلول نیز می‌باشد (شکل ۵-۹).

۵-۵-۲-۴ تابلو ایستاده چند جعبه‌ای عبارت است از تابلویی که اجزای آن (شینه، فیوز، کلید، و غیره) در قطعات مساوی با جعبه‌های چدنی یا فولادی ساخته شده و با اتصال جعبه‌ها به یکدیگر تشکیل تابلو می‌دهد (شکل ۵-۱۰).

۵-۵-۳ تابلو تمام بسته دیواری:

این نوع تابلو که به صورت یک جعبه قابل نصب در روی کار و یا در توی کار در ابعاد مختلف ساخته می‌شود و فقط از قسمت جلو آن قابل دسترسی است شامل شینه، کلید و وسایل حفاظت در برابر اضافه بار می‌باشد و برای کنترل مدارهای فرعی و روشنایی و نیرو به کار می‌رود.(شکل۵-۱۲).

۵-۵-۴ تابلو توزیع نیرو و روشنایی برای نصب در محوطه باز:

تابلو توزیع نیرو و روشنایی برای نصب در محوطه باز عبارت است از تابلوی تمام بسته با سقف شیب‌دار و مقاوم در برابر نفوذ رطوبت، آب و گرد و غبار، که معمولاً بر روی پایه‌های بتونی نصب می‌شود و برای تغذیه منازل، فرمان و کنترل روشنایی محوطه، آب نماها و غیره به کار می‌رود.(شکل ۵-۱۹).

۵-۶ مشخصات فنی ساخت و روش نصب

۵-۶-۱ تابلوهای اصلی توزیع نیروی برق فشارضعیف – انواع ایستاده قابل دسترسی از جلو و قابل دسترسی از پشت.

۵-۶-۱-۱ این نوع تابلوها باید از نوع ایستاده و با اسکلت نگهدار از آهن به فرم نبشی، ناودانی و سپری ساخته شده و به وسیله پیچ و مهره به یکدیگر متصل شود به گونه‌ای که در برابرتنش‌های حرارتی، الکتریکی و مکانیکی در شرایط عادی بهره‌برداری مقاوم باشد.
پوشش تابلو باید از ورق‌های فلزی با ضخامت حداقل دو میلی‌متر بوده و به وسیله پیچ و مهره به اسکلت نگهدار محکم شود. ساختمان بدنه این نوع تابلوها باید به گونه‌ای باشد که تابلو به سهولت از طرفین قابل توسعه باشد و به همین جهت پوشش‌های جانبی تابلو باید به وسیله پیچ و مهره‌های کرومه به اسکلت اصلی متصل شود.

۵-۶-۱-۲ در تابلوهای قابل دسترسی از جلو باید با بازکردن در محافظ جلو تابلو، یا برداشتن صفحه محافظ جلو آن، دسترسی به کلیه لوازم و تجهیزات داخلی تابلو، بدون تداخل با کارقسمت‌های مختلف امکان‌پذیر باشد، ولی در تابلوهای قابل دسترسی از پشت این امکان باید با باز کردن در پشت تابلوها حاصل شود.

۵-۶-۱-۳ به منظور ایجاد حفاظت در برابر زنگ‌زدگی و فساد تدریجی، تمامی سطوح تابلو و خانه‌ها باید برابر روش زیرین زیرسازی ورنگ‌آمیزی شود:

الف) زیرسازی شامل چربی‌گیری، زنگ‌زدایی، فسفاته‌کاری و یک لایه رنگ آستری

ب) رنگ‌آمیزی شامل حداقل دو لایه پوشش رنگ برای شرایط آب و هوایی خشک و سه لایه پوشش رنگ برای شرایط آب و هوایی مرطوب

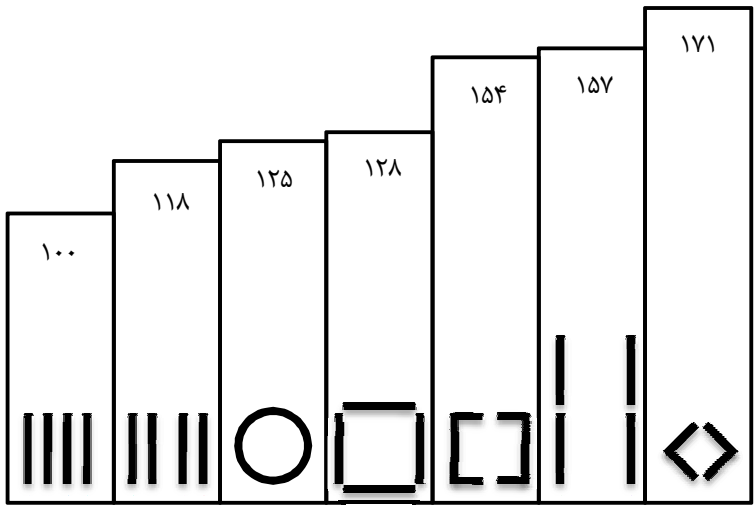
انتخاب نوع و ضخامت رنگ باید با توجه به شرایط محیطی، سطح آلودگی محل و میزان حفاظت مورد لزوم، متناسب با شرایط مندرج در جدول ۵-۱ صورت گیرد.

جدول ۵-۱: انتخاب نوع و ضخامت رنگ برای تابلو

نوع رنگ	ضخامت رنگ (میکرون)	مدت زمان دوام رنگ
رنگ آلومینیوم و روی–اکلیدی(Alkyds)–اپوکسی	۱۰۰ تا ۲۰۰	بیش از ۲۰ سال
رنگ اپوکسی، کولتار (coltar) –اپوکسی دو جزیی	۸۵ تا ۱۵۰	بین ۱۰ تا۲۰سال
رنگ روی و آلومینیوم، یک جزیی و دوجزیی ضد مواد شیمیایی	۵۰ تا ۱۰۰	بین ۵ تا ۱۰ سال
رنگ اپوکسی یک جزیی و دو جزیی	۴۰ تا ۸۰	کمتر از ۵ سال

۵-۶-۱-۴ انتخاب شکل سطح مقطع شینه‌ها باید با توجه به استقامت پیچشی شینه، ظرفیت‌باردهی، و اثر عامل پوستی در جریان متناوب انجام شود. در جریان‌های پایین استفاده از شینه تکی یا دوبل تخت با توجه به سهولت نصب و فواصل مجاز کم ارجح خواهد بود. بدیهی است که در این حالت استفاده ازشینه دوبل تلفات را کاهش می‌دهد. در جریان‌های بالاتر ممکن است از شینه‌های گرد(لوله‌ای) و ناودانی استفاده شود. شکل ۵-۱ درصد باردهی شینه‌های مختلف با سطح مقطع یکسان را نشان می‌دهد.

سطح مقطع شمش‌های مسی تخت باید بر اساس جدول ۵-۵ و سطح مقطع شمش‌های آلومینیومی تخت برابرجدول ۵-۶ انتخاب شود. در مواردی که از شینه‌های مسی و یا آلومینیومی با مقاطع گرد (لوله‌ای) یا ناودانی استفاده می‌شود باید از جداول مندرج در نشریه شماره ۳۷۵ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور با عنوان "مشخصات فنی عمومی و اجرایی پست‌های توزیع هوایی و زمینی ۲۰ و۳۳ کیلوولت" استفاده شود.



شکل ۵-۱: درصد باردهی شینه‌های مختلف (با سطح مقطع‌های یکسان)

۵-۶-۱-۵ ظرفیت الکتریکی شینه فازها نباید از صد و پنجاه درصد شدت جریان اسمی کلید اصلی تغذیه کننده تابلو کمتر باشد.سطح مقطع شینه‌های خنثی و اتصال زمین نباید از نصف سطح مقطع شینه فاز کمتر باشد. شینه‌های خنثی و اتصال زمین باید برای سراسر طول تابلو پیش‌بینی شود. شینه‌های فاز و خنثی باید روی مقره‌های اتکایی چینی یا صمغ مصنوعی نصب شود و شینه اتصال زمین باید روی مقره نصب شده و سپس به بدنه تابلو متصل گردد. نقطه اتصال

شینه‌ها به یکدیگر و کلیدها به شینه‌ها باید قبل از اتصال کاملاً تمیز شده و در صورت امکان با یک لایه نقره‌ای پوشیده و سپس به وسیله پیچ و مهره و واشرهای مسی یا برنز محکم شود تا حداکثر هدایت الکتریکی به وجود آمده و از گرم شدن جلوگیری شود. حداقل فاصله بین شینه‌ها باید از ۱۰ سانتی‌متر کمتر نباشد. اتصال کابل‌ها به شینه‌ها، کلیدها، فیوزها و غیره باید به وسیله کابلشو انجام گیرد. شینه‌ها باید با رنگ نسوز به ترتیب زیر رنگ‌آمیزی شود:

فاز اول، به رنگ قرمز

فاز دوم، به رنگ زرد

فاز سوم، به رنگ آبی

شینه‌های اتصال زمین و خنثی به رنگ سبز و زرد

طریقه استقرار شینه‌های فاز اول، دوم و سوم در سطوح مختلف به قرار زیر خواهد بود:

الف) برای شینه‌کشی‌های افقی واقع در سطح افقی تابلو:

شینه سمت جلو تابلو به رنگ قرمز، شینه وسط به رنگ زرد، وشینه‌ای که به طرف پشت تابلو قرار می‌گیرد به رنگ آبی خواهد بود.

ب) برای شینه‌کشی‌های افقی واقع در سطح عمودی تابلو:

شینه بالا به رنگ قرمز، شینه وسط به رنگ زرد، و شینه پایین به رنگ آبی خواهد بود.

پ) برای شینه‌کشی‌های عمودی واقع در سطح عمودی تابلو(جهت نگاه از جلو تابلو):

شینه سمت چپ به رنگ قرمز، شینه وسط به رنگ زرد، و شینه سمت راست به رنگ آبی خواهد بود.

ت) برای شینه‌کشی‌های عمودی واقع در سمت عمودی تابلو (جهت نگاه از جنب تابلو):

شینه سمت جلو تابلو به رنگ قرمز، شینه وسط به رنگ زرد و شینه‌ای که به طرف پشت تابلو قرار می‌گیرد به رنگ آبی خواهد بود.

۵-۶-۱-۶ درب‌های تابلو باید با لولای گالوانیزه یا استیل بوده ودارای قفل باشد و قفل‌ها باید شبیه به هم انتخاب شده باشد و یک کلید برای هر قفل موجود باشد و هر درب علاوه بر قفل دارای چفت نیز باشد.

۵-۶-۱-۷ در مواردی که تابلو برای استفاده در محیط‌هایی با رطوبت و تغییر دمای زیاد در نظر گرفته شده باشد، باید اقدامات مناسبی با استفاده از تامین عبور هوا از داخل تابلو یا گرمکن برای جلوگیری از تعرق زیان‌آور در داخل تابلو به عمل آید.

۵-۶-۱-۸ لوازم داخل تابلو از قبیل کلید، کنتاکتور، وسایل اندازه‌گیری، فیوز، رله، واحد اعلام خطر، و غیره باید به نحوی نصب شود که از نظر تعمیر و نگهداری و یا تعویض، هر یک از آن به سهولت در دسترس باشد.

۵-۶-۱-۹ وسایل اندازه‌گیری و چراغ‌های سیگنال و اعلام خطر، در صورتی که روی قسمت متحرک یا قابل برداشت تابلو نصب شده باشد کلیه سیم‌کشی‌های مربوط باید با کابل یا سیم قابل انعطاف انجام شود.

۵-۶-۱-۱۰ فواصل دستگاه‌هایی که قسمتی از تابلو را تشکیل می‌دهد باید با فواصل داده شده در مشخصات مربوط به آن مطابقت داشته باشد. برای هادی‌های برق‌دار وترمینال‌ها (مانند: شینه‌ها، اتصالات بین دستگاه‌ها و...) فواصل هوایی و فواصل خزشی با فواصل مربوط به دستگاهی که بلافاصله به آن وصل می‌باشد، باید مطابقت داشته باشد.

۵-۶-۱-۱۱ کلیدها، وسایل اندازه‌گیری، و غیره که در تابلوها نصب می‌شود باید دارای شماره راهنما بوده و شماره خطوط محلی که تغذیه می‌شود روی آن نوشته شود، به علاوه اتصالات وسایل اندازه‌گیری وسیستم‌های کنترل و خطوط خارجی باید در روی صفحه ترمینال علامت‌گذاری‌شده انجام گیرد.

۵-۶-۱-۱۲ کلیه سرسیم‌ها در ابتدا و انتهای داخل تابلو و همچنین کابل‌ها باید به منظور راهنمایی در تعمیرات بعدی طبق نقشه مربوط شماره‌گذاری شود.

۵-۶-۱-۱۳ ترمینال‌هایی که برای اتصال هادی‌های مسی یا آلومینیومی در نظر گرفته می‌شود باید توسط سازنده مشخص شود. این‌گونه ترمینال‌ها بایدبه گونه‌ای ساخته شده باشد که اتصال هادی‌ها به آن با استفاده از پیچ یا بست و مانند آن امکان‌پذیر بوده و فشار تماسی لازم و متناسب با جریان نامی و استقامت اتصال کوتاه دستگاه و مدار را تامین نماید.

۵-۶-۱-۱۴ تابلوهای مجهز به مدارهای الکترونیکی (مانند تغذیه منقطع (chopped supply)، یا مدارهای مجهز به میکروپروسسورها با زمان‌های تناوب بالا) ممکن است اغتشاش‌های الکترومغناطیسی پیوسته‌ای ایجاد کند.در این‌گونه موارد هر یک از لوازم و اجزایی که دارای مدارهای الکترونیکی است باید با شرایط لازم برای دستگاه مربوط یا مقررات کلی استاندارد سازگاری الکترومغناطیسی (EMC) و محیط مشخص شده مربوط مطابقت نماید.

۵-۶-۱-۱۵ شماتیک تقسیم‌بندی کلیدها در تابلو بر حسب حداقل قدرت قطع کلید و جدول حداقل قدرت قطع مجاز کلیدهای فرعی نسبت به حداقل قدرت قطع کلید اصلی در شکل شماره ۵-۵ آمده است.

۵-۶-۱-۱۶ حداکثر ابعاد تابلو اصلی توزیع فشار ضعیف، نوع ایستاده قابل دسترسی از جلو و قابل دسترسی از پشت به قرار زیر است:

تابلو قابل دسترسی از جلو	تابلو قابل دسترسی از پشت
ارتفاع ۲۲۰ سانتی‌متر	ارتفاع ۲۲۰ سانتی‌متر
عرض ۹۰ سانتی‌متر	عرض ۹۰ سانتی‌متر
عمق ۶۰ سانتی‌متر	عمق ۸۰ سانتی‌متر

۵-۶-۱-۱۷ نمای تابلوی تمام بسته ایستاده،نوع قابل فرمان و دسترسی از جلو در شکل‌های ۵-۶ و ۵-۷ به عنوان نمونه، ارایه شده است.

۵-۶-۱-۱۸ نما و ابعاد تابلو ایستاده توزیع برق، نوع قابل فرمان از جلو و دسترسی از پشت، در شکل ۵-۸ به عنوان نمونه، نشان داده شده است.

۵-۶-۲ تابلوهای نیم‌اصلی توزیع نیروی برق فشار ضعیف– انواع ایستاده قابل دسترسی از جلو و پشت:

مشخصات فنی ساخت وروش نصب تابلوهای نیم‌اصلی عیناً مانند تابلوهای اصلی است که در بندهای ۵-۶-۱ و ۵-۶-۴ آمده است.

۵-۶-۳ تابلو اصلی توزیع نیروی برق فشارضعیف– نوع ایستاده چند خانه‌ای:

۵-۶-۳-۱ این‌گونه تابلو باید از نوع ایستاده و با اسکلت نگهدار ازآهن به فرم نبشی، ناودانی و سپری ساخته شده و به وسیله پیچ و مهره به یکدیگر متصل شود. پوشش تابلو باید از ورق‌های فلزی با ضخامت حداقل ۲ میلی‌متر یا بیشتر بوده وبه وسیله پیچ و مهره به اسکلت نگهدار محکم شود.ساختمان تابلو باید طوری باشد که هر سلول قابل تفکیک به سه، چهار، یا شش خانه اصلی بوده و هر خانه اصلی نیز قابل تفکیک به اجزای کوچکتر دو، سه و یا چهار خانه فرعی باشد. تقسیمات مزبور باید دارای ابعاد استاندارد ومساوی بوده و هر قسمت نیز باید مجهز به درب جداگانه، برای نصب یا تعویض وسایل داخلی آن باشد. پوشش‌های طرفین تابلو، برای سهولت در امر توسعه، باید با پیچ و مهره‌های کرومه به اسکلت نگهدارنده متصل شود به طوری که در صورت نیاز به توسعه تابلو، بدون دخالت در کار آن انجام‌پذیر باشد.

۵-۶-۳-۲ تمامی خانه‌ها وسطوح تابلو باید در برابر زنگ‌زدگی و فساد تدریجی برابر بند ۵-۶-۱-۳ زیرسازی و رنگ‌کاری شود.

۵-۶-۳-۳ شینه‌کشی در این نوع تابلوها باید به نحوی انجام شود که، در صورت لزوم، اضافه‌کردن کلید در هر قسمت از تابلو، یا تعویض آن، و یا تبدیل یک قسمت به چند قسمت وبرعکس، بدون تداخل در ادامه کار تابلو، امکان‌پذیر باشد. شینه‌ها بهتر است در صورت امکان دارای مقطع گرد، و با ایزولاسیون باشد.
محل اتصال کلیه شینه‌ها به یکدیگر، و کلیدها به شینه‌ها، باید به طور کامل تمیز شده و در صورت امکان با یک لایه نقره‌ای پوشیده شود و سپس در شینه‌های تخت، به وسیله پیچ و مهره و واشرهای مسی یا برنزی محکم شود، و در شینه‌های گرد، با بست‌های دو راهی، سه‌راهی و چهار راهی مخصوص شینه‌گرد به هم متصل شود تا حداکثر هدایت الکتریکی در محل اتصال به وجود آمده و از گرم شدن جلوگیری شود.
حداقل فاصله بین شینه‌ها باید از ۱۰سانتی‌متر کمتر نباشد.
اتصال کابل‌ها به شینه‌ها، کلیدها، فیوزها، و غیره باید به وسیله کابلشو انجام گیرد.

۵-۶-۳-۴ لوازم داخل تابلو از قبیل کلیدها، کنتاکتورها، وسایل اندازه‌گیری، فیوزها، رله‌ها، واحدهای اعلام خطر، و غیره باید به نحوی انتخاب و نصب شود که با بازکردن درب هر قسمت، یا هر خانه به سهولت قابل دسترسی و تعویض، یا تبدیل باشد و در صورت امکان کلیه وسایل و لوازم داخل تابلو باید از نوع فشاری باشد.

۵-۶-۳-۵ کلیه سرسیم‌ها و کابل‌ها در ابتدا و انتهای مسیر در داخل تابلو،باید به منظور راهنمایی در تعمیرات بعدی طبق نقشه مربوط شماره‌گذاری شود.

۵-۶-۳-۶ کلیدها، وسایل اندازه‌گیری، و غیره که در تابلو نصب می‌شود باید دارای شماره راهنما بوده و شماره‌های خطوط محل‌هایی که برای اتصال تعیین می‌شود روی آن نوشته شود،به علاوه اتصالات وسایل اندازه‌گیری وسیستم‌های کنترل و خطوط خارجی باید در روی صفحه ترمینال علامت‌گذاری شده انجام گیرد.

۵-۶-۳-۷ ابعاد تابلو اصلی توزیع نیروی برق فشار ضعیف، نوع ایستاده چندخانه‌ای به قرار زیر است:
ارتفاع ۲۰۰ سانتی‌متر
عرض ۵۰ سانتی‌متر
عمق ۵۰ سانتی‌متر

۵-۶-۳-۸ نما و ابعاد یک تابلوی توزیع نیروی برق ایستاده چند خانه، به عنوان نمونه، در شکل ۵-۹ نشان داده شده است.

۵-۶-۴ روش نصب تابلوهای ایستاده قابل دسترسی از جلو، قابل دسترسی از پشت و چند خانه‌ای:

۵-۶-۴-۱ این قبیل تابلوها ممکن است بر حسب مورد به یکی از دو روش زیر نصب شود:

الف) نصب بر روی اتاقک کابل: برای نصب این قبیل تابلوها بر روی اتاقک کابل باید یک دهانه به شکل مستطیل با ابعاد کف تابلو در سقف اتاقک مزبور احداث و تابلو بر روی آن نصب شود.طول دهانه مورد نظر باید ۲۰ سانتی‌متر کمتر از عرض مجموعه تابلو باشد و عرض آن، برای تابلوهای قابل دسترسی از جلو و چند خانه، ۴۰ سانتی‌متر و برای تابلوهای قابل دسترسی از پشت ۶۰ سانتی‌متر خواهد بود. لبه دهانه باید با آهن نبشی چهار سانتی‌متر در چهارسانتی‌متر مهار شود.

ب) نصب بر روی کانال: طول کانال مورد نظر که تابلو بر روی آن استقرار می‌یابد، باید ۲۰ سانتی‌متر کمتر از عرض مجموعه تابلو باشد و عرض آن، برای تابلوهای قابل دسترسی از جلو و چند خانه ۴۰ سانتی‌متر و برای تابلوهای قابل دسترسی از پشت ۶۰ سانتی‌متر، و عمق آن ۸۰ سانتی‌متر خواهد بود. این کانال باید به کانالی که کابل‌های ورودی و خروجی در آن ادامه می‌یابد مرتبط باشد. لبه کانال باید با آهن نبشی چهار سانتی‌متر در چهار سانتی‌متر مهار شود.

برای جلوگیری از جمع شدن آب در داخل کانال، کف آن باید آبکش بوده و یا به یک سمت شیب داده شده و منتهی به کف‌شور و چاهک جذب آب شود.

۵-۶-۴-۲ حداقل فاصله بین دیوار و تابلو و یا بین دو تابلوی مجاور باید ۷۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شود، و حداقل فضای باز در مقابل درهای تابلو باید به گونه‌ای در نظر گرفته شود که در آن به راحتی با زاویه ۹۰ درجه باز شود.

۵-۶-۴-۳ اتاق پست یا اتاقک تابلو باید به گونه‌ای طراحی و ساخته شود که آب‌های سطحی جاری ویا طوفان وسیل به آن آسیبی وارد نکند.

۵-۶-۴-۴ تهویه فضای استقرار تابلو باید به خوبی صورت گیرد به گونه‌ای که از زنگ‌زدگی و اثرات گرد و غبار بر روی تابلوها جلوگیری شود.

۵-۶-۴-۵ برای اطلاع از مشخصات فنی پست‌های برق به نشریه شماره ۳۷۵ این سازمان با عنوان "مشخصات فنی عمومی و اجرایی پست‌های توزیع هوایی و زمینی ۲۰ و ۳۳ کیلوولت" رجوع شود.

۵-۶-۵ تابلو نیم‌اصلی توزیع نیروی برق فشار ضعیف – نوع ایستاده چندخانه‌ای:

مشخصات فنی ساخت و روش نصب این‌گونه تابلوها عیناً مانند تابلوی اصلی است که در بندهای ۵-۶-۳ و ۵-۶-۴ بیان شده است.

۵-۶-۶ تابلو توزیع نیرو- نوع ایستاده چند جعبه‌ای:

۵-۶-۶-۱ این نوع تابلو از جعبه‌های مشابه با ابعاد مساوی که به طور مکانیکی به هم متصل می‌شود و بر روی پایه فلزی مشترک یا دیوار قابل نصب است تشکیل می‌شود. جعبه‌ها که حاوی شینه،کلیدگردان، فیوز، کلید خودکارو وسایل اندازه‌گیری و غیره می‌باشد، از چدن، یا فولاد، و یا کائوچوی سخت خواهد بود. هر جعبه مجموعاً دارای پنج درب قابل

برداشت و نصب در پنج جهت می‌باشد به این ترتیب که درب جلو برای دسترسی بـه وسـایل و درب‌هـای جـانبی بـرای اتصال جعبه‌ها به یکدیگر، عبور اتصالات برقی،و یا توسعه تابلو خواهدبود.

۵-۶-۶-۲ برای جلوگیری از نفوذگرد و غبار و آب به داخل جعبـه‌هـا، کلیـه درب‌هـای فـوق‌الـذکر بایـد دارای واشـر مخصـوص آب‌بندی باشد و هنگام برداشتن درب‌ها و اتصال جعبه‌ها به یکدیگر باید توجه شـود کـه واشـرهای مزبـور حتمـاً بـین دو جعبه قرار داده شود.

۵-۶-۶-۳ شینه‌ها بایستی به وسیله بست‌های عایق مخصوص به بدنه جعبه مهار شده و سرشینه‌هـا جهـت اتصـال بـه یکـدیگر آب‌نقره‌کاری و محل لازم برای عبور به جعبه مجاور در طرفین جعبه پیش‌بینی گردد. اتصال شینه‌ها به یکـدیگر بایـد بـه وسیله پیچ و مهره مسی یا برنجی انجام شود.

۵-۶-۶-۴ وسایل و تجهیزاتی که در داخل هر جعبه نصب می‌شود باید متناسب با جعبه و از یک سازنده باشد.

۵-۶-۶-۵ تابلوهای چند جعبه‌ای برای توزیع نیروی اصلی برق در پست برق فضاهای باز مناطق صنعتی و کارخانجات بـالاخص در مناطق غباری و مرطوب به کار برده می‌شود.

۵-۶-۶-۶ نما و شماتیک تابلوی توزیع نیروی برق، نوع چند جعبه‌ای، قابل نصب روی دیوار و یا پایه فلزی،در شکل ۵-۱۰ به عنوان نمونه نشان داده شده است.

۵-۶-۶-۷ نمونه پایه فلزی برای نصب تابلو چند جعبه‌ای در شکل ۵-۱۱ ارایه شده است.

۵-۶-۷ تابلو توزیع فرعی نیروی برق – نوع دیواری

۵-۶-۷-۱ این نوع تابلو که ممکن است بر حسب مورد در روی کار و یا توی کار نصب شود، شامل سه قسمت اصلی جداگانـه بـه شرح زیر خواهد بود:

الف) جعبه تابلو(شکل ۵-۱۲- الف): در صورتی که ارتفاع تابلو مورد نیاز تا یک متر باشد، جعبه تابلو باید از ورق آهن با ضخامت ۱/۲۵ میلی‌متر ساخته شود،و چنانچه ارتفاع تابلو مورد نظر از یک متر متجاوز باشد، جعبه تابلو بایستی از ورق آهن با ضخامت ۱/۵ میلی‌متر انتخاب گردد. برای ورود کابل و لوله بـه داخـل تـابلو بایـد در جـداره‌هـای فوقانی و تحتانی جعبه تابلو سوراخ‌های نوع سنبه‌ای به قطرهای مختلف، یا شیار سراسری با درپوش تعبیـه شـود. (توضیح این‌که،کلیه لوله‌های ورودی به تابلو باید به وسیله مهره و بوش برنجی بـه بدنـه تـابلو کـاملاً متصـل و محکم شود.)

ب) اسکلت داخلی برای نصب لوازم (شکل ۵-۱۲- الف): کلیه وسایل و تجهیزات داخل تـابلو، بـرای جلـوگیری از آسیب وصدمه در زمان اجرای عملیات ساختمانی، باید بر روی یک اسکلت جداگانه نصـب شـود. اسـکلت مزبـور باید از ورق آهن به ضخامت ۱/۵ میلی‌متر با خم‌کاری‌های لازم ساخته شـده و بـه وسـیله چهـار عـدد پـیچ بـه سهولت در داخل جعبه تابلو قابل نصب و یا برداشت باشد. (پیچ یا مهره‌ای که برای نصب اسکلت بـر روی جعبـه تابلو به کار می‌رود باید به بدنه جعبه جوش شود.)

پ) چارچوب و درب تابلو(شکل ۵-۱۲- ب و پ): ضخامت ورق آهن مورد لزوم برای چارچوب و درب تابلو باید برابر ضخامت تعیین شده برای جعبه تابلو باشد (به بند الف مراجعه شود). درب تابلو از نظر استقامت باید دارای پشت‌بند بوده و دورادور آن دارای خم‌های به شکل یو(U) باشد. چارچوب درب تابلوهای روکار باید از هر چهار طرف حداقل دو سانتی‌متر بیشتر از ابعاد جعبه تابلو ساخته شود.

۵-۶-۷-۲ کلیه اجزای تابلو فوق‌الذکر باید پس از زیرسازی شامل زنگ‌زدایی،چربی‌گیری و فسفاته‌کاری، با یک‌دست رنگ آستری و یک‌دست رنگ اصلی پوشیده شود.(به بند ۵-۶-۱-۳ نگاه کنید)

۵-۶-۷-۳ روش نصب

تابلوهای روکار باید پس از تکمیل نقاشی ساختمان، به وسیله چهار عدد پیچ و رول‌پلاگ مناسب بر روی سطح دیوار نصب شود.

برای نصب تابلوهای توکار باید پس از اجرای گچ و خاک یا کاه‌گل دیوار محل نصب تابلو، ابتدا فقط جعبه تابلو هم‌طراز با سطح تمام‌شده دیوار به وسیله حداقل چهار عدد پیچ و رول‌پلاگ مناسب نصب شود و سپس سایر اجزای تابلو از قبیل اسکلت، چارچوب ودرب آن قبل از شروع نقاشی ساختمان نصب شود.

ارتفاع نصب برای کلیه تابلوهای دیواری ۲۱۰ سانتی‌متر از بالای تابلو تا کف تمام‌شده خواهد بود.

۵-۶-۷-۴ نما و اجزای یک تابلوی توزیع فرعی نیروی برق از نوع دیواری در شکل ۵-۱۲، به عنوان نمونه، ارایه شده است.

۵-۶-۷-۵ شماتیک تابلوی فرعی توزیع برق، نوع یک فاز، ۱۲ مداره، درشکل ۵-۱۳، و دو فرم مختلف از سیستم استقرار وسایل با حداقل فواصل در داخل تابلوی مزبور، در شکل‌های ۵-۱۴، و ۵-۱۵، به عنوان نمونه نشان داده شده است.

۵-۶-۷-۶ شماتیک تابلوی فرعی توزیع برق، نوع سه‌فاز، ۲۱ مداره، در شکل ۵-۱۶، و سیستم‌های افقی و عمودی استقرار وسایل با حداقل فواصل در داخل تابلوی یاد شده، به ترتیب در شکل‌های ۵-۱۷و ۵-۱۸، به عنوان نمونه، ارایه شده است.

۵-۶-۸ تابلو توزیع نیرو و روشنایی برای نصب در محوطه باز

۵-۶-۸-۱ این‌گونه تابلوها باید از نوع ایستاده و با اسکلت نگهدار از آهن گالوانیزه به فرم نبشی، ناودانی، و سپری، و پوشش آن از ورق‌های آهن گالوانیزه با ضخامت حداقل دو میلی‌متر یا بیشتر ساخته شود و پس از زیرسازی شامل زنگ‌زدایی، چربی‌گیری و فسفاته‌کاری، با یک‌دست رنگ ضدزنگ مخصوص، یک‌دست رنگ آستری، و یک‌دست رنگ اصلی پوشیده شود.(به بند ۵-۶-۱-۳ نگاه کنید)

این نوع تابلو ممکن است از جنس آلومینیوم نیز ساخته شود که در این صورت اسکلت نگهدار و کلیه اجزای آن از جنس آلومینیوم خواهد بود و پوشش آن باید از ورق‌های آلومینیوم با ضخامت حداقل سه میلی‌متر یا بیشتر ساخته شود.

۵-۶-۸-۲ بدنه این نوع تابلو باید به نحوی ساخته شود که کلیه جوانب آن کاملاً مسدود بوده و فقط از طرف جلو قابل دسترسی باشد.

۵-۶-۸-۳ سقف بیرونی این نوع تابلو باید دارای شیب دوطرفه با لبه‌های برگردان به طرف داخل باشد و حداقل پنج سانتی‌متر از هر چهارطرف بزرگتر از ابعاد سقف تابلو باشد.

۵-۶-۸-۴ حداقل دومین رقم مشخصه درجه حفاظت تابلوهای هوای آزاد در صورتی که دارای حفاظت تکمیلی نباشد باید IPX3 در نظر گرفته شود.

یادآوری: در مورد تاسیسات هوای آزاد، حفاظت تکمیلی می‌تواند سقف حفاظتی یا مشابه آن باشد.

۵-۶-۸-۵ برای حفاظت در برابر اثرات زیان‌آور آب در این‌گونه تابلوها باید ضمن حفظ درجه حفاظت لازم، اقدامات مناسبی برای جلوگیری از تجمع قطرات آب در داخل تابلو (از قبیل سوراخ‌های آب‌رو و غیره) به عمل آید.

۵-۶-۸-۶ ساختمان تابلو باید طوری باشد که دسترسی به کلیه لوازم و تجهیزات داخلی تابلو برای فرمان، تعمیر، و تعویض بدون تداخل با کار قسمت‌های دیگر امکان‌پذیر باشد.

۵-۶-۸-۷ درب تابلو باید مجهز به لاستیک آب‌بندی بوده و مطابق شکل شماره ۵-۱۹ ساخته شود.

۵-۶-۸-۸ این‌گونه تابلوها باید از نظر ایمنی مجهز به قفل مخصوص باشد و درب آن به وسیله کلید یا آچار مخصوص باز و بسته شود.

۵-۶-۸-۹ برای مشخصات فنی و نحوه شینه‌کشی به بند ۵-۶-۱-۴ و۵ مراجعه شود.

۵-۶-۸-۱۰ برای سیم‌کشی وسایل اندازه‌گیری و چراغ‌های سیگنال، فواصل دستگاه‌های داخل تابلو، شماره‌گذاری لوازم و تجهیزات داخل تابلو،شماره‌گذاری سرسیم‌ها وکابل‌ها، و هم‌چنین شرایط ترمینال‌ها به ترتیب به بندهای ۵-۶-۱-۹،۱۰،۱۱،۱۲ و ۱۳ مراجعه شود.

۵-۶-۸-۱۱ ابعاد تابلوتوزیع نیرو و روشنایی برای نصب در محوطه باز به قرار زیر است:

ارتفاع (حداکثر)	۱۲۰ سانتی‌متر
عرض	برحسب نیاز
عمق	۴۰ سانتی‌متر

۵-۶-۸-۱۲ نما و مقطع تابلوی توزیع برق قابل نصب در فضای باز در شکل ۵-۱۹، به عنوان نمونه، ارایه شده است.

۵-۶-۸-۱۳ شماتیک تابلوی فرمان روشنایی محوطه و آب‌نماها در شکل ۵-۲۰، به عنوان نمونه، نشان داده شده است.

۵-۶-۸-۱۴ روش نصب:

الف) این نوع تابلوباید بر روی سکوی بتنی یا آجری، که ۲۰ الی ۲۵ سانتی‌متر از کف تمام شده خیابان یا محوطه مربوط ارتفاع داشته باشد، نصب شود. سکوی یاد شده، که ازنوع توخالی خواهد بود، باید دارای دیواره‌ای به قطر ۲۰ الی ۲۵ سانتی‌متر باشد و نیم‌متر پایین‌تر از کف تمام شده محوطه شروع و تا ۲۰ الی ۲۵ سانتی‌متر بالاتر از کف مزبور ادامه یابد.

لبه خارجی سکو، که به صورت نیم‌گرد (پخ) ساخته خواهد شد، باید از هر چهار طرف حداقل ۱۰ سانتی‌متر بزرگتر از بدنه تابلو بوده و لبه داخلی آن حداقل ۵ سانتی‌متر ازبدنه تابلو فاصله داشته باشد. محل نصب تابلوهای قابل نصب در فضای باز باید طوری پیش‌بینی شود که در جلوی آن محل کافی برای دسترسی به تابلو وجود داشته باشد.

ب) برای نصب تابلو روی سکوی بتنی در نواحی مرطوب، ابتدا باید کلافی از نبشی آهنی آماده شود و سپس تابلو به آن پیچ و مهره گردد، تا تابلو با کف بتنی تماس مستقیم نداشته باشد.

پ) درشکل ۵-۲۱، نمونه سکوی مخصوص نصب تابلوهای توزیع نیروی برق قابل نصب در فضای باز،نشان داده شده است.

۵-۷ لوازم، وسایل و تجهیزات داخل تابلو

۵-۷-۱ لوازم، وسایل، و تجهیزاتی که در داخل تابلو نصب می‌شود و یک تابلو کامل را تشکیل می‌دهد شامل اقلام زیر است:

۵-۷-۱-۱ وسایل اندازه‌گیری مانند ولت‌متر، آمپرمتر، فرکانس‌متر، کسینوس فی‌متر، وات‌متر،ولت -آمپرمتر، ترانسفورماتور جریان، دورشمار، ساعت‌شمار، فشارسنج و غیره.

۵-۷-۱-۲ لوازم و وسایل حفاظت و فرمان مانند فیوزهای فشنگی و چاقویی، کلیدهای مینیاتوری، کلیدهای خودکار حفاظت خط یا موتوری، کنتاکتورهای مجهز به رله محافظ (بی - متال) یا بدون رله محافظ، کلید فیوز، کلید گردان، کلید چاقویی، رله‌ها و تایمرهای مختلف، کلید فرمان ولت‌متر و آمپرمتر و غیره.

۵-۷-۱-۳ وسایل سمعی و بصری اعلام‌خطر، چراغ سیگنال و غیره.

۵-۷-۱-۴ مقره‌ها و شینه‌ها

۵-۷-۲ تابلوهای فشار ضعیف مورد استفاده در تاسیسات برق ساختمان باید مجهزبه یک کلید اصلی جداکننده و یک وسیله حفاظتی به شرح زیر باشد:

۵-۷-۲-۱ کلید اصلی جداکننده باید قابل قطع و وصل زیر بار بوده و جریان نامی آن حداقل برابر جریان نامی کل تابلو یا مصرف کل آن باشد و جریان ایستادگی کلید در برابر اتصال کوتاه کمتر از جریان اتصال کوتاه احتمالی در محل نصب نباشد.

۵-۷-۲-۲ وسیله حفاظتی تابلو(کلید خودکار یا فیوز) باید دارای جریان نامی حداکثر برابر با جریان نامی تابلو باشد. در مواردی که تابلو به وسیله مدار اختصاصی تغذیه می‌شود، وسیله حفاظتی مدار، در صورتی که جریان نامی آن از جریان نامی تابلو بیشتر نباشد، ممکن است وسیله حفاظتی تابلو نیز محسوب شود و نیازی به وسیله حفاظتی جداگانه نخواهد بود.

۵-۷-۲-۳ در مواردی که وسیله حفاظتی اصلی تابلو از انواع کلیدهای خودکاری که دارای مشخصات کلید جداکننده نیز می‌باشد انتخاب شود، ممکن است از چنین کلیدهایی برای هر دو منظور حفاظت و جداکردن استفاده شود.

۵-۷-۳ مدار تغذیه‌کننده وسایل کنترل و اندازه‌گیری مورد تغذیه از سیستم برق تابلو باید دارای نوعی وسیله حفاظتی مانند فیوز باشد.

۵-۷-۴ در مواردی که از کلیدهای مینیاتوری در تابلو استفاده می‌شود، با توجه به این‌که قدرت قطع این‌گونه کلیدها دراتصال کوتاه کم است، باید به وسیله فیوز بالا دست در تابلو مورد نظر و یا در تابلوی اصلی به شرح زیر حفاظت شود:

۵-۷-۴-۱ در مواردی که توان نامی قطع یک یا چند کلید مینیاتوری تا ۱/۵ کیلوآمپر باشد، فیوز حفاظتی باید دارای جریان نامی۶۳ آمپر باشد.

۵-۷-۴-۲ در مواردی که توان نامی قطع کلید مینیاتوری ۳ کیلوآمپر یا بیشتر باشد، فیوز حفاظتی باید دارای جریان نامی ۱۰۰ آمپر باشد.

۵-۷-۵ اجزای داخلی تابلوهای اصلی:

در تابلوهایی که برای توزیع نیروی برق اصلی به کار برده می‌شود، کلید ورودی (اصلی) باید الزاماً از نوع خودکار بوده و کلیدهای توزیع فرعی، در صورتی که برای تغذیه تابلوهای نیم‌اصلی یا فرعی سیستم‌های موتوری به کار رود، باید از نوع خودکار، و چنانچه برای تغذیه تابلوهای نیم‌اصلی یا فرعی سیستم‌های روشنایی مورد استفاده قرار گیرد، باید از نوع کلید فیوز، و یا کلید گردان یا چاقویی با فیوز جداگانه، باشد. (توضیح این‌که، چنانچه بار متصله بیش از ۶۰ آمپر باشد، باید از ترانس جریان و آمپرمتر مخصوص با ضریب مناسب استفاده شود.)

در مواردی که از کلید و فیوز جداگانه استفاده می‌شود، کلید باید قبل از فیوز قرار گیرد به طوری که با خاموش کردن کلید، برق فیوز نیز قطع شود.

۵-۷-۶ تابلوهای فرمان وسایل موتوری:

در تابلوی فرمان وسایل موتوری کلید اصلی باید از نوع خودکار حفاظت موتوری بوده و مجهز به سه دستگاه آمپرمتر و یک دستگاه ولت‌متر و کلید تبدیل ولت‌متر از نوع هفت حالتی باشد (شکل ۵-۴).

مدارهای فرعی فرمان وسایل موتوری باید الزاماً دارای کنتاکتور و رله محافظ باشد مگر در مورد دستگاه‌های مجهز به تابلوی فرمان و راه‌اندازی جداگانه، که در این صورت مدار مزبور باید به وسیله کلید فیوز، یاکلید گردان و فیوز جداگانه، محافظت شود.

برای انتخاب کنتاکتور، بی‌متال، فیوز، کلید قطع و وصل، و کابل[1] به جداول انتخاب لوازم و وسایل مزبور مراجعه شود (جدول ۵-۳ برای موتورهای تک‌فاز و جدول ۵-۴ برای موتورهای سه‌فاز).

برای آگاهی از روشن یا خاموش بودن کلید اصلی یا هریک از کنتاکتورها باید برای هر مدار دو عدد چراغ سیگنال به رنگ‌های قرمز و سبز (قرمز برای حالت روشن و سبز برای حالت خاموش) پیش‌بینی شود.

هر مدار، در صورت لزوم، باید مجهز به آمپرمتر متناسب با شدت جریان آن باشد و در مدارهایی که شدت جریان آن بیش از ۶۰ آمپر می‌باشد باید از ترانس جریان و آمپرمتر مخصوص با ضریب متناسب استفاده شود. ظرفیت آمپرمتر انتخابی نباید، از حدود ۲۵ درصد حداکثر بار بیشتر در نظر گرفته شود. به طور مثال، در صورتی که حداکثر بار ۴۰۰ آمپر باشد، آمپرمتر و ترانس جریان انتخابی باید با نسبت تبدیل ۵۰۰/۵ باشد.

۵-۷-۷ تابلوهای فرعی روشنایی:

در تابلوهای فرعی روشنایی تک‌فاز وسه‌فاز،کلید اصلی باید حتی‌الامکان از نوع گردان بوده، و برای محافظت در برابر اضافه‌بار و اتصال کوتاه نیز از فیوز فشنگی متناسب باظرفیت کلید اصلی استفاده شود.

۱- مقاطع توصیه شده برای کابل تغذیه موتورهای برقی در جداول ۵-۳ و ۵-۴ مربوط به فواصل کوتاه در داخل موتورخانه و مانند آن می‌باشد، در مواردی که فاصله بین محل نصب موتور و تابلو قابل ملاحظه باشد برای تعیین سطح مقطع کابل تغذیه باید افت ولتاژ مجاز نیز محاسبه و کنترل شود.

کلیه مدارهای خروجی، که برای روشنایی، پریزها، و غیره به کار می‌رود، باید ترجیحاً به وسیله کلیدهای مینیاتوری، یا فیوز فشنگی با ظرفیت اسمی زیر محافظت گردد:

برای مدارهای زنگ اخبار و احضار حداکثر ۴ آمپر
برای مدارهای روشنایی حداقل ۱۰ آمپر
برای مدارهای پریزها حداقل ۱۶ آمپر

کلیه سیم‌کشی‌های داخل تابلو – از کلید اصلی به فیوز اصلی، و از فیوز اصلی به شینه توزیع، و از شینه توزیع به کلیدهای مینیاتوری یا فیوزها، و از کلیدهای مینیاتوری یا فیوزها به ترمینال – باید با سیم مسی تک‌لا(مفتولی)، با عایق حداقل ۱۰۰۰ ولت و با سطح مقطع مناسب (حداکثر چهار آمپر برای هر میلی‌متر مربع سطح مقطع سیم) انجام شود.
فرم‌بندی سیم‌کشی‌های مزبور باید به نحوی انجام شود، که در صورت نیاز تعویض هر یک از سیم‌ها، بدون تداخل با کار سایر مدارها امکان‌پذیر بوده و یا، کلیه سیم‌کشی‌های داخلی در داخل کانال مخصوص، از نوع نسوز انجام شود.
سطح مقطع ترمینال‌های مورد کاربرد باید با سطح مقطع هادی‌های داخلی تابلو یکسان باشد و به علاوه به هر ترمینال باید فقط یک هادی وصل شود و اتصال دو یا چند هادی به یک ترمینال تک‌سوراخ مجاز نمی‌باشد.

۵-۸ شرایط بهره‌برداری عادی

۵-۸-۱ در مواردی که اجزای داخل تابلومانند رله‌ها،دستگاه‌های اندازه‌گیری، تجهیزات الکترونیکی و غیره برای شرایط داده شده (مانند گرمایش یا تهویه) طراحی نشده باشد باید اقدامات مناسبی برای حصول اطمینان نسبت به کار صحیح لوازم یاد شده به عمل آید.

۵-۸-۲ در صورتی که تابلوها در داخل ساختمان نصب می‌شود دمای هوای محیط نباید از ۴۰ درجه سانتی‌گراد متجاوز بوده و میانگین آن نیز در ۲۴ ساعت نبایداز ۳۵ درجه سانتی‌گراد بیشتر باشد. حداقل دمای محیط در این‌گونه موارد ۵- درجه سانتی‌گراد خواهد بود.

۵-۸-۳ در مواردی که تابلوها در فضای آزاد نصب می‌شود، دمای محیط نباید از ۴۰ درجه سانتی‌گراد متجاوز بوده و میانگین آن نیز در ۲۴ ساعت نباید از ۳۵ درجه سانتی‌گراد بیشتر باشد. حداقل دمای محیط برای مناطق معتدل ۲۵- درجه سانتی‌گراد و برای مناطق بسیار سرد و یخبندان برابر با ۵۰- درجه سانتی‌گراد خواهد بود.

۵-۸-۴ شرایط جوی برای نصب تابلو در داخل ساختمان شامل تمیزی هوا و رطوبت نسبی آن می‌باشد. رطوبت نسبی در این‌گونه موارد باید در حداکثر دمای ۴۰+ درجه سانتی‌گراد از ۵۰ درصد بیشتر نباشد، لیکن افزایش آن دردماهای پایین‌تر (مانند رطوبت ۹۰ درصد در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد) مجاز است. در مواردی که به علت تغییرات دما تجمع قطرات آب در داخل تابلو تشکیل می‌شود باید پیش‌بینی‌های لازم صورت گیرد.

۵-۸-۵ در مواردی که نصب تابلوها در فضای آزاد صورت می‌گیرد افزایش رطوبت نسبی تا ۱۰۰ درصد در حداکثر دمای ۲۵+ درجه سانتی‌گراد مجاز خواهد بود.

۵-۸-۶ تابلوهای فشار ضعیف باید متناسب با درجه آلودگی محیط مورد مصرف طراحی شده و مورد بهره‌برداری قرار گیرد (به بند ۶-۱-۲-۳ از استاندارد ISIRI 1928-1 نگاه کنید).

۵-۸-۷ ارتفاع محل نصب تابلو از سطح دریا در شرایط عادی برابر استاندارد IEC 60439-1 نباید از ۲۰۰۰ متر متجاوز باشد.

یادآوری: برای تجهیزات الکترونیکی که در ارتفاع بالاتر از ۱۰۰۰ متر از سطح دریا مورد استفاده قرار می‌گیرد، لازم است کاهش استقامت دی‌الکتریکی و اثر خنک‌کنندگی هوا در نظر گرفته شود. این‌گونه تجهیزات باید برابر توافق بین سازنده تابلو و استفاده‌کننده طراحی، ساخته و مورد استفاده قرار گیرد.

۵-۹ شرایط بهره‌برداری خاص

در مواردی که هر یک از شرایط ویژه بهره‌برداری زیر وجود داشته باشد، باید شرایط مخصوص مربوط به هر یک برابر دستورالعمل‌های مندرج در استاندارد IEC مربوط یا یکی از استانداردهای بین‌المللی مشابه رعایت شود.

۵-۹-۱ مقادیر دما و رطوبت نسبی و یا ارتفاع از سطح دریا با مقادیر مندرج در بند ۵-۸ تفاوت داشته باشد.

۵-۹-۲ موارد استفاده‌ای که در آن تغییرات دما و/ یا تغییرات در فشار هوا چنان سریع است که امکان ایجاد تجمع قطرات غیرعادی در داخل تابلو وجود داشته باشد.

۵-۹-۳ آلودگی شدید هوا توسط گرد و غبار، دود، ذرات خورنده یا رادیواکتیو، بخارات یا نمک موجود باشد.

۵-۹-۴ قرار گرفتن تابلو در معرض میدان‌های مغناطیسی یا الکتریکی قوی

۵-۹-۵ قرار گرفتن تابلو در معرض دماهای خیلی بالا مانند اشعه آفتاب، کوره‌ها و مانند آن

۵-۹-۶ قرار گرفتن تابلو در معرض حمله قارچ‌ها یا موجودات زنده کوچک

۵-۹-۷ نصب در محل‌هایی که خطر بروز حریق یا انفجار وجود داشته باشد.

۵-۹-۸ قرار گرفتن تابلو در معرض ضربه یا لرزش‌های شدید.

۵-۹-۹ نصب تابلو به نحوی که تاثیری نامطلوب بر جریان مجاز حرارتی یا قدرت قطع اتصال کوتاه به وجود آید، مانند نصب تابلو در داخل تجهیزات و ماشین‌آلات یا در داخل دیوارها.

۵-۹-۱۰ نصب در محیط‌هایی که دارای اغتشاش‌های EMC خارج از موارد زیر باشد:
محیط ۱: مواردی مانند تاسیسات خانگی، تجاری و صنایع سبک (برابر بند ۵ از استاندارد EN 50081-1)
محیط ۲: مواردی مانند تاسیسات صنعتی سنگین یا بارهای خازنی که به طور متناوب قطع می‌شود (برابر بند ۵ از استاندارد EN 50081-2)

۵-۱۰ مشخصات فنی کلیدهای خودکار

۵-۱۰-۱ طبقه‌بندی

کلیدهای خودکار فشار ضعیف به شرح زیر طبقه‌بندی می‌شود:

۵-۱۰-۱-۱ بر حسب رده بهره‌برداری:

الف) A : بدون تاخیر زمانی کوتاه‌مدت عمدی برای تامین قابلیت انتخاب تحت شرایط اتصال کوتاه

ب) B : دارای تاخیر زمانی کوتاه مدت عمدی (که می‌تواند قابل تنظیم باشد) برای قابلیت انتخاب تحت شرایط اتصال کوتاه

۵-۱۰-۱-۲ بر حسب محیط واسط قطع:

الف) قطع در هوا

ب) قطع در خلاء

پ) قطع در گاز

۵-۱۰-۱-۳ بر حسب نوع طراحی:

الف) ساختمان باز

ب) بدنه قالبی

۵-۱۰-۱-۴ بر حسب روش فرمان به مکانیزم عمل‌کننده: (operating mechanism)

الف) عمل وابسته دستی

ب) عمل مستقل دستی

پ) عمل وابسته به منبع تغذیه

ت) عمل مستقل از منبع تغذیه

ث) عمل با انرژی ذخیره شده

۵-۱۰-۱-۵ بر حسب تناسب برای جداسازی:

الف) مناسب برای جداسازی

ب) نامناسب برای جداسازی

۵-۱۰-۱-۶ بر حسب پیش‌بینی برای تعمیر و نگهداری:

الف) قابل تعمیر و نگهداری

ب) غیرقابل تعمیر و نگهداری

۵-۱۰-۱-۷ بر حسب روش نصب:

الف) ثابت (fixed)

ب) شاخه‌ای (plug - in)

پ) کشویی (withdrawable)

۵-۱۰-۱-۸ بر حسب درجه حفاظت تامین‌شده توسط محفظه

۵-۱۰-۲ مشخصه‌های کلیدهای خودکار

مشخصه‌های کلیدهای خودکارمورد مصرف باید، بر حسب مورد، به شرح زیر تعیین شود:

۵-۱۰-۲-۱ نوع کلید خودکار:

الف) تعداد قطب‌ها

ب) نوع جریان (dcیاac)

پ) تعداد فازها

ت) فرکانس اسمی

۵-۱۰-۲-۲ مقادیر اسمی و حدی مربوط به مدار اصلی:

الف) ولتاژهای بهره‌برداری اسمی (U_e)

ب) ولتاژ عایق‌بندی اسمی (U_i)

پ) ولتاژ ضربه‌ای قابل تحمل اسمی (U_{imp})

ت) جریان حرارتی قراردادی در هوای آزاد (I_{th})

ث) جریان حرارتی قراردادی در محفظه (I_{the})

ج) جریان اسمی (I_n)

چ) مقادیر اسمی جریان در کلیدهای خودکار چهارقطبی

ح) فرکانس اسمی

خ) کار اسمی

د) قدرت وصل اتصال کوتاه اسمی (I_{cm})

ذ) قدرت قطع اتصال کوتاه نهایی اسمی (I_{cu})

ر) قدرت قطع اتصال کوتاه بهره‌برداری اسمی (I_{cs})

ز) جریان قابل تحمل کوتاه مدت اسمی (I_{cw})

۵-۱۰-۲-۳ رده بهره‌برداری

الف) رده A

ب) رده B

۵-۱۰-۲-۴ مدارهای فرمان

الف) مدارهای فرمان الکتریکی

ب) مدارهای فرمان هوای فشرده

۵-۱۰-۲-۵ مدارهای کمکی

رهاساز:

الف) رهاساز شنت

ب) رهاساز اضافه جریان

پ) رهاساز فروولتاژ (برای باز کردن)

ت) سایر رهاسازها

۵-۱۰-۲-۶ فیوزهای یک‌پارچه (کلیدهای خودکار یک‌پارچه با فیوز)

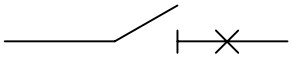
۵-۱۰-۲-۷ اضافه ولتاژهای ناشی از قطع و وصل

۵-۱۰- ۳ علامت‌گذاری

هر کلید خودکار باید به طور بادوام به شرح زیر علامت‌گذاری شود:

۵-۱۰-۳-۱ اطلاعات زیر باید بر روی هر کلید خودکار یا پلاک متصل به آن به گونه‌ای علامت‌گذاری و نصب شود که پس از نصب کلید به صورت خوانا قابل رویت باشد:

الف) جریان اسمی (I_n)

ب) مناسب بودن کلید برای جداسازی با نماد 

پ) نشانه وضعیت بازو بسته به ترتیب با نمادهای O و I

۵-۱۰-۳-۲ اطلاعات زیر نیز باید مانند ردیف "الف" بر روی کلید خودکار علامت‌گذاری شود، ولی قابلیت رویت آن پس از نصب ضروری نمی‌باشد:

الف) نام یا نشانه تجاری سازنده

ب) نوع مدل یا شماره سریال

پ) شماره استاندارد مربوط

ت) رده بهره‌برداری

ث) ولتاژهای بهره‌برداری اسمی (u_e)

ج) مقدار (یا محدوده) فرکانس اسمی مانند 50 Hz، و یا نشانه "dc" (یا نماد ⎓)

چ) قدرت قطع اتصال کوتاه بهره‌برداری اسمی (I_{CS})

ح) قدرت قطع اتصال کوتاه نهایی اسمی (I_{cu})

خ) جریان قابل تحمل کوتاه مدت اسمی (I_{cw}) همراه با مدت آن، در مورد رده بهره‌برداری "B"

د) ترمینال‌های بار و خط، به جز در مواردی که اتصالات آن بی‌اهیمت باشد.

ذ) ترمینال‌های قطب خنثی، در صورت مورد داشتن، توسط حرف "*N*"

ر) ترمینال‌های اتصال زمین حفاظتی، در صورت مورد داشتن، توسط نماد ⏚

ز) دمای مرجع در مورد رهاسازهای حرارتی جبران نشده (non-compensated thermal releases)، در صورتی که غیر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد باشد.

۵-۱۰-۳-۳ اطلاعات زیر باید آن‌چنان‌که در ردیف "ب" مشخص شده است بر روی کلید خودکار علامت‌گذاری شود، و یا این‌که در مدارک منتشر شده توسط سازنده قابل دسترسی باشد:

الف) قدرت وصل اتصال کوتاه اسمی (I_{cm})

ب) ولتاژ عایق‌بندی اسمی (U_i)، در صورتی که از حداکثر ولتاژ بهره‌برداری اسمی بیشتر باشد.

پ) ولتاژ قابل تحمل ضربه‌ای اسمی (U_{imp})، هر گاه اعلام شده باشد.

ت) درجه آلودگی در صورتی که غیر از ۳ باشد.

ث) جریان حرارتی قراردادی در محفظه (I_{the})، در صورتی که با جریان اسمی متفاوت باشد.

ج) درجه حفاظت (کد IP)

چ) حداقل اندازه محفظه و اطلاعات مربوط به تهویه (در صورت وجود) که مقادیر اسمی علامت‌گذاری شده بر اساس آن معتبر است.

ح) جزییات حداقل فاصله بین کلید خودکار و قسمت‌های فلزی اتصال زمین در مورد کلیدهای خودکاری که بدون محفظه استفاده می‌شود.

۵-۱۰-۳-۴ اطلاعات زیر که مربوط به وسایل بازکردن و بستن کلیدهای خودکار می‌باشد باید بر روی پلاک مشخصات آن وسایل یا بر روی پلاک مشخصات کلید خودکار قرار داشته باشد. در مواردی که فضای کافی در دسترس نباشد، این اطلاعات باید در راهنمای منتشر شده توسط سازنده قابل دسترسی باشد.

الف) ولتاژ اسمی مدار فرمان مربوط به مکانیزم بستن و در صورتی که از نوع متناوب باشد، فرکانس اسمی آن

ب) ولتاژ اسمی مدار فرمان در مورد رهاساز شنت یا رهاساز فروولتاژ(under – voltage release) (یا رهاسازقطع ولتاژ no – voltage release) یا هر دو آن، و برای برق متناوب درج فرکانس

پ) جریان اسمی برای رهاسازهای اضافه جریان غیرمستقیم

ت) تعداد و نوع کنتاکت‌های کمکی و نوع جریان، فرکانس اسمی (درمورد a.c.) و ولتاژهای اسمی کلیدهای کمکی در صورتی که با ولتاژ اسمی مدار فرمان متفاوت باشد.

۵-۱۰-۴ ساختمان و عملکرد

۵-۱۰-۴-۱ ساختمان و عملکرد کلیدهای خودکار باید با ضوابط مندرج در بند ۷ از استاندارد ISIRI 4835-2 یا IEC 60947-2 مطابقت نماید.

۵-۱۰-۴-۲ کلید و پوشش آن باید به گونه‌ای طراحی و ساخته شود که در برابر تنش‌های وارده در هنگام نصب و بهره‌داری عادی مقاوم بوده و مضافاً در برابر حرارت و آتش غیرعادی تا حدود مشخص شده ایستادگی نماید.

۵-۱۰-۴-۳ این‌گونه کلیدها باید از نظر عملکرد و سازگاری الکترومغناطیسی (EMC) با ضوابط و معیارهای مندرج در استاندارد ISIRI 4835-1 (بندهای ۱-۷ و ۲-۷) مطابقت نماید.

۵-۱۰-۴-۴ کلیدهای کشویی باید مجهز به سیستم هم‌قفلی (interlock) به شرح زیر باشد:

الف) کنتاکت‌های جداکننده کلید هنگامی مجاز به جداشدن یا دوباره بسته شدن باشد که کنتاکت‌های اصلی کلیدخودکار در وضعیت باز قرار گرفته باشد.

ب) کنتاکت‌های اصلی باید تنها در حالت‌های زیر بتواند بسته شود:

- در شرایطی که کنتاکت‌های جداکننده کاملاً بسته شده است یا
- در صورتی که فاصله جدایی مشخص شده بین قسمت‌های ثابت و متحرک کنتاکت‌های جداکننده تامین شده باشد.
- هنگامی که کلید خودکار در وضعیت جدا شده می‌باشد، تدابیر به کار رفته باید این اطمینان را ایجاد کند که فواصل جدایی مشخص شده بین کنتاکت‌های جداکننده نمی‌تواند سهواً کاهش یابد.

۵-۱۰-۵ آزمون‌های بررسی و تایید کلیدهای خودکار

کلیدهای خودکار باید برابر بند ۸ از استانداردهای 2 و ISIRI 4835-1 یا 2 و IEC 60947-1 مورد آزمون‌های نوعی (type tests) و آزمون‌های جاری (routine tests) و همچنین آزمون‌های نمونه‌ای (sampling) به شرح زیر قرار گیرد:

۵-۱۰-۵-۱ آزمون‌های نوعی شامل موارد زیر:

الف) افزایش دما
ب) مشخصه‌های کلید و حدود قطع
پ) خواص دی‌الکتریک
ت) توانایی عملکرد هنگام بهره‌برداری
ث) عملکرد هنگام اضافه بار
ج) قدرت قطع اتصال کوتاه
چ) جریان قابل تحمل کوتاه‌مدت
ح) عملکرد کلیدهای خودکارفیوزدار

۵-۱۰-۵-۲ آزمون‌های تک به تک یا نمونه‌ای شامل موارد زیر:

الف) عملکرد مکانیکی
ب) کالیبره کردن رهاساز
پ) استقامت الکتریکی

۵-۱۱ کنتاکتورها و راه‌اندازهای الکترومکانیکی فشار ضعیف

۵-۱۱-۱ استاندارد ساخت

کنتاکتورها و راه‌اندازهای موتور الکترومکانیکی فشار ضعیف که کنتاکت‌های اصلی آنها برای اتصال به مدارهای با ولتاژ اسمی ۱۰۰۰ ولت متناوب یا ۱۵۰۰۰ ولت مستقیم در نظر گرفته می‌شود باید برابر استاندارد IEC 60947-4-1 طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گیرد.

این‌گونه راه‌اندازها و یا کنتاکتورها معمولاً برای قطع جریان‌های اتصال کوتاه مدار طراحی نشده است، بنابراین باید حفاظت اتصال کوتاه مناسب برای آنها در نظر گرفته شود. قطع‌کننده‌های مدار (circuit breakers) و واحدهای درترکیب با فیوز که به عنوان لوازم حفاظت در برابر اتصال کوتاه مورد استفاده قرار می‌گیرد باید با شرایط مندرج در استانداردهای مربوط IEC 60947-2 یا IEC 60947-3 مطابقت نماید.

۵-۱۱-۲ تعاریف و اصطلاحات

۵-۱۱-۲-۱ کنتاکتور مکانیکی (mechanical contactor)

وسیله قطع و وصل مکانیکی است که تنها یک وضع سکون دارد و به طریق غیردستی عمل می‌کند و قادر به قطع و وصل و عبور جریان در شرایط عادی مدار از جمله شرایط اضافه بار بهره‌برداری می‌باشد.

۵-۱۱-۲-۲ کنتاکتور الکترومغناطیسی (electromagnetic contactor)

کنتاکتوری که نیروی بستن کنتاکت‌های اصلی در شرایط عادی باز (normally open) یا بازکردن کنتاکت‌های اصلی در شرایط عادی بسته (normally closed) به وسیله آهن‌ربای الکتریکی تامین می‌شود.

۵-۱۱-۲-۳ کنتاکتور بادی (pneumatic contactor)

کنتاکتوری که نیروی بستن کنتاکت‌های قدرت در حالت عادی بار یا بازکردن کنتاکت‌های در حالت عادی بسته آن توسط وسیله‌ای با استفاده از هوای فشرده، بدون کاربری لوازم الکتریکی تامین می‌شود.

۵-۱۱-۲-۴ کنتاکتور الکتریکی– بادی(electro - pneumatic contactor)

کنتاکتوری که نیروی بستن کنتاکت‌های قدرت درحالت عادی باز، یا بازکردن کنتاکت‌های در حالت عادی بسته آن توسط وسیله‌ای با استفاده از هوای فشرده، تحت فرمان شیرهای الکتریکی تامین شود.

۵-۱۱-۲-۵ کنتاکتور ضامن‌دار (latched contactor)

کنتاکتوری که پس از قطع تحریک، از بازگشت اجزای متحرک آن به وضع سکون توسط ضامن جلوگیری شود. ضامن ممکن است به طریق مکانیکی، الکترومغناطیسی، بادی و غیره باشد.

۵-۱۱-۲-۶ کنتاکتور خلاء(یا راه‌انداز) (vacuum contactor or starter)

کنتاکتور یا راه‌اندازی که کنتاکت‌های اصلی آن درون محفظه بسیار خلاء شده باز و بسته می‌شود.

۵-۱۱-۲-۷ وضع سکون یک کنتاکتور (position of rest of a contactor)

وضعیت قرارگرفتن اجزای متحرک کنتاکتور هنگام عدم تحریک وسیله آهنربایی الکتریکی یا وسیله هوای فشرده.

۵-۱۱-۲-۸ راه‌انداز (starter)

مجموعه کلیه وسایل قطع و وصل لازم برای راه‌اندازی و توقف یک موتور همراه با حفاظت اضافه‌بار مناسب.

۵-۱۱-۲-۹ راه‌انداز مستقیم (برروی خط) (direct – on- line –starter)

راه‌اندازی که ولتاژ خط را در یک مرحله به ترمینال‌های اتصال موتور متصل می‌کند.

۵-۱۱-۲-۱۰ راه‌انداز ستاره – مثلث (star- delta starter)

راه‌اندازی که در موتورهای القایی سه‌فاز در وضعیت راه‌اندازی سیم‌پیچ‌های استاتور (stator) به صورت ستاره متصل می‌شود و در موقعیت نهایی کار موتور به صورت مثلثی اتصال می‌یابد.

۵-۱۱-۲-۱۱ راه‌انداز اتوترانسفورمر (auto- transformer starter)

راه‌اندازی که برای راه‌اندازی از یک یا چند ولتاژ کاهش یافته به وسیله یک اتوترانسفورمر استفاده می‌کند.

۵-۱۱-۲-۱۲ راه‌انداز با استاتور رئوستایی (rheostatic static starter)

راه‌انداز رئوستایی مورد استفاده در موتورهای قفسه‌ای (squirrel cage motor) که در دوره راه‌اندازی یک یا چند مقاومت پیش‌بینی شده در مدار استاتور را به ترتیب حذف می‌کند.

۵-۱۱-۲-۱۳ راه‌انداز ترکیبی (combination starter)

تجهیزاتی شامل یک راه‌انداز، یک وسیله کلیدزنی دستی بیرونی ویک وسیله حفاظت در برابر اتصال کوتاه، که در یک محفظه اختصاصی سیم‌کشی و نصب شده باشد. وسایل کلیدزنی و اتصال کوتاه حفاظتی ممکن است شامل یک فیوز، یک کلید با فیوز یا با قطع‌کننده مدار با عملکرد جداکنندگی یا بدون آن باشد.

۵-۱۱-۲-۱۴ راه‌انداز الکترومغناطیسی (electromagnetic starter)

راه‌اندازی که نیروی بستن کنتاکت‌های اصلی آن به وسیله یک آهنربای الکتریکی تامین می‌شود.

۵-۱۱-۲-۱۵ گذار باز (با راه‌انداز اتوترانسفورمر یا راه‌انداز ستاره– مثلث)

(open transition with an auto- transformer starter or star- delta starter)

ترتیب مداری که تغذیه موتور را هنگام تغییر از یک مرحله به مرحله دیگر قطع و وصل می‌کند.

۵-۱۱-۲-۱۶ گذار بسته (با راه‌انداز اتوترانسفورمر یا راه‌انداز ستاره– مثلث)

(Closed transition with an auto-transformer starter or star- delta starter)

ترتیب مداری که تغذیه موتور را هنگام تغییر از یک مرحله به مرحله دیگر(حتی به طور لحظه‌ای) قطع نمی‌کند.

۵-۱۱-۳ طبقه‌بندی

کنتاکتورها و راه‌اندازهای موتور ممکن است به شرح زیر طبقه‌بندی شود:

۵-۱۱-۳-۱ بر حسب نوع تجهیزات

الف) کنتاکتور

ب) راه‌انداز مستقیم بر روی خط برق متناوب

پ) راه‌انداز ستاره – مثلث

ت) راه‌انداز اتوترانسفورمر دو پله

ث) راه‌انداز با روتور رئوستایی

ج) راه‌انداز ترکیبی یا حفاظت‌شده

۵-۱۱-۳-۲ بر حسب تعداد قطب‌ها

۵-۱۱-۳-۳ بر حسب نوع جریان (a.c یا d.c)

۵-۱۱-۳-۴ بر حسب محیط واسط قطع (هوا، روغن،گاز، خلاء و غیره)

۵-۱۱-۳-۵ بر حسب شرایط عملکرد دستگاه

الف) روش راهبری:

مانند دستی، الکترومغناطیسی، موتوری، با هوا (pneumatic)، برقی– هوایی

ب) روش کنترل:

خودکار (به وسیله کلید پیلوت یا کنترل ترتیبی)

غیرخودکار (دستی یا دکمه فشاری)

نیمه‌خودکار (بخشی خودکار، بخشی غیرخودکار)

پ) بر حسب روش تبدیل (change over) **برای انواع راه‌اندازهای مخصوص**

روش تبدیل برای راه‌اندازهای ستاره –مثلث، راه‌اندازهای با روتور رئوستایی یا راه‌اندازهای اتوترانسفورمر ممکن است از انواع خودکار، غیرخودکار یا نیمه خودکارباشد.

ت) بر حسب روش اتصال برای انواع مخصوص راه‌اندازها

راه‌انداز گذار باز (open transition starter)
راه‌انداز گذار بسته (closed transition starter)

۵-۱۱-۴ اطلاعات لازم و نشانه‌گذاری

۵-۱۱-۴-۱ اطلاعات زیر باید بر روی پلاک شناسایی به صورت ماندگار و خوانا درج شود:

الف) نام سازنده یا علامت تجاری آن
ب) مشخص نمودن نوع یا شماره سری
پ) شماره استاندارد مورد مطابقت

۵-۱۱-۴-۲ اطلاعات زیر باید بر روی پلاک شناسایی یا بدنه کنتاکتور و یا مدارک سازنده درج شود:

الف) ولتاژهای اسمی بهره‌برداری
ب) رده کاربری (به جدول ۵-۲ نگاه کنید) و جریان‌های اسمی بهره‌برداری (یا توان اسمی)، در ولتاژهای اسمی بهره‌برداری
پ) مقدار فرکانس یا نشانه "d.c" (یا علامت یا نماد ⎓)
ت) مدت اسمی کار [۸ ساعته، کار مداوم (uninterrupted duty)، متناوب، موقت، یا دوره‌ای]
ث) ظرفیت قطع و وصل یا رده کاربری
ج) ولتاژ اسمی عایق‌بندی
چ) ولتاژ اسمی ایستادگی در برابر ضربه الکتریکی
ح) کد IP در مورد تجهیزات دارای محفظه
خ) درجه آلودگی
د) جریان اسمی اتصال کوتاه مشروط و نوع هماهنگی با وسایل پشتیبان حفاظت در برابر اتصال کوتاه
ذ) اضافه ولتاژهای کلیدزنی

۵-۱۱-۴-۳ اطلاعات زیر در مورد مدارهای کنترل باید بر روی سیم‌پیچ یا بر روی دستگاه درج شود:

الف) ولتاژ اسمی مدار کنترل (U_C)، نوع جریان و فرکانس اسمی
ب) در صورت لزوم نوع جریان، فرکانس اسمی، و ولتاژ اسمی تغذیه کنترل (U_S)
پ) نرخ اسمی فشار هوای فشرده و محدودیت‌های آن
ت) نرخ اسمی مدارهای کنترل
ث) ویژگی‌های رله‌ها و رهاسازهای اضافه بار

۵-۱۱-۴-۴ اطلاعات اضافی برای انواع معینی از کنتاکتورها وراه‌اندازها

الف) دیاگرام مدار
ب) شدت استارت (severity of start)
پ) زمان راه‌اندازی
راه‌اندازی اتوترانسفورمر
ت) ولتاژهای راه‌اندازی در ترمینال‌ها
کنتاکتورها و راه‌اندازهای خلاء

ث) حداکثر ارتفاع مجاز در محل نصب،در صورتی که از ۲۰۰۰ متر کمتر باشد.
ج) تعیین شرایط محیطی (A یا B)
چ) شرایط ویژه مانند هادی‌های شیلددار یا به هم تابیده

۵-۱۱-۵ انتخاب نوع کنتاکتور و راه‌انداز

قدرت اسمی کنتاکتورها و راه‌اندازها بر حسب اندازه و نوع باری که برای آن طراحی شده‌اند تعیین می‌شود. انتخاب نوع کنتاکتورها و راه‌اندازها باید متناسب با رده کاربری و موارد استفاده از آنها صورت گیرد. این‌گونه تجهیزات باید بر اساس طبقه‌بندی رده کاربری مندرج در استاندارد IEC 60947-4-1 انتخاب شود. طبقه‌بندی انواع کنتاکتورها و راه‌اندازها و موارد استفاده از آنها برای سهولت مراجعه در جدول ۵-۲ ارایه شده است.

جدول ۵-۲: رده کاربری و موارد استفاده انواع کنتاکتورها و راه‌اندازها

نوع جریان	رده کاربری	موارد استفاده
برق متناوب AC	AC-1	بارهای غیرالقایی یا کمی‌القایی، کوره‌های مقاومتی
	AC-2	موتورهای دارای اسلیپ رینگ(slip–ring): راه‌اندازی، خاموش‌کردن
	AC-3	موتورهای قفسی: راه‌اندازی، خاموش‌کردن به دفعات (حداکثر۱۰ بار در ده دقیقه)
	AC-4	موتورهای قفسی: راه‌اندازی،خاموش‌کردن به دفعات و گردش بر عکس موتور
	AC-5a	کلیدزنی کنترل لامپ‌های تخلیه الکتریکی
	AC-5b	کلیدزنی لامپ‌های رشته‌ای
	AC-6a	کلیدزنی ترانسفورماتورها
	AC-6b	کلیدزنی بانک‌های خازنی
	AC-7a	بارهای کمی‌القایی در مصارف خانگی و مشابه
	AC-7b	بارهای موتوری برای مصارف خانگی
	AC-8a	کنترل موتور کمپرسور مبرد بسته (hermetic) با بازنشانی دستی رهاساز اضافه‌بار
	AC-8b	کنترل موتور کمپرسور مبرد بسته (hermetic) با بازنشانی خودکار رهاساز اضافه‌بار
برق مستقیم DC	DC-1	بارهای غیرالقایی یا کمی‌القایی، کوره‌های مقاومتی
	DC-3	موتورهای شانت (shunt-motors): راه‌اندازی،خاموش‌کردن به دفعات،گردش معکوس موتور، ترمز دینامیک موتورهای DC (dynamic breaking)
	DC-5	موتورهای سری(series-motors): راه‌اندازی، خاموش‌کردن به دفعات، گردش معکوس، ترمز دینامیک
	DC-6	کلیدزنی چراغ‌های رشته‌ای

۵-۱۱-۶ آزمون‌های پذیرش

کنتاکتورها و راه‌اندازهای موتور الکترومکانیکی فشار ضعیف باید برابر بند ۹ از استاندارد IEC 60947-4-1 مورد آزمون‌های نوعی، عادی، نمونه‌ای و ویژه به شرح زیر قرار گیرد:

۵-۱۱-۶-۱ آزمون‌های نوعی (type tests)

آزمون‌های نوعی که به منظور بررسی و تایید مطابقت با شرایط استاندارد باید انجام شود به شرح زیر خواهد بود:
الف) حدود افزایش دما
ب) خواص دی‌الکتریک

پ) ظرفیت‌های اسمی قطع و وصل
ت) امکان تبدیل (change over) و عمل معکوس
ث) عملکرد بهره‌برداری عادی
ج) بهره‌برداری و محدودیت‌های آن
چ) قدرت ایستادگی در برابر جریان اضافه‌بار
ح) کارایی تحت شرایط اتصال کوتاه
خ) خواص مکانیکی ترمینال‌ها
د) درجه حفاظت کنتاکتورها و راه‌اندازهای محفظه‌دار
ذ) آزمون‌های سازگاری الکترومغناطیسی(EMC)، درموارد مربوط

۵-۱۱-۶-۲ آزمون‌های عادی (routine tests)

آزمون‌های عادی به منظور کشف نامرغوبی در مواد به کار رفته یا نحوه انجام کار و اطمینان از عملکرد صحیح کنتاکتورها و راه‌اندازها انجام می‌شود. این‌گونه آزمون‌ها که باید بر روی تک‌تک تجهیزات مزبور صورت گیرد شامل موارد زیر است:

الف) بهره‌برداری و محدودیت‌های بهره‌برداری
ب) آزمون‌های دی‌الکتریک

۵-۱۱-۶-۳ آزمون‌های نمونه‌ای

در مواردی که تحلیل‌های آماری نشان داده باشد که آزمون‌های عادی (بر روی تک‌تک محصولات) مورد لزوم نمی‌باشد و در استاندارد مربوط نیز تصریح شده باشد،آزمون‌های نمونه‌ای زیر باید بر روی کنتاکتورها و راه‌اندازها انجام شود:

الف) بهره‌برداری و محدودیت‌های بهره‌برداری
ب) آزمون‌های دی‌الکتریک

۵-۱۱-۶-۴ آزمون‌های ویژه

آزمون‌های ویژه آزمون‌های دوام مکانیکی و الکتریکی و تایید هم‌آهنگی جریان متقاطع (crossover current) بین راه‌انداز و لوازم حفاظتی اتصال کوتاه می‌باشد.

۵-۱۲ کنتاکتورهای الکترومکانیکی هوایی مصارف خانگی و مشابه

این‌گونه کنتاکتورها که دارای ولتاژ اسمی کنتاکت‌های اصلی تا ۴۴۰ ولت متناوب و جریان عملکردی (operational currents) برای رده کاربردی AC-7a (بارهای کمی‌القایی slightly inductive loads) تا ۶۳ آمپر و برای رده کاربردی AC-7b (بارهای موتوری) تا ۳۲ آمپر و جریان اتصال کوتاه تا ۶ کیلوآمپر می‌باشد باید برابر استاندارد IEC 61095 طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گیرد.

یادآوری: این‌گونه کنتاکتورها برای قطع اتصال کوتاه طراحی نشده است و بنابراین باید برای این منظور حفاظت مناسب در نظر گرفته شود.

۵-۱۳ فیوزهای فشارضعیف

۵-۱۳-۱ استاندارد ساخت

۵-۱۳-۱-۱ فیوزهایی که رابط فیوز در آنها از نوع محدودکننده جریان و محفظه‌دار بوده و ظرفیت قطع اسمی آنها از ۶ KVA کمتر نبوده وبرای حفاظت مدارهای جریان متناوب با فرکانس صنعتی که ولتاژ اسمی آنها از ۱۰۰۰ ولت و مدارهای جریان مستقیم که ولتاژ اسمی آنها از ۱۵۰۰ ولت تجاوز ننماید باید برابر استاندارد ISIRI 3109 یا IEC 60269-1 طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گیرد.

۵-۱۳-۱-۲ فیوزهای صنعتی که باید فقط به وسیله افراد مجاز مورد استفاده قرار گیرد باید برابر استاندارد IEC 60269-1 و هم‌چنین رعایت مقررات تکمیلی مندرج در استانداردهای IEC 60269-2 و IEC 60269-2-1 طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گیرد.

فیوزهایی که باید به وسیله افراد مجاز مورد استفاده قرار گیرد به گونه‌ای طراحی می‌شود که رابط فیوز قابل دسترسی است و صرفاً باید توسط افراد مجاز به کار برده شود.

۵-۱۳-۱-۳ فیوزهای مصارف خانگی و مشابه که ولتاژ اسمی آن‌ها از ۵۰۰ ولت متناوب و جریان اسمی آنها از ۱۰۰ آمپر تجاوز نمی‌کند و ممکن است به وسیله افراد بدون مهارت مورد استفاده قرار گیرد باید برابر استاندارد IEC 60269-1 و همچنین رعایت مقررات تکمیلی مندرج در استانداردهای IEC 60269-3 و IEC 60269-3-1 طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گیرد.

۵-۱۳-۱-۴ هماهنگی بین فیوزهای فشارضعیف و کنتاکتورها و راه‌اندازهای موتور باید برابر راهنمای کاربری IEC 61459 و IEC TR 61459 صورت گیرد.

۵-۱۳-۲ موارد استفاده از فیوز

فیوز ممکن است به عنوان وسیله حفاظتی در موارد زیر مورد استفاده قرار گیرد:

- به منظور حفاظت مدارهای الکتریکی در برابر اتصال کوتاه و اضافه بار
- برای حفاظت تجهیزات و دستگاه‌ها در برابر اتصال کوتاه
- به منظور تامین ایمنی در صورت بروز اتصال کوتاه بین فاز و خنثی

۵-۱۳-۳ مشخصات فنی فیوزها

۵-۱۳-۳-۱ فیوزها باید دارای مشخصات فنی به شرح زیر باشند:

ولتاژ نامی (ولت)
جریان اسمی پایه فیوز (آمپر)
جریان اسمی رابط فیوز (فشنگ – تیغه فیوز)
جریان اتصال کوتاه (کیلوآمپر)
فرکانس اسمی (هرتز)
سطح عایقی (ولت)
مشخصه‌های زمان جریان (تندکار/کندکار/...)
نوع فیوز (کاردی، فشنگی)

قابلیت محدودکنندگی جریان اتصال کوتاه (بلی/خیر)

۵-۱۳-۳-۲ ضرایب کاهش مقادیر اسمی جریان‌ها در ارتفاعات و مکان‌های گوناگون با توجه به درجه حرارت محیط در انتخاب فیوز باید ملحوظ شود.

۵-۱۳-۳-۳ مشخصات زمان– جریان فیوزها باید ارایه شود.

۵-۱۳-۳-۴ پایداری

فیوز باید به گونه‌ای طراحی شده باشد که در حالات گوناگون و شرایط کار طبیعی و غیرطبیعی، موارد ذکر شده زیر را برآورد نماید:

الف) در هر شرایط کار طبیعی و تحت وضعیت سرویس مشخص شده، دمای قسمت‌های مختلف آن از مقادیر مشخص شده بیشتر نشود و در مشخصه زمان – جریان تعیین شده تغییر قابل توجهی ظاهر نشود.

ب) پایداری حرارتی در طول مدت اتصال کوتاه و همچنین در طول مدت برقراری جریان اسمی کوتاه مدت تعیین شده

پ) پایداری دینامیکی در برابر قوی‌ترین نیروی تولید شده به وسیله حداکثر مقدار جریان اتصال کوتاه همانند فشار ضربه‌ای قوی که به وسیله قطع همان جریان تولید می‌گردد.

۵-۱۴ کلیدهای خودکار مینیاتوری

۵-۱۴-۱ استاندارد ساخت

کلیدهای مینیاتوری باید برابر یکی از استانداردهای شناخته شده و معتبر جهانی مانند استانداردهای زیر طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گیرد:

۵-۱۴-۱-۱ قطع‌کننده‌های مدار حفاظت در برابر اضافه جریان برق متناوب که ولتاژ اسمی آنها از ۴۴۰ ولت (بین فازها) و جریان اسمی از ۱۲۵ آمپر و جریان اتصال کوتاه از ۲۵۰۰۰ آمپر تجاوز نمی‌کند، با فرکانس ۵۰یا ۶۰ هرتز، باید با ضوابط مندرج در استاندارد IEC 60898-1 مطابقت نماید.

این‌گونه کلیدها برای جدایی (isolation) مناسب بوده و ممکن است در محیط‌های دارای آلودگی درجه ۲ مورد استفاده قرار گیرد، لیکن استفاده از آنها برای حفاظت موتورها مجاز نمی‌باشد.

۵-۱۴-۱-۲ قطع‌کننده‌های مدار حفاظت در برابر اضافه جریان برق مستقیم که ولتاژ اسمی آن‌ها از ۲۲۰ ولت (یک‌قطبی) و ۴۴۰ ولت (دو قطبی)، و جریان اسمی از ۲۵ آمپر و ظرفیت اسمی اتصال کوتاه از ۱۰۰۰۰ آمپر تجاوز نمی‌کند باید با ضوابط مندرج در استاندارد IEC 60898-2 مطابقت نماید.

۵-۱۴-۲ مشخصات فنی

۵-۱۴-۲-۱ کلیدهای مینیاتوری باید از نوع حرارتی– مغناطیسی باشد و بدنه آن استقامت حرارتی و مکانیکی کافی برای تحمل مداوم جریان نامی قید شده آن را داشته باشد.

۵-۱۴-۲-۲ بدنه کلیدهای مینیاتوری باید بتواند جریان اضافه‌بار و اتصال کوتاهی را که کلید عامل حفاظتی آن است در شرایط کاری قید شده تحمل نماید.

۵-۱۴-۲-۳ درجه حفاظت کلید باید با درجه حفاظت تابلو همخوانی داشته و از درجه حفاظت تابلو نکاهد.

۵-۱۴-۲-۴ محفظه دربرگیرنده جزء عمل‌کننده حفاظتی، باید به منظور جلوگیری از تماس شخص با مکانیزم مزبور کاملاً مهر و موم شده باشد.

۵-۱۴-۲-۵ اجزای فلزی مکانیزم عمل‌کننده کلید باید از جنس مقاوم باشد تا در شرایط آب و هوایی نامساعد فرسوده نشود. ترمینال‌های کلید باید به گونه‌ای باشد که از پراکنده‌شدن سیم و کابل متصل به آن جلوگیری شود. رزوه‌های پیچ ترمینال‌ها باید در فلز محکم شود.انتهای آچارخورپیچ‌ها باید گرد باشد تا از صدمه‌رساندن به سیم‌ها جلوگیری نماید.

۵-۱۴-۲-۶ اطلاعات زیر باید به طور خوانا و همیشگی بر روی بدنه کلید درج شده باشد:

الف) استاندارد ساخت
ب) جریان اسمی
پ) ولتاژ اسمی و تعداد فازها
ت) دمای مرجع برای تنظیم‌کردن
ث) نوع کلید بر حسب جریان قطع حفاظتی آن
ج) نام سازنده یا علامت تجاری آن
چ) فرکانس نامی
ح) وظیفه کلید

۵-۱۵ ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری جریان

۵-۱۵-۱ ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری جریان باید برابر مشخصات فنی مندرج در جدیدترین اصلاحیه استاندارد IEC 60044-1 طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گیرد.

۵-۱۵-۲ این‌گونه ترانسفورماتورها باید برای کار عادی، تحت شرایط مشخص شده مناسب باشد. این نوع ترانس‌ها همچنین باید به صورت یک‌پارچه ریخته شده و برای نصب در تابلوهای تمام بسته فلزی ساخته شده و دارای تحمل الکتریکی و مکانیکی زیاد بوده و در برابر قوس الکتریکی و دما، مقاومت کافی داشته باشد.(به بندهای ۳ و ۵ از استاندارد IEC 60044-1 نگاه کنید)

تمام اجزای واقع در معرض هوا، باید برای مقاومت در برابر خوردگی از مواد ضدخوردگی تهیه و یا گالوانیزه گرم شده باشد. هم‌چنین این‌گونه ترانس‌ها باید نیازی به نگهداری نداشته باشد.

۵-۱۵-۳ ترمینال اولیه باید از جنس مس گالوانیزه شده بود وبه پیچ‌های اتصال با اندازه مناسب برای اتصال به هادی مسی تا سطح مقطع ۴ میلی‌مترمربع مجهز باشد.

۵-۱۵-۴ مجموعه ترانسفورماتورهای جریان باید روی یک صفحه نگهدارنده با مقاومت مکانیکی کافی ثابت گردد. ترانسفورماتور اندازه‌گیری جریان را باید بتوان توسط چهار عدد پیچ در هر وضعیت مطلوبی نصب نمود.

۵-۱۵-۵ یک پلاک ضد زنگ، که شامل اطلاعات مندرج در بند ۲-۱۰ از استاندارد IEC 60044-1، و نشانگر دیاگرام اتصالات به صورت پاک‌نشدنی، باشد باید در یک مکان قابل دید روی ترانس اندازه‌گیری جریان نصب گردد. روش علامت‌گذاری ترمینال‌ها باید برابر بند ۱-۱۰ از استاندارد IEC 60044-1 باشد.

۵-۱۶ وسایل اندازه‌گیری و نمایشگر

۵-۱۶-۱ وسایل نمایشگر باید در برابر نفوذ رطوبت و خاک مقاوم باشد و تقریباً هم‌سطح قسمت نگهدارنده که ضخامت آن دو میلی‌متر است، نصب شود. این وسایل باید دارای زمینه سفیدرنگ بوده و علامت‌گذاری‌ها و درجه‌بندی و نشانگر آن به رنگ سیاه باشد.

۵-۱۶-۲ وسایل نمایشگر باید دارای پیچ تنظیم برای صفر کردن باشد و میزان دقت آن در مقادیر اسمی برابر با ۱± درصد باشد.

۵-۱۶-۳ آمپرمترها باید برابر جریان اولیه ترانسفورماتور جریان مدرج شده باشد.

۵-۱۶-۴ ولت‌مترها باید دارای دامنه ۱ تا ۵۰۰ ولت باشد.

۵-۱۶-۵ کلید ولت‌متر باید از نوع گردان هفت حالته با کنتاکت نگه‌دارنده، و بدون فنر برگشت بوده و دارای صفحه علامت‌گذاری شده باشد و برای نصب روی ورق دو میلی‌متری مناسب باشد.علامت‌ها باید شامل R ،S ،T؛ R-S؛ R-T؛ T-S و O باشد.

۵-۱۶-۶ لامپ‌های نمایشگر باید از نوع تابلویی، دارای مصرف کم و برای نصب بر روی تابلو مورد نظر مناسب باشد.کلاهک رنگی روی لامپ‌ها نباید با گرمای لامپ تغییر شکل و رنگ دهد.

۵-۱۶-۷ حداقل سطح مقطع سیم‌های فشارضعیف و کنترل داخل تابلو نباید از ۲/۵ میلی‌متر مربع کمتر باشد و پوشش عایق آن باید حداقل تحمل ولتاژ ۱۰۰۰ ولت را داشته باشد.

۵-۱۶-۸ تابلوها و تجهیزات داخل آن باید دارای پلاک یا لوحه ویژگی‌های مربوط به آن باشد که به صورت ماندگار و خوانا در محل قابل رویت نصب شود.

۵-۱۷ پلاک‌های مشخصات و نشانه‌گذاری تابلو

۵-۱۷-۱ پلاک‌های مشخصات تابلو

هر تابلو باید دارای یک یا چند پلاک مشخصات باشد، نوشته‌ها و علامت‌گذاری‌های روی آنها باید به صورت ماندگار و خوانا بوده و در محلی نصب شود که قابل رویت باشد.

اطلاعات ارایه شده در ردیف‌های (الف) و (ب) باید روی پلاک مشخصات درج شود.

اطلاعات ارایه شده در ردیف‌های (پ) تا (ظ)، در صورت مورد داشتن، باید بر روی پلاک مشخصات یا مدارک فنی تهیه شده به وسیله سازنده مشخص شوند.

الف) نام یا علامت تجاری سازنده؛

ب) نشانه مشخصه نوع تابلو یا شماره سریال یا هر نوع روش شناسایی دیگر، به نحوی که با استفاده از آن بتوان اطلاعات مربوط را از سازنده به دست آورد؛

پ) شماره استاندارد ملی ایران ISIRI 1928-1 و/ یا شماره استاندارد کمیته بین‌المللی الکترونیک IEC 60439-1 (در صورت مطابقت با استانداردهای مزبور)؛

ت) نوع جریان (و فرکانس در مورد جریان متناوب)؛

ث) ولتاژهای بهره‌برداری؛

ج) ولتاژهای عایق‌بندی اسمی؛
ولتاژ ضربه‌ای ایستادگی اسمی؛

چ) ولتاژهای اسمی مدارهای کمکی (در صورت مورد داشتن)؛

ح) محدوده کاربرد؛

خ) جریان اسمی هر مدار؛

د) توان ایستادگی در برابر اتصال کوتاه؛

ذ) درجه حفاظت IP؛

ر) اقدامات انجام شده برای حفاظت افراد؛

ز) شرایط استفاده از نظر نصب در داخل یا خارج ساختمان یاشرایط ویژه؛

س) نوع اتصال زمین سیستم، که تابلو برای آن طراحی شده است ؛

ش) ابعاد تابلو (از چپ به راست ارتفاع، عرض و عمق [برای تابلوهای PTTAمورد ندارد])؛

ص) وزن (برای تابلوهای PTTA مورد ندارد)؛

ض) فرم جداسازی داخلی؛

ط) نوع اتصالات الکتریکی واحدهای عامل (functional units)؛

ظ) محیط ۱ یا ۲.

۵-۱۷-۲ نشانه‌گذاری‌ها

در داخل هر تابلو باید بتوان تک‌تک مدارها و وسایل حفاظتی آنها را شناسایی کرد. این‌گونه نشانه‌گذاری‌ها باید همانند نشانه‌های استفاده شده در نقشه سیم‌کشی تابلو بوده و با استاندارد IEC 60750 مطابقت نماید.

۵-۱۸ آزمایش تابلوهای فشار ضعیف

کلیه تابلوهای فشار ضعیف باید پس از ساخت در کارخانه و هم‌چنین پس از نصب در محل و قبل از راه‌اندازی مورد آزمون‌های نوعی و معمولی (تک به تک) قرار گیرد. آزمون‌های نوعی شامل حدود افزایش دما، ویژگی‌های دی‌الکتریکی، توانایی ایستادگی در برابر اتصال کوتاه، موثربودن مدار حفاظتی، فواصل هوایی و خزشی، نحوه عملکرد مکانیکی، و درجه حفاظت می‌باشد. آزمون‌های معمول مشتمل بر بررسی سیم‌کشی‌ها و نحوه کار الکتریکی،آزمون دی‌الکتریکی، بررسی اقدامات حفاظتی و پیوستگی الکتریکی مدار حفاظتی خواهد بود. این‌گونه آزمون‌ها باید براساس مفاد بند ۸ از نشریه شماره ۱-۱۹۲۸ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران زیر عنوان "مشخصات آزمون‌ها" که برای سهولت مراجعه عیناً ضمیمه این فصل گردیده است، انجام شود.

۵-۱۹ جداول داده‌ها و شکل‌های نمونه تابلوهای فشار ضعیف

۵-۱۹-۱ اطلاعات و داده‌های مربوط به تابلوهای فشار ضعیف در جداول ۵-۳ تا ۵-۶ و نشانه‌های ترسیمی الکتریکی در جدول ۵-۷ ارائه شده است.

۵-۱۹-۲ نمونه انواع شکل‌های شماتیک سیستم توزیع نیروی برق تابلوهای فشار ضعیف و شکل‌های شماتیک مدارهای آن و همچنین نمای انواع تابلوها همراه با پایه یا سکوی نصب آن در شکل‌های ۵-۲ تا ۵-۲۱ نشان داده شده است.

جدول ۵-۳: انتخاب وسایل فرمان و حفاظت تابلوهای سیستم موتورهای تک‌فاز برقی

کابل یا سیستم تغذیه	روش حفاظت موتورهای برقی							شدت جریان (آمپر) در ۲۲۰ ولت، ۵۰ سیکل		قدرت اسمی موتورهای تک‌فاز	
		فیوز پشتیبان		رله محافظ حرارتی (بی متال)		راه‌انداز		دور در دقیقه			
سطح مقطع و تعداد رشته	اندازه کلید قطع (آمپر)	فشنگ (آمپر)	پایه (آمپر)	نوع	تنظیم (آمپر)	گستره (آمپر)	جریان اسمی	اندازه	نوع	۱۴۲۵		اسب‌بخار (متریک)	کیلو وات
۲X۲/۵	۱۶	۴	۲۵	DIAZED تاخیر زمانی	۰/۷۵	۱ – ۰/۶	۹	۰	اتصال مستقیم	۰/۷		۱/۱۶	۰/۰۴۷
۲X۲/۵	۱۶	۴	۲۵	DIA ت – ز	۰/۹۵	۱/۲ – ۰/۸	۹	۰	۱ – م	۰/۹		۱/۱۲	۰/۰۶
۲X۲/۵	۱۶	۶	۲۵	DIA ت – ز	۱/۲۵	۱/۶ – ۱/۱	۹	۰	۱ – م	۱/۲		۱/۸	۰/۰۹
۲X۲/۵	۱۶	۶	۲۵	DIA ت – ز	۱/۷۵	۲ – ۱/۴	۹	۰	۱ – م	۱/۷		۱/۶	۰/۱۲
۲X۲/۵	۱۶	۶	۲۵	DIA ت – ز	۲/۳۵	۲/۵ – ۱/۷	۹	۰	۱ – م	۲/۳		۱/۴	۰/۱۸
۲X۲/۵	۱۶	۶	۲۵	DIA ت – ز	۳/۳۵	۴/۵ – ۳	۹	۰	۱ – م	۳/۳		۱/۳	۰/۲۵
۲X۲/۵	۱۶	۱۰	۲۵	DIA ت – ز	۴/۱۵	۶ – ۴	۹	۰	۱ – م	۴/۱		۱/۲	۰/۳۷
۲X۲/۵	۱۶	۱۶	۲۵	DIA ت – ز	۶/۲۰	۸ – ۵/۵	۹	۰	۱ – م	۶/۱		۳/۴	۰/۵۵
۲X۲/۵	۱۶	۱۶	۲۵	DIA ت – ز	۷/۶۰	۱۲ – ۸	۱۶	۱	۱ – م	۷/۵		۱	۰/۷۵
۲X۴	۲۵	۲۵	۲۵	DIA ت – ز	۹/۶۰	۱۲ – ۸	۱۶	۱	۱ – م	۹/۵		۱/۵	۱/۱
۲X۶	۴۰	۳۵	۶۳	DIA ت – ز	۱۴/۲۰	۱۶ – ۱۱	۳۲	۲	۱ – م	۱۴		۲	۱/۵
۲X۱۰	۶۳	۵۰	۶۳	DIA ت – ز	۲۱/۵۰	۲۵ – ۱۷	۳۲	۲	۱ – م	۲۱		۳	۲/۲
۲X۱۶	۱۰۰	۸۰	۱۰۰	DIA ت – ز	۳۵/۵۰	۴۵ – ۳۰	۴۵	۳	۱ – م	۳۵		۵	۳/۶
۲X۲۵	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	DIA ت – ز	۵۱	۶۳ – ۴۰	۶۳	۴	۱ – م	۵۰		۷/۵	۵/۵

جدول ۵-۴: جدول انتخاب وسایل فرمان و حفاظت تابلوهای سیستم موتورهای سه‌فاز برقی

کابل یا سیستم تغذیه	روش حفاظت موتورهای برقی								شدت جریان (آمپر) در ۳۸۰ ولت، ۵۰ سیکل			قدرت اسمی موتورهای سه‌فاز	
			فیوز پشتیبان		رله محافظ حرارتی (بی -متال)		راه‌انداز		دور در دقیقه				
سطح مقطع و تعداد رشته	اندازه کلید قطع (آمپر)	فشنگ (آمپر)	پایه (آمپر)	نوع	تنظیم (آمپر)	گستره (آمپر)	جریان اسمی	اندازه	نوع	۳۰۰۰	۱۵۰۰	۱۰۰۰	اسب‌بخار (متریک)	کیلو وات
۳X۲/۵	۱۶	۲	۲۵	DIAZED تاخیر زمانی	۰/۲۵	۰/۱۸ --۰/۲۵	۹	۰	اتصال مستقیم	۰/۲	۰/۲۳	۰/۲۴	۱/۱۲	۰/۰۶
۳X۲/۵	۱۶	۲	۲۵	DIA ت - ز	۰/۳۵	۰/۲۵ -- ۰/۴	۹	۰	۱ - م	۰/۳	۰/۳۴	۰/۳۶	۱/۸	۰/۰۹
۳X۲/۵	۱۶	۲	۲۵	DIA ت - ز	۰/۴۵	۰/۴ -- ۰/۶	۹	۰	۱ - م	۰/۳۷	۰/۴۴	۰/۵۰	۱/۶	۰/۱۲
۳X۲/۵	۱۶	۴	۲۵	DIA ت - ز	۰/۶۵	۰/۶ -- ۱	۹	۰	۱ - م	۰/۵۳	۰/۶۱	۰/۶۸	۱/۴	۰/۱۸
۳X۲/۵	۱۶	۴	۲۵	DIA ت - ز	۰/۸۰	۰/۶ -- ۱	۹	۰	۱ - م	۰/۷۱	۰/۷۸	۰/۸۸	۱/۳	۰/۲۵
۳X۲/۵	۱۶	۴	۲۵	DIA ت - ز	۱/۱۵	۰/۸ -- ۱/۲	۹	۰	۱ - م	۱/۱۰	۱/۱۲	۱/۱۵	۱/۲	۰/۳۷
۳X۲/۵	۱۶	۶	۲۵	DIA ت - ز	۱/۵۰	۱/۱ -- ۱/۶	۹	۰	۱ - م	۱/۴۵	۱/۴۷	۱/۶۳	۳/۴	۰/۵۵
۳X۲/۵	۱۶	۶	۲۵	DIA ت - ز	۲/۰۰	۱/۷ -- ۲/۵	۹	۰	۱ - م	۱/۸۳	۱/۹۵	۲/۱۵	۱/۰	۰/۷۵
۳X۲/۵	۱۶	۶	۲۵	DIA ت - ز	۲/۸۵	۲/۲ -- ۳/۲	۹	۰	۱ - م	۲/۵۵	۲/۸	۳/۰	۱/۵	۱/۱
۳X۲/۵	۱۶	۶	۲۵	DIA ت - ز	۳/۱۵	۳ -- ۴/۵	۹	۰	۱ - م	۲/۸۰	۳/۱۴	۳/۴	۱/۶	۱/۲
۳X۲/۵	۱۶	۱۰	۲۵	DIA ت - ز	۳/۷۵	۳ -- ۴/۵	۹	۰	۱ - م	۳/۴	۳/۷	۴/۰	۲/۰	۱/۵
۳X۲/۵	۲۵	۱۶	۲۵	DIA ت - ز	۵/۰۰	۴ - ۶	۹	۰	۱ - م	۴/۴	۴/۹۵	۵/۳	۲/۶۷	۲/۰
۳X۲/۵	۲۵	۱۶	۲۵	DIA ت - ز	۵/۲۵	۴ - ۶	۹	۰	۱ - م	۴/۸	۵/۲	۵/۸	۳/۰	۲/۲
۳X۲/۵	۲۵	۱۶	۲۵	DIA ت - ز	۷/۰۵	۵/۵ - ۸	۹	۰	۱ - م	۶/۴	۷/۰	۷/۶	۴/۰	۳/۰

جدول ۵-۴: جدول انتخاب وسایل فرمان و حفاظت تابلوهای سیستم موتورهای سه‌فاز برقی – ادامه

کابل یا سیستم تغذیه	روش حفاظت موتورهای برقی									شدت جریان (آمپر) در ۳۸۰ ولت، ۵۰ سیکل			قدرت اسمی موتورهای سه‌فاز	
		فیوز پشتیبان			رله محافظ حرارتی (بی –متال)		راه‌انداز			دور در دقیقه				
سطح مقطع و تعداد رشته	اندازه کلید قطع (آمپر)	فشنگ (آمپر)	پایه (آمپر)	نوع	تنظیم (آمپر)	گستره (آمپر)	جریان اسمی	اندازه	نوع	۳۰۰۰	۱۵۰۰	۱۰۰۰	اسب‌بخار (متریک)	کیلو وات
۳X۴	۲۵	۲۵	۲۵	DIAZED تاخیر زمانی	۸/۹	۹/۵ – ۶/۵	۱۶	۱	ا – م مستقیم	۸/۱	۸/۸	۹/۵	۵/۵	۴
۳X۴	۲۵	۲۵	۲۵	DIA ت – ز	۱۰/۹	۱۲ – ۸	۱۶	۱	ا – م	۱۰/۱	۱۰/۸	۱۱/۹	۶/۶۷	۵
۳X۶	۴۰	۳۵	۶۳	DIA ت – ز	۱۱/۸	۱۶ – ۱۱	۱۶	۱	ا – م	۱۱/۲	۱۱/۷	۱۳/۱	۷/۵	۵/۵
۳X۶	۴۰	۳۵	۶۳	DIA ت – ز	۱۵/۷	۲۰ – ۱۴	۳۲	۲	ا – م	۱۴/۹	۱۵/۶	۱۸/۱	۱۰	۷/۵
۳X۱۰	۶۳	۵۰	۶۳	DIA ت – ز	۲۰/۵	۲۵ – ۱۷	۳۲	۲	ا – م	۲۰/۴	۲۰	۲۲/۶	۱۳/۳۴	۱۰
۳X۱۰	۶۳	۵۰	۶۳	DIA ت – ز	۲۲/۵	۲۵ – ۱۷	۳۲	۲	ا – م	۲۲/۵	۲۲	۲۴/۳	۱۵	۱۱
۳X۱۰	۶۳	۶۳	۶۳	DIA ت – ز	۲۹/۵	۳۲ – ۲۲	۳۲	۲	ا – م	۳۰	۲۹	۳۱/۵	۲۰	۱۵
۳X۱۶	۱۰۰	۸۰	۱۰۰	DIA ت – ز	۳۸/۵	۴۵ – ۳۰	۴۵	۳	ا – م	۳۶	۳۸	۳۷/۵	۲۵	۱۸/۵
۳X۱۶	۱۰۰	۸۰	۱۰۰	DIA ت – ز	۴۰	۴۵ – ۳۰	۴۵	۳	ا – م	۳۷/۹	۳۹/۸	۴۰/۱	۲۶/۶۶	۲۰
۳X۲۵	۱۰۰	۸۰	۱۰۰	DIA ت – ز	۴۴	۴۵ – ۳۰	۶۳	۴	ا – م	۴۲/۵	۴۳/۵	۴۴/۵	۳۰	۲۲
۳X۲۵	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	DIA ت – ز	۵۰	۶۳ – ۴۰	۶۳	۴	ا – م	۴۸	۴۹	۵۰	۳۳/۳۴	۲۵
۳X۲۵	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	DIA ت – ز	۵۹	۶۳ – ۴۰	۶۳	۴	ا – م	۵۷	۵۸	۵۹	۴۰	۳۰
۳X۳۵	۲۰۰	۱۲۵	۲۰۰	DIA ت – ز	۶۸	۸۰ – ۵۵	۱۱۰	۶	ا – م	۶۵/۵	۶۷	۶۸	۴۶/۶۶	۳۵
۳X۳۵	۲۰۰	۱۲۵	۲۰۰	DIA ت – ز	۷۲	۸۰ – ۵۵	۱۱۰	۶	ا – م	۶۹	۷۱	۷۲	۵۰	۳۷

جدول ۵-۴: جدول انتخاب وسایل فرمان و حفاظت تابلوهای سیستم موتورهای سه‌فاز برقی – ادامه

قدرت اسمی موتورهای سه‌فاز		شدت جریان (آمپر) در ۳۸۰ ولت، ۵۰ سیکل		راه‌انداز		روش حفاظت موتورهای برقی					کابل یا سیستم تغذیه
کیلو وات	اسب‌بخار (متریک)	دور در دقیقه ۱۰۰۰	دور در دقیقه ۱۵۰۰	نوع	اندازه	رله محافظ حرارتی (بی -متال) گستره (آمپر)	رله محافظ حرارتی (بی -متال) تنظیم (آمپر)	فیوز پشتیبان نوع	فیوز پشتیبان پایه (آمپر)	اندازه کلید قطع (آمپر)	سطح مقطع و تعداد رشته
۴۰	۵۳/۳۳	۷۷/۲	۷۵/۶	اتصال مستقیم	۶	۷۰ – ۱۰۰	۷۸	DIAZED تاخیر زمانی	۲۰۰	۱۲۵	۳X۳۵
۴۵	۶۰	۸۷	۸۷	ا – م	۶	۷۰ – ۱۰۰	۸۸	DIA ت – ز	۲۰۰	۱۶۰	۳X۵۰
۵۰	۶۶/۶۶	۹۶	۹۴/۵	ا – م	۶	۹۰ – ۱۱۰	۹۶	DIA ت – ز	۲۰۰	۱۶۰	۳X۵۰
۵۵	۷۵	۱۰۶	۱۰۴	ا – م	۸	۸۸ – ۱۲۵	۱۰۶	DIA ت – ز	۲۰۰	۲۰۰	۳X۵۰
۷۵	۱۰۰	۱۴۴	۱۴۲	ا – م	۸	۱۲۰ – ۱۷۰	۱۴۴	HRC	۴۰۰	۴۰۰	۳X۷۰
۹۰	۱۲۵	۱۷۲	۱۶۸	ا – م	۱۰	۱۴۰ – ۲۰۰	۱۷۲	HRC	۴۰۰	۴۰۰	۳X۹۵
۱۱۰	۱۵۰	۲۱۰	۲۰۵	ا – م	۱۰	۱۷۵ – ۲۵۰	۲۱۰	HRC	۴۰۰	۴۰۰	۳X۱۲۰
۱۳۲	۱۸۰	۲۵۵	۲۴۵	ا – م	۱۲	۲۲۵ – ۳۲۰	۲۵۵	HRC	۴۰۰	۴۰۰	۳X۱۵۰
۱۶۰	۲۲۰	۲۹۵	۲۹۵	ا – م	۱۲	۲۸۰ – ۴۰۰	۲۹۵	HRC	۶۳۰	۶۳۰	۳X۱۸۵
۲۰۰	۲۷۰	۳۷۰	۳۶۰	ا – م	۱۲	۳۵۰ – ۵۰۰	۳۷۰	HRC	۶۳۰	۶۳۰	۳X۳۰۰
۲۵۰	۳۴۰	۴۶۰	۴۵۰	ا – م	۱۴	۴۴۰ – ۶۳۰	۴۶۰	HRC	۶۳۰	۶۳۰	۳X۳۰۰
۳۱۵	۴۳۰	۵۸۰	۵۷۰	ا – م	۱۴	۴۴۰ – ۶۳۰	۵۸۰	HRC	۶۳۰	۶۳۰	۳X۴۰۰
۳۸۰	۵۱۵	۷۰۰	۶۸۰	ا – م	–	۲۵۰ – ۱۰۰۰	۷۰۰	HRC	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۲(۳X۲۴۰)
۴۰۰	۵۴۵	۷۲۰	۷۱۵	ا – م	–	۲۵۰ – ۱۰۰۰	۷۲۰	HRC	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۲(۳X۲۴۰)
۵۰۰	۶۸۰	۹۱۰	۸۹۵	ا – م	–	۷۵۰ – ۱۲۰۰	۹۱۰	HRC	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۲(۳X۲۴۰)

جدول ۵-۴: جدول انتخاب وسایل فرمان و حفاظت تابلوهای سیستم موتورهای سه‌فاز برقی – ادامه

کابل یا سیستم تغذیه		روش حفاظت موتورهای برقی								شدت جریان (آمپر) در ۳۸۰ ولت، ۵۰ سیکل			قدرت اسمی موتورهای سه‌فاز	
			فیوز پشتیبان		رله محافظ حرارتی (بی متال)		راه‌انداز			دور در دقیقه				
سطح مقطع و تعداد رشته	اندازه کلید قطع (آمپر)	فشنگ (آمپر)	پایه (آمپر)	نوع	تنظیم (آمپر)	گستره (آمپر)	جریان اسمی	اندازه	نوع	۳۰۰۰	۱۵۰۰	۱۰۰۰	اسب‌بخار (متریک)	کیلو وات
۲(۳X۶)	۴۰	۲۵	NEOZ-25 یا HRC-125	تاخیر زمانی یا HRC	۱۳	۱۱ – ۱۶	۲۵	۱	ستاره مثلث	۲۲/۵	۲۲	۲۴/۳	۱۵	۱۱
۲(۳X۱۰)	۶۳	۵۰	NEOZ-63 یا HRC-125	تاخیر زمانی یا HRC	۱۸	۱۴ – ۲۰	۵۰	۲	س – م	۳۰	۲۹	۳۱/۵	۲۰	۱۵
۲(۳X۱۰)	۱۰۰	۶۳	NEOZ-63 یا HRC-125	تاخیر زمانی یا HRC	۲۲	۱۷ – ۲۵	۵۰	۲	س – م	۳۶	۳۸	۳۷/۵	۲۵	۱۸/۵
۲(۳X۱۶)	۱۰۰	۶۳	NEOZ-63 یا HRC-125	تاخیر زمانی یا HRC	۲۴	۲۲ – ۳۲	۷۰	۳	س – م	۳۷/۹	۳۹/۸	۴۰/۱	۲۶/۶۶	۲۰
۲(۳X۱۶)	۱۰۰	۶۳	NEOZ-63 یا HRC-125	تاخیر زمانی یا HRC	۲۶	۲۲ – ۳۲	۷۰	۳	س – م	۴۲/۵	۴۳/۵	۴۴/۵	۳۰	۲۲
۲(۳X۱۶)	۱۰۰	۶۳	NEOZ-63 یا HRC-125	تاخیر زمانی یا HRC	۲۹	۲۲ – ۳۲	۷۰	۳	س – م	۴۸	۴۹	۵۰	۳۲/۳۴	۲۵
۲(۳X۱۶)	۱۲۵	۸۰	۱۲۵	HRC	۳۵	۳۰ – ۴۵	۷۰	۳	س – م	۵۷	۵۸	۵۹	۴۰	۳۰
۲(۳X۲۵)	۱۲۵	۱۰۰	۱۲۵	HRC	۴۰	۳۰ – ۴۵	۱۰۰	۴	س – م	۶۵/۵	۶۷	۶۸	۴۶/۶۶	۳۵
۲(۳X۲۵)	۱۶۰	۱۲۵	۱۶۰	HRC	۴۲	۴۰ – ۶۳	۱۰۰	۴	س – م	۶۹	۷۱	۷۲	۵۰	۳۷
۲(۳X۲۵)	۱۶۰	۱۲۵	۱۶۰	HRC	۴۵	۴۰ – ۶۳	۱۰۰	۴	س – م	۷۴/۲	۷۵/۶	۷۷/۲	۵۳/۳۳	۴۰
۲(۳X۳۵)	۱۶۰	۱۲۵	۱۶۰	HRC	۵۱	۴۰ – ۶۳	۱۶۰	۶	س – م	۸۳	۸۷	۸۷	۶۰	۴۵
۲(۳X۳۵)	۱۶۰	۱۲۵	۱۶۰	HRC	۵۶	۴۰ – ۶۳	۱۶۰	۶	س – م	۹۳	۹۴/۵	۹۶	۶۶/۶۶	۵۰
۲(۳X۵۰)	۲۵۰	۱۶۰	۲۵۰	HRC	۶۲	۵۵ – ۸۰	۱۶۰	۶	س – م	۱۰۴	۱۰۴	۱۰۶	۷۵	۵۵
۲(۳X۷۰)	۲۵۰	۲۰۰	۲۵۰	HRC	۸۴	۷۰ – ۱۰۰	۱۶۰	۶	س – م	۱۴۰	۱۴۲	۱۴۴	۱۰۰	۷۵

جدول ۵-۴: جدول انتخاب وسایل فرمان و حفاظت تابلوهای سیستم موتورهای سه‌فاز برقی – ادامه

کابل یا سیستم تغذیه	روش حفاظت موتورهای برقی								شدت جریان (آمپر) در ۳۸۰ ولت، ۵۰ سیکل			قدرت اسمی موتورهای سه‌فاز	
	اندازه	فیوز پشتیبان		رله محافظ حرارتی (بی –متال)		رله محافظ مغناطیسی		راه‌انداز			دور در دقیقه		
سطح مقطع و تعداد رشته	کلید قطع (آمپر)	فشنگ (آمپر)	پایه (آمپر)	نوع	تنظیم (آمپر)	گستره (آمپر)	جریان اسمی	اندازه	نوع	۳۰۰۰	۱۵۰۰	۱۰۰۰	اسب‌بخار (متریک)	کیلو وات
۲(۳X۹۵)	۴۰۰	۲۵۰	۴۰۰	HRC	۹۸	۱۲۵ – ۸۸	۲۵۰	۸/۶	ستاره مثلث	۱۶۶	۱۶۸	۱۷۲	۱۲۵	۹۰
۲(۳X۹۵)	۴۰۰	۲۵۰	۴۰۰	HRC	۱۲۰	۱۲۵ – ۸۸	۲۵۰	۸/۶	س – م	۲۰۰	۲۰۵	۲۱۰	۱۵۰	۱۱۰
۲(۳X۱۲۰)	۴۰۰	۳۱۵	۴۰۰	HRC	۱۴۵	۱۷۰ – ۱۲۰	۲۵۰	۸/۶	س – م	۲۴۰	۲۴۵	۲۵۵	۱۸۰	۱۳۲
۲(۳X۱۵۰)	۶۳۰	۴۰۰	۶۳۰	HRC	۱۷۵	۲۵۰ – ۱۷۵	۵۰۰	۱۲/۸	س – م	۲۹۰	۲۹۵	۲۹۵	۲۲۰	۱۶۰
۲(۳X۲۴۰)	۶۳۰	۴۰۰	۶۳۰	HRC	۲۱۰	۲۵۰ – ۱۷۵	۵۰۰	۱۲/۸	س – م	۳۶۰	۳۶۰	۳۷۰	۲۷۰	۲۰۰
۲(۳X۳۰۰)	۶۳۰	۵۰۰	۶۳۰	HRC	۲۶۱	۳۲۰ – ۲۲۵	۵۰۰	۱۲/۸	س – م	۴۴۰	۴۵۰	۴۶۰	۳۴۰	۲۵۰
۲(۳X۴۰۰)	۱۰۰۰	۲X۵۰۰	۲X۶۳۰	HRC	۳۳۱	۴۰۰ – ۲۸۰	۷۰۰	۱۲/۱۰	س – م	۵۶۰	۵۷۰	۵۸۰	۴۳۰	۳۱۵
۴(۳X۲۴۰)	۱۰۰۰	۲X۵۰۰	۲X۶۳۰	HRC	۳۹۵	۴۰۰ – ۲۸۰	۷۰۰	۱۲/۱۰	س – م	۶۶۰	۶۸۰	۷۰۰	۵۱۵	۳۸۰
۴(۳X۲۴۰)	۱۰۰۰	۲X۵۰۰	۲X۶۳۰	HRC	۴۱۵	۶۳۰ – ۳۵۰	۱۰۰۰	–	س – م	۷۱۰	۷۱۵	۷۲۰	۵۴۵	۴۰۰
۴(۳X۲۴۰)	۱۰۰۰	۲X۵۰۰	۲X۶۳۰	HRC	۴۹۳	۶۳۰ – ۳۵۰	۱۰۰۰	–	س – م	۸۳۰	۸۵۰	۸۷۰	۶۴۵	۴۷۵
۶(۳X۱۸۵)	۱۰۰۰	۲X۵۰۰	۲X۶۳۰	HRC	۵۲۰	۶۳۰ – ۳۵۰	۱۰۰۰	–	س – م	۸۷۵	۸۹۵	۹۱۰	۶۸۰	۵۰۰

جدول ۵-۵:جدول ظرفیت بار ثابت شمش‌های مسی تخت در حرارت ۳۰ درجه سانتی‌گراد بر حسب آمپر

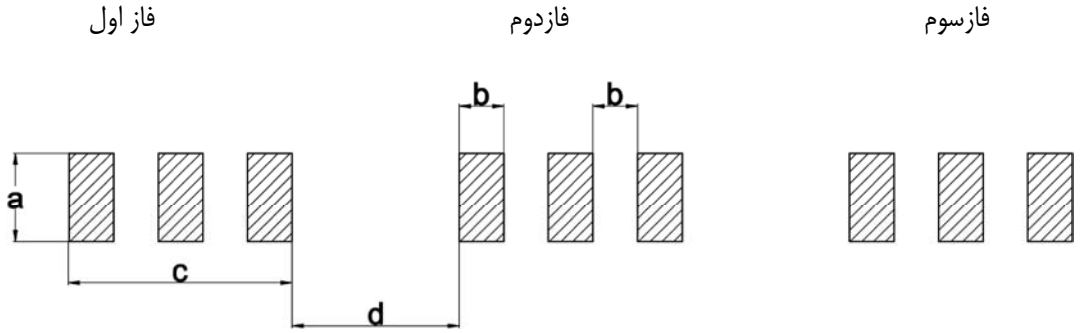
ابعاد میلی‌متر	سطح‌مقطع میلی‌متر مربع	وزن کیلوگرم برمتر	نوع جریان برق	ظرفیت بار شمش بر حسب تعداد							
				رنگ‌شده				بدون‌رنگ			
				۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴
۱۵*۳	۴۵	۰/۴	~	۱۸۵	۳۳۰			۱۷۰	۳۰۰		
			=	۱۹۵	۳۳۵			۱۷۵	۳۰۵		
۲۰*۳	۶۰	۰/۵۳	~	۲۴۵	۴۲۵			۲۲۰	۳۸۰		
			=	۲۵۰	۴۳۵			۲۲۵	۳۹۵		
۲۵*۳	۷۵	۰/۶۷	~	۳۰۰	۵۱۰			۲۷۰	۴۶۰		
			=	۳۱۰	۵۳۰			۲۷۵	۴۸۵		
۳۰*۵	۱۵۰	۱/۳۴	~	۴۵۰	۷۸۰			۴۰۰	۷۰۰		
			=	۴۷۵	۸۰۰			۴۲۵	۷۲۵		
۴۰*۵	۲۰۰	۱/۷۸	~	۶۰۰	۱۰۰۰			۵۲۰	۹۰۰		
			=	۶۰۰	۱۰۳۰			۵۵۰	۹۳۵		
۵۰*۵	۲۵۰	۲/۲۳	~	۷۰۰	۱۲۰۰	۱۷۵۰	۲۳۰۰	۶۳۰	۱۱۰۰	۱۵۵۰	۲۱۰۰
			=	۷۴۰	۱۲۷۰	۱۸۷۰		۶۵۰	۱۱۵۰	۱۷۰۰	
۶۰*۵	۳۰۰	۲/۶۷	~	۸۲۵	۱۴۰۰	۱۹۸۰	۲۶۵۰	۷۵۰	۱۳۰۰	۱۸۰۰	۲۴۰۰
			=	۸۷۰	۱۵۰۰	۲۲۰۰	۲۷۰۰	۷۸۰	۱۴۰۰	۱۹۰۰	۲۵۰۰
۶۰*۱۰	۶۰۰	۵/۳۴	~	۱۲۰۰	۲۱۰۰	۲۸۰۰	۳۸۰۰	۱۱۰۰	۱۸۶۰	۲۵۰۰	۳۴۰۰
			=	۱۲۵۰	۲۲۰۰	۳۱۰۰	۳۹۰۰	۱۱۰۰	۲۰۰۰	۲۸۰۰	۳۵۰۰
۸۰*۵	۴۰۰	۳/۵۶	~	۱۰۶۰	۱۸۰۰	۲۴۵۰	۳۳۰۰	۹۵۰	۱۶۵۰	۲۲۰۰	۲۹۰۰
			=	۱۱۵۰	۲۰۰۰	۲۸۰۰	۳۵۰۰	۱۰۰۰	۱۸۰۰	۲۵۰۰	۳۲۰۰
۸۰*۱۰	۸۰۰	۷/۱۲	~	۱۵۴۰	۲۶۰۰	۳۴۵۰	۴۶۰۰	۱۴۰۰	۲۳۰۰	۳۱۰۰	۴۲۰۰
			=	۱۶۵۰	۲۸۰۰	۴۰۰۰	۵۱۰۰	۱۴۵۰	۲۶۰۰	۳۶۰۰	۴۵۰۰
۱۰۰*۱۰	۱۰۰۰	۸/۹	~	۱۸۸۰	۳۱۰۰	۴۰۰۰	۵۴۰۰	۱۷۰۰	۲۷۰۰	۳۶۰۰	۴۸۰۰
			=	۲۰۰۰	۳۶۰۰	۴۹۰۰	۶۲۰۰	۱۷۰۰	۳۲۰۰	۴۴۰۰	۵۶۰۰
۱۲۰*۱۰	۱۲۰۰	۱۰/۶۸	~	۲۲۰۰	۳۵۰۰	۴۶۰۰	۶۱۰۰	۲۰۰۰	۳۲۰۰	۴۲۰۰	۵۵۰۰
			=	۲۳۰۰	۴۲۰۰	۵۷۰۰	۷۴۰۰	۲۱۰۰	۳۷۰۰	۵۲۰۰	۶۶۰۰

جدول ۵-۶:جدول ظرفیت بار ثابت شمش‌های آلومینیومی تخت در حرارت ۳۰ درجه سانتی‌گراد بر حسب آمپر

ابعاد میلی‌متر	سطح‌مقطع میلی‌متر مربع	وزن کیلوگرم برمتر	نوع جریان برق	ظرفیت بار شمش بر حسب تعداد							
				رنگ‌شده				بدون‌رنگ			
				۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴
۲۰*۳	۶۰	۰/۱۶۲	~	۱۹۵	۳۴۰			۱۴۵	۲۷۰		
			=	۲۰۰	۳۵۰			۱۵۰	۲۸۰		
۲۵*۳	۷۵	۰/۲۰۲	~	۲۴۰	۴۱۰			۱۸۰	۳۳۰		
			=	۲۴۵	۴۳۰			۱۸۵	۳۴۰		
۳۰*۵	۱۵۰	۰/۴۰۵	~	۳۶۰	۶۲۵			۲۷۰	۵۰۰		
			=	۳۸۰	۶۴۵			۲۷۵	۵۲۰		
۴۰*۵	۲۰۰	۰/۵۴۰	~	۴۶۰	۸۰۰			۳۵۰	۶۵۰		
			=	۴۸۵	۸۳۰			۳۶۰	۶۶۰		
۴۰*۱۰	۴۰۰	۱/۰۸۰	~	۶۷۰	۱۲۰۰	۱۶۵۰	۲۲۵۰	۵۱۵	۹۷۵	۱۳۵۰	۱۸۰۰
			=	۷۰۰	۱۲۴۰	۱۷۵۰		۵۴۰	۱۰۰۰	۱۴۲۰	
۵۰*۱۰	۵۰۰	۱/۳۵	~	۸۲۰	۱۴۴۰	۱۹۶۰	۲۲۶۰	۶۲۵	۱۱۵۰	۱۶۰۰	۲۱۶۰
			=	۸۵۰	۱۵۲۰	۲۱۴۰		۶۵۵	۱۲۱۵	۱۷۳۰	
۶۰*۵	۳۰۰	۰/۸۱	~	۶۶۰	۱۱۳۰	۱۵۸۰	۲۱۲۰	۵۰۰	۹۰۰	۱۳۰۰	۱۷۳۰
			=	۷۰۰	۱۲۱۰	۱۷۰۰	۲۲۰۰	۵۳۰	۹۶۰	۱۴۲۰	۱۸۵۰
۶۰*۱۰	۶۰۰	۱/۶۲	~	۹۶۰	۱۶۵۰	۲۲۳۰	۳۰۴۰	۷۳۰	۱۳۰۰	۱۸۵۰	۲۵۰۰
			=	۱۰۰۰	۱۷۹۰	۲۵۰۰	۳۱۵۰	۷۷۰	۱۴۳۰	۲۶۳۰	۲۶۰۰
۸۰*۱۰	۸۰۰	۲/۱۶	~	۱۲۳۰	۲۱۰۰	۲۷۶۰	۳۶۸۰	۹۳۰	۱۶۵۰	۲۳۰۰	۳۱۰۰
			=	۱۳۰۰	۲۳۰۰	۳۲۰۰	۴۱۰۰	۹۸۵	۱۸۴۰	۲۶۴۰	۳۴۰۰
۱۰۰*۱۰	۱۰۰۰	۲/۷۰	~	۱۵۰۰	۲۴۵۰	۳۲۰۰	۴۳۰۰	۱۱۰۰	۱۹۵۰	۲۷۰۰	۳۷۰۰
			=	۱۵۸۰	۲۸۰۰	۳۹۰۰	۵۰۰۰	۱۲۰۰	۲۲۴۰	۳۲۰۰	۴۲۰۰
۱۲۰*۱۰	۱۲۰۰	۳/۲۴	~	۱۷۶۰	۲۸۰۰	۳۷۰۰	۴۹۰۰	۱۳۱۰	۲۳۵۰	۳۱۰۰	۴۳۰۰
			=	۱۸۷۵	۳۳۰۰	۴۶۰۰	۵۹۰۰	۱۴۲۰	۲۶۴۰	۳۸۰۰	۵۰۰۰

نکاتی که برای استفاده از جداول ۵-۵ و ۵-۶ باید مورد توجه قرار گیرد:

۱- ظرفیت بار مشخص‌شده ،در هر یک از جداول، برای شینه‌هایی معتبر است که ضلع بزرگتر مقطع آن (a) در وضعیت عمودی قرار گیرد.



۲- در هریک از فازها، فاصله بین دو شینه مجاور (b)، برابر است با ضخامت شینه مورد نظر.

۳- مقادیر ظرفیت بار (I) در حرارت‌های بیش از ۳۰ درجه سانتی‌گراد (θ) با استفاده از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$I=I_{۳۰}\sqrt{\frac{\theta}{30}}$$

$I_{۳۰}$=ظرفیت بار (آمپر) در حرارت ۳۰ درجه سانتی‌گراد.

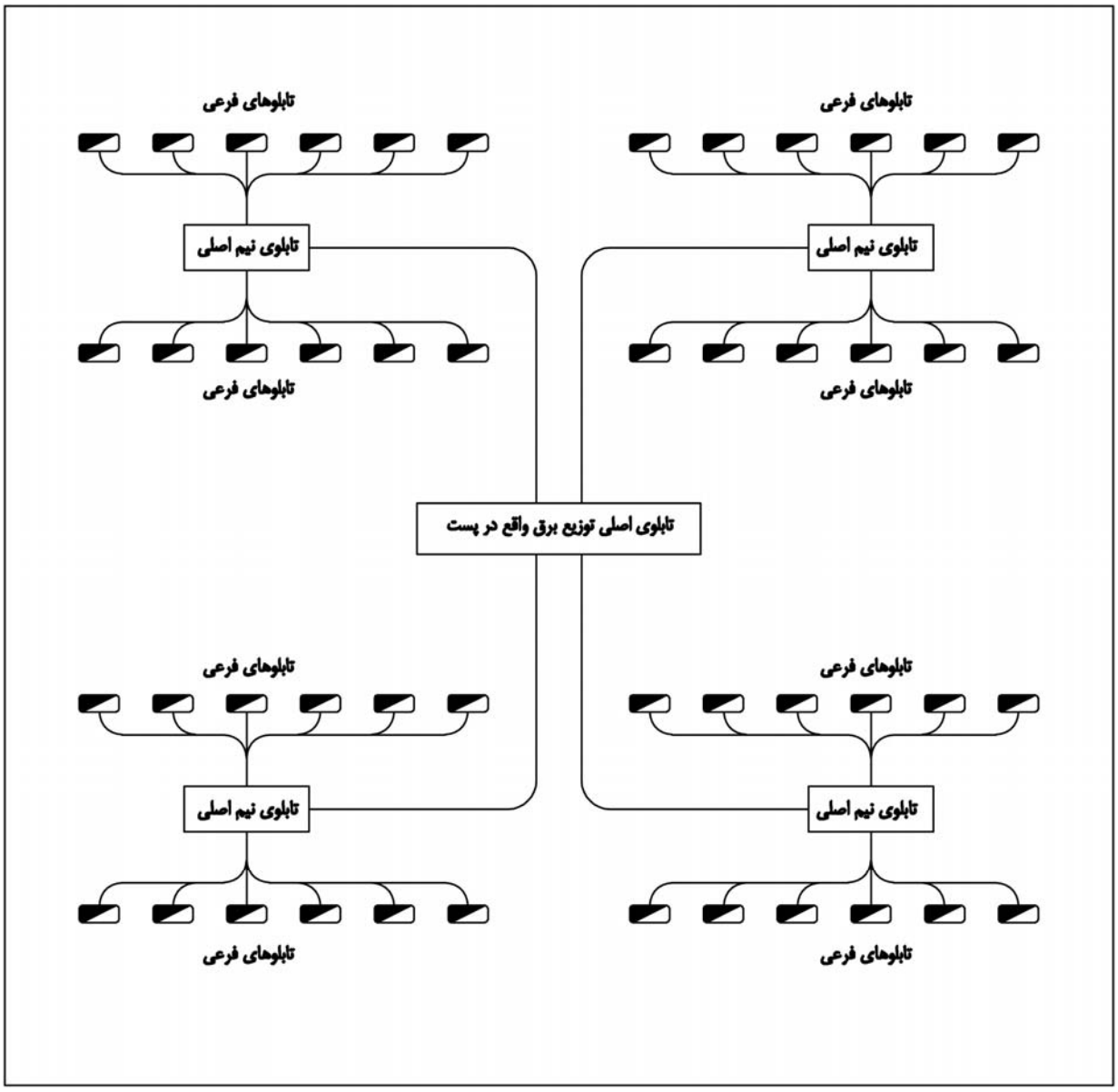
۴- شدت جریان مجاز (I) برای فرکانس‌های دیگر(f)، با استفاده از فرمول $I=I_{۳۰}\sqrt{\frac{50}{f}}$ محاسبه می‌شود.

۵- در هر یک از فازها فقط سطوح خارجی شینه‌ها باید رنگ‌آمیزی شود.

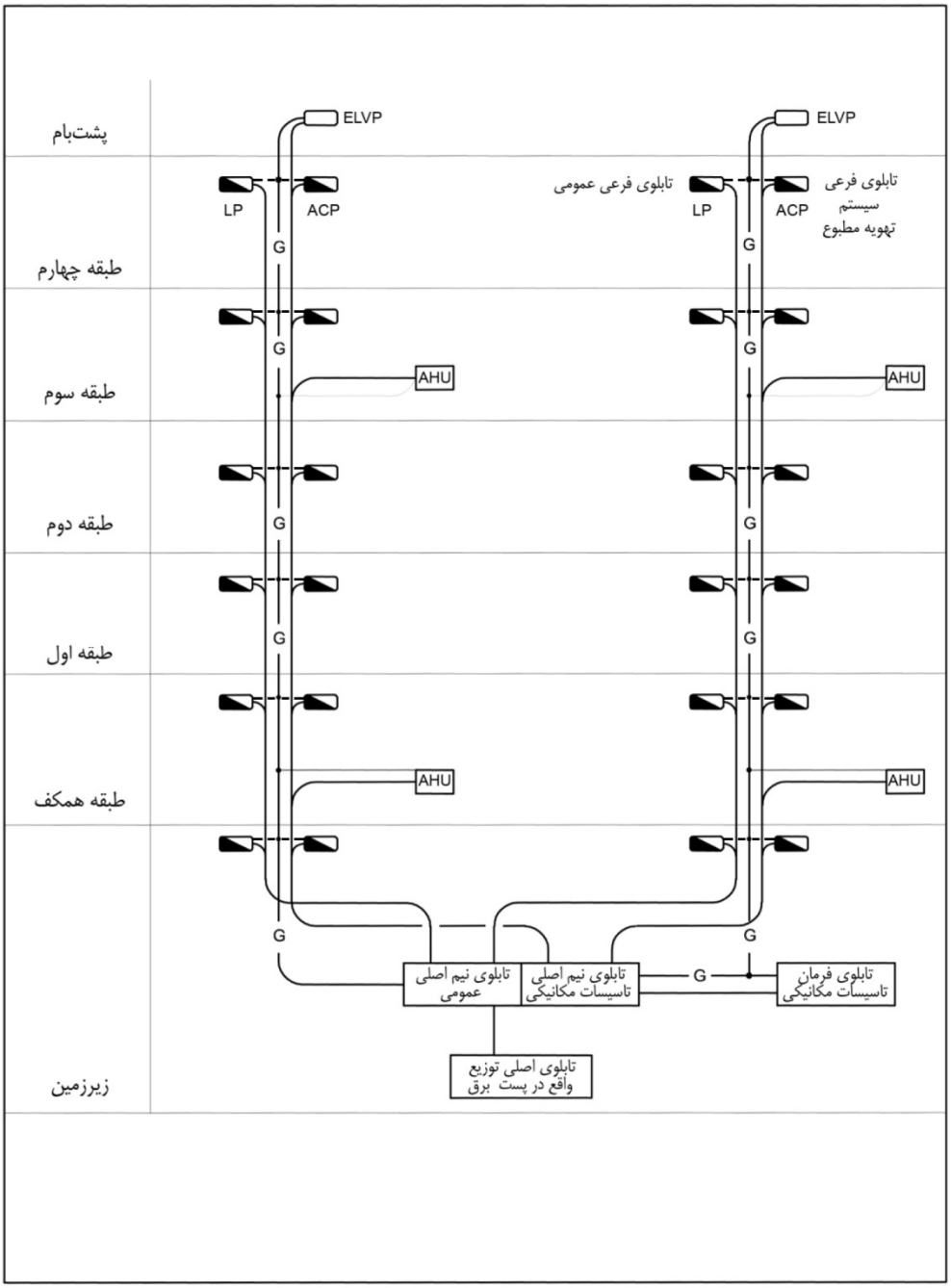
۶- شرایط زیر برای برق متناوب (a.c) معتبر است:
الف: معدل افزایش حرارت در جدول برابر ۳۰ درجه سانتی‌گراد خواهد بود مشروط بر آن‌که فاصله بین مجموعه شینه‌های دو فاز (d) از ده برابر قطر مجموع شینه‌های یکی از فازها (c) کمتر نباشد.
در صورتی که فاصله d کمتر از ده برابر فاصله c باشد، مقادیر ظرفیت بار مندرج در جداول ۵-۵ و ۵-۶ طبق ضرایب زیر کاهش می‌یابد:

نسبت c:d	۸	۶	۴	۲
ضریب کاهش	۰/۹۷	۰/۹۴	۰/۹	۰/۸

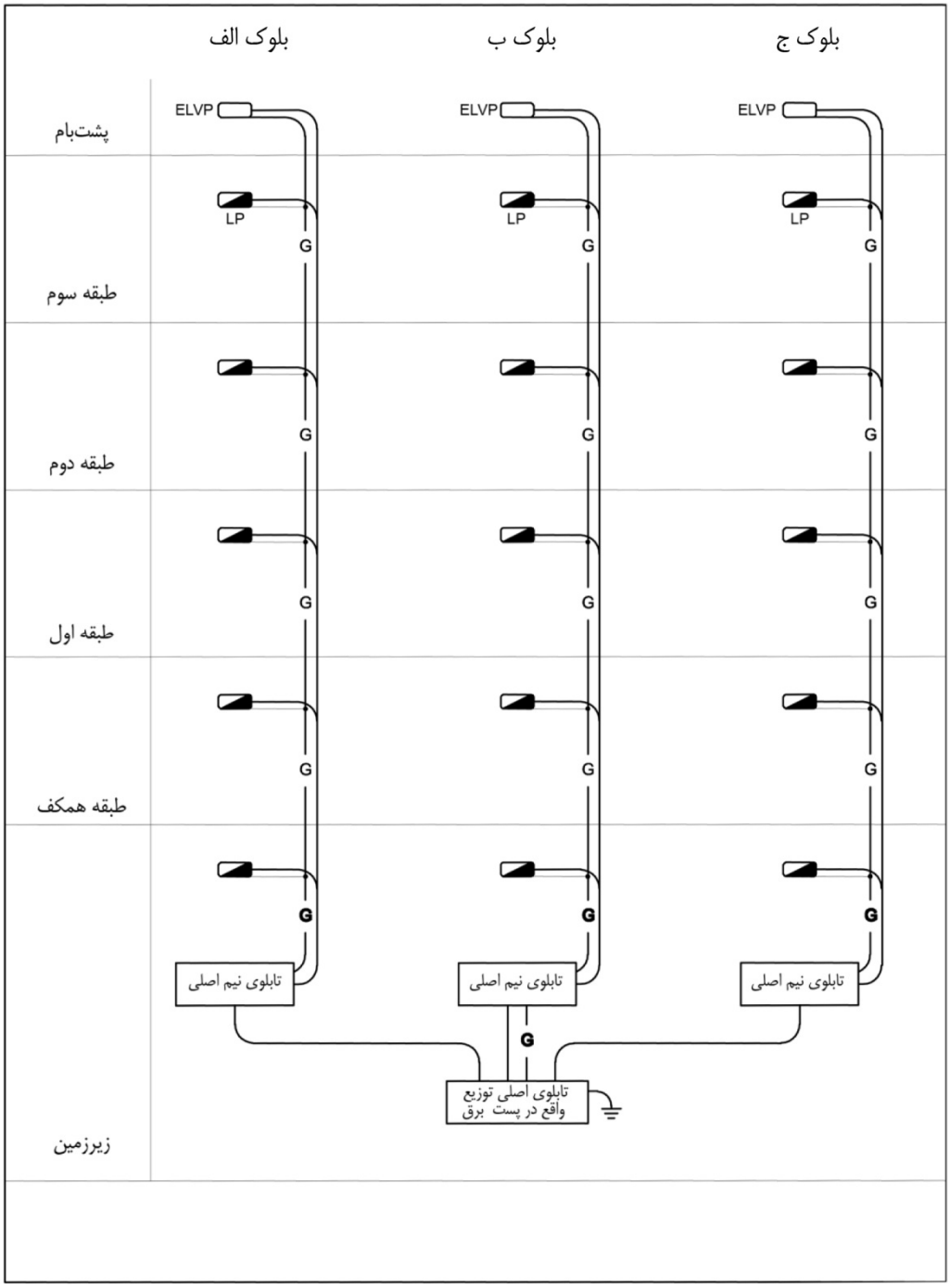
ب: شینه‌هایی که روبروی فازهای مجاور واقع می‌شود دارای چند درجه حرارت بیشتر خواهد بود.



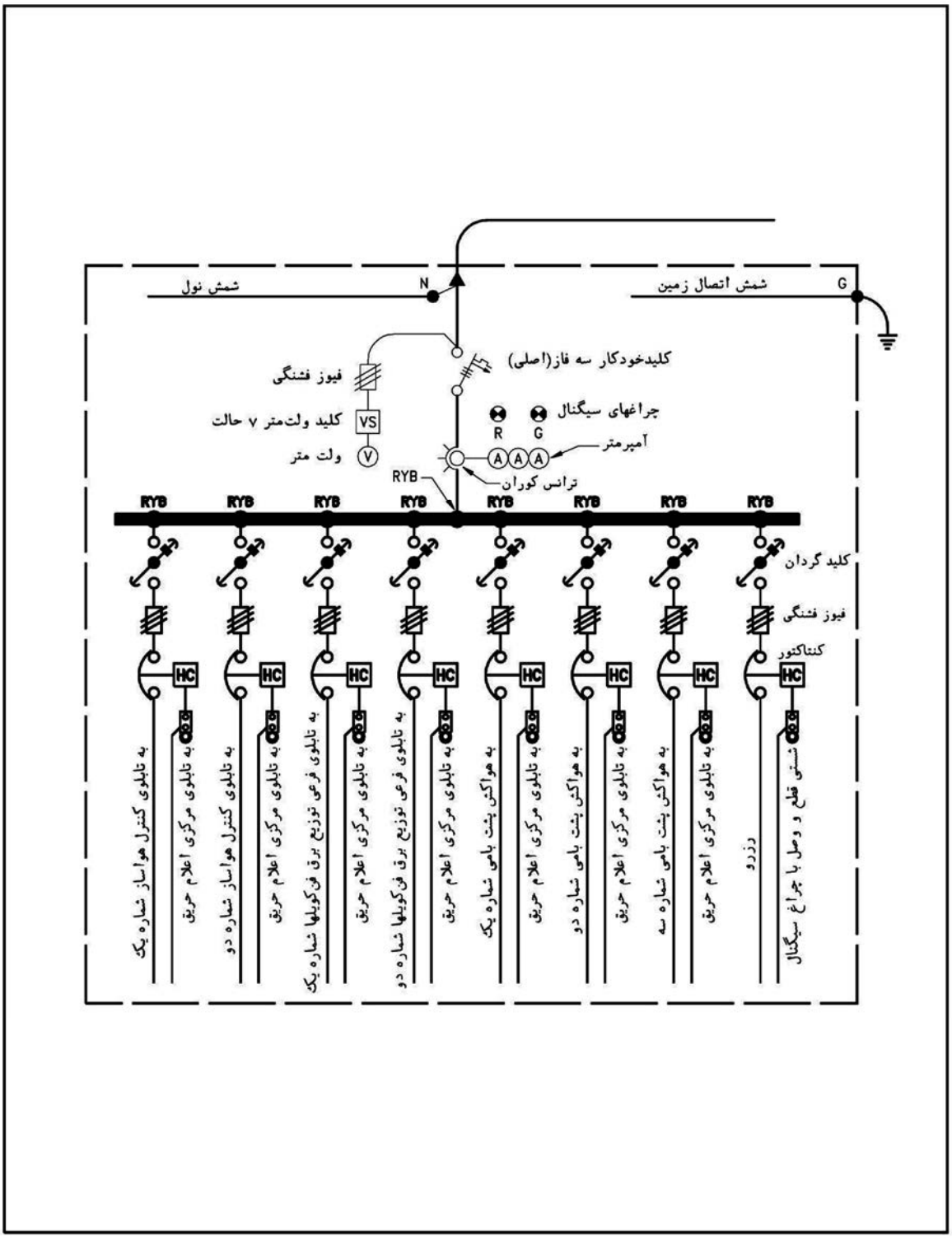
شکل ۵-۲: شماتیک سیستم توزیع نیروی برق در سطح .



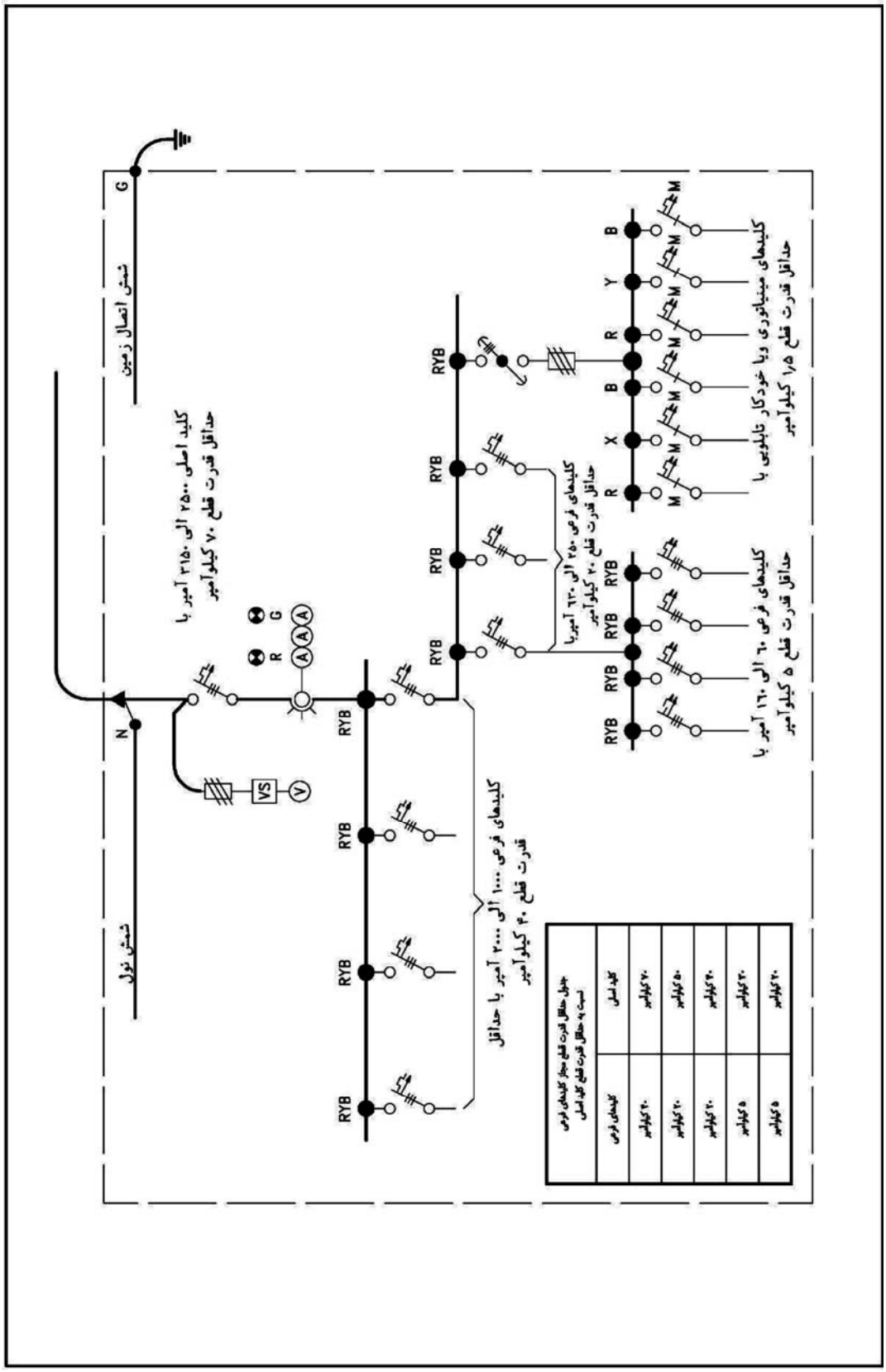
شکل ۵-۳ (الف): شماتیک سیستم توزیع نیروی برق در ارتفاع



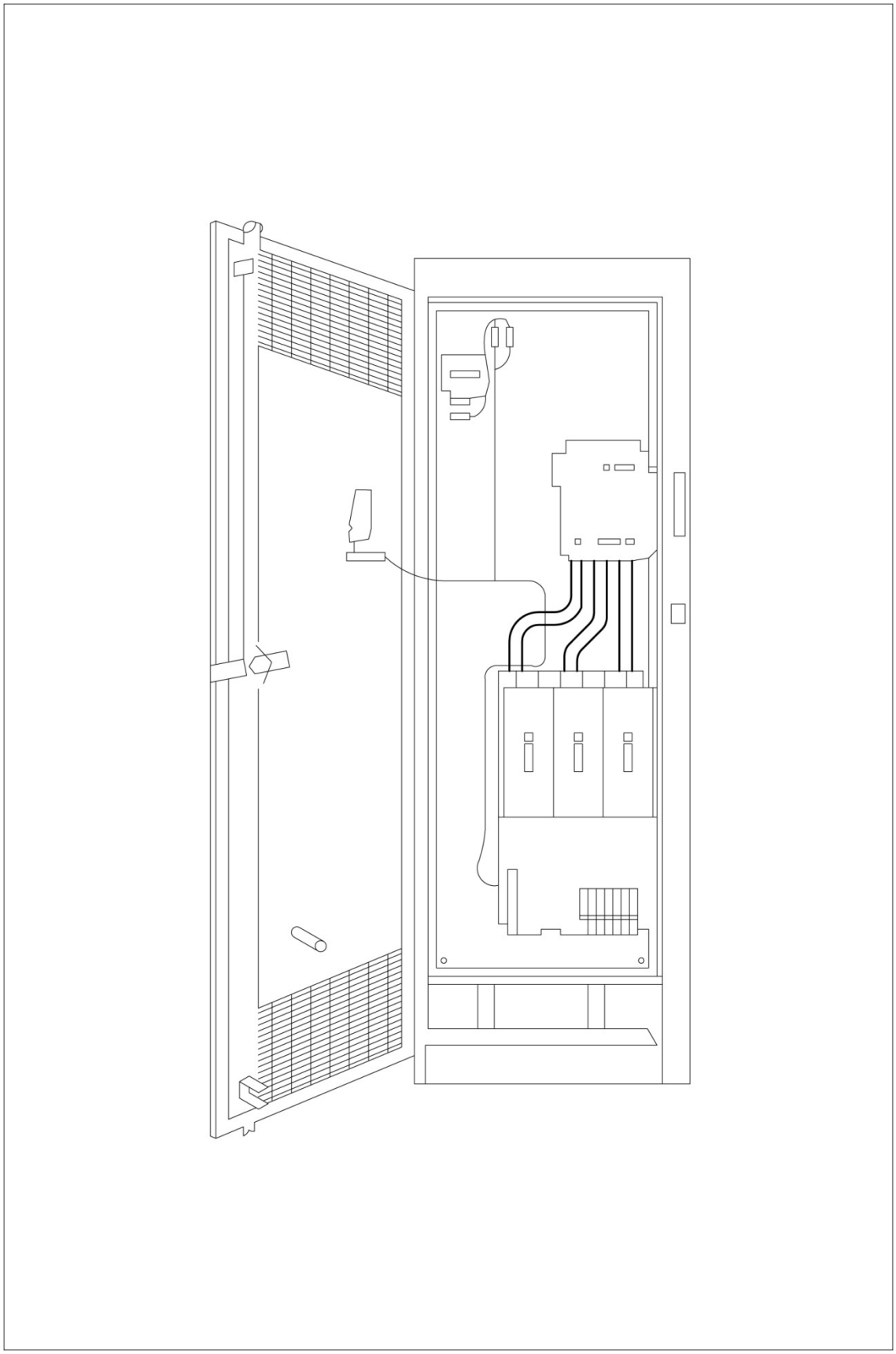
شکل ۵-۳ (ب): شماتیک سیستم توزیع نیروی برق در ارتفاع



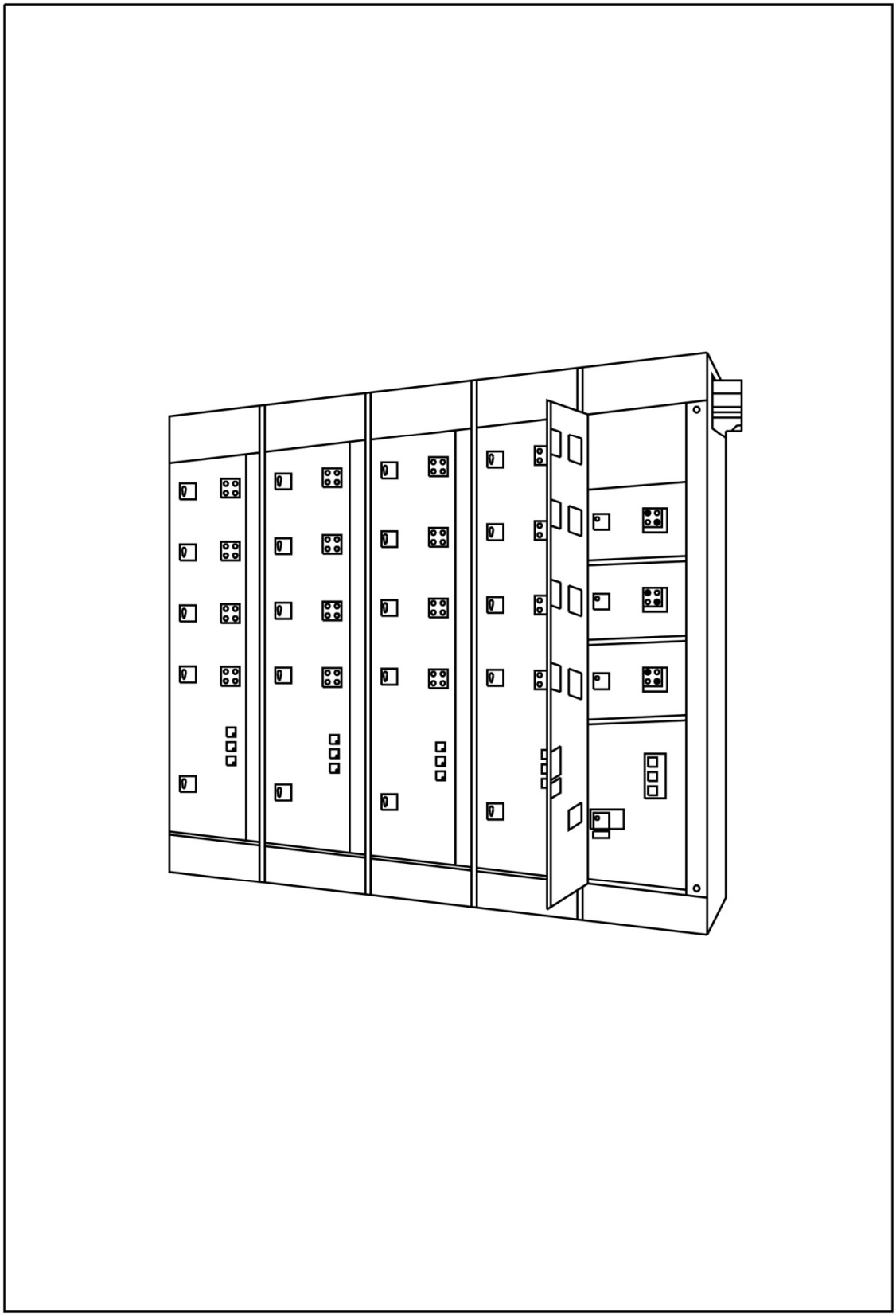
شکل ۵-۴: شماتیک تابلوی اصلی توزیع نیروی برق سیستم تهویه مطبوع و هواکش‌ها
(برای سیستم قطع خودکار جریان هوای هر منطقه در صورت عملکرد اعلام حریق آن منطقه در مواقع آتش‌سوزی)



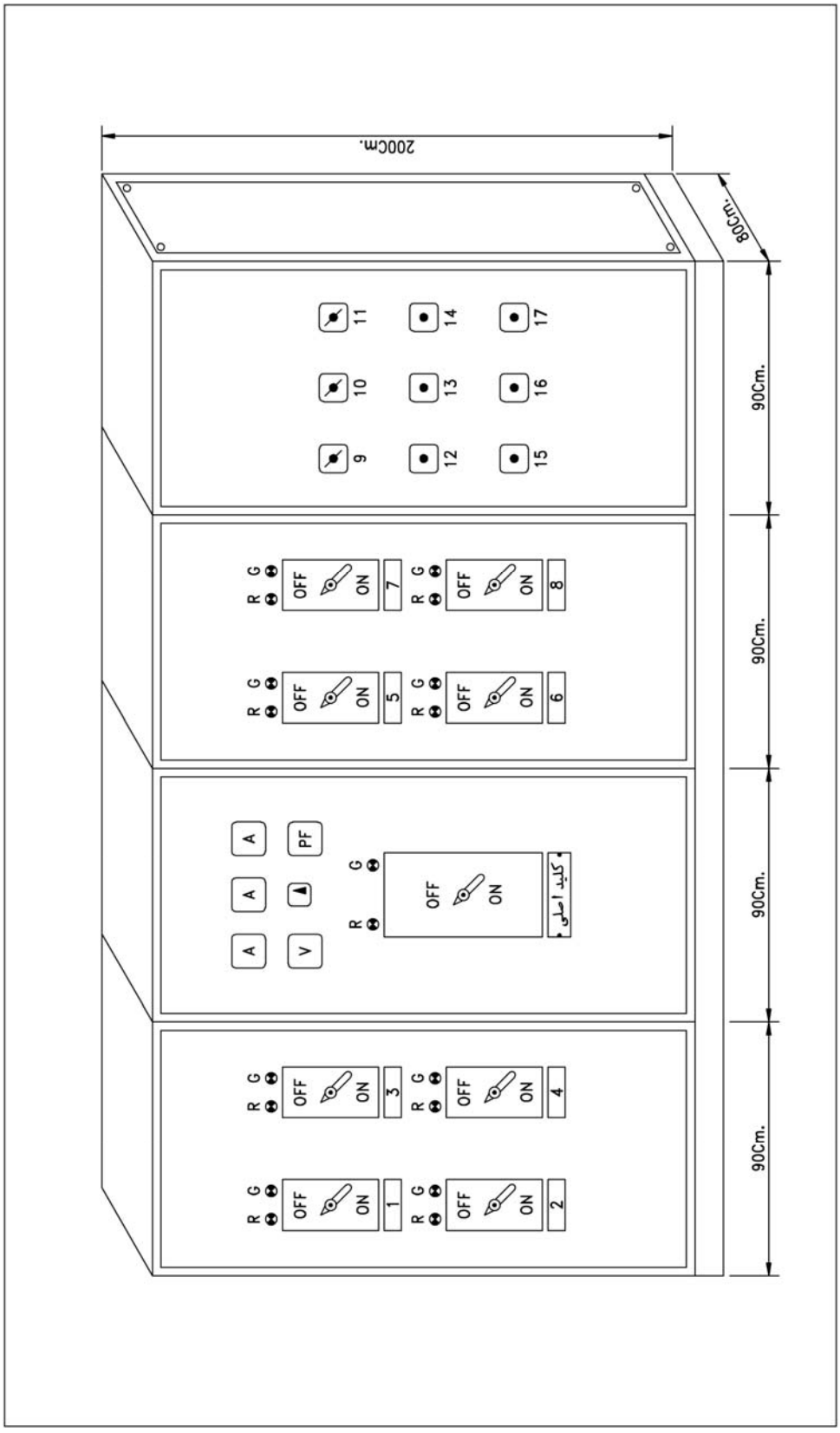
شکل ۵-۵: شماتیک تقسیم‌بندی کلیدها در تابلو بر حسب حداقل قدرت قطع



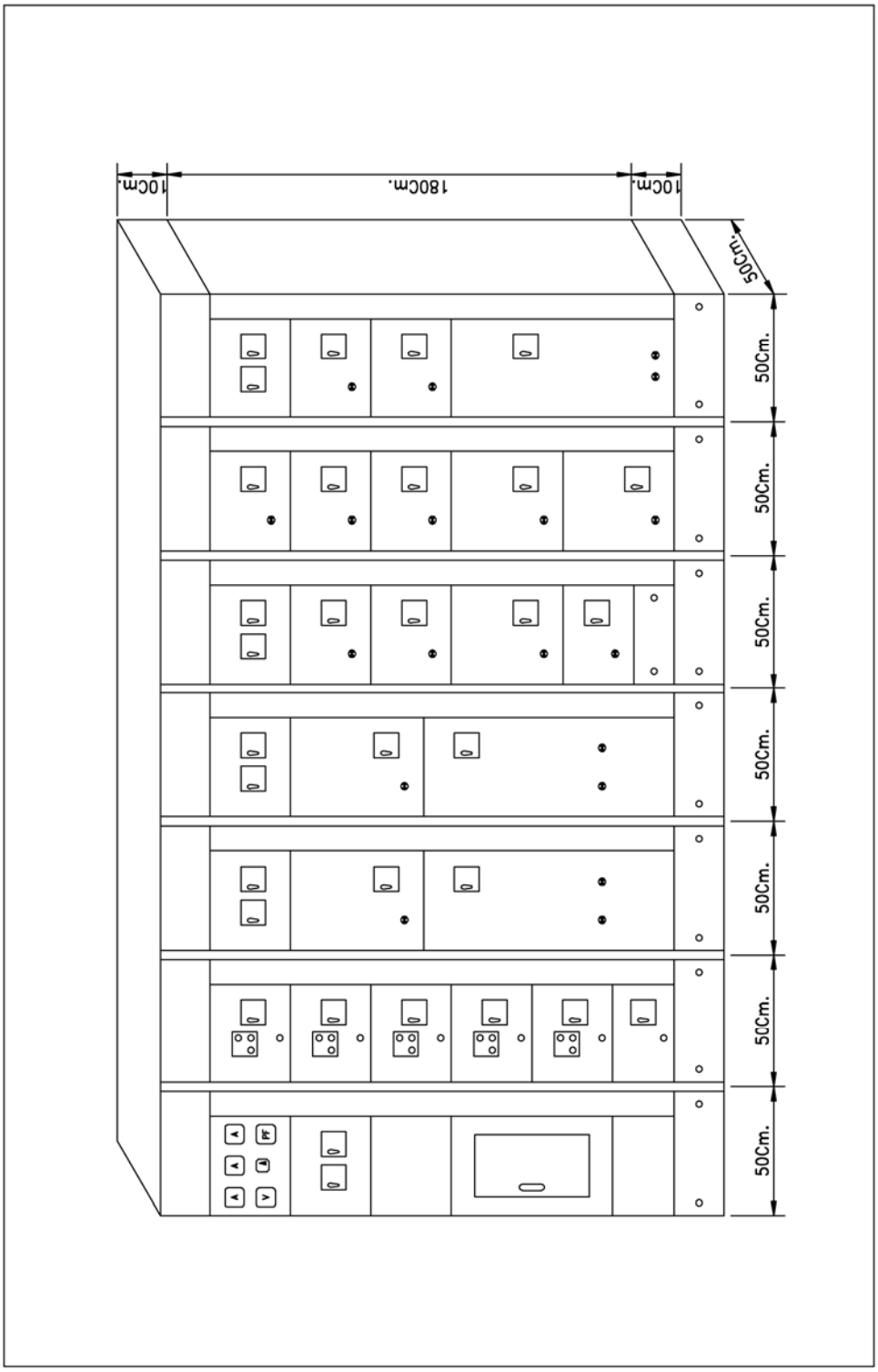
شکل ۵-۶: نمای تابلوی تمام بسته ایستاده قابل فرمان و دسترسی از جلو.



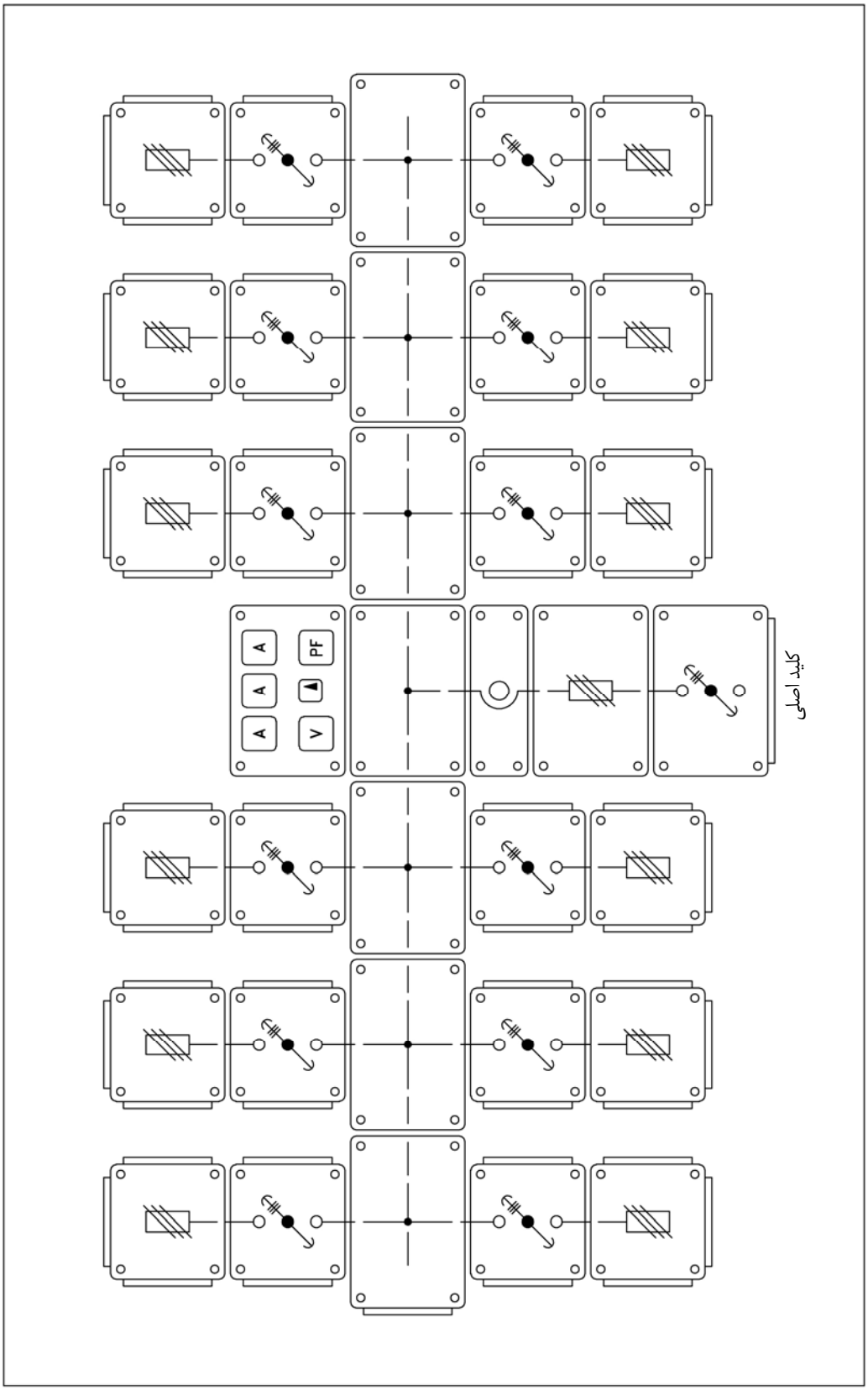
شکل ۵-۷: نمای تابلوی ایستاده تمام بسته قابل فرمان و دسترسی از جلو



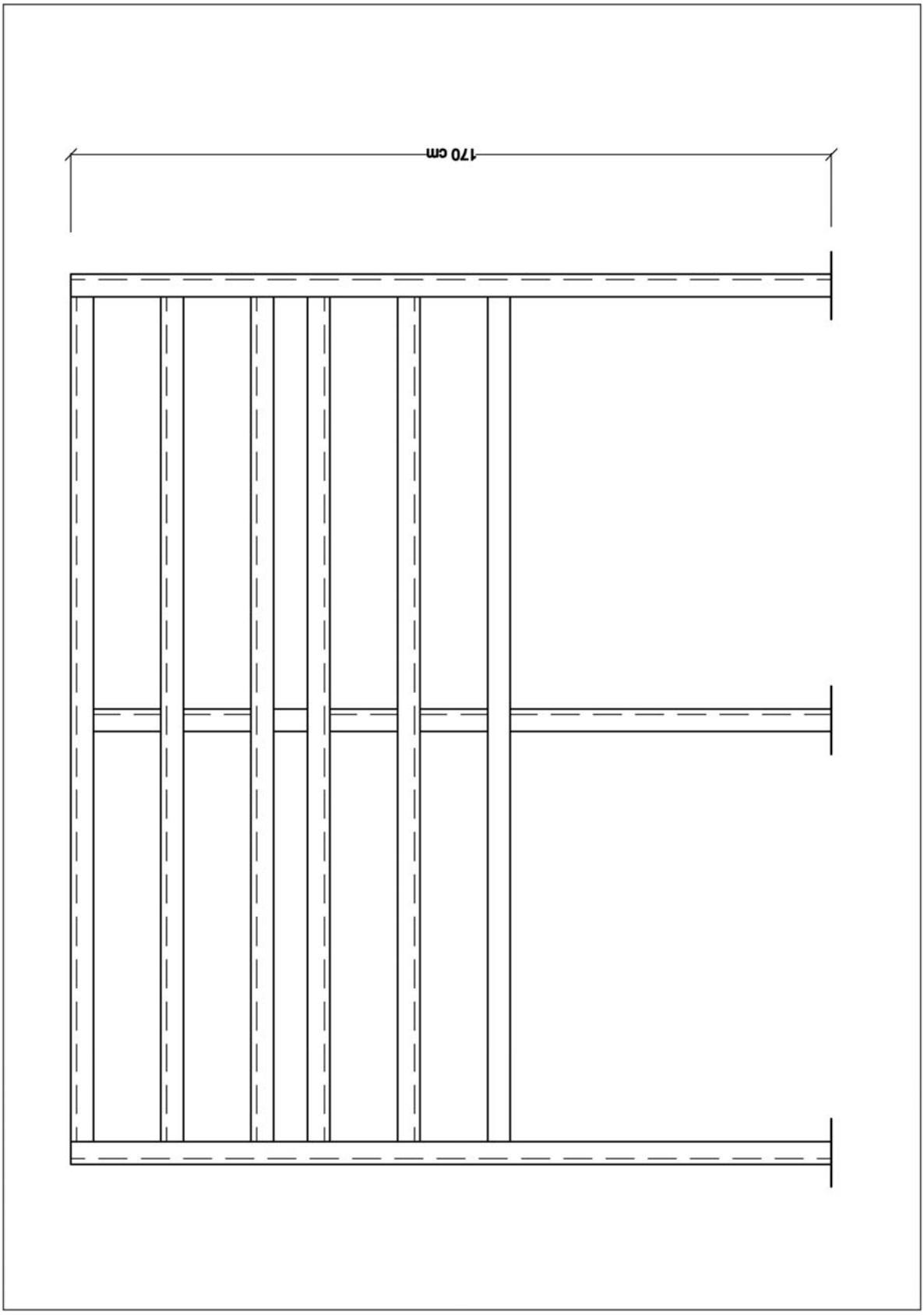
شکل ۵-۸: نمای تابلوی ایستاده توزیع برق نوع قابل فرمان از جلو و دسترسی از پشت



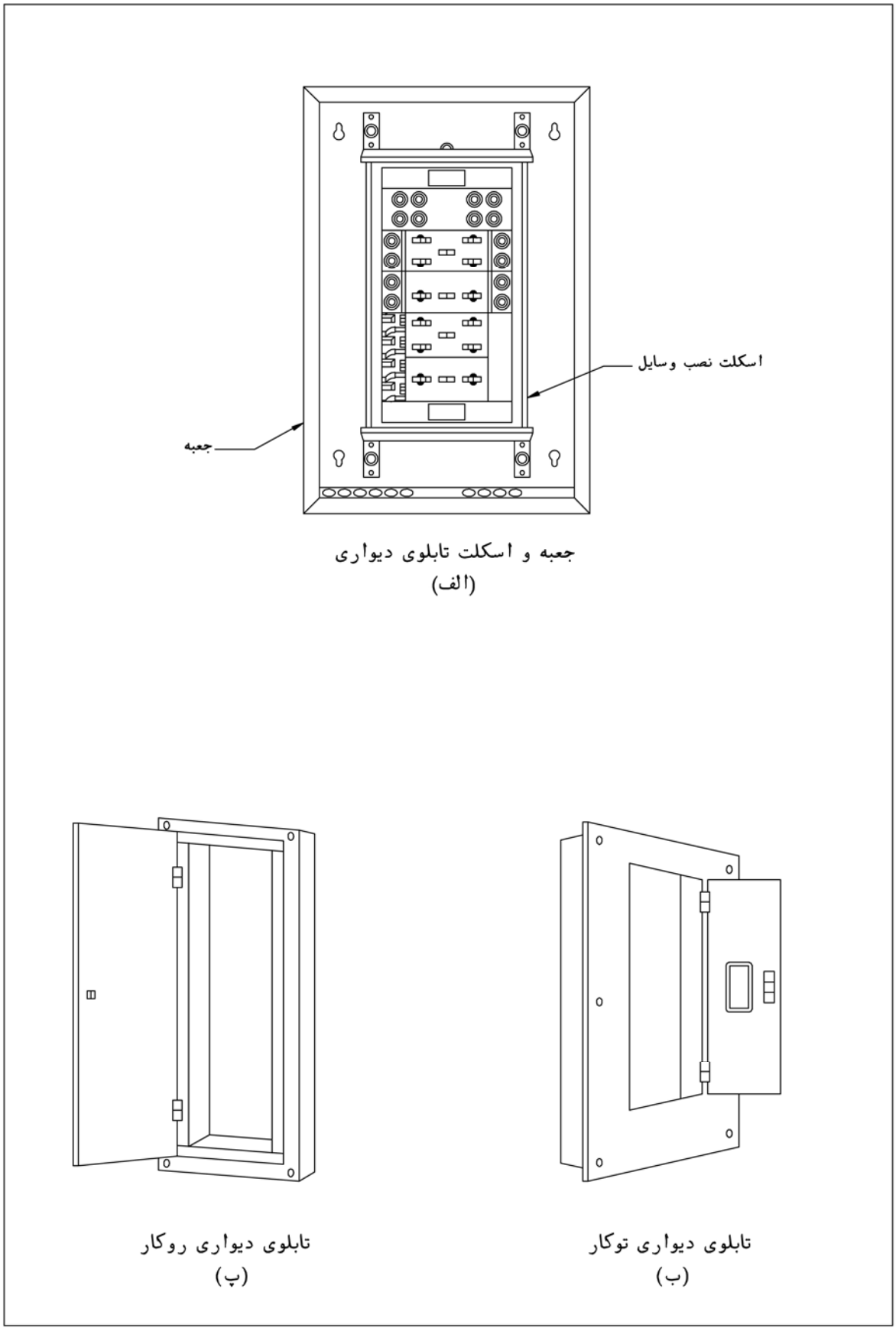
شکل ۵-۹: نمای تابلوی توزیع نیروی برق ایستاده چند خانه



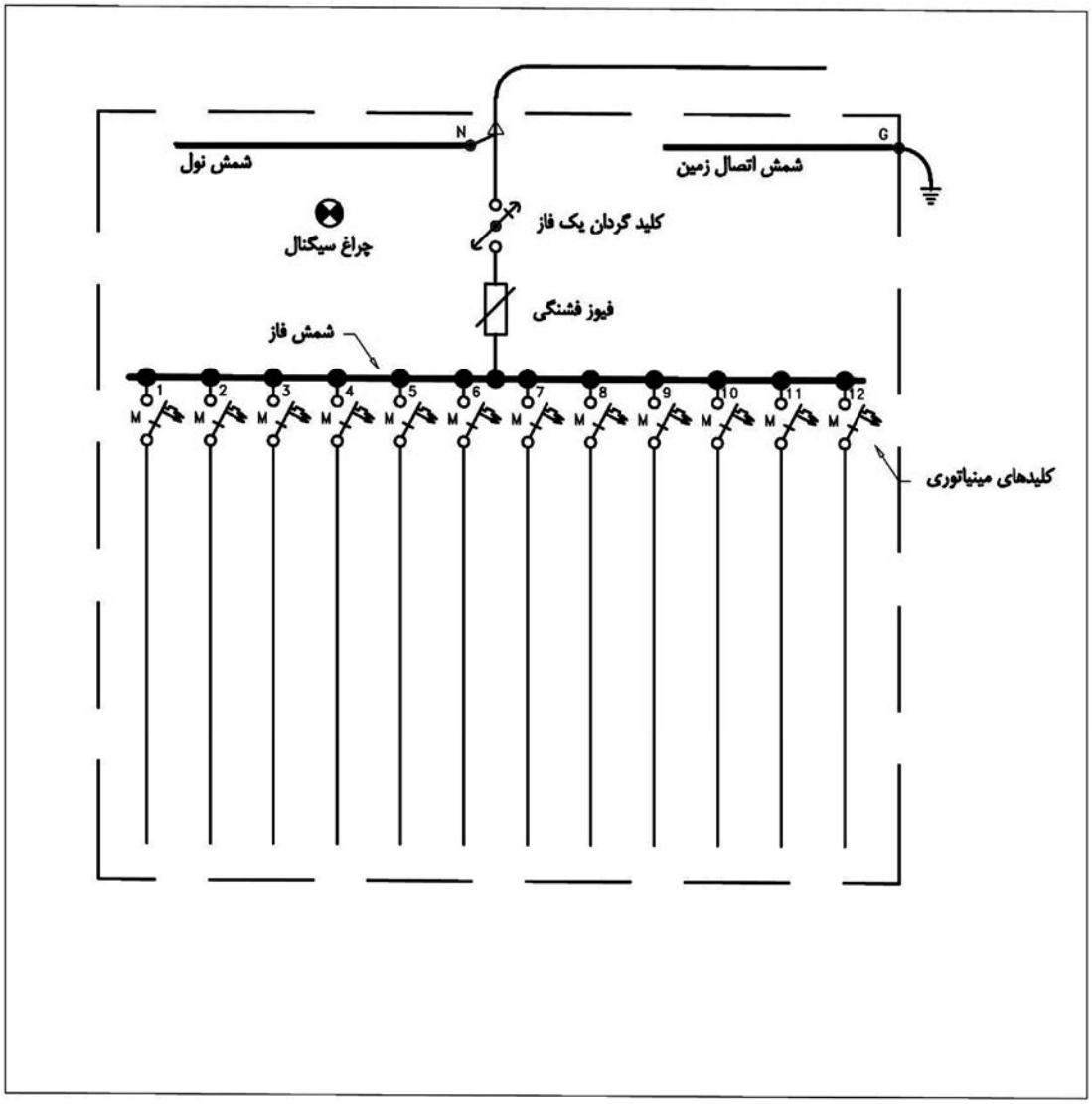
شکل ۵-۱۰: نماو شماتیک تابلوی توزیع نیروی برق نوع چند جعبه‌ای قابل نصب روی دیوار و پایه فلزی



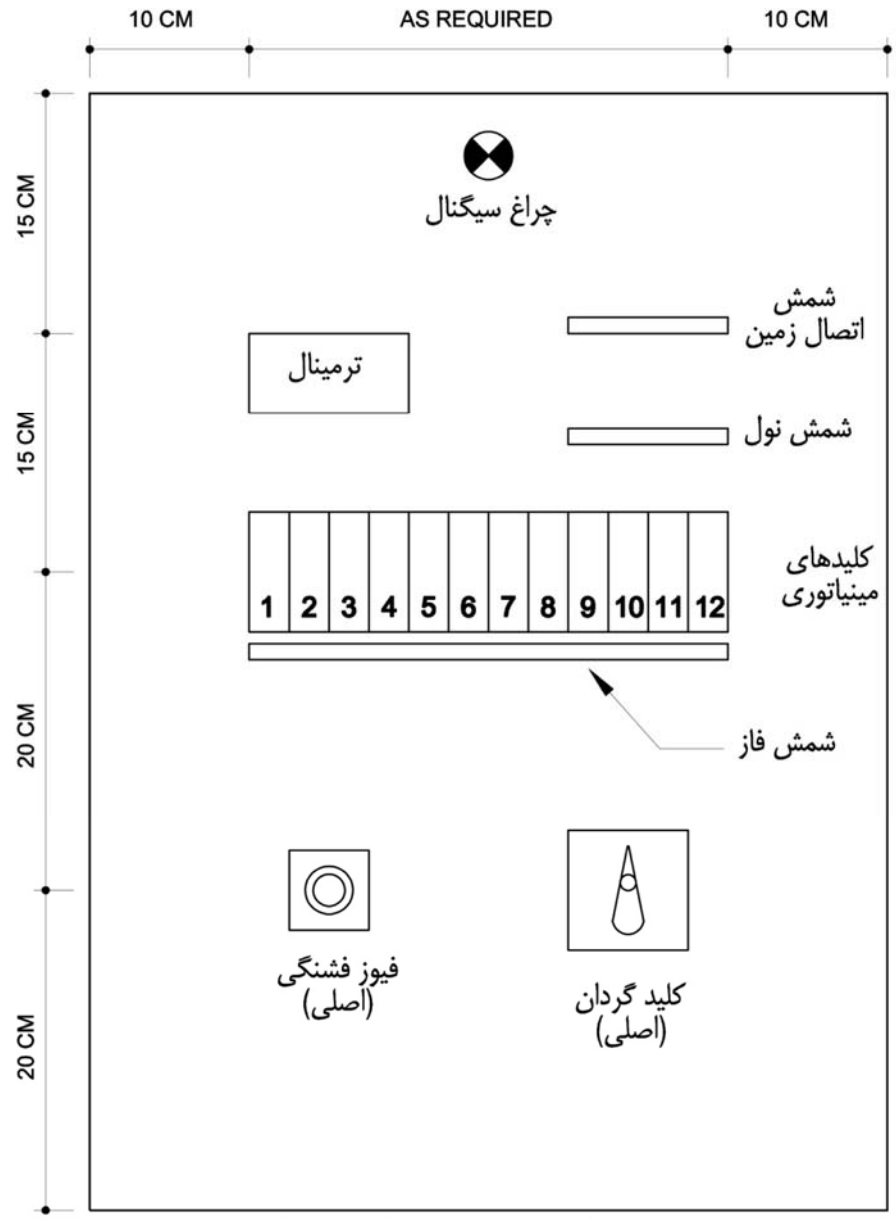
شکل ۵-۱۱: پایه فلزی جهت نصب تابلوی تیپ چند جعبه‌ای



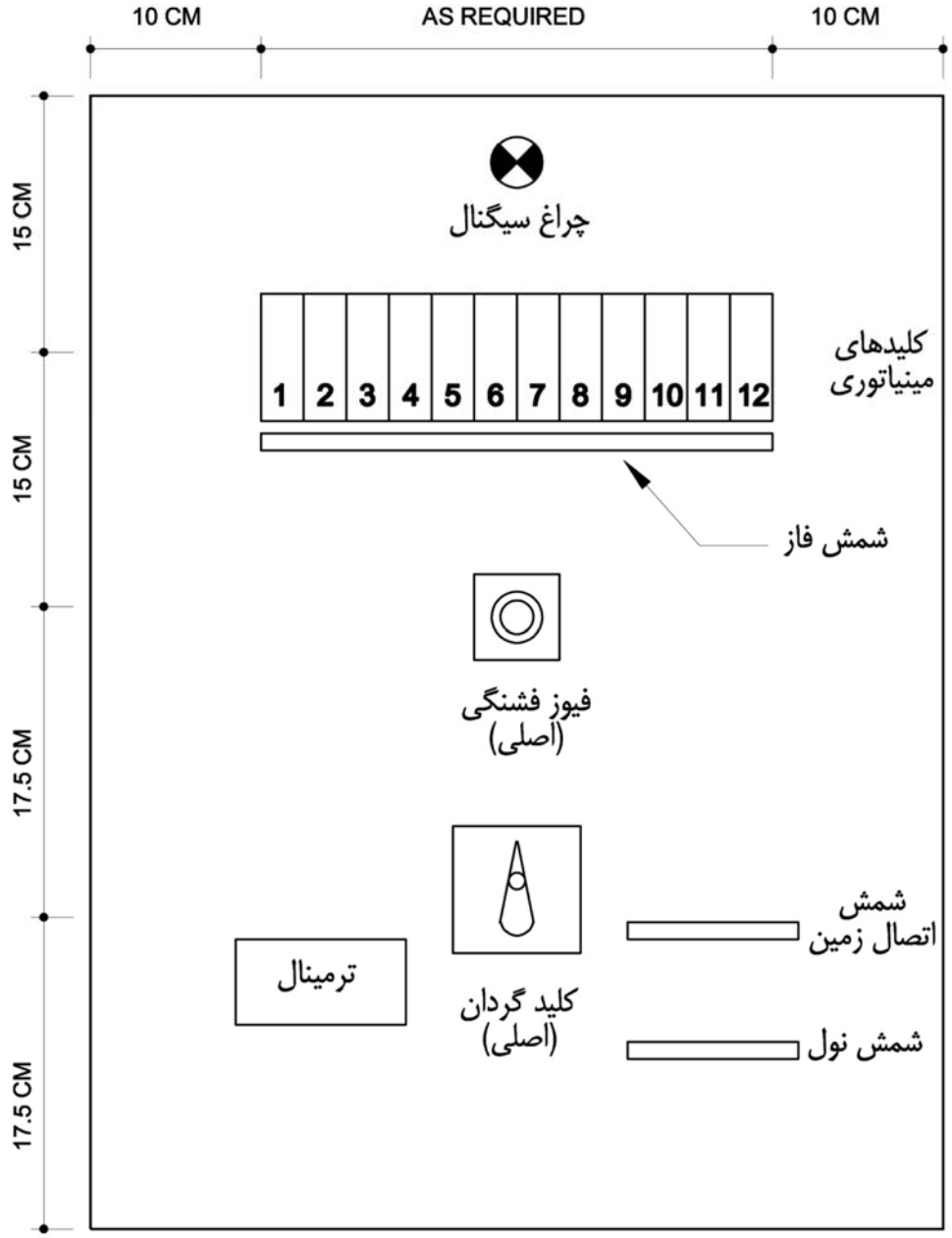
شکل ۵-۱۲: تابلوی دیواری توزیع برق



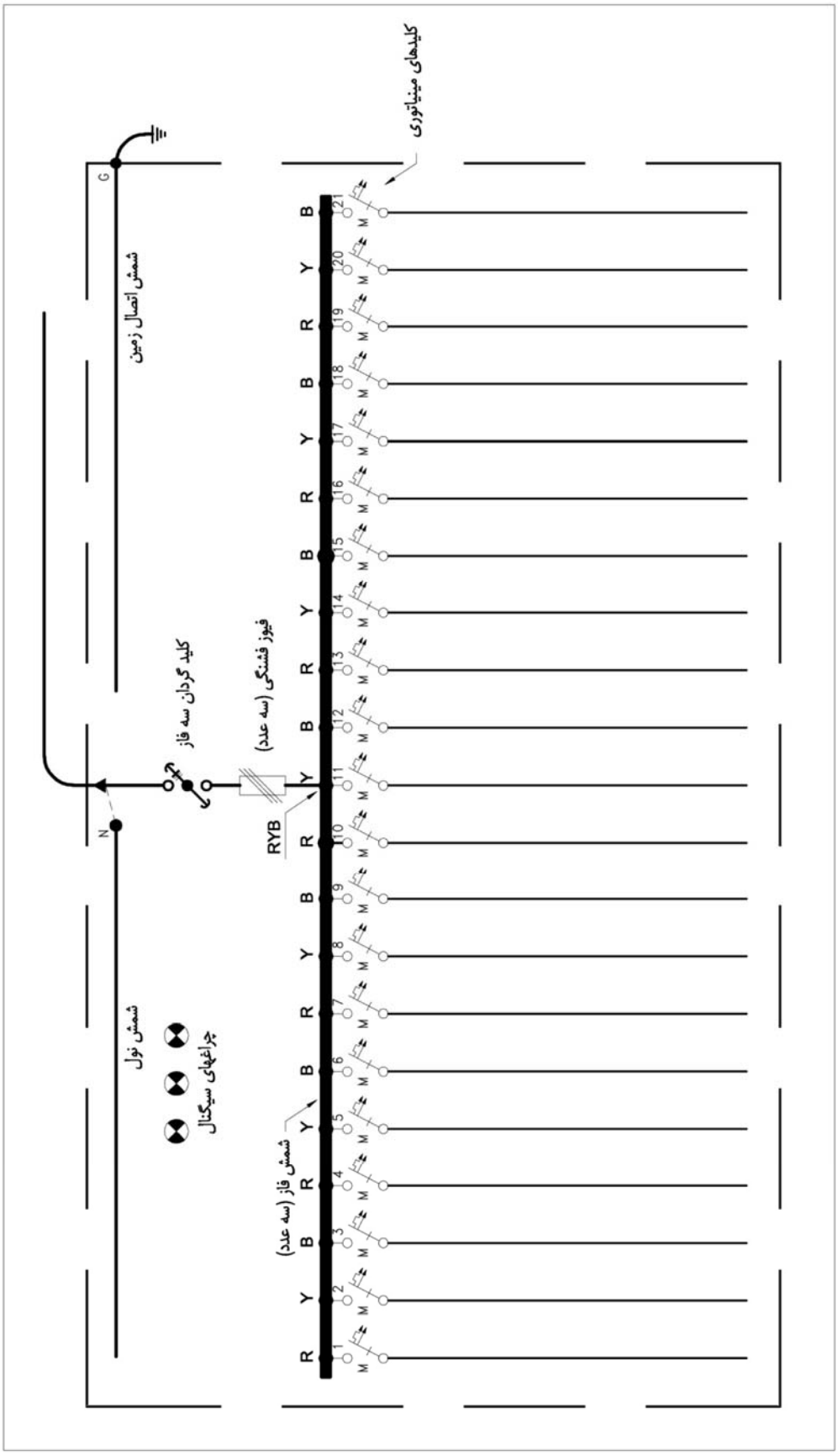
شکل ۵-۱۳: شماتیک تابلوی فرعی توزیع برق – نوع یک فاز ۱۲ مداره



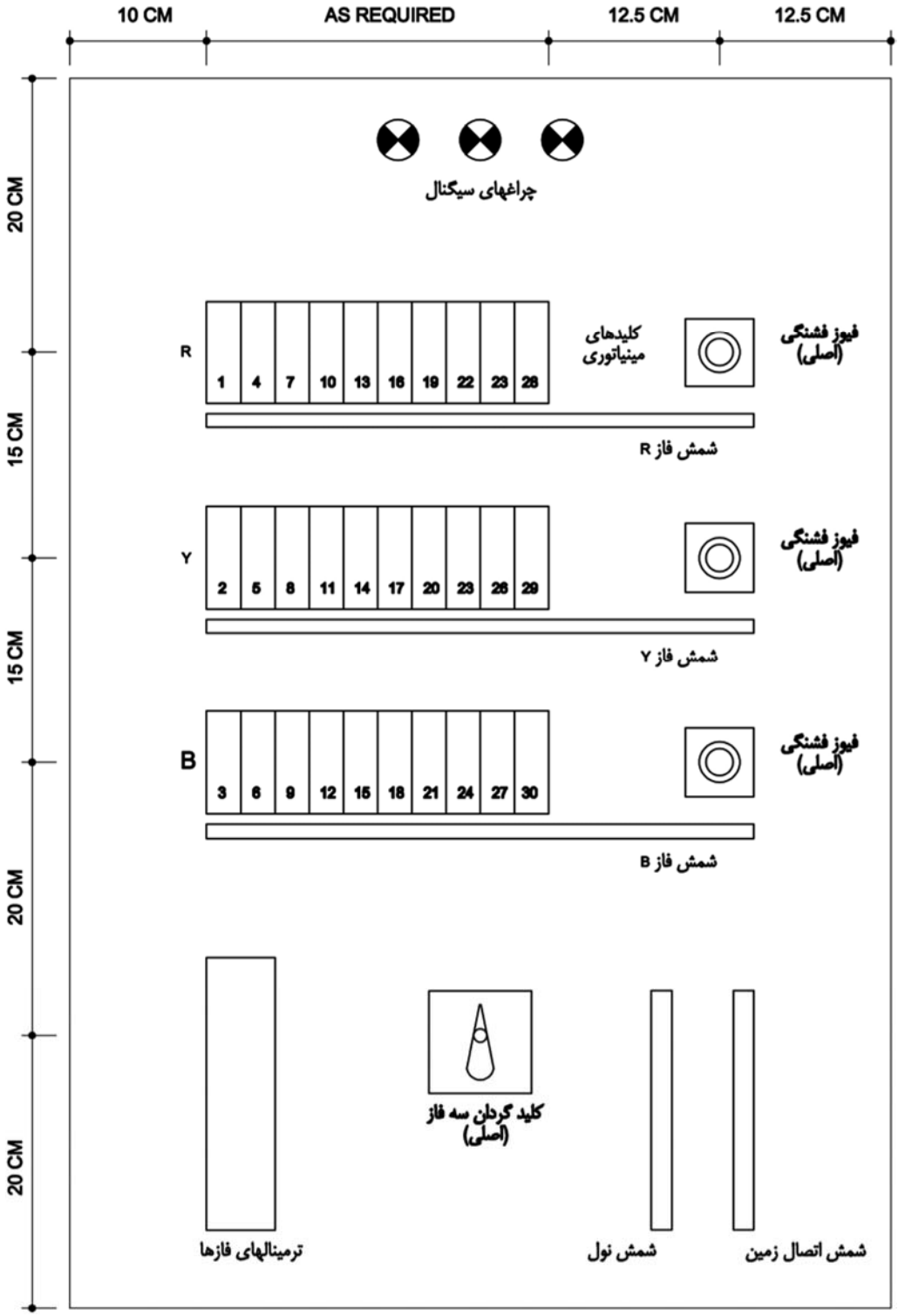
شکل ۵-۱۴: سیستم استقرار وسایل با حداقل فواصل در داخل تابلوی فرعی توزیع برق – نوع یک فاز.



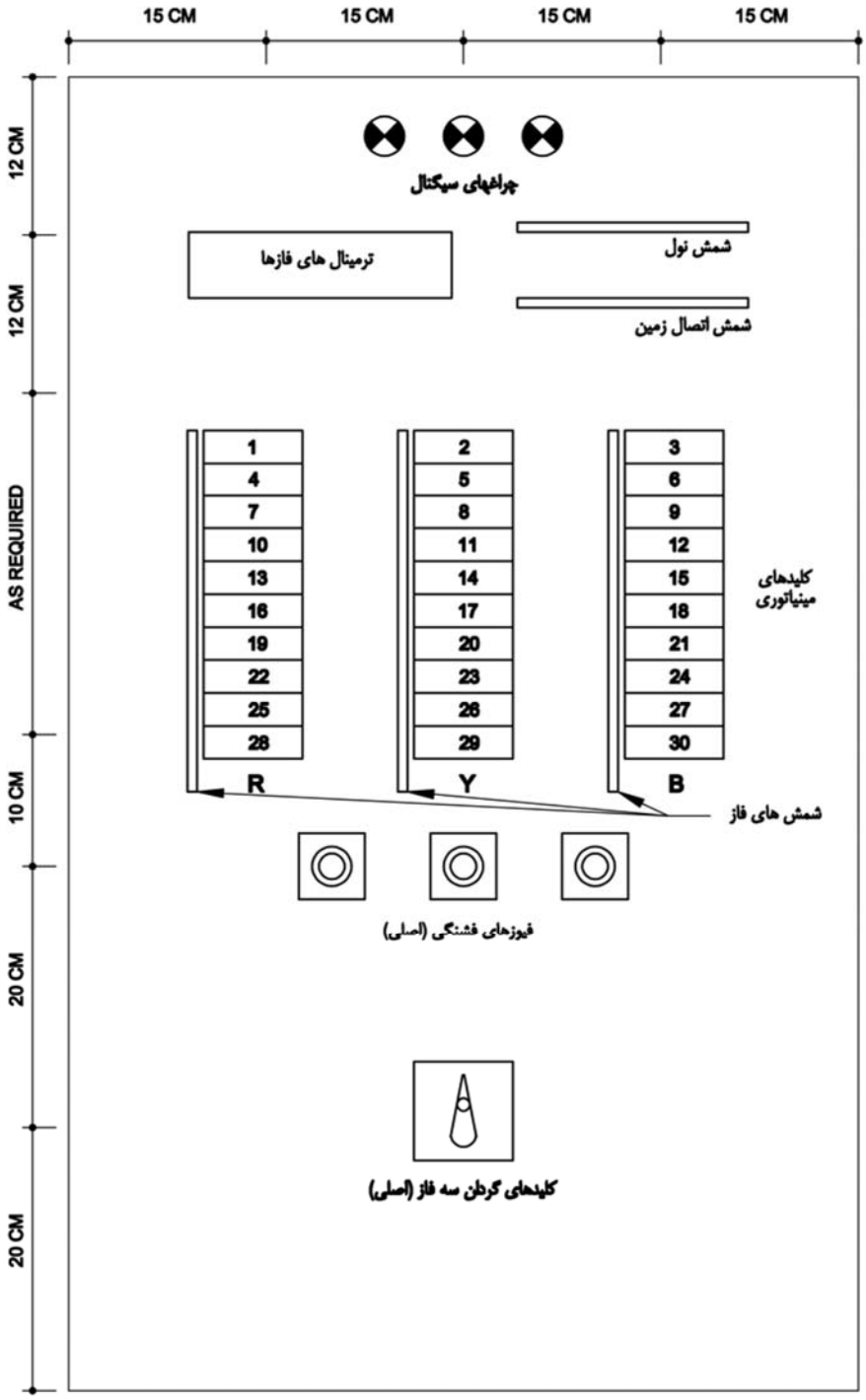
شکل ۵-۱۵: سیستم استقرار وسایل با حداقل فواصل در داخل تابلوی فرعی توزیع برق – نوع یک فاز



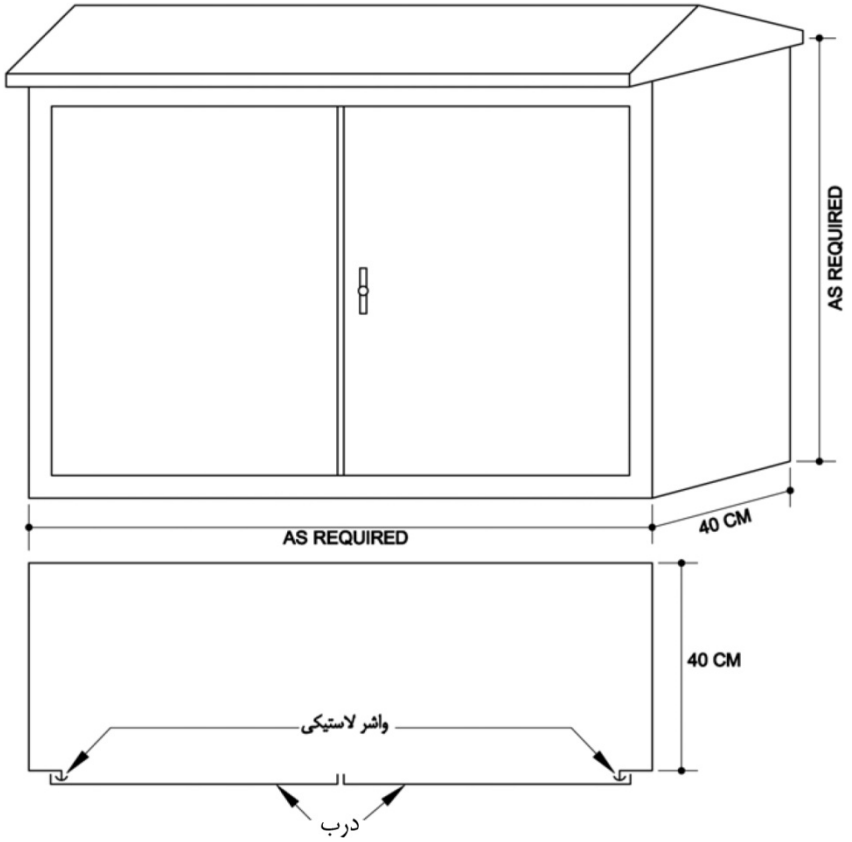
شکل ۵-۱۶: شماتیک تابلوی فرعی توزیع برق – نوع سه‌فاز ۲۱ مداره



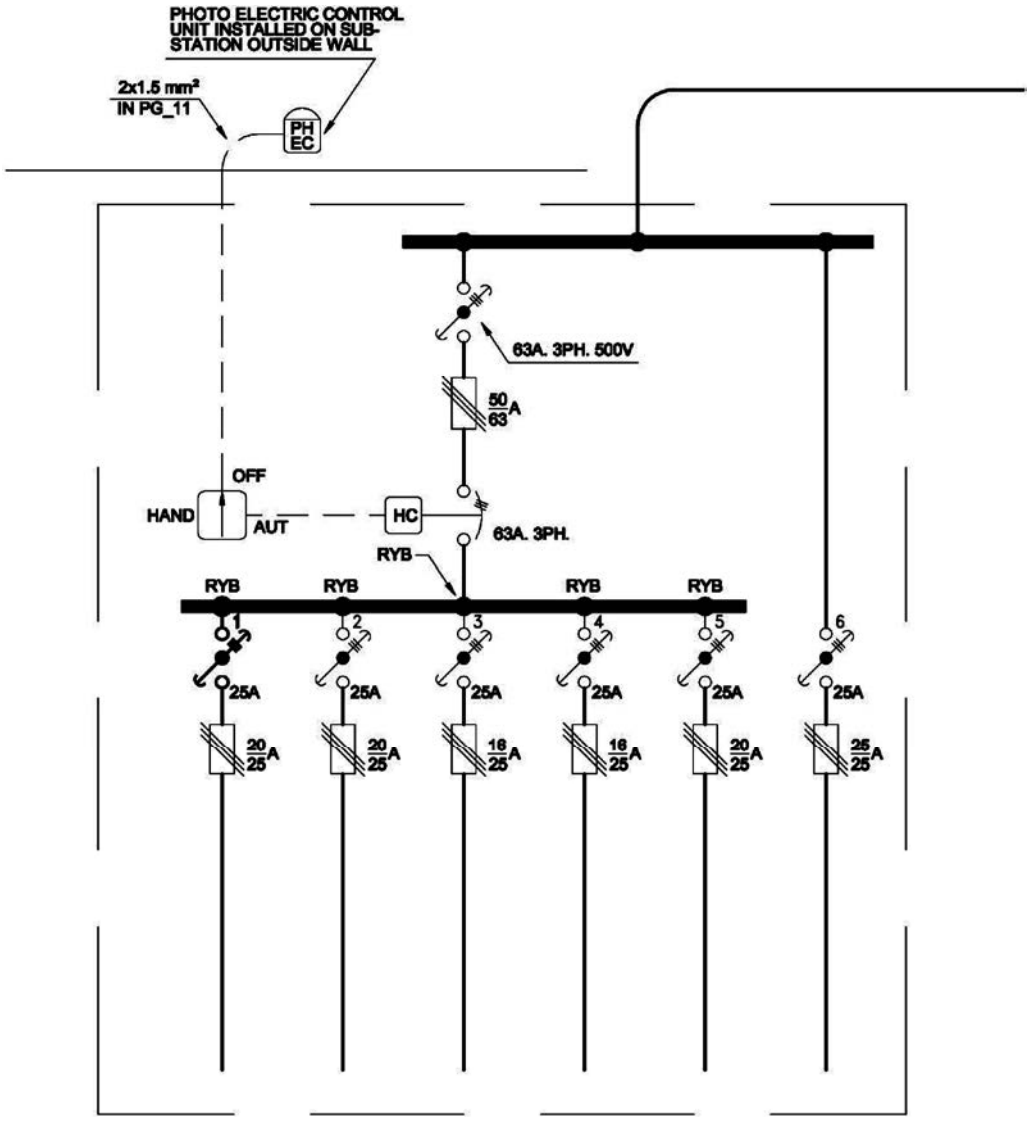
شکل ۵-۱۷: سیستم استقرار وسایل با حداقل فواصل در داخل تابلوی فرعی توزیع برق – سه‌فاز



شکل ۵-۱۸: سیستم استقرار وسایل با حداقل فواصل در داخل تابلوی فرعی توزیع برق – نوع سه‌فاز

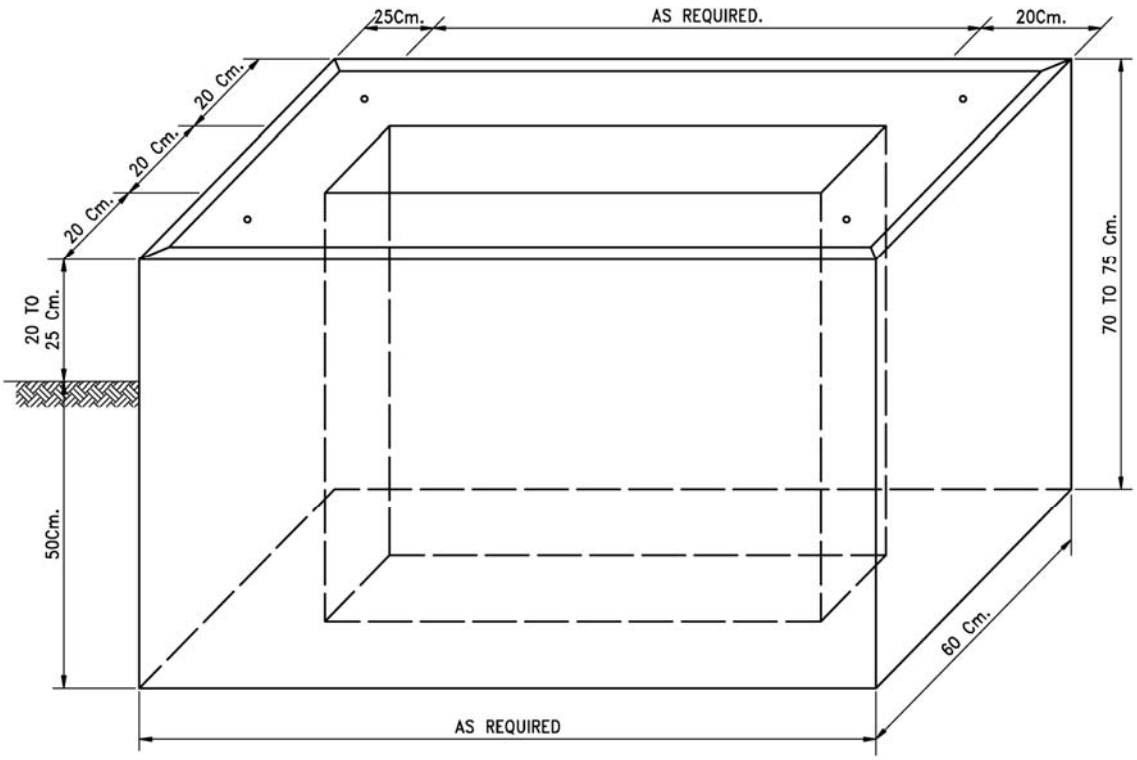


شکل ۵-۱۹: نما و مقطع تابلوی توزیع نیروی برق قابل نصب در فضای باز



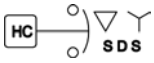
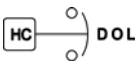
AREA LIGHTING CONTROL PANELBOARD "ALCP"

شکل ۵-۲۰: شماتیک تابلوی فرمان روشنایی محوطه و آب‌نماها



شکل ۵-۲۱: سکوی مخصوص نصب تابلوهای توزیع نیروی برق قابل نصب در فضای باز

جدول ۵-۷ نشانه‌های ترسیمی وسایل تابلوهای فشار ضعیف

شرح و مشخصات	نشانه
فیوز فشنگی (خطوط نشان‌دهنده تعداد فاز می‌باشد)	
فیوز چاقویی(خطوط نشان‌دهنده تعداد فاز می‌باشد)	
کلید مینیاتوری تک‌پل	
کلید مینیاتوری دوپل	
کلید مینیاتوری سه‌پل	
کلیدگردان تابلویی تک‌پل	
کلیدگردان تابلویی سه‌پل	
کلید چاقویی یک‌طرفه تابلویی دسته رکابی سه‌پل	
کلید فیوز تابلویی سه‌پل	
کلید اتوماتیک تابلویی سه‌پل با محافظ قطع‌کننده حرارتی وسریع فزونی جریان	
کلید اتوماتیک تابلویی سه‌پل با محافظ قطع‌کننده سریع فزونی جریان	
کلید اتوماتیک ستاره مثلث	
کنتاکتور خشک سه‌پل	
رله محافظ حرارتی سه‌پل(بی‌متال)	
چراغ سیگنال تابلویی قطر ۳۰/۵ و یا ۲۲/۵ میلی‌متر	
دکمه فشاری دوپل جهت قطع و وصل نوع تابلویی ویا با جعبه پلاستیکی	
دکمه فشاری دوپل جهت قطع و وصل، نوع تابلویی با چراغ سیگنال	

جدول ۵-۷ نشانه‌های ترسیمی وسایل تابلوهای فشار ضعیف

شرح و مشخصات	نشانه
کنتورآکتیو	KWHM
کنتور راکتیو	KVARM
ساعت فرمان	
آمپرمتر	A
ولت‌متر	V
کسینوس فی‌متر	COS
فرکانس‌متر	~
ترانس جریان نوع عبوری (خطوط نشان‌دهنده تعداد می‌باشد)	
کلید تبدیل ولت‌متر	VS
کلید تبدیل آمپرمتر	AS
کلیدگردان تابلویی تک‌پل سه حالته (خودکار – خاموش- دستی)	OFF HAND AUT
دستگاه فتوالکتریک سل جهت فرمان روشنایی محوطه	PH C
کلید مخصوص بین شمش‌های تابلوهای اصلی	
رله ثانوی فرمان	E
اتصال نول در تابلو	N
اتصال زمین در تابلو	G
مولد برق	G

ضمیمه

(استاندارد ۱-۱۹۲۸ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران)

۸ مشخصات آزمون‌ها

۸-۱ طبقه‌بندی آزمون‌ها

آزمون‌های مربوط به بررسی و تایید مشخصه‌های یک تابلو، شامل موارد زیر می‌باشد:

- آزمون‌های نوعی (به بندهای ۸-۱-۱ و ۸-۲ مراجعه شود)
- آزمون‌های معمول (تک به تک) (به بندهای ۸-۱-۲ و ۸-۳ مراجعه شود)

سازنده باید مبانی بررسی و تایید را، اگر درخواست شود، ارایه دهد.

یادآوری: بررسی و تاییدها و آزمون‌هایی که باید روی تابلوهای TTA و PTTA انجام شوند در جدول شماره ۷ مشخص شده‌اند.

۸-۱-۱ آزمون‌های نوعی (به بند ۸-۲ مراجعه شود)

هدف از انجام آزمون‌های نوعی، بررسی و مطابقت نوع معینی از تابلو با مقررات این استاندارد است .

آزمون‌های نوعی در مورد نمونه‌ای از تابلوهای معین یا قسمت‌هایی ازتابلوها که با یک طراحی یکسان یا طراحی مشابه آن ساخته شده‌اند، اجرا می‌شود.

این آزمون‌ها به درخواست سازنده انجام می‌شوند.

آزمون‌های نوعی شامل موارد زیر می‌باشند:

الف) بررسی و تایید حدود افزایش دما (بند ۸-۲-۱)

ب) بررسی و تایید ویژگی‌های دی‌الکتریکی (بند۸-۲-۲)

پ) بررسی و تایید توانایی ایستادگی در برابر اتصال کوتاه (بند ۸-۲-۳)

ت) بررسی و تایید موثربودن مدار حفاظتی (بند ۸-۲-۴)

ث) بررسی و تایید فواصل هوایی و فواصل خزشی (بند ۸-۲-۵)

ج) بررسی و تایید نحوه عملکرد مکانیکی (بند ۸-۲-۶)

چ) بررسی و تایید درجه حفاظت (بند ۸-۲-۷)

این آزمون‌ها را می‌توان به ترتیب دلخواه و/ یا بر روی نمونه‌های مختلفی از یک نوع معین از تابلو انجام داد.

اگر تغییراتی در ساختمان اجزاء و قطعات تابلو داده شده باشد، آزمون‌های نوعی جدیدی باید فقط در مواردی که ممکن است تغییرات داده شده بر روی نتیجه آزمون‌ها تاثیر داشته باشد، انجام شود.

۸-۱-۲ آزمون‌های تک به تک (به بند ۸-۳ مراجعه شود)

هدف از انجام آزمون‌های تک به تک پی بردن به نقص و خرابی در مواد به کار رفته و نحوه ساخت می‌باشد. این آزمون‌ها بر روی تابلو نو و جدید پس از سوار شدن، یا بر روی هر واحد قابل انتقال، انجام می‌شود. تکرار آزمون تک به تک در محل نصب لازم نیست.

تابلوهایی که با استفاده از اجزای استاندارد، خارج از کارخانه سازنده سوار شده و برای این کار منحصراً از ملحقات و قسمت‌های تعیین شده یا ساخته شده توسط سازنده استفاده شده باشد، باید توسط موسسه‌ای که تابلو را سوار کرده است، تحت آزمون تک به تک قرار گیرد.

آزمون تک به تک شامل موارد زیر می‌باشد.

الف) بازرسی تابلو شامل بررسی سیم‌کشی‌ها و در صورت لزوم انجام آزمون مربوط به نحوه کار الکتریکی (بند ۸-۳-۱)؛
ب) آزمون دی‌الکتریکی (بند ۸-۲-۲)؛
پ) بررسی اقدامات حفاظت و پیوستگی الکتریکی مدار حفاظتی (بند ۸-۳-۳).

آزمون‌ها را می‌توان به ترتیب دلخواه انجام داد.

یادآوری: به دلیل این‌که آزمون‌های تک به تک در کارخانه سازنده تابلو، انجام شده‌اند، از وظیفه موسسه نصب‌کننده تابلو در کنترل مجدد آن پس از حمل و نصب، کم نخواهد کرد.

۸-۱-۳ آزمون دستگاه‌ها و اجزاء خودکامل به کار رفته در تابلو

اگر دستگاه‌ها و اجزاء خودکامل به کار رفته در تابلو که طبق مقررات بند ۷-۶-۱ انتخاب و مطابق دستورات سازنده نصب شده باشند، لزومی به انجام آزمون‌های نوعی و تک به تک در مورد آنها نخواهد بود.

۸-۲ آزمون‌های نوعی

۸-۲-۱ بررسی و تایید حدود افزایش دما

۸-۲-۱-۱ کلیات

آزمون افزایش دما به نحوی طراحی شده است که اطمینان حاصل شود افزایش دمای قسمت‌های مختلف تابلو، از حدود مشخص شده در بند ۷-۳ بیشتر نشود.

معمولاً آزمون باید با مقادیر جریان‌های اسمی طبق بند ۸-۲-۱-۳، در حالی‌که کلیه دستگاه‌ها در تابلو نصب می‌باشد، انجام گیرد.

آزمون ممکن است به کمک مقاومت‌های حرارتی معادل تلفات توانی، طبق بند ۸-۲-۱-۴ انجام شود.

انجام آزمون‌های مربوط به اجزای مستقل (صفحات، جعبه‌ها، محفظه‌ها، پوشش‌ها و غیره) تابلو (به بند ۸-۲-۱-۲ مراجعه شود) به شرطی که احتیاط‌های لازم از نظر تطبیق باشرایط کار حقیقی به عمل آمده باشد، مجاز خواهد بود.

آزمون افزایش دمای مدارهای مستقل باید با نوع جریانی که برای آن پیش‌بینی شده است و با فرکانس طراحی‌شده انجام شود. ولتاژهایی که در آزمون مورد استفاده قرار می‌گیرند باید طوری باشند که جریان برقرار شده در مدار برابر جریان تعیین شده در بند ۸-۲-۱-۳ باشد.سیم‌پیچ‌های رله‌ها ،کنتاکتورها، رهاسازها و غیره باید با ولتاژ اسمی تغذیه شوند.

تابلوهای نوع باز، به شرط این‌که از آزمون‌های نوعی انجام شده بر روی اجزاء مستقل آن و یا از اندازه هادی‌های به کار رفته و نحوه قرار گرفتن دستگاه‌ها، به وضوح معلوم شود که افزایش دما از مقدار مجاز بالاتر نرفته و هیچ نوع آسیبی به تجهیزات وصل شده به تابلو و مواد عایقی مجاور آن وارد نخواهد شد، نیازی به گذراندن آزمون افزایش دما نخواهد داشت.

بررسی و تایید حدود افزایش دما در مورد تابلوهای PTTA باید به یکی از دو طریق زیر انجام شود:

- با استفاده از آزمون بند ۸-۲-۱، یا
- با استفاده از برون‌یابی .(extrapolation)

یادآوری: نمونه‌ای از یک روش انجام برون‌یابی، در استاندارد بین‌المللی IEC 60890 داده شده است.

جدول ۷ : فهرست مواردی که باید بررسی و تایید شده و آزمون‌هایی که باید روی تابلوهای TTA و PTTA انجام شوند.

شماره ترتیب	مشخصه‌هایی که بایدتحقیق شوند	شماره بند	TTA	PTTA
۱	حدود افزایش دما	۸-۲-۱	بررسی و تایید حدود افزایش دما توسط آزمون(آزمون نوعی)	بررسی و تایید حدود افزایش دما توسط آزمون یا بیرون‌یابی از نتایج تابلوهای دارای تایید آزمون نوعی
۲	ویژگی‌های دی‌الکتریکی	۸-۲-۲	بررسی و تایید ویژگی‌های دی‌الکتریکی توسط آزمون (آزمون نوعی)	بررسی و تایید ویژگی‌های دی‌الکتریکی توسط آزمون‌های بند ۸-۲-۲ یا بند ۸-۳-۲ یا بررسی و تایید مقاومت عایق‌بندی طبق بند ۸-۳-۴ (به شماره ترتیب ۱۱ جدول مراجعه شود)
۳	توانایی ایستادگی اتصال کوتاه	۸-۲-۳	بررسی و تایید توانایی ایستادگی اتصال کوتاه توسطآزمون(آزمون‌نوعی)	بررسی و تایید توانایی ایستادگی اتصال کوتاه توسط آزمون یا برون‌یابی از نتایج تابلوهای با ساختمان مشابه و دارای تایید آزمون نوعی
۴	موثربودن مدار حفاظتی اتصال موثربین قسمت‌های رسانای دردسترس تابلو و مدار حفاظتی توانایی ایستادگی اتصال کوتاه مدار حفاظتی	۸-۲-۴ ۸-۲-۴-۱ ۸-۲-۴-۲	بررسی و تایید اتصالات موثر بین قسمت‌های رسانای در دسترس تابلو و مدار حفاظتی توسط بازرسی یا توسط اندازه‌گیری مقاومت(آزمون نوعی) بررسی و تایید توانایی ایستادگی اتصال کوتاه مدار حفاظتی توسط آزمون(آزمون نوعی)	بررسی و تایید اتصالات موثر بین قسمت‌های رسانای در دسترس تابلو و مدار حفاظتی توسط بازرسی یا توسط اندازه‌گیری مقاومت بررسی و تایید ایستادگی اتصال کوتاه مدار حفاظتی توسط آزمون یا از طریق طراحی و نصب مدار حفاظتی به نحوی مناسب (پاراگراف آخر بند ۷-۴-۳-۱-۱) ملاحظه شود)
۵	فواصل هوایی و فواصل خزشی	۸-۲-۵	بررسی و تایید فواصل هوایی و فواصل خزشی(آزمون نوعی)	بررسی و تایید فواصل هوایی و فواصل خزشی
۶	عملکرد مکانیکی	۸-۲-۶	بررسی و تایید عملکرد مکانیکی(آزمون نوعی)	بررسی و تایید عملکرد مکانیکی
۷	درجه حفاظت	۸-۲-۷	بررسی و تایید عملکرد مکانیکی(آزمون نوعی)	بررسی و تایید عملکرد مکانیکی
۸	سیم‌کشی، عملکرد الکتریکی	۸-۳-۱	بازرسی تابلو شامل بازرسی سیم‌کشی ودرصورت لزوم عملکرد الکتریکی (آزمون تک به تک)	بازرسی تابلو شامل بازرسی سیم‌کشی ودرصورت لزوم عملکرد الکتریکی
۹	عایق‌بندی	۸-۳-۲	آزمون دی‌الکتریکی(آزمون تک به تک)	آزمون دی‌الکتریکی با بررسی و تایید مقاومت عایق‌بندی طبق بند ۸-۳-۴ (به شماره ترتیب۱۱ جدول مراجعه شود)
۱۰	اقدامات حفاظتی	۸-۳-۳	بازرسی اقدامات حفاظتی و پیوستگی الکتریکی مدارهای حفاظتی(آزمون تک به تک)	بازرسی اقدامات حفاظتی
۱۱	مقاومت عایق‌بندی	۸-۳-۴		بررسی و تایید مقاومت عایق‌بندی مگر این‌که آزمون‌های طبق بندهای ۸-۲-۲ یا ۸-۳-۲ انجام شده باشند (به شماره‌های ترتیب ۲ و ۹ مراجعه شود)

۸-۲-۱-۲ نحوه استقرار تابلو

تابلو باید مانند حالت استفاده عادی، در حالی‌که کلیه درپوش‌ها و غیره در جای خود نصب می‌باشند، مستقرشود.در موقع آزمون قسمت‌های مستقل یا واحدهای ساختمانی مجزا، قسمت‌ها یا واحدهای ساختمانی مجاور باید شرایط حرارتی مشابه استفاده عادی را به وجود آورند. برای این منظور می‌توان از مقاومت‌های حرارتی استفاده کرد.

۸-۲-۱-۳ انجام آزمون افزایش دما باعبور جریان از کلیه دستگاه‌ها

آزمون باید بر روی یک یاچند ترکیب نمونه از مدارهایی که تابلو برای آنها طراحی شده است انجام شود و ترکیب مدارها باید به نحوی انتخاب شود که با دقت قابل قبولی، بیشترین افزایش دمای ممکن حاصل شود.
برای انجام این آزمون، از هر مدار، جریان اسمی آن (بند۴-۲) با اعمال ضرایب همزمانی (بند ۴-۷) عبور داده می‌شود. اگر تابلو شامل فیوز باشد، فیوزها باید مجهز به رابط‌هایی باشند که به وسیله سازنده مشخص شده‌اند. تلفات توان رابط فیوزهای مورد استفاده در آزمون، باید در گزارش آزمون ذکر شوند.
اندازه‌ها و نحوه استقرار هادی‌های ورودی و خروجی مورد استفاده در آزمون، باید در گزارش آزمون ذکر شوند .آزمون باید تا زمانی که افزایش دما به مقدار ثابت رسید ادامه پیدا کند. (معمولاً از ۸ ساعت تجاوز نمی‌کند). در عمل این حالت هنگامی حاصل می‌شود که تغییرات دما از 1 k/h (یک کلوین در ساعت) تجاوز نکند.

یادآوری ۱: به منظور کوتاه کردن زمان آزمون و در صورتی‌که لوازم به کار رفته قادر به تحمل باشند، می‌توان شدت جریان را در حین قسمت اول آزمون بالا برده وسپس آن‌را تا میزان جریان آزمون مشخص شده پایین آورد.
یادآوری ۲: در مواردی که یک آهن‌ربای الکتریکی کنترل‌کننده در حین آزمون برق‌دار می‌شود، دما باید در مواقعی که تعادل حرارتی، هم در مدار اصلی و هم در آهن‌ربای کنترل‌کننده حاصل می‌شود، اندازه‌گیری شود.
یادآوری ۳: در تمام موارد، استفاده از جریان متناوب (a.c) تک‌فاز برای آزمون تابلوهای چندفاز فقط در صورتی مجاز است که اثرات مغناطیسی به اندازه‌ای کوچک باشند که از آن‌ها صرف‌نظر کرد .این موضوع به توجه دقیق به خصوصی برای جریان‌های بیشتر از 400 A نیاز دارد.

در مواردی که اطلاعات مشروحی درباره هادی‌های ورودی و خروجی وشرایط بهره‌برداری وجود نداشته باشد، سطح مقطع هادی‌های خارجی باید به ترتیب زیر انتخاب شوند:

۸-۲-۱-۳-۱ برای مقادیر جریان آزمون تا حداکثر 400 A:

الف) هادی‌ها بایداز نوع کابل یاسیم‌مسی عایق‌دار تک‌رشته‌ای با سطح مقطعی بر طبق جدول شماه ۸ باشد.

ب) تا جایی که عملی باشد هادی‌ها باید در هوای آزاد قرار گیرند.

پ) حداقل طول هر یک از اتصالات موقتی از یک ترمینال تا ترمینال دیگر باید به قرار زیر باشد:

- یک متر برای مقاطعی تا حداکثر $35\ mm^2$
- دو متر برای مقاطعی بیش از $35\ mm^2$

جدول ۸: هادی‌های مسی برای جریان‌های آزمون تا و خود 400 A

حدود جریان آزمون A	اندازه هادی[۱] mm^2
بیشتر از ۰ و تا خود ۸	۱/۰
بیشتر از ۸ و تا خود ۱۲	۱/۵
بیشتر از ۱۲ و تا خود ۱۵	۲/۵
بیشتر از ۱۵ و تا خود ۲۰	۲/۵
بیشتر از ۲۰ و تا خود ۲۵	۴/۰
بیشتر از ۲۵ و تا خود ۳۲	۶/۰
بیشتر از ۳۲ و تا خود ۵۰	۱۰
بیشتر از ۵۰ و تا خود ۶۵	۱۶
بیشتر از ۶۵ و تا خود ۸۵	۲۵
بیشتر از ۸۵ و تا خود ۱۰۰	۳۵
بیشتر از ۱۰۰ و تا خود ۱۱۵	۳۵
بیشتر از ۱۱۵ و تا خود ۱۳۰	۵۰
بیشتر از ۱۳۰ و تا خود ۱۵۰	۵۰
بیشتر از ۱۵۰ و تا خود ۱۷۵	۷۰
بیشتر از ۱۷۵ و تا خود ۲۰۰	۹۵
بیشتر از ۲۰۰ و تا خود ۲۲۵	۹۵
بیشتر از ۲۲۵ و تا خود ۲۵۰	۱۲۰
بیشتر از ۲۵۰ و تا خود ۲۷۵	۱۵۰
بیشتر از ۲۷۵ و تا خود ۳۰۰	۱۸۵
بیشتر از ۳۰۰ و تا خود ۳۵۰	۱۸۵
بیشتر از ۳۵۰ و تا خود ۴۰۰	۲۴۰
به منظور سهولت انجام آزمون و با رضایت سازنده، هادی‌های باسطح مقطع کوچکتر از مقادیرداده شده برای آزمون‌های تعیین شده، نیز می‌تواند به کار رود.	

۸-۲-۱-۳-۲ برای مقادیر جریان آزمون بیش از ۴۰۰ آمپر تا حداکثر ۸۰۰ آمپر:

الف) هادی‌ها باید از نوع کابل تک‌رشته‌ای مسی با عایق‌بندی PVC، با سطح مقطع مطابق با جدول ۹، یا شینه‌های مسی داده شده درهمان جدول، همان‌طور که توسط سازنده توصیه شده، باشد.

ب) فاصله کابل‌ها یا شینه‌ها باید تقریباً برابر فاصله بین ترمینال‌ها باشد . شینه‌ها باید با رنگ سیاه مات رنگ‌آمیزی شوند. کابل‌های موازی چندتایی در هر ترمینال باید تشکیل یک گروه داده و به نحوی ترتیب داده شوند که بین آنها فاصله هوایی حدود ۱۰میلی‌متر وجود داشته باشد.فاصله چند شینه موازی مربوط به هر ترمینال باید تقریباً برابر ضخامت هر شینه باشد.چنانچه شینه‌هایی با اندازه‌های تعیین شده موجود نبوده یا برای ترمینال‌ها مناسب نباشند، استفاده از شینه‌های دیگر که سطح مقطع آنها تقریباً برابر بوده و سطح خنک‌کننده (سطح تعادل حرارت)

آنها نیز تقریباً برابر یا کوچکتر باشد، مجاز خواهد بود. در فواصل هوایی کابل‌ها یا شینه‌ها نباید هیچ نوع جسم خارجی یا قطعات کابل یا شینه قرار داده شود.

پ) برای آزمون‌های یک‌فاز یا چندفاز، حداقل طول هر اتصال موقت به منبع تغذیه آزمون باید ۲ متر باشد. حداقل طول مربوط به نقطه ستاره را می‌توان به ۱/۲ متر تقلیل داد.

۸-۲-۱-۳-۳ برای مقادیر جریان آزمون بیش از ۸۰۰ آمپر تا حداکثر ۳۱۵۰ آمپر:

الف) هادی‌ها باید از نوع شینه مسی که در جدول شماره ۹ تعیین شده است باشد مگر آن‌که تابلو فقط برای اتصال کابل طراحی شده باشد که در این صورت ابعاد و نحوه استقرار کابل‌ها باید طبق مشخصات سازنده باشد.

ب) فاصله شینه‌ها باید تقریباً برابر فاصله بین ترمینال‌ها باشد . شینه‌ها باید با رنگ سیاه مات رنگ‌آمیزی شوند. فاصله شینه‌های موازی چندتایی در هر ترمینال باید تقریباً برابر ضخامت هر شینه باشد. چنانچه شینه‌های با اندازه‌های داده شده موجود نبوده یا برای ترمینال‌ها مناسب نباشد ،استفاده از شینه‌های دیگر که سطح مقطع آنها تقریباً برابربوده و سطح خنک‌کننده (سطح تبادل حرارت) آنها نیز تقریباً برابر یا کوچکتر از سطح مقطع خواسته‌شده باشد، مجاز خواهد بود. در فواصل هوایی کابل‌ها یا شینه‌ها نباید هیچ نوع جسم خارجی یا قطعات کابل یا شینه قرار داده شود.

پ) برای آزمون‌های یک‌فاز یا چندفاز، حداقل طول هر اتصال موقت به منبع تغذیه آزمون باید ۳ متر باشد اما این مقدار را می‌توان به ۲ متر تقلیل داد به شرطی که افزایش دما در انتهای تغذیه‌کننده به اتصال، نسبت به افزایش دما در وسط طول اتصال، حداکثر ۵ کلوین کمتر باشد. حداقل طول مربوط به نقطه ستاره باید ۲ متر باشد.

جدول ۹: سطح مقطع استاندارد هادی‌های مسی مطابق جریان‌های آزمون

مقادیر جریان اسمی	محدوده جریان آزمون[۱]	هادی‌های آزمون			
		کابل‌ها		شینه‌های مسی[۲]	
		تعداد	سطح مقطع[۳]	تعداد	ابعاد[۳]
۵۰۰	۴۰۰ تا ۵۰۰	۲	۱۵۰ (۱۶)	۲	۳۰*۵ (۱۵)
۶۳۰	۵۰۰ تا ۶۳۰	۲	۱۸۵ (۱۸)	۲	۴۰*۵ (۱۵)
۸۰۰	۶۳۰ تا ۸۰۰	۲	۲۴۰ (۲۱)	۲	۵۰*۵ (۱۷)
۱۰۰۰	۸۰۰ تا ۱۰۰۰			۲	۶۰*۵ (۱۹)
۱۲۵۰	۱۰۰۰ تا ۱۲۵۰			۲	۸۰*۵ (۲۰)
۱۶۰۰	۱۲۵۰ تا ۱۶۰۰			۲	۱۰۰*۵ (۲۳)
۲۰۰۰	۱۶۰۰ تا ۲۰۰۰			۳	۱۰۰*۵ (۲۰)
۲۵۰۰	۲۰۰۰ تا ۲۵۰۰			۴	۱۰۰*۵ (۲۱)
۳۱۵۰	۲۵۰۰ تا ۳۱۵۰			۳	۱۰۰*۵ (۲۳)

یادآوری ۱: مقدار جریان باید بیش از مقدار کوچکتر و برابر یا کمتراز مقدار بزرگتر باشد.

یادآوری۲: فرض بر این است که آرایش شمش‌ها به نحوی است که سطوح بلند آنها در جهت قائم می‌باشد. اگر سازنده مشخص کرده باشد از آرایش شمش‌ها باسطوح طویل در جهت افقی نیز می‌توان استفاده کرد.

یادآوری ۳: در داخل پرانتز مقادیر افزایش دمای تخمینی (بر حسب کلوین) هادی‌های آزمون به عنوان مرجع ذکر شده‌اند.

۸-۲-۱-۳-۴ برای مقادیر جریان آزمون بیش از ۳۱۵۰ آمپر:

توافقی که همه موارد آزمون را در بر می‌گیرد باید بین سازنده و استفاده‌کننده به عمل آید مانند نوع منبع تغذیه، تعداد فازها و فرکانس (در صورت مورد داشتن)، سطح مقطع هادی‌های آزمون و غیره . این اطلاعات باید در گزارش آزمون قید شوند.

یادآوری: در همه موارد استفاده از جریان متناوب یک‌فاز برای آزمایش تابلوهای چندفاز فقط در صورتی مجاز خواهد بود که آثار مغناطیسی به قدری کم باشند که بتوان از آنها صرف‌نظر کرد.

۸-۲-۱-۴ آزمون افزایش دما با استفاده از مقاومت‌های حرارتی، با توان تلف شده معادل

برای بعضی از انواع تابلوهای تمام‌بسته که مدارهای اصلی و کمکی آنها دارای جریان‌های اسمی نسبتاً کم هستند، تلفات توان را می‌توان با استفاده از مقاومت‌های حرارتی که به همان مقدار حرارت تولید کرده و در محل‌های مناسبی در داخل محفظه نصب می‌شوند، شبیه‌سازی کرد.

سطح مقطع هادی‌های تغذیه‌کننده این مقاومت‌ها باید به قدری باشد که حرارت قابل ملاحظه‌ای از طریق آنها از داخل محفظه به بیرون هدایت نشود.

آزمون با مقاومت‌های گرم‌کننده را می‌توان به عنوان معرف تابلوهایی‌که دارای محفظه‌های مشابه هستند، در نظر گرفت حتی اگر مجهز به دستگاه‌های دیگری باشند به شرطی که جمع تلفات توان دستگاه‌های نصب شده در آن با در نظر گرفتن ضریب همزمانی، از مقداری که در هنگام آزمون به کار رفته است تجاوز ننماید.

افزایش دمای دستگاه‌های نصب شده نباید از مقادیر داده شده در جدول ۳ (به بند ۷-۳ مراجعه شود) بیشتر شود.این افزایش دما را می‌توان به طور تقریبی با اضافه‌کردن تفاوت دماهای داخل و خارج محفظه تابلو به دمای دستگاه که در هوای آزاد اندازه‌گیری شده است به دست آورد.

۸-۲-۱-۵ اندازه‌گیری دماها

برای انجام اندازه‌گیری‌های دما باید از ترموکوپل‌ها یا دماسنج‌ها استفاده کرد . درمورد سیم‌پیچ‌ها به طور کلی باید از روش اندازه‌گیری دما از طریق تغییرات مقاومت استفاده شود.برای اندازه‌گیری دمای هوای داخل تابلو، چند وسیله اندازه‌گیری باید در نقاط مختلف در داخل تابلو قرار داده شوند.دماسنج‌ها یا ترموکوپل‌ها باید در برابر جریان هوا و تابش حرارتی حفاظت شوند.

۸-۲-۱-۶ دمای هوای محیط

اندازه‌گیری دمای هوای محیط باید در آخرین یک چهارم زمان آزمون با استفاده از حداقل دو عدد دماسنج یا ترموکوپل که به طور یکنواخت در اطراف تابلو قرار داده شده و در فاصله یک‌متری از تابلو در نزدیکی نصف ارتفاع آن نصب می‌شوند، انجام گیرد . دماسنج‌ها یا ترموکوپل‌ها باید در برابر جریان هوا و تابش حرارتی حفاظت شوند.

چنانچه دمای هوای محیط در حین آزمون بین $10^{\circ}C+$ و $40^{\circ}C+$ باشد مقادیر داده شده در جدول ۳ حدود افزایش دما خواهند بود.

چنانچه دمای هوای محیط در حین آزمون از $40^{\circ}C+$ بیشتر یا از $10^{\circ}C$ کمتر باشد، این استاندارد دیگر ملاک عمل نبوده و لازم خواهد بود توافق مخصوصی بین سازنده و مصرف‌کننده به عمل آید.

۸-۲-۱-۷ نتایجی که می‌بایستی به دست آید

در پایان آزمون، افزایش دما نباید از مقادیر جدول ۳ بیشتر شود. لوازم و دستگاه‌ها باید به طور رضایت‌بخشی در گستره ولتاژ تعیین شده برای آنها در دمای داخل تابلو، عمل کنند.

۸-۲-۲ بررسی و تایید مطابقت با خواص دی‌الکتریکی

۸-۲-۲-۱ کلیات

انجام این آزمون نوعی، در مورد اجزایی از تابلو که قبلاً طبق مقررات مخصوص به خود آزمون نوعی را گذرانده باشند به شرطی که در حین نصب، خللی به خواص عایق آنها وارد نشده باشد، لازم نخواهد بود.

علاوه بر این، انجام آزمون بر روی تابلوهای PTTA که مقاومت عایقی آنها بر طبق بند ۸-۳-۴ بررسی و تایید شده است، لازم نخواهد بود.

در مواردی که تابلو شامل یک هادی حفاظتی باشد که طبق ت) از۷-۴-۳-۲-۲ نسبت به قسمت‌های رسانای در دسترس، عایق شده است، این هادی باید یک مدار جداگانه به حساب آید و به عبارت دیگر باید آن را با همان ولتاژی که در آزمون مدار اصلی مربوط به این هادی مورد استفاده قرار می‌گیرد، تحت آزمون قرار داد.

آزمون‌ها باید به شرح زیر انجام شود:

- بر طبق بند ۸-۲-۲-۶ تا ۸-۲-۲-۶-۴، در صورتی که سازنده مقدار ولتاژ ضربه‌ای ایستادگی U_{imp} را اعلام کرده باشد (به بند ۴-۱-۳ مراجعه شود)؛
- بر طبق بند ۸-۲-۲-۲ تا ۸-۲-۲-۵ برای سایر موارد.

۸-۲-۲-۲ آزمون محفظه‌های ساخته شده از مواد عایق

در مورد محفظه‌هایی که از مواد عایق ساخته شده‌اند باید یک آزمون دی‌الکتریکی اضافی با اعمال ولتاژ آزمون بین یک ورقه فلزی نازک که در سطح خارجی محفظه‌ها بر روی دهانه‌ها و اتصالات قرار داده می‌شود از یک طرف، و هادی‌های برق‌دار و قسمت‌های رسانای در دسترس که در داخل محفظه قرار گرفته و در مجاورت دهانه و یا محل اتصالات قرار داشته و از نظر الکتریکی به یکدیگر وصل شده‌اند، از طرف دیگر انجام گیرد. برای این آزمون اضافی، مقدار ولتاژ آزمون باید ۱۵ برابر ارقام ذکر شده در جدول ۱۰ باشد.

یادآوری: ولتاژهای آزمون مربوط به محفظه‌های تابلوهای حفاظت‌شده با استفاده از عایق‌بندی کامل، تحت بررسی است.

۸-۲-۲-۳ دسته‌های عمل‌کننده خارج از تابلو از جنس عایق

در مورد دسته‌های ساخته شده از مواد عایق یا دارای پوشش از این مواد و به منظور مطابقت با بند ۷-۴-۳-۱-۳، باید یک آزمون دی‌الکتریکی با ولتاژی که مقدار آن ۱/۵ برابر ولتاژ آزمون داده شده در جدول ۱۰ است انجام شود. ولتاژ باید

بین قسمت‌های برق‌دار و ورقه‌ای فلزی که دور تمامی سطح دسته پیچیده می‌شود اعمال شود. در حین این آزمون بدنه تابلو نباید زمین شده یا به هر مدار دیگری وصل شود.

۸-۲-۲-۴ مقدار ولتاژ آزمون

ولتاژ آزمون باید در موارد زیر انجام شود:

۱) بین کلیه قسمت‌های برق‌دار و قسمت‌های رسانای در دسترس تابلو که به یکدیگر وصل می‌باشند

۲) بین هر قطب و تمام قطب‌های دیگر تابلو که برای انجام این آزمون به قسمت‌های رسانای در دسترس تابلو وصل شده‌اند.

در هنگام اعمال ولتاژ آزمون نباید مقدار آن از ۵۰٪ مقادیر داده شده در این بند بیشتر باشد. سپس مقدار ولتاژ درطی چند ثانیه به طور یکنواخت به مقدار کامل آن که در این بند مشخص شده است، افزایش داده می‌شود و به مدت ۱ دقیقه اعمال می‌گردد. منابع تغذیه متناوب a.c. باید توان کافی برای برقراری ولتاژ آزمون، صرف‌نظر از جریان‌های نشت الکتریکی، داشته باشند.ولتاژ آزمون باید عملاً شکل موج سینوسی داشته و فرکانس آن بین 45HZ تا 62HZ باشد. ولتاژ آزمون باید به شرح زیر اعمال گردد:

۸-۲-۲-۴-۱ در مورد مدار اصلی و مدارهای کمکی که مشمول بند ۸-۲-۲-۴-۲ قرار نمی‌گیرند، مطابق با جدول ۱۰ خواهد بود.

جدول ۱۰:

ولتاژ عایق‌بندی اسمی U_i (V)	ولتاژ آزمون دی‌الکتریکی a.c r.m.s (V)
$U_i \leq ۶۰$	۱۰۰۰
$۶۰ < U_i \leq ۳۰۰$	۲۰۰۰
$۳۰۰ < U_i \leq ۶۹۰$	۲۵۰۰
$۶۹۰ < U_i \leq ۸۰۰$	۳۰۰۰
$۸۰۰ < U_i \leq ۱۰۰۰$	۳۵۰۰
$۱۰۰۰ < U_i \leq ۱۵۰۰$*	۳۵۰۰
*فقط برای جریان مستقیم	

۸-۲-۲-۴-۲ در مورد مدارهای کمکی که سازنده تغذیه مستقیم آنها را از مدار اصلی نامناسب اعلام کند، طبق جدول ۱۱:

جدول ۱۱.

مقدار ولتاژ عایق‌بندی اسمی U_i (V)	ولتاژ آزمون دی‌الکتریکی a.c r.m.s (V)
$U_i \leq ۱۲$	۲۵۰
$۱۲ < U_i \leq ۶۰$	۵۰۰
$U_i \leq ۶۰$	$2U_i+1000$ با حداقل ۱۵۰۰ V

۸-۲-۲-۵ نتایجی که می‌بایستی به دست آید

در صورتی که هیچ‌گونه تخلیه الکتریکی از روی سطح یا تخلیه الکتریکی داخلی جامد اتفاق نیافتد، نتیجه آزمون پذیرفته تلقی می‌شود.

۸-۲-۲-۶ آزمون ولتاژضربه‌ای ایستادگی

۸-۲-۲-۶-۱ شرایط عمومی

تابلویی که می‌بایستی آزمون شود، باید به طور کامل بر روی نگه‌دارنده خود یا نگه‌دارنده‌ای معادل بهره‌برداری عادی مطابق با دستورالعمل‌های سازنده و شرایط محیطی تعیین شده در بند ۶-۱ نصب گردد.
هر کارانداز ساخته شده از مواد عایقی و هر محفظه غیرفلزی یک‌پارچه با تجهیزات که برای استفاده بدون محفظه اضافی در نظرگرفته شده‌اند، باید توسط یک ورقه نازک فلزی پوشانده شود و به قاب یا صفحه نصب متصل گردد.
این ورقه نازک فلزی باید بر روی تمام سطوحی که امکان تماس آنها با انگشتک آزمون استاندارد وجود دارد، قرار داده شود (شاخک آزمون B از استاندارد ملی ۲۸۶۸).

۸-۲-۲-۶-۲ ولتاژهای آزمون

ولتاژ آزمون باید بر طبق آن‌چه که در بندهای ۷-۱-۲-۳-۲ و ۷-۱-۲-۳-۳ مشخص شده است، باشد . این آزمون را می‌توان با توافق سازنده، با استفاده از یک ولتاژ متناوب با فرکانس شبکه یا ولتاژ مستقیم (d.c.) همان‌طور که در جدول۱۳ داده شده است، انجام داد . قطع و جداکردن برق‌گیرها در طی این آزمون مجاز است، مشروط بر این‌که مشخصه‌های برق‌گیر شناخته شده باشد. با این حال، تجهیزاتی که مجهز به وسیله کاهش اضافه ولتاژ[1] هستند باید ترجیحاً با ولتاژ ضربه‌ای آزمون شوند. انرژی جریان آزمون نباید از مقدار اسمی انرژی وسیله کاهش اضافه ولتاژ، بیشتر باشد.
یادآوری: مشخصه‌های اسمی وسیله کاهش ولتاژ بایستی برای کاربرد موردنظر مناسب باشد. چنین مشخصه‌های اسمی تحت بررسی می‌باشد.

الف) موج ولتاژ ضربه‌ای 1,2/50 µs باید سه بار در مورد هر پلاریته (قطبیت) و در فواصل زمانی حداقل یک ثانیه اعمال گردد.

ب) در مورد جریان متناوب، ولتاژ با فرکانس شبکه به مدت سه سیکل و در مورد جریان مستقیم، ولتاژ. d.c به مدت ۱۰ ثانیه برای هر پلاریته (قطبیت) باید اعمال گردد.

فواصل هوایی برابر یا بزرگتر از مقادیر مربوط به حالت الف جدول ۱۴ را می‌توان با اندازه‌گیری برطبق روش تشریح شده در پیوست «ج» بررسی و تایید کرد.

۸-۲-۲-۶-۳ اعمال ولتاژهای آزمون

ولتاژهای آزمون به شرح زیر اعمال می‌گردد:

الف) بین هر یک از قسمت‌های برق‌دار (شامل مدارهای فرمان و کمکی متصل شده به مدار اصلی) وقسمت‌های رسانای دردسترس تابلو در حالی که به یکدیگر متصل شده‌اند.

1. Overvoltage suppressing

ب) بین هر یک از قطب‌های مدار اصلی و سایر قطب‌ها .

پ) بین هر مدار فرمان وکمکی که به طور معمول به مدار(های) اصلی متصل نمی‌شود و ؛

- مدار اصلی؛
- سایر مدارها؛
- قسمت‌های رسانای در دسترس؛
- محفظه یا صفحه نصب.

ث) در مورد قسمت‌های کشویی در وضعیت قطع (جدا شده): دو سر فواصل جدایی، بین طرف تغذیه (ورودی) و قسمت کشویی و بین ترمینال تغذیه(ورودی) و ترمینال بار (خروجی) که به هم مربوط می‌شوند.

۸-۲-۲-۶-۴ نتایجی که می‌بایستی به دست آید

نباید هیچ‌گونه تخلیه مخرب[1] ناخواسته در حین آزمون‌ها اتفاق افتد.

یادآوری ۱: استثناء در این مورد تخلیه مخرب خواسته (مطلوب) می‌باشد، به طور مثال توسط وسیله محوکننده اضافه ولتاژ گذرا[2]

یادآوری ۲: اصطلاح «تخلیه مخرب» مربوط به پدیده‌های مرتبط با خرابی عایق‌بندی تحت تنش الکتریکی می‌باشد که در طی آن تخلیه، عایق‌بندی تحت آزمون را به طور کامل اتصال می‌دهد به طوری که منجر به کاهش ولتاژ بین الکترودها به صفر یا نزدیک صفرمی‌گردد.

یادآوری ۳: اصطلاح «تخلیه الکتریکی داخلی گازو مایع[3]» هنگامی که تخلیه در مواد دی‌الکتریکی گازی یا مایع رخ می‌دهد مورد استفاده قرار می‌گیرد.

یادآوری ۴: اصطلاح «تخلیه الکتریکی از روی سطح[4]» هنگامی که تخلیه در مواد دی‌الکتریکی گازی یا مایع رخ می‌دهد مورد استفاده قرار می‌گیرد.

یادآوری ۵: اصطلاح «تخلیه الکتریکی از میان جامد[5]» هنگامی که تخلیه مخرب از میان ماده دی‌الکتریکی جامد رخ می‌دهد، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

یادآوری ۶: تخلیه مخرب در یک ماده دی‌الکتریکی جامد باعث از بین رفتن دایمی استقامت دی‌الکتریکی می‌شود.در یک ماده دی‌الکتریکی مایع یا گازی این از بین رفتن ممکن است تنها یک حالت موقتی داشته باشد.

۸-۲-۲-۶-۵ بررسی و تایید فواصل خزشی

باید کوتاه‌ترین فاصله خزشی بین فازها، بین هادی‌های مدار با ولتاژهای مختلف، و بین قسمت‌های برق‌دار و قسمت‌های رسانای در دسترس، اندازه‌گیری شود. فواصل خزشی اندازه‌گیری شده بر حسب گروه مواد و درجه آلودگی باید با مقررات بند ۷-۱-۲-۳-۵ مطابقت داشته باشد.

۸-۲-۳ بررسی و تایید توانایی ایستادگی در برابر اتصال کوتاه

۸-۲-۳-۱ مدارهایی از تابلوها که بررسی و تایید ایستادگی در برابر اتصال کوتاه در مورد آنها لازم نمی‌باشد.
در موارد زیر بررسی و تایید ایستادگی در برابر اتصال کوتاه لازم نمی‌باشد:

1. Disruptive discharge
2. Transient Over voltage Suppressing Means
3. Spark over
4. Flashover
5. Puncture

۸-۲-۳-۱-۱ برای تابلوهایی که جریان اسمی اتصال کوتاه محتمل آنها از KVA ۱۰ بیشتر نمی‌باشد.

۸-۲-۳-۱-۲ برای تابلوهایی که به کمک وسایل محدودکننده جریان حفاظت شده و حداکثر جریان قطع حدی آنها از KA ۱۵ در قدرت قطع اسمی آنها بیشتر نمی‌باشد.

۸-۲-۳-۱-۳ برای مدارهای کمکی تابلوهایی که برای اتصال به ترانسفورماتورهای با قدرت اسمی KVA ۱۰ یا کمتر و با ولتاژ اسمی ثانویه که از V ۱۱۰ کمتر نباشد و یا با قدرت اسمی KVA ۱/۶ و با ولتاژ ثانویه که کمتر از V ۱۱۰ نباشد پیش‌بینی شده و امپدانس اتصال کوتاه آنها نیز از ۴% کمتر نباشد.

۸-۲-۳-۱-۴ برای کلیه اجزای تابلوها (شینه‌ها، مقره‌ها یا تکیه‌گاه‌های آنها، اتصالات به شینه‌ها ،واحدهای ورودی و خروجی، وسایل قطع و وصل و غیره) که قبلاً آزمون‌های نوعی لازم را که برای شرایط تابلو معتبرند گذرانده باشند.

یادآوری: مثال‌هایی برای وسایل قطع و وصل عبارتند از وسایلی که جریان اتصال کوتاه مشروط اسمی آنها با استاندارد ملی ۳-۴۸۳۵ یا راه‌انداز موتورها که با وسایل حفاظت در برابر اتصال کوتاه طبق استاندارد ملی ۱-۴-۴۸۳۵ هماهنگ شده باشند، مطابقت می‌نمایند.

۸-۲-۳-۲ مدارهایی که ایستادگی در برابر اتصال کوتاه آنها در تابلو باید از طریق آزمون بررسی و تایید شود.
این بند شامل کلیه مدارهایی است که دربند ۸-۲-۳-۱ ذکر نشده‌اند.

۸-۲-۳-۲-۱ ترتیب انجام آزمون

تابلو یا قسمت‌هایی از آن باید مشابه هنگام استفاده عادی، چیده و نصب شود.جز در مورد آزمون‌های مربوط به شینه‌ها و با توجه به نوع ساختمان تابلو، کافی است آزمون بر روی یکی از واحدهای عامل انجام شود به شرطی که سایر واحدهای عامل به نحو مشابهی ساخته شده و بر روی نتیجه آزمون اثری نداشته باشد.

۸-۲-۳-۲-۲ نحوه انجام آزمون – کلیات

اگر مدار مورد آزمون مجهز به فیوز باشد، باید از رابط فیوزهایی با جریان اسمی حداکثر (مطابق با جریان اسمی مدار) و در صورت لزوم از نوعی که به وسیله سازنده ،قابل قبول معرفی شده است، استفاده شود.
هادی‌های تغذیه و اتصالات لازم برای انجام آزمون اتصال کوتاه تابلو، باید دارای قابلیت ایستادگی کافی در برابر اتصال‌های کوتاه بوده و به نحوی ترتیب داده شوند که سبب ایجاد تنش‌های اضافی نشوند.
جز در مواردی که به نحوی دیگر توافق شده باشد، مدار آزمون باید به ترمینال‌های ورودی تابلو وصل شود.تابلوهای سه‌فاز باید به صورت سه‌فاز وصل شوند.
برای بررسی و تایید تمام اتصال کوتاه‌های اسمی قابل تحمل (به بندهای ۴-۳ ، ۴-۴، ۴-۵ و ۴-۶ مراجعه شود).
باید مقدار جریان اتصال کوتاه محتمل در ولتاژی که مساوی ۱/۰۵ برابر ولتاژ عملکرد اسمی است، از اسیلوگرام کالیبره‌کننده [1] استخراج شود. اسیلوگرام در حالی ثبت می‌شود که هادی‌های تغذیه تابلو با امپدانسی قابل گذشت، در نزدیک‌ترین نقطه ممکن به ورودی تابلو، اتصال کوتاه شده است .اسیلوگرام باید نشان دهد که عبور جریان تا لحظه عمل وسیله حفاظتی نصب شده در تابلو یا به مدت تعیین شده‌ای برقرار، می‌باشد و شدت جریان در حدود مقدار ذکر شده در بند۸-۲-۳ و ۸-۲-۴ است .
در مورد آزمون‌های جریان متناوب a.c.، فرکانس مدار آزمون در حین آزمون‌های اتصال کوتاه باید معادل فرکانس اسمی با رواداری ۲۵٪ باشد.

1. Calibration ocilogram

کلیه اجزاء تجهیزاتی که در حالت کار به هادی حفاظتی وصل می‌شوند، از جمله محفظه‌های آنها باید به ترتیب زیر وصل شوند:

۱- در مورد تجهیزاتی که برای استفاده در سیستم‌های سه‌فاز- چهارسیم (TN و TT) با نقطه ستاره زمین‌شده مناسب بوده و به همین نحو مشخص و نشانه‌گذاری شده‌اند، اتصال باید به نقطه خنثی تغذیه یا به نقطه خنثی مصنوعی که اساساً اندوکتیو بوده و اجازه می‌دهد جریان اتصال کوتاه محتمل با حداقل شدت A ۱۰۰ از آن عبور کند، انجام شود.

۲- در مورد تجهیزاتی که برای استفاده در سیستم‌های سه‌فاز (IT) نیز مناسب بوده وبه همین نحو مشخص و نشانه‌گذاری شده‌اند، اتصال باید به هادی فازی که احتمال جرقه‌زدن آن به زمین کمتراست، انجام شود.

یادآوری: نشانه‌گذاری و روش‌های مشخص‌کردن و شناسایی تحت بررسی می‌باشد.

مدار آزمون باید شامل وسیله‌ای قابل اطمینان (مانند فیوزی از سیم مسی به قطر mm ۰/۸ و طول حداقل ۵۰ میلیمتر)، به منظور آشکارسازی جریان خطا باشد. جریان خطای محتمل در مدار دارای جزء فیوزی باید برابر با 10%±1500 آمپر باشد (به جز در موارد مذکور در یادآوری ۲و۳). در صورت لزوم، باید مقاومتی برای محدود کردن جریان به این مقدار به کار گرفته شود.

یادآوری ۱: سیم مسی با قطر mm ۰/۸ در جریان A ۱۵۰۰ در فرکانس HZ ۴۵ تا HZ ۶۷ در مدت تقریباً نیم‌سیکل (یا ۰/۰۱ ثانیه در مورد جریان مستقیم) ذوب می‌شود.

یادآوری ۲: جریان خطای محتمل ممکن است در مورد وسایل تجهیزات کوچک برطبق مقررات استاندارد ویژه وسیله کمتر از A ۱۵۰۰ باشد. در این حالت سیم مسی با قطر کمتر (به یادآوری ۴ مراجعه شود) مطابق با همان زمان ذوب شدن مذکور در یادآوری ۱ استفاده می‌شود.

یادآوری ۳: در حالتی که منبع تغذیه دارای یک نقطه خنثی مصنوعی باشد، ممکن است جریان خطای محتمل کمتری، به شرط موافقت سازنده قابل قبول باشد. در این حالت از یک سیم مسی با قطر کمتر (به یادآوری ۴ مراجعه شود) مطابق با همان مدت زمان ذوب‌شدن مذکور در یادآوری ۱ استفاده می‌شود.

یادآوری ۴: رابطه بین جریان خطای محتمل در مدار دارای جزء فیوزی و قطرسیم مسی باید بر طبق جدول زیر باشد:

جدول ۱۲:

جریان خطای محتمل درمدار دارای جزء فیوزی (A)	قطر سیم مسی (mm)
۵۰	۰/۱
۱۵۰	۰/۲
۳۰۰	۰/۳
۵۰۰	۰/۴
۸۰۰	۰/۵
۱۵۰۰	۰/۸

۸-۲-۳-۲-۳ آزمون مدارهای اصلی

در مورد تابلوهایی که به شینه مجهز می‌باشند، آزمون‌ها بر طبق موارد الف، ب و ت به شرح زیر انجام شود.

درمورد تابلوهایی که مقررات بند ۷-۵-۵-۱-۲ را تامین نمی‌کنند، علاوه بر اینها آزمون مورد "پ" نیز انجام شود.

الف) در مواردی که یک مدار خروجی، مجهز به جزیی است که قبلاً مورد آزمون مربوط قرار نگرفته است، آزمون‌های زیر باید انجام شوند:

به منظور آزمون یک‌مدار خروجی، ترمینال‌های مربوط به آن باید مجهز به یک وسیله ایجاد اتصال کوتاه کور[1] باشد. وقتی که وسیله حفاظتی در مدار خروجی یک کلید خودکار باشد، مدار آزمون می‌تواند شامل یک مقاومت شنت مطابق با مورد ب بند ۸-۳-۴-۱-۲ از استاندارد ملی ۱-۴۸۳۵ باشد که به طور موازی با راکتوری که برای تنظیم جریان اتصال کوتاه به کار می‌رود، متصل می‌شود.

در مورد کلیدهای خودکار با جریان اسمی تا حداکثر ۶۳۰ A یک کابل به طول ۰/۷۵ m و سطح مقطع مطابق با جریان حرارتی قراردادی (به جداول ۹ و ۱۰ از استاندارد ملی ۱-۴۸۳۵ مراجعه شود)، باید در مدار آزمون تعبیه شود.

وسیله قطع و وصل (کلید) باید وصل بوده ودر همان حالت و به همان نحوی که در وضع عادی مورد استفاده قرار می‌گیرد، نگه‌داشته شود. سپس ولتاژ آزمون باید برای یک‌بار و به مدت کافی وصل شود تا وسیله در برابر اتصال کوتاه در مدار خروجی، عمل کرده و اتصالی را قطع کند و در هر صورت این مدت (مدت برقراری ولتاژ آزمون) نباید از ۱۰ سیکل کمتر باشد.

ب) تابلوهایی که مجهز به شینه‌های اصلی می‌باشند باید تحت یک آزمون اضافی قرار داده شوند تا استقامت در برابر اتصال کوتاه شینه‌های اصلی و مدار ورودی، شامل محل اتصالات در آن اثبات شود. فاصله نقطه‌ای که اتصال کوتاه در آن ایجاد می‌شود باید ۰/۴۰ m ± ۲ از نزدیک‌ترین نقطه تغذیه باشد. به منظور بررسی و تایید جریان اتصال کوتاه ایستادگی اسمی (بند ۴-۳) و مقدار قله‌ای جریان ایستادگی (بند ۴-۴)، این فاصله را می‌توان طولانی‌تر کرد، در صورتی که آزمون‌ها در ولتاژ پایین‌تر انجام پذیر مشروط به اینکه جریان آزمون مقدار اسمی آن باشد (به بند ۸-۲-۳-۴-۲ مراجعه شود) . در مواردی که طراحی تابلو به گونه‌ای باشد که طول شینه‌های تابلو از ۱/۶ متر کمتر باشد و توسعه تابلو مورد نظر نباشد در این‌صورت طول کامل شینه باید آزمون شود و اتصال کوتاه باید در انتهای این شینه‌ها برقرار شود. اگر یک مجموعه شینه متشکل از چند قسمت (از نظر سطح مقطع، فاصله بین شینه‌های مجاور، نوع وتعداد نگه‌دارنده‌های شینه در هر متر) باشد هر قسمت باید به طور مجزا یا همه آنها با هم مورد آزمون قرار داده شوند مشروط بر اینکه شرایط ذکر شده در بالا برقرار باشند.

پ) یک اتصال کوتاه، با استفاده از اتصالات پیچ و مهره‌ای ،بر روی هادی‌هایی که شینه‌ها را به یک واحد خروجی وصل می‌کند و تا جای ممکن به ترمینال‌های سمت شینه واحد خروجی نزدیک است، ایجاد می‌شود. شدت جریان اتصال کوتاه باید با شدت جریان مربوط به شینه‌های اصلی برابر باشد.

ت) در صورت وجود شینه خنثی، باید آن را تحت آزمونی که وجود استقامت در برابر اتصال کوتاه نسبت به نزدیک‌ترین شینه فاز (شامل حداقل یک محل اتصال) را اثبات کند، قرار دارد. از نظر نحوه انجام اتصال شینه خنثی به شینه فاز مورد بحث، باید مقررات بند ب) ۸-۲-۳-۲-۳ تامین شوند.جز در مواردی که بین سازنده و استفاده کننده به نحوی دیگر توافق شده باشد، شدت جریان آزمون در شینه خنثی باید ۶۰٪ شدت جریان فاز در طی آزمون سه‌فاز باشد.

۸-۲-۳-۲-۴ شدت و مدت برقراری جریان اتصال کوتاه

الف) تابلوهایی که دارای وسیله حفاظت در برابر اتصال کوتاه در واحد ورودی می‌باشند(به بند ۷-۵-۲-۱ مراجعه شود) جریانی معادل با جریان اتصال کوتاه محتمل اعلام شده باید تا زمانی که وسیله حفاظتی آن را قطع نماید، گذرانده شود.

1. Puncture

ب) تابلوهایی که دارای وسیله حفاظت در برابر اتصال کوتاه در واحد ورودی نیستند (به بند ۷-۵-۲-۱-۲ مراجعه شود)

در مورد تمام مقادیر ایستادگی اسمی، باید تنش‌های دینامیکی و حرارتی توسط یک جریان محتمل (درطرف تغذیه وسیله حفاظتی تعیین شده، در صورت وجود، بررسی و تایید شود. مقدار این جریان محتمل برابر با مقدار جریان ایستادگی کوتاه‌مدت اسمی، مقدار قله‌ای جریان ایستادگی، جریان اتصال کوتاه مشروط اسمی یا جریان اتصال کوتاه فیوزی که توسط سازنده مشخص شده است، باشد.

در مواردی که مرکز آزمایشگاهی برای انجام آزمون‌های قابلیت ایستادگی کوتاه‌مدت با قابلیت تحمل جریان قله‌ای در حداکثر ولتاژ بهره‌برداری با مشکل مواجه باشد، این آزمون‌ها را می‌توان بر طبق موردهای ب ،پ و ث بند ۸-۲-۳-۲-۳، در هر ولتاژ مناسب کمتر انجام داد، در این صورت مقدار واقعی جریان آزمون برابر با جریان ایستادگی کوتاه‌مدت اسمی یا مقدار قله‌ای جریان ایستادگی خواهد بود. این موضوع باید در گزارش آزمون قید گردد. با این حال در صورتی که در هنگام آزمون جدایی لحظه کنتاکت در وسیله حفاظتی (در صورت وجود) پیش آید، باید آزمون را در حداکثر ولتاژ بهره‌برداری اسمی تکرار کرد.

در آزمون‌های قابلیت ایستادگی کوتاه‌مدت و قله، رهاسازهای اضافه جریان (درصورت وجود) که احتمالاً در هنگام آزمون عمل می‌کنند باید غیرفعال شوند.

آزمون‌ها باید در فرکانس اسمی تجهیزات با رواداری ۲۵٪ $\pm$ و در ضریب توان متناسب با جریان اتصال کوتاه بر طبق جدول ۵ انجام شود.

مقدار جریان در هنگام کالیبره کردن برابر با میانگین مقادیر موثر مولفه‌های جریان متناوب در تمام فازها می‌باشد. در هنگام انجام این آزمون در حداکثر ولتاژ بهره‌برداری اسمی، جریان کالیبره‌کننده برابر با جریان واقعی آزمون می‌باشد. جریان در هر فاز باید در محدوده رواداری ٪۵+ و ٪۰ و ضریب توان در محدوده رواداری بین ۰/۰ + و ۰/۰۵- باشد. جریان در مدت زمان مشخص شده‌ای که درطی آن مقدار موثر مولفه جریان متناوب باید ثابت باقی بماند، اعمال گردد.

یادآوری ۱: در صورت لزوم و به علت وجود محدودیت‌ها در آزمون، استفاده از مدت زمان دیگری مجاز خواهد بود. در این صورت شدت جریان آزمون را باید بر اساس رابطه، مقدار ثابت =PT تصحیح کرد مشروط بر اینکه مقدار قله آن از مقدار قله‌ای جریان ایستادگی اسمی ،بدون موافقت سازنده تجاوز نکند و مقدار موثرجریان ایستادگی کوتاه مدت نیز از مقدار اسمی آن، حداقل در یک‌فاز و حداقل به مدت ۰/۱ ثانیه بعد از برقراری جریان، کمتر نباشد.

یادآوری ۲: آزمون‌های مربوط به مقدار قله‌ای جریان ایستادگی و جریان ایستادگی کوتاه‌مدت را می‌توان به صورت مجزا انجام داد. در این حالت مدت زمانی که اتصال کوتاه برای آزمون مقدار قله‌ای جریان ایستادگی برقرار می‌شد باید به قدری باشد که مقدار PT آن از مقدار معادل برای آزمون جریان ایستادگی کوتاه‌مدت، بزرگ‌تر نباشد ولی این زمان نباید از ۳ سیکل هم کمتر باشد.

برای آزمون‌های جریان اتصال کوتاه فیوزی و مشروط، آزمون باید در ۱/۰۵ برابر ولتاژ بهره‌برداری اسمی (بند ۸-۲-۳-۲-۲) و جریان‌های محتمل، در طرف تغذیه وسیله حفاظتی تعیین شده انجام گیرد. مقدار این جریان برابر با مقدار جریان اتصال کوتاه فیوزی یا مشروط اسمی می‌باشد. آزمون‌ها در ولتاژهای پایین‌تر مجاز نیست.

۸-۲-۳-۲-۵ نتایجی که باید به دست آید

پس از پایان آزمون در هادی‌ها نباید هیچ نوع تغییر شکل قابل ملاحظه‌ای مشاهده شود. تغییر شکل جزیی شینه‌ها به شرطی که فواصل هوایی و فواصل خزشی مشخص شده در بند ۷-۱-۲ هنوز برقرار باشند قابل قبول خواهد بود. همچنین در عایق‌بندی هادی‌ها و در تکیه‌گاه‌های عایق، نباید هیچ خرابی قابل ملاحظه‌ای مشاهده شود وبه عبارت

دیگر مشخصه‌های اصلی عایق‌بندی به حدی برقرار باقی مانده باشند که خواص مکانیکی و الکتریکی تجهیزات با مقررات این استاندارد مطابقت نمایند.

وسیله آشکارساز نباید هیچ‌گونه جریان خطایی را نشان دهد.

در قطعات به کار رفته برای اتصالات هادی‌ها نباید هیچ نوع سستی یا لقی به وجود آمده باشد و هادی‌ها از ترمینال‌های خروجی جدا شده باشند.

تغییر شکل محفظه تا حدی که به درجه حفاظت (IP) خللی وارد نشده و فواصل هوایی به کمتر از مقادیر مشخص شده تقلیل نیافته باشند، قابل قبول خواهد بود.

هر نوع تغییر شکلی در مدار شینه‌ها یا قاب‌های نگه‌دار تابلو و مشابه آن که مانع جاگذاری واحدهای کشویی یا جداشدنی باشد، سبب رد شدن تابلو از آزمون به حساب خواهد آمد.

در صورت وجود هر نوع شکی لازم است وضع وسایل و دستگاه‌های نصب شده در تابلو از نظر مطابقت با استانداردهای مربوط بررسی شود.

۸-۲-۳-۲-۶ در مورد تابلوهایی که قسمت‌هایی از آنها آزمون‌های نوعی را گذرانده‌اند (PTTA)، بررسی و تایید ایستادگی در برابر اتصال کوتاه باید به یکی از دو روش زیر انجام شود:

- با انجام آزمون طبق بندهای ۸-۲-۳-۲-۱ و ۸-۲-۳-۲-۵ یا
- به کمک برون‌یابی از تابلوهای مشابه که آزمون‌های نوعی را گذرانده‌اند.

یادآوری۱: مثالی برای یک روش برون‌یابی از تابلوهایی که آزمون نوعی را گذرانده‌اند ،در استاندارد بین‌المللی IEC 61117 داده شده است.

یادآوری ۲: لازم است موارد زیر به دقت مقایسه شوند:

استقامت هادی‌ها، فاصله بین قسمت‌های برق‌دار و قسمت‌های رسانای در دسترس، فواصل تکیه‌گاه‌ها، ارتفاع و استقامت تکیه‌گاه‌ها و استقامت و نوع ساختمان جاگذاری تکیه‌گاه‌ها.

۸-۲-۴ بررسی و تایید موثربودن مدار حفاظتی

۸-۲-۴-۱ بررسی و تایید موثر بودن اتصال بین قسمت‌های رسانای در دسترس تابلو و مدار حفاظتی

باید بررسی و تایید شود که قسمت‌های رسانای در دسترس مختلف درتابلو به نحوی موثر طبق مقررات بند ۴-۷-۳- ۱ به مدار حفاظتی وصل می‌باشد.

در صورت وجود تردید و در مواردی که برای تضمین پیوستگی از روش‌های ساختمانی دیگری جزء روش‌های ذکرشده در بند ۷-۴-۲-۱ استفاده شده باشد، ممکن است برای بررسی و تایید اینکه مقاومت موجود بین ترمینال‌های ورودی هادی حفاظتی و قسمت‌های رسانای در دسترس مربوط از تابلو به قدر کافی کوچک می‌باشد، یک اندازه‌گیری انجام شود.

۸-۲-۴- ۲ بررسی و تایید مدار حفاظتی از نظر استقامت دربرابر اتصال کوتاه به کمک آزمون

(در مورد مدارهای مطابق با بند ۸-۲-۳-۱ اعمال نمی‌شود)

یک منبع آزمون یک‌فاز باید بین ترمینال یکی از فازهای مدار ورودی و ترمینال ورودی هادی حفاظتی وصل شود. در مواردی که تابلو مجهز به یک هادی حفاظتی مجزا باشد نزدیک‌ترین هادی فاز باید مورد استفاده قرار گیرد. برای هر نمونه واحد خروجی، باید یک آزمون مستقل به کمک اتصال کوتاه کوری که بین ترمینال فاز خروجی مورد نظر از واحد ترمینال هادی حفاظتی خروجی آن برقرار می‌گردد، انجام شود.

هر یک از واحدهای خروجی مورد آزمون باید مجهز به وسیله‌ای از وسایل حفاظتی در نظر گرفته‌شده برای آن باشد که حداکثر جریان قله و PT را عبور می‌دهد. می‌توان آزمون را در حالی که وسیله حفاظتی در خارج از تابلو قرار دارد، انجام داد.

باید برای انجام این آزمون قاب تابلو نسبت به زمین عایق شده باشد. ولتاژ آزمون باید برابر با مقدار تک‌فاز ولتاژ بهره‌برداری اسمی باشد. مقدار جریان اتصال کوتاه محتمل باید ۶۰٪ مقدار جریان اتصال کوتاه محتمل مربوط به آزمون ایستادگی اتصال کوتاه سه‌فاز تابلو باشد.

کلیه شرایط دیگر این آزمون باید نظیر بند ۸-۲-۳-۲ باشند.

۸-۲-۴-۳ نتایجی که باید به دست آید

در پیوستگی مدار حفاظتی و ایستادگی در برابر اتصال کوتاه، صرف‌نظر از اینکه مدار متشکل از یک هادی مجزا و یا قاب و بدنه تابلو باشد، نباید آسیب قابل توجهی به وجود آید.

علاوه بر بازرسی ظاهری، این مساله را می‌توان به وسیله انجام یک اندازه‌گیری با جریانی که در حدود جریان اسمی واحد خروجی مربوط می‌باشد، بررسی و تایید کرد.

یادآوری ۱: در مواردی که از قاب یا بدنه تابلو به عنوان هادی حفاظتی استفاده شود، وجود جرقه‌ها و افزایش دمای موضعی در محل اتصالات قابل قبول خواهد بود به شرط اینکه در پیوستگی الکتریکی خللی وارد نشده واجزای قابل اشتعال مجاور، آتش نگرفته باشند.

یادآوری ۲: مقایسه مقادیر مقاومت‌های اندازه‌گیری شده بین ترمینال‌های حفاظتی ورودی و ترمینال هادی حفاظتی خروجی مربوط در قبل و بعد از انجام آزمون، نشانه مطابقت با این شرط خواهد بود.

۸-۲-۵ بررسی و تحقیق فواصل هوایی و خزشی

باید بررسی و تایید شود که فواصل هوایی و خزشی با مقادیر تعیین شده در بند ۷-۱-۲ مطابقت دارند.

در صورت لزوم، فواصل هوایی و خزشی باید اندازه‌گیری گردند. دراین حال باید تغییر شکل بعضی قسمت‌های محفظه یا دیواره‌بندی‌های داخلی از جمله تغییراتی که ممکن است در صورت بروز اتصال کوتاه به وجود آیند نیز به حساب آورده شوند.

اگر تابلو شامل قسمت‌های کشویی باشد باید بررسی و تایید شود که چه در حالت آزمون (در صورت وجود) (به بند۲-۲-۱۰ مراجعه شود) و چه در حالت قطع (به بند ۲-۲-۱۱ مراجعه شود) فواصل هوایی و خزشی بامقررات مربوط مطابقت دارند.

۸-۲-۶ بررسی و تایید عملکرد مکانیکی

این آزمون نوعی، نباید در مورد لوازم و دستگاه‌هایی از تابلو که قبلاً طبق استانداردهای مخصوص به خود، آزمون نوعی را گذرانده، انجام شود به شرطی که در حین نصب خللی در نحوه عملکرد مکانیکی آنها وارد نشده باشد.

برای آن قسمت‌هایی که نیاز به گذراندن آزمون نوعی دارند، عملکرد مکانیکی رضایت‌بخش پس از نصب آنها در تابلو بررسی و تایید می‌شود . تعداد دوره‌های عمل، ۵۰ دوره خواهد بود.

یادآوری: برای واحدهای عامل کشویی، هر دوره از حالت وصل شروع شده و پس ازگذشتن از حالت قطع و سپس برگشتن به حالت وصل مجدد پایان می‌یابد.

همزمان باید عملکرد قفل و بست‌های مکانیکی مربوط به این متحرک‌ها نیز کنترل شوند.آزمون به شرطی قابل قبول تلقی خواهد شد که خللی در عملکرد لوازم و دستگاه‌ها وهم‌چنین قفل و بست‌های آنها و غیره وارد نیامده باشد و نیروی لازم برای عملکرد نیز عملاً به همان مقداری باشد که قبل از شروع آزمون لازم بوده است .

۸-۲-۷ بررسی و تایید درجه حفاظت

درجه حفاظت ایجاد شده بر اساس مقررات بند ۷-۲-۱ و ۷-۷، باید با استاندارد ملی ۲۸۶۸ مطابقت داشته و در مواردی که لازم باشد تعدیل‌هایی مناسب با نوع تابلو برای تطبیق با آن به عمل آید .چنانچه بلافاصله پس از آزمون مربوط به نفوذ آب، اثرات آب در داخل محفظه به وضوح مشاهده شود، در این صورت ویژگی‌های دی‌الکتریکی باید برطبق بند ۸-۲-۲ بررسی و تایید گردد. وسیله آزمون IP3X و IP4X و نوع نگه‌دارنده محفظه در حین آزمون IP4X باید در گزارش قید شود.

تابلوهای با درجه حفاظت IP5X، باید برطبق رده‌بندی ۲ از بند ۱۳-۴ استاندارد ملی ۲۸۶۸ آزمون شوند.

تابلوهای با درجه حفاظت IP6X، باید برطبق رده‌بندی ۱ از بند ۱۳-۴ استاندارد ملی ۲۸۶۸ آزمون شوند.

۸-۲-۸ بررسی و تایید ویژگی‌های مواد عایقی

تحت بررسی می‌باشد.

۸-۲-۹ آزمون‌های EMC

تابلوها یا قسمت‌هایی از آنها که مقررات بندهای الف و ب بند ۷-۱۰-۲ را تامین نمی‌کند، باید بر حسب مورد، تحت آزمون‌های زیر قرار گیرند:

۸-۲-۹-۱ آزمون‌های مصونیت

مصونیت باید توسط آزمون‌های زیر بررسی و تایید شود:

نوع آزمون	سطح آزمون مورد نیاز[1]
موج ضربه ۸/۲۰ µs – ۲/۵۰ µs و ۱ IEC 1000-4-5	۲ kv (خط به زمین) ۱ kv (خط به خط)
گذارهای سریع IEC 1000-4-4	۲ kv
میدان‌های الکترومغناطیسی IEC 1000-4-5	۱۰ v/m
تخلیه الکتریسته ساکن IEC 1000-4-2	ازطریق هوا / ۸ kv

۸-۲-۹-۲ آزمون‌های انتشار

حدود انتشار باید بر طبق استانداردهای زیر بررسی و تایید شود:

- استاندارد EN 50081-1 در مورد محیط ۱ (بند ۷-۱۰-۱)
- استاندارد EN 50081-2 در مورد محیط ۲ (بند ۷-۱۰-۱)

۸-۳ آزمون‌های تک به تک

۸-۳-۱ بازدید تابلو شامل بازدید سیم‌کشی‌ها و در صورت لزوم آزمون عملکرد الکتریکی

موثر بودن اجزای کار اندازی مکانیکی، قفل و بست‌ها، کلید و قفل‌ها وغیره باید کنترل شود. صحت نصب هادی‌ها وکابل‌کشی‌ها و نصب لوازم و دستگاه‌ها باید کنترل شود .برای اطمینان نسبت به وجود درجه حفاظت تعیین شده و فواصل هوایی وخزشی در تابلو، بازرسی آن لازم خواهد بود.

اتصالات به خصوص اتصالات پیچی باید از نظر وجود تماس کافی کنترل شوند. در صورت امکان آزمون بر روی نمونه‌هایی که با روش انتخاب اتفاقی تعیین می‌شوند انجام می‌شود.

هم‌چنین باید بررسی و تایید شود که اطلاعات و نشانه‌گذاری‌هایی که در بندهای ۵-۱ و ۵-۲ تعیین شده‌اند کامل بوده و تابلو با آنها مطابقت دارد. به علاوه تطبیق تابلو با نقشه‌های مدارها و سیم‌کشی‌ها و اطلاعات فنی و غیره که توسط سازنده ارایه شده است باید بررسی شود.

بسته به وجود پیچیدگی در ساختمان تابلو، ممکن است لازم باشد سیم‌کشی‌های آن بازرسی شده و آزمون‌های مربوط به طرز کار الکتریکی در مورد آن به عمل آید.روش آزمون و تعداد آزمون‌ها بستگی به این خواهد داشت که تابلو دارای قفل و بست‌های کامل و یا امکانات و وسایل کنترل متناظر و غیره است یا خیر.

در بعضی موارد ممکن است لازم باشد این آزمون‌ها در موقع راه‌اندازی تاسیساتی که تابلو برای آن در نظر گرفته شده است، در محل انجام شده یا تکرار شوند. در این مورد باید توافق مخصوصی بین سازنده و استفاده‌کننده به عمل آید.

۸-۳-۲ آزمون دی‌الکتریکی

آزمون‌ها باید به شرح زیر انجام شود:

- بر طبق بند ۸-۳-۲-۱ و مورد ب از بند ۸-۳-۲-۲ ،چنانچه سازنده یک مقدار برای ولتاژ ضربه‌ای ایستادگی U_{imp} (بند ۴-۱-۳) را اعلام کرده باشد.
- برطبق بند ۸-۳-۲-۱ و مورد الف از بند ۸-۳-۲-۲، در سایر موارد.

در مورد تابلوهای PTTA که مقاومت عایق‌بندی آنها طبق بند ۸-۳-۴ بررسی و تایید شده است، انجام این آزمون لازم نمی‌باشد.

انجام این آزمون در مورد مدارهای کمکی تابلوهای PTTA و TTAکه توسط یک وسیله حفاظتی اتصال کوتاه با جریان اسمی حداکثر ۱۶A حفاظت می‌شوند، و در صورتی که آزمون عملکرد الکتریکی (بند ۸-۳-۱) فوق‌الذکر در ولتاژ اسمی مربوط به مدارهای کمکی قبلاً انجام گرفته باشد، نیز ضروری نمی‌باشد.

۸-۳-۲-۱کلیات

کلیه تجهیزات الکتریکی تابلو باید برای انجام آزمون، وصل شده باشند به استثنای لوازم و دستگاه‌هایی که برای ولتاژ آزمون کمتری طراحی شده‌اند وهم‌چنین وسایل مصرف‌کننده جریان (مانند بوبین‌ها و وسایل اندازه‌گیری) که اتصال ولتاژ آزمون در آنها سبب عبور جریان خواهد بود باید قطع باشند . این لوازم ودستگاه‌ها باید در محل یکی از ترمینال‌های خود قطع شوند مگر آن که برای ایستادگی در برابر ولتاژ کامل آزمون طراحی نشده باشند که در این صورت کلیه ترمینال‌های آنها بایستی قطع شوند.

خازن‌های پارازیت‌گیر امواج که بین قسمت‌های برقدار و قسمت‌های رسانای در دسترس وصل می‌شوند نباید قطع شده و باید قادر به تحمل ولتاژ آزمون باشند.

۸-۳-۲-۲ مقدار، مدت زمان و نحوه اعمال ولتاژ آزمون

الف) ولتاژ آزمون، طبق بند ۸-۲-۲-۴ باید به مدت یک ثانیه اعمال شود. منبع تغذیه ولتاژ متناوب (a.c.) باید توان کافی برای برقرار نگه‌داشتن ولتاژ را، صرف‌نظر از تمام جریان‌های نشت الکتریکی، داشته باشد.ولتاژ آزمون باید عملاً سینوسی بوده و فرکانس آن بین ۴۵ HZ تا ۶۲ HZ باشد.

چنانچه تجهیزات نصب‌شده در مدارهای اصلی و کمکی که می‌بایستی مورد آزمون قرار گیرند، قبلاً آزمون دی‌الکتریکی را گذرانده باشند، باید ولتاژ آزمون به مقدار ۸۵٪ مقدار تعیین شده در بند ۸-۲-۲-۴ کاهش داده شود.

برای انجام آزمون:

- کلیه وسایل قطع و وصل باید در حالت وصل باشند یا ؛
- ولتاژ آزمون باید به ترتیب به کلیه قسمت‌های مدار اعمال شود.
- ولتاژ آزمون باید بین قسمت‌های برق‌دار و بدنه‌های تابلو اعمال شود.

ب) آزمون‌ها باید بر طبق بند ۸-۲-۲-۶-۲ و ۸-۲-۲-۶-۳ انجام شود.در صورتی که در یک مدار، تجهیزات به کار رفته در آن، طبق استانداردهای مربوط به خود با ولتاژهای کمتری تحت آزمون‌های تک به تک قرار گرفته‌اند، برای انجام این آزمون نیز باید از این ولتاژهای کمتر استفاده شود. با این حال، ولتاژ آزمون نباید از ۳۰٪ مقدار ولتاژ ضربه‌ای ایستادگی اسمی (بدون درنظر گرفتن ضریب تصحیح) یا دو برابر ولتاژ عایق‌بندی اسمی، هر کدام که بیشتر است)، کمتر باشد.

۸-۳-۲-۳ نتایجی که باید به دست آید

نتیجه آزمون در مواردی رضایت‌بخش خواهد بود که هیچ‌گونه تخلیه الکتریکی از داخل جامد یا تخلیه الکتریکی از روی سطح اتفاق نیافتد.

۸-۳-۳ کنترل اقدامات حفاظتی و پیوستگی الکتریکی مدارهای حفاظتی

اقدامات حفاظتی در برابرتماس مستقیم و تماس غیرمستقیم (به بند ۷-۴-۲ و ۷-۴-۳ مراجعه شود)، باید بررسی شود.

مدارهای حفاظتی باید به کمک بازدید، بررسی شوند و اطمینان حاصل شود که با مقررات ذکر شده در بند ۷-۴-۳- ۱-۵ مطابقت دارند.به خصوص اتصالات پیچی باید از نظر وجود تماس کافی و در صورت امکان به روش انتخاب اتفاقی، کنترل شوند.

۸-۳-۴ بررسی و تایید مقاومت عایق‌بندی

در مورد تابلوهای PTTA که آزمون دی‌الکتریکی طبق بندهای ۸-۲-۲ یا ۸-۳-۲ درباره آنها انجام نشده است، باید اندازه‌گیری مقاومت با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری مقاومت با ولتاژ حداقل ۵۰۰ ولت انجام شود.

در این مورد آزمون در صورتی رضایت‌بخش به حساب می‌آید که مقاومت بین مدارها و بدنه‌های هادی حداقل ۱۰۰۰ Ω/V، برای هر مدار با توجه به ولتاژ این مدارها نسبت به زمین باشد.

به استثنای مواردی که برطبق مقررات مربوط، در هنگام اعمال ولتاژ آزمون، به عنوان دستگاه‌های جریان‌دار[1] (به طور مثال، سیم‌پیچی‌ها، وسایل اندازه‌گیری) هستند یا برای ولتاژ کامل آزمون طراحی نشده‌اند، در هنگام این آزمون باید بر حسب مورد قطع و جدا شوند.

1. Current- consuming

جدول ۱۳: ولتاژهای ایستادگی دی‌الکتریکی برای آزمون‌های ضربه‌ای، با فرکانس شبکه و با جریان مستقیم

ولتاژ ضربه‌ای قابل تحمل اسمی U_{imp}(kv)	ولتاژهای آزمون وارتفاع‌های مربوط به آنها									
	مقدارقله‌ای ولتاژ متناوب $U_{1.2/50}$و ولتاژ مستقیم (kv)					مقدار موثر ولتاژ متناوب (kv)				
	سطح دریا	۲۰۰ (m)	۵۰۰ (m)	۱۰۰۰ (m)	۲۰۰۰ (m)	سطح دریا	۲۰۰ (m)	۵۰۰ (m)	۱۰۰۰ (m)	۲۰۰۰ (m)
۰/۳۳	۰/۳۶	۰/۳۶	۰/۳۵	۰/۳۴	۰/۳۳	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۳
۰/۵	۰/۵۴	۰/۵۴	۰/۵۳	۰/۵۲	۰/۵	۰/۳۸	۰/۳۸	۰/۳۸	۰/۳۷	۰/۳۶
۰/۸	۰/۹۵	۰/۹	۰/۹	۰/۸۵	۰/۸	۰/۶۷	۰/۶۴	۰/۶۴	۰/۶۰	۰/۵۷
۱/۵	۱/۸	۱/۷	۱/۷	۱/۶	۱/۵	۱/۳	۱/۲	۱/۲	۱/۱	۱/۰۶
۲/۵	۲/۹	۲/۸	۲/۸	۲/۷	۲/۵	۱/۲	۲/۰	۲/۰	۱/۹	۱/۷۷
۴	۴/۹	۴/۸	۴/۷	۴/۴	۴	۳/۵	۳/۴	۳/۳	۳/۱	۲/۸۳
۶	۷/۴	۷/۲	۷	۶/۷	۶	۵/۳	۵/۱	۵/۰	۴/۷۵	۴/۲۴
۸	۹/۸	۹/۶	۹/۳	۹	۸	۷/۰	۶/۸	۶/۶	۶/۴	۵/۶۶
۱۲	۱۴/۸	۱۴/۵	۱۴	۱۳/۳	۱۲	۱۰/۵	۱۰/۳	۱۰/۰	۹/۵	۸/۴۸

یادآوری‌ها:

۱- جدول ۱۳ بر اساس مشخصه‌های یک میدان همگن(یکنواخت)، حالت (ب) (به بندهای۲-۹-۱۵ مراجعه شود) می‌باشد که در مورد آن مقادیر ولتاژهای ضربه‌ای، مستقیم و مقادیر قله‌ای ولتاژ قابل تحمل متناوب یکسان می‌باشند.

مقدارموثر ولتاژ از مقدار قله‌ای ولتاژ متناوب به دست می‌آید.

۲- درمواردی که فواصل هوایی بین مقادیر مذکور برای شرایط مربوط به دو حالت (الف) و(ب) باشد، مقادیر مربوط به ولتاژ متناوب و مستقیم جدول ۱۳ میزان دشواری بیشتری نسبت به مقادیر مربوط به ولتاژ ضربه‌ای دارند.

۳- انجام آزمون در ولتاژ با فرکانس شبکه مشروط بر موافقت سازنده می‌باشد. (به بند ۸-۲-۲-۶-۱ مراجعه شود)

جدول ۱۴: حداقل فواصل هوایی (در هوا)

ولتاژ ضربه‌ای قابل تحمل اسمی U_{imp}	حداقل فواصل هوایی (mm)							
	حالت (الف) شرایط میدان غیرهمگن(غیریکنواخت) (به بند ۲-۹-۱۵مراجعه شود)				حالت (ب) شرایط ایده‌آل میدان همگن(یکنواخت) (به بند ۲-۹-۱۶ مراجعه شود)			
	درجه آلودگی				درجه آلودگی			
	۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴
۰/۳۳	۰/۰۱	۰/۲	۰/۸	۱/۶	۰/۰۱	۰/۲	۰/۸	۱/۶
۰/۵	۰/۰۴				۰/۰۴			
۰/۸	۰/۱				۰/۱			
۱/۵	۰/۵	۰/۵			۰/۳	۰/۳		
۲/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵		۰/۶	۰/۶		
۴	۳	۳	۳	۳	۱/۲	۱/۲	۱/۲	
۶	۵/۵	۵/۵	۵/۵	۵/۵	۲	۲	۲	۲
۸	۸	۸	۸	۸	۳	۳	۳	۳
۱۲	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۴/۵	۴/۵	۴/۵	۴/۵

یادآوری:

مقادیر حداقل فواصل هوایی بر اساس ولتاژ ضربه‌ای ۱/۲/۵۰ µs در فشار بارومتر یک جو ۸۰ kpa می‌باشد که معادل فشار عادی جو در ارتفاع ۲۰۰۰ متر از سطح دریا است.

جدول ۱۵: ولتاژهای آزمون بین کنتاکت‌های باز وسیله مناسب برای جداسازی

ولتاژ ضربه‌ای قابل تحمل اسمی $(kv)U_{imp}$	ولتاژهای آزمون وارتفاع‌های مربوط به آنها									
	مقدارقله‌ای ولتاژ متناوب، $U_{1.2/50}$و ولتاژ مستقیم (kv)					مقدار موثر ولتاژ متناوب (kv)				
	سطح دریا	۲۰۰ (m)	۵۰۰ (m)	۱۰۰۰ (m)	۲۰۰۰ (m)	سطح دریا	۲۰۰ (m)	۵۰۰ (m)	۱۰۰۰ (m)	۲۰۰۰ (m)
۰/۳۳	۱/۸	۱/۷	۱/۷	۱/۶	۱/۵	۱/۳	۱/۲	۱/۲	۱/۱	۱/۰۶
۰/۵	۱/۸	۱/۷	۱/۷	۱/۶	۱/۵	۱/۳	۱/۲	۱/۲	۱/۱	۱/۰۶
۰/۸	۱/۸	۱/۷	۱/۷	۱/۶	۱/۵	۱/۳	۱/۲	۱/۲	۱/۱	۱/۰۶
۱/۵	۲/۳	۲/۳	۲/۲	۲/۲	۲	۱/۶	۱/۶	۱/۵۵	۱/۵۵	۱/۴۲
۲/۵	۳/۵	۳/۵	۳/۴	۳/۲	۳	۲/۴۷	۲/۴۷	۲/۴۰	۲/۲۶	۲/۱۲
۴	۶/۲	۶	۵/۸	۵/۶	۵	۴/۳۸	۴/۲۴	۴/۱۰	۳/۹۶	۳/۵۴
۶	۹/۸	۹/۶	۹/۳	۹	۸	۷/۰	۶/۸	۶/۶۰	۶/۴۰	۵/۶۶
۸	۱۲/۳	۱۲/۱	۱۱/۷	۱۱/۱	۱۰	۸/۷	۸/۵۵	۸/۲۷	۷/۸۵	۷/۰۷
۱۲	۱۸/۵	۱۸/۱	۱۷/۵	۱۶/۷	۱۵	۱۳/۱	۱۲/۸۰	۱۲/۳۷	۱۱/۸۵	۱۰/۶

یادآوری‌ها:

۱- درمواردی که فواصل هوایی بین مقادیر مذکور برای شرایط مربوط به دو حالت (الف) و(ب) می‌باشند، مقادیر مربوط به ولتاژهای متناوب و مستقیم جدول ۱۵ میزان دشواری بیشتری نسبت به مقادیر مربوط به ولتاژ ضربه‌ای دارند.

۲- آزمون در ولتاژ با فرکانس شبکه مشروط بر موافقت سازنده می‌باشد. (به بند ۸-۲-۲-۶-۲ مراجعه شود)

توضیحات جدول:

۱-در مورد گروه مواد I یا گروه‌های مواد، II، IIIa و IIIb که در آنها احتمال ایجاد مسیر جریان خزشی به علت شرایط بند ۲-۴ استاندارد بین المللی IEC 664A کاهش می‌یابد.

۲- در مورد گروه‌های مواد I ، II، IIIa و IIIb

۳-در مورد گروه‌های موادI ، II، IIIa

۴- مقادیر فواصل خزشی در این زمینه تعیین نشده‌اند.گروه مواد IIIb به طور کلی برای کاربرد در شرایط با درجه آلودگی ۳ در ولتاژهای بالاتر از ۶۳۰ V و در شرایط با درجه آلودگی ۴ توصیه نمی‌شود.

۵- به عنوان یک استثناء، در مورد ولتاژهای عایق‌بندی۱۲۷،۲۰۸، ۴۱۵، ۴۴۰، ۶۶۰/۶۹۰ و ۸۳۰ ولت ،فواصل خزشی به ترتیب مربوط به ۱۲۵، ۲۰۰ ،۴۰۰، ۶۳۰ و ۸۰۰ ولت را می‌توان به کار برد.

۶- مقادیر داده شده در این دو ستون درفواصل خزشی در مدارهای چاپی معتبر می‌باشد.

یادآوری ۱: پذیرفته شده است که در ولتاژهای کار ۳۲ V و یا کمتر از آن بر روی عایق‌بندی، مسیر جریان خزشی ایجاد نشده وفرسایش پیش نمی‌آید. با این حال، احتمال فرسایش الکترولیتی باید در نظر گرفته شود و به همین علت حداقل فواصل خزشی تعیین شده‌اند.

یادآوری ۲: مقادیر ولتاژ بر طبق مقادیر ترجیحی سری R10 انتخاب شده‌اند.

فصل ۶

تابلوهای فشار متوسط

مشخصات فنی عمومی و اجرایی

تأسیسات برقی ساختمان

نشریه ۱-۱۱۰ (تجدید نظر دوم)

۶ تابلوهای فشار متوسط

فهرست

شناسه	عنوان	صفحه
۶-۱	دامنه پوشش	۱ از ۳۲
۶-۲	تعاریف و اصطلاحات	۱ از ۳۲
۶-۳	استاندارد ساخت	٤ از ۳۲
۶-٤	طبقه‌بندی	۶ از ۳۲
۶-۵	انواع تابلوهای ایستاده تمام بسته فشار متوسط	۶ از ۳۲
۶-۶	مشخصات فنی ساخت تابلوهای قدرت و فرمان فشار متوسط، ایستاده، تمام بسته با پوشش فلزی	۷ از ۳۲
۶-۷	لوازم، وسایل و تجهیزات داخل تابلو	١٤ از ۳۲
۶-۸	ترکیب کلی تابلو فشار متوسط	٢٤ از ۳۲
۶-۹	نصب تابلوهای فشار متوسط	۲۵ از ۳۲
۶-۱۰	آزمایش تابلوهای فشار متوسط	۲۶ از ۳۲
۶-۱۱	نمونه شکل‌ها و نشانه‌های ترسیمی تابلوهای فشار متوسط	۲۸ از ۳۲

۶-۱ دامنه پوشش

در این بخش مشخصات فنی عمومی و دستورالعمل‌های اجرایی نصب تابلوهای فشار متوسط با قدرت ۱ تا ۳۳ کیلوولت مورد استفاده در تاسیسات برق ساختمان‌ها شامل تابلوهای دارای پوشش فلزی و عایق ارایه شده است.

این مشخصات فنی هم‌چنین لوازم، وسایل و تجهیزات داخل تابلو از قبیل انواع کلیدهای قدرت (خلا، روغنی و گازی)، ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری جریان و ولتاژ، کلیدهای جداکننده و زمین، و مانند آن را نیز در بر می‌گیرد.

در این مبحث مشخصات فنی عمومی و اجرایی و معیارهای پایه تابلوهای فشار متوسط و لوازم داخل آن شامل موارد زیر تدوین و ارایه شده است:

- تعاریف و اصطلاحات
- استاندارد ساخت
- طبقه بندی
- انواع تابلوهای ایستاده تمام‌بسته فشار متوسط
- مشخصات فنی ساخت تابلوهای قدرت و فرمان فشار متوسط، ایستاده، تمام‌بسته با پوشش فلزی
- لوازم، وسایل و تجهیزات داخل تابلو
- ترکیب کلی تابلو فشار متوسط
- نصب تابلوهای فشار متوسط
- آزمایش تابلوهای فشار متوسط
- نشانه‌های ترسیمی وسایل تابلوهای فشار متوسط

۶-۲ تعاریف و اصطلاحات

۶-۲-۱ تابلو قدرت و فرمان فشار متوسط (medium voltage switchgear and control gear)

ترکیبی از وسایل کلیدزنی فشار متوسط همراه با تجهیزات کنترل، اندازه‌گیری، حفاظتی و تنظیم است که شامل وسایل جنبی، اتصالات مربوط، محفظه‌ها و سازه‌های نگه‌دارنده آن می‌باشد.

۶-۲-۲ تابلو قدرت فشار متوسط

ترکیبی از وسایل کلیدزنی فشار متوسط همراه با تجهیزات کنترل، اندازه‌گیری، حفاظت و تنظیم است که شامل وسایل جنبی، اتصالات مربوط، محفظه‌ها وسازه‌های نگه‌دارنده آن می‌باشد و اصولاً در ارتباط با تولید، انتقال و توزیع و تبدیل انرژی الکتریکی به کار می‌رود.

۶-۲-۳ تابلو فرمان فشار متوسط

ترکیبی از وسایل کلیدزنی فشار متوسط همراه با تجهیزات کنترل، اندازه‌گیری، حفاظت و تنظیم است که شامل وسایل جنبی، اتصالات مربوط، محفظه‌ها و سازه‌های نگه‌دارنده آن می‌باشد و اصولاً برای کنترل تجهیزات سیستم‌های قدرت به کار می‌رود.

۶-۲-۴ تابلوهای قدرت و فرمان فشار متوسط با پوشش فلزی

(medium voltage metal –enclosed switchgear and control gear)

مجموعه تابلوهای قدرت و فرمان فشار متوسط که دارای پوشش خارجی فلزی اتصال زمین‌دار بوده و به استثنای اتصالات خارجی، به طور کامل سوار شده باشد.

تابلوهای قدرت و فرمان فشار متوسط با پوشش فلزی بر اساس استاندارد IEC 60298 به سه نوع به شرح زیر طبقه‌بندی شده است:

۶-۲-۴-۱ تابلو قدرت و فرمان فشار متوسط با پوشش و خانه‌های بسته فلزی (متال کلد)

(medium voltage metal –clad switchgear and control gear)

تابلو قدرت و فرمان فشار متوسط با پوشش فلزی که اجزای به کار رفته در آن به طور جداگانه در خانه‌های بسته فلزی زمین شده قرار گرفته باشد.

این نوع تابلو دارای جداره‌های فلزی با درجات حفاظتی مندرج درجدول ۶-۲ می‌باشد و حداقل دارای خانه‌های جداگانه برای اجزای زیر است:

الف) کلید اصلی

ب) اجزایی که به یک طرف کلید اصلی متصل است، مانند فیدرها

پ) اجزایی که به طرف دیگر کلید اصلی متصل است، مانند شینه‌ها، و درمواردی که بیش از یک گروه از شینه‌ها وجود دارد هر گروه دارای خانه‌های جداگانه‌ای خواهد بود.

۶-۲-۴-۲ تابلو قدرت و فرمان فشار متوسط خانه‌ای با پوشش فلزی (دارای جداره‌های غیرفلزی)

(compartmented switchgear and control gear (with non – metallic partitions)

تابلوهای قدرت و فرمان فشار متوسط باپوشش فلزی که اجزای به کار رفته در آن همانند تابلوهای قدرت و فرمان فشار متوسط با پوشش و خانه‌های فلزی (متال کلد) به طور جداگانه در خانه‌های بسته قرار گرفته باشد، اما دارای یک یا چند جداره غیرفلزی باشد به گونه‌ای که درجه حفاظت مندرج در جدول ۶- ۲(یا بیش از آن) را تامین نماید.

۶-۲-۴-۳ تابلوهای قدرت و فرمان فشارمتوسط سلولی

(medium voltage cubical switchgear and control gear)

به تابلوهای قدرت و فرمان فشار متوسط با پوشش فلزی، به جز تابلوهای مشخص شده در بندهای ۶-۲-۴-۱ و ۶-۲-۴-۲ می‌گویند.

این نوع تابلوها دارای یکی از مشخصات زیر می‌باشد:

الف) یا فاقد هر نوع جداره‌ای است.

ب) یا تعداد خانه‌های آن کمتر از تعدادی است که برای تابلوهای مندرج در بندهای ۶-۲-۴-۱ و ۶-۲-۴-۲ مورد نیاز می‌باشد.

پ) یا دارای جداره‌های فلزی نمی‌باشد.

ت) یا جداره‌های فلزی دارای درجه حفاظت کمتری نسبت به جدول توصیه شده ۶-۲ می‌باشد.

۶-۲-۵ تابلوهای قدرت و فرمان سوارشده در کارخانه

تابلوهای قدرت وفرمان که در کارخانه ساخته شده و قابل حمل بوده و مسوولیت آزمون آن را کارخانه سازنده به عهده گرفته باشد.

۶-۲-۶ تابلوهای تمام بسته

این تابلوها عبارت است از مجموعه سوار شده در کارخانه که تمام جوانب آن، جز سطح نصب که ممکن است باز باشد، به نحوی بسته باشد که حداقل درجه حفاظت IP20 تامین شود.

۶-۲-۷ تابلو تمام بسته ایستاده

منظور تابلو تمام بسته‌ای است که به طور مستقل و بدون اتکا به دیوار، در روی کف ساختمان استقرار یابد.

۶-۲-۸ محفظه

قسمت در برگیرنده تابلوی قدرت و فرمان با پوشش فلزی را گویند که باعث جلوگیری از تماس افراد به طور اتفاقی با قسمت‌های برق‌دار و قطعات متحرک آن می‌شود و هم‌چنین وسایل داخلی را در برابر اثرات خارجی حفاظت می‌کند.

۶-۲-۹ خانه (compartment)

بخشی از تابلو قدرت یا فرمان با پوشش فلزی را گویند که به جز محل‌هایی که برای اتصالات، کنترل و یا تهویه باید باز بماند بسته شده باشد.

۶-۲-۱۰ جداره (partition)

جزیی از پوشش یک خانه که آن را از خانه‌های دیگر جدا می‌کند.

۶-۲-۱۱ پوشش

قسمت خارجی محفظه تابلوهای قدرت و کنترل با روپوش فلزی را گویند.

۶-۲-۱۲ درب

به پوشش کشویی یا لولایی گفته می‌شود.

۶-۲-۱۳ دریچه حفاظتی (shutter)

جزیی است که ممکن است بین دو حالت زیر حرکت کند:

- وضعیتی که اجازه می‌دهد کنتاکت‌های متحرک با کنتاکت‌های ثابت درگیر شود.
- وضعیتی که به صورت قسمتی از پوشش یا جداره، درآمده و کنتاکت‌های ثابت را می‌پوشاند.

۶-۲-۱۴ بوشینگ

ساختاری که یک هادی را از میان یک پوشش و یا جداره عبور داده و آن را نسبت به آنها عایق می‌کند و شامل متعلقات اتصالات به جداره و پوشش نیز می‌شود.

۶-۲-۱۵ مداراصلی

تمامی بخش‌های هادی یک تابلوی قدرت و فرمان با محفظه فلزی (شامل هادی‌ها ووسایل کلیدزنی) که در تشکیل مدار انتقال انرژی الکتریکی به کار رفته باشد را مدار اصلی گویند.

۶-۲-۱۶ مدارکمکی

تمام بخش‌های هادی یک تابلو قدرت و فرمان با محفظه فلزی که در تشکیل مداری (غیر از مدار اصلی) برای کنترل، اندازه‌گیری، حفاظت و تنظیم به کار رفته باشد را مدار کمکی گویند.

۶-۲-۱۷ شینه

به هادی با امپدانس کم که چندین مدار الکتریکی می‌تواند به طور جداگانه به آن متصل گردد اطلاق می‌شود.

۶-۲-۱۸ ولتاژ نامی

ولتاژ نامی بیان‌کننده حد بالای ولتاژ سیستم‌هایی است که تابلوی قدرت و فرمان برای آن طراحی شده است.

۶-۲-۱۹ فرکانس نامی

مقدار استاندارد فرکانس نامی در ایران برابر با 50HZ می‌باشد.

۶-۲-۲۰ جریان نامی

جریان نامی تابلوی قدرت و فرمان، مقدار موثر جریانی است که تابلوی قدرت و فرمان قادر است تحت شرایط مشخص بهره‌برداری به طور دایم از خود عبور دهد.

۶-۲-۲۱ جریان ایستادگی کوتاه‌مدت

مقدار موثر جریانی است که مدار تابلوی قدرت یافرمان در حالت وصل در زمان کوتاه مشخص و شرایط تعیین‌شده بتواند از خود عبور دهد.

۶-۲-۲۲ جریان ایستادگی پیک

حداکثر مقدار جریانی است که مدار تابلوی قدرت و فرمان یا اجزای کلیدزنی در حالت وصل، تحت شرایط مشخص‌شده جهت سرویس‌دهی بتواند تحمل کند.

۶-۲-۲۳ جریان نامی ایستادگی دربرابر اتصال کوتاه

به بیشترین مقدار موثر جریانی که مدار بتواند بدون آسیب حرارتی یا مکانیکی ویا تغییر شکل دایمی از هر یک از اجزای خود قبل از عملکرد تجهیزات حفاظتی عبور دهد گفته می‌شود.

۶-۲-۲۴ اینترلاک‌ها

در تابلوها برای جلوگیری از بروز خطرات احتمالی از سیستمی به نام اینترلاک استفاده می‌شود.وجود این سیستم باعث می‌گردد تا بهره‌بردار نتواند حالتی را به وجود آورد که دستگاه برای آن طراحی نشده است و یا دستگاه در حالتی قرار گیرد که برای بهره‌بردار خطر به بار آورد.

۶-۳ استاندارد ساخت

۶-۳-۱ تابلوهای قدرت و فرمان فشار متوسط با پوشش فلزی

تابلوهای قدرت وفرمان فشار متوسط سوارشده در کارخانه که دارای پوشش فلزی بوده و ولتاژ اسمی آن در جریان متناوب از یک کیلوولت تا ۵۲ کیلوولت و فرکانس های تا ۶۰ هرتز می‌باشد باید برابر مشخصات مندرج در جدیدترین اصلاحیه استانداردهای موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران یا یکی از استانداردهای مشابه شناخته شده و معتبر جهانی مانند کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC) به شرح زیر طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گیرد.

۶-۳-۱-۱ استاندارد موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

- تابلوهای مورد استفاده در شبکه توزیع – قسمت اول: مبانی تابلوهای فشار متوسط و ضعیف ISIRI 5820

۶-۳-۱-۲ استانداردهای کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)

- تابلوهای پوشش فلزی قدرت و فرمان برق متناوب با ولتاژ اسمی بیش از یک کیلوولت تا ۵۲ کیلوولت IEC 60298
- مشخصات عمومی استانداردهای تابلوهای قدرت و فرمان ولتاژ بالا IEC 60694

۶-۳-۲ تابلوهای قدرت و فرمان فشار متوسط با پوشش عایق

تابلوهای فرمان و کنترل فشار متوسط سوار شده در کارخانه که دارای پوشش عایق بوده، و ولتاژ اسمی آن در جریان متناوب از یک کیلوولت تا ۳۸ کیلوولت می‌باشد و برای استفاده در تاسیسات درونی است باید برابر استاندارد IEC 60466 یا مشابه آن طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گیرد.

۶-۳-۳ تابلوهای فشار متوسط برای موارد خاص

تابلوهای فشار متوسط که برای مصارف ویژه مانند مناطق مخاطره‌آمیز،معادن، و مانند آن مورد استفاده قرار می‌گیرد باید درصورت فقدان استاندارد ایرانی برابر مشخصات فنی یکی از استانداردهای معتبر و شناخته شده بین‌المللی مانند آی، ای، سی (IEC) طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گیرد.

۶-۳-۴ لوازم و وسایل داخل تابلوهای قدرت و فرمان فشار متوسط

۶-۳-۴-۱ شینه‌ها

شینه‌های مسی باید برابر استاندارد VDE 0201 یا BS EN 13601 و شینه‌های آلومینیومی برابر استاندارد VDE 0202 یا BS 2898 یا یکی از استانداردهای معتبر بین‌المللی مشابه باشد.

۶-۳-۴-۲ کلیدهای قدرت

کلیدهای قدرت فشار متوسط که برای قطع و وصل جریان‌های متناوب اتصال کوتاه با ولتاژهای ۱۰۰۰ ولت وبیشتر به کار می‌رود باید مطابق جدیدترین اصلاحیه استاندارد IEC 62271-100 یا یکی از استانداردهای بین‌المللی مشابه طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گیرد.

۶-۳-۴-۳ ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری جریان

ترانسفورماتورهای جریان مورد استفاده در لوازم اندازه‌گیری و وسایل حفاظتی الکتریکی با فرکانس ۱۵ تا ۱۰۰ هرتز باید برابرآخرین اصلاحیه استاندارد IEC 60044-1 یا یکی از استانداردهای بین‌المللی مشابه طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گیرد.

۶-۳-۴-۴ ترانسفورماتورهای ولتاژ

ترانسفورماتورهای ولتاژ مورد استفاده در لوازم اندازه‌گیری و وسایل حفاظتی با فرکانس ۱۵تا ۱۰۰ هرتز باید برابر آخرین اصلاحیه استاندارد IEC 60186 یا یکی از استانداردهای بین‌المللی مشابه طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گیرد.

۶-۳-۴-۵ کلیدهای جداکننده و کلیدهای زمین

کلیدهای جداکننده (ایزولاتور) جریان متناوب و کلیدهای زمین که برای ولتاژ بیش از ۱۰۰۰ ولت و فرکانس تا ۶۰ هرتز طراحی شده و در تاسیسات داخلی یا خارج از ساختمان مورد استفاده قرار می‌گیرد باید مطابق جدیدترین اصلاحیه استاندارد IEC 62271-102 یا مشابه آن طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گیرد.

الزامات اضافی کلیدهای جداکننده و زمین مورد استفاده در تابلوهای قدرت و فرمان دارای پوشش (enclosed) باید با مقررات مندرج در استانداردهای IEC 60298 و IEC 60466 و IEC 60517 یا مشابه مطابقت نماید.

۶-۳-۴-۶ سایر لوازم و وسایل داخل تابلو

لوازم و وسایل داخل تابلو مانند وسایل اندازه‌گیری، کلیدها و لامپ‌های نمایشگر، رله‌ها و غیره باید برابر استانداردهای کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC) یا یکی از استانداردهای بین‌المللی مشابه طراحی و ساخته و مورد آزمون قرار گیرد.

۶-۴ طبقه‌بندی

تابلوهای فشار متوسط مورد استفاده در تاسیسات برق ساختمان‌ها بر حسب ولتاژ به شرح زیر طبقه‌بندی می‌شود:

۶-۴-۱ تابلوهای فشار متوسط ۳ و۶ کیلوولت (اغلب در صنایع سنگین به کار می‌رود)

۶-۴-۲ تابلوهای فشار متوسط ۱۰ و ۱۱ کیلوولت (مورد استفاده در شبکه برق شهری)

۶-۴-۳ تابلوهای فشار متوسط ۲۰ و ۲۲ کیلوولت (مورد استفاده در شبکه برق شهری)

۶-۴-۴ تابلوهای فشار متوسط ۳۰ و ۳۳ کیلوولت (مورد استفاده در شبکه برق شهری)

۶-۵ انواع تابلوهای ایستاده تمام بسته فشار متوسط

این نوع تابلوها عبارت است از مجموعه سوار شده در کارخانه که تمام جوانب آن –جز سطح نصب که ممکن است باز باشد– به نحوی بسته باشد که حداقل، درجه حفاظت IP20 تامین شود.این‌گونه تابلو را تابلو تمام بسته ایمنی نیز می‌نامند. تابلوهای تمام‌بسته ایمنی فشار متوسط به اشکال مختلف ساخته می‌شود که عمده‌ترین انواع آن به شرح زیر است:

۶-۵-۱ تابلو ایستاده، تمام بسته قابل فرمان و دسترسی از جلو

عبارت از تابلویی است که وسایل فرمان مانند دسته یا شستی‌ها، روی بخش ثابتی درسمت راست، و وسایل اندازه‌گیری با در جداگانه در بخش فوقانی، در قسمت جلو تابلو قرار می‌گیرد، و سایر تجهیزات و لوازم مانند سکسیونرهای غیرقابل قطع زیر بار، سکسیونرهای قابل قطع زیر بار، دیژنکتورهای دستی و موتوری، فیوزها، ترانس جریان، ترانس ولتاژ، و سرکابل‌ها در داخل تابلو نصب می‌شود و به وسیله یک در لولایی مجهز به قفل الکتریکی یا مکانیکی،که فقط پس از قطع کلید قابل بازشدن است و درجنب قسمت ثابت فوق‌الذکر قرار دارد، دسترسی برای اتصالات، تعمیرات، تعویض، و غیره امکان‌پذیر می‌شود.

۶-۵-۲ تابلو ایستاده قابل دسترسی از پشت

عبارت از تابلویی است که لوازم اندازه‌گیری در جلوی تابلو قرار گرفته و فرمان‌ها نیز از سمت جلوی تابلو انجام می‌گیرد، ولی دسترسی برای تعویض وسایل،اتصال کابل‌ها و سیم‌ها و مانند آن از پشت امکان‌پذیر بوده و شامل یک یا چند سلول می‌باشد.

۶-۵-۳ تابلو ایستاده،تمام بسته، کشویی

این نوع تابلو، به طور کلی، از دو قسمت اصلی ثابت و متحرک کاملاً مجزا تشکیل گردیده است. قسمت اول بدنه تابلو است که به صورت سلول ساخته شده و شینه‌کشی،محل اتصال کابل‌های ورودی و خروجی، دریچه‌های اتصال وفیش‌های کلید در این قسمت تعبیه گردیده و در بالاترین قسمت آن نیز وسایل اندازه‌گیری نصب می‌شود.

قسمت دوم، که کلید در روی آن نصب شده است، اسکلتی است متحرک و ارابه نیز نامیده می‌شود به صورت کشویی با کمک چرخ دقیقاً در داخل سلول فوق‌الذکر قرار گرفته و اتصالات لازمه را برقرار می‌سازد. سمت جلو اسکلت مزبور باید کاملاً بسته باشد و قسمت فرمان کلید مانند دسته و یا شستی روی این قسمت نصب گردد. قسمت کشویی باید دارای قفل برقی بوده و فقط پس از قطع کلید قابل خارج کردن ویا جاگذارادن باشد.

۶-۶ مشخصات فنی ساخت تابلوهای قدرت و فرمان فشار متوسط، ایستاده، تمام بسته با پوشش فلزی

۶-۶-۱ مشخصات عمومی

۶-۶-۱-۱ مقادیر اسمی

مقادیر اسمی تابلوهای قدرت و فرمان فشار متوسط به شرح زیر خواهد بود:

الف) مقادیر ولتاژ اسمی استاندارد شده برابر ارقام مندرج درستون اول جدول ۶-۱خواهد بود.مقادیر مزبور مطابق حداکثر مقادیر ولتاژ سیستمی است که تابلو در آن استفاده می‌شود. اجزای تشکیل‌دهنده قسمت‌های مختلف تابلو ممکن است دارای مقادیر ولتاژ مخصوص به خود باشد.

ب) مقدار اسمی سطح عایقی برای تاسیساتی که به خارج راه دارد در شرایط استاندارد (فشار اتمسفربرابر با ۱۰۱۳ میلی‌بار، دما برابربا ۲۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت برابر با ۱۱ گرم در متر مکعب) باید از جدول ۶-۱ انتخاب شود.

پ) فرکانس اسمی برابر با ۵۰ هرتز خواهد بود.

ت) مقادیر جریان اسمی عادی مدارها مانند فیدرها و شینه‌ها باید مطابق استاندارد جریان اسمی IEC 60059 انتخاب شود.

ث) مقدار جریان اسمی ایستادگی کوتاه‌مدت که به مدت یک ثانیه از مدار عبور می‌کند برای زمان‌های بزرگ‌تر از یک ثانیه، رابطه بین جریان و زمان به صورت (مقدار ثابت $I^2.t$) خواهد بود مگر این‌که سازنده مشخصات دیگری را تعیین نموده باشد.

ج) مقدار جریان اسمی ایستادگی پیک باید برابر با ۲/۵ برابر جریان اسمی ایستادگی کوتاه‌مدت انتخاب شود.

جدول ۶-۱: مقدار اسمی سطح عایقی تابلوهای قدرت وفرمان با پوشش فلزی برای مقادیر ولتاژ اسمی ۳/۶ تا ۷۲/۵ کیلوولت موثر

ولتاژاسمی (کیلوولت موثر)	ولتاژ ایستادگی ضربه‌ای (کیلوولت)		ولتاژایستادگی برای یک دقیقه با فرکانس ۵۰ هرتز (کیلوولت موثر)		
	نسبت به زمین و بین فازها	بین فاصله عایق	نسبت به زمین و بین فازها		بین فاصله عایق
			آزمون نوعی	آزمون معمولی (روتین)	
۳/۶	۴۵	۵۲	۲۱	۱۶	۲۵
۷/۲	۶۰	۷۰	۲۷	۲۲	۳۵
۱۲	۷۵	۸۵	۳۵	۲۸	۴۵
۱۷/۵	۹۵	۱۱۰	۴۵	۳۸	۶۰
۲۴	۱۲۵	۱۴۵	۵۵	۵۰	۷۵
۳۶	۱۷۰	۱۹۵	۷۵	۷۰	۱۰۰
۷۲/۵	۳۲۵	۳۷۵	۱۴۰	۱۴۰	۱۹۰

۶-۶-۱-۲ درجه حفاظت

الف) حفاظت افراد در برابرنزدیک شدن به قسمت‌های برق‌دار و متحرک

در تابلوهای قدرت و فرمان فشار متوسط از نوع متال کلد (metal-clad) و خانه‌ای (compartmented) این نوع حفاظت برای محفظه و جداره‌ها باید به طور جداگانه مشخص شود لیکن در تابلوهای سلولی (cubical) فقط تعیین درجه حفاظت محفظه مورد نیاز خواهد بود.
درجه حفاظت افراد از جدول ۶-۲ به دست می‌آید.

جدول ۶-۲: درجه حفاظت تابلوهای فشارمتوسط از نظر نزدیک‌شدن افراد به قسمت‌های برق‌دارو متحرک

ارقام مشخصه	شرح
IP2X	حفاظت در برابر نزدیک‌شدن به قسمت‌های باردار و یا تماس با قسمت‌های داخلی تابلو با انگشتان
IP3X	حفاظت در برابر قسمت‌های باردار و یا متحرک داخلی تابلو، توسط ابزار، سیم یا اشیاء مشابه با ضخامت بیش از ۲/۵ میلی‌متر
IP4X	حفاظت در برابر نزدیک‌شدن به قسمت‌های باردارو یا متحرک داخلی تابلو توسط سیم با قطر یا نوار با ضخامت بیش از یک میلی‌متر
IP5X	حفاظت در برابر نفوذ گرد وغبار مضر به داخل تابلو (گرد و غبار نمی‌تواند به مقدارکافی در عملکرد رضایت‌بخش وسایل داخل تابلو تداخل نماید)

ب) حفاظت در برابر نفوذ آب به داخل تابلو

تعیین درجه حفاظت تابلوهای فشار متوسط از نظر ورود آب به داخل آن باید با استفاده از جدول ۶-۳ مشخص شود.

جدول ۶-۳: درجه حفاظت تابلوهای فشار متوسط از نظر نفوذ آب به داخل آن

ارقام مشخصه	شرح
IPX2	ریزش قطرات آب به صورت عمودی برروی تابلویی که ۱۵ درجه ازوضعیت عادی خود کج شده است زیان‌آور نمی باشد.
IPX3	ریزش قطرات آب تا زاویه ۶۰ درجه نسبت به حالت عمودی نبایستی هیچ‌گونه آسیبی به تابلو برساند.
IPX4	مایع پاشیده شده از هر جهت نبایستی به تابلو آسیب برساند.
IPX5	پاشیدن آب تحت فشار نباید به تابلو آسیب برساند.

۶-۶-۱-۳ برای تعیین شرایط کار عادی وسایر شرایط مانند دمای محیط، آلودگی هوا، ارتفاع محل نصب تابلو از سطح دریا و ضرایب تصحیح ولتاژهای نامی و آزمون‌های مربوط به نشریه استاندارد ISIRI 5820 مراجعه شود.

۶-۶-۱-۴ تابلوهای قدرت و فرمان فشار متوسط باید به گونه‌ای طراحی شود که عملیات بهره‌برداری عادی، بازرسی و نگهداری شامل کنترل توالی فازها، اتصال زمین کابل‌ها، عیب‌یابی در کابل‌ها، آزمون ولتاژ در کابل‌ها یا در سایر لوازم، ودشارژ بارهای الکتروستاتیک خطرناک با ایمنی انجام پذیرد.

۶-۶-۱-۵ اسکلت تابلو باید از پروفیل آهنی ساخته شده و به وسیله پیچ و مهره به هم متصل شود به گونه‌ای که تنش‌های مکانیکی وارده را به خوبی تحمل نماید. پوشش تابلو باید از ورق‌های فلزی که توسط پیچ و مهره به اسکلت اصلی متصل خواهد بود ساخته شود و به منظور کاهش فشار روبه بالای قوس و خطای داخلی در خانه‌های فشار متوسط دریچه‌های ضد انفجار نصب گردد.

۶-۶-۱-۶ درها و پوشش‌ها که بخشی از محفظه را تشکیل می‌دهد باید فلزی بوده و درجات حفاظت مشخص‌شده در بند ۶-۶-۱-۲ را تامین نماید. درها و پوشش‌ها نباید از شبکه سیمی بافته شده و مانند آن ساخته شده باشد به جز در مواردی که خروجی‌های هواکش و محل‌های تهویه بر روی آن قرار داشته باشد.
درها باید دارای لوله‌های گالوانیزه یا استیل بوده و مجهز به قفل و چفت جداگانه باشد.قفل‌ها باید شبیه به هم انتخاب شود و یک کلید برای هر قفل موجود باشد.
درها و پوشش‌ها از نظر دسترسی به خانه‌های فشار متوسط به دو دسته به شرح زیر تقسیم می‌شود:

الف) پوشش‌های ثابت که برای بهره‌برداری و نگه‌داری عادی مورد استفاده قرار نمی‌گیرد. این‌گونه پوشش‌ها نباید بدون استفاده از ابزار قابل بازکردن، برداشتن یا جا به جا نمودن باشد.

ب) درها و پوشش‌هایی که برای بهره‌برداری و نگه‌داری عادی مورد استفاده قرار می‌گیرد. (درها و پوشش‌های قابل برداشت). باز نمودن یا برداشتن درها و پوشش‌های مزبور نیاز به ابزار نخواهد داشت. این نوع درها و پوشش‌ها باید دارای قفل باشد مگر این‌که ایمنی افراد به وسیله یک اینترلاک مناسب تامین شود.
در تابلوهای قدرت و فرمان فشار متوسط با پوشش فلزی، درها و پوشش‌ها فقط هنگامی باید باز شود که مدار اصلی در آن خانه بی‌برق باشد.پس از بازشدن درها و پوشش‌های مزبور، سایر خانه‌هایی که در معرض هادی‌های برق‌دار قرار دارد باید به وسیله جداره‌های مناسب، درجه حفاظتی لازم(مندرج در بند ۶-۶-۱-۲) را دارا باشد.

۶-۶-۱-۷ به منظور حفاظت در برابر زنگ‌زدگی و فساد تدریجی تمامی سطوح و خانه‌های تابلو باید پس از ساخت زنگ‌زدایی، چربی‌گیری، فسفاته‌کاری و رنگ‌کاری شود. سازنده تابلو باید با توجه به منطقه‌ای که تابلو در آن نصب می‌شود نوع رنگ وضخامت پوشش را انتخاب وبه کار برد و پس از رنگ‌آمیزی برابر روش‌های مندرج در پیوست «پ» از نشریه ISIRI 5820 "استاندارد تابلوهای مورد استفاده در شبکه توزیع – مبانی تابلوهای فشار متوسط و ضعیف" مورد آزمون قرار دهد.

۶-۶-۱-۸ در طراحی و ساخت تابلوهای قدرت و فرمان فشارمتوسط ضوابط مندرج در نشریه ISIRI 5820 به شرح زیر باید رعایت شود:

الف) جداره‌ها و دریچه‌های حفاظتی باید برابر بند ۵-۱۴-۲ و محل‌های تهویه و خروجی‌های هواکش برابر بند ۵-۱۴-۳ در نظر گرفته شود.

ب) سیستم هم‌قفلی یا اینترلاک (interlock) بین اجزای مختلف تابلو که به منظور ایجاد ایمنی در کار و سهولت بهره‌برداری به کار می‌رود و از بروز حوادث تصادفی خطرناک جلوگیری می‌کند باید برابر بند ۵-۱۶ پیش‌بینی شود.

۶-۶-۱-۹ سلول‌های جداگانه باید مجهز به گرمکن برقی (هیتر) ضد تقطیربرای استفاده در مناطق مرطوب بوده و در صورت لزوم جدار داخلی آن با پوشش ضد میعان اندود شده باشد، با توجه به محل قرار گرفتن تابلو دمای تنظیم ترموستات این گرمکن باید بین ۲۵ تا ۳۰ درجه باشد.
سلول‌های فشار متوسط باید دارای لامپ نئون مشخص‌کننده ولتاژ، چراغ روشنایی برای تعمیر و بازرسی تابلو در حالت بی‌برق، و دریچه‌های انفجاری فوقانی برای تخلیه فشار و محدودکردن صدمات ناشی از انفجار احتمالی تجهیزات داخل تابلو باشد.

۶-۶-۱-۱۰ حداقل ظرفیت الکتریکی شینه‌ها نباید از شدت جریان اسمی کلید اصلی تابلو کمتر باشد. شینه‌های فاز، در هر سلول، باید روی مقره‌های اتکایی از صمغ مصنوعی یا چینی متناسب با ولتاژ تابلو نصب و در صورت لزوم برای عبور شمش در بین سلول‌ها از مقره عبوری استفاده شود.

برای انتخاب سطح مقطع شمش‌های مسی تخت به جدول ۵-۵، و برای انتخاب سطح مقطع شمش‌های آلومینیومی تخت به جدول ۵-۶، مراجعه شود. در مواردی که از شینه‌های مسی و یا آلومینیومی با مقاطع گرد (لوله‌ای) یا ناودانی استفاده می‌شود باید از جداول مندرج در نشریه وزارت نیرو – امور برق، استاندارد تابلوهای مورد استفاده در شبکه توزیع، جلد اول استفاده شود. سطح مقطع شینه‌های اتصال زمین باید برابر سطح مقطع شینه فازها انتخاب شود و در سراسر طول تابلو امتداد یافته و به قسمت‌های فلزی بدنه تابلو متصل شود.

نقطه اتصال شینه‌ها به یکدیگر و کلیدها به شینه‌ها باید قبل از اتصال کاملاً تمیز شده، و در صورت امکان با یک لایه نقره‌ای پوشیده شود و سپس به وسیله پیچ و مهره و واشرهای مسی یا برنزی محکم شود تا حداکثر هدایت الکتریکی به وجود آمده و از گرم شدن آن جلوگیری شود.

در مواردی که برای شینه‌کشی از شمش‌های گرد استفاده می‌شود، کلیه اتصالات باید از نوع مخصوص شمش گرد (Compression type coupling or terminal) باشد.

اتصال کابل‌ها به شینه‌ها، کلیدها، فیوزها و غیره باید به وسیله کابلشو انجام گیرد. برای تعیین فواصل نصب بین شینه ها به یادداشت‌های ذیل جداول ۵-۵ و ۵-۶ مراجعه شود.

شینه‌ها باید با رنگ نسوز به ترتیب زیررنگ‌آمیزی شود:

- فاز اول، به رنگ قرمز (L1)
- فاز دوم، به رنگ زرد (L2)
- فاز سوم، به رنگ آبی (L3)

بر روی شینه‌های فاز اول، دوم وسوم به ترتیب حروف L1 و L2 وL3 قید گردد.

طریقه استقرار شینه‌های فازهای اول، دوم، و سوم در سطوح مختلف به قرار زیر خواهد بود:

الف) برای شینه‌کشی‌های افقی واقع در سطح افقی تابلو:

شینه سمت جلو تابلو به رنگ قرمز، شینه وسط به رنگ زرد و شینه‌ای که به طرف پشت تابلو قرار می‌گیرد به رنگ آبی خواهد بود.

ب) برای شینه‌کشی‌های افقی واقع در سطح عمودی تابلو:

شینه بالا به رنگ قرمز، شینه وسط به رنگ زرد، و شینه پایین به رنگ آبی خواهد بود.

پ) برای شینه‌کشی‌های عمودی واقع در سطح عمودی تابلو:

جهت نگاه از جلو تابلو:

شینه سمت چپ به رنگ قرمز، شینه وسط به رنگ زرد،و شینه سمت راست به رنگ آبی خواهد بود.

ت) برای شینه‌کشی‌های عمودی واقع در سطح عمودی تابلو:

جهت نگاه از جنب تابلو:

شینه سمت جلو تابلو به رنگ قرمز، شینه وسط به رنگ زرد، و شینه‌ای که به طرف پشت تابلو قرار می‌گیرد به رنگ آبی خواهد بود.

۶-۶-۱-۱۱ کلیدها، وسایل اندازه‌گیری، و غیره، که در تابلوها نصب می‌شود باید دارای شماره راهنما بوده و شماره خطوط محلی که تغذیه می‌شود روی آن نوشته شود. به علاوه اتصالات وسایل اندازه‌گیری و سیستم‌های کنترل و خطوط خارجی باید در روی صفحه ترمینال علامت‌گذاری شده انجام گیرد.

۶-۶-۱-۱۲ کلیه سرسیم‌ها در ابتدا و انتهای مسیر در داخل تابلو، و هم‌چنین سرکابل‌ها، باید به منظور راهنمایی در تعمیرات بعدی طبق نقشه مربوط شماره‌گذاری شود.

۶-۶-۱-۱۳ شماتیک تک‌خطی هر سلول تابلو فشار متوسط باید با مشخص‌بودن نوع کلید و وسایل داخل آن در روی تابلو به رنگ قرمز یا زرد ترسیم شود.

علامت احتیاط به شکل زیر و به ابعاد ۲۰۰×۳۰۰ میلی‌متر یا ۱۲۰×۲۰۰ میلی‌متر باید به رنگ قرمز بر روی تابلو نصب شود.

۶-۶-۱-۱۴ پلاک و لوحه‌های ویژگی‌ها

کلیه تجهیزات، موتورها، سلول‌های کنترل و وسایل به کار رفته در آن باید دارای پلاک ویژگی‌ها باشد. این‌گونه پلاک‌ها باید دارای زمینه سیاه‌رنگ با حروف سفید رنگ بوده و اطلاعات فنی به طور واضح، مختصر و به صورت ماندگار در آن ارایه شود. پلاک‌های مزبور باید دارای اندازه‌های استاندارد و اطلاعات فنی به شرح زیر باشد:

الف) پلاک مورد استفاده برای پانل‌ها، درهای سلول‌ها، جعبه اتصالات و مانند آن باید دارای ابعاد ۵۰*۱۲۵ میلی‌متر بوده و ابعاد حروف آن حدود ۱۲ میلی‌متر با پهنای خط ۱/۵ میلی‌متر باشد. ویژگی‌های هر سلول باید حداقل شامل موارد زیر باشد:

- نام سازنده و یا علامت (آرم) مشخصه آن
- شماره سریال یا نوع نشانه طراحی که بدان وسیله بتوان تمام اطلاعات لازم را از سازنده دریافت نمود.
- استاندارد مورد استفاده با ذکر شماره مربوط
- ولتاژ اسمی
- جریان‌های اسمی برای شینه‌ها و مدارها
- فرکانس اسمی
- سال ساخت

ب) پلاک مشخصات کلیدهای تغییر وضعیت و کنترل باید حدوداً دارای ابعاد ۳۰*۷۰ میلی‌متر با اندازه حروف ۲۰ میلی‌متر طول و پهنای خط ۱/۵ میلی‌متر باشد.

پ) پلاک به کار رفته برای فیوزها باید دارای ابعاد حدود ۳۰ تا ۴۰ میلی‌متر طول و ۱۲ تا ۲۰ میلی‌متر عرض و ابعاد حروف۳ تا ۶ میلی‌متر و پهنای خط تقریباً یک میلی‌متر باشد.

ت) پلاک مشخصات رله‌ها، کنتاکتورها و وسایل مشابه باید دارای ابعاد تقریبی ۲۰*۶۵ میلی‌متر بوده و اندازه حروف آن برابر بند "پ" باشد.

۶-۶-۱-۱ اتصال زمین

الف) در تابلوهای قدرت و فرمان فشار متوسط با پوشش فلزی باید یک هادی اتصال زمین در سراسر طول تابلو کشیده شود.در مواردی که هادی مزبور از جنس مس انتخاب می‌شود چگالی جریان برق در شرایط خطای زمین نباید از ۲۰۰ آمپر بر میلی‌متر مربع تجاوز کند، و سطح مقطع آن نیز نباید از ۳۰ میلی‌متر مربع کمتر باشد. انتهای هادی زمین باید به گونه‌ای ختم شود که برای اتصال به سیستم زمین تاسیسات مناسب باشد.

ب) به طور کلی با توجه به تنش‌های حرارتی و مکانیکی ناشی از جریان برق موجود در هر سیستم زمین باید از پیوستگی آن اطمینان حاصل نمود.

پ) محفظه هر واحد کاری (functional unit) باید به هادی زمین متصل باشد. تمام قسمت‌های فلزی که به یک مدار اصلی یا کمکی تعلق ندارد باید به طور مستقیم به هادی زمین و یا از طریق اسکلت فلزی تابلو به سیستم زمین متصل شود.

ت) اتصالات درونی واحدها مانند پیوند بین چهارچوب، پوشش‌ها، درها، جداره‌ها یا سایر قسمت‌ها که به منظور تامین تداوم الکتریکی صورت می‌گیرد باید به وسیله پیچ و مهره یا جوش انجام شود، درهای خانه‌هایی که در آن تجهیزات فشار متوسط وجود دارد باید با وسایل مطمئن به اسکلت متصل شود.

ث) در مواردی که اتصالات زمین باید جریان کامل اتصال کوتاه سه‌فاز مدار را حمل کند (مانند اتصالات وسایل زمین)، باید ابعاد متناسبی برای آن در نظر گرفته شود.

ج) هر قسمت از مدار اصلی که بتواند از سایر قسمت‌ها جدا گردد، باید امکان اتصال زمین داشته باشد.

چ) بخش‌های فلزی یک جزء خارج‌شونده که معمولاً به سیستم زمین متصل است باید در وضعیت آزمون و همچنین در هر وضعیتی که مدارهای کمکی کاملاً قطع نشده باشد مطابق شرایط تعیین شده برای فاصله عایقی (به نشریه IEC 60129 رجوع شود) هم‌چنان به سیستم زمین متصل باقی بماند.

۶-۶-۲ تابلو فشار متوسط، ایستاده، تمام‌بسته و قابل دسترسی و فرمان از جلو

۶-۶-۲-۱ این نوع تابلو باید از نوع ایستاده و با اسکلت نگهدار از آهن به فرم نبشی، ناودانی، سپری، و پوشش آن از ورق‌های فلزی با ضخامت حداقل ۲/۵ میلی‌متر یا بیشتر ساخته شود. ساختمان بدنه این تابلو باید به گونه‌ای باشد که تابلو به سهولت از طرفین قابل توسعه باشد و به همین جهت پوشش‌های قسمت بالا و یا پایین تابلو که محل شینه‌کشی و عبور شینه‌ها می‌باشد باید به وسیله پیچ و مهره‌های کرومه به اسکلت اصلی متصل شود. در این نوع تابلو، به استثنای سطح زیرین و در قسمت جلو سایر قسمت‌ها باید کاملاً مسدود و پوشش‌های آن به اسکلت فلزی اصلی تابلو جوش شود.

۶-۶-۲-۲ دسترسی به کلیه لوازم و تجهیزات داخل این‌گونه تابلو باید، پس از گشودن در جلو، بدون تداخل به کار قسمت‌های مختلف امکان‌پذیر باشد. هم‌چنین کلیه وسایل داخل تابلو از قبیل دیژنکتور، سکسیونر، وسایل اندازه‌گیری، فیوز، رله، واحد اعلام‌خطر، و غیره باید به گونه‌ای نصب شود که از نظر تعمیر و نگهداری و یا تعویض، هر یک، به سهولت در دسترس باشد.

۶-۶-۲-۳ در مواردی که وسایل اندازه‌گیری، چراغ‌های اعلام‌خطر و شستی‌های فرمان، در روی قسمت متحرک یا قابل برداشت تابلو نصب می‌شود، کلیه سیم‌کشی‌های مربوط باید با کابل یا سیم قابل انعطاف در لوله خرطومی فولادی انجام شود.

۶-۶-۲-۴ حداکثر ابعاد تابلوهای فشار متوسط تمام‌بسته قابل دسترسی از جلو با توجه به ولتاژ آن به شرح زیر است:

ولتاژ	ارتفاع (سانتی‌متر)	عرض (سانتی‌متر)	عمق (سانتی‌متر)
۳ کیلوولت	۲۰۰	۸۵	۸۵
۶ کیلوولت	۲۰۰	۸۵	۸۵
۱۰ و ۱۱ کیلوولت	۲۲۰	۹۰	۹۰
۲۰ کیلوولت	۲۲۰	۱۴۰	۱۴۰
۳۰ کیلوولت	۲۲۵	۱۶۰	۱۶۰

۶-۶-۲-۵ نمای تابلوی تمام‌بسته ایستاده فشار متوسط، نوع قابل فرمان و دسترسی از جلو در شکل ۶-۱، به عنوان نمونه، ارایه شده است.

۶-۶-۳ تابلو فشار متوسط، نوع ایستاده، تمام‌بسته، وکشویی

۶-۶-۳-۱ این نوع تابلو که از نوع ایستاده می‌باشد، هر سلول آن از دو بخش ثابت و متحرک (ارابه) کاملاً مجزا به شرح زیر تشکیل شده است:

الف) بخش ثابت، که در حقیقت بدنه اصلی تابلو است، به صورت سلول ساخته شده و شینه‌کشی، محل اتصال کابل‌های ورودی و خروجی، دریچه‌های اتصال و فیش‌های اتصال کلید در این قسمت تعبیه گردیده و در بالاترین قسمت آن نیز وسایل اندازه‌گیری نصب می‌شود. این بخش باید از آهن به شکل نبشی، ناودانی، و سپری، و پوشش آن از ورق‌های آهن با ضخامت حداقل ۲/۵ میلی‌متر یا بیشتر ساخته شده و برابر بند ۶-۶-۱-۷ زنگ‌زدایی، چربی‌گیری، فسفاته‌کاری و رنگ‌کاری شود. تمامی سطوح بخش ثابت، به استثنای سطح زیرین و قسمت جلو، باید کاملاً مسدود، و پوشش‌های آن به اسکلت فلزی اصلی جوش شود و در قسمت پایین دو عدد ناودانی برای هدایت چرخ‌های ارابه در نظر گرفته شود.
ساختمان بدنه اصلی باید به گونه‌ای باشد که تابلو به سهولت از طرفین قابل توسعه باشد و به همین جهت پوشش‌های قسمت بالا و یا پایین تابلو که محل شینه‌کشی و عبور شینه‌ها می‌باشد باید به وسیله پیچ و مهره‌های کرومه به اسکلت اصلی متصل شود.
در بخش ثابت، قسمتی که شینه‌های برق نصب می‌شود باید کاملاً از فضای جلوی سلول که بخش متحرک تابلو در آن قرار می‌گیرد پوشیده و محفوظ باشد.
محل ورود میله‌های اتصالات برقی بخش متحرک (ارابه) به بخش ثابت باید با دریچه‌های فنری خودکار پوشیده شده باشد به نحوی که با خارج ساختن ارابه، دریچه‌های مزبور به طور خودکار بسته و از لحاظ ایمنی امکان دسترسی در حالت عادی به آن نباشد.

ب) بخش دوم، که اسکلتی است متحرک با چهارچرخ فلزی و ارابه نیز نامیده می‌شود، باید از آهن به فرم نبشی، ناودانی و سپری، و پوشش قسمت جلو از ورق آهن با ضخامت حداقل ۲/۵ میلی‌متر یا بیشتر ساخته شود.
کلیه وسایل الکتریکی از قبیل دیژنکتور، سکسیونر، وسایل فرمان و غیره باید در داخل این بخش تابلو، روی اسکلت‌بندی اصلی نصب شود و در روی صفحه جلو آن باید فقط شستی و یا دسته فرمان، چراغ‌های نشان‌دهنده و یا اعلام‌خطر و ضامن‌های مربوط نصب گردد.
بخش متحرک باید به وسیله قفل برقی یا مکانیکی به نحوی حفاظت شود که در صورت روشن بودن کلید، ارابه قابل جداکردن از بخش ثابت نباشد، و برعکس، چنانچه ارابه کاملاً در محل خود قرار نگرفته باشد، کلید، قابل روشن‌کردن نباشد.

۶-۶-۳-۲ حداکثر ابعاد تابلوهای فشار متوسط تمام‌بسته کشویی با توجه به تنوع تجهیزات و گوناگونی طرح‌ها در محدوده تعیین‌شده زیر خواهد بود:

ولتاژ	حداکثرارتفاع (سانتی‌متر)	حداکثرعرض (سانتی‌متر)	عمق (سانتی‌متر)
۲۰ کیلوولت	تا ۲۲۵	۱۱۰	–
۳۳کیلوولت	تا ۲۲۵	۱۳۰	–

۶-۶-۳-۳ نمای تابلوی فشار متوسط، ایستاده، تمام‌بسته و کشویی شامل ارابه و سلول در شکل ۶-۲، به عنوان نمونه، نشان داده شده است.

۶-۷ لوازم، وسایل و تجهیزات داخل تابلو

۶-۷-۱ کلیدهای قدرت

۶-۷-۱-۱ کلیات

کلید قدرت کلیدی است مکانیکی که توانایی تحمل عبور جریان نامی به طور دایم وجریان اتصال کوتاه در مدت زمانی مشخص را داشته و قادر به قطع جریان نامی و اتصال کوتاه باشد.

این‌گونه کلیدها مشتمل بر پل (pole)، مدار اصلی (main circuit)، مدار کنترلی (control circuit)، مدارکمکی (auxiliary circuit)، کنتاکت اصلی (main contact)، کنتاکت جرقه‌گیر (arcing contact)، کنتاکت کنترل (control contact)، کنتاکت‌کمکی (auxiliary contact)،کلیدکمکی (auxiliary switch)، کنتاکت "a" (make contact)، کنتاکت "b" (break contact)، رله (release)، نشان‌دهنده وضعیت (position indicating device)، و ترمینال (terminal) می‌باشد.

۶-۷-۱-۲ استاندارد ساخت

کلیدهای قدرت فشار متوسط باید دارای مشخصات فنی مندرج در استانداردهای IEC 62271-100 یا BS 5311 یا یکی از استانداردهای مشابه و معتبر بین‌المللی مورد قبول دستگاه نظارت بوده و بر اساس آن طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گیرد.

۶-۷-۱-۳ طبقه‌بندی

الف) طبقه‌بندی بر اساس نوع ماده عایقی

کلیدهای قدرت فشار متوسط از لحاظ نوع ماده عایقی به سه نوع روغنی، خلاء و گازی تقسیم‌بندی می‌شود.

ب) طبقه‌بندی از نظر مکانیزم عملکرد

در این‌گونه کلیدها حرکت مکانیکی کنتاکت‌ها برای قطع و وصل توسط سه نوع مکانیزم فنری (دستی یا موتوری)، هیدرولیکی (روغنی)، و پنوماتیکی (بادی) انجام می‌شود.

پ) طبقه‌بندی با توجه به محل نصب

کلیدهای قدرت از نظر قابلیت نصب در فضای بسته یا فضای آزاد به دو دسته داخی و خارجی تقسیم می‌شود.

ت) طبقه‌بندی بر اساس تعداد عملکرد مکانیکی

کلیدهای قدرت بر حسب تعداد عملکرد مکانیکی قطع و وصل طبق استاندارد IEC 62271-100 به شرح جدول ۶-۴ طبقه‌بندی شده است.

جدول ۶-۴: تقسیم‌بندی کلیدهای قدرت بر اساس تعداد عملکرد مکانیکی

کلاس	تعداد عملکرد
کلاس M۱	۲۰۰۰ بار
کلاس M۲	۱۰۰۰۰بار

۶-۷-۱-۴ مشخصات فنی

الف) ولتاژ نامی (U_r)

ولتاژ نامی برای کلیدهای قدرت فشار متوسط باید برابر با بزرگ‌ترین ولتاژ کاری سیستم انتخاب شود. برای سطوح ولتاژ ۱۱، ۲۰ و ۳۳ کیلوولت این ولتاژ به ترتیب ۱۲ ۲۴ و ۳۶ کیلوولت باید انتخاب شود.

ب) فرکانس نامی

فرکانس نامی در ایران ۵۰ هرتز می‌باشد.

پ) سطوح عایقی

سطوح عایقی انتخابی باید به گونه‌ای باشد که کلید قدرت علاوه بر توانایی تحمل ولتاژ نامی به طور دایم، قادر به ایستادگی در برابر ولتاژهای گذرا در مدت زمانی محدود نیز باشد. بنابراین برابر استاندارد IEC 62271-100 کلید قدرت انتخابی باید بتواند در برابر ولتاژهای گذرای مندرج در جدول ۶-۵ استقامت نماید.

جدول ۶-۵: سطح ولتاژ استقامت عایقی کلیدهای قدرت

ولتاژ نامی (KV)	ولتاژ استقامت به مدت یک‌دقیقه در فرکانس قدرت (KV موثر)		ولتاژ صاعقه (KV پیک)	
	فاز به زمین	مابین فواصل عایقی	فاز به زمین	مابین فواصل عایقی
۱۲	۲۸	۳۲	۶۰	۷۰
			۷۵	۸۵
۲۴	۵۰	۶۰	۹۵	۱۱۰
			۱۲۵	۱۴۵
۳۶	۷۰	۸۰	۱۴۵	۱۶۵
			۱۷۰	۱۹۵

فواصل خزشی لازم برای کلیدهای قدرت با توجه به میزان آلودگی محیط بر اساس استاندارد IEC 60185 به شرح جدول ۶-۶ خواهد بود.

جدول ۶-۶: حداقل فاصله خزشی طبق استاندارد IEC 60185

سطح آلودگی	حداقل فاصله خزشی نامی بین فاز و زمین (فاز به فاز mm/kv)	حداقل فاصله خزشی کل به فاصله قوس
I سبک	۱۶	≤ ۳/۵
II متوسط	۲۰	
III سنگین	۲۵	≤ ۴
IV خیلی سنگین	۳۱	

ت) ولتاژ بازیابی گذرا (Temporary Recovery Voltage. TRV)

کلیدهای قدرت فشار متوسط باید توانایی تحمل ولتاژهای گذرایی که بین کنتاکت‌ها به هنگام قطع جریان نامی و اتصال کوتاه ایجاد می‌شود را برابر استاندارد IEC 62271-100 داشته باشد.

ث) جریان نامی و حدود افزایش دمای اجزای کلید

اجزای کلیدهای قدرت تحت شرایط کار عادی باید توانایی تحمل عبور جریان نامی را به طور دایم داشته باشد. جریان نامی کلید با توجه به مطالعات پخش بار و تعیین ظرفیت فیدر یا ترانسفورماتوری که به آن متصل می‌گردد باید انتخاب شود. این جریان باید یکی از مقادیر سری R10 برابر استاندارد IEC 60059 در نظر گرفته شود. مقادیر سری R10 با ضریب 10^n عبارت از موارد زیر است:

۸ و۶/۳ و ۵ و ۴ و ۳/۱۵ و ۲/۵ و۲ و ۱/۶ و ۱/۲۵ و ۱ [A]

افزایش دما و درجه حرارت هر کدام از اجزای کلید به هنگام عبور جریان در شرایط کار عادی نبایستی از مقادیر ارایه شده در جدول ۳ از استاندارد IEC 60694 تجاوز نماید.

ج) جریان قطع اتصال کوتاه نامی

کلید قدرت باید توانایی قطع جریان اتصال کوتاه متقارن را داشته باشد. این جریان با توجه به سطح اتصال کوتاه محل نصب کلید باید محاسبه شود و شامل دو مولفه AC و DC می‌باشد.

برابر استاندارد IEC 62271-100 مولفه AC جریان اتصال کوتاه باید یکی از مقادیر سری R10 از استاندارد IEC 60059 انتخاب شود، و از مولفه DC در صورتی که از ۲۰ درصد کمتر باشد می‌توان صرف‌نظر کرد.

چ) کلیدزنی جریان‌های خازنی

کلیدهای قدرت باید در برابر جریان‌های گذرای ناشی از خاصیت خازنی بار که در هنگام کلیدزنی خطوط بدون بار و کابلی و بانک‌های خازنی به وجود می‌آید برابر ضوابط مندرج در استاندارد IEC 62271-100 مقاوم باشد. این‌گونه کلیدها از نظر توانایی قطع جریان‌های خازنی به دو طبقه به شرح زیر تقسیم می‌شود:

کلاس C1: کلیدهایی که به هنگام کلیدزنی جریان خازنی احتمال آسیب‌دیدگی در آن کم است.

کلاس C2: کلیدهایی که به هنگام کلیدزنی جریان خازنی احتمال آسیب‌دیدگی در آن خیلی کم است.

ح) جریان استقامت کوتاه مدت نامی(I_K)

کلیدهای قدرت و تجهیزات آن باید توانایی تحمل جریان‌های ناشی از اتصال کوتاه را در مدت زمان محدود داشته باشد. این جریان برابر استاندارد IEC 62271-100 با توجه به سطح اتصال کوتاه محل نصب کلید و احتمال عبور جریان‌های اتصال کوتاه از آن باید یکی از جریان‌های سری R10 از استاندارد IEC 60059 انتخاب شود. زمان مجاز عبور این جریان ۱ تا ۳ ثانیه می‌باشد.

خ) پیک جریان استقامت کوتاه (I_P)

این جریان برابر استاندارد IEC 62271-100 باید با توجه به فرکانس شبکه قدرت برای شبکه‌های ۵۰ هرتز ۲/۵ برابر استقامت کوتاه‌مدت نامی کلید انتخاب گردد. در واقع این جریان پیک جریان لحظه‌ای گذرنده از کلید را به هنگام اتصال کوتاه مشخص می‌نماید.

د) زمان استمرار اتصال‌کوتاه (t_K)

مدت زمان قابل تحمل توسط کلید به هنگام عبور جریان اتصال‌کوتاه (t_K) برابر استاندارد IEC 62271-100 یک ثانیه در نظر گرفته می‌شود. این مقدار هم‌چنین ممکن است بر حسب مورد یکی از مقادیر ۰/۵، ۲ و یا ۳ ثانیه نیز انتخاب شود.

ذ) توالی عملکرد نامی

توالی عملکرد کلیدهای قدرت برابر استاندارد IEC 62271-100 به شرح زیر است:

o- t – co – t' - co – ۱

co –t" -co – ۲

که در عملکردهای بالا:

o: نمایانگر عمل بازشدن کلید

co: نشان‌دهنده عمل بسته و باز شدن کلید بدون فاصله زمانی بین دو عملکرد

t: برای کلیدهای با وصل سریع مجدد ۰/۳ ثانیه و برای کلیدهای بدون نیاز به وصل سریع مجدد ۳ دقیقه انتخاب می‌شود.

t´: برای کلیدهای با وصل سریع مجدد ۱۵ ثانیه و یا یک دقیقه و برای کلیدهای بدون نیاز به وصل سریع مجدد ۳ دقیقه انتخاب می‌شود.

t˝: برای کلیدهای بدون نیاز به وصل سریع مجدد ۱۵ ثانیه انتخاب می‌شود.

۶-۷-۱-۵ مشخصات ویژه انواع کلیدهای قدرت

انواع کلیدهای قدرت خلاء، گازی و کم‌روغن باید علاوه بر مشخصات فنی مندرج در بند ۶-۷-۱-۴ دارای ویژگی‌های زیر نیز باشد:

الف) کلیدهای قدرت خلاء

- قطع‌کننده‌های خلاء باید برای عملکرد به قدرت کمی نیاز داشته باشد.
- حداقل تعداد عملکرد این‌گونه قطع‌کننده‌ها بدون نیاز به تعمیر و نگهداری در جریان نامی عادی ده‌هزار بار و در جریان نامی اتصال کوتاه یکصد بار خواهد بود.
- محفظه قطع‌کننده باید کاملاً خلاء بوده و فشار آن بر اثر عوامل خارجی فزونی نیابد و در هر مرحله از ساخت که تخلیه هوا انجام می‌شود آزمون نشتی با اندازه‌گیری دقیق صورت گیرد.

ب) کلید قدرت SF6

- این نوع کلید باید به‌گونه‌ای ساخته شده باشد که میزان نشت گاز در سال از یک درصد کمتر باشد.
- فشار گاز باید به وسیله سنسور کنترل شود و در صورت تنزل از حد مجاز سنسور عمل نماید. فشار گاز هیچ‌گاه از مقدار تعیین‌شده عایقی نباید کمتر باشد.
- در موقع نصب، گاز SF6 باید ۲۰ درصد بیش از مقدار لازم پر شود.
- کلیدهای قدرت SF6 باید در هر شرایطی بدون تغییر شکل یا ایجاد خطا در هیچ‌یک از قسمت‌های آن تا ۸ میلی بار خلاء را تحمل نماید.
- گاز SF6 مورد مصرف باید با استاندارد IEC 60376 کاملاً منطبق بوده و برای شرایط مورد نظر مناسب باشد.

پ) کلیدهای قدرت کم‌روغن

- قطع‌کننده‌های کم‌روغن باید به طور کامل از هر طرف پوشیده و بسته بوده و هیچ نشتی روغن در شرایط کار نداشته باشد.
- مشخصات روغن مورد استفاده در کلید قدرت باید با ضوابط مندرج در استاندارد IEC 60296 مطابقت نماید.
- کلید قدرت کم‌روغن باید دارای میزان سر و صدای (نویز) کمی باشد.
- کلیدهای مزبور باید با روغن کافی و با در نظرگرفتن ده درصد برای تلفات پر شود.
- کلیدهای قدرت کم‌روغن باید دارای لوازم زیر باشد:
- نمایشگر سطح روغن با علایم حداکثر و حداقل
- شیر برای نمونه‌گیری
- شیر برای پرکردن
- شیر تخلیه

۶-۷-۱-۶ انتخاب کلیدهای قدرت

کلیدهای قدرت فشار متوسط باید بر حسب مورد و با مقایسه ویژگی‌های هر یک از انواع خلاء، روغنی یا گازی متناسب با مورد مصرف انتخاب شود. مقایسه مشخصات این‌گونه کلیدها در جدول شماره ۶-۷ ارایه شده است.

جدول ۶-۷: مقایسه کلیدهای گازی، خلاء و کم‌روغن

مشخصه	SF6	خلاء	کم‌روغن
قابلیت قطع جریان اتصال کوتاه و جریان نامی	تا ۵۰ بار اتصال کوتاه و تا ۱۰۰۰۰ بار جریان نامی	تا ۱۰۰ مرتبه اتصال کوتاه و تا ۲۰۰۰۰ مرتبه جریان نامی	حدود ۴ بار اتصال کوتاه و ۲۰۰۰ بار جریان نامی
تعداد دفعات قطع و وصل تا سرویس مکانیزم عملکرد	۵۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰ بار	۱۰۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰ بار	۵۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰ بار
هزینه‌های تعمیر محفظه قطع	تعمیر شامل پیاده‌کردن کل محفظه می‌گردد، دستمزد بالا – جنس ارزان	کل محفظه قطع باید تعویض شود، دستمزد پایین – جنس گران	دستمزد متوسط جنس ارزان
تناسب با قطع و وصل مکرر	خیلی مناسب	خیلی مناسب	نامناسب
تناسب با کلیدزنی ترانسفورماتور	مناسب	مناسب	مناسب
کلیدزنی خازن منفرد	خیلی مناسب	خیلی مناسب	نامناسب
کلیدزنی مجموعه‌های خازنی پشت به پشت	خیلی مناسب	خیلی مناسب	نامناسب
کلیدزنی راکتور	مناسب	مناسب	مناسب
استقامت عایقی بین کنتاکت‌ها در حالت باز	بالا	خیلی بالا(بستگی به وضعیت کنتاکت‌ها نوسان دارد)	پایین
نظارت بر شرایط کلید	با اندازه‌گیری فشار	با اندازه‌گیری فشار داخل محفظه	نظارت چشمی بر سطح ووضع روغن
ایمنی پرسنل به هنگام خطای کلید	خوب	خیلی خوب	ضعیف

۶-۷-۱-۷ پلاک مشخصات

کلیدهای قدرت و دستگاه‌های جانبی آن باید دارای پلاک مشخصات به شرح زیر باشد. این‌گونه پلاک‌ها باید به صورت خوانا و ماندگار نگاشته شده و در محلی نصب شود که در معرض دید قرار گیرد:

- نام کارخانه سازنده
- شماره سریال کلید قدرت
- ولتاژ نامی بر حسب کیلوولت
- ولتاژ استقامت در برابر ضربه صاعقه بر حسب کیلوولت
- ولتاژ استقامت در برابر ضربه کلیدزنی بر حسب کیلوولت
- فرکانس نامی بر حسب هرتز
- جریان نامی بر حسب آمپر

- جریان قطع اتصال کوتاه بر حسب کیلوآمپر
- مدت زمان تحمل جریان اتصال کوتاه (در صورتی که بیش از یک ثانیه باشد) بر حسب ثانیه
- فشار گاز برای کلیدهای با مکانیزم گازی بر حسب مگاپاسکال
- ولتاژ نامی دستگاه‌های کمکی بر حسب ولت
- ولتاژ نامی دستگاه‌های قطع و وصل‌کننده کلید بر حسب ولت
- فرکانس کار نامی دستگاه‌های کمکی بر حسب هرتز
- وزن همراه با روغن برای کلیدهای روغنی بر حسب کیلوگرم
- کلاس دمایی کلید
- توای عملکرد نامی
- سال ساخت کلید

۶-۷-۱-۸ آزمون‌ها

کلیدهای قدرت فشار متوسط باید برابر استاندارد IEC 62271-100 مورد آزمون‌های جاری و نوعی به شرح زیر قرار گیرد:

الف) آزمون‌های جاری:

آزمون‌های عایقی مدار اصلی
آزمون‌های عایقی مدار کمکی و کنترلی
اندازه‌گیری مقاومت مدار اصلی و حداکثر افزایش دما
آزمون‌های جریان‌های استقامت کوتاه‌مدت و پیک جریان استقامت
آزمون‌های درجه حفاظت بدنه
آزمون‌های مکانیکی
آزمون‌های محیطی

ب) آزمون‌های نوعی:

آزمون‌های استقامت دی‌الکتریکی مدار اصلی
آزمون‌های مدارهای کمکی و کنترلی
آزمون‌های نوعی اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی مدار اصلی
آزمون‌های ضخامت
بررسی‌های صوری و بصری

۶-۷-۲ ترانسفورماتورهای جریان

۶-۷-۲-۱ ترانسفورماتورهای جریان مورد استفاده در تابلوهای فشار متوسط باید برابر مشخصات مندرج در جدیدترین اصلاحیه استاندارد IEC 60044-1 یا یکی از استانداردهای مشابه بین‌المللی مورد قبول دستگاه نظارت طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گیرد.

۶-۷-۲-۲ ترانسفورماتورهای جریان باید برای کار عادی، تحت شرایط مشخص شده مناسب باشد. این نوع ترانس‌ها باید به صورت یک‌پارچه ریخته شده و با ساخت مناسب برای نصب در تابلوهای تمام‌بسته فلزی ساخته شده و دارای تحمل الکتریکی و مکانیکی زیاد بوده و در برابر قوس الکتریکی و درجه حرارت، مقاومت زیاد داشته باشد. تمام اجزای واقع در معرض هوا،

باید برای مقاومت در برابر خوردگی از مواد ضدخوردگی تهیه و یا گالوانیزه گرم شده باشد. هم‌چنین این‌گونه ترانس‌ها باید نیازی به تعمیر و نگهداری نداشته باشد.

۶-۷-۲-۳ سیم‌پیچ اولیه ممکن است به صورت تک‌دور یا چنددور ساخته شده و در صورت درخواست، تغییر نسبت تبدیل در روی سیم‌پیچ‌های اولیه تامین شود. هر سیم‌پیچ ثانویه،باید به طور الکتریکی از دیگر سیم‌پیچ‌ها مجزا شده و تغییر نسبت تبدیل در روی آن در صورت درخواست، تامین گردد. هر سیم‌پیچ باید خروجی مناسب را که برای عملکرد درست دستگاه‌های حفاظتی و وسایل اندازه‌گیری مربوط لازم است در محدوده بار اعلام شده، دارا باشد.

۶-۷-۲-۴ ترمینال اولیه باید از جنس مس گالوانیزه شده بوده و با پیچ‌های اتصال و واشرهای مناسب مجهز باشد. ترمینال باید، برای اتصال به شمش مسی با اندازه حداکثر ۱۰*۶۰ میلی‌متر مناسب باشد. برای ترانسفورماتورهای دارای قابلیت تغییر نسبت تبدیل اولیه، این عمل باید با تغییر آرایش رابط‌ها، روی ترمینال‌های اولیه به راحتی انجام شود. ترمینال‌ها و اتصالات اولیه تغییردهنده نسبت تبدیل، باید درقسمت بالای بدنه عایقی تعبیه گردد. ترمینال‌های ثانویه باید از جنس مس گالوانیزه شده بوده و به پیچ‌های مناسب برای اتصال به هادی مسی تا ۶ میلی‌مترمربع مجهز باشد. یک ترمینال زمین با نشانه ⏚باید در کنار ترمینال‌های ثانویه پیش‌بینی شود.

۶-۷-۲-۵ ترمینال‌های ولتاژ پایین باید با پوشش مناسبی که به بدنه پایه نگهدارنده محکم شده پوشانیده و آب‌بندی شود و محل ورود کابل‌ها باید با گلند مناسب مجهز باشد.

۶-۷-۲-۶ مجموعه ترانسفورماتورهای جریان باید روی یک صفحه نگهدارنده با مقاومت کافی ثابت گردد و یک عدد پیچ نیز برای اتصال زمین روی صفحه مزبور پیش‌بینی شود. ترانسفورماتور جریان باید به وسیله چهار عدد پیچ در هر وضعیت مطلوبی قابل نصب باشد.

۶-۷-۲-۷ یک پلاک فلزی ضدزنگ، که حاوی اطلاعات مندرج در استاندارد IEC 60044-1، و نشانگر دیاگرام اتصالات به صورت پاک‌نشدنی، باشد باید در یک مکان قابل دید روی ترانسفورماتور جریان نصب گردد. این‌گونه پلاک‌ها باید حداقل حاوی اطلاعات زیر باشد:

الف) نام سازنده یا علامت تجاری آن

ب) شماره سری یا نوعی علامت مشخصه

پ) جریان اسمی اولیه و ثانویه مانند ($K_n=I_{pn}/I_{sn}A$(K_n=100/5A)

ت) فرکانس نامی

ث) خروجی نامی و کلاس دقت مربوط همراه با اطلاعات ضروری دیگر مانند نمونه‌های زیر:
(1S ,15 VA ,class 0.5 ; 2S ,30 VA , class1)

ج) بالاترین ولتاژ تجهیزات (مانند 1.2 kv یا 145kv)

چ) سطح عایقی اسمی (مانند 275/650 kv یا 6/kv)

ح) جریان حرارتی کوتاه‌مدت نامی (I_{th}) و جریان دینامیک نامی در صورتی که با ۲/۵ برابر جریان حرارتی کوتاه‌مدت نامی متفاوت باشد (مانند 13/40 KA یا 13KA)

خ) کلاس عایق‌بندی

د) در ترانسفورماتورهای دارای دو سیم‌پیچ ثانویه، کاربری هر سیم‌پیچ و ترمینال‌های مربوط به آن

۶-۷-۲-۸ ترمینال‌ها باید به شرح زیر علامت‌گذاری شود:

الف) سیم‌پیچ‌های اولیه و ثانویه

ب) قسمت‌های سیم‌پیچ، در صورت وجود

پ) پلاریته نسبی سیم‌پیچ‌ها و قسمت‌های آن

ت) نقاط اتصال میانی، در صورت وجود (intermediate tappings)

روش علامت‌گذاری ترمینال‌ها باید برابر بند 10.1.1 از استاندارد IEC 6044-1 انجام شود.

۶-۷-۳ ترانسفورماتورهای ولتاژ

۶-۷-۳-۱ ترانسفورماتورهای ولتاژ مورد استفاده در تابلوهای فشار متوسط باید برابر مشخصات مندرج در جدیدترین نشریه استاندارد IEC 60186 یا یکی از استانداردهای مشابه بین‌المللی مورد قبول دستگاه نظارت ساخته شده باشد.

۶-۷-۳-۲ ترانسفورماتورهای ولتاژ باید برای کار عادی در شرایط مشخص شده مناسب باشد. این نوع ترانس‌ها باید به صورت یک‌پارچه با عایق رزین قالب‌گیری شود و با طرح و ابعاد مناسب برای نصب در سلول‌های تمام‌بسته فلزی، ساخته شود و دارای خواص تحمل الکتریکی و مکانیکی بالا در برابر فشارهای الکتریکی و تغییرات درجه حرارت باشد. تمام اجزاء واقع در معرض هوا، باید در برابر خوردگی ازمواد ضدخوردگی تهیه و یا گالوانیزه گرم شده باشد. هم‌چنین این‌گونه ترانس‌ها باید نیاز به تعمیر و نگهداری نداشته باشد.

۶-۷-۳-۳ سیم‌پیچ اولیه یا سیم‌پیچ فشار متوسط باید به صورت کلاف بر روی سیم‌پیچ ثانویه عایق‌شده پیچیده شود. سیم‌پیچ ثانویه باید خروجی مناسبی را که برای عملکرد درست دستگاه‌های حفاظتی و وسایل اندازه‌گیری مربوط لازم است، در محدوده بار اعلام‌شده دارا باشد. در مواردی که ترانسفورماتورهای ولتاژ دارای دو سیم‌پیچ جداگانه برای حفاظت و اندازه‌گیری می‌باشد، هر کدام از سیم‌پیچ‌ها باید دقت مورد درخواست را در محدوده خروجی خود، در زمانی که سیم‌پیچ دیگر، خروجی برابر از صفر تا صد درصد خروجی نامی خود را دارد، دارا باشد.

۶-۷-۳-۴ ترمینال اولیه باید از جنس مس گالوانیزه شده بوده و با پیچ‌های اتصال و واشرهای مناسب مجهز باشد. ترمینال باید برای اتصال به شمش‌مسی با اندازه حداکثر ۱۰×۶۰ میلی‌متر مناسب باشد. ترمینال اولیه سمت زمین ترانسفورماتور و ولتاژ فاز به زمین برای استقامت در برابر ولتاژ سه کیلوولت موثر باید عایق شده و توسط یک اتصال قابل تفکیک به ترمینال زمین وصل شود. نقطه اتصال برای زمین‌کردن که با نشانه⏚ مشخص می‌شود باید پیش‌بینی گردد. ترمینال‌های فشار متوسط باید در قسمت بالای بدنه عایقی تعبیه شود.

۶-۷-۳-۵ ترمینال‌های ثانویه باید از جنس مس گالوانیزه شده باشد و با پیچ‌های اتصال با اندازه مناسب برای اتصال به هادی مسی تا ۶ میلی‌مترمربع مجهز باشد.

ترمینال‌های ولتاژ پایین باید با پوشش مقتضی پوشانده شود و به بدنه و پایه نگهدارنده محکم شده و آب‌بندی مناسبی را دارا باشد، و به گلندهای مناسب برای ورود کابل مجهز شده باشد. در کنار ترمینال‌های ثانویه باید یک ترمینال زمین که با علامت ⏚مشخص شده است پیش‌بینی شود. مجموعه ترانسفورماتورهای ولتاژ باید روی یک صفحه نگهدارنده با مقاومت کافی ثابت گردد و باید بتوان آن را به وسیله چهار پیچ در هر وضعیت مطلوبی داخل پانل‌ها نصب نمود.

۶-۷-۳-۶ یک پلاک فلزی ضدزنگ، که حاوی اطلاعات مندرج در استاندارد IEC 60186، و به صورت پاک‌نشدنی باشد، باید روی ترانسفورماتور ولتاژ نصب شود.

روش علامت‌گذاری ترمینال‌ها باید برابر استاندارد فوق‌الذکر باشد.

۶-۷-۴ کلیدهای جداکننده و زمین یا سکسیونرها

۶-۷-۴-۱ کلید جداکننده یا سکسیونر کلیدی است مکانیکی که توانایی تحمل عبور جریان نامی به طور دایم و جریان اتصال‌کوتاه در مدت زمانی مشخص را دارد. این نوع کلید به طور عموم قادر به قطع جریان نامی نبوده و تنها هنگام بی‌باری و عدم عبور جریان از آن باید باز و یا بسته گردد.

۶-۷-۴-۲ استاندارد ساخت

کلیدهای جداکننده و زمین باید برابر مشخصات فنی مندرج در استاندارد IEC 62271-102 طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گیرد (به بند ۶-۳-۴-۵ نگاه کنید)

۶-۷-۴-۳ طبقه‌بندی

کلیدهای جداکننده مورد استفاده در سطوح ولتاژ فشار متوسط بر حسب نوع ماده عایقی، ساختمان، نوع عملکرد و محل نصب برابر جدول ۶-۸ طبقه‌بندی می‌شود.

جدول ۶-۸: تقسیم‌بندی سکسیونرهای فشار متوسط

تقسیم‌بندی سکسیونر	نوع
نوع ماده عایقی	سکسیونرهای با عایق هوا
	سکسیونرهای با عایق گاز SF6
ساختمان	سکسیونرهای افقی با قطع از یک نقطه
	سکسیونرهای افقی با قطع از دو نقطه
	سکسیونرهای عمودی
نوع عملکرد	مکانیزم موتوری
	مکانیزم دستی
	ترکیب مکانیزم دستی و موتوری
محل نصب	نصب در محیط باز (کلاس خارجی)
	نصب در محیط بسته(کلاس داخلی)

این‌گونه کلیدها هم‌چنین از نظر تعداد عملکرد مکانیکی برابر استاندارد IEC 62271-102 به شرح جدول ۶-۹ کلاس‌بندی می‌گردد.

جدول ۶-۹: کلاس‌بندی سکسیونرها بر اساس تعداد عملکرد مکانیکی

کلاس	تعدادعملکرد	نوع سکسیونر
M0	۱۰۰۰	سکسیونرهای استاندارد
M1	۲۰۰۰	سکسیونرها جهت استفاده همراه کلیدهای قدرت با کلاس مشابه
M2	۱۰۰۰۰	سکسیونرهای جهت استفاده همراه کلیدهای قدرت با کلاس مشابه

۶-۷-۴-۴ مشخصات و معیارهای فنی

الف) کلیدهای جداکننده و زمین باید برای استفاده در ارتفاع مشخص‌شده و شرایط محیطی مورد مصرف مناسب باشد.

ب) تمام کلیدهای زمین و جداکننده و لوازم فرعی به کار رفته در این مشخصات، باید با عایق، اتصالات ترمینال پایه‌ها، مکانیزم عملکرد و سایر قسمت‌هایی که برای عملکرد لازم است، پیچ‌های نگهدارنده و واشرها برای نصب کابل باشد.

پ) وضعیت عملکرد سکسیونرها باید در یکی از حالات زیر به خوبی مشخص باشد:

- فاصله عایقی قابل دیده باشد.
- وضعیت قسمت خارج‌شونده (کشویی) نسبت به قسمت ثابت به طور واضح قابل دید باشد.
- وضعیت کلید جداکننده به وسیله یک نمایشگر قابل اطمینان، کاملاً مشخص شود.

ت) هر قسمت جداشدنی باید به‌گونه‌ای به قسمت ثابت متصل باشد که کلیدجداکننده به علت نیروهای ناشی از کار وسیله و یا به علت اتصال‌کوتاه، به طور غیرمنتظره باز نشود.

ث) کلیدهای جداکننده باید به‌گونه‌ای طراحی شود که جریان اسمی را به طور پیوسته و بدون تجاوز از مقدار دمای مشخص‌شده در بند 4.4 از استاندارد IEC 62271-102 از خود عبور دهد.

کلیدهای جداکننده فیوزدار، با عملکرد هر یک از فازها باید سریعاً، به صورت سه‌فاز قطع شود.

ج) حداقل مجموع طول فاصله هوایی بین ترمینال فازهای یکسان، با عایق، در حالت باز بودن کلید، نباید از ۱/۱۵ برابر فاصله فاز تا زمین که باعث قوس می‌شود، کمتر باشد و باید ولتاژ مورد لزوم را تحمل نماید.

چ) کلیدهای جداساز باید به گونه‌ای طراحی شود که در برابر نیروی ناشی از جریان‌های مشخص‌شده‌ای که از آن عبور می‌کند، بدون سوختگی یا صدمه به کنتاکت‌ها، مقاومت کند، و باید در هر دو حالت باز یا بسته‌بودن کنتاکت‌ها خود نگهدار باشد.

ح) کلیدهای زمین و کلیدهای جداساز باید توسط اینترلاک‌های مکانیکی طوری طراحی شود که بسته‌بودن یکی از آن دو، از بسته‌شدن دیگری جلوگیری نماید.

۶-۷-۴-۵ پلاک مشخصات

هر کلید جداکننده یا زمین باید دارای یک پلاک مشخصات به شرح زیر باشد که در محل قابل دید نصب شود:

- نام کارخانه سازنده
- شماره سریال کلید
- ولتاژ نامی بر حسب کیلوولت
- ولتاژ استقامت در برابر ضربه صاعقه بر حسب کیلوولت
- فرکانس نامی بر حسب هرتز
- جریان نامی بر حسب آمپر
- جریان اتصال کوتاه بر حسب کیلوآمپر

- زمان استقامت در برابر عبور جریان اتصال کوتاه بر حسب ثانیه
- ولتاژ تجهیزات و دستگاه‌های کمکی و جانبی بر حسب ولت
- مقدار نیروهای مکانیکی قابل تحمل
- تعداد عملکرد مکانیکی و کلاس آن
- کلاس استقامت الکتریکی برای کلیدهای زمین
- وزن کلید
- سال ساخت

۶-۷-۵ وسایل اندازه‌گیری

۶-۷-۵-۱ وسایل اندازه‌گیری که برای خطوط ترانسفورماتورها بر روی تابلو نصب می‌شود باید در اندازه بزرگ بوده و اتصالات آن از پشت انجام گردد. وسایل مزبور باید در برابر نفوذ رطوبت و خاک مقاوم بوده و تقریباً همسطح قسمت نگهدارنده که ضخامت آن ۲/۵ میلی‌متر خواهد بود، نصب شود. این وسایل باید دارای زمینه سفیدرنگ بوده و علامتگذاری‌ها و درجه‌بندی و نشانگر آن به رنگ سیاه باشد.

۶-۷-۵-۲ وسایل اندازه‌گیری باید دارای پیچ تنظیم برای صفرکردن باشد و میزان دقت آن در مقادیر اسمی برابر با ۱± درصد باشد. آمپرمترها باید مطابق جریان اولیه ترانس جریان مدرج شده باشد.

۶-۷-۵-۳ ولت‌مترها باید دارای کویل با تحمل ولتاژ تا ۱۵۰ ولت بوده و برای مدارهای ثانویه ترانسفورماتور ولتاژ با مقادیر اسمی ۱۰۰ ولت و ۵۰ هرتز باشد و بر طبق طرف اولیه ترانسفورماتور ولتاژ مدرج شده باشد.

۶-۷-۵-۴ کلید ولت‌متر باید از نوع گردان ۷ حالته با کنتاکت نگهدارنده و بدون فنر برگشت بوده و دارای صفحه علامتگذاری شده باشد و برای نصب روی ورق سه میلی‌متری مناسب باشد، علامت‌ها باید شامل: R-S,T,S,R , T-S و O باشد.

۶-۷-۵-۵ مجموعه لامپ‌های نمایشگر باید از نوع تابلویی، دارای مصرف کم و برای نصب روی ورق سه‌میلی‌متری مناسب باشد. کلاهک رنگی روی لامپ‌ها، نباید با گرمای لامپ تغییر شکل و رنگ دهد.

۶-۸ ترکیب کلی تابلو فشار متوسط

۶-۸-۱ تابلو فشار متوسط برای استفاده در سیستم حلقه‌ای (رینگ)

در مواردی که پست‌فشار متوسط از سیستم شبکه حلقه‌ای تغذیه می‌شود ترکیب کلی تابلو باید به شرح زیر باشد:

سلول اول – کلید ورودی شماره یک رینگ، که شامل یک عدد سکسیونر قابل قطع زیر بار با کلید اتصال زمین می‌باشد، در این سلول نصب می‌شود.

سلول دوم – کلید ورودی شماره دو رینگ، که شامل یک عدد سکسیونر قابل قطع زیر بار با کلید اتصال زمین می‌باشد، در سلول دوم نصب می‌شود.

سلول سوم – کلید اصلی، که شمال یک عدد سکسیونر غیرقابل قطع زیر بار و یک عدد دیژنکتور(از انواع مختلف، مانند کم‌روغن، گازی (SF6)، روغنی، موتوری، و غیره) با رله‌های محافظ، نوع اولیه یا ثانوی می‌باشد، در سلول سوم نصب می‌شود.

سلول چهارم – وسایل اندازه‌گیری، که شامل ترانس ولتاژ، ترانس جریان، کنتور آکتیو، کنتور رآکتیو، ساعت فرمان، و غیره می‌باشد، در سلول چهارم نصب می‌شود.
سلول پنجم – کلید تغذیه ترانسفورماتور قدرت و یا تغذیه پست فرعی، که شامل یک عدد سکسیونر غیرقابل‌قطع زیر بار و یک عدد دیژنکتور (از انواع مختلف، مانند کم‌روغن، روغنی، گازی (SF6)، موتوری، و غیره) با رله‌های محافظ،نوع اولیه یا ثانوی می‌باشد، در سلول پنجم نصب می‌شود.
سلول‌های ششم به بعد، در صورت لزوم، مشابه سلول پنجم خواهد بود.

۶-۸-۲ تابلو فشار متوسط برای استفاده در سیستم شعاعی

در مواردی که پست فشار متوسط از سیستم شبکه شعاعی تغذیه می‌شود، ترکیب کلی تابلو باید به شرح زیر باشد:
سلول اول – کلید اصلی، که شامل یک عدد سکسیونر غیرقابل‌قطع زیر بار و یک عدد دیژنکتور (که ممکن است از انواع مختلف مانند کم‌روغن، روغنی،گازی (SF6)، موتوری، و غیره باشد)با رله‌های محافظ از نوع اولیه یا ثانوی می‌باشد، در سلول اول نصب می‌شود.
سلول دوم – وسایل اندازه‌گیری که شامل ترانس ولتاژ، ترانس جریان، کنتور آکتیو، کنتور رآکتیو، ساعت فرمان، و غیره می‌باشد، در سلول دوم نصب می‌شود.
سلول سوم – کلید تغذیه ترانسفورماتور قدرت و یا تغذیه پست فرعی، که شامل یک عدد سکسیونر غیرقابل‌قطع زیر بار و یک عدد دیژنکتور (از انواع مختلف، مانند کم‌روغن، روغنی، گازی (SF6)، موتوری، و غیره) با رله‌های محافظ، نوع اولیه یا ثانوی می‌باشد، در سلول سوم نصب می‌شود.
سلول‌های چهارم به بعد، در صورت لزوم، مشابه سلول سوم خواهد بود.

۶-۸-۳ شماتیک یک تابلوی برق فشار متوسط در شکل ۶-۳، به عنوان نمونه نشان داده شده است.

۶-۹ نصب تابلوهای فشار متوسط

۶-۹-۱ شرایط استقرار و محل نصب تابلو

۶-۹-۱-۱ حداقل فاصله بین تابلو و دیوار و یا بین دو تابلوی مجاور باید ۷۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شود، به‌گونه‌ای که برای دسترسی به داخل تابلو برای تعمیر و نگهداری فضای کافی موجود باشد.

۶-۹-۱-۲ در مواردی که تابلوهای تمام‌بسته در مجاورت دیوار قرار می‌گیرد، برای جلوگیری از خطر فساد تدریجی (زنگ‌زدگی) تابلو باید حداقل ۵ سانتی‌متر از دو دیوار فاصله داشته باشد.

۶-۹-۱-۳ محوطه و اتاقک تابلو باید به‌گونه‌ای باشد که آب‌های سطحی جاری و یا طوفان وسیل به آن آسیبی وارد نکند.

۶-۹-۱-۴ دمای محیطی که تابلو در آن قرار می‌گیرد باید بالاتر از ۵°C- باشد، در غیر این‌صورت استفاده از گرمکن برقی توصیه می‌گردد.

۶-۹-۱-۵ تهویه محوطه استقرار تابلو باید به خوبی صورت گیرد تا از زنگ‌زدن و اثرات گرد و غبار محیط جلوگیری به عملی آید.

۶-۹-۲ روش نصب

۶-۹-۲-۱ تابلوهای فشار متوسط ایستاده تمام‌بسته، انواع قابل دسترسی و فرمان از جلو، و کشویی، باید به یکی از دو روش زیر نصب شود:

الف) نصب بر روی اتاقک کابل:

برای نصب این قبیل تابلوها بر روی اتاقک کابل باید یک دهانه به شکل مستطیل متناسب با ابعاد کف تابلو در سقف اتاقک مزبور احداث و تابلو بر روی آن نصب شود. طول دهانه مورد نظر باید ۲۰ سانتی‌متر کمتر از عرض مجموع تابلو باشد و عرض آن نیز ۲۰ سانتی‌متر کمتر از عمق تابلو مربوط خواهد بود. لبه دهانه باید با آهن نبشی چهار سانتی‌متر در چهار سانتی‌متر مهار شود.

ب) نصب بر روی کانال:

طول کانال مورد نظر، که تابلو بر روی آن استقرار می‌یابد باید ۲۰ سانتی‌متر کمتر از عرض مجموعه تابلو باشد و عرض آن نیز ۲۰ سانتی‌متر کمتر از عمق تابلوی مربوط خواهد بود. عمق کانال باید ۱۲۰ سانتی‌متر باشد. این کانال باید برای ورود و خروج کابل‌ها به کانال کابل‌کشی‌ها مرتبط باشد. برای جلوگیری از جمع شدن آب در داخل این کانال باید کف آن آبکش بوده و یا به یک سمت شیب داشته و در انتهای شیب به وسیله کف‌شور به چاهک جذب آب‌های مزبور ختم شود. لبه کانال باید با آهن نبشی چهار سانتی‌متر در چهارسانتی‌متر مهار شود.

۶-۹-۲-۲ کلیه سیم‌کشی‌های مدار ثانوی تابلو مانند وسایل اندازه‌گیری، فرمان، اعلام‌خطر و غیره باید با سیم مسی تک‌لا(مفتولی) با عایق حداقل ۱۰۰۰ ولت و با مقطع ۲/۵ میلی‌مترمربع انجام شود.

فرم‌بندی سیم‌کشی‌های یادشده باید طوری باشد که در صورت نیاز به تعویض هر کدام از آنها، بدون تداخل به کار سایر مدارها، امکان‌پذیر باشد و یا این‌که سیم‌کشی‌های داخلی تابلو باید در داخل کانال مخصوص نوع نسوز انجام شود.

۶-۱۰ آزمایش تابلوهای فشار متوسط

کلیه تابلوهای فشار متوسط باید پس از ساخت در کارخانه و هم‌چنین پس از نصب در محل و قبل از راه‌اندازی بر اساس طبقه‌بندی زیر مورد آزمایش قرار گیرد.

۶-۱۰-۱ تابلوهای فشار متوسط پوشش فلزی

این‌گونه تابلوها باید برابر مقررات استانداردهای IEC 60694 و IEC 60298 مورد آزمون‌های نوعی (type tests) و معمولی (routine tests) قرار داده شود.

۶-۱۰-۱-۱ آزمون‌های نوعی، که برای تایید مشخصات نوع معینی از تابلوها از نظر مطابقت با مقررات استاندارد می‌باشد، باید برابر مفاد بخش ۶ نشریه شماره IEC 60298 در زمینه‌های زیر انجام شود:

- آزمون‌های دی‌الکتریک (بررسی و تایید سطح عایق‌بندی تجهیزات و آزمون‌های مربوط به مدارهای فرعی)
- آزمون‌های ولتاژ تداخل رادیویی
- آزمون‌های افزایش دما و اندازه‌گیری مقاومت مدار اصلی
- آزمون‌های بررسی و تایید قابلیت ایستادگی مدارهای اصلی و اتصال زمین در برابر جریان‌های پیک و کوتاه‌مدت
- آزمون‌های اثبات تطبیق ظرفیت تعیین‌شده قطع و وصل وسایل کلیدی

- آزمون‌های اثبات کار رضایت‌بخش وسایل کلیدی و قسمت‌های قابل برداشت
- آزمون‌های بررسی و تایید حفاظت افراد در برابر نزدیک‌شدن به قسمت‌های برق‌دار و تماس با قسمت‌های متحرک
- آزمون ایستادگی فشار برای قسمت‌های پرشده از گاز
- آزمون‌های نشت گاز خانه‌های پرشده از گاز
- آزمون‌های بررسی و تایید حفاظت افراد در برابر اثرات خطرناک جریان برق (نشت جریان برق)
- آزمون‌های بررسی و تایید حفاظت تجهیزات در برابر اثرات خارجی ناشی از هوا و عوامل جوی
- آزمون‌های بررسی و تایید حفاظت تجهیزات در برابر صدمات مکانیکی
- آزمون‌های تعیین اثرات قوس الکتریکی ناشی از اتصالی داخل تابلو
- آزمون‌های تشخیص برخی از عیوب در عایق‌بندی تجهیزات به وسیله اندازه‌گیری تخلیه بارهای الکتریکی جزیی (partial discharges)

۶-۱۰-۱-۲ آزمون‌های معمولی، که برای تشخیص مرغوبیت مواد به کار رفته یا صحت کار انجام شده می‌باشد،باید برابر مفاد بخش ۷ از نشریه IEC 60298 یا مشابه آن بر اساس فهرست زیر انجام شود:

- آزمون‌های توان – فرکانس ولتاژ در مدار اصلی
- آزمون‌های دی‌الکتریک بر روی مدارهای فرعی و کنترل
- اندازه‌گیری مقاومت مدار اصلی
- آزمون‌های نحوه کار اجزای مکانیکی
- آزمون‌های مربوط به وسایل فرعی، نوماتیک و هیدرولیک
- بررسی و تایید صحت سیم‌کشی‌ها
- اندازه‌گیری تخلیه بارهای الکتریکی جزیی
- آزمون‌های فشار خانه‌های مملو از گاز
- آزمون‌های نفوذناپذیری گاز در خانه‌های مملو از گاز
- آزمون‌های پس از نصب در محل
- اندازه‌گیری شرایط گاز پس از پرکردن در محل

۶-۱۰-۲ تابلوهای فشار متوسط مجهز به پوشش عایق

این نوع تابلوها باید برابر مقررات مندرج در بخش ۶ از استاندارد IEC 60466 یا مشابه آن مورد آزمون‌های نوعی و معمولی قرار گیرد.

۶-۱۰-۲-۱ آزمون‌های نوعی و تاییدی، که به منظور بررسی و تایید ویژگی‌های طرح تابلو به عمل می‌آید و بر روی مجموعه‌های الگوی نمونه تابلوهای فشار متوسط مجهز به پوشش عایق یا قسمتی از مجموعه‌های مزبور انجام می‌شود، به قرار زیر است:

الف) آزمون‌های نوعی نرمال (Normal type tests)

- آزمون‌های اثبات سطح عایق‌بندی تجهیزات از جمله آزمون‌های توان – فرکانس ولتاژ مدارهای کمکی
- آزمون‌های اثبات افزایش دمای قسمت‌های دستگاه و اندازه‌گیری مقاومت مدار اصلی
- آزمون‌های اثبات قابلیت مدارهای اصلی و زمین برای ایستادگی در برابر جریان‌های نامی پیک و کوتاه‌مدت
- آزمون‌های تایید ظرفیت قطع و وصل وسایل کلیدی
- آزمون‌های بررسی و تایید عملکرد رضایت‌بخش وسایل کلیدی و قسمت‌های قابل برداشت

- آزمون‌های بررسی و تایید حفاظت اشخاص در برابر امکان آسیب‌پذیری ناشی از نزدیک‌شدن به قسمت‌های برق‌دار و متحرک
- آزمون‌های بررسی و تایید حفاظت اشخاص در برابر تاثیرات خطرناک جریان برق

ب) آزمون‌های نوعی ویژه (تابع توافق بین سازنده و استفاده‌کننده)

- آزمون‌های اثبات قدرت مکانیکی پوشش عایق تابلو
- آزمون‌های بررسی اثرات قوس الکتریکی ناشی از خطای درونی
- آزمون‌های کشف عیوب خاص در عایق‌بندی جامد تجهیزات به وسیله اندازه‌گیری تخلیه بارهای الکتریکی جزیی
- آزمون‌های بررسی و تایید پایداری حرارتی مواد عایق‌بندی
- آزمون‌های ارزیابی اثرات تعریق برروی سطوح عایق‌بندی

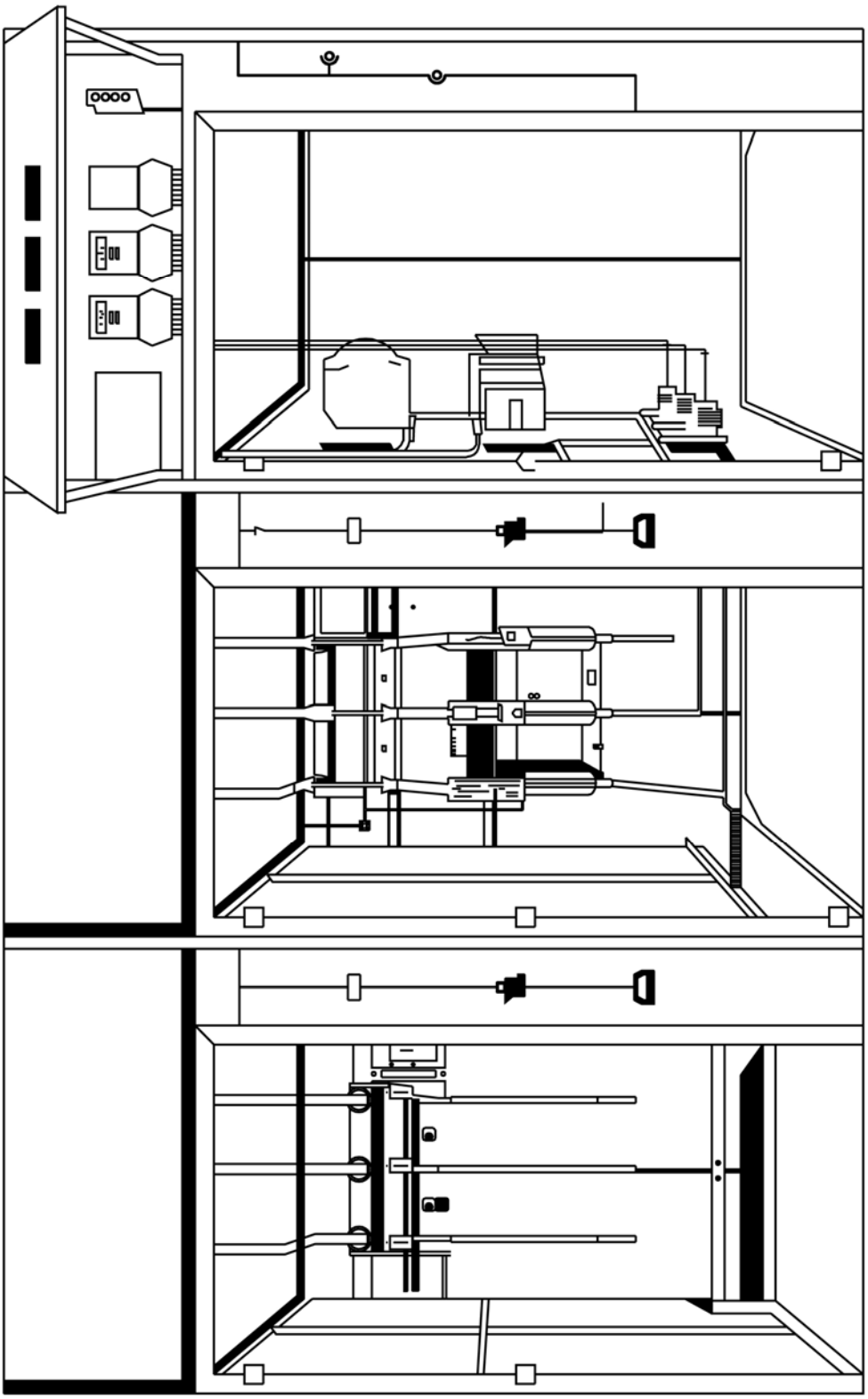
۶-۱۰-۲-۲ آزمون‌های معمولی و تاییدی، که هدف از آن کشف نقایص احتمالی در جنس و ساخت تابلو است و باید بر روی کلیه واحدهای قابل حمل انجام شود، شامل موارد زیر است:

- آزمون‌های توان – فرکانس ولتاژ بر روی مدار اصلی
- آزمون‌های دی‌الکتریک بر روی مدارهای کمکی و کنترل
- اندازه‌گیری مقاومت مدار اصلی
- اندازه‌گیری مقدار تخلیه بارهای الکتریکی جزیی
- آزمون‌های نحوه کار اجزای مکانیکی
- آزمون‌های مربوط به دستگاه‌های فرعی برقی، نوماتیک و هیدرولیک
- بازدید و کنترل سیم‌کشی‌ها

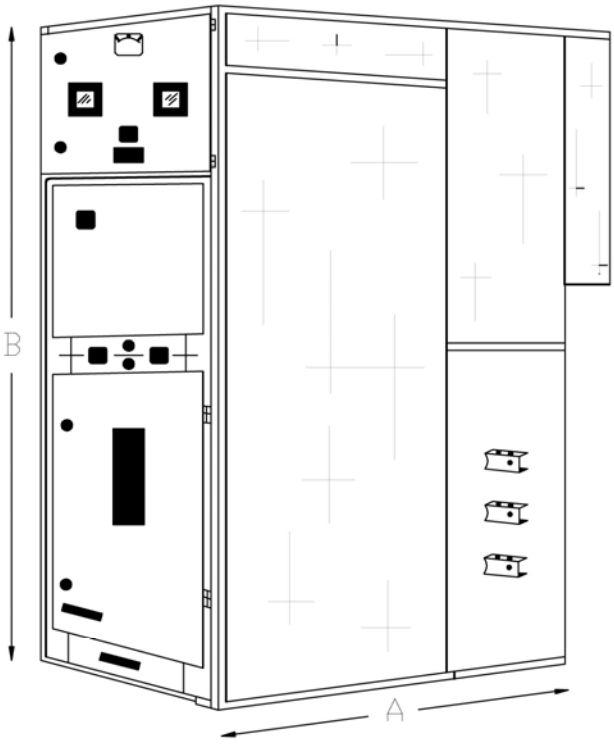
۶-۱۱ نمونه شکل‌ها و نشانه‌های ترسیمی تابلوهای فشار متوسط

۶-۱۱-۱ نمونه تابلوهای فشار متوسط در شکل‌های ۶-۱ و ۶-۲ و شماتیک تابلوی برق فشار متوسط در شکل ۶-۳ ارائه شده است.

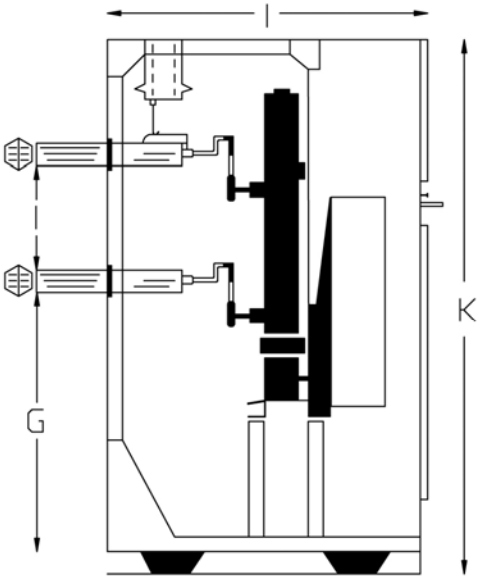
۶-۱۱-۲ نشانه‌های ترسیمی وسایل تابلوهای فشار متوسط در جدول ۶-۱۰ ارائه شده است.



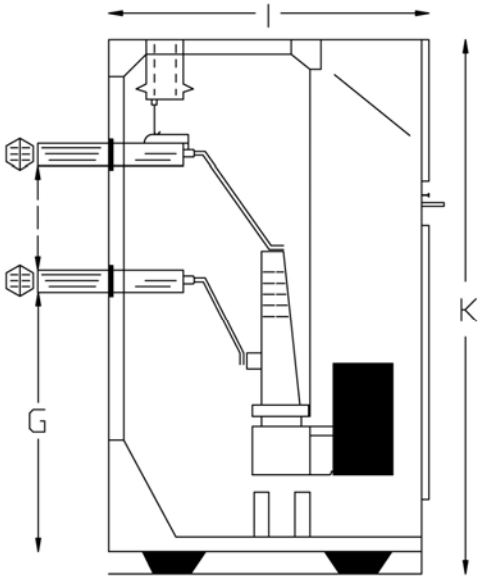
شکل ۶-۱: تابلوی فشار متوسط نوع قابل دسترسی از جلو



شکل ظاهری سلول

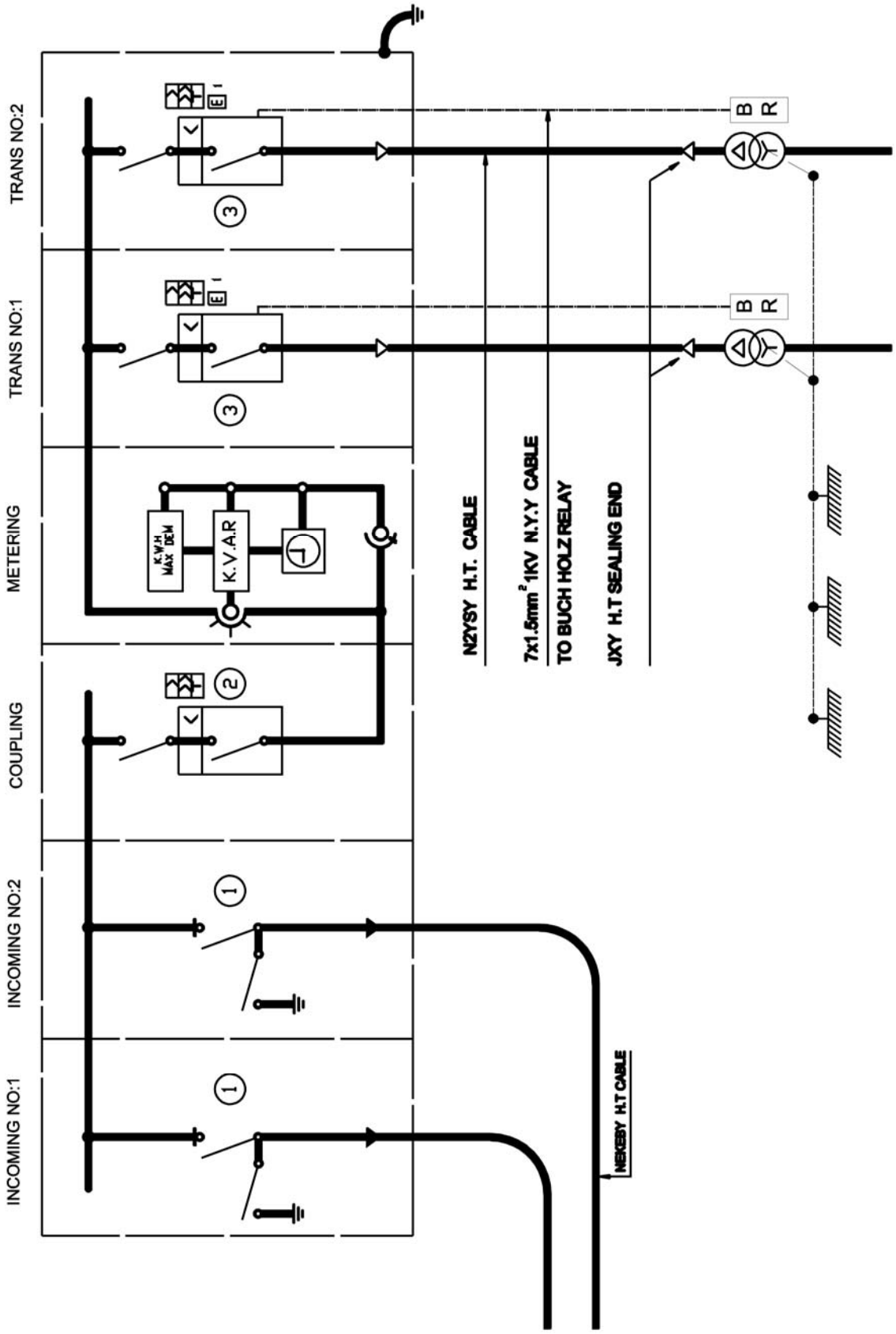


ارابه کشویی با دیژنکتور کم‌روغن



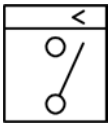
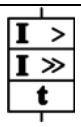
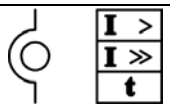
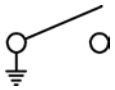
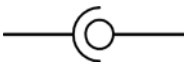
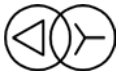
ارابه کشویی با دیژنکتور

شکل ۶-۲: تابلوی فشار متوسط نوع کشویی



شکل ۶-۳: شماتیک تابلوی برق فشار متوسط

جدول ۶-۱۰: نشانه‌های ترسیمی وسایل تابلوهای فشار متوسط

شرح و مشخصات	نشانه
دیژنکتورکم‌روغن فشار متوسط	
رله محافظ پریمر برای نصب روی دیژنکتور	
رله محافظ سکوندر برای نصب روی دیژنکتور	
سکسیونر سه‌پل غیرقابل قطع زیر بار فشار متوسط	
کلید اتصال زمین فشار متوسط	
سکسیونر سه‌پل قابل قطع زیر بار فشار متوسط	
ترانس جریان فشار متوسط	
ترانس ولتاژ فشار متوسط	
کنتورآکتیو	
کنتور رآکتیو	
ساعت فرمان	
ترانسفورماتور نیرو	

فصل ۷

کابل‌های فشار ضعیف

مشخصات فنی عمومی و اجرایی

تأسیسات برقی ساختمان

نشریه ۱-۱۱۰ (تجدید نظر دوم)

۷ کابل‌های فشار ضعیف

فهرست

شناسه	عنوان	صفحه
۷-۱	دامنه پوشش	۱ از ۳۵
۷-۲	تعاریف و اصطلاحات	۱ از ۳۵
۷-۳	استاندارد ساخت	۲ از ۳۵
۷-۴	مشخصات فنی و موارد کاربرد کابل‌ها	٤ از ۳۵
۷-۵	ضوابط اساسی در طراحی سیستم کابل‌کشی	۱۰ از ۳۵
۷-۶	اصول و روش‌های نصب کابل‌ها	۲۲ از ۳۵
۷-۷	کابلشوها، سرکابل‌ها و مفصل‌ها	۳۳ از ۳۵
۷-۸	نشانه‌های ترسیمی الکتریکی	۳۵ از ۳۵

۷-۱ دامنه پوشش

در این فصل کابل‌های فشار ضعیف با هادی‌های مسی یا آلومینیومی، عایق‌بندی پلاستیکی یا کاغذی، دارای حفاظ و یا زره‌دار که ولتاژ اسمی آنها ۶۰۰/۱۰۰۰ ولت و به صورت نصب ثابت یا قابل انعطاف بوده و نیز کابلشوها، سرکابل‌ها و مفصل‌ها جهت اتصال کابل‌ها به وسایل و دستگاه‌های الکتریکی یا به کابل‌های دیگر، مورد بررسی قرار می‌گیرد. انواع کابل‌هایی که در شبکه‌های توزیع نیرو یا تاسیسات صنعتی به صورت زمینی یا هوایی به کار رفته و هم‌چنین برخی از کابل‌های مخصوص که در شرایط و تاسیسات خاص مورد استفاده قرار می‌گیرند، در نظر گرفته شده و با تعیین ویژگی‌های عمده این نوع کابل‌ها و ملحقات مربوط، مشخصات فنی عمومی و معیارهای پایه برای طراحی و اجرای سیستم‌های کابل‌کشی مربوط، مشخصات فنی عمومی و معیارهای پایه برای طراحی و اجرای سیستم‌های کابل‌کشی فشار ضعیف، شامل بخش‌های زیر تدوین شده است.

- تعاریف و اصطلاحات
- استانداردهای ساخت
- مشخصات فنی و موارد کاربرد کابل‌ها
- لوازم، وسایل و تجهیزات داخل تابلو
- ضوابط اساسی در طراحی سیستم کابل‌کشی
- اصول و روش‌های نصب کابل‌ها
- کابلشوها، سرکابل‌ها و مفصل‌ها
- نشانه‌های ترسیمی الکتریکی کابل‌ها

۷-۲ تعاریف و اصطلاحات

واژه‌ها و اصطلاحات مورد استفاده در این فصل دارای تعاریف زیر خواهد بود:

۷-۲-۱ کابل

کابل یک یا چند هادی (تک یا چند سیمه) است به طوری که هر هادی به وسیله عایق واحدی عایق‌کاری شده و مجموعه هادی‌های عایق‌دار نیز در داخل یک پوشش اضافی قرار گرفته باشد.

۷-۲-۲ هسته کابل

هر رشته هادی عایق‌داری که درون کابل واقع شده باشد یک هسته نامیده می‌شود.

۷-۲-۳ حفاظ (Shield)

حفاظ فلزی از یک یا چند نوار یا لایه‌ای ازسیم‌های هم‌مرکز یا ترکیبی از سیم‌ها و نوار هم‌مرکز تشکیل یافته است.

۷-۲-۴ غلاف (Sheath)

غلاف فلزی از یک لوله درزجوش مسی، سربی یا آلیاژ سربی تشکیل شده که به نحو نسبتاً محکمی رشته سیم‌های کابل را احاطه کرده است.

۷-۲-۵ زره (Armour)

زره از رشته سیم‌های گرد یا تخت و یا نوارهای فولادی گالوانیزه یا مسی قلع‌اندود شده یا آلومینیومی یا آلیـاژ آلومینیـومی تشکیل شده و به منظور استحکام بیشتر در برابر آسیب‌رسانی احتمالی نیروهای مکانیکی در هنگام نصب و بهـره‌بـرداری، در کابل پیش‌بینی می‌شود.

۷-۲-۶ ولتاژ اسمی

ولتاژ نامی کابل ولتاژی است که کابل برای آن طراحی شده و آزمون‌های الکتریکی بر اساس آن انجـام مـی‌شـود. ولتـاژ اسمی به صورت U_0/U بر حسب ولت بیان می‌شود.

U_0 مقدار موثر (r.m.s) ولتاژ بین هر هادی عایق‌دار و زمین (پوشش فلزی کابل یا هر پوشش دیگر) می‌باشد.

U مقدار موثر (r.m.s) ولتاژ بین هر دو فاز یک کابل چند سیمه یا سیستمی از کابل‌های تک‌سیمه می‌باشد.

U_m مقدار حداکثر "بالاترین ولتاژ سیستم" است که کابل برای کار در آن در نظر گرفته شده است.

در یک سیستم جریان متناوب، ولتاژ اسمی سیم یا کابل باید حداقل برابر با ولتاژ نامی سیستم باشدکه سیم یا کابل بـرای کار در آن در نظر گرفته شده است. شرط نامبرده برای هر دو مقدار ولتاژهای U_0 و U باید رعایت شـود. در یـک سیسـتم جریان مستقیم، ولتاژ نامی سیستم نباید بیش از ۱/۵ برابر ولتاژ اسمی سیم یا کابل باشد.

برای تعاریف مربوط به جریان مجاز حرارتی یک هادی (جریان اسمی) اضافه جریان، جریان اضـافه بـار و جریـان اتصـال کوتاه به بخش ۲-۲ فصل دوم مراجعه شود.

۷-۳ استانداردهای ساخت

کابل‌های فشارضعیف با ولتاژ اسمی ۶۰۰/۱۰۰۰ ولت که برای نصـب ثابـت یـا اتصـالات متحـرک در تاسیسـات برقـی ساختمان‌ها و شبکه‌های توزیع یا تاسیسات خاص به کار می‌روند باید برابر جدیـدترین اصـلاحیه اسـتانداردهای موسسـه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و یا یکی از استانداردهای شناخته شده و معتبـر جهـانی ماننـد کمیسـیون بـین‌المللـی الکتروتکنیک (IEC) به شرح زیر طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گیرد.

۷-۳-۱ استانداردهای موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

– روش‌های آزمون هادی‌های سیم و کابل	ISIRI 3084
– جریان مجاز هادی‌ها برای تاسیسات الکتریکی ساختمان‌ها	ISIRI 1936
– آیین‌نامه ایمنی تاسیسات الکتریکی ساختمان‌ها	ISIRI 1937

۷-۳-۲ استانداردهای کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک

– بخش ۱– کابل‌ها با ولتاژ اسمی یک کیلوولت	IEC 60502-1
– آزمون‌ها برای کابل‌های الکتریکی تحت شرایط آتش – بخش ۲۱– روش‌ها و الزامات	IEC 60331-21

– تاسیسات الکتریکی ساختمان‌ها بخش ۱–اصول پایه‌ای، ارزیابی شاخصه‌های عمومی، تعاریف	IEC 60364-1
– تاسیسات الکتریکی ساختمان‌ها، بخش ۵۱–۵، انتخاب و نصب دستگاه الکتریکی، مقررات عمومی	IEC 60364-5-51
– تاسیسات الکتریکی ساختمان‌ها، بخش ۵۴–۵، انتخاب و نصب دستگاه الکتریکی، ساختارهای اتصال زمین و هادی‌های حفاظتی	IEC 60364-5-54
– تاسیسات الکتریکی ساختمان‌ها، بخش ۵۲–۵، انتخاب و نصب دستگاه الکتریکی، سیستم‌های سیم‌کشی	IEC 60364-5-52

۷-۳-۳ استانداردهای DIN VDE

– کابل‌های قدرت با عایق و غلاف پی. وی. سی و با ولتاژ تاوخود ۵/۶/۶ کیلوولت	DIN VDE 0271
– کابل‌های توزیع با ولتاژ اسمی ۰/۶/۱ کیلوولت (این استاندارد از سال ۱۹۹۵ جایگزین استاندارد DIN VDE 0272 شده است)	DIN VDE 0276 Part 603
– کابل‌های قدرت با ولتاژ اسمی ۰/۶/۱ کیلوولت با عملکرد خاص در شرایط وقوع آتش و برای کاربرد در نیروگاه‌ها	DIN VDE 0276 Part 604
– نصب تاسیسات برقی با ولتاژ اسمی زیر ۱۰۰۰ ولت	DIN VDE 0100
– کابل‌های عایق‌دار پلاستیکی وغلاف سربی برای کاربرد در تاسیسات الکتریکی	DIN VDE 0265
– کابل‌های توزیع با عایق کاغذی اشباع‌شده (این استاندارد از سال ۱۹۹۷ جایگزین استاندارد DIN VDE 0255 شده است)	DIN VDE 0276 Part 621
– کاربرد کابل‌ها و بندهای قابل انعطاف در تاسیسات انرژی الکتریکی	DIN VDE 0298 Part1-300
– قابلیت بار، کلیات، ضرایب صحیح	DIN VDE 0276 Part1000
– کابل پلی‌اتیلن مستحکم (XLPE) و غلاف پی. وی.سی با ولتاژ تا ۰/۶/۱ کیلوولت	DIN VDE 0262

۷-۳-۴ استانداردهای BS

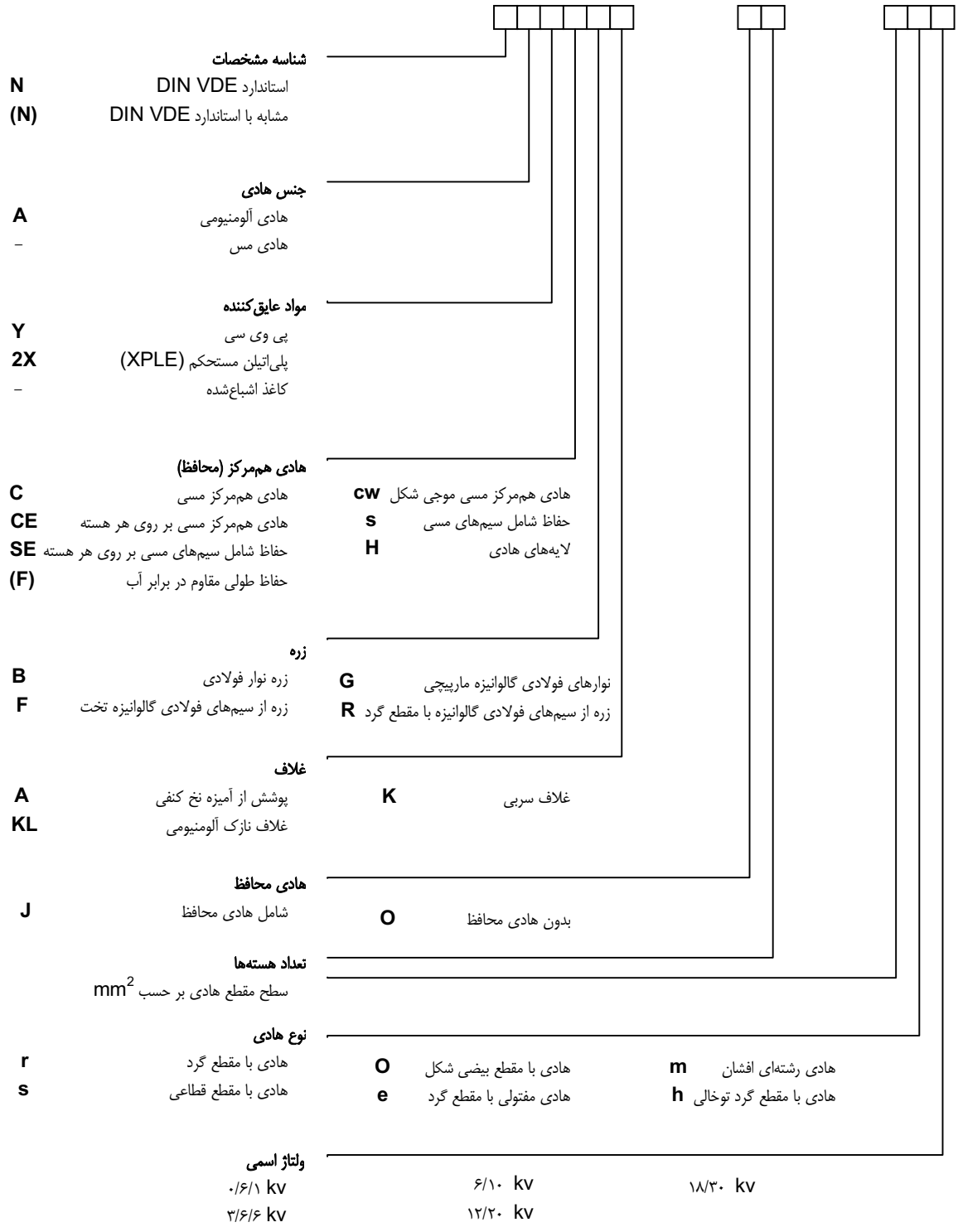
– مشخصات کابل‌های الکتریکی زره‌دار با عایق پی. وی. سی و ولتاژ ۶۰۰/۱۰۰۰ و ۱۹۰۰/۳۳۰۰ ولت	B.S.6346
– مشخصات کابل‌های عایق‌دار پلی‌اتیلن	B.S.5308-1
– کابل‌های فشار ضعیف و متوسط با عایق پلیمریک	B.S.7870
– کابل‌های الکتریکی – محاسبه جریان اسمی	B.S.7769

۷-۴ مشخصات فنی و موارد کاربرد کابل‌ها

با توجه به کاربرد وسیع و با سابقه نشانه‌های شناسایی سیم‌ها و کابل‌ها در این کشور براساس سیستم استاندارد DIN VDE، ضروری است در ابتدا، نشانه‌های مذکور مطرح و معرفی گردند.

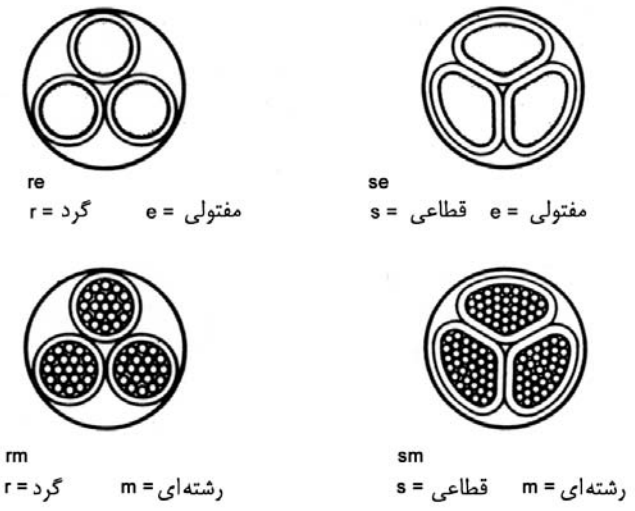
جدول ۷-۱ نشانه‌های شناسایی و مشخصه‌های سیم‌ها و کابل‌های فشارضعیف و فشار متوسط که برای توزیع نیرو ونیز کنترل و فرمان به کار می‌روند، بر طبق استاندارد DIN VDE 0271/0276 را ارائه می‌دهد.

جدول ۷-۱: نشانه‌های شناسایی سیم‌ها و کابل‌ها بر اساس استاندارد DIN VDE 0271/0276



به عنوان مثال NYY-J 12×1.5 RE 0.6/1 KV به معنای کابل با عایق پی، وی، سی، غلاف پی، وی، سی با هسته علامت‌گذاری شده سبز – زرد، شامل ۱۲ هسته با سطح مقطع اسمی ۱/۵ میلی‌متر مربع، هادی مفتولی با مقطع گرد و ولتاژ اسمی ۰/۶/۱ کیلوولت می‌باشد. هم‌چنین کابل فشار متوسط NA2XS2Y 1×35 RM/16 6/10 KV به مفهوم کابل تک‌هسته‌ای با عایق پلی‌اتیلن مستحکم (XLPE) غلاف پلی‌اتیلن، شامل هادی رشته‌ای با مقطع گرد از جنس آلومینیوم با سطح مقطع اسمی ۳۵ میلی‌مترمربع که توسط حفاظ مسی ۱۶ میلی‌متر مربع پوشش داده شده و با ولتاژ اسمی ۶/۱۰ کیلوولت می‌باشد.

در شکل ۷-۱ انواع مقاطع کابل از نظر مفتولی یا رشته‌ای بودن هادی‌های کابل و نیز مقاطع گرد یا قطاعی آن رسم شده است.



شکل ۷-۱: انواع مقاطع هادی‌های کابل

کابل‌های فشار ضعیف را می‌توان بر اساس کاربرد و موارد مصرف به سه نوع کابل‌های زمینی، کابل‌های هوایی و کابل‌های مخصوص طبقه‌بندی نمود.

۷-۴-۱ مشخصات فنی و موارد کاربرد کابل‌های هوایی

کابل هوایی کابلی است که به صورت روکار، روی دیوار یا سقف یا سینی کابل و یا به صورت آویز بین دو تیر نصب شده باشد. جریان مجاز کابل‌های هوایی با توجه به شرایط نصب و درجه‌حرارت محیط و تعداد کابل‌ها در بخش ۷-۵ بررسی و ارائه شده است.

۷-۴-۱-۱ کابل‌هایی که به صورت هوایی و آویزان بین دو تیر نصب می‌شوند ولتاژ این نوع کابل‌ها ۰/۶/۱ کیلوولت می‌باشد.

الف) کابل FA2Y

کابلی است که در آن هادی از رشته‌های تابیده شده آلومینیومی سخت با مقطع گرد تشکیل شده و با ماده پلی‌اتیلن مشکی رنگ مقاوم در برابر تغییرات جوی عایق و بهم تابیده شده است. در کابل، سیم‌های بایک، دو یا سه برآمدگی

سراسری در روی عایق، مشخص‌کننده فاز و سیم بدون برآمدگی معرف سیم خنثی (نول) است.کابل‌هایی که دارای سیم برای روشنایی خارجی (خیابانی) است با چهار برآمدگی سراسری از بقیه سیم‌ها مجزا می‌گردد. این نوع کابل بدون مهار مخصوص نصب بر روی تیر جهت پخش انرژی الکتریکی در شهرها، مناطق صنعتی و روستاها بوده و از آن می‌توان به عنوان کابل ورودی به داخل ساختمان‌های صنعتی و نیز در داخل ساختمان‌ها و اماکن که احتمال انفجار و آتش‌سوزی وجود ندارد، استفاده کرد.

ب) کابل YTY

کابلی است که شامل هادی مسی و عایق پی، وی، سی، ماده پرکننده وغلاف نهایی پی،وی، سی بوده و درمجاورت غلاف نهایی، سیم مهار (بگسل) از فولاد گالوانیزه برای نگهداری کابل تعبیه شده است. این نوع کابل مخصوص نصب بر روی تیر جهت توزیع انرژی الکتریکی بوده ولی استفاده از آن در محیطهایی با حرارت زیاد یا با تداخل فرکانسی بالا مناسب نمی‌باشد.

پ) در صورتی که بین دو تیر، سیم مهار (بگسل) فولاد گالوانیزه جداگانه متناسب با مقطع کابل مربوطه نصب شود، کلیه کابل‌های مندرج در بند ۷-۴-۲-۲ را می‌توان با استفاده از بست‌های مخصوصی که حداکثر فاصله بین دو بست از پنجاه سانتی‌متر تجاوز نکند، روی سیم مهار مذکور نصب کرد.

۷-۴-۱-۲ کابل‌هایی که به صورت روکار روی دیوار یا سقف یا سینی کابل نصب می‌شوند.ولتاژ این نوع کابل‌ها ۳۰۰/۵۰۰ یا ۶۰۰/۱۰۰۰ ولت می‌باشد.

الف) کابل NYM

کابلی است که شامل هادی‌های مسی مفتولی یا افشان، عایق پی- وی- سی، پوشش مشترک بر روی هسته و غلاف نهایی پی- وی- سی است. این نوع کابل در محیطهای خشک، مرطوب، در زیر یا روی کار به صورت نصب ثابت به کار می‌رود. استفاده از این کابل در هوای آزاد در صورتی که در برابر نور مستقیم خورشید محافظت شود بلامانع است لیکن دفن آن در زیرزمین مجاز نخواهد بود. هم‌چنین استفاده از آن در محیطهایی با تداخل فرکانس بالا (H.F.) یا محیطهای قابل انفجار و یا محیطهایی با حرارت زیاد مناسب نمی‌باشد.

ب) کابل NHYRUZY

کابلی است با هادی مسی، عایق پی، وی، سی، پوشش داخلی، غلاف سیمی و پوشش خارجی پی، وی، سی، این‌گونه کابل را ممکن است در محیطهای خشک، نمناک و در محیطهایی با تداخل فرکانس بالا و در فضای آزاد، در صورتی که در برابر نور خورشید محافظت شود،مورد استفاده قرار داد. کاربرد این نوع کابل در محیطهای مخاطره‌آمیز و یا دفن آن در زیرزمین مجاز نخواهد بود.

پ) کابل (N)2XH-O

این کابل شامل هادی مسی، یک یا چند هسته، عایق پلی‌اتیلن مستحکم (XLPE) و غلاف فاقد هالوژن می‌باشد. این نوع کابل را می‌توان در نیروگاه‌ها، بیمارستان‌ها، در تاسیسات صنعتی و تاسیسات مترو به کار برده و نیز برای نصب در هوای آزاد روی سینی کابل یا روی دیوار، این کابل مناسب است.

۷-۴-۲ مشخصات فنی و موارد کاربرد کابل‌های زمینی

کابل زمینی کابلی است که مستقیماً در زیرزمین یا در کانال پیش‌ساخته یادر شافت (Shaft) و یا در لوله قابل نصب است، میزان جریان مجاز کابل‌های زمینی با توجه به شرایط نصب، درجه حرارت محیط و تعداد کابل‌ها در بخش ۷-۵ بررسی و درج شده است.

۷-۴-۲-۱ مشخصات کابل‌های زمینی با عایق‌بندی پلاستیکی

کابل‌های توزیع نیرو، فشار ضعیف زیر با ولتاژ ۰/۶/۱ کیلوولت بر اساس استانداردهای DIN VDE 0276 و IEC60502 طراحی، ساخته شده و مورد آزمون قرار می‌گیرند. هم‌چنین در این نوع کابل‌ها گستره حرارت در نصب ثابت از ۴۰- تا ۷۰+ درجه سانتی‌گراد و حرارت مجاز اتصال کوتاه تا ۵ ثانیه برابر ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد است.

الف) کابل‌های NYY و NAYY

کابل NYY دارای هادی مسی و کابل NAYY دارای هادی آلومینیومی می‌باشد.در کابل‌های یک سیمه، هادی با رشته‌های مسی یا آلومینیومی نرم شده است که مقطع آن گرد یا قطاعی (سه گوش) بوده و با مواد پلاستیک عایق می‌شود. سیم‌های عایق‌شده پس از تابیدن برای گرد شدن مقطع در داخل ماده پرکننده قرار می‌گیرند. در کابل‌ها با هادی سه‌گوش به دور کابل نوار پلاستیکی پیچیده می‌شود و کابل با ماده پی، وی، سی غلاف می‌گردد. این نوع کابل‌ها را می‌توان برای کابل‌کشی در زیرزمین، در آب، داخل ساختمان، درکابل‌های پیش‌ساخته، در فضای آزاد، در نیروگاه‌ها و برای تابلوی صنعتی و توزیع و نیز در شبکه‌های مشترکین مورد استفاده قرار داد مشروط بر آنکه خطر آسیب‌دیدگی مکانیکی وجود نداشته باشد. از کابل NYY-J برای کنترل و فرمان و انتقال جریان‌های کنترل نیز استفاده می‌شود.

ب) کابل‌های NYCY ، NYCWY، NAYCWY

این نوع کابل‌ها مشابه کابل‌های NYY و NAYY هستند ولی بین غلاف‌های پی، وی، سی داخلی و خارجی آن حفاظ شامل سیم‌های مسی و نوار مسی مارپیچی هم‌مرکز قرار دارد. بدیهی است که از حفاظ مسی می‌توان به عنوان هادی حفاظتی یا هادی خنثی استفاده کرد. این‌گونه کابل‌ها را می‌توان در مواردی که امکان آسیب‌دیدگی مکانیکی به کابل در هنگام نصب یا در زمان بهره‌برداری وجود داشته باشد، در زیرزمین، در آب، داخل ساختمان، در فضای آزاد، در کانال و برای تابلوهای صنعتی و توزیع، در نیروگاه‌ها، جعبه‌های اتصال خانه‌ها و روشنایی خیابان‌ها مورد استفاده قرار داد. هم‌چنین می‌توان این نوع کابل‌ها را برای انتقال جریان‌های کنترل و داده‌های آزمون به کار برد.

پ) کابل‌های NYRY ، NAYRY،NYRGY ، NAYRGY، NYFGY، NAYFGY

کابل‌هایNYRY وNAYRY با هادی متشکل از رشته‌های مسی یا آلومینیومی نرم‌شده می‌باشند که مقطع آن گرد یا سه‌گوش بوده و با مواد پلاستیک عایق و بهم چسبیده تابیده می‌شوند و توسط ماده پرکننده پلاستیکی یا نوار پلاستیکی احاطه می‌گردند. زره کابل از سیم‌های فولادی گالوانیزه گرد است که توسط غلافی از ماده پلاستیک مشکی پوشیده می‌شود. کابل‌های NYRGY و NAYRGY دارای زره از سیم‌های فولادی گالوانیزه با مقطع گرد و نوار فولادی گالوانیزه مارپیچ و کابل‌های NYFGY و NAYFGY مجهز به زره از سیم‌های فولادی گالوانیزه تخت و نوار فولادی گالوانیزه مارپیچ می‌باشد که بر روی آن غلاف خارجی پی، وی، سی قرار گرفته است. این نوع کابل‌هارا ممکن است در خارج ساختمان، در زیرزمین، درآب، در داخل ساختمان و در کانال‌های پیش‌ساخته، در مواردی که حفاظت مکانیکی زیاد مورد نیاز است یا در شرایطی که تنش‌های کششی در هنگام نصب یا در زمان بهره‌برداری وجود دارد، مورد استفاده قرار گیرد. کابل‌های NYRGY-J وNYFGY-J برای کنترل و انتقال جریان‌های آن به کار می‌روند.

۷-۴-۲-۲ مشخصات کابل‌های زمینی با عایق‌بندی پلی‌اتیلن مستحکم (XLPE)

کابل‌های توزیع نیرو، فشارضعیف زیر با ولتاژ ۰/۶/۱ کیلوولت بر اساس استانداردهای IEC 60502 و DIN VDE 0272 طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار می‌گیرند. در این نوع کابل‌ها حرارت مجاز هادی ۹۰ درجه سانتی‌گرادو حرارت مجاز اتصال کوتاه تا ۵ ثانیه برابر ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد است.

الف) کابل‌های N2XY وNA2XY

کابل N2XY دارای هادی‌های مسی یک یا چند رشته‌ای با سطح مقطع گرد یا سه‌گوش و کابل NA2XY شامل هادی‌های آلومینیومی مفتولی گرد یا سه‌گوش می‌باشد. این کابل‌ها دارای عایق از جنس پلی‌اتیلن مستحکم (XLPE) و پوشش داخلی و لایه فویل بر روی مجموعه هسته‌ها و غلاف خارجی از جنس پی، وی، سی هستند. این نوع کابل‌ها را می‌توان در تاسیسات داخلی، در کانال پیش‌ساخته، در داخل یا خارج ساختمان، در زیرزمین، درپست‌های برق، واحدهای صنعتی و در سیستم‌های برق‌رسانی محلی، در مواردی که صدمه و آسیب مکانیکی به کابل غیرمحتمل است مورد استفاده قرار دارد.

ب) کابل‌های 2XRGY و2XFGY

ساختمان کابل 2XRGY شامل هادی‌های مسی مفتولی، عایق پلی‌اتیلن مستحکم (XLPE)، پوشش داخلی، زره از سیم‌های فولادی،گالوانیزه بامقطع گرد، نوار مارپیچی از فولاد گالوانیزه وغلاف خارجی از جنس پلی‌اتیلن می‌باشد. ساختمان کابل 2XFGY شامل هادی‌های مسی رشته‌ای با مقطع گرد یا قطاعی، عایق پلی‌اتیلن مستحکم (XLPE)، پوشش داخلی زره از سیم‌های فولادی گالوانیزه تخت، نوار مارپیچی از فولاد گالوانیزه و غلاف خارجی از جنس پلی‌اتیلن است. در هر دو کابل زره سیم فولادی به عنوان حفاظت اتصال زمین در صورت تماس تصادفی، نیز عمل می‌نماید. این‌گونه کابل‌ها را ممکن است در تاسیسات داخلی، در کانال، در خارج از ساختمان و در زیر سطح زمین، در پست‌های برق، کارخانه‌های صنعتی و مانند آن، در مواردی که حفاظت مکانیکی زیاد مورد نیاز است یا در مواردی که تنش‌های کششی در هنگام نصب کامل یا در زمان بهره‌برداری وجود دارد، مورد استفاده قرار داد.

۷-۴-۲-۳ مشخصات کابل‌های زمینی با عایق‌بندی کاغذی

کابل‌های توزیع نیرو، فشار ضعیف زیر با ولتاژ ۰/۶/۱ کیلوولت بر اساس استاندارد DIN VDE 0255 طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار می‌گیرند.

الف) کابل‌های NKBA وNAKBA

کابل NKBA با هادی مسی رشته‌ای و کابل NAKBA با هادی آلومینیومی رشته‌ای دارای عایق و کمربند از کاغذ اشباع شده، غلاف سربی، لایه کاغذی مرکب، زره از نوار فولادی دوبل و پوشش کنفی مرکب می‌باشد. این‌گونه کابل‌ها را می‌توان در زیر سطح زمین، داخل یا خارج ساختمان، در کانال کابل و در مواردی که تنش‌های مکانیکی زیاد مطرح نباشد به کار برد.

ب) کابل NAKLEY

این نوع کابل دارای هادی آلومینیومی مفتولی یا رشته‌ای، با عایق و کمربند از جنس کاغذ اشباع شده، غلاف آلومینیومی، نوار پلاستیکی آغشته به ترکیب بیتومین و غلاف پی، وی، سی است. این کابل را ممکن است در زیر سطح زمین، داخل یا خارج ساختمان و در کانال کابل مورد استفاده قرار داد.

۷-۴-۳ مشخصات فنی و موارد کاربرد کابل‌های مخصوص

کابل‌های مخصوص کابل‌هایی است که در شرایط خاص از قبیل عبور از رودخانه یا نهر بزرگ آب یا استخر، محل‌هایی که امکان تماس با مواد سوختی یا شیمیایی وجود دارد، محیط‌های قابل احتراق و انفجار و محل‌های مخاطره‌آمیز یا در معرض بادهای زیاد، قابل نصب و بهره‌برداری باشد. میزان جریان مجاز کابل‌های مخصوص با توجه به شرایط نصب، درجه حرارت محیط و تعداد کابل‌ها دربخش ۷-۵ بررسی و ارایه شده است. ولتاژ اسمی این نوع کابل‌ها ۰/۶/۱ کیلوولت می‌باشد.

۷-۴-۳-۱ کابل‌های TGK و TGKT

این نوع کابل‌ها دارای هادی‌های مسی رشته‌ای باریک، عایق مخصوص از جنس EPR و غلاف مخصوص ازلاستیک مصنوعی می‌باشد. این‌گونه کابل‌ها را ممکن است در آب تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد، در شرایط خشک، تر ومرطوب و در هوای آزاد مورد استفاده قرار داد. کابل‌های مذکور را می‌توان برای اتصال تجهیزات برقی در زیر آب مانند موتور پمپ‌های زیرآبی، در مواردی که تنش‌های مکانیکی متوسط مورد نیاز باشد به کار برد. کابل TGKT مخصوص استفاده در آب آشامیدنی ساخته شده است.

۷-۴-۳-۲ کابل NYKY-J

کابلی است که شامل هادی از سیم‌های مسی مفتولی، عایق هسته از جنس پی، وی، سی، سیم اتصال زمین، پوشش یا نوار پلاستیکی نرم، غلاف داخلی سربی، پوشش خارجی وغلاف خارجی از نوع پی، وی، سی می‌باشد.گستره حرارت در نصب ثابت از ۵- تا ۷۰+ درجه سانتی‌گراد و حرارت مجاز اتصال کوتاه تا ۵ ثانیه برابر ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد است. ان نوع کابل را می‌توان برای انتقال انرژی الکتریکی و کنترل و فرمان در مواردی که خطر واکنش شیمیایی حلال‌ها، سوخت‌های انرژی، نفت و گازوییل در پمپ بنزین‌ها، پالایشگاه‌ها و در صنایع شیمیایی وجود دارد، به کار برد. هم‌چنین می‌توان از این کابل در زیرزمین، در آب، داخل ساختمان و در کانال‌های پیش‌ساخته کابل استفاده کرد.

۷-۴-۳-۳ کابل NSSHöU

کابلی است که شامل هادی رشته‌ای مسی قلع‌اندود، عایق لاستیکی، مجهز به سیم اتصال زمین در کابل‌های سه‌سیمه و بیش از آن، غلاف داخلی لاستیکی و غلاف خارجی از جنس ماده مرکب لاستیکی می‌باشد.گستره حرارت این کابل در نصب ثابت از ۴۰- تا ۸۰+ درجه سانتی‌گراد است. این‌گونه کابل را می‌توان به عنوان کابل اتصال در مواردی که تنش‌های مکانیکی بالایی وجود دارد در زیرزمین و یا خارج از ساختمان به کار برد. هم‌چنین آن را می‌توان در صنایع، کارگاه‌های ساختمانی و معادن، داخل وخارج ساختمان مورد استفاده قرار داد.این نوع کابل برای نصب بر روی گچ در محیط‌های خشک، تر و مرطوب مناسب است. استفاده از این کابل در برخی از انواع ماشین‌آلات مانند روبات‌ها، واحدهای انتقال انرژی که در آنها تحرک مداوم ضروری است، مجاز نمی‌باشد.

۷-۴-۳-۴ کابل HXSHXO (N)

کابلی است که شامل هادی متشکل از رشته‌های نازک مسی، عایق از لاستیک اتیلن‌پروپیلن (EPR) غلاف، داخلی و خارجی از ماده EVA مستحکم باشد. این‌گونه کابل‌ها که فاقد ترکیبات هالوژن بوده و در برابر آتش مقاوم هستند، در محیط‌های خشک، مرطوب، تر و در هوای آزاد برای اتصال لوازم الکتریکی مانند موتورهای سیار، دیگ‌های بخار بزرگ و مانند آن مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۷-۴-۳-۵ کابل YYö-J (N)

هادی این کابل به صورت مفتولی مسی و عایق سیم‌ها (هسته‌ها) از نوع پی، وی، سی بوده و پوشش خارجی آن نیز از جنس پی، وی، سی می‌باشد. گستره حرارت این کابل در نصب ثابت از ۳۰- تا ۷۰+ درجه سانتی‌گراد است.این‌گونه کابل را می‌توان به منظور انتقال انرژی الکتریکی و داده‌ها در خارج ساختمان، زیرزمین، در آب و در بتون به کار برد مشروط بر آن که امکان آسیب‌دیدگی مکانیکی به کابل وجود نداشته باشد. این نوع کابل را می‌توان در پمپ‌بنزین‌ها، پالایشگاه‌های نفت و بنزین که در آنها مقاوم بودن کابل در مقابل نفت و بنزین و سایر سوخت‌ها ضروری است، به کار برد.

۷-۵ ضوابط اساسی در طراحی سیستم کابل‌کشی

۷-۵-۱ مشخصات اصلی کابل‌ها و عوامل موثر در انتخاب نوع کابل‌ها

۷-۵-۱-۱ مشخصات اصلی کابل‌ها شامل موارد زیر است:

ولتاژ اسمی و جریان مجاز
جنس هادی، سطح مقطع و شکل آن
جنس عایق
شناسه هسته
نوع حفاظ
جنس غلاف
نوع زره
نوع حفاظت در برابر خوردگی

۷-۵-۱-۲ عوامل موثر در انتخاب نوع کابل‌ها به قرار زیر است :

بار موردنظر و ظرفیت مجاز کابل
ولتاژ اسمی
افت ولتاژ مجاز
حفاظت مدار
بار اتصال کوتاه لازم یا مجاز
شرایط مکانیکی
شرایط محل از نظر ایجاد خوردگی در کابل
مشخصات فنی تعیین شده

۷-۵-۱-۳ در طراحی سیستم کابل‌کشی، ضوابط مندرج در بخش ۲-۶ فصل دوم، نیز باید رعایت شود.

۷-۵-۲ ولتاژ اسمی وجریان مجاز

۷-۵-۲-۱ ولتاژ اسمی برای کابل‌های فشار ضعیف در سیستم سه‌فاز برابر یک‌کیلوولت و در سیستم تک‌فاز (جریان متناوب) در حالت عایق‌بندی شدن هادی‌های دو فاز برابر ۱/۲ کیلوولت و در حالت زمین‌شدن هادی یک‌فاز مساوی ۰/۶ کیلوولت خواهد بود.

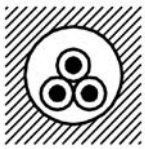
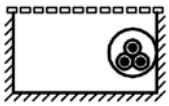
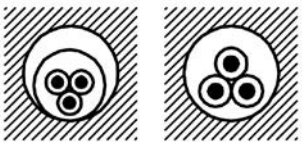
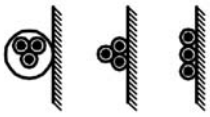
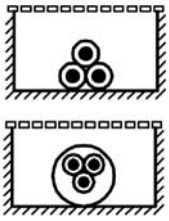
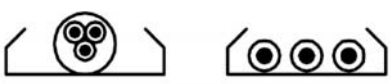
۷-۵-۲-۲ ولتاژ بین هادی‌های یک سیستم انرژی الکتریکی یا بین یک هادی و زمین تحت شرایط مشخص و در مدت زمان معینی ار کار مداوم سیستم را ولتاژکار نامند. حداکثر ولتاژ کار مجاز در سیستم سه‌فاز برابر ۱/۲ کیلوولت و در سیستم تک‌فاز (جریان متناوب در حالت عایق‌بندی شدن هادی‌های دو فاز) برابر ۱/۴ کیلوولت و در حالت زمین شدن هادی یک‌فاز مساوی ۰/۷ کیلوولت خواهد بود. کابل‌های فشارضعیف با ولتاژ اسمی ۰/۶/۱ کیلوولت را می‌توان درسیستم‌های جریان مستقیم مورد استفاده قرار داد که در این‌صورت حداکثر ولتاژ کار هادی/هادی یا هادی/زمین نباید از ۱/۸ کیلوولت تجاوز کند.

۷-۵-۲-۳ برای تعیین قابلیت بار یا جریان مجاز کابل‌های مختلف فشارضعیف با ولتاژ اسمی یک‌کیلوولت باید از جداول نشریه استاندارد شماره ۱۹۳۶ استفاده شود. جداول این استاندارد ملی برای بار مداوم جریان متناوب یا مستقیم، هادی‌های مسی یا آلومینیومی، در انواع عایق‌های مشخص و دمای محیط ۳۰ درجه سانتی‌گراد با توجه به روش‌های مختلف نصب کابل، قابل استفاده است.

۷-۵-۲-۴ جدول ۷-۲ نحوه انتخاب جریان‌های مجاز بر اساس روش نصب کابل‌ها را نشان می‌دهد. در جدول الف، روش‌های نصب کابل‌ها و انواع عایق آنها با ذکر شماره جدول جریان مجاز مربوطه درج شده است. این جدول به کلیه کابل‌های غیرقابل انعطاف به استثنای کابل‌های عایق معدنی قابل اعمال است.

جدول ۷-۲: انتخاب جریان مجاز کابل‌های فشارضعیف بر حسب روش نصب

جدول الف

روش نصب		جدول	
		کابل‌های پی وی سی	کابل‌های لاستیکی Butyl و EP و کابل‌های XLPE
۱- کابل‌های تک‌رشته‌ای که در داخل لوله و به صورت روکار نصب می‌شود.		I	II
۲- کابل‌های تک‌رشته‌ای که در داخل لوله و به صورت توکار در زیر گچ یا در دیوار یا کف آجری یا بتنی نصب می‌شود.		I	II
۳- کابل‌های تک‌رشته‌ای که در داخل لوله و در کانال باز نصب می‌شود.		I	II
۴- کابل‌های تک‌رشته‌ای غلاف‌دار و کابل‌های چندرشته‌ای که درداخل لوله به صورت توکار نصب می‌شود.		I	II
۵-کابل‌های تک‌رشته‌ای و چندرشته‌ای که در داخل مجاری کابل‌ها (Trunking)(باز یا بسته) نصب می‌شود.		I	II
۶- کابل‌های تک‌رشته‌ای غلاف‌دار یا کابل‌های چندرشته‌ای که به صورت روکار مستقیماً روی دیوار نصب می‌شود.		III	IV
۷- کابل‌های چندرشته‌ای که به صورت توکار مستقیماً در داخل گچ و یا دیوار یا کف آجری یا بتنی نصب می‌شود.		III	IV
۸-کابل‌های تک‌رشته‌ای غلاف‌دار یا چند رشته‌ای که در کانال باز نصب می‌شود.		III	IV
۹- کابل‌های تک‌رشته‌ای غلاف‌دار و کابل‌های چندرشته‌ای که برروی سینی کابل نصب می‌شود.		III	IV
۱۰- کابل‌های تک‌رشته‌ای غلاف‌دار و کابل‌های چندرشته‌ای که به وسیله سیم مهار به صورت آویزان نصب می‌شود.		III	IV

۷-۵-۲-۵ جدول I جریان مجاز کابل‌های تک‌رشته‌ای و چندرشته‌ای با عایق پی، وی، سی و با هادی‌های مسی یا آلومینیومی، در درجه حرارت محیط ۳۰ درجه سانتی‌گراد و با روش‌های نصب ۱ الی ۵ مندرج در جدول الف را ارایه می‌دهد، هم‌چنین جدولIII جریان مجاز کابل‌های مذکور را در درجه حرارت محیط ۳۰ درجه سانتی‌گراد و با روش‌های نصب ۶ الی ۱۰مندرج در جدول الف را نشان می‌دهد.

۷-۵-۲-۶ جدول II جریان مجاز کابل‌های تک‌رشته‌ای و چندرشته‌ای با عایق لاستیکی Butyl و EP یا کابل‌های پلی‌اتیلن مستحکم (XLPE) و با هادی‌های مسی یا آلومینیومی، و در دمای محیط ۳۰ درجه سانتی‌گراد و با روش‌های نصب ۱ الی ۵ مندرج در جدول الف را نشان می‌دهد. جدول IV نیز جریان کابل‌های مزبور را در دمای محیط ۳۰ درجه سانتی‌گراد و با روش‌های نصب ۶ الی ۱۰ مندرج درجدول الف را ارایه می‌دهد.

جدول I

سطح مقطع اسمی هادی	جریان مجاز			
	هادی‌های مسی		هادی‌های آلومینیومی	
	با دو هادی حامل جریان	با سه هادی حامل جریان	با دو هادی حامل جریان	با سه هادی حامل جریان
(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	(۵)
میلی‌متر مربع	آمپر	آمپر	آمپر	آمپر
۱/۰	۱۳/۵	۱۲	۱۰/۵	۹/۴
۱/۵	۱۷/۵	۱۵/۵	۱۳/۵	۱۲
۲/۵	۲۴	۲۱	۱۹	۱۶/۵
۴	۳۲	۲۸	۲۵	۲۲
۶	۴۱	۳۶	۳۲	۲۸
۱۰	۵۷	۵۰	۴۴	۳۹
۱۶	۷۶	۶۸	۵۹	۵۳
۲۵	۱۰۱	۸۹	۷۹	۶۹
۳۵	۱۲۵	۱۱۱	۹۸	۸۶
۵۰	۱۵۱	۱۳۴	۱۱۸	۱۰۵
۷۰	۱۹۲	۱۷۱	۱۵۰	۱۳۳
۹۵	۲۳۲	۲۰۷	۱۸۱	۱۶۱
۱۲۰	۲۶۹	۲۳۹	۲۱۰	۱۸۶

۷-۵-۲-۷ جریان مجاز برای کابل‌هایی با عایق معدنی و با رشته‌ها و غلاف مسی، در درجه حرارت محیط ۳۰ درجه سانتی‌گراد در دو حالت (a) با غلاف مسی لخت (بدون پوشش اضافی) و با امکان تماس افراد با آن یا در تماس با مواد قابل اشتعال (b) با غلاف مسی لخت (بدون پوشش اضافی) و بدون امکان تماس افراد با آن یا بدون تماس با مواد قابل اشتعال، در جدول V درج شده است. برای گروه کابلی که به صورت یک دسته در حالت (a) نصب می‌شود باید ضرایب تصحیح گروهی که در جدول شماره VII داده شده است مورد استفاده قرار گیرد. برای کابل‌هایی که در حالت (b) نصب می‌شوند استفاده از ضرایب تصحیح گروهی لازم نخواهد بود زیرا بالارفتن دمای غلاف در اثر دسته‌کردن کابل‌ها در حالت (b) آسیبی به بار نخواهد آورد. به همین علت مقادیر داده شده در ستون V مشابه مقادیر ستون ۵ می‌باشد. مقادیر داده شده برای حالت (a) را می‌توان در مورد کابل‌هایی با عایق معدنی که دارای پوشش خارجی پی،وی، سی می‌باشد نیز به کار برد.

جدول II

سطح مقطع اسمی هادی (۱)	جریان مجاز			
	هادی‌های مسی		هادی‌های آلومینیومی	
	با دو هادی حامل جریان (۲)	با سه هادی حامل جریان (۳)	با دو هادی حامل جریان (۴)	با سه هادی حامل جریان (۵)
میلی‌متر مربع	آمپر	آمپر	آمپر	آمپر
۱	۱۷	۱۵	۱۳/۵	۱۲
۱/۵	۲۲	۱۹/۵	۱۷/۵	۱۵/۵
۲/۵	۳۰	۲۶	۲۴	۲۱
۴	۴۰	۳۵	۳۲	۲۸
۶	۵۲	۴۶	۴۱	۳۶
۱۰	۷۱	۶۳	۵۷	۵۰
۱۶	۹۶	۸۵	۷۶	۶۸
۲۵	۱۲۷	۱۱۲	۱۰۱	۸۹
۳۵	۱۵۷	۱۳۸	۱۲۵	۱۱۱
۵۰	۱۹۰	۱۶۸	۱۵۱	۱۳۴
۷۰	۲۴۲	۲۱۳	۱۹۲	۱۷۱
۹۵	۲۹۳	۲۵۸	۲۳۲	۲۰۷
۱۲۰	۳۳۹	۲۹۹	۲۶۹	۲۳۹

۸-۲-۵-۷ ضرایب تصحیح برای درجه‌حرارت‌های محیط متفاوت با ۳۰ درجه سانتی‌گراد که به جریان‌های مجاز مندرج درجداول I الی V باید اعمال شوند در جدول VI ارایه شده است. هم‌چنین ضرایب تصحیح برای گروه‌های بیش از سه کابل تک‌رشته‌ای یابیش از یک کابل چندرشته‌ای که باید به جریان‌های مجاز مندرج در جداول I الی V اعمال شوند در جدول VII درج شده است. ضرایب این جدول در مورد گروه‌های متحدالشکل از سیم‌ها و یا کابل‌ها که به طور مساوی حامل جریان باشند قابل استفاده می‌باشد. در مواردی که فاصله بین دو سیم یا دو کابل مجاور از ۲ برابر قطر خارجی آنهابیشتر باشد لزومی به استفاده از ضریب تصحیح نخواهد بود.

۸-۲-۵-۷ در صورتی که برای تعیین جریان مجاز کابل‌های فشارضعیف، با توجه به کلیه شرایط نتوان جدول ۷-۲ را ملاک عمل قرار داد می‌توان بر اساس استاندارد کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک به شماره IEC 60364-5-52 عمل کرد. دراین استاندارد بین‌المللی نیز با توجه به روش‌ها و موارد متعدد نصب کابل‌ها و جنس هادی از نظر مس یا آلومینیومی و نوع عایق، جریان مجاز مربوط تعیین و درج شده است.هم‌چنین ضرایب تصحیح برای دمای‌هوای متفاوت با ۳۰ درجه سانتی‌گراد و برای دمای زمین متفاوت با ۲۰ درجه سانتی‌گراد و نیز ضرایب کاهش برای بیش از یک مدار یا بیش از یک کابل چند سیمه در شرایط مختلف نصب که باید به جریان مجاز تعیین شده اعمال‌گردد، درج شده است.

۹-۲-۵-۷ به منظور تعیین جریان مجاز کابل‌های فشار ضعیف باولتاژ اسمی یک کیلوولت، بر اساس استانداردهای کشور آلمان،استانداردهای DIN VDE 0298 – بخش 4 ,DIN VDE 0276 – بخش 603 و برای ضرایب تصحیح، استاندارد DIN VDE 0276 – بخش 1000 ملاک عمل قرار خواهد گرفت.

برای نصب کابل در زمین، عمق کابل در خاک ۷۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شده است. عمق معمول کابل در زمین بین ۷۰ تا ۱۲۰ سانتی‌متر بوده و با افزایش عمق کابل قابلیت بار یا جریان مجاز کابل کاهش می‌یابد. جریان مجاز کابل‌ها برای حداکثر درجه حرارت هادی ۷۰ درجه سانتی‌گراد و درجه حرارت محیط در خاک ۲۰ درجه سانتی‌گراد ودرجه حرارت محیط در هوای آزاد ۳۰ درجه سانتی‌گراد ارایه شده است.

جدول III

سطح مقطع اسمی هادی	جریان مجاز			
	هادی‌های مسی		هادی‌های آلومینیومی (فقط برای کابل‌های غیرقابل انعطاف)	
(۱)	با دو هادی حامل جریان (۲)	با سه هادی حامل جریان (۳)	با دو هادی حامل جریان (۴)	با سه هادی حامل جریان (۵)
میلی‌متر مربع	آمپر	آمپر	آمپر	آمپر
۱/۰	۱۵	۱۳/۵	۱۱/۵	۱۰/۵
۱/۵	۱۹/۵	۱۷/۵	۱۵	۱۳/۵
۲/۵	۲۶	۲۴	۲۰	۱۹
۴	۳۵	۳۲	۲۷	۲۵
۶	۴۶	۴۱	۳۶	۳۲
۱۰	۶۳	۵۷	۴۹	۴۴
۱۶	۸۵	۷۶	۶۶	۵۹
۲۵	۱۱۲	۱۰۱	۸۷	۷۹
۳۵	۱۳۸	۱۲۵	۱۰۸	۹۷
۵۰	۱۶۸	۱۵۱	۱۳۱	۱۱۸
۷۰	۲۱۳	۱۹۲	۱۶۶	۱۵۰
۹۵	۲۵۸	۲۳۲	۲۰۰	۱۸۱
۱۲۰	۲۹۹	۲۶۹	۲۳۲	۲۱۰
۱۵۰	۳۴۴	۳۰۹	۲۶۸	۲۴۰
۱۸۵	۳۹۲	۳۵۳	۳۰۵	۲۷۵
۲۴۰	۴۶۱	۴۱۵	۳۶۰	۳۲۳

لازم به یادآوری است که اگر از کابل‌های برق به طور دایم بار گرفته شود، باید مساله خشک‌شدن خاک و بالارفتن مقاومت حرارتی را هم در نظر گرفته و ضرایب مربوطه را در محاسبات منظور داشت. مقاومت مخصوص حرارتی چند نوع عمده از زمین عبارت است از:

۲/۰ k.m/w = زمین خشک ۰/۷ k.m/w = زمین بسیار مرطوب

۳/۰ k.m/w = زمین بسیار خشک ۱/۰ k.m/w = زمین مرطوب

در استانداردهای DIN VDE ذکر شده در فوق نیز ضرایب تصحیح برای دماهای متفاوت زمین و هوا و ضرایب تصحیح برای استفاده از بیش از یک مدار یا بیش از یک کابل چندسیمه ارایه شده است.

۷-۵-۲-۱۰ جریان مجاز کابل‌هایNYY، NAYY و NYCWY،NYCY وNAYCWY با ولتاژ اسمی ۰/۶/۱ کیلوولت در جدول ۷-۳ درج شده است. جدول I جریان مجاز این نوع کابل‌ها را بر حسب آمپر در حالت نصب در زمین با دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و جدول II جریان مجاز بر حسب آمپر در حالت نصب در هوای آزاد با دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد و بالاخره جدول III ضرایب تصحیح برای کابل‌های چند سیمه (۵ سیمه و بیش از آن) را نشان می‌دهد. ازکابلNYCY در شبکه زمینی برای انتقال انرژی به منازل و از کابل‌های NYY و NYCY در شبکه زمینی روشنایی خیابان‌ها استفاده می‌شود. هم‌چنین کابل‌های NYY، NYCY وNYCWY در شبکه‌های محلی، کارخانجات شیمیایی و نیروگاه‌ها به کار می‌رود.

جدول IV

سطح مقطع اسمی هادی (۱)	جریان مجاز			
	هادی‌های مسی		هادی‌های آلومینیومی	
	با دو هادی حامل جریان (۲)	با سه هادی حامل جریان (۳)	با دو هادی حامل جریان (۴)	با سه هادی حامل جریان (۵)
میلی‌متر مربع	آمپر	آمپر	آمپر	آمپر
۱/۰	۱۹	۱۷	۱۵	۱۳/۵
۱/۵	۲۴	۲۲	۱۹/۵	۱۷/۵
۲/۵	۳۳	۳۰	۲۶	۲۴
۴	۴۵	۴۰	۳۵	۳۲
۶	۵۸	۵۲	۴۶	۴۱
۱۰	۸۰	۷۱	۶۳	۵۷
۱۶	۱۰۷	۹۶	۸۵	۷۶
۲۵	۱۴۲	۱۲۷	۱۱۲	۱۰۱
۳۵	۱۷۵	۱۵۷	۱۳۸	۱۲۵
۵۰	۲۱۲	۱۹۰	۱۶۸	۱۵۱
۷۰	۲۷۰	۲۴۲	۲۱۳	۱۹۲
۹۵	۳۲۷	۲۹۳	۲۵۸	۲۳۲
۱۲۰	۳۷۹	۳۳۹	۲۹۹	۲۶۹
۱۵۰	۴۳۵	۳۹۰	۳۴۴	۳۰۹
۱۸۵	۴۹۶	۴۴۴	۳۹۲	۳۵۳
۲۴۰	۵۸۴	۵۲۲	۴۶۱	۴۱۵

۷–۵–۲–۱۱ جریان مجاز برای کابل مخصوص NYKY، با ولتاژ اسمی ۰/۶/۱ کیلوولت در جدول ۷–۴–I درج شده و ضرایب تصحیح برای هادی‌های بیش از ۴ و برای کابل‌های با مقاطع ۱/۵ تا ۱۰ میلی‌متر مربع مطابق جدول ۷–۳–III می باشد. قابلیت بار این نوع کابل بر اساس درجه بار جریان ۰/۷ (برای هوا برابر واحد)، مقاومت مخصوص حرارتی زمین ۱۰۰ k.cm/w، مقاومت مخصوص حرارتی عایق و غلاف ۶۰۰ k.cm/w، عمق کابل در خاک ۰/۷ متر، دمای زمین ۲۰ درجه سانتی‌گراد و دمای هوای آزاد ۳۰ درجه سانتی‌گراد محاسبه شده است. در صورتی که این نوع کابل دارای ۵ یا بیش از ۵ هادی (هسته) دارای بار باشد بایدضرایب تصحیح جدول ۷–۴–II به جریان مجاز کابل‌های با مقاطع ۱/۵ تا ۱۰ میلی‌متر مربع اعمال شود. از کابل NYKY در پمپ بنزین‌ها، مناطق نفتی و پالایشگاه‌ها، درورودخانه‌ها، نهرهای بزرگ آب و استخرها استفاده می‌شود.

جدول V

سطح مقطع اسمی هادی		کابل‌های تک‌رشته‌ای						کابل‌های چندرشته‌ای			
		یک هادی و غلاف حامل جریان		دو هادی حامل جریان		سه هادی حامل جریان		دوهادی حامل جریان		سه هادی حامل جریان	
(۱)		(a) (۲)	(b) (۳)	(a) (۴)	(b) (۵)	(a) (۶)	(b) (۷)	(a) (۸)	(b) (۹)	(a) (۱۰)	(b) (۱۱)
میلی‌مترمربع		آمپر	آمپر	آمپر	آمپر	آمپر	آمپر	آمپر	آمپر	آمپر	آمپر
۱/۰	نوع کارکرد سبک	۱۸	۲۲	۲۲	۲۵	۱۸	۲۵	۱۷	۲۱	۱۴	۱۸
۱/۵		۲۱	۲۶	۲۷	۳۲	۲۳	۳۲	۲۲	۲۶	۱۸	۲۲
۲/۵		۲۷	۳۳	۳۶	۴۳	۳۱	۴۳	۲۹	۳۶	۲۴	۳۰
۴		۳۴	۴۲	۴۶	۵۶	۴۱	۵۶	۳۸	۴۷	۳۳	۴۰
۶				۵۹	۷۳	۵۲	۷۳	۴۹	۶۰		
۱۰				۸۰	۹۸	۷۰	۹۸				
۱/۰	نوع کارکرد سنگین	۲۱	۲۶	۲۳	۲۹	۲۰	۲۹	۱۹	۲۳	۱۶	۱۹
۱/۵		۲۶	۳۲	۲۹	۳۶	۲۶	۳۶	۲۴	۲۹	۲۰	۲۴
۲/۵		۳۳	۴۰	۳۹	۴۷	۳۴	۴۷	۳۲	۳۹	۲۶	۳۲
۴		۴۱	۵۰	۵۰	۶۲	۴۴	۶۲	۴۱	۵۱	۳۴	۴۲
۶		۴۹	۶۰	۶۳	۷۷	۵۶	۷۷	۵۳	۶۵	۴۴	۵۴
۱۰				۵۸	۱۰۵	۷۵	۱۰۵	۷۱	۸۷	۵۹	۷۳
۱۶				۱۱۰	۱۴۰	۹۹	۱۴۰	۹۴	۱۱۵	۷۸	۹۸
۲۵				۱۵۰	۱۸۰	۱۳۰	۱۸۰	۱۲۴	۱۵۵	۱۰۵	۱۲۵
۳۵				۱۸۰	۲۲۰	۱۶۰	۲۲۰				
۵۰				۲۲۵	۲۷۵	۲۰۰	۲۷۵				
۷۰				۲۷۵	۳۳۵	۲۴۰	۳۳۵				
۹۵				۳۳۰	۴۰۵	۲۹۰	۴۰۵				
۱۲۰				۳۸۰	۴۷۰	۳۳۵	۴۷۰				
۱۵۰				۴۴۰	۵۴۰	۳۸۵	۵۴۰				

جدول VI

درجه حرارت محیط (درجه سانتی‌گراد)	نوع عایق				
	لاستیکی با کاربردعمومی	پی – وی- سی	لاستیک Butyl و EP یا XLPE	(a) در معرض تماس یا با پوشش پی – وی- سی	(b) بدون امکان تماس
	(۲)	(۳)	(۴)	(۵)	(۶)
۱۰	۱/۲۹	۱/۲۲	۱/۱۷	۱/۲۲	۱/۱۵
۱۵	۱/۲۲	۱/۱۷	۱/۱۳	۱/۱۷	۱/۱۲
۲۰	۱/۱۵	۱/۱۲	۱/۰۹	۱/۱۲	۱/۰۸
۲۵	۱/۰۷	۱/۰۷	۱/۰۴	۱/۰۶	۱/۰۴
۳۵	۰/۹۳	۰/۹۳	۰/۹۵	۰/۹۱	۰/۹۸
۴۰	۰/۸۲	۰/۸۷	۰/۹۰	۰/۸۵	۰/۹۶
۴۵	۰/۷۱	۰/۷۹	۰/۸۵	۰/۷۶	۰/۹۴
۵۰	۰/۵۸	۰/۷۱	۰/۸۰	۰/۶۸	۰/۹۲
۵۵	–	۰/۶۱	۰/۷۴	۰/۵۹	۰/۸۷
۶۰	–	۰/۵۰	۰/۶۷	۰/۴۶	۰/۸۴
۶۵	–	–	۰/۶۰	–	۰/۸۲
۷۰	–	–	۰/۵۲	–	۰/۸۰
۷۵	–	–	۰/۴۳	–	۰/۷۲
۸۰	–	–	–	–	۰/۶۱

جدول VII

نوع کابل و شرایط نصب	گروه‌های تک‌لایه، فاصله‌ای بین کابل ها وجود ندارد					گروه‌های چند لایه، هیچ‌گونه فاصله‌ای بین کابل‌های یک‌لایه یا بین لایه‌ها ویا هر گروه دیگر که در بیش از یک سطح قرار داده شده است وجود ندارد													
	تعداد هادی‌های حامل جریان					تعداد هادی‌های حامل جریان												
	۴	۶	۹	۱۲	>۱۲	۴	۶	۸	۱۰	۱۲	۱۶	۲۰	۲۴	۲۸	۳۲	۳۶	۴۰
کابل‌های تک‌رشته‌ای نصب شده در لوله‌ها یا مجاری یا کانال ضرایب باید به مقادیر مربوط به دو هادی‌ها،مندرج در جدول Iیا II اعمال شود.	–	–	–	–	–	۰/۸۰	۰/۶۹	۰/۶۲	۰/۵۹	۰/۵۵	۰/۵۱	۰/۴۸	۰/۴۳	۰/۴۱	۰/۳۹	۰/۳۸	۰/۳۶
کابل‌های تک‌رشته‌ای بر روی سینی کابل. نصب افقی : ضرایب باید به مقادیر مربوط به دو هادی حامل جریان در جدولIII یا IV اعمال شود. نصب عمودی : ضرایب باید به مقادیر مربوط به دو هادی حامل جریان در جدول III یا IV اعمال شود.	۰/۸۲ ۰/۸۰	۰/۷۶ ۰/۷۲	۰/۷۰ ۰/۶۶	۰/۶۷ ۰/۶۳	۰/۶۵ ۰/۶۰												
	تعداد کابل‌ها					تعداد کابل‌ها												
	۲	۳	۴	۶	۹	۲	۳	۴	۵	۶	۸	۱۰	۱۲	۱۴	۱۶	۱۸	۲۰
کابل‌های چند رشته‌ای نصب شده در مجاری یا شافت، ضرایب باید به مقادیر مربوط به دو یا سه هادی حامل جریان در جدول Iیا II اعمال شود.	–	–	–	–	–												
کابل‌های چندرشته‌ای نصب شده بر روی دیواره یا سینی کابل. نصب افقی : ضرایب باید به مقادیر مربوط به دو یا سه هادی حامل جریان در جدول III یا IV اعمال شود. نصب عمودی : ضرایب باید به مقادیر مربوط به دو یا سه هادی حامل جریان در جدول III یا IV اعمال شود.	۰/۸۵ ۰/۸۰	۰/۷۸ ۰/۷۳	۰/۷۵ ۰/۷۰	۰/۷۲ ۰/۶۸	۰/۷۰ ۰/۶۶	۰/۸۰	۰/۷۰	۰/۶۵	۰/۶۰	۰/۵۷	۰/۵۲	۰/۴۸	۰/۴۵	۰/۴۳	۰/۴۱	۰/۳۹	۰/۳۸

جدول۷-۳-I

سطح مقطع اسمی(میلی‌مترمربع)	هادی‌های مسی					هادی‌های آلومینیومی				
	NYY			NYCWY		NAYY			NAYCWY	
۱/۵	۳۰	۲۷	۴۱	۳۱	۲۷	–	–	–	–	–
۲/۵	۳۹	۳۶	۵۵	۴۰	۳۶	–	–	–	–	–
۴	۵۰	۴۷	۷۱	۵۱	۴۷	–	–	–	–	–
۶	۶۲	۵۹	۹۰	۶۳	۵۹	–	–	–	–	–
۱۰	۸۳	۷۹	۱۲۴	۸۴	۷۹	–	–	–	–	–
۱۶	۱۰۷	۱۰۲	۱۶۰	۱۰۸	۱۰۲	–	–	–	–	–
۲۵	۱۳۸	۱۳۳	۲۰۸	۱۳۹	۱۳۳	۱۰۶	۱۰۲	۱۶۰	۱۰۸	۱۰۳
۳۵	۱۶۴	۱۵۹	۲۵۰	۱۶۶	۱۶۰	۱۲۷	۱۲۳	۱۹۳	۱۲۹	۱۲۳
۵۰	۱۹۵	۱۸۸	۲۹۶	۱۹۶	۱۹۰	۱۵۱	۱۴۴	۲۳۰	۱۵۳	۱۴۵
۷۰	۲۳۸	۲۳۲	۳۶۵	۲۳۸	۲۳۴	۱۸۵	۱۷۹	۲۸۳	۱۸۷	۱۸۰
۹۵	۲۸۶	۲۸۰	۴۳۸	۲۸۱	۲۸۰	۲۲۲	۲۱۵	۳۴۰	۲۲۳	۲۱۶
۱۲۰	۳۲۵	۳۱۸	۵۰۱	۳۱۵	۳۱۹	۲۵۳	۲۴۵	۳۸۹	۲۵۲	۲۴۶
۱۵۰	۳۶۵	۳۵۹	۵۶۳	۳۴۷	۳۵۷	۲۸۴	۲۷۵	۴۳۶	۲۸۰	۲۷۶
۱۸۵	۴۱۳	۴۰۶	۶۳۹	۳۸۵	۴۰۲	۳۲۲	۳۱۳	۴۹۶	۳۱۴	۳۱۳
۲۴۰	۴۷۹	۴۷۳	۷۴۶	۴۳۲	۴۶۳	۳۷۵	۳۶۴	۵۷۸	۳۵۸	۳۶۲
۳۰۰	۵۴۱	۵۳۵	۸۴۸	۴۷۳	۵۱۸	۴۲۵	۴۱۹	۶۵۶	۳۹۷	۴۱۵
۴۰۰	۶۱۴	۶۱۳	۹۷۵	۵۲۱	۵۷۹	۴۸۷	۴۸۴	۷۵۶	۴۴۱	۴۷۴
۵۰۰	۶۹۳	۶۸۷	۱۱۲۵	۵۷۴	۶۲۴	۵۵۸	۵۵۳	۸۷۳	۴۸۹	۵۲۸
۶۳۰	۷۷۷	–	۱۳۰۴	۶۳۶	–	۶۳۵	–	۱۰۱۱	۵۳۹	–
۸۰۰	۸۵۹	–	۱۵۰۷	–	–	۷۱۶	–	۱۱۶۶	–	–
۱۰۰۰	۹۳۶	–	۱۷۱۵	–	–	۷۹۶	–	۱۳۳۲	–	–

جدول۷-۳-II

سطح مقطع اسمی(میلی‌مترمربع)	هادی‌های مسی				هادی‌های آلومینیومی				
	NYY			NYCWY		NAYY			NAYCWY	
۱/۵	۲۱	۱۹/۵	۲۷	۲۲	۱۹/۵	–	–	–	–	–
۲/۵	۲۸	۲۵	۳۵	۲۹	۲۶	–	–	–	–	–
۴	۳۷	۳۴	۴۷	۳۹	۳۴	–	–	–	–	–
۶	۴۷	۴۳	۵۹	۴۹	۴۴	–	–	–	–	–
۱۰	۶۴	۵۹	۸۱	۶۷	۶۰	–	–	–	–	–
۱۶	۸۴	۷۹	۱۰۷	۸۹	۸۰	–	–	–	–	–
۲۵	۱۱۴	۱۰۶	۱۴۴	۱۱۹	۱۰۸	۸۷	۸۲	۱۱۰	۹۱	۸۳
۳۵	۱۳۹	۱۲۹	۱۷۶	۱۴۶	۳۲	۱۰۷	۱۰۰	۱۳۵	۱۱۲	۱۰۱
۵۰	۱۶۹	۱۵۷	۲۱۴	۱۷۷	۱۶۰	۱۳۱	۱۱۹	۱۶۶	۱۳۷	۱۲۱
۷۰	۲۱۳	۱۹۹	۲۷۰	۲۲۱	۲۰۲	۱۶۶	۱۵۲	۲۱۰	۱۷۳	۱۵۵
۹۵	۲۶۴	۲۴۶	۳۳۴	۲۷۰	۲۴۹	۲۰۵	۱۸۶	۲۵۹	۲۱۲	۱۸۹
۱۲۰	۳۰۷	۲۸۵	۳۸۹	۳۱۰	۲۸۹	۲۳۹	۲۱۶	۳۰۲	۲۴۷	۲۲۰
۱۵۰	۳۵۲	۳۲۶	۴۴۶	۳۵۰	۳۲۹	۲۷۳	۲۴۶	۳۴۵	۲۸۰	۲۴۹
۱۸۵	۴۰۶	۳۷۴	۵۱۶	۳۹۹	۳۷۷	۳۱۷	۲۸۵	۴۰۱	۳۲۱	۲۸۷
۲۴۰	۴۸۳	۴۴۵	۶۱۸	۴۶۲	۴۴۳	۳۷۸	۳۳۸	۴۷۹	۳۷۴	۳۳۹
۳۰۰	۵۵۷	۵۱۱	۷۱۷	۵۱۹	۵۰۴	۴۳۷	۴۰۰	۵۵۵	۴۲۶	۴۰۱
۴۰۰	۶۴۶	۵۹۷	۸۴۳	۵۸۳	۵۷۷	۵۱۳	۴۷۲	۶۵۳	۴۸۸	۴۶۸
۵۰۰	۷۴۷	۶۶۹	۹۹۴	۶۵۷	۶۲۶	۶۰۰	۵۳۹	۷۷۲	۵۵۶	۵۲۴
۶۳۰	۸۵۸	–	۱۱۸۰	۷۴۴	–	۷۰۱	–	۹۱۵	۶۲۸	–
۸۰۰	۹۷۱	–	۱۳۹۶	–	–	۸۰۹	–	۱۰۸۰	–	–
۱۰۰۰	۱۰۷۸	–	۱۶۲۰	–	–	۹۱۶	–	۱۲۵۸	–	–

جدول۷-۳-III

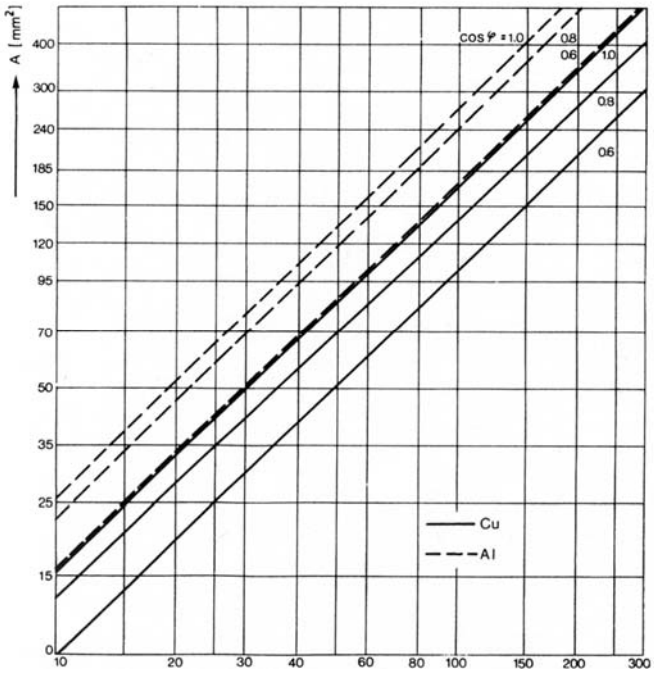
تعداد سیم‌های دارای بار	نصب در خاک	نصب در هوای آزاد
۵	۰/۷۰	۰/۷۵
۷	۰/۶۰	۰/۶۵
۱۰	۰/۵۰	۰/۵۵
۱۴	۰/۴۵	۰/۵۰
۱۹	۰/۴۰	۰/۴۵
۲۴	۰/۳۵	۰/۴۰
۴۰	۰/۳۰	۰/۳۵
۶۱	۰/۲۵	۰/۳۰

جدول ۷-۴-I

سطح مقطع	کابل سه یا ۴ سیمه (هادی)	
(میلی‌مترمربع)	در خاک (آمپر)	در هوای آزاد (آمپر)
۱/۵	۲۸	۱۸/۵
۲/۵	۳۷	۲۷
۴	۴۸	۳۶
۶	۶۰	۴۵
۱۰	۸۰	۶۲
۱۶	۱۰۳	۸۱
۲۵	۱۳۴	۱۱۰
۳۵	۱۶۲	۱۳۴
۵۰	۱۹۲	۱۶۳
۷۰	۲۳۵	۲۰۵
۹۵	۲۸۳	۲۵۳
۱۲۰	۳۲۳	۲۹۴
۱۵۰	۳۶۳	۳۳۴
۱۸۵	۴۱۲	۳۸۶
۲۴۰	۴۷۸	۴۵۷
۳۰۰	۵۴۲	۵۲۹
۴۰۰	۶۱۵	۶۱۰

۷-۵-۲-۱۲ در شبکه‌های توزیع و انتقال انرژی الکتریکی، اندازه کابل تنها بر اساس جریان مجاز عبوری از آن انتخاب نمی‌گردد، بلکه طول کابل که متناسب با افت ولتاژ است نیز عامل تعیین‌کننده‌ای است. در نمودار شکل ۷-۲ حاصل‌ضرب این دو پارامتر یعنی il (آمپر- کیلومتر)، صورت تابعی از سطح مقطع به ازاء ضرایب توان مختلف و برای کابل‌های با هادی مسی و آلومینیومی ارایه گردیده است. این نمودار برای شبکه‌های فشارضعیف سه‌فاز با افت ولتاژ ۵٪ محاسبه و رسم شده است.

شکل ۷-۲: ارتباط جریان – طول کابل با سطح مقطع آن



۷-۶ اصول و روش‌های نصب کابل‌ها

۷-۶-۱ اصول و روش‌های نصب کابل‌های هوایی

۷-۶-۱-۱ در هنگام نصب کابل‌های هوایی اصول زیر باید کاملاً مدنظر بوده و رعایت شود:

الف) حداقل فاصله بین کابل‌های هم‌ولتاژ باید به اندازه قطر کابل ضخیم‌تر مجاور در نظر گرفته شود. در صورتی که ولتاژ کابل‌های موازی متفاوت باشد حداقل فاصله بین دو کابل مجاور باید ۳۰ سانتی‌متر باشد. بدیهی است کابل‌های هم‌ولتاژ باید در یک گروه نصب گردیده و حداقل فاصله فوق‌الذکر (۳۰ سانتی‌متر) برای گروه‌های متفاوت رعایت شود.

ب) حداکثر تعداد کابل‌های داخل کانال، مجرا و یا لوله باید چنان تعیین شود که کشیدن آن به آسانی امکان‌پذیر باشد. با توجه به این اصل توصیه می‌شود که قطر داخلی مجرا، کانال یا لوله مساوی یا بیشتر از ۱/۵ برابر قطر کابل یا دسته کابل‌های کشیده شده در داخل آن باشد.

پ) در مواردی که کابل از داخل تجهیزات یا تاسیسات فلزی عبور می‌نماید، هر یک از سوراخ‌ها باید دارای انحناهای لازم با بوشن‌های مناسب باشد تا از ایجاد خراشیدگی در کابل جلوگیری به عمل آید.

ت) در مواردی که لوله‌کشی‌ها و مجاری کابل در نقاط انتهایی خود در معرض تغییرات زیاد درجه حرارت قرار می‌گیرد، مانند تاسیسات مبرد و سردخانه‌ها یا تجهیزات حرارتی یا تجهیزاتی که در دمای بالا کار می‌کند، باید قسمت مناسبی از لوله‌کشی یا مجاری کابل به منطقه تبدیل اختصاص داده شده و از گردش هوا بین قسمت‌های گرمتر و قسمت‌های سردتر جلوگیری به عمل آید. اتصال‌های انبساط باید برای جبران انبساط و انقباض حرارتی در مواردی که لازم است پیش‌بینی شود.

ث) در موقع نصب یا کشیدن کابل بهتر است تنش و کشش بر روی هادی‌ها وارد نشود و نه بر پوشش خارجی آن. در تاسیساتی که کابل‌های آن به طور دایم تحت نیروی کشش قرار می‌گیرد استفاده از کابل‌های مجهز به سیم مهار یا مشابه آن که بتواند نیروی کشش را تحمل کند توصیه می‌شود.

ج) کابل‌هایی که به تجهیزات قابل حمل یا متحرک وصل می‌شود باید در نقطه اتصال به دستگاه به نحوی بسته و محکم شود که هیچ نیرویی به ترمینال‌های کابل وارد نشده و از کوتاه شدن و یا عقب رفتن عایق‌بندی یا غلاف کابل جلوگیری به عمل آید. در صورتی که کابل شامل هادی حفاظتی نیز باشد طول آن باید به قدری باشد که در صورت خراب شدن وسیله بستن کابل، وارد شدن نیرو به ترمینال هادی حفاظتی بعد از ترمینال‌های هادی‌های برق‌دار ممکن گردد. وسیله بستن کابل باید برق‌دار نبوده و به نحوی ساخته شده باشد که هیچ نوع خرابی مکانیکی در کابل بسته شده به وجود نیاورد.

چ) همه خم‌های کابل باید به نحوی انجام شود که هیچ نوع خرابی به خود کابل وارد نشود، به استثنای مواردی که به نحوی دیگر در مقررات مربوطه به کابل ذکر شده باشد، در تاسیسات نصب ثابت حداقل شعاع داخلی هر نوع خم به ترتیب زیر توصیه می‌شود:

- کابل‌های با روپوش فلزی (زره – غلاف سربی– هادی هم‌مرکز) $r=9(D+d)$
- کابل‌های با غلاف آلومینیومی $r=15D$

- کابل‌های با عایق‌بندی معدنی و غلاف مسی r=5D
- کابل‌های فاقد هر نوع روپوش فلزی r=8(D+d)

که در آن:

D = قطر خارجی کابل، d= قطر هادی بزرگترین رشته کابل و r= حداقل شعاع داخلی هر خم می‌باشد. در صورتی که مقطع هادی به فرم قطاع باشد، $d = 1.3\sqrt{A}$ در نظر گرفته خواهد شد که در آن A سطح مقطع هادی می‌باشد.

ح) کلیه کابل‌های داخل و خارج ساختمان باید یک تکه بوده و از استعمال دو راهی وسط خط باید خودداری شود.

۷-۶-۱-۲ نصب کابل روی دیوار و سقف

الف) برای نصب یک رشته کابل بر روی دیوار یا سقف باید از بست‌های کائوچویی دو تکه‌ای مخصوص کابل استفاده شود به طوری که در محل‌های بستکاری، کابل مستقیماً با دیوار یا سقف تماس نداشته باشد. در مورد نصب چند رشته کابل توصیه می‌گردد که کابل‌های مذکور به صورت موازی روی دیوار یا سقف نصب گردیده و از بست‌های ریلی استفاده شود.

حداقل فاصله کابل از دیوار باید دو سانتی‌متر در نظر گرفته شود.

فاصله کابل‌ها از یکدیگر باید حداقل دو برابر قطر کابل بزرگتر(فاصله آزاد) باشد. در مواردی که فاصله مذکور کمتر باشد باید از ضرایب مناسبی برای کاهش ظرفیت جریان مجاز کابل‌ها استفاده شود.

ب) کابل‌هایی که به وسیله بست نصب می‌شود، یا بر روی بازوهای افقی قرار داده می‌شود، باید به نحوی نگهداری شود که فاصله بست‌ها یا بازوهای تکیه کابل از مقادیر زیر تجاوز ننماید.

- در مورد کابل‌های بدون زره فلزی 20D
- در مورد کابل‌های زره فلزی‌دار 35D

D قطر خارجی کابل می‌باشد. در مورد نصب کابل‌ها به صورت قائم می‌توان به مقادیر فوق تا میزان پنجاه درصد اضافه نمود.

پ) بست‌های مورد استفاده در صورتی که از نوع عایق‌دار نباشد بایستی به وسیله غلاف محافظ عایق پوشانده شود.

ت) اگر کابل‌ها دارای روکش یا غلاف ترموپلاستیکی باشند، باید اطمینان یافت که هر گیره دارای کفشک‌های محافظ یاسپرهای مناسب باشد، بدیهی است در صورت عدم وجود چنین سپرهایی، روکش کابل‌ها می‌تواند زیر فشار کفشک‌های گیره‌ها آسیب ببیند.

ث) در مواردی که ساختمان دارای سقف کاذب است، نصب کابل بر روی سقف کاذب به هیچ وجه مجاز نمی‌باشد و باید روی سقف اصلی ساختمان نصب شود.

ج) فاصله‌ای که به علت استفاده از بست‌های ریلی یا دو تکه‌ای بین کابل و دیوار (یا سقف) ایجاد گردیده، باید درگوشه‌ها (داخلی و خارجی) با نصب دو عدد بست به فاصله ده سانتی‌متر از طرفین گوشه عیناً حفظ و رعایت گردد.

چ) کابل‌ها باید در برابر تابش مستقیم آفتاب دارای نوعی حفاظ باشد.

۷-۶-۱-۳ نصب کابل روی سینی کابل

الف) ابعاد سینی‌های کابل باید از نظر مکانیکی با توجه به وزن کابل‌ها و همچنین در صورت لزوم با در نظر گرفتن شرایط نصب، تعمیرات و رسیدگی انتخاب شود، ولی به طور کلی سینی‌های کابل باید با ورق آهن گالوانیزه مشبک‌و به ضخامت حداقل ۱/۵ میلی‌متر ساخته شده و در صورت آویزبودن توسط میله‌های فولادی به قطر حداقل ۶ میلی‌متر در فاصله‌های حداکثر یک متر نگاه داشته شود.

ب) سینی‌های کابل چند طبقه باید با توجه به عرض آن به نحوی انتخاب شود که دسترسی به کابل‌ها حداقل از یک‌طرف امکان‌پذیر باشد. فاصله بین سینی‌های دو طبقه باید حداقل نصف عرض سینی بالایی باشد.

پ) هنگام نصب کابل‌ها بر روی سینی کابل، کابل‌ها باید در نزدیکی هر محل تغییر جهت، سه راه یا چهارراه یا انتهای هر مسیر افقی یا قائم و همچنین به فاصله ۱۰ متر در مسیرهای افقی و ۱/۵ متر در مسیرهای قائم به سینی‌ها محکم شود.

۷-۶-۱-۴ نصب کابل به صورت آویز بین دو یا چند تیر

الف) به منظور نصب سیم مهار به تیر ابتدایی باید سیم مذکور به وسیله آی بولت(Eye bolt) به تیر متصل شده و برای جلوگیری از خمش نامتناسب بین مهار و آی بولت باید از گوشواره مخصوص سیم مهار متناسب با مقطع سیم برای عبور سیم مهار از داخل آی بولت استفاده و انتهای سیم مهار بعد از گشتن دور سیم مهار حداقل به وسیله دو عدد بست دو پیچه محکم گردد. برای نصب و عبور سیم مهار از روی تیرهای میانی بایستی از آی بولت یا بازو و بست مناسب استفاده گردد. در تیر انتهایی علاوه بر روش و اصول مورد استفاده در تیر ابتدایی باید یک عدد مهارکش متناسب با مقطع و طول خط مهار نصب شود.

ب) کابل‌های آویزان شده از سیم مهار باید یا به صورت پیوسته به آن وصل بوده و یا در حداکثر فواصلی به شرح زیر بستکاری شود:

- در مورد کابل‌های بدون زره فلزی ۴۰D
- در مورد کابل‌های زره فلزی‌دار ۷۰D

D قطر خارجی کابل می‌باشد.

پ) بست‌های به کار رفته در صورتی که از نوع عایق‌دار نباشد باید به وسیله غلاف محافظ عایق پوشانده شود.

۷-۶-۲ اصول و روش‌های نصب کابل‌های زمینی

۷-۶-۲-۱ در هنگام نصب کابل‌های زمینی اصول زیر باید کاملاً مد نظر بوده و رعایت شود:

الف) به منظور جلوگیری از تکان‌های شدید قرقره‌های کابل در هنگام حمل به کارگاه و یا محل نصب، باید قرقره‌ها به خوبی گوه‌گذاری شده و بیش از تحویل قرقره کابل‌ها، ضروری است بررسی شود که هیچ‌گونه آسیبی به قرقره‌ها و کابل‌ها وارد نشده است، بردار نشانگر رسم‌شده بر روی بدنه قرقره، راستای غلتاندن قرقره را نشان می‌دهد. اگر قرقره در راستای مخالف غلتانده شود لایه‌های کابل پیچیده شده بر روی قرقره شل می‌شوند.

ب) در هنگام حمل قرقره‌های کابل به جایگاه نصب، بهتر است که از کابل‌کش‌ها یا یدک‌کش حامل کابل که به وسایل سوار و پیاده کردن قرقره مجهز است استفاده کرد. در غیر این صورت به منظور پیاده‌سازی قرقره‌های کابل باید جرثقیل یا سطح شیب‌دار به کار گرفته شود.

پ) حداقل فاصله بین کابل فشارضعیف یا فشار متوسط و یا جریان ضعیف زیرزمینی از لوله‌های گاز، بخار، آب، وسوخت باید برابر ۳۰ سانتی‌متر باشد.

ت) در مواردی که کابل با کابل دیگر (به خصوص کابل‌هایی با فشار متفاوت) یا لوله‌های گاز، آب و غیرتقاطع داشته باشد باید از یک لوله محافظ، به طول یک متر استفاده نموده و کابل از داخل این لوله محافظ عبور نماید. همچنین، در مواردی که کابل از زیر جاده‌ها، محوطه‌های مفروش به هر نحو و یا از زیر سنگچین‌ها عبور کند، باید در زیر سطح مفروش یا جاده برای کل طول هر کابل لوله محافظ یک یا چند سوراخه از جنس پلاستیک صلب، از بست سیمان، سیمان یافولاد پیش‌بینی شود. نسبت قطر سوراخ‌های لوله محافظ در موارد فوق‌الذکر به قطر کابل مربوطه نباید از حدود ۱/۵ کمتر باشد. در محل‌های خروج کابل از داخل لوله، باید برای حفاظت کابل در برابر ساییدگی ناشی از تماس با لبه لوله نوعی بالشتک در نظر گرفت. لازم به یادآوری است که در این‌گونه موارد باید یک لوله محافظ اضافی خالی به منظور کابل‌کشی‌های آینده پیش‌بینی شوده و در وسط این لوله مفتول گالوانیزه نمره ۴ که طول آن در هر طرف یک متر بیش از طول لوله مزبور باشد قرار داده شود.

ث) برای خواباندن کابل‌ها باید از میزان درجه حرارتی که کابل می‌بایست تحت آن کشیده شود اطمینان حاصل نمود. اگر کابل قبل از خواباندن احتیاج به گرم کردن نداشته باشد باید میزان درجه حرارت بر حسب جدول ۷-۵ رعایت شود. به عنوان مثال کابل نوع پلاستیکی (p.v.c) نباید در زمستان که درجه حرارت کمتر از صفر درجه سانتی‌گراد است کابل‌کشی شود. در صورت سرد بودن می‌توان قبلاً قرقره کابل را برای مدت حداقل ۷۲ ساعت در اتاق یا انباری که دمای آن از ۲۰ درجه سلسیوس کمتر نباشد قرار داد و یا با استفاده از وسایل مخصوص گرم کردن کابل آن را گرم نمود و سپس فوراً مورد استفاده قرار داده و خوابانید. روش دیگر برای گرم‌کردن کابل عبارت است از اتصال آن به جریان برق و ایجاد حرارت به وسیله عبور برق از کابل مذکور. بدیهی است که پس از نصب کابل، درجه حرارت محیط می‌تواند به ۳۰- درجه سانتی‌گراد هم برسد بدون آن که به کابل صدمه‌ای بزند.

ج) تغییر جهت کانال‌های کابل‌ها باید به نحوی باشد که با شرایط مربوط به خم‌کردن کابل‌ها (مندرج در این فصل) مطابقت کند. تعداد کابل‌هایی که در داخل هر کانال نصب می‌شود باید چنان تعیین شود که بازدید و تعویض آن به سهولت امکان‌پذیر باشد.

چ) حداکثر تعداد کابل‌های داخل کانال، مجرا و یا لوله باید به نحوی تعیین شود که کشیدن آن به آسانی میسر باشد. با توجه به این اصل توصیه می‌شود که قطر داخلی مجرا،کانال یا لوله مساوی یا بیشتر از ۱/۵ برابر قطر کابل یا دسته کابل‌های کشیده شده در داخل آن باشد.

ح) در مواردی که کابل از داخل تجهیزات یا تاسیسات فلزی عبور می‌کند، هر یک از سوراخ‌ها باید دارای انحناهای لازم با بوشن‌های مناسب باشد تا از ایجاد خراشیدگی در کابل جلوگیری به عمل آید.

خ) در مواردی که لوله‌کشی‌ها و مجاری کابل در نقاط انتهایی خود در معرض تغییرات زیاد درجه حرارت قرار می‌گیرد، مانند تاسیسات سرد و سردخانه‌ها یا تجهیزات حرارتی یا تجهیزاتی که در دمای بالا کار می‌کند باید قسمت مناسبی از لوله‌کشی یا مجاری کابل به نقطه تبدیل اختصاص داده شده و از گردش هوا بین قسمت‌های گرمتر و قسمت‌های سردتر جلوگیری به عمل آید.اتصال‌های انبساط باید برای جبران انبساط و انقباض حرارتی، در مواردی که لازم است، پیش‌بینی شود.

د) در موقع نصب یاکشیدن کابل بهتر است تنش و کشش بر روی هادی‌ها وارد شود نه پوشش خارجی آن. در تاسیساتی که کابل‌های آن به طور دایم تحت نیروی کشش قرار می‌گیرد استفاده از کابل‌هایی مجهز به سیم مهار یا مشابه آن که بتواند نیروی کشش را تحمل کند توصیه می‌شود.

ذ) کابل‌کشی با دستگاه‌های مخصوص باید با توجه به نیروی کشش مجاز کابل موردنظر انجام شود. فرمول‌های نیروی کشش مجاز انواع کابل‌ها درجدول ۷-۶ ارائه شده است.

ر) اگر لوله‌های فولادی یا پلاستیکی دارای خم‌های متعددی باشد به طوری که زاویه کل خم‌ها به ۳۰۰ درجه برسد، در صورت لزوم عبور کابل از لوله‌های مذکور، نیروی کشش برابر ۱۰۰ درصد وزن کابل خواهد بود. در این گونه موارد، ضروری است لوله‌های فولادی یا پلاستیکی با آلگالاین جوشیده بدون صابون یا ماده روانساز بدون مواد معدنی مانند سیکاگلیت آغشته شود.

ز) کابل‌هایی که به تجهیزات قابل حمل یا متحرک وصل می‌شود باید در نقطه اتصال به دستگاه به نحوی بسته و محکم شود که هیچ نیرویی به ترمینال‌های کابل وارد نشده و از کوتاه شدن و یا عقب رفتن عایق‌بندی یا غلاف کابل جلوگیری به عمل آید. در صورتی که کابل شامل هادی حفاظتی نیز باشد طول آن باید به قدری باشد که در صورت خراب شدن وسیله بستن کابل، واردشدن نیرو به ترمینال هادی حفاظتی بعد از ترمینال‌های هادی‌های برق‌دار ممکن گردد. وسیله بستن کابل باید برق‌دار نبوده و به نحوی ساخته شده باشد که هیچ نوع خرابی مکانیکی درکابل بسته شده به وجود نیاورد.

ژ) همه خم‌های کابل باید به نحوی انجام داده شود که هیچ نوع خرابی به خود کابل وارد نشود. به استثنای مواردی که به نحوی دیگر در مقررات مربوطه به کابل ذکر شده باشد،در تاسیسات نصب ثابت حداقل شعاع داخلی هر نوع خم به شرح زیر خواهد بود:

- کابل‌های با روپوش فلزی (زره – غلاف سربی – هادی هم‌مرکز) $r=9(D+d)$
- کابل‌های با غلاف آلومینیومی $r=15D$
- کابل‌های با عایق‌بندی معدنی و غلاف مسی $r=5D$

- کابل‌های فاقد هر نوع روپوش فلزی $r=8(D+d)$

جدول ۷-۵: حداقل درجه حرارت کابل‌کشی بدون گرم کردن کابل

درجه سانتی‌گراد	نوع کابل
۰	کابل کاغذی با غلاف فلزی تا ۳۵ کیلوولت با کاغذ آغشته معمولی یا بدون پوشش حفاظتی
۵+	کابل کاغذی با غلاف فلزی تا ۳۵کیلوولت با یا بدون پوشش حفاظتی
۰	با پوشش لاستیکی با غلاف p.v.c از یک تا ۳۵ کیلوولت با یا بدون پوشش حفاظتی
-۱۰ -۷	با عایق پلاستیکی وغلاف پلاستیکی تا ۵۰۰ ولت الف – با پوشش حفاظتی و بدون پوشش ب – با عایق پلاستیکی – غلاف سربی یا p.v.c با پوشش حفاظتی
-۱۵	با عایق لاستیکی – غلاف سربی یا p.v.c بدون غلاف حفاظتی با غلاف غیرفلزی
-۲۰	با عایق لاستیکی – غلاف سربی یا p.v.c بدون غلاف حفاظتی ولی با غلاف غیرفلزی

جدول ۷-۶: نیروی کشش مجاز انواع کابل‌ها

روش کشش کابل	نوع کابل	نیروی کششی مجاز (نیوتن)
بستن هادی‌های کابل به یکدیگر و اتصال به قلاب دستگاه	تمام انواع کابل‌ها	F=A*۵۰ (هادی مسی) F=A*۳۰ (هادی آلومینیومی)
با استفاده از جوراب کابل	کلیه کابل‌های دارای زره از سیم‌های فولادی مانند: NYFGY, NAYFGY کابل‌های غلاف فلزی، بدون زره مقاوم در برابر کشش مانند : NKBA,NYKY,NAKLEY,NEKEBA, NAEKEBA کلیه کابل‌های پلاستیکی بدون غلاف فلزی و بدون زره مانند: NYY,NYCY,NYCWY,NYSY, NYSEY	$F=۹\ D^۲$ $F=۳\times D^۲$ (کابل تک غلاف) $F=۱\times D^۲$ (کابل سه غلاف) $F=۵۰\times A$ (هادی مسی) $F=۳۰\times A$ (هادی آلومینیومی)

در جدول فوق A سطح مقطع کل هادی‌ها به میلی‌مترمربع (شامل حفاظ و هادی‌های حفاظتی هم‌مرکز نمی‌شود) و D قطر خارجی کابل به میلی‌متر است که در آن D قطر خارجی کابل، d=قطر هادی بزرگترین رشته کابل و r=حداقل شعاع داخلی هر خم می‌باشد. در صورتی که مقطع هادی به فرم قطاع (Sector) باشد، $d=1.3\sqrt{A}$ در نظر گرفته خواهد شد که در آن A سطح مقطع هادی می‌باشد.

س) کلیه کابل‌های داخل و خارج ساختمان باید یک تکه بوده و از کاربرد مفصل دوراهی در وسط خط خودداری شود. استفاده از دوراهی در موارد استثنایی پس از تایید دستگاه نظارت مجاز خواهد بود.

ش) کابل‌های کاغذی و روغنی را نباید در مکانهایی که اختلاف سطح مسیر از اندازه مجاز بیشتر باشد خواباند. شیب‌های مجاز برای کابل‌های کاغذی و روغنی ۰/۶/۱ کیلوولت عبارتند از:

- حداکثر ۴٪ شیب رو به پایین بدون محدودیت در طول کابل
- حداکثر ۱۰٪ شیب رو به پایین برای حداکثر ۵۰۰ متر طول کابل

اگر شیب مسیر از مقادیر فوق تجاوز کند باید از کابل‌های خشک یا کابل‌های کاغذی که با مواد روغنی ویژه اشباع‌شده‌اند استفاده کرد.

ص) پس از نصب یا در زمان آغاز بهره‌برداری کابل‌ها، قدرت عایقی آنها باید مورد آزمون با ولتاژهای DC یا AC قرارگیرند. به علت قابلیت شارژ بالای کابل‌ها، آزمون ولتاژ DC ترجیح داده می‌شود. ولتاژ DC آزمون ۵/۶ تا ۸ کیلوولت و مدت آزمون مذکور ۳۰ دقیقه بازاء هرفاز خواهد بود. آزمون ولتاژ DC حداکثر ۵ کیلوولت به مدت ۱۰ دقیقه برای اطمینان از سالم بودن غلاف بیرونی پلاستیکی کابل‌های زره‌دار یا دارای محافظ نیز توصیه می‌شود.

۷-۶-۲-۲ نصب کابل در داخل کانال خاکی

الف) کابل‌های دفن شده در خاک باید از انواع مجاز کابل‌ها برای این کار باشند.

ب) برای نصب کابل‌ها در داخل کانال خاکی ابتدا باید کانال مورد نظر با ابعاد مشخص شده در نقشه مربوط حفر و کف آن به ضخامت ۱۰سانتی‌متر ماسه‌ریزی و کابل‌ها بر روی آن خوابانده شود،آنگاه، روی کابل‌ها نیز با ۱۰ سانتی‌متر ماسه نرم پوشانیده ویک نوارپلاستیکی خبردهنده که بر روی آن عبارت «توجه مسیر کابل» نوشته شده بر روی آن کشیده شود و سپس به منظور محافظت کابل یک ردیف آجر به عرض ۲۲ سانتی‌متر (طول آجر عمود بر محور کابل)، یا یک ردیف دال بتونی بر روی نوار مزبور چیده و سپس روی آن خاکریزی و کوبیده شود.

پ) عرض کانال حفر شده به منظور نصب کابل‌های زیرزمینی بستگی به تعداد کابل‌هایی خواهد داشت که در مجاورت هم قرار می‌گیرد. همچنین، عمق کابل از سطح زمین بستگی به تعداد کابل‌هایی دارد که روی یکدیگر قرار می‌گیرد. معذالک فاصله بالاترین کابل فشارضعیف زیرزمینی از سطح زمین، در زیر سطح تمام شده پیاده‌رو نباید از ۷۰ سانتی‌متر کمتر و در زیر سطح خیابان نباید از یک متر کمتر باشد.

ت) اگر تعداد کابل‌های مورد لزوم برای نصب در داخل کانال خاکی زیاد باشد بهتر است به جای قراردادن کابل‌ها بر روی یکدیگر، کابل‌ها پهلوی هم کشیده شود. حداقل فاصله کابل‌های زیرزمینی از یکدیگر در صورتی که دو کابل هم‌ولتاژ باشد باید برابر ۱۰ سانتی‌متر و در صورتی که یک کابل، کابل فشارضعیف و دیگری کابل فشار متوسط یا کابل جریان ضعیف (دو کابل مجاور با ولتاژهای متفاوت) باشد باید ۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شود، (منظور از فاصله دو کابل فاصله هوایی بین آن دو می‌باشد) در مواردی که چند کابل به موازت یکدیگر در یک سطح افقی کشیده می‌شود باید ضمن رعایت فواصل مجاز، تمامی سطح کابل‌ها با آجر پوشیده شود و در مورد کابل‌های جانبی، حداقل نصف طول آجر از مرکز کابل به سمت خارج قرار گیرد. به جای آجر می‌توان از دال بتونی مناسب یا مصالح دیگری که تصویب شده باشد استفاده کرد.

ث) جزییات و ابعاد کانال خاکی و فاصله بین کابل‌ها در شکل ۷-۳ نشان داده شده است. در این شکل همچنین تعداد و نحوه استقرار کابل‌های فشار ضعیف در کانال‌های خاکی ارائه گردیده است.

ج) در مواردی که کابل فشارضعیف و کابل فشار متوسط در یک کانال خاکی زیرزمینی نصب می‌شود، کابل فشار متوسط نباید مستقیماً در زیر کابل فشار ضعیف قرار گرفته و عمق دفن کابل فشار متوسط باید حداقل ۰/۳ متر بیشتر از کابل فشار ضعیف باشد. در این گونه موارد، باید کانال به شکل پله‌ای (دو بستر متفاوت) حفر و کابل فشار متوسط در بستر پایینی و کابل فشار ضعیف در بستر بالایی خوابانده شود. بدیهی است کلیه اصول وروش‌های مربوط به نصب کابل‌های فشار ضعیف و متوسط در مورد هر کدام از کابل‌های مذکور باید دقیقاً رعایت شود. (شکل ۷-۳)

چ) در صورتی که محل خواباندن کابل، زمین شوره‌زار بوه، یا امکان وجود حشرات موذی مانند موریانه و غیره باشد استفاده از کابل NYY به هیچ وجه مجاز نبوده و بایستی کابل NYCY یا NYCWY به کار برده شود.

ح) کلیه کابل‌ها به ویژه کابل‌های تک‌سیمه نباید پس از خواباندن کشانده و راست شوند و لازم است اندکی پیچ و تاب داشته باشند تا بتوانند انبساط و انقباض طولی را که درمدت دوره‌های گرمایشی به واسطه بار کامل، رخ می‌دهند، به آسانی تحمل کنند.

خ) کابل‌هایی که بدون هیچ نوع حفاظت مکانیکی اضافی مستقیماً در زمین دفن می‌شود باید دارای پوشش یا زره فلزی و غلاف محافظ باشد. کابل‌هایی که با استفاده از حفاظت مکانیکی اضافی (آجر یا دال بتونی) در زمین دفن می‌شود باید دارای غلاف محافظ باشد. مسیر این گونه کابل‌ها باید به نحوی علامت‌گذاری شود که در صورت کندوکاو بعدی، محل آن مشخص باشد.

د) پیمانکار موظف است که قبل از شروع به حفر و کندن کانال خاکی کلیه نقشه‌های تاسیساتی اجرا شده قبلی در محوطه عملیات خود را از دستگاه‌های اجرایی مربوطه دریافت و با توجه به آن اقدام به حفر کانال کند به طوری که هیچ گونه لطمه‌ای به تاسیسات موجود وارد نشود.

ذ) هنگام حفر کانال خاکی برای نصب کابل‌ها باید آسفالت یاسیمان یا پوشش، کنده شده و در یک سمت گودال در فاصله حداقل یک متری انباشته شود تا هر گونه فعالیت آزاد برای خواباندن کابل امکان داشته باشد. همچنین، سایر مواد خاکبرداری شده (یعنی خاک وغیره) در سمت دیگر گودال و در فاصله حداقل ۰/۳ متری انباشته گردد تا کارگران از لغزش و افتادن در گودال در امان باشند.

ر) در مواردی که به منظور خواباندن کابل‌ها قسمتی از جاده آسفالته یا پیاده‌رو باید خاکبرداری شود پیمانکار موظف است پس از تکمیل کار کابل‌کشی جاده آسفالته یا پیاده‌رو را تعمیر و به حالت اول برگرداند.

۷-۶-۲-۳ نصب کابل در داخل کانال پیش‌ساخته

الف) کانال‌های پیش‌ساخته کابل‌کشی می‌تواند به صورت آدم‌رو یا معمولی، ساخته شده از آجر با اندود سیمانی و یا بتونی باشد.

ب) به منظور دفع آبهایی که ممکن است در کف کانال‌های پیش‌ساخته جمع شود باید کف‌شورهای مناسبی که به سیستم فاضلاب یا چاه جذب آب متصل باشد در فواصل حداکثر ۴۰ متری از یکدیگر پیش‌بینی و نصب شود.

پ) برای هدایت آبهای احتمالی، کف کانال‌های پیش‌ساخته بایستی دارای شیب برابر نیم الی یک صد در جهت کف‌شورهای پیش‌بینی شده باشد.

ت) به منظور پرهیز از تماس مستقیم کابل‌ها با کف کانال پیش‌ساخته معمولی باید در کف کانال و در فواصلی حداکثر برابر با ۶۰ سانتی‌متر اتکایی از لوله گالوانیزه و یا پروفیل ناودانی (آلومینیومی یا گالوانیزه) و یا چوب فشرده شده با ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر از کف کانال پیش‌بینی و نصب گردیده و سپس کابل‌ها روی اتکاهای مذکور خوابانده شود.

ث) کانال‌های پیش‌ساخته معمولی در موتورخانه‌ها، پست‌های برق، اتاق و یا سالن‌های مولد برق و غیره باید دارای درپوش‌های قابل برداشت از آهن آجدار با دستگیره مناسب در تمام طول کانال باشد.

ج) به منظور نصب کابل در کانال‌های پیش‌ساخته شده آدم‌رو بایستی از قطعات پیش‌ساخته گالوانیزه با نصب مجزا همراه با بست‌های تپانچه‌ای استفاده شود و یا این که همزمان با ساخت کانال، در تمام طول دیواره کانال و حداکثر هر ۲ متر، یک پروفیل ناودانی به عرض ۱۰ سانتی‌متر و به طول برابر با ارتفاع کانال (از کف تا زیر سقف کانال) پیش‌بینی و نصب شود تا بعداً متناسب با نوع و تعداد کابل‌های مورد نیاز، اسکلت کابل‌کشی، بازوها، نگاهدارنده‌ها، و سینی کابل را بتوان بدون تخریب روی ناودانی‌های مذکور نصب کرد.جزییات تیپ اسکله‌بندی نصب کابل را در داخل کانال‌های آدم‌رو در شکل ۷-۴ و جزییات تیپ بازوبندی در داخل کانال‌های مذکور در شکل ۷-۵ نشان داده شده است.

چ) کلیه کابل‌کشی‌ها بایستی روی سینی کابل انجام شده و کلیه اصول نصب مندرج در بخش‌های نصب کابل هوایی ونصب کابل روی سینی کابل باید دقیقاً رعایت شود.

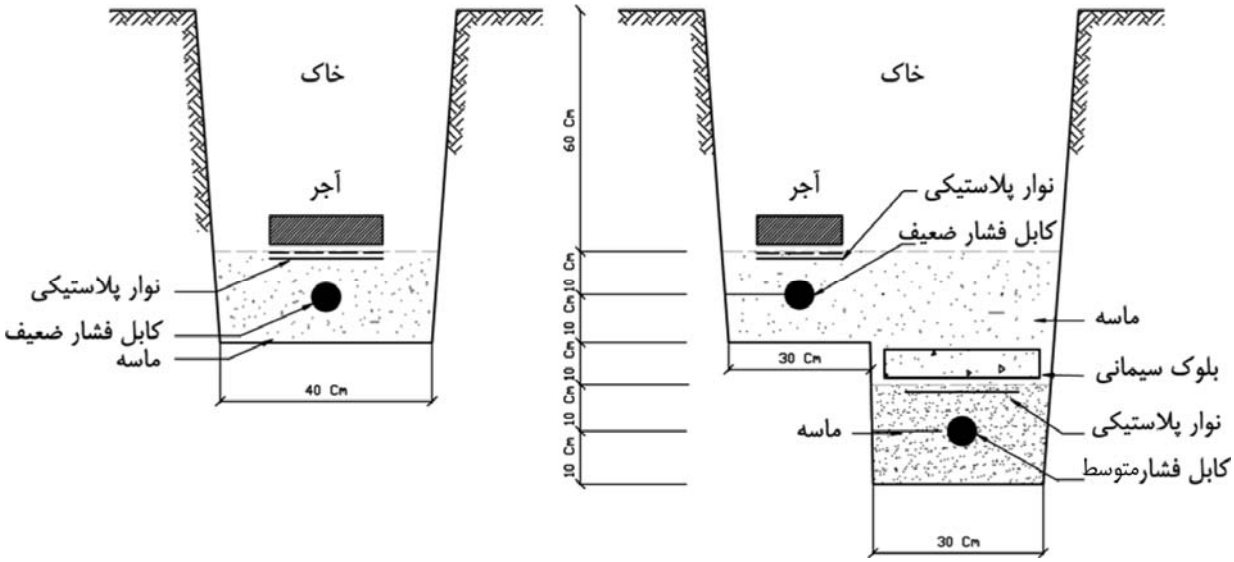
ح) کلیه کانال‌های پیش‌ساخته آدم‌رو باید دارای سیستم روشنایی مناسب و پریزهای برق در فواصل حداکثر برابر با ۶ متر بوده و همچنین در صورت امکان برای تماس با خارج در صورت لزوم، پریزهای تلفن در فواصل حداکثر برابر با ۲۰ متر پیش‌بینی و نصب شود.

خ) در کانال‌های پیش‌ساخته‌شده آدم‌رو، در صورتی که علاوه بر تاسیسات برقی از تاسیسات مکانیکی و غیره نیز استفاده شود باید حتی‌الامکان در یک دیواره تاسیسات برقی و در دیواره مقابل تاسیسات دیگر نصب شود. در صورتی که امکان نصب به طریق فوق نباشد باید حداقل تاسیسات مذکور در دو ارتفاع متفاوت و به صورت مستقل و جدا از هم نصب شود، به طوری که تاسیسات برقی در ارتفاع بالاتر از تاسیسات مکانیکی نصب شده باشد.

د) با توجه به اینکه امکان آتش‌سوزی و گسترش آتش در کانال‌ها و مجاری کابل همیشه وجود دارد، این مجاری باید حداقل در نقطه ورودی به اتاقک‌های تجهیزات و فرمان، ایستگاه‌های سوییچینگ و غیره، با دیواره‌های نسوز یا ضدآتش مجهز شوند.

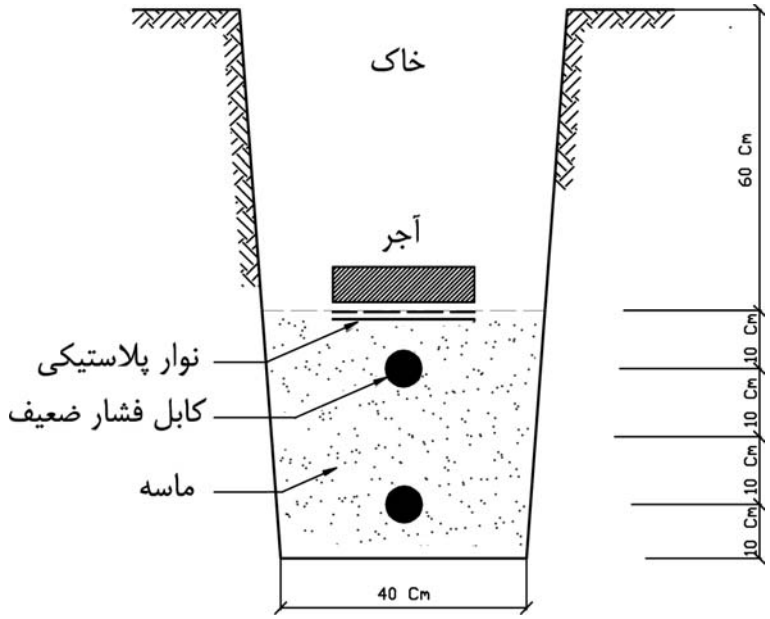
۷-۶-۲-۴ نصب کابل در داخل شافت

برای نصب کابل روی دیواره شافت، کلیه اصول و روش‌های تعیین شده مندرج در بخش نصب کابل روی دیوار، به خصوص نصب در حالت قائم، دقیقاً رعایت شود.



جزییات کانال خاکی مشترک تیپ برای نصب کابل‌های فشار متوسط و فشار ضعیف

جزییات کانال خاکی تیپ برای نصب کابل فشار ضعیف در یک ردیف افقی



جزییات کانال خاکی تیپ برای نصب کابل فشار ضعیف
در دو ردیف افقی

ابعاد کانال‌های خاکی بر حسب تعداد و نوع استقرار کابل‌های فشار ضعیف

نوع استقرار کابل‌ها	نصب کابل‌ها در یک ردیف افقی					نصب کابل‌ها در دو ردیف افقی			
تعداد کل کابل‌های نصب شده	۱	۲	۳	۴	۵	۲	۴	۶	۸
عرض بستر کانال (cm)	۴۰	۵۰	۷۰	۹۰	۱۱۰	۴۰	۵۰	۷۰	۹۰
عمق کانال در پیاده‌رو(cm)	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
عمق کانال در خیابان(cm)	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۳۰	۱۳۰	۱۳۰	۱۳۰

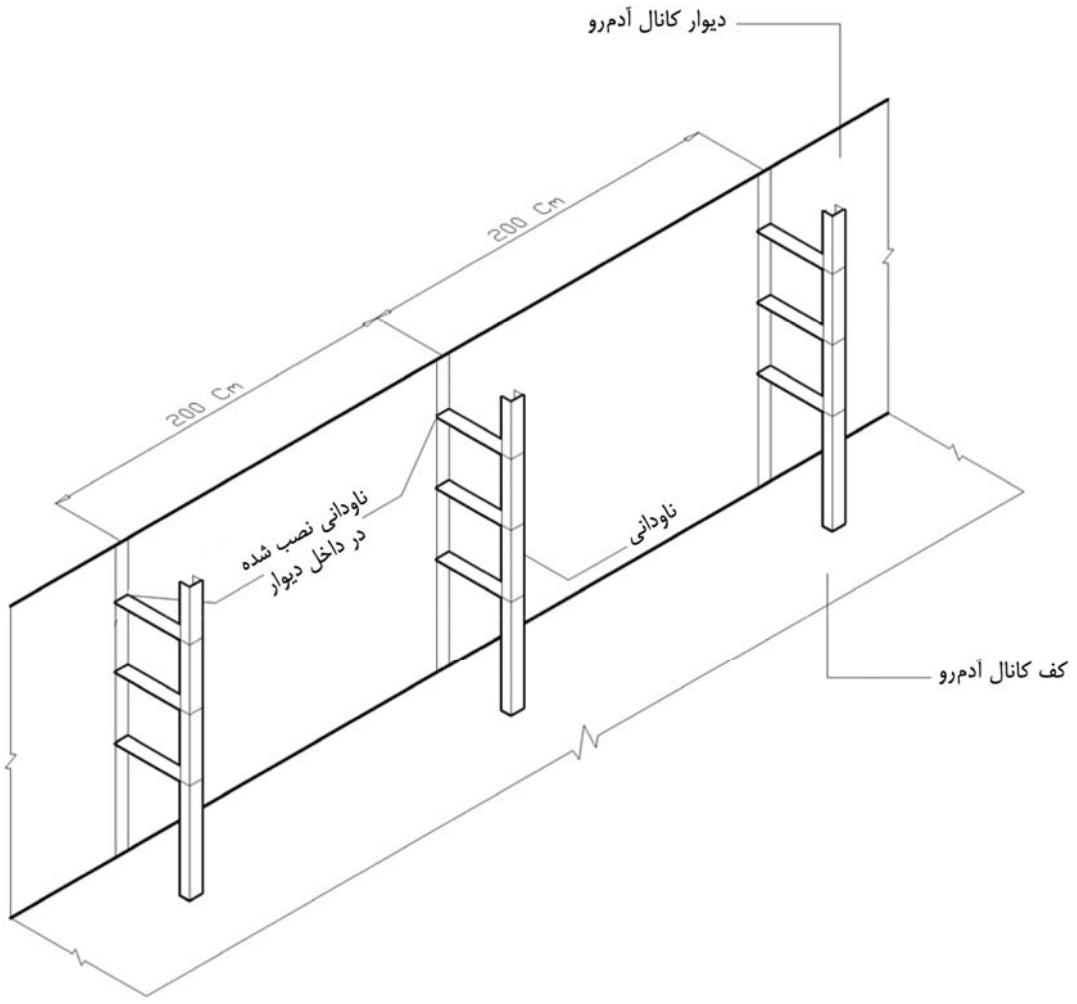
شکل ۷-۳: جزییات نصب کابل در کانال خاکی

۷-۶-۳ اصول و روش‌های نصب کابل‌های مخصوص

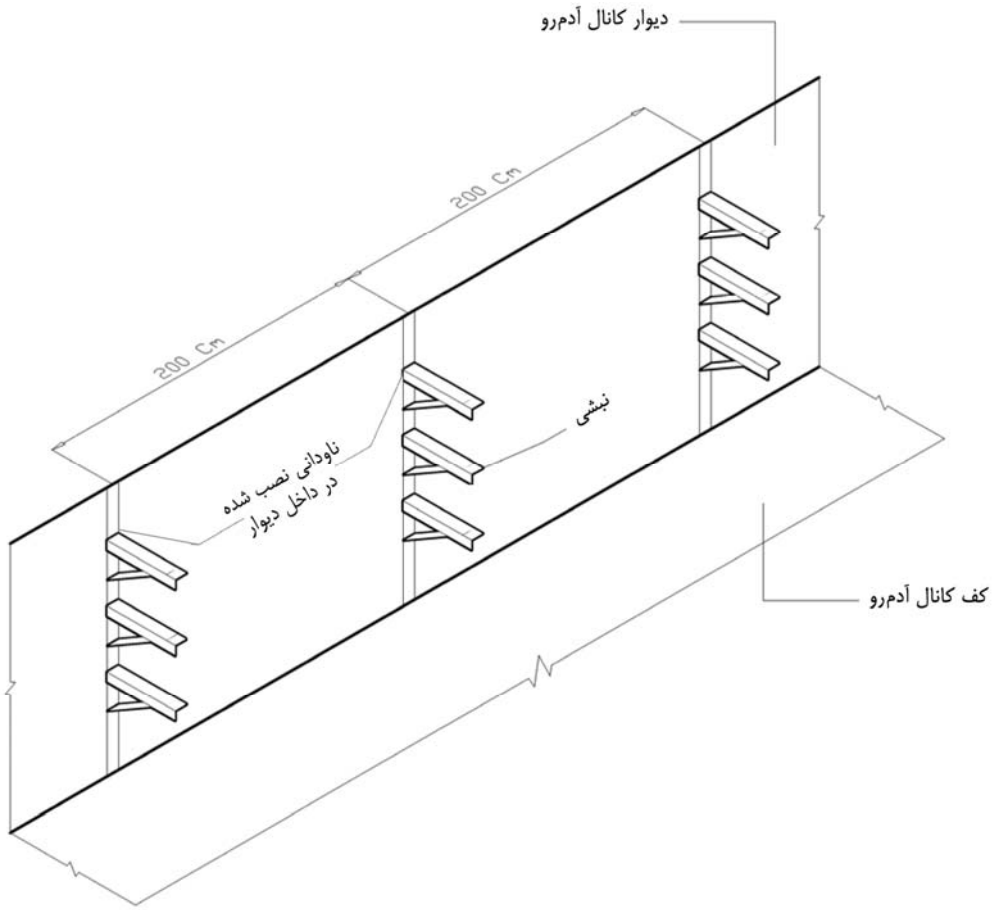
۷-۶-۳-۱ علاوه بر شرایط خاص نصب کابل‌های مخصوص مانند کابل‌های زیرآبی،کنترل، معادن و پمپ بنزین‌ها، کلیه اصول و روش‌های مندرج در بخش‌های قبل باید با توجه به نوع شرایط نصب، در مورد نصب کابل‌های مخصوص دقیقاً رعایت شود.

۷-۶-۳-۲ در محل‌هایی که نیروی کششی به کابل وارد می‌شود، همچنین در رودخانه‌ها و دریاها، کابل باید به سیم فولادی گالوانیزه به صورت تکی و یا دوبل مسلح شود.

۷-۶-۳-۳ به منظور تعیین جریان مجاز کابل زیرآبی که کاملاً درداخل آب قرار گرفته، می‌توان جریان مجاز همان کابل را درشرایط خواباندن در کانال خاکی، در ضریب ۱/۱۵ ضرب نمود. باید توجه نمود که اگر بخشی از کابل در داخل آب و بخش دیگری در خاک مستقر باشد، این بخش‌ها تعیین‌کننده جریان مجاز کابل خواهند بود.



شکل ۷-۴: جزییات تیپ اسکله‌بندی نصب کابل در داخل کانال‌های آدم‌رو



شکل ۷-۵: جزییات تیپ بازوبندی نصب کابل درداخل کانال‌های آدم‌رو

۷-۷ کابلشوها، سرکابل‌ها و مفصل‌ها

کلیه وسایل انتهایی و اتصالی کابل‌ها (کابلشوها، سرکابل‌ها، مفصل‌ها، چندراهه‌ها و غیره) باید مناسب نوع کابل و توصیه سازنده آن باشد و کلیه دستورالعمل‌های سازنده اینگونه وسیله‌ها نیز باید در هنگام نصب رعایت شود. در مورد کابل‌های زره‌دار یا دارای نوعی پوشش فلزی باید نسبت به وجود پیوستگی الکتریکی پوشش فلزی در محل‌های اتصال و انشعاب، اطمینان حاصل شود. اتصال الکتریکی کابل‌ها به وسایل و دستگاه‌ها یا شینه‌ها باید با وسایل مناسب نوع کابل انجام شود.

۷-۷-۱ کابلشوها

۷-۷-۱-۱ برای اتصال هادی‌های کابل‌های فشارضعیف به کلید، فیوز، جعبه اتصال ماشین‌آلات، پمپ‌ها، وسایل اندازه‌گیری، ترمینال‌ها و غیره در داخل ساختمان می‌توان از کابلشوهای استاندارد مسی نوع پرسی، پیچی، و لحیمی استفاده نمود.

۷-۷-۱-۲ برای اتصال کابل‌های افشان از مقطع یک میلی‌متر مربع به بالا و کابل‌های مفتولی از مقطع ۱۰ میلی‌متر مربع به بالا باید از کابلشو استفاده شود. کابل‌های مفتولی به مقطع ۶ میلی‌مترمربع و کمتر را می‌توان مستقیماً با ایجاد حلقه به دستگاه مربوطه متصل نمود.

۷-۷-۱-۳ کلیه کابلشوها به مقطع ۱۰ میلی‌مترمربع و کمتر بایستی در محل اتصال کابل به کابلشو با حلقه عایق پلاستیکی و یا چینی مخصوص عایق شود.

۷-۷-۱-۴ از نظر فنی و استقامت، استفاده از کابلشوهای پرسی نسبت به کابلشوهای پیچی و کابلشوهای پیچی نسبت به کابلشوهای لحیمی ارجحیت دارد. بدیهی است در صورت استفاده از کابلشوهای لحیمی بایستی کابلشو به سیم به نحوی لحیم داده شود که هیچ گونه حباب هوا بین سیم و جدار کابلشو وجود نداشته باشد. برای لحیم‌کاری باید از لحیم‌های مخصوص برق (۳۰٪ سرب، ۷۰٪ قلع) استفاده شود.

۷-۷-۲ سرکابل‌ها

۷-۷-۲-۱ هنگام انتخاب سرکابل‌ها باید دقت شود که مشخصات الکتریکی آن با مشخصات کابل مورد اتصال یکسان باشد.

۷-۷-۲-۲ برای اتصال کابل‌های فشارضعیف با ولتاژ اسمی حداکثر ۱۰۰۰ ولت (به استثنای کابل‌های روغنی) در داخل ساختمان نیازی به استفاده از سرکابل نیست و می‌توان از کابلشوهای پرسی، پیچی و یا لحیمی استفاده نمود.

۷-۷-۲-۳ برای اتصال کابل‌های فشار ضعیف با ولتاژ اسمی حداکثر ۱۰۰۰ولت در فضای آزاد، باید از سرکابل مخصوص فضای آزاد و از نوع صمغ ریخته شده (پروتولین) و یا نوع روش پی – وی – سی نرم استفاده شود.

۷-۷-۲-۴ در مواردی که سیستم انتقال نیرو از کابل به سیستم دیگری تغییر می‌یابد و یا به دستگاهی متصل می‌شود مانند تغییر از کابل به شبکه هوایی یا به شینه‌کشی یا به ترانسفورماتور و یا به سایر دستگاه‌های الکتریکی، باید از سرکابل استفاده شود.

۷-۷-۲-۵ در موقع انتخاب سرکابل باید به نوع کابل (یک سیمه، کمربندی، سه غلافه و غیره) و مکان نصب (در داخل ساختمان یا فضای آزاد) توجه شده و عوامل مذکور در نظر گرفته شود.

۷-۷-۲-۶ سرکابل‌ها باید طوری اتصال یابد که از نفوذ رطوبت هوا در کابل و همچنین از خارج شدن روغن و مواد روان درون کابل جلوگیری شود.

۷-۷-۳ مفصل‌ها

۷-۷-۳-۱ به منظور حفاظت کامل کابل‌ها در محل اتصال به یکدیگر باید از مفصل‌های کابل استفاده شود تا بتوان محل اتصال مورد نظر را از رطوبت و نیروهای مکانیکی محفوظ نگاهداشت.

۷-۷-۳-۲ مفصل کابل باید در مقابل نیروی کششی حفاظت شود، لذا مفصل در امتداد کابل نباید قرار گیرد ولی محورهای کابل و مفصل باید در حدود نیم تا یک متر از همدیگر فاصله داشته باشد.

۷-۷-۳-۳ برای پر کردن مفصل چدنی باید از قیر مخصوص آن مفصل استفاده شود.

۷–۸ نشانه‌های ترسیمی الکتریکی

نشانه‌های ترسیمی الکتریکی کابل‌های فشار ضعیف در جدول ۷–۷ نشان داده شده است.

جدول ۷–۷ نشانه‌های ترسیمی الکتریکی کابل‌های فشار ضعیف

شرح	نشانه
نصب کابل به صورت روکار روی دیوار و یا سقف	LT
نصب کابل روی سینی کابل	LT
نصب کابل به صورت آویز	LT
نصب کابل در کانال خاکی	LT
کابل زیر آبی	UWLT
نشان‌دهنده تعداد و سطح مقطع اسمی کابل	3x185+95 mm² LT
سرکابل	
جعبه مفصل ساده	
جعبه مفصل سه راهی (انشعاب)	
جعبه مفصل چهارراهی (انشعاب)	

فصل ۸

کابل‌های فشار متوسط

مشخصات فنی عمومی و اجرایی

تأسیسات برقی ساختمان

نشریه ۱-۱۱۰ (تجدید نظر دوم)

۸ کابل‌های فشار متوسط

فهرست

شناسه	عنوان	صفحه
۸-۱	دامنه پوشش	۱ از ۲٤
۸-۲	تعاریف و اصطلاحات	۱ از ۲٤
۸-۳	استانداردهای ساخت و مراجع	۳ از ۲٤
۸-٤	مشخصات فنی و موارد کاربرد کابل‌های فشار متوسط	٤ از ۲٤
۸-۵	ضوابط اساسی در طراحی سیستم کابل‌کشی فشار متوسط	۷ از ۲٤
۸-۶	اصول و روش‌های نصب کابل‌های فشار متوسط	۱۱ از ۲٤
۸-۷	کابلشوها، سرکابل‌ها و مفصل‌ها	۲۰ از ۲٤

۸-۱ دامنه پوشش

در این فصل کابل‌های فشار متوسط با هادی‌های مسی یا آلومینیومی، عایق‌بندی کاغذی، پلاستیکی(PVC)، پلی‌اتیلن (PE) یا پلی‌اتیلن مستحکم (XLPE) که ولتاژ اسمی آنها بین ۳/۶/۶ کیلوولت تا ۱۸/۳۰ کیلوولت قرار دارد و نیز کابلشوها، سرکابل‌ها و مفصل‌ها جهت اتصال کابل‌ها به وسایل و تجهیزات الکتریکی، یا به کابل‌های دیگر، مورد بررسی قرار می‌گیرد. کابل‌های فشار متوسط در نظر گرفته شده، انواع کابل‌هایی هستند که در زیر سطح زمین، داخل یا خارج ساختمان، در کانال کابل، در آب و در تاسیسات الکتریکی یا صنعتی نصب شده و با تعیین ویژگی‌های عمده این گونه کابل‌ها و ملحقات مربوط، مشخصات فنی عمومی و معیارهای پایه برای انتخاب کابل‌ها و اجرای شبکه کابل‌کشی فشار متوسط، شامل بخش‌های زیر تدوین شده است.

- تعاریف و اصطلاحات
- استانداردهای ساخت
- مشخصات فنی و موارد کاربرد کابل‌های فشار متوسط
- ضوابط اساسی در طراحی سیستم کابل‌کشی فشار متوسط
- اصول و روش‌های نصب کابل‌های فشار متوسط
- کابلشوها، سرکابل‌ها و مفصل‌ها
- نشانه‌های ترسیمی الکتریکی کابل‌ها

۸-۲ تعاریف و اصطلاحات

واژه‌ها و اصطلاحات مورد استفاده در این فصل دارای تعاریف زیر خواهد بود:
برای تعاریف کابل، هسته کابل، حفاظ، غلاف، زره و نیز جریان مجاز یک هادی، اضافه جریان، جریان اضافه‌بار و جریان اتصال کوتاه، به بخش ۷-۲ فصل هفتم و بخش ۲-۲ فصل دوم مراجعه شود.

۸-۲-۱ کابل مدور (circular cable)

کابلی است که هادی آن مقطع مدور دارد.

۸-۲-۲ کابل قطاعی (sectoral cable)

کابلی است که شکل مقطع هادی آن، قطاعی است.

۸-۲-۳ کابل چندسیمه (multi core cable)

کابلی است که دارای دو یا چند سیم (هسته) می‌باشد.

۸-۲-۴ غلاف عایق‌کننده (insulating sheath)

غلافی است که به منظور عایق‌کردن سیم(هسته) هادی کابل به کار می‌رود.

۸-۲-۵ غلاف جداکننده (seperating sheath)

ماده عایقی است که مابین اجزاء فلزی در ساختمان کابل قرار داده شده می‌شود.

۸-۲-۶ غلاف خارجی (outer sheath)

غلاف خارجی، حفاظت کابل را در برابر فشار، تنش مکانیکی و خوردگی به عهده دارد.

۸-۲-۷ لایه‌های هادی (conductive layers)

لایه‌های هادی از ماده نیمه‌هادی ساخته شده و به نحوی به عایق می‌چسبد که از پدیده کرونا (corona) بین هادی و عایق یا بین عایق و حفاظ جلوگیری شود.

۸-۲-۸ حفاظ فلزی (metallic screen)

حفاظ فلزی از نوارها یا سیم‌های مسی یا زره‌ای از سیم‌های فولادی تخت تشکیل شده که به طور هم‌مرکز هسته‌ها یا سیم‌ها را احاطه کرده‌اند.

۸-۲-۹ نوار مارپیچی (helix tape)

نوار مارپیچی از نوارهای پلاستیکی یا فولادی گالوانیزه شده یا مسی که حفاظ فلزی یا زره را احاطه کرده و آنها را در جای خود محکم نگاه می‌دارند، تشکیل شده است.

۸-۲-۱۰ ولتاژ نامی و ولتاژ کار

ولتاژی که یک کابل بر اساس آن طراحی شده و ویژگی‌های بهره‌برداری و شرایط انجام آزمون را مشخص می‌سازد و ولتاژ نامی آن کابل نامیده می‌شود. کابل‌های قدرت بر حسب ولتاژ نامی آن کابل نامیده می‌شوند. کابل‌های قدرت بر حسب ولتاژ نامی U_0/U طبقه‌بندی می‌شوند. U_0 ولتاژ نامی بین هادی و زمین یا پوشش فلزی زمین شده کابل مانند هادی هم‌مرکز، حفاظ، زره یا غلاف فلزی بوده و U ولتاژ نامی بین دو هادی فاز در یک مدار سه فاز می‌باشد.

در استاندارد IEC، حداکثر ولتاژ نامی مجاز تجهیزات U_m در پارانتز درج‌شده و مشخصات ولتاژ کابل بدین صورت نوشته می‌شود:(($U_0/U)(U_m)$)). در سیستم‌های جریان متناوب سه‌فاز ولتاژهای نامی به صورت $U_0=\frac{U}{\sqrt{3}}$ بوده و در سیستم‌های جریان متناوب تک‌فاز زمین‌نشده $U_0=\frac{U}{2}$ و در سیستم‌های جریان متناوب تک‌فاز زمین‌شده $U_0 = U$ می‌باشد.

ولتاژهای نامی فشار متوسط برای کابل‌های قدرت در سیستم سه‌فاز بر طبق استانداردهای BS و VDE و IEC عبارتند از:

$U_0/U=$ (۳/۶) /۶ ; ۶/۱۰; (۸/۷) /۱۵ ; ۱۲/۲۰; ۱۸/۳۰; (۲۰/۳) /۳۵ kv

کابل‌های دارای ولتاژ نامی U_0/U برای استفاده در شبکه‌های سه‌فازی که دارای ولتاژ نامی (U_n) زیر هستند مناسب می‌باشند.

$$U_n \le U = \sqrt{3}\, U_0$$

در جدول ۸-۱، ولتاژهای نامی $U_0/U\,(U_m)$ و بالاترین ولتاژ نامی مجاز تجهیزات U_m را در مقایسه با ولتاژ نامی شبکه U_n و حداکثر ولتاژ شبکه (حداکثر ولتاژ کار مجاز) U_{bmax} برای کابل‌های فشار متوسط ذکر شده است.

جدول ۸-۱: ولتاژهای نامی U_0/U (U_m)، بالاترین ولتاژ نامی مجاز تجهیزات U_m و حداکثر ولتاژ شبکه U_{bmax} برای کابل‌های فشار متوسط

ولتاژهای نامی کابل $U_0/U(U_m)$ (kv)	شبکه				
	جریان سه‌فاز		جریان تک‌فاز		
	ولتاژ نامی U_n (kv)	بالاترین ولتاژ شبکه U_{bmax} (kv)	شبکه زمین‌نشده (kv) (هر دو هادی فاز عایق‌بندی شده)		یک هادی فاز زمین‌شده (kv)
			ولتاژ نامی $U_{0۲} \leq U_n$ (kv)	بالاترین ولتاژ شبکه U_{bmax} (kv)	ولتاژ نامی $U_{0۲} \leq U_n$ (kv)	بالاترین ولتاژ شبکه U_{bmax} (kv)
۱/۸/۳(۳/۶)	۳	۳/۶	–	–	–	–
۳/۶/۶(۷/۲)	۶	۷/۲	۷/۲	۸/۳	۳/۶	۴/۲
۶/۱۰(۱۲)	۱۰	۱۲	۱۲	۱۴	۶	۷
۸/۷/۱۵(۱۷/۵)	۱۵	۱۷/۵	–	–	–	–
۱۲/۲۰(۲۴)	۲۰	۲۴	۲۴	۲۸	۱۲	۱۴
۱۸/۳۰(۳۶)	۳۰	۳۶	۳۶	۴۲	۱۸	۲۱
۲۰/۳/۳۵(۴۲)	۳۵	۴۲	۴۰/۶	۴۷/۳	۲۰/۳	۲۳/۷

۸-۳ استانداردهای ساخت و مراجع

کابل‌های فشار متوسط که حداکثر ولتاژ اسمی آنها ۳۰ کیلوولت بوده و برای کارهای ساختمانی و شبکه‌های شهری مورد استفاده قرار می‌گیرند باید برابر جدیدترین اصلاحیه استانداردهای موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و یا یکی ازاستانداردهای شناخته شده و معتبر جهانی مانند کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC) به شرح زیر، طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گیرد.

۸-۳-۱ استانداردهای کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک

– کابل‌های قدرت با عایق اندودشده و ملحقات آنها برای ولتاژهای نامی از ۱kv(U_m=۱/۲ kv) تا ۳۰kv (U_m=۳۶ kv)	IEC 60502-2
– بخش ۲: کابل‌ها برای ولتاژهای نامی از ۶kv (۷/۲ kv= U_m) تا ۳۰kv (۳۶ kv= U_m)	
– بخش ۴: الزامات آزمون برای ملحقات کابل‌ها با ولتاژهای نامی از ۶kv (U_m=۷/۲ kv) تا ۳۰kv (U_m=۳۶ kv)	IEC 60502-4
– کابل‌های الکتریکی – بخش ۱: روابط جریان مجاز (ضریب بار ۱۰۰٪) و محاسبه تلفات – قسمت ۱: کلیات	IEC 60287-1-1
– قسمت ۲: ضرایب اتلاف جریان ادی در غلاف	IEC 60287-1-2
– قسمت ۳: اشتراک جریان بین کابل‌های تک‌سیمه موازی	IEC 60287-1-3
– کابل‌های الکتریکی،محاسبه جریان مجاز، بخش ۱-۲ مقاومت حرارتی – محاسبه مقاومت حرارتی	IEC 60287-2-1
– قسمت ۲: روشی برای محاسبه ضرایب کاهش گروه کابل‌ها در فضای آزاد وحفاظت‌شده در برابر تشعشعات خورشید.	IEC 60287-2-2
– کابل‌های الکتریکی،محاسبه جریان مجاز، بخش ۳-۱ شرایط کار مرجع و انتخاب نوع کابل	IEC 60287-3-1
– بخش ۲: بهینه‌سازی اقتصادی اندازه کابل قدرت	IEC 60287-3-2

– کابل‌های با عایق‌بندی کاغذی و غلاف فلزی برای ولتاژهای اسمی تا ۱۸/۳۰ کیلوولت (با هادی‌های مسی یا آلومینیومی) – بخش ۱ – آزمون کابل‌ها و ملحقات آنها	IEC 60055-1
– بخش ۲– کلیات و الزامات ساختمان کابل‌ها	IEC 60055-2
– عایق‌بندی AC به کار رفته در وسایل سوییچینگ و کنترل برای ولتاژهای نامی ۱kv تا ۳۰kv	IEC 60466

۸-۳-۲ استانداردهای DIN VDE

– کابل‌های بدون هالوژن با مشخصه‌های بهبود یافته در برابر آتش و با ولتاژهای نامی از ۶ تا ۳۰ کیلوولت.	DIN VDE 0267
–کابل‌ها با عایق پی وی سی و کابل‌های قدرت غلاف‌دار با ولتاژهای نامی تا و خود (۷/۲)۳/۶/۶ کیلوولت	DIN VDE 0271
– کابل‌های توزیع با ولتاژهای نامی ۳/۶ تا ۲۰/۸/۳۶ کیلوولت	DIN VDE 0276- Part 620
– ظرفیت حمل جریان، کلیات، ضرایب تعدیل	DIN VDE 0276- Part 1000
– کاربرد کابل‌ها و بندهای قابل انعطاف در تاسیسات الکتریکی	DIN VDE 0298- Part 1 to Part 300
– ملحقات کابل‌های قدرت با ولتاژهای نامی تا ۳۶ کیلوولت – الزامات و روش‌های آزمون	DIN VDE 0278

۸-۳-۳ استانداردهای BS

– مشخصات کابل‌های الکتریکی زره‌دار با عایق پی. وی. سی و ولتاژ ۶۰۰/۱۰۰۰ و ۱۹۰۰/۳۳۰۰ ولت	B.S.6346
– کابل‌های فشار ضعیف و متوسط با عایق پلیمریک	B.S.7870
– کابل‌های الکتریکی – محاسبه جریان اسمی	B.S.7769
– کابل‌های با عایق‌بندی XLPE	B.S.6622

۸-۳-۴ سایر مراجع

- مقررات ملی ساختمان، مبحث ۱۳: طرح و اجرای تاسیسات برقی ساختمان‌ها، وزارت مسکن و شهرسازی، دفترنظامات مهندسی
- شخصات فنی عمومی و اجرایی خطوط توزیع برق هوایی و کابلی فشار متوسط و فشار ضعیف – نشریه شماره ۳۷۴، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور،معاونت امور فنی – سازمان توانیر

۸-۴ مشخصات فنی و موارد کاربرد کابل‌های فشار متوسط

۸-۴-۱ کابل‌های فشار متوسط با عایق‌بندی پلی‌اتیلن مستحکم (XLPE)

کابل‌های قدرت با عایق XLPE به علت دارابودن مشخصه‌های الکتریکی، مکانیکی و حرارتی بسیار خوب در شبکه‌های ولتاژ متوسط کاربرد وسیعی یافته است. عایق XLPE مقاومت عالی در برابر اثرات شیمیایی و سرما داشته و

به واسطه مزایای مختلف آن، کابل‌های با عایق‌بندی XLPE به طور گسترده‌ای جانشین کابل‌های با عایق‌بندی کاغذی شده‌اند. به منظور جلوگیری از نفوذ رطوبت و نیز افزایش عمر، کابل‌های فشار متوسط با عایق‌بندی XLPE به نحوی طراحی شده‌اند که شامل محافظ طولی مقاوم در برابر آب، نوار اضافی و غلاف خارجی از جنس پلی‌اتیلن باشند. تولید غلاف مذکور بر اساس پلی‌اتیلن با چگالی بالا (HDPE) که در آن پراکسید ارگانیک اضافی مخلوط می‌شود، می‌باشد. به سبب حرارت و فشار، زنجیره‌های مولکولی به یکدیگر ملحق شده و در نتیجه شرایط ترموپلاستیک به الاستیک تبدیل می‌شود.

در مقایسه با کابل‌های پی – وی – سی و عایق‌بندی کاغذی، می‌توان یکی از مزایای کابل‌های فشار متوسط با عایق‌بندی XLPE را در ضریب دی‌الکتریک‌کم (حدوداً ۱۰۰ برابر کوچکتر از ضریب عایقی کابل‌های با عایق‌بندی کاغذی) جستجو کرد. علاوه بر آن، ثابت دی‌الکتریک بهتر منجر به ظرفیت متقابل کم، جریان اتصال کوتاه به زمین و جریان شارژ کمتر می‌شود. خصوصیات خوب کابل‌های با عایق‌بندی XLPE در گستره حرارتی وسیعی ثابت باقی می‌ماند. مشخصه‌های مهم عایق پلی‌اتیلن مستحکم (XLPE) عبارتند از:

- دمای کار مجاز
  - برای کار دائم (عادی) ۹۰+ درجه سانتی‌گراد
  - در حالت اتصال کوتاه ۲۵۰+ درجه سانتی‌گراد
  - در حالت اضافه‌بار یا آسیب توسط دریا ۱۳۰+ درجه سانتی‌گراد
- مقاومت حرارتی مخصوص ۳/۵ k.m/w
- ثابت دی‌الکتریک ۲/۴
- مقاومت مخصوص ($۲۰^{\circ}C$) $۱۰^{۱۶}$ ohm.cm (حداقل)
- ضریب تلفات ($\tan\delta$) ($۲۰^{\circ}C$) $۰/۵\times۱۰^{-۳}$ (حداکثر)
- چگالی ۰/۹۲ $g/cm^{۳}$
- نیروی شکست ۲۰۰٪ (حداقل)
- نیروی کشش ۱۲/۵ $N/mm^{۲}$ (حداقل)

۸-۴-۱-۱ کابل‌های N2XSY و NA2XSY

کابل N2XSY با هادی مسی و ولتاژ اسمی ۱۸/۳۰ و ۱۲/۲۰ و۶/۱۰ و ۳/۶/۶ کیلوولت تک‌سیمه (هسته) و کابل NA2XSY با هادی آلومینیومی و ولتاژ اسمی ۱۸/۳۰ و ۱۲/۲۰ و ۶/۱۰ کیلوولت تک‌سیمه بوده و دارای پوشش داخلی نیمه‌هادی، عایق پلی‌اتیلن مستحکم، اندود بیرونی از پوشش نیمه‌هادی و عایق، نوار از جنس هادی، حفاظ از سیم‌های مسی و یک یا دو نوار مسی به صورت مارپیچی، نوار پولیستر و غلاف نهایی پی– وی– سی می‌باشد.

این نوع کابل‌های فشار متوسط برای نصب در داخل یا خارج ساختمان، در کانال کابل یا سینی کابل، نصب مستقیم در زیرزمین به خصوص تاسیسات صنعتی و نیروگاه‌ها مناسب بوده و به دلیل مشخصه‌های نصب خوب، می‌توان آنها را در شرایط نصب مشکل مانند زمین‌های شیب‌دار یا در مکان‌هایی که امکان زنگ‌زدگی و خوردگی وجود دارد مانند جایگاه‌های فروش بنزین، مناطق نفتی و پالایشگاه‌ها مورد استفاده قرار دارد.

۸-۴-۱-۲ کابل‌های N2XS2Y، NA2XS2Y و N2XS(F)2Y ، NA2XS(F)2Y

این نوع کابل‌ها با هادی مسی یا آلومینیومی، به صورت تک‌سیمه و با ولتاژ اسمی ۱۸/۳۰ و ۱۲/۲۰ و ۶/۱۰ کیلوولت می‌باشند. ساختمان کابل‌های N2XS2Y و NA2XS2Y شامل هادی مسی یا آلومینیومی، پوشش نیمه‌هادی داخلی، عایق پلی‌اتیلن مستحکم، اندود بیرونی از پوشش نیمه‌هادی و عایق، نوار هادی، حفاظ از سیم‌های مسی و یک یا دو نوار مسی به صورت مارپیچی، پوشش یا نوار داخلی و غلاف نهایی پلی‌اتیلن (PE) می‌باشد. این نوع کابل‌ها را

می‌توان در تاسیسات داخلی یا خارج ساختمان، در کانال کابل یا زیر سطح زمین و در مراکز تولید نیرو و شبکه‌های توزیع به کار برد. به علت مقاومت مکانیکی بالای غلاف PE، این کابل قابلیت تحمل فشار و تنش‌های مکانیکی زیاد را در هنگام نصب یا بهره‌برداری دارا است.
کابل‌های N2XS(F)2Y و NA2XS(F)2Y همان ساختار کابل‌های فوق‌الذکر را داشته ولی بین حفاظ از سیم‌های مسی و پوشش یا نوار داخلی، نوار طولی مقاوم در برابر آب قرار دارد و بدین علت علاوه بر کاربردهای ذکر شده در بالا، این نوع کابل برای نصب در محیط‌های مرطوب یا در داخل آب مناسب می‌باشد.

۸-۴-۱-۳ کابل‌های N2XSEY و NA2XSEY

این نوع کابل‌ها با هادی مسی یا آلومینیومی به صورت سه‌سیمه و با ولتاژ اسمی ۶/۱۰ کیلوولت ساخته می‌شوند. ساختمان کابل به ترتیب از داخل هر سیم (هسته) شامل هادی، پوشش نیمه‌هادی داخلی، عایق پلی‌اتیلن مستحکم اندود بیرونی از پوشش نیمه‌هادی و عایق، نوار هادی، حفاظ از سیم‌های مسی و یک یا دو نوار مسی به صورت مارپیچی، نوار پولیستر روی هر سیم (هسته)، غلاف اندودشده روی مجموعه سیم‌ها و غلاف نهایی پی- وی- سی، می‌باشد.این‌گونه کابل‌ها را ممکن است در زیر سطح زمین، در داخل یا خارج ساختمان و در کانال کابل برای مراکز تولید نیروی برق، تاسیسات صنعتی و شبکه‌های توزیع، مورد استفاده قرار دارد. با توجه به اینکه غلاف نهایی پی- وی- سی می‌تواند تحت فشار مکانیکی زیاد آسیب ببیند، ضروری است این نوع کابل‌هادر مکان‌هایی که صدمه و آسیب مکانیکی به کابل غیرمحتمل است دفن گردد.

۸-۴-۱-۴ کابل‌های 2XSEYBY و A2XSEYBY

این نوع کابل‌ها با هادی مسی یا آلومینیومی به صورت سه‌سیمه و با ولتاژ اسمی ۱۸/۳۰ و ۱۲/۲۰ کیلوولت ساخته می‌شوند. ساختمان کابل شامل هادی، پوشش نیمه‌هادی، عایق پلی‌اتیلن مستحکم، حفاظ عایق از ماده نیمه‌هادی به علاوه سیم‌های مسی و نوار مسی مارپیچ بر روی هر سیم بوده و مجموعه سیم‌ها با یک پوشش داخلی، غلاف پی- وی- سی ، زره فولادی دوبل و غلاف نهایی پی- وی- سی پوشیده شده است. این‌گونه کابل‌ها را ممکن است در زیر سطح زمین، داخل و خارج ساختمان و در کانال کابل مورد استفاده قرار داد.

۸-۴-۲ کابل‌های فشار متوسط با عایق‌بندی کاغذی

۸-۴-۲-۱ کابل‌های NKBA و NAKBA

این نوع کابل‌ها با هادی مسی یا آلومینیومی به صورت سه‌سیمه و با ولتاژ اسمی ۳/۶/۶ کیلوولت ساخته شده و دارای عایق از کاغذ اشباع شده، کمربند از کاغذ اشباع شده، غلاف سربی، لایه زیرین از نوار کاغذی مرکب، زره از نوار فولادی دوبل و پوشش کنفی می‌باشد.
این‌گونه کابل‌ها را می‌توان در زیر سطح زمین، داخل یا خارج ساختمان، در کانال کابل، در مواردی که تنش‌های مکانیکی زیاد مطرح نیست مورد استفاده قرار داد. کاربرد این نوع کابل‌ها در مواردی که امکان زنگ‌زدگی و خوردگی وجود دارد مجاز نخواهد بود.

۸-۴-۲-۲ کابل‌های NEKEBY و NAEKEBY

کابل‌هایی با هادی مسی یا آلومینیومی و با ولتاژ اسمی ۱۸/۳۰ و ۱۲/۲۰ هستند که حول هر رشته از هادی‌ها به ترتیب از داخل به خارج، شامل حفاظ هادی از کاغذ نیمه‌هادی کربنی سیاه، عایق از کاغذ اشباع شده، حفاظ هسته از کاغذ فلزی، غلاف سربی بر روی هر هسته، نوار پلاستیکی آغشته به ترکیب بیتومین بر روی غلاف سربی هرهسته

می‌باشد و مجموعه هسته‌ها با لایه‌ای از نوار کاغذی پوشیده و روی آن لایه‌ای از نوار فولادی دوبل و سپس غلاف پی- وی- سی قرار گرفته است. این نوع کابل‌ها را ممکن است در زیر سطح زمین، داخل یا خارج ساختمان، در کانال کابل و در مواردی که تنش‌های مکانیکی زیاد مطرح نمی‌باشد مورد استفاده قرار داد. کاربرد کابل‌های مزبور در محل‌هایی که امکان زنگ‌زدگی و خوردگی وجود دارد مانند جایگاه‌های فروش بنزین، مناطق نفتی و پالایشگاه‌ها مجاز است.

۸-۴-۳ کابل‌های فشار متوسط با عایق‌بندی پلاستیکی

۸-۴-۳-۱ کابل‌های NYFGY و NAYFGY

این نوع کابل‌ها با هادی مسی یا آلومینیومی و با ولتاژ اسمی ۳/۶/۶ کیلوولت دارای عایق پی- وی- سی و بر روی مجموعه هسته‌ها پوشش از نوار یا لایه پلاستیکی، زره از سیم‌های فولادی گالوانیزه تخت و نوار مارپیچی فولادی وغلاف نهایی پی- وی- سی می‌باشد.

کابل‌های مذکور را می‌توان در زیر سطح زمین، در آب، در داخل یا خارج ساختمان، در کانال کابل، در مواردی که حفاظت مکانیکی زیاد مورد نیاز است یا هنگامی که تنش‌های کششی زیاد در زمان نصب و بهره‌برداری انتظارمی‌رود، مورد استفاده قرار داد.

۸-۴-۳-۲ کابل‌های NYSEY و NAYSEY

این نوع کابل‌ها با هادی مسی یا آلومینیومی و با ولتاژ اسمی ۶/۱۰ کیلوولت دارای حفاظ هادی از مواد نیمه‌هادی، عایق پی- وی- سی، حفاظ متشکل از مواد نیمه‌هادی و نوار و سیم‌های مسی مارپیچ بر روی هر هسته می‌باشد و بر روی مجموعه هسته‌ها، دارای پوشش از نوار یا لایه پلاستیکی و غلاف پی- وی- سی است.

این‌گونه کابل‌ها را ممکن است در زیر سطح زمین، در آب، در خارج یا داخل ساختمان و در کانال کابل، در واحدهای صنعتی و در پست‌های برق و مانند آن مورد استفاده قرار داد.

۸-۵ ضوابط اساسی در طراحی سیستم کابل‌کشی فشار متوسط

در انتخاب کابل، از نظر اندازه هادی، سطح عایق‌بندی و ساختمان کابل مورد نظر در سیستم‌های جریان متناوب سه فاز در ولتاژهای بیش از یک کیلوولت، ضروری است که به نکات، اطلاعات و معیارهای زیر توجه شده و ملاک عمل قرار گیرد.

۸-۵-۱ به منظور طراحی و انتخاب مناسب کابل در پروژه مورد نظر، اطلاعات زیر در رابطه با شرایط سرویس مورد نیاز است.

۸-۵-۱-۱ شرایط کار

الف) ولتاژ اسمی سیستم
ب) بالاترین ولتاژ سیستم سه‌فاز
پ) اضافه ولتاژ تخلیه الکتریکی
ت) فرکانس سیستم
ث) نوع اتصال زمین
ج) اگر ترمینال‌ها مشخص باشند، شرایط محیطی باید ذکر شود، به عنوان مثال:
- ارتفاع از سطح دریا، اگر بیش از ۱۰۰۰ متر باشد.

- تاسیسات داخل یا خارج ساختمان
- امکان آلودگی اتمسفری اضافی وجود دارد.
- مدار انتهایی شامل تجهیزات SF6 است.
- فضای آزاد و عایقی منظور شده در روش اتصال کابل به دستگاه‌ها مانند ترانسفورماتور، موتور و غیره.

چ) جریان اسمی حداکثر

- برای کار مداوم
- برای کار متناوب
- برای کار اضطراری یا اضافه بار، در صورت وقوع

ح) جریان‌های اتصال کوتاه متقارن و غیرمتقارن قابل انتظار، که ممکن است در صورت وقوع اتصال کوتاه بین فازها یا فاز به زمین جاری شوند.

خ) حداکثر زمان برقراری جریان‌های اتصال کوتاه

۸-۵-۱-۲ داده‌های نصب- کلیات

الف) طول و پروفیل مسیر کابل‌کشی

ب) جزییات و نحوه آرایش نصب (به عنوان مثال، آرایش هم‌سطح کابل‌ها یا آرایش مثلثی کابل‌ها) و چگونگی اتصال پوشش‌های فلزی به یکدیگر و به زمین.

پ) شرایط نصب خاص، مانند نصب کابل در داخل آب که به ملاحظات خاص نیازمند است.

۸-۵-۱-۳ داده‌های نصب – کابل‌های زیر سطح زمین

الف) جزییات شرایط نصب (به عنوان مثال، دفن مستقیم، در مجاری کابل و غیره) به منظور اتخاذ تصمیم نوع و ترکیب غلاف فلزی، نوع زره (در صورت لزوم) و نوع شرایط سرویس مانند ضدخوردگی، مقاوم در برابر آتش

ب) عمق خواباندن کابل

پ) مقاومت‌های مخصوص حرارتی و نوع خاک در طول مسیر کابل‌کشی (به عنوان مثال، شن، خاک رس،...) و ماهیت اطلاعات مبتنی بر اندازه‌گیری و بازرسی یا فقط بر اساس فرضیات.

ت) حداقل، حداکثر و میانگین دمای زمین در عمق دفن کابل

ث) مجاورت و نزدیکی سایر کابل‌های حامل جریان الکتریکی یا سایر منابع حرارتی به همراه جزییات

ج) طول کانال‌ها، مجاری یا لوله‌ها با فاصله چاله‌های آدم‌رو، در صورت وجود

چ) تعداد مجاری یا لوله‌ها

ح) قطر داخلی مجاری و لوله‌ها

خ) فاصله بین مجاری و لوله‌های مجاور، در صورت وجود بیش از یک مجرا یا لوله

د) جنس و ماده مجاری و لوله‌ها

۸-۵-۱-۴ داده‌های نصب – کابل‌های هوایی

الف) حداقل، حداکثر و میانگین دمای هوا در مکان نصب

ب) نوع نصب (به عنوان مثال، نصب مستقیم روی دیوار یا سینی کابل و غیره، گروه‌بندی کابل‌ها، ابعاد تونل‌ها و مجاری و غیره)

پ) جزییات تهویه هوا (برای کابل‌های داخل ساختمان، در تونل‌ها یا مجاری)

ت) قرار گرفتن در معرض تابش نور مستقیم خورشید

ث) شرایط خاص مانند خطر وقوع آتش‌سوزی

۸-۵-۱-۵ سطوح عایق بندی کابل

الف) گروه سیستم از نظر سطح عایق‌بندی و تعلق به هر یک از سه گروه A و B و C با توجه و ارجاع به استانداردهای کابل مربوطه باید مشخص شود.

- گروه A: سیستم‌هایی است که اتصال زمین در آنها تا حد امکان سریع و حداکثر در مدت زمان یک دقیقه رفع و برطرف می‌گردد.
- گروه B: این گروه شامل سیستم‌هایی است می‌شود که تحت شرایط نقص مدار، به مدت کوتاهی با یک فاز زمین شده کار کرده و این مدت زمان به طور کلی نباید از یک ساعت تجاوز کند. معذالک مدت زمان طولاتی‌تر بر اساس استاندارد کابل مربوطه قابل قبول خواهد بود.
- گروه C: این گروه شامل سیستم‌هایی می‌شود که در رده گروه‌های A و B قرار نمی‌گیرند.

ب) انتخاب U_m: ولتاژ U_m باید به نحوی انتخاب شود که برابر با یا بزرگتر از بالاترین ولتاژ سیستم سه‌فاز باشد.

۸-۵-۱-۶ انتخاب اندازه هادی

اندازه هادی بایستی بر اساس یکی از اندازه‌های استاندارد داده شده در استاندارد مرتبط با ساختمان کابل، انتخاب شود. در انتخاب اندازه هادی عوامل زیر باید مدنظر قرار گیرند:

الف) دمای حداکثر به وجود آمده در کابل تحت بار مداوم، بار متناوب، بار اضطراری و شرایط اتصال کوتاه مشخص

ب) بارهای مکانیکی وارد شده بر کابل در هنگام نصب و بهره‌برداری

پ) تنش الکتریکی در عایق‌بندی کابل، تعیین سطح مقطع کوچکتر و هادی با قطر کوچکتر می‌تواند به تنش الکتریکی بالا و غیرقابل قبولی در عایق‌بندی کابل منجر شود.

۸-۵-۱-۷ مدارهای انتهایی

طراحی و انتخاب مدارهای انتهایی به مقادیر توان، فرکانس و ولتاژهای مقاوم ایمپالسی مورد نیاز (که امکان دارد از مقادیر مذکور برای کابل متفاوت باشد)، در معرض قرار گرفتن آلودگی اتمسفری، ارتفاع درمکان مدار انتهایی، بستگی دارد.

۸-۵-۲ قابلیت بار کابل‌های فشار متوسط

۸-۵-۲-۱ ظرفیت (قابلیت) بار کابل‌های فشار متوسط با عایق‌بندی‌های مختلف و برای مقاطع نامی متفاوت، بر اساس استاندارد کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک IEC 60287 یا بر اساس استاندارد کشور آلمان DIN VDE 0271 و DIN VDE 0276 قابل تعیین است. جریان‌های مذکور با توجه به مقاومت مخصوص حرارتی مواد عایقی زیر به دست آمده‌اند.

کاغذ اشباع‌شده	۶/۰k.m/w
P.V.C	۶/۰k.m/w
PE	۳/۵k.m/w
XLPE	۳/۵k.m/w

نصب در زیر سطح زمین یا در هوا، گروه‌بندی کابل‌ها، پوشش‌های حفاظتی، دماهای مختلف محیط، دوره کارکردهای مختلف (duty cycles) به نحو قابل ملاحظه‌ای بر قابلیت بار کابل‌ها تاثیر دارد. ضرایب تصحیح به علت تفاوت دمای محیط، ضرایب تصحیح به ازاء تغییر مقاومت مخصوص حرارتی خاک و به ازاء ضرایب بار مختلف جهت نصب کابل‌های گروه‌بندی شده در زیرزمین، و نیز ضرایب تصحیح برای گروه‌بندی کابل‌های چندسیمه و تک‌سیمه که در هوا نصب می‌شوند در استانداردهای فوق‌الذکر ارائه شده‌اند.

۸-۵-۲-۲ قابلیت بار برای کابل‌های با عایق‌بندی XLPE و ولتاژهای ۱۸/۳۰ و ۱۲/۲۰ و ۶/۱۰ کیلوولت شامل کابل‌های N2XSY، NA2XSY، N2XS2Y، NA2XS2Y، N2XS(F)2Y و NA2XS(F)2Y در جدول ۸-۲ برای نصب در زمین و در جدول ۸-۳ برای نصب در هوا درج شده است.همچنین ضرایب تصحیح به ازاء دماهای مختلف محیط برای کابل‌های فشار متوسط با عایق‌بندی متفاوت جهت نصب در هوا در جدول ۸-۴ ارائه شده است.

جدول۸-۲: قابلیت بار بر حسب آمپر برای نصب در زمین ($۲۰^{\circ}c$)

جنس هادی	هادی مسی						هادی آلومینیومی					
آرایش												
U_0/U	۶/۱۰KV		۱۲/۲۰ KV		۱۸/۳۰ KV		۶/۱۰KV		۱۲/۲۰ KV		۱۸/۳۰ KV	
سطح مقطع (mm^2)	قابلیت بار بر حسب آمپر (A)											
۲۵	۱۵۷	۱۷۹	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
۳۵	۱۸۷	۲۱۲	۱۸۹	۲۱۳	–	–	۱۴۵	۱۶۵	–	–	–	–
۵۰	۲۲۰	۲۴۹	۲۲۲	۲۵۰	۲۲۵	۲۵۱	۱۷۱	۱۹۴	۱۷۲	۱۹۵	۱۷۴	۱۹۵
۷۰	۲۶۸	۳۰۲	۲۷۱	۳۰۳	۲۷۴	۳۰۴	۲۰۸	۲۳۶	۲۱۰	۲۳۷	۲۱۳	۲۳۸
۹۵	۳۲۰	۳۵۹	۳۲۳	۳۶۰	۳۲۷	۳۶۲	۲۴۸	۲۸۱	۲۵۱	۲۸۲	۲۵۴	۲۸۳
۱۲۰	۳۶۳	۴۰۵	۳۶۷	۴۰۷	۳۷۱	۴۰۹	۲۸۳	۳۱۸	۲۸۵	۳۱۹	۲۸۹	۳۲۱
۱۵۰	۴۰۵	۴۴۲	۴۰۹	۴۴۵	۴۱۴	۴۴۹	۳۱۵	۳۵۰	۳۱۹	۳۵۲	۳۲۲	۳۵۴
۱۸۵	۴۵۶	۴۹۳	۴۶۱	۴۹۸	۴۶۶	۵۰۲	۳۵۷	۳۹۴	۳۶۱	۳۹۶	۳۶۴	۳۹۹
۲۴۰	۵۲۶	۵۶۳	۵۳۲	۵۶۸	۵۳۹	۵۷۴	۴۱۳	۴۵۲	۴۱۷	۴۵۵	۴۲۲	۴۵۸
۳۰۰	۵۹۱	۶۲۶	۵۹۹	۶۳۳	۶۰۶	۶۴۰	۴۶۶	۵۰۶	۴۷۱	۵۱۰	۴۷۶	۵۱۴
۴۰۰	۶۶۲	۶۷۵	۶۷۱	۶۸۵	۶۸۰	۶۹۵	۵۲۹	۵۵۸	۵۳۵	۵۶۴	۵۴۱	۵۷۰
۵۰۰	۷۴۴	۷۴۸	۷۵۴	۷۶۰	۷۶۵	۷۷۳	۶۰۲	۶۲۷	۶۰۹	۶۳۴	۶۱۶	۶۴۲

جدول۸-۳: قابلیت بار بر حسب آمپر برای نصب درهوا ($30\ ^{\circ}C$)

جنس هادی	هادی مسی						هادی آلومینیومی					
آرایش												
U_0/U	۶/۱۰KV		۱۲/۲۰ KV		۱۸/۳۰ KV		۶/۱۰KV		۱۲/۲۰ KV		۱۸/۳۰ KV	
سطح مقطع (mm^2)	قابلیت بار بر حسب آمپر (A)											
۲۵	۱۶۳	۱۹۴	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
۳۵	۱۹۷	۲۳۵	۲۰۰	۲۳۵	–	–	–	۱۵۳	۱۸۲	–	–	–
۵۰	۲۳۶	۲۸۲	۲۳۹	۲۸۲	۲۴۱	۲۸۲	۱۸۳	۲۱۹	۱۸۵	۲۱۹	۱۸۷	۲۱۹
۷۰	۲۹۴	۳۵۰	۲۹۷	۳۵۱	۲۹۹	۳۵۰	۲۲۸	۲۷۳	۲۳۱	۲۷۳	۲۳۲	۲۷۳
۹۵	۳۵۸	۴۲۶	۳۶۱	۴۲۶	۳۶۳	۴۲۵	۲۷۸	۳۳۳	۲۸۰	۳۳۲	۲۸۲	۳۳۱
۱۲۰	۴۱۳	۴۹۱	۴۱۶	۴۹۱	۴۱۸	۴۸۸	۳۲۱	۳۸۴	۳۲۳	۳۸۴	۳۲۵	۳۸۲
۱۵۰	۴۶۸	۵۴۹	۴۷۰	۵۴۹	۴۷۲	۵۴۸	۳۶۴	۴۳۲	۳۶۶	۴۳۲	۳۶۷	۴۲۹
۱۸۵	۵۳۵	۶۲۵	۵۳۸	۶۲۵	۵۳۹	۶۲۴	۴۱۸	۴۹۶	۴۲۰	۴۹۴	۴۲۱	۴۹۲
۲۴۰	۶۳۱	۷۳۱	۶۳۴	۷۳۱	۶۳۵	۷۲۸	۴۹۴	۵۸۳	۴۹۶	۵۸۱	۴۹۶	۵۷۸
۳۰۰	۷۲۲	۸۳۱	۷۲۴	۸۳۰	۷۲۵	۸۲۸	۵۶۸	۶۶۶	۵۶۹	۶۶۳	۵۶۸	۶۵۹
۴۰۰	۸۲۷	۹۲۰	۸۲۹	۹۲۳	۸۳۱	۹۲۲	۶۶۰	۷۵۵	۶۶۰	۷۵۳	۶۵۰	۷۵۰
۵۰۰	۹۴۹	۱۰۴۳	۹۵۳	۱۰۴۵	۹۵۳	۱۰۴۵	۷۶۷	۸۶۸	۷۶۶	۸۶۶	۷۶۴	۸۶۱

جدول۸-۴: ضرایب تصحیح قابلیت بار به ازاء دماهای مختلف محیط (کابل‌های هوایی)

نوع عایق‌بندی	دمای محیط (c°) / دمای مجازهادی (c°)	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰
کابل با عایق‌بندی XLPE	۹۰	۱/۱۵	۱/۱۲	۱/۰۸	۱/۰۴	۱/۰۰	۰/۹۶	۰/۹۱	۰/۸۷	۰/۸۲
کابل با عایق‌بندی PVC یا PE	۷۰	۱/۲۲	۱/۱۷	۱/۱۲	۱/۰۶	۱/۰۰	۰/۹۴	۰/۸۷	۰/۷۹	۰/۷۱
کابل با عایق‌بندیEPR	۸۰	۱/۱۸	۱/۱۴	۱/۱۰	۱/۰۵	۱/۰۰	۰/۹۵	۰/۸۹	۰/۸۴	۰/۷۱

۸-۶ اصول و روش‌های نصب کابل‌های فشار متوسط

۸-۶-۱ اصول و روش‌های زیر در هنگام نصب کابل فشار متوسط باید دقیقاً رعایت شود:

۸-۶-۱-۱ به منظور جلوگیری از تکان‌های شدید قرقره‌های کابل در هنگام حمل به کارگاه یا محل نصب، باید قرقره‌ها به خوبی گوه‌گذاری شده و بیش از تحویل قرقره کابل‌ها، ضروری است بررسی شود که هیچ‌گونه آسیبی به قرقره‌ها وارد نشده است. بردار نشانگر رسم‌شده بر روی بدنه قرقره راستای غلتاندن قرقره را نشان می‌دهد. اگر قرقره درراستای مخالف غلتانده شود، لایه‌های کابل پیچیده شده بر روی قرقره شل می‌شوند.

۸-۶-۱-۲ در هنگام حمل قرقره‌های کابل به جایگاه نصب، بهتر است که از کابل‌کش‌ها یا یدک‌کش حامل کابل که به وسایل سوار و پیاده‌کردن قرقره مجهز است استفاده کرد. در غیر این‌صورت به منظور پیاده‌سازی قرقره‌های کابل باید جرثقیل یا سطح شیب‌دار به کار گرفته شود.

۸-۶-۱-۳ حداقل فاصله بین کابل‌های فشار ضعیف، یا فشار متوسط، و یا جریان ضعیف زیرزمینی از لوله‌های گاز، بخار، آب و سوخت باید برابر ۳۰ سانتی‌متر باشد.

۸-۶-۱-۴ در مواردی که کابل با کابل دیگر (به خصوص کابل‌هایی با فشارهای متفاوت) با لوله‌های گاز و آب و غیره تقاطع داشته باشد باید از یک لوله محافظ با قطر متناسب با قطر کابل مورد نظر و طول حداقل یک متر استفاده شده و کابل از داخل آن عبور داده شود. در این‌گونه موارد و یا هنگامی که کابل از زیر جاده و یا سطح سخت عبور می‌کند باید یک لوله محافظ اضافی خالی به منظور کابل‌کشی‌های آینده پیش‌بینی شود و در داخل آن یک رشته مفتول گالوانیزه نمره ۴ که طول آن در هر طرف یک متر بیش از طول لوله فوق‌الذکر باشد قرار داده شود. در محل ورود و خروج کابل از لوله باید کابل را به وسیله ریختن خاک کوبیده در زیر آن محافظت کرد.

۸-۶-۱-۵ برای خواباندن کابل‌ها باید از میزان درجه حرارتی که کابل می‌بایست تحت آن کشیده شود اطمینان حاصل نمود. اگر کابل قبل از خواباندن احتیاج به گرم‌کردن نداشته باشد باید میزان درجه حرارت بر حسب جدول ۸-۵ رعایت شود. به عنوان مثال کابل نوع پلاستیکی (P.V.C) نباید در زمستان که درجه حرارت کمتر از صفر سانتی‌گراد است کابل‌کشی شود. در صورت سرد بودن می‌توان قبلاً قرقره کابل را برای مدت حداقل ۷۲ ساعت در اطاق یا انباری که دمای آن از ۲۰ درجه سلسیوس کمتر نباشد قرار داد و یا با استفاده از وسایل مخصوص گرم‌کردن کابل آن را گرم نمود و سپس فوراً مورد استفاده قرار داده و خوابانید. روش دیگر برای گرم‌کردن کابل به غیر از حرارت دادن مستقیم عبارت است از اتصال آن به جریان برق و ایجاد حرارت به وسیله عبور برق از کابل مذکور.

بدیهی است که پس از نصب کابل، درجه حرارت محیط می‌تواند به $^{\circ}$۳۰- سانتی‌گراد هم برسد بدون آن که به کابل صدمه‌ای برند.

۸-۶-۱-۶ تغییر جهت کانال‌های کابل‌ها باید به نحوی باشد که با شرایط مربوط به خم‌کردن کابل‌ها (مندرج در این فصل) مطابقت کند. شمار کابل‌هایی که در داخل هر کانال نصب می‌شود باید چنان تعیین شود که بازدید و تعویض آن به سهولت امکان‌پذیر باشد.

۸-۶-۱-۷ حداکثر تعداد کابل‌های داخل کانال، مجرا و یا لوله باید به حدی باشد که کشیدن آن به سادگی امکان‌پذیر گردد. با توجه به این اصل توصیه می‌شود که قطر داخلی مجرا، کانال یا لوله مساوی یا بیشتر از ۲ برابر قطر کابل یا دسته کابل‌های کشیده شده در داخل آن باشد.

۸-۶-۱-۸ در مواردی که کابل از داخل تجهیزات یا تاسیسات فلزی عبور می‌کند، هر یک از سوراخ‌ها باید دارای انحناهای لازم بابوشن‌های مناسب باشد تا از ایجاد خراشیدگی در کابل جلوگیری به عمل آید.

۸-۶-۱-۹ در موقع نصب یا کشیدن کابل بهتر است تنش و کشش بر روی هادی‌ها وارد شود و نه بر پوشش خارجی آن،توصیه می‌شود حتی‌الامکان برای کشیدن و خواباندن کابل‌ها از جوراب مخصوص کشیدن کابل[1] و قرقره زیر کابل با فواصل مناسب استفاده شود.

کابل‌کشی با دستگاه‌های مخصوص باید با توجه به نیروی کشش مجاز کابل موردنظر انجام شود. فرمول‌های نیروی کشش مجاز انواع کابل‌ها در فصل هفتم، جدول ۷-۶ ارائه شده است.

۸-۶-۱-۱۰ به منظور خواباندن کابل‌های فشار متوسط در پیچ‌ها و خم‌های کانال‌ها بایستی به زاویه خمش کابل‌ها دقت لازم بعمل آید تا هیچ نوع خرابی به عایق‌ها و پوشش‌های کابل وارد نشود.

۸-۶-۱-۱۱ جز در موارد استثنایی که کارخانه سازنده کابل و یا شرایط محیط مقررات و مشخصات دیگری را ذکر کرده باشد به طور کلی در نصب ثابت کابل‌ها حداقل شعاع داخلی خم مجاز برای کابل‌های مختلف به شرح زیر می‌باشد:

الف) کابل‌های فشار متوسط با هادی مسی و مقطع مدور

با زره سیمی، برای ولتاژ اسمی ۶ و ۱۰ کیلوولت، ۱۵ برابر قطر کابل و برای ولتاژ ۲۰ و ۳۰ کیلوولت، ۲۰ برابر قطر کابل.

با زره نوار فولادی، برای ولتاژ اسمی ۶ و ۱۰ کیلوولت، ۲۰ برابر قطر کابل و برای ولتاژ ۲۰ و ۳۰ کیلوولت، ۲۵ برابر قطر کابل.

ب) برای کابل‌های فشار متوسط با هادی مسی و سطح مقطع قطاع[2]:

با زره سیمی، برای ولتاژ اسمی ۶ و ۱۰ کیلوولت، ۲۰ برابر قطر کابل و برای ولتاژ ۲۰ و ۳۰ کیلوولت، ۲۵ برابر قطر کابل.

با زره نوار فولادی، برای ولتاژ اسمی ۶ و ۱۰ کیلوولت، ۲۵ برابر قطر کابل و برای ولتاژ ۲۰ و ۳۰ کیلوولت، ۳۰برابر قطر کابل.

پ) کابل‌های فشار متوسط با هادی آلومینیومی نوع زره‌دار:

با سطح مقطع مدور، ۳۵ برابر قطر کابل.

با سطح مقطع قطاع، ۴۰ برابر قطر کابل.

جدول ۸-۵: حداقل درجه حرارت کابل‌کشی بدون گرم کردن کابل

درجه سانتی‌گراد	نوع کابل
۰	کابل کاغذی با غلاف فلزی تا ۳۵ کیلوولت با کاغذ آغشته معمولی یا بدون پوشش حفاظتی
+۵	کابل کاغذی با غلاف فلزی تا ۳۵ کیلوولت با یا بدون پوشش حفاظتی
۰	با پوشش پلاستیکی با غلاف p.v.c از یک تا ۳۵ کیلوولت با یا بدون پوشش حفاظتی
	با عایق پلاستیکی و غلاف پلاستیکی تا ۵۰۰ ولت
-۱۰	الف – با پوشش حفاظتی و بدون پوشش
-۷	ب – با عایق پلاستیکی – غلاف سربی یا p.v.c با پوشش حفاظتی
-۱۵	با عایق لاستیکی – غلاف سربی یا p.v.c بدون غلاف حفاظتی با غلاف غیرفلزی
-۲۰	با عایق لاستیکی – غلاف سربی یا p.v.c بدون غلاف حفاظتی ولی با غلاف فلزی

1-cable laying stocking
2-sector shaped

۸-۶-۱-۱۲ اگر کابل‌های فشار متوسط با عایق‌بندی کاغذی اشباع شده در مسیرهای شیب‌دار نصب شوند، امکان دارد ماده عایقی به بخش‌هایی از کابل که در تراز پایین‌تر قرار دارند جاری شده و این امر از یک‌طرف سبب کاهش عایق‌بندی در بخش‌های تراز بالای کابل شده و احتمال وقوع شکست الکتریکی افزایش خواهد یافت. از طرف دیگر، فشار استاتیکی می‌تواند به شکاف‌هایی در غلاف فلزی کابل منجر شود. با توجه به دلایل فوق، اختلاف سطح مجاز درمسیر نصب کابل نبایستی از مقادیر مندرج در جدول ۸-۶ تجاوز کند.

جدول ۸-۶: اختلاف سطح مجاز در مسیر نصب کابل‌ها

نوع کابل با عایق‌بندی کاغذی	ولتاژ نامی $U_0/U(KV)$	حداکثر اختلاف سطح مجاز (m)
کابل‌های دارای غلاف یا پوشش مشترک	تا ۳/۶/۶	۵۰
	۶/۱۰	۲۰
کابل‌ها با سه غلاف جداگانه	۶/۱۰ تا ۸/۷/۱۵	۳۰
	۱۲/۲۰ تا ۱۸/۳۰	۱۵

۸-۶-۱-۱۳ پس از نصب یا در زمان آغاز بهره‌برداری کابل‌ها، قدرت عایقی آنها باید مورد آزمون با ولتاژهای AC یا DC قرار گیرند. به علت قابلیت شارژ بالای کابل‌های قدرت، آزمون ولتاژ DC ترجیح داده می‌شود. ولتاژهای آزمون‌های DC و AC برای کابل‌های فشار متوسط در جدول ۸-۷ درج شده است.در هنگام ملاک عمل قرار گرفتن مقادیر این جدول، سرکابل‌های مربوطه باید درنظر گرفته شده و ولتاژ آزمون DC نبایستی از ۹۰٪ ولتاژ پیک آزمون AC سرکابل‌ها تجاوز نماید. مدت آزمون ۳۰ دقیقه به ازاء هر فاز خواهد بود.

آزمون ولتاژ DC حداکثر ۵ کیلوولت به مدت ۱۰ دقیقه برای اطمینان از سالم بودن غلاف بیرونی پلاستیکی کابل‌های زره‌دار یا دارای محافظ نیز توصیه می‌شود.

جدول ۸-۷: ولتاژهای آزمون DC و AC کابل‌های فشار متوسط

نوع آزمون	ولتاژ آزمون به ازاء ولتاژ نامی کابل (KV)			
	U_0=۳/۶	U_0=۶	U_0=۱۲	U_0=۱۸
ولتاژ آزمون DC	۲۰ تا ۲۹	۳۴ تا ۴۸	۶۷ تا ۹۶	۷۶ تا ۱۰۸
ولتاژ آزمونAC	۷	۱۲	۲۴	۳۶

۸-۶-۲ نصب کابل در داخل کانال خاکی

۸-۶-۲-۱ به منظور جلوگیری از فساد و زنگ‌زدگی کابل‌ها، خاک محل کابل‌کشی باید از نظر دارابودن موادی همچون اسید، آهک، نمک، کلر و غیره، قبل از کابل‌کشی مورد آزمون قرار گیرد. در صورت نامساعدبودن نوع خاک، کابل مورد سفارش باید از نوع مقاوم در برابر عوامل ایجاد فساد و خوردگی موجود در آن انتخاب شود.

۸-۶-۲-۲ برای نصب کابل‌ها در داخل کانال خاکی، ابتدا باید کانال مورد نظر با ابعاد مشخص‌شده در نقشه مربوط حفر و کف آن کاملاً صاف (رگلاژ) شده و پس از حداقل ۱۰ سانتی‌متر ماسه‌ریزی، کابل‌ها بر روی آن خوابانده شود و آنگاه، روی کابل‌ها نیز با ۱۰سانتی‌متر ماسه نرم پوشانیده ویک نوار پلاستیکی خبردهنده که بر روی آن عبارت «توجه مسیر کابل» نوشته شده بر روی آن کشیده شود وسپس به منظور محافظت کابل یک ردیف آجر به عرض ۲۲ سانتی‌متر، طول آجر عمود بر محور کابل، با یک ردیف بلوک سیمانی، بر روی نوار مزبور چیده و سپس روی آن خاکریزی و کوبیده شود.

۸-۶-۲-۳ عرض کانال حفر شده به منظور نصب کابل‌های زیرزمینی بستگی به تعداد کابل‌هایی خواهد داشت که در مجاورت هم قرار می‌گیرد. همچنین عمق کابل از سطح زمین بستگی به تعداد کابل‌هایی دارد که روی یکدیگر قرار گیرد. معذالک فاصله بالاترین کابل فشار متوسط در زیرزمین تا سطح تمام شده پیاده‌رو نباید از یک متر کمتر و در زیر سطح خیابان نباید از ۱/۲۰ متر کمتر باشد.

۸-۶-۲-۴ اگر تعداد کابل‌های مورد لزوم برای نصب در داخل کانال زیرزمینی زیاد باشد بهتر است به جای قراردادن کابل‌ها بر روی یکدیگر، کابل‌ها پهلوی هم کشیده شود. حداقل فاصله کابل‌های زیرزمینی از یکدیگر در صورتی که دو کابل هم‌ولتاژ باشد برابر ۱۰ سانتی‌متر و در صورتی که یک کابل، کابل فشارضعیف و دیگری کابل فشار متوسط یا کابل جریان ضعیف (دوکابل مجاور با ولتاژهای متفاوت) باشد باید ۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شود.(منظور از فاصله و کابل فاصله هوایی بین آن دو می‌باشد.) در مواردی که چند کابل به موازات یکدیگر کشیده می‌شود باید ضمن رعایت فواصل مجاز، تمامی سطح کابل‌ها با آجر پوشیده شده و در مورد کابل‌های جانبی، حداقل نصف طول آجر از مرکز کابل به سمت خارج قرار گیرد. به جای آجر می‌توان از دال بتونی مناسب یا مصالح دیگری که تصویب شده باشد استفاده کرد.

۸-۶-۲-۵ جزییات و ابعاد کانال خاکی و فاصله بین کابل‌ها در شکل ۸-۱ نشان داده شده است.

۸-۶-۲-۶ در محل‌هایی که کابل از زیر جاده و یا سطح سخت عبور می‌کند باید یک یا چند لوله محافظ از جنس پلاستیک سخت، سیمان ازبست، سیمان یا فولاد، در عمق حداقل ۱/۲۰ متر از سطح جاده و یا سطح سخت قرار گرفته و کابل‌ها از داخل آن بگذرد. قطر داخل لوله‌ها باید حداقل ۱/۵ برابر قطر خارجی کابل مربوط باشد. در محل‌های ورود و خروج کابل از داخل لوله، باید برای حفاظت کابل در برابر ساییدگی ناشی از تماس با لبه لوله نوعی بالشتک برای آن در نظر گرفت. (شکل ۸-۲).

۸-۶-۲-۷ در مواردی که کابل فشارضعیف و کابل فشار متوسط در یک کانال خاکی زیرزمینی قرار می‌گیرد باید کانال به شکل پله‌ای (دو بستر متفاوت) حفر و کابل فشار متوسط در بستر پایینی و کابل فشار ضعیف در بستر بالایی خوابانده شود. بدیهی است کلیه اصول و روش‌های مربوط به نصب کابل‌های فشار ضعیف و متوسط در مورد هر کدام از کابل‌های مذکور باید دقیقاً رعایت شود.

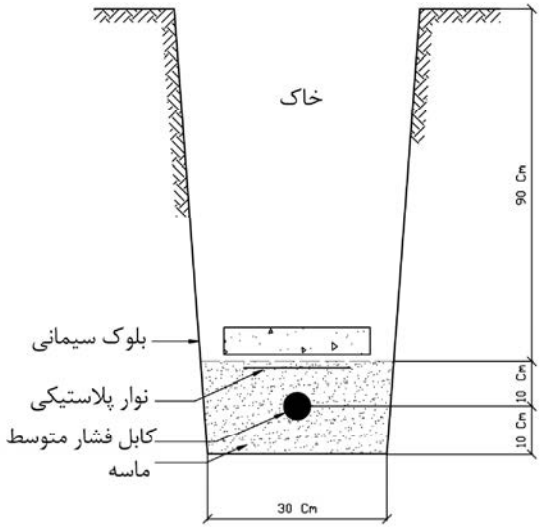
۸-۶-۲-۸ کلیه کابل‌ها به ویژه کابل‌های تک‌سیمه، نباید پس از خواباندن، کشانده و راست شوند و لازم است اندکی پیچ وتاب داشته باشند تا بتوانند انبساط و انقباض طولی را که در مدت دوره‌های گرمایشی به واسطه بار کامل رخ می‌دهند، به آسانی تحمل کنند.

۸-۶-۲-۹ مسیر کابل‌کشی باید به نحوی علامت‌گذاری شود که در صورت کندوکاو بعدی،محل آن دقیقاً مشخص باشد.

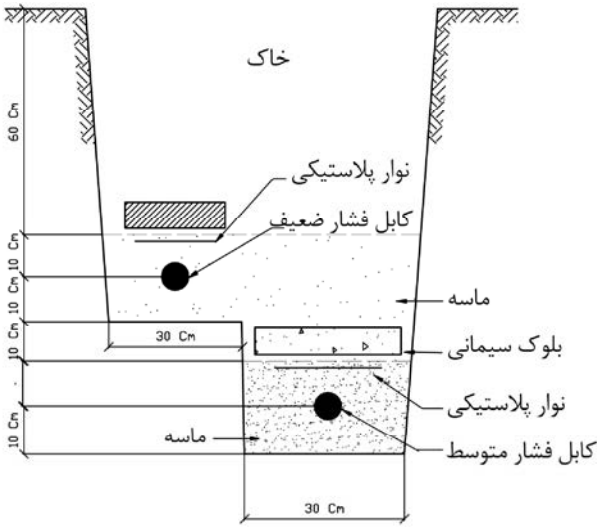
۸-۶-۲-۱۰ پیمانکار موظف است که قبل از شروع به حفر و کندن کانال خاکی کلیه نقشه‌های تاسیساتی اجرا شده قبلی درمحوطه عملیات خود را از دستگاه‌های اجرایی مربوطه دریافت و با توجه به آن اقدام به حفر کانال نماید به طوری که هیچ‌گونه لطمه‌ای به تاسیسات موجود وارد نشود.

۸-۶-۲-۱۱ هنگام حفر کانال زیرزمینی برای نصب کابل‌ها، باید آسفالت یا سیمان یا پوشش کنده شده در یک سمت گودال در فاصله حداقل یک متری انباشته شود تا هر گونه فعالیت آزاد برای خواباندن کابل امکان داشته باشد. همچنین، سایر مواد خاکبرداری شده (یعنی خاک و غیره) در سمت دیگر گودال و در فاصله حداقل ۰/۳ متری انباشته شود تا کارگران از لغزش و افتادن در گودال در امان باشند.

۸-۶-۲-۱۲ در مواردی که به منظور خواباندن کابل‌ها قسمتی از جاده آسفالته یا پیاده‌رو باید خاکبرداری شود پیمانکار موظف است پس از تکمیل کار کابل‌کشی جاده آسفالته یا پیاده‌رو را تعمیر و به حالت اول برگرداند.



جزئیات کانال خاکی تیپ برای نصب
کابل فشار متوسط در یک ردیف افقی

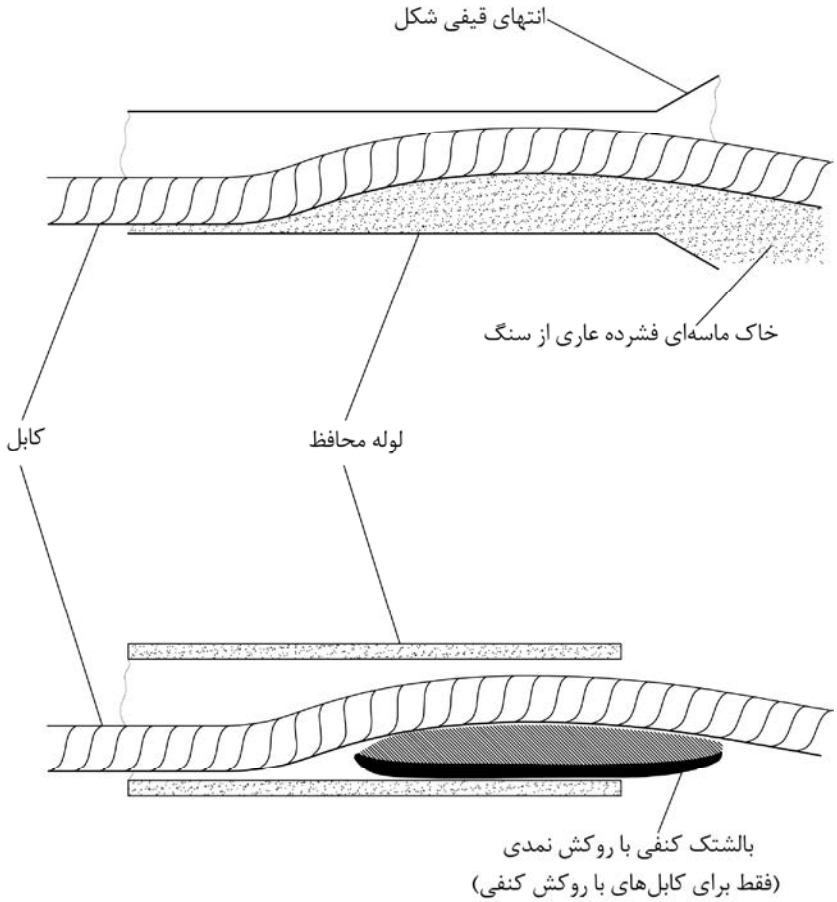


جزئیات کانال خاکی مشترک تیپ برای نصب
کابل‌های فشار متوسط و فشار ضعیف

جدول ابعاد کانال‌های خاکی برحسب تعداد و نوع استقرار کابل‌های فشار متوسط

نوع استقرار کابل‌ها	نصب کابل‌ها در یک ردیف افقی				
تعداد کل کابل‌های نصب‌شده	۱	۲	۳	۴	۵
عرض بستر کانال cm	۴۰	۵۰	۷۰	۹۰	۱۱۰
عمق کانال در پیاده‌رو cm	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰
عمق کانال در خیابان cm	۱۳۰	۱۳۰	۱۳۰	۱۳۰	۱۳۰

شکل ۸-۱: جزییات نصب کابل در کانال خاکی



شکل ۸-۲: حفاظت کابل در مدخل ورودی لوله

۸-۶-۳ نصب کابل در داخل کانال پیش‌ساخته[۱]

۸-۶-۳-۱ کانال‌های پیش‌ساخته کابل‌کشی ممکن است به صورت آدم‌رو یا معمولی، از آجر با اندود سیمان، و یا بتنی ساخته شود.

۸-۶-۳-۲ به منظور دفع آبهایی که ممکن است در کف کانال‌های پیش‌ساخته جمع شود، باید کف‌شورهای مناسبی که به سیستم فاضلاب یا چاه جذب آب متصل باشد در فواصل حداکثر ۴۰ متری از یکدیگر پیش‌بینی و نصب شود.

۸-۶-۳-۳ برای هدایت آبهای احتمالی، کف کانال‌های پیش‌ساخته شده بایستی دارای شیبی برابر نیم الی یک درصد در جهت کف‌شورهای پیش‌بینی شده باشد.

۸-۶-۳-۴ به منظور پرهیز از تماس مستقیم کابل‌ها با کف کانال پیش‌ساخته شده معمولی باید در کف کانال در فواصلی حداکثر برابر با ۶۰ سانتی‌متر اتکایی از لوله گالوانیزه و یا پروفیل ناودانی (آلومینیومی یا گالوانیزه) و یا چوب فشرده شده با ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر از کف کانال پیش‌بینی ونصب و سپس کابل‌ها روی اتکاهای مذکور خوابانده شود.

[۱] منظور از کانال پیش‌ساخته یا پیش‌ساخته شده ، کانال‌هایی است که قبل از کابل‌کشی ساخته شده است.

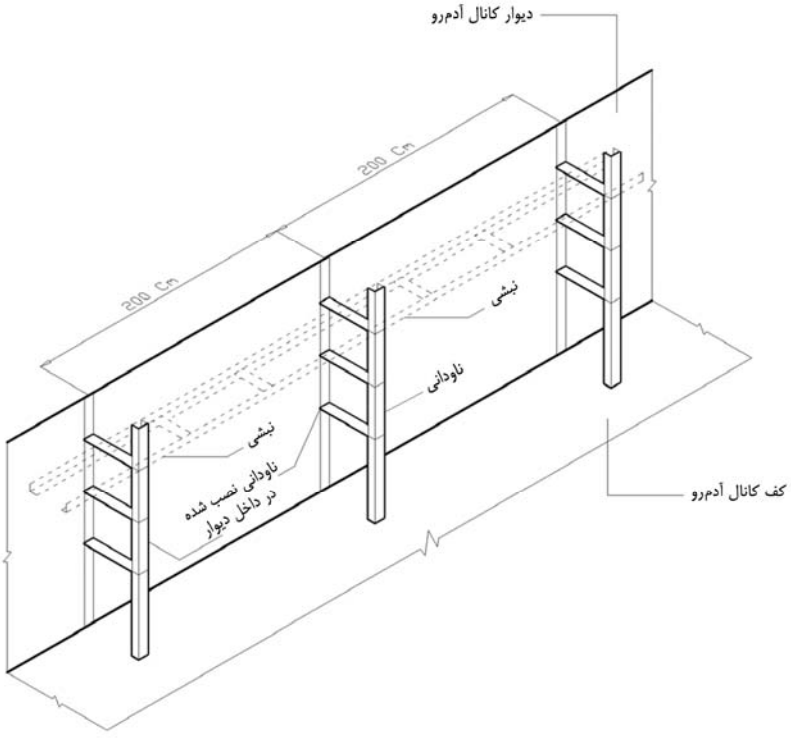
۸-۶-۳-۵ کانال‌های پیش‌ساخته شده معمولی در موتورخانه‌ها، پست‌های برق، اطاق و یا سالن‌های مولد برق و غیره باید دارای درپوش‌های قابل برداشت از آهن آجدار با دستگیره مناسب در تمام طول کانال باشد.

۸-۶-۳-۶ برای نصب کابل در کانال‌های پیش‌ساخته‌شده آدم‌رو بایستی از قطعات پیش‌ساخته گالوانیزه با نصب مجزا همراه با بست‌های تپانچه‌ای استفاده شود و یا این که همزمان با ساخت کانال در تمام طول دیواره کانال و در فواصل حداکثر هر ۲ متر، یک عدد پروفیل ناودانی به عرض ۱۰ سانتی‌متر و به طول برابر با ارتفاع کانال (از کف تا زیر سقف کانال) پیش‌بینی و نصب شود تا بعداً متناسب با نوع و تعداد کابل‌های مورد نیاز، اسکلت کابل‌کشی، بازوها،نگاه‌دارنده‌ها و سینی کابل را بتوان بدون تخریب روی ناودانی‌های مذکور نصب نمود.

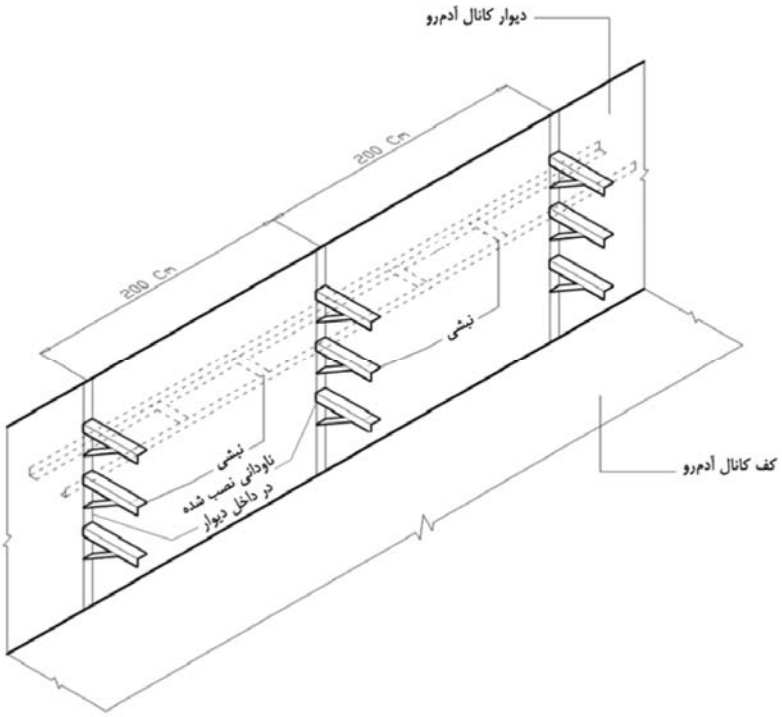
۸-۶-۳-۷ برای نصب کابل در کانال‌های آدم‌رو باید در بالاترین قسمت اسکلت‌بندی نصب کابل‌ها (شکل ۸-۳) و یا بازوبندی نصب کابل‌ها (شکل ۸-۴) دو عدد نبشی به طور موازی در سطح افقی یا عمودی قرار داده شده و بازوهای اتکای کابل که حداکثر فواصل آن باید ۷۰ سانتی‌متر باشد بین دو نبشی مذکور نصب (خطوط منقطع در شکل‌های (۸-۳ و ۸-۴) و با استفاده از بست‌های دو تکه مخصوص فیبری یا چوبی، کابل‌های مذکور روی بازوهای اتکاء خوابانده ونصب شود.

۸-۶-۳-۸ در صورت استفاده از سینی کابل، ابعاد سینی‌های کابل باید از نظر مکانیکی با توجه به وزن کابل‌ها و هم‌چنین درصورت لزوم با در نظر گرفتن شرایط نصب، تعمیرات و رسیدگی انتخاب شود، ولی به طور کلی سینی‌های کابل باید با ورق آهن گالوانیزه که مشبک شده باشد و به ضخامت حداقل ۱/۵ میلی‌متر ساخته شده و در صورت آویزبودن توسط میله‌های فولادی به قطر حداقل ۶ میلی‌متر در فاصله‌های حداکثر یک متر نگاه داشته شود.

۸-۶-۳-۹ سینی‌های کابل چندطبقه باید با توجه به عرض آن به نحوی انتخاب شود که دسترسی به کابل‌ها حداقل از یکطرف امکان‌پذیر باشد. فاصله بین سینی‌های دو طبقه باید حداقل نصف عرض سینی بالایی باشد.



شکل ۸-۳: جزییات تیپ اسکله‌بندی نصب کابل در داخل کانال‌های آدم‌رو



شکل ۸-۴: جزییات تیپ بازوبندی نصب کابل در داخل کانال‌های آدم‌رو

۸-۶-۳-۱۰ هنگام نصب کابل‌ها بر روی سینی کابل، کابل‌ها باید در نزدیکی هر محل تغییر جهت، سه راه یا چهارراه یا انتهای هر مسیر افقی یا قائم و هم‌چنین به فاصله ۱۰ متر در مسیرهای افقی و ۱/۵ متر در مسیرهای قائم به سینی‌ها محکم شود.

۸-۶-۳-۱۱ سینی‌های کابل و نیز اسکلت و بازوهای نصب کابل باید از لحاظ الکتریکی کاملاً به یکدیگر متصل بوده و با یک رشته سیم مسی لخت، با حداقل سطح مقطع ۷۵ میلی‌متر مربع، لااقل از سه نقطه به سیستم اتصال زمین متصل شود.

۸-۶-۳-۱۲ کلیه کانال‌های پیش‌ساخته آدم‌رو باید دارای سیستم روشنایی مناسب و پریزهای برق در فواصل ۶ متر از یکدیگر باشد. همچنین در این نوع کانال‌ها به منظور تماس با خارج کانال، در صورت امکان و چنانچه ضروری باشد، پریزهای تلفن باید در فواصل ۲۰ متر از یکدیگر نصب شود.

۸-۶-۳-۱۳ در مواردی که کانال‌های پیش‌ساخته آدم‌رو علاوه بر این که به منظور نصب کابل‌های برق مورد استفاده قرارمی‌گیرد برای لوله‌کشی تاسیسات مکانیکی و غیره نیز به کار رود باید حتی‌الامکان در یک دیواره تاسیسات برقی ودر دیواره مقابل آن تاسیسات دیگر نصب شود. در صورتی که امکان نصب به طریق فوق نباشد باید حداقل تاسیسات مذکور در دو ارتفاع متفاوت و مستقل و جدا از هم نصب گردد، به طوری که تاسیسات برقی در ارتفاع بالاتر از تاسیسات مکانیکی قرار داشته باشد.

۸-۶-۳-۱۴ با توجه به اینکه امکان آتش‌سوزی و گسترش آتش در کانال‌ها و مجاری کابل همیشه وجود دارد، این مجاری باید حداقل در نقطه ورودی به اتاقک‌های فرمان و تجهیزات، ایستگاه‌های سوییچینگ و غیره، با دیواره‌های نسوز یا ضد آتش مجهز شوند.

۸-۷ کابلشوها، سرکابل‌ها و مفصل‌ها

۸-۷-۱ کابلشوها

۸-۷-۱-۱ اتصال هادی‌های کابل‌های فشار متوسط به تجهیزات الکتریکی از قبیل سکسیونر، دیژنکتور، فیوز، ترانسفورماتور و غیره باید با استفاده از کابلشوهای استانداردشده از نوع پرسی انجام شود.

۸-۷-۱-۲ کابلشوهای مورد استفاده برای کابل‌های مسی و آلومینیومی باید به ترتیب از جنس مس قلع‌اندود و آلومینیومی باشند. همچنین کابلشوهای مورد استفاده برای ارتباط کابل‌های آلومینیومی به شینه‌های مسی می‌بایست از جنس بی‌متالمس – آلومینیوم انتخاب گردند.

۸-۷-۱-۳ ارائه اطلاعات ذیل برای کابلشوها، قبل از انتخاب، تهیه و نصب، ضروری است.

الف) کشور و شرکت سازنده، استاندارد ساخت
ب) مشخصات فنی شامل جنس کابلشو و جنس روکش کابلشو، سطح مقطع هادی مربوط، ابعاد و اندازه کابلشو، وزن خالص، ولتاژ و جریان نامی آن
پ) نقشه کامل شامل ابعاد، اندازه‌ها و جنس
ت) گواهی آزمایش از موسسات معتبر

۸-۷-۲ سرکابل‌ها

۸-۷-۲-۱ در مواردی که سیستم انتقال نیرو از کابل به سیستم دیگری تغییر می‌یابد و یا به دستگاهی متصل می‌شود. مانند تغییر از کابل به شبکه هوایی یا به شینه‌کشی یا به ترانسفورماتور و یا به سایر دستگاه‌های الکتریکی، باید از سرکابل استفاده شود.

۸-۷-۲-۲ در زمان انتخاب سرکابل فشارمتوسط باید عوامل ذیل ملاک تصمیم‌گیری قرار گیرد:

الف) مشخصات فنی کابل مورد استفاده شامل ولتاژ نامی، اندازه کابل، تعداد هسته‌ها(سیم‌ها)، نوع عایق مانند XLPE،EPR، EPDM[1]، MIND[2]، PILC [3] و غیره
ب) اندازه سرکابل بر حسب سطح مقطع (میلی‌متر مربع)
پ) تعداد هسته‌ها (سیم‌ها)مانند یک‌سیمه یا سه سیمه
ت) نوع سرکابل مانند فشاری، حرارتی[4] یا سرد[5]
ث) مکان نصب، در داخل ساختمان یا فضای آزاد
ج) طول استاندارد سرکابل

1-Ethylene Propylene Dien Monomer
2-Mass-impregnated non -draining
3-Paper-insupated lead cable
4-Heat Shrink
5-Cold Shrink

ج) مشخصه‌های الکتریکی سرکابل شامل ولتاژ حداکثر، نتایج آزمون متناوب یک دقیقه، آزمون ولتاژ ضربه‌ای، دشارژ جزیی و آزمون اتصال کوتاه

۸-۷-۲-۳ هنگام انتخاب سرکابل‌ها باید دقت شود که مشخصات الکتریکی آن با مشخصات کابل مورد استفاده مطابقت داشته باشد.

۸-۷-۲-۴ سرکابل‌ها باید به نحوی اتصال یابند که از نفوذ رطوبت هوا در کابل و همچنین از خارج شدن روغن و مواد روان درون کابل جلوگیری شود.

۸-۷-۲-۵ سرکابل‌های فشار متوسط را می‌توان به شرح زیر طبقه‌بندی کرد:

- سرکابل‌های حرارتی
- سرکابل‌های سرد
- سرکابل‌های فشاری (slip on)
- سرکابل‌های plug-in
- سرکابل‌های connex

۸-۷-۲-۶ در سرکابل‌های حرارتی از روکش heat shrink متشکل از پلی‌اتیلن کراس لینک استفاده شده و نیز پلیمر مقاوم به اشعه ماوراء بنفش و آنتی‌تراک در آنها به کار رفته و بدین سبب در اثر تماس مستقیم با نور خورشید، آسیب ندیده و مقاومت بسیار خوبی دارد.

۸-۷-۲-۷ در سرکابل‌های سرد، روکش‌ها از جنس پلیمر سیلیکون بوده و بعد از تولید و کراس لینک شدن، گسترش یافته (expand) و روی یک فنر پلیمر قرار داده می‌شود تا در زمان نصب روی کابل قرار گرفته و دراثر کشیده شدن فنر، روکش روی کابل جمع شده و آب‌بندی گردد. در هنگام نصب این نوع سرکابل‌ها، به مشعل و ابزار خاصی نیازی نیست.

۸-۷-۲-۸ سرکابل‌های فشاری برای ولتاژهای فشار قوی، از ۶۰ کیلوولت به بالا کاربرد داشته و به صورت داخل ساختمان و هوایی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۸-۷-۲-۹ در سرکابل‌های plug–in، اجزاء آنها به صورت یکپارچه در یک قطعه قرار گرفته و این امر موجب سهولت در نصب آنها می‌گردد. این نوع سرکابل‌ها تا ولتاژ ۳۶ کیلوولت تولید و ساختار آنها به گونه‌ای است که گستره وسیعی از اندازه کابل‌های پلیمری مسی یا آلومینیومی را پوشش می‌دهد.

۸-۷-۲-۱۰ سرکابل‌های فشار متوسط connex از دو بخش کانکتور جداشونده و بوشینگ تشکیل شده است. بوشینگ بر روی تجهیزات الکتریکی مانند کلیدهای گازی، ترانسفورماتورها نصب شده و شامل سه قسمت مادگی، عایق و قاب می باشد. کانکتور به کابل متصل شده و در داخل بوشینگ قرار گرفته و در آن چفت می‌شود.این نوع سرکابل‌ها کاملاً عایق و ضد جرقه بوده و مقاومت بالایی در برابر اتصال کوتاه داشته و در زیر آب قابل استفاده هستند.

۸-۷-۲-۱۱ سرکابل‌های فشار متوسط باید بر اساس استاندارد IEC 60502-4 یا DIN VDE 0278 یا BS 7215 یا یکی از استانداردهای شناخته شده و معتبر جهانی مورد آزمون قرار گیرند.

۸-۷-۳ مفصل‌ها

۸-۷-۳-۱ به منظور حفاظت کامل کابل‌ها در محل اتصال به یکدیگر باید از مفصل‌های کابل استفاده شود تا بتوان محل اتصال مورد نظر را از رطوبت، نیروهای مکانیکی و سایر عوامل خارجی محفوظ نگاهداشت.

۸-۷-۳-۲ مفصل‌ها را از نظر عملکرد می‌توان در انواع مستقیم [1]، تبدیلی [2] و انشعابی [3] طبقه‌بندی کرد.مفصل مستقیم به منظور اتصال دو کابل یکسان مانند اتصال کابل‌های XLPE یک‌سیمه به یکدیگر به کار می‌رود.مفصل تبدیلی که مانند مفصل مستقیم از نوع مفصل دوراهه است برای اتصال کابل‌های غیریکسان مانند اتصال کابل‌های XLPE به کابل‌های PILC مورد استفاده قرار می‌گیرد. مفصل‌های انشعابی مانند مفصل‌های سه‌راهی یا چهارراهی برای انشعاب کابل‌های فشار متوسط به کار می‌رود.

۸-۷-۳-۳ مقادیر جریان نامی مفصل‌ها باید برابر یا بیشتر از جریان نامی کابل در نظر گرفته شود. همچنین مفصل باید قدرت تحمل افزایش دما بیش از دمای مجاز هادی کابل را دارا باشد.

۸-۷-۳-۴ روی سطح خارجی مفصل باید حفاظی به منظور برابر نگه‌داشتن ولتاژ بدنه مفصل و زمین تعبیه گردد. ورقه‌های پوششی، جداکننده و محافظت‌کننده نیز برای کارکرد مناسب مفصل در شرایط عادی و جهت آب‌بندی، جلوگیری از ورود رطوبت و مقاومت در برابر تنش‌های ولتاژ بایستی در مفصل پیش‌بینی شود.

۸-۷-۳-۵ مفصل‌ها را از نظر جنس بدنه و عایق می‌توان در انواع چدنی، رزینی، حرارتی، سرد، نواری و فشاری طبقه‌بندی کرد.

۸-۷-۳-۶ در مفصل چدنی، بدنه مفصل از چدن بوده و هادی‌های آن از جنس مس یا آلومینیومی و یا بی‌متال است که توسط رزین ریختگی احاطه می‌شوند. اگر این مفصل برای اتصال کابل‌های عایق‌بندی شده با کاغذ اشباع شده به کار رود، به منظور جلوگیری از حرکت مواد روان درون کابل‌های کاغذی از نوارهای عایق مخصوص استفاده شده و هر هادی توسط یک لوله حرارتی محافظت می‌شود. برای پرهیز از کم شدن مواد روان در انتهای کابل،مفصل باید در مکانی پایین‌تر از کابل قرار گیرد.

۸-۷-۳-۷ مفصل رزینی عمدتاً شامل یک بدنه پلاستیکی دو تکه و مقدار متناسبی از ماده رزین‌ریختگی یا رزین پلی‌یورتان با چسبندگی بالا، انعطاف‌پذیری مناسب، عایق حرارتی و مقاوم در برابر نفوذ آب ومواد شیمیایی است. در این نوع مفصل، لایه‌های هادی و عایق کابل در محل اتصال با نوارهای مخصوص پوشیده شده و بدین ترتیب یک اتصال حفاظدار به وجود می‌آید که در داخل یک محفظه پلاستیکی پر شده از رزین قرار دارد. این‌گونه مفصل‌ها را می‌توان برای کابل‌های تک‌سیمه و چند سیمه پلیمری و روغنی مسی و آلومینیومی در زیر سطح زمین، در آب و در هوا به کار برد.

۸-۷-۳-۸ مفصل حرارتی شامل اجزاء زیر می‌باشد:

- دو راهه جهت اتصال کابل‌ها
- کنترل‌کننده میدان الکتریکی شامل نوار چسب و لوله حرارتی استرس کنترل

1-Straight
2-Transition
3-Branch

- سیستم آب‌بندی کننده شامل لوله حرارتی برای عایق کردن کابل و حفاظت آن در برابر رطوبت و عوامل جوی
- سیستم اتصال زمین کابل شامل آرمور،شیلد کابل و دوراهه مربوطه

مفصل نامبرده را می‌توان برای اتصال انواع کابل‌ها با ولتاژهای نامی مختلف و در زیر سطح زمین، در آب یا در هوا مورد بهره‌برداری قرار داد.

۸-۷-۳-۹ بدنه مفصل سرد از موادی ساخته شده که در برابر رطوبت و اشعه خورشید مقاومت بسیار خوبی داشته و شامل لایه استرس کنترل داخلی، لایه عایق و لایه هادی خارجی می‌باشد. در فناوری cold shrink به دلیل استفاده از قطعات سیلیکونی گسترش یافته (expand)، یک مفصل برای محدوده وسیعی از اندازه‌های کابل قابل استفاده است. این نوع مفصل‌ها در برابر حلال، مواد شیمیایی مقاوم بوده و به ابزار خاصی جهت نصب نیاز ندارند.

۸-۷-۳-۱۰ در هنگام طراحی و انتخاب مفصل‌های فشار متوسط باید نکات و اصول زیر دقیقاً مدنظر قرار گیرد.

الف) کنترل تنش الکتریکی
ب) عایق‌بندی مجدد کافی
پ) آب‌بندی در مقابل رطوبت
ت) حفاظت مکانیکی
ث) پیوستگی کامل و صحیح غلاف سربی و زره
ج) تطابق مواد، وسایل و ملحقات مفصل و کابل‌ها
چ) اطمینان از وجود فاصله و فضای صحیح بین هسته‌ها و بین هر هسته و اجزاء زمین‌شده

۸-۷-۳-۱۱ مفصل‌های فشار متوسط باید دارای قابلیت تحمل تنش‌های مکانیکی، الکتریکی و حرارتی حاصل ازکار عادی، اضافه‌بار اضطراری و اتصال کوتاه باشند.

۸-۷-۳-۱۲ ارائه اطلاعات ذیل برای هر مفصل فشار متوسط ضروری است.

الف) نام کشور و شرکت تولیدکننده، تاریخ تولید، تاریخ انقضاء، شماره مرجع در کاتالوگ محصولات، فهرست لوازم و متعلقات
ب) مشخصات کابل مورد استفاده و مناسب
پ) مشخصات فنی و الکتریکی مفصل
ت) مشخصات فنی عایق مفصل
ث) ورن کل، عمر مفید در شرایط استاندارد، مدت زمان مجاز نگهداری در انبار
ج) گواهی آزمون‌های نوعی انجام شده برای مفصل از موسسات معتبر
چ) دستورالعمل نصب، تعمیر، بهره‌برداری و نگهداری در انبار

۸-۷-۳-۱۳ کامل بودن وسایل و متعلقات مفصل و وضوح دستورالعمل‌های مفصل‌بندی از الزامات اصلی یک مفصل با کیفیت خوب و قابل قبول است. در غیر این صورت به علت عدم وجود برخی ابزار و وسایل مورد نیاز در نصب مفصل یا عدم شفافیت دستورالعمل‌ها و جزییات نصب، زمان بسیار زیادی تلف خواهد شد.

۸-۷-۳-۱۴ با توجه به پیچیدگی و تخصصی بودن فرایند نصب، تعمیر و بهره‌برداری مفصل‌های فشار متوسط، ضروری است نیروی انسانی متخصص نصب و تعمیر این نوع مفصل‌ها دوره آموزشی و نیز بازآموزشی مرتبط را گذرانده و باپیشرفت‌های جدید فناوری مفصل‌ها آشنا و آنها را به کار ببندند.

جدول ۸-۸: نشانه‌های ترسیمی الکتریکی کابل‌های فشار متوسط

شرح	نشانه
نصب کابل به صورت روکار روی دیوار و یا سقف	MT
نصب کابل روی سینی کابل و یا راک	MT
نصب کابل به صورت آویز	MT
نصب کابل در کانال خاکی	MT
کابل زیر آبی	UWMT
نشان‌دهنده تعداد و سطح مقطع اسمی کابل	3x95 mm² MT
سرکابل	
جعبه مفصل ساده	
جعبه مفصل سه راهی (انشعاب)	
جعبه مفصل چهارراهی (انشعاب)	

فصل ۹

مولدهای برق

مشخصات فنی عمومی و اجرایی

تأسیسات برقی ساختمان

نشریه ۱-۱۱۰ (تجدید نظر دوم)

۹ مولدهای برق

فهرست

شناسه	عنوان	صفحه
۹-۱	دامنه پوشش	۱ از ۲۱
۹-۲	تعاریف و اصطلاحات	۱ از ۲۱
۹-۳	استاندارد ساخت	۲ از ۲۱
۹-٤	طبقه‌بندی مولدها	٤ از ۲۱
۹-۵	موارد استفاده از نیروی برق اضطراری و سیستم برق بدون وقفه	۵ از ۲۱
۹-۶	مشخصات فنی مولدهای برق	۶ از ۲۱
۹-۷	مشخصات فنی موتور دیزل	۷ از ۲۱
۹-۸	تابلوی وسایل اندازه‌گیری موتور	۱۱ از ۲۱
۹-۹	سیستم اگزوست موتور و دودکش	۱۲ از ۲۱
۹-۱۰	سیستم سوخت	۱۲ از ۲۱
۹-۱۱	ژنراتور	۱۳ از ۲۱
۹-۱۲	تابلو کنترل الکتریکی	۱٤ از ۲۱
۹-۱۳	مشخصات فنی اضافی برای مولدهای برق اضطراری	۱٤ از ۲۱
۹-۱٤	دستگاه سنکرونیزاسیون (همزمانی)	۱۵ از ۲۱
۹-۱۵	اصول و روش‌های نصب	۱۵ از ۲۱
۹-۱۶	آزمون دستگاه‌ها	۱۶ از ۲۱
۹-۱۷	نشانه‌های ترسیمی الکتریکی	۱۷ از ۲۱
	پیوست ۱	۲۰ از ۲۱

۹-۱ دامنه پوشش

در این بخش مطالب مربوط به مشخصات فنی عمومی، استانداردها و معیارهای پایه برای تهیه و نصب دستگاه کامل مولد برق دائمی یا اضطراری به همراه کلیه منضمات و متعلقات مربوط شامل موتور دیزل یا با سوخت گازی، ژنراتور، تابلوها، وسایل کنترل و کلیدزنی، اصول و روش‌های نصب و غیره ارائه شده است. در این مبحث همچنین طبقه‌بندی مولدها و موارد استفاده از نیروی برق اضطراری و سیستم برق بدون وقفه (UPS) نیز مورد بررسی قرار گرفته است.

۹-۲ تعاریف و اصطلاحات

واژه‌ها و اصطلاحات مورد استفاده در این مبحث دارای تعاریف زیر خواهد بود:

۹-۲-۱ دستگاه مولد (generating set)

هر دستگاه مولد مشتمل است بر یک یا چند موتور درونسوز رفت و برگشتی (RIC engine)[1] برای تولید انرژی مکانیکی و یک یا چند ژنراتور برای تبدیل انرژی مکانیکی به انرژی الکتریکی همراه با اجزای انتقال انرژی مکانیکی (مانند کوپلینک‌ها و جعبه دنده) و، در موارد لازم، اجزای نصب.

۹-۲-۲ نیروگاه (power station)

هر نیروگاه مشتمل است بریک یا چند دستگاه مولد و تجهیزات فرعی، وسایل کنترل و کلیدزنی، و در موارد مربوط محل نصب (مانند یک ساختمان، یک پوشش یا تجهیزات ویژه برای محافظت در برابر شرایط جوی)

۹-۲-۳ سرویس‌های ایمنی (safety services)

تجهیزاتی که برای ایمنی افراد نصب می‌شود و در صورت قطع نیروی برق عادی باید همواره آماده بهره‌برداری باشد.

۹-۲-۴ راهبری یا عملکرد واحد (single operation)

عبارت است از کارکرد یک مولد برق به عنوان تنها منبع قدرت الکتریکی و بدون پشتیبانی منابع تغذیه دیگر، صرفنظر از شکل یا روش راه‌اندازی و کنترل آن

۹-۲-۵ راهبری یا عملکرد موازی (parallel operation)

عبارت است از اتصال یک مولد برق به یک منبع تغذیه الکتریکی دیگر با ولتاژ، فرکانس و فاز یکسان برای تغذیه مشترک نیرو به شبکه مورد نظر

۹-۲-۶ راهبری یا عملکرد موازی چند مولد (parallel operation by generating sets)

عبارت است از اتصال الکتریکی (و نه مکانیکی) دو یا چند مولد پس از سنکرونیزه شدن آنها. در این روش مولدهای دارای خروجی و سرعت‌های گوناگون ممکن است استفاده شود.

۹-۲-۷ راهبری موازی با برق اصلی (operation in parallel with mains)

یک یا چند مولد به صورت موازی با تغذیه برق اصلی به صورت الکتریکی متصل می‌شود.

1-Reciprocating Internal Combustion Engine

۹-۲-۸ زمان تبدیل (change – over time)
فاصله زمانی از پیدایش اشکال در سیستم تغذیه نیروی برق عادی تا هنگامی که سرویس‌های ایمنی مجدداً به برق اضطراری متصل می‌شود، این اتصال ممکن است در چند گام انجام شود.

۹-۲-۹ تفاضا یا دیماند مصرف‌کننده (consumer power demand)
تفاضای نیروی برق لازم برای نیازهای سرویس‌های ایمنی

۹-۲-۱۰ سوپرشارژ (supercharge)
روشی برای وارد کردن هوا با فشاری بیش از فشار طبیعی به درون سیلندر موتورهای درونسوز که موجب افزایش قدرت خروجی موتور می‌شود.

۹-۳ استاندارد ساخت

مولدهای برق اضطراری یا دائم شامل موتور، ژنراتور و لوازم و وسایل کنترل و کلیدزنی باید برابر جدیدترین اصلاحیه یکی از استانداردهای شناخته شده و معتبر جهانی به شرح زیر طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گیرد:

۹-۳-۱ موتورهای درونسوز رفت و برگشتی–عملکرد– قسمت یک: اعلام قدرت، سوخت و روغن مصرفی و روش‌های آزمون BS ISO 3046-1

۹-۳-۲ حفاظت موتورهای درونسوز رفت و برگشتی در برابر حریق BSI 6327

۹-۳-۳ ماشین‌های الکتریکی گردان از نوع ویژه یا با کاربری‌های ویژه – قسمت ۳: ژنراتورهایی که به وسیله موتورهای درونسوز رفت و برگشتی گردانده می‌شود. BSI BS 5000 Part 3

۹-۳-۴ موتورهای درونسوز رفت و برگشتی – عملکرد– قسمت پنجم: نوسان‌های پیچشی BSI BS ISO 3046-5

۹-۳-۵ مولدهای جریان متناوب با محرکه موتور درونسوز رفت و برگشتی – قسمت اول: مشخصات کاربرد، ظرفیت و عملکرد اسمی BSI BS 7698 Part 1, ISO 8528-1

۹-۳-۶ مولدهای جریان متناوب با محرکه موتور درونسوز رفت و برگشتی – قسمت دوم: مشخصات موتور
BSI BS 7698 Part 2 , ISO 8528-2

۹-۳-۷ مولدهای جریان متناوب با محرکه موتور درونسوزرفت و برگشتی – قسمت سوم: مشخصات ژنراتور
BSI BS 7698 Part 3; ISO 8528-3

۹-۳-۸ مولدهای جریان متناوب با محرکه موتور درونسوز رفت و برگشتی – قسمت چهارم: مشخصات وسایل کنترل و کلیدزنی BSI BS 7698 Part 4 ; ISO 8528-4

۹-۳-۹ مولدهای جریان متناوب با محرکه موتور درونسوز رفت و برگشتی – قسمت پنجم: مشخصات مولد
BSI BS 7698 Part 5; ISO 8528-5

۹-۳-۱۰ **مولدهای جریان متناوب با محرکه موتور درونسوز رفت و برگشتی – قسمت ششم:** روش‌های آزمون
BSI BS 7698 Part 6; ISO 8528-6

۹-۳-۱۱ **مولدهای جریان متناوب با محرکه موتورهای درونسوز رفت و برگشتی – قسمت هفتم:** اعلام فنی پارامترهای مشخصات و طراحی
BSI BS 7698 Part 7; ISO 8528-7

۹-۳-۱۲ **مولدهای جریان متناوب با محرکه موتورهای درونسوز رفت و برگشتی – قسمت هشتم:** الزامات و آزمون‌های مولدهای قدرت پایین
BSI BS 7698 Part 8

۹-۳-۱۳ **مولدهای جریان متناوب با محرکه موتورهای درونسوز رفت و برگشتی – قسمت نهم:** اندازه‌گیری وارزیابی نوسان‌های مکانیکی
BSI BS 7698 Part 9

۹-۳-۱۴ **مولدهای جریان متناوب با محرکه موتورهای درونسوز رفت و برگشتی – قسمت دهم:** اندازه‌گیری نویز هوابرد با روش پوشش لفافی
BSI BS 7698 Part 10

۹-۳-۱۵ **مولدهای جریان متناوب با محرکه موتور درونسوز رفت و برگشتی – قسمت دوازدهم:** تغذیه برق اضطراری سرویس‌های ایمنی
BSI BS 7698-12; ISO 8528-12

۹-۳-۱۶ **موتورهای درونسوز رفت و برگشتی– اندازه‌گیری نویز هوابرد انتشاری – روش مهندسی و روش ممیزی**
BSI BS ISO 6798

۹-۳-۱۷ **موتورهای درونسوز رفت و برگشتی– اندازه‌گیری خروجی‌های اگزوز – قسمت سوم:** اندازه‌گیری دود گازی اگزوست در شرایط ثابت
BSI BS ISO 8178-3

۹-۳-۱۸ **الزامات الکتریکی ماشین‌های الکتریکی گردان– قسمت ۱۴۰:** تنظیم ولتاژ و بهره‌برداری موازی ژنراتورهای همزمان
SI BS 4999 Part 140

۹-۳-۱۹ **موتورهای الکتریکی دوار– انواع ویژه یا برای کاربری خاص– قسمت یازدهم:** موتورها و ژنراتورهای دارای قدرت پایین
BSI BS 5000 Part 11

۹-۳-۲۰ **دستگاه‌های ایمنی دود– دستورالعمل‌های اجرایی برای ساخت، نصب و نگهداری** BSI BS 7939

۹-۳-۲۱ **راهنمای تهیه تجهیزات نیروگاه– قسمت ۶-۲:** تجهیزات برقی– ژنراتورها BSI BS EN 45510-2-6

۹-۳-۲۲ **ماشین‌های الکتریکی دوار – قسمت بیست و دوم:** ژنراتورهای جریان متناوب برای مولدهای درونسوز رفت و برگشتی
BSI BS EN 60034-22

۹-۴ طبقه‌بندی مولدها

۹-۴-۱ طبقه‌بندی بر اساس نوع کاربری و دوره بهره‌برداری

به طور کلی مولدهای برق (دیزل– ژنراتور) به اعتبار نوع کاربری و زمان بهره‌برداری به شرح زیر طبقه‌بندی می‌شود:

۹-۴-۱-۱ نوع کاربری: مولدها ممکن است برای تولید برق اصلی به عنوان مولد برق دائمی، یا به صورت موازی با شبکه برق اصلی، و یا به منظور تولید نیروی برق اضطراری مورد استفاده قرار گیرد.

۹-۴-۱-۲ دوره بهره‌برداری: مولدهای برق ممکن است برای بهره‌برداری مدت محدود و یا نامحدود طراحی و ساخته شود.

۹-۴-۲ طبقه‌بندی بر اساس عملکرد تغذیه (performance classes)

بر اساس استانداردهای BS 7698-1 و ISO 8528-1 مولدهای برق با توجه به سیستم‌های برقی مورد تغذیه به چهارطبقه یا کلاس به شرح زیر تقسیم شده است:

۹-۴-۲-۱ کلاس عملکرد G1

این طبقه در مواردی مورد استفاده قرار می‌گیرد که بار متصله به گونه‌ای است که فقط پارامترهای پایه ولتاژ و فرکانس تصریح می‌شود مانند کاربری‌های عمومی (بار روشنایی و دیگر بارهای الکتریکی ساده)

۹-۴-۲-۲ کلاس عملکرد G2

این کلاس عملکرد در مواردی استفاده می‌شود که تقاضای مشخصه‌های ولتاژ بسیار همانند نیروی برق تجاری است. در هنگام تغییرات بار، ممکن است انحرافات موقت اما قابل قبول ولتاژ و فرکانس رخ دهد مانند کاربری‌های تجاری (بار سیستم روشنایی، پمپ‌ها و هواکش‌ها و بالابرها)

۹-۴-۲-۳ کلاس عملکرد G3

این نوع کلاس عملکرد در کاربری‌هایی مورد استفاده قرار می‌گیرد که تجهیزات متصله نیاز شدید به مشخصه‌های فرکانس، ولتاژ و شکل موج دارد مانند بارهای مخابراتی و نایریستوری. باید توجه داشت که بارهای رکتیفایر و تایریستوری ممکن است در ارتباط با شکل موج ولتاژ ژنراتور اثرات ویژه‌ای داشته باشد.

۹-۴-۲-۴ کلاس عملکرد G4

این نوع عملکرد در کاربری‌هایی ضرورت دارد که تجهیزات متصله نیاز استثنایی شدید به مشخصه‌های فرکانس، ولتاژ و شکل موج دارد مانند تجهیزات فرایند داده‌ها و سیستم‌های کامپیوتری.

۹-۴-۳ مولدهای برق اضطراری سرویس‌های ایمنی

۹-۴-۲-۵ مولدهای برق اضطراری سرویس‌های ایمنی از نظر کلاس عملکرد بر اساس استاندارد ISO 8528-1 کلاس G2 و از نظر زمان تبدیل بر اساس استاندارد IEC 364-5-56 برابر جدول ۹-۱ طبقه‌بندی شده است.

جدول ۹-۱: طبقه‌بندی مولدها بر اساس زمان تبدیل

مولد	بدون وقفه	با وقفه کوتاه	با وقفه طولانی	
زمان تبدیل	صفر ثانیه	کمتر از نیم ثانیه	کمتر از ۱۵ ثانیه	بیش از ۱۵ ثانیه
طبقه‌بندی	۱	۲	۳	۴

۹-۵ موارد استفاده از نیروی برق اضطراری و سیستم برق بدون وقفه

۹-۵-۱ در موراد زیر، برای تامین مصارف اضطراری و ایمنی، باید نیروی برق به کمک مولدهایی که معمولاً نیروی محرک آن موتورهای دیزل است، در محل تولید شود.

۹-۵-۱-۱ ساختمان‌های مسکونی با بیش از چهارطبقه از کف زمین و مجهز به آسانسور؛

۹-۵-۱-۲ ساختمان‌های عمومی که نوع فعالیت آن به گونه‌ای است که قطع برق ممکن است خطر یا خسارت جبران‌ناپذیری بیافریند.
ساختمان‌های عمومی دارای شرایط بند ۹-۵-۱-۱

۹-۵-۱-۳ **بیمارستان‌ها و مراکز پزشکی و بهداشتی با توجه به نوع فعالیت آن**
سیستم برق اضطراری بیمارستان‌ها شامل مولدهای برق اضطراری و تابلوها و متعلقات مربوط به آن، منابع تغذیه نیروی برق ایمن و طبقه‌بندی آن و همچنین کلیه مواردی که بایدبه وسیله هر یک از سیستم‌های مزبور(سیستم‌های با زمان تبدیل ۰/۵ ثانیه وکمتر، ۱۵ ثانیه و کمتر، و بیش از ۱۵ ثانیه) تغذیه شود مشتمل بر دستگاه‌های مختلف پزشکی و غیرپزشکی، آسانسورها، تاسیسات بهداشتی و مکانیکی، سیستم تهویه، سیستم‌های ردیابی، اعلام و خاموش کردن آتش، پریزهای عمومی و اختصاصی برق، اتاق‌های برق، سیستم‌های ارتباطی و مخابراتی، و غیره باید برابر مشخصات فنی و دستورالعمل‌های مندرج در نشریه شماره ۸۹(تجدیدنظراول) با عنوان «مشخصات فنی تاسیسات برق بیمارستان » که به وسیله معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری منتشرشده است، طراحی و اجرا شود.

۹-۵-۱-۴ سردخانه های بزرگ،

۹-۵-۱-۵ مراکز صنعتی که قطع برق طولانی مدت در آن ممکن است موجب خسارت جبران ناپذیر شود.

۹-۵-۱-۶ هرنوع ساختمان یا مجموعه یا مرکز دیگری که به تشخیص مقامات ذیصلاح باید دارای نیروگاه اضطراری باشد.

۹-۵-۲ عمده‌ترین موارد تامین نیروی برق با استفاده از سیستم برق اضطراری در ساختمان‌ها به قرار زیر است:
- تامین روشنایی برای خروج ایمن و جلوگیری از ایجاد وحشت و هراس در ساختمان‌های عمومی مانند بیمارستان‌ها و مراکز درمانی، هتل‌ها، سینماها، مراکز ورزشی و مانند آن.
- تامین نیروی برق برای سیستم تهویه در مواردی که برای حفاظت از جان انسان ضروری است.
- تغذیه سیستم ردیابی و اعلام حریق

- تامین برق آسانسورها
- نیرورسانی به پمپ‌های آتش‌نشانی
- تامین برق سیستم‌های ارتباطی ایمنی عمومی
- تامین نیروی برق برای فرایندهای صنعتی که قطع برق موجب به مخاطره افتادن زندگی یا تندرستی انسان شود و یا موجب خسارت به ماشین‌آلات و فرآیندهای نامبرده گردد.

۹-۵-۳ **موارد استفاده از سیستم برق بدون وقفه:** در مواردی که عملکرد کلیدهای انتقال بار، راه‌اندازی یا توقف موتورها، اثرات القایی رعد و برق و عوامل بی‌شمار دیگر باعث قطع جریان برق و ایجاد نوسانات ولتاژ و فرکانس شده و موجب بروز اختلال در کار سیستم‌های کامپیوتر و میکروپروسسورها می‌شود باید از سیستم برق بدون وقفه استفاده شود.

۹-۶ مشخصات فنی مولدهای برق

۹-۶-۱ مولدهای مورد استفاده باید مستقل از سیستم نیروی برق اصلی (برق شهر) عمل نموده و در عین حال بتوان آن را بدون هیچ مشکلی و با پایداری مطلق با برق اصلی به صورت موازی به کار برد.

۹-۶-۲ کلیه وسایل، لوازم و تجهیزات مورد استفاده در مولدهای برق دایمی یا اضطراری باید برابر استانداردهای مندرج در بند ۹-۳ یا یکی از استانداردهای معتبر جهانی مشابه طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گرفته باشد.

۹-۶-۳ مولدها باید از نظر مشخصات فرکانس و اضافه فرکانس، ولتاژ، جریان اتصال کوتاه قابل تحمل، عملکرد، نامنظمی‌های سیکلی، راه‌اندازی و توقف، و راهبری موازی برابر ضوابط مندرج در استاندارد BS 7698:Part 5 و ISO 8528-5 طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گرفته باشد.

۹-۶-۴ میزان حفاظت افراد در برابر تماس با قسمت‌های برق‌دار یا متحرک و همچنین درجه حفاظت دستگاه در برابر ورود آب و اجسام صلب خارجی به داخل آن باید بر اساس طبقه‌بندی و توصیه‌های مندرج در جدیدترین نشریات کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک که در زمان تهیه این مشخصات فنی نشریه IEC 60034-5، قسمت پنجم«طبقه بندی درجه حفاظت برای بدنه خارجی ماشین‌های دوار» می‌باشد تعیین و مشخص شود. برای سهولت مراجعه، طبقه‌بندی آی—ای—سی بر اساس نشریه ۵-۶۰۰۳۴ آن در پیوست ۱ ارایه شده است.
رقم مشخصه اول IP که در جدول ۹-۳ بیان شده است شامل دو نوع حفاظت به شرح زیر می‌باشد:

الف) حفاظت اشخاص در برابر تماس یا نزدیک شدن با قسمت‌های برق‌دار یا متحرک در داخل دستگاه که شامل تماس غیرمستقیم به وسیله دخول ابزار و غیره نیز می‌باشد.

ب) حفاظت خود دستگاه در برابر ورود اجسام خارجی جامد مانند ابزار، گرد و خاک و غیره.

رقم مشخصه دوم IP حفاظت در برابر ورود قطرات مایعات مانند آب که در جدول ۹-۴ درج شده است.

۹-۶-۵ مولد، موتور دیزل و تابلوی برق هر کدام باید دارای یک صفحه یا پلاک ماندگار شامل استاندارد ساخت، نام و آدرس سازنده، تاریخ ساخت، شماره سریال و مشخصات پارامترهای فنی اصلی مربوط (قدرت اسمی، ضریب قدرت اسمی، ولتاژ اسمی، جریان اسمی، فرکانس اسمی، کلاس عملکرد، ارتفاع از سطح دریا، حرارت محیطی و جرم بر حسب کیلوگرم) به دو زبان فارسی و انگلیسی باشد.

۹-۶-۶ موتور و ژنراتور باید به طور کامل توسط کارخانه سازنده روی شاسی یکپارچه و به طور مستقیم و یا به وسیله اتصال قابل انعطاف به هم کوپله شده باشد. ماده به کار رفته برای اتصال قابل انعطاف باید در برابر هیدروکربن‌ها مقاوم باشد تا روغن و سوخت آن را از بین نبرد. همچنین دستگاه مذکور باید دارای محافظ کوپلینگ و لرزه‌گیرهای مناسب باشد.

۹-۶-۷ افزایش یا کاهش میزان بار موتور نباید موجب خوردگی در یاتاقان ژنراتور شود.

۹-۶-۸ پس از کوپله شدن موتور و ژنراتور به صورت مستقیم، ژنراتور باید نیروی میل‌لنگ را بدون اعمال نیروهای مخالف مکانیکی و الکتریکی بپذیرد.

۹-۶-۹ دفترچه حاوی دستورالعمل‌های مربوط به راه‌اندازی، کار، نگهداری و تعمیرات دستگاه‌ها باید حداقل در دو جلد به دو زبان فارسی و انگلیسی بر اساس کاتالوگ‌های کارخانه سازنده تهیه و تدوین شود.

۹-۶-۱۰ وسایل و لوازم یدکی مورد نیاز باید طبق فهرست کارخانه سازنده و تایید مشاور حداقل برای مدت دو سال پیش‌بینی و تامین شود.

۹-۷ مشخصات فنی موتور دیزل

۹-۷-۱ موتور دیزل یا با سوخت گازی باید بر حسب مورد برابر مشخصات مندرج در استانداردهای زیر یا یکی از استانداردهای شناخته شده و معتبر بین‌المللی مشابه طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گیرد:

- اعلام قدرت، نوع سوخت و روغن مصرفی برابر استاندارد	BS ISO 3046-1
- مشخصات عملکرد برابر استاندارد	BS 5514
- کنترل سرعت برابر استاندارد	ISO 3046-4
- نوسانات پیچشی برابر استاندارد	ISO 3046-5
- حفاظت در برابر سرعت اضافی	ISO 3046-6
- مشخصات کاربری، ظرفیت و عملکرد اسمی	ISO 8528-1
- مشخصات مولد	ISO 8528-5

۹-۷-۲ قدرت موتوردیزل

قدرت الکتریکی خروجی لازم در محل کوپلینگ موتور دیزل (قدرت ترمز خالص برابر تعریف ISO 3046-1) باید با درنظرگرفتن قدرت مورد نیاز برای تغذیه بار پیش‌بینی شده، قدرت لازم برای دستگاه‌های مستقل فرعی ضرور (essential independent auxiliaries) و اتلاف انرژی در ژنراتور جریان متناوب پیش‌بینی شود.

علاوه بر قدرت لازم در شرایط ثابت بار (steady state)، تغییرات ناگهانی قدرت به علت بارهای اضافی همچون راه‌اندازی موتورهای برقی نیز در محاسبه قدرت لازم موتور دیزل باید در نظر گرفته شود. بدیهی است که این گونه تغییرات بار بر مشخصه‌های قدرت خروجی موتور دیزل و همچنین مشخصه‌های ولتاژ ژنراتور برق متناوب موثر است.

۹-۷-۳ سرعت موتور

۹-۷-۳-۱ انتخاب سیستم کنترل سرعت بر پایه عملکرد سرعت وضعیت ثابت و گذرای مورد نیاز تعیین می‌شود. سازنده مولد باید متناسب با شرایط کاربری سیستم کنترل مورد نیاز را انتخاب نماید. (استاندارد ISO 3046-4 شرایط عمومی و پارامترهای سیستم‌های کنترل سرعت را ارائه نموده است و استاندارد ISO 3046-6 شرایط عمومی برای حفاظت در برابر اضافه سرعت را تعیین نموده است)

۹-۷-۳-۲ **انواع گاورنر سرعت مولدها به شرح زیر است:**

الف) گاورنرتناسبی (proportional governor)-P

این نوع دستگاه سیگنال کنترل را متناسب با تغییر سرعت مرتبط با بار اصلاح می‌کند. تغییر میزان بار باعث تغییر سرعت ثابت موتور می‌شود.

ب) گاورنرتناسبی یکپارچه (proportional integral governor)- PI

این نوع تنظیم‌کننده، سیگنال کنترل را هنگامی که تغییر سرعت مرتبط با بار ایجاد می‌شود اصلاح نموده و مضافاً تغییر سرعت را نیز به صورت یکپارچه تصحیح می‌کند. در مواردی که از این نوع گاورنر استفاده می‌شود، معمولاً تغییر میزان بار باعث تغییر سرعت موتور نمی‌شود.

در مواردی که برای موازی نمودن مولدها از گاورنر نوع PI استفاده می‌شود، در صورتی که تمهیدات اضافی برای تنظیم بار در نظر گرفته نشود این نوع تنظیم‌کننده همانند گاورنر نوع P عمل می‌کند.

پ) گاورنرتناسبی یکپارچه تفاضلی(proportional integral differential governor)-PID

عبارت از یک گاورنر تناسبی یکپارچه‌ای است که سیگنال کنترل را متناسب با نرخ تغییر سرعت نیز اصلاح می‌کند. در صورت استفاده از این نوع گاورنر، معمولاً تغییر بار باعث تغییر سرعت موتور نمی‌شود.

در مواردی که برای موازی نمودن مولدها از گاورنر نوع PID استفاده می‌شود، در صورتی که تمهیدات اضافی برای تنظیم بار در نظر گرفته نشود این نوع تنظیم‌کننده همانند گاورنر نوع P نیز عمل می کند.

۹-۷-۴ موتور دیزل باید از نوع زمینی (stationary) چهارسیلندر یا بیشتر، از نوع V یا در یک ردیف با سوخت‌رسانی از نوع انژکتوری مستقیم و مجهز به گاورنر هیدرولیکی، مکانیکی، یا الکتریکی باشد.

۹-۷-۵ موتور باید با توجه به مشخصات زیر و شرایط محیطی مورد نظر قابل بهره‌برداری باشد:

۹-۷-۵-۱ **پارامترهای ثابت**

الف) اضافه بار: ۱۰ درصد برای یک ساعت در هر ۱۲ ساعت

ب) سرعت (حداکثر): ۱۵۰۰ دور در دقیقه

پ) متوسط فشار موثر:

(۱) در حالت طبیعی 85psi

(۲) در حالت سوپرشارژ 135-160psi

۹-۷-۵-۲ پارامترهای محیطی

عوامل محیطی زیر با توجه به شرایط محل نصب و بهره‌برداری دیزل-ژنراتور تعیین می‌شود:

الف) درجه حرارت محیط

ب) ارتفاع از سطح دریا

پ) رطوبت نسبی

ت) در مواردی که شرایط محیطی ویژه مانند گرد و خاک، آلاینده‌های شیمیایی، تشعشع، لرزش و تکان وجود دارد، موتور باید مجهز به حفاظت لازم برای شرایط مورد نظر باشد.

ث) در مواردی که سطح خطر زلزله «بالا» یا «متوسط» باشد، موتور باید در برابر لرزش‌های ناشی از زمین‌لرزه مقاوم باشد.

۹-۷-۶ سیستم راه‌انداز موتور مولدهای برق دائمی با بار سبک و کلیه مولدهای برق اضطراری باید مستقیماً از طریق باتری باشد.

۹-۷-۷ موتور باید مجهز به سیستم استارت الکتریکی ۲۴ ولت با ظرفیت کافی (حداقل سه استارت پشت سر هم و بدون شارژ) بوده و چرخ طیار در هر موقعیتی باشد بتوان موتور را روشن نمود.

۹-۷-۸ برای روشن نمودن موتور نباید احتیاج به تنظیم چرخ طیار و یا هر وسیله دیگر باشد.

۹-۷-۹ یک سری کامل از باتری‌های اسید – سرب با راک باتری مربوط و همچنین کابل‌های مورد نیاز با اندازه و طول کافی برای استفاده از باتری‌ها و کابلشوهای مربوط باید پیش‌بینی و تامین شود.

۹-۷-۱۰ یک دستگاه شارژکننده باتری اتوماتیک به صورت واحد جداگانه و مستقل، یا ساخته و نصب شده در داخل تابلوی کنترل باید تامین شود، به طوری که این شارژکننده با برق ۲۲۰ ولت عمل نموده و باتری‌های دستگاه را در مواقع خاموش بودن مولد از طریق برق شهر همواره در حالت شارژ باقی نگاه دارد.

۹-۷-۱۱ در موتورهایی که برای تحمل بار سنگین واحدهای دایمی در نظر گرفته می‌شود ممکن است به جای سیستم استارت الکتریکی از سیستم هوای فشرده استفاده گردد.

۹-۷-۱۲ دستگاه تولید هوای فشرده باید شامل شیر راه‌انداز، مخزن یا مخازن هوای فشرده، کمپرسور روی موتور و یک کمپرسور مستقل بنزینی یا الکتریکی جداگانه با ظرفیت کافی باشد.

۹-۷-۱۳ سیستم خنک‌کننده آب برای دستگاه‌های مولد برق با بار سبک باید از نوع رادیاتور و فن، که با تسمه پروانه کار می‌کند، و برای دستگاه‌های با بار سنگین باید از نوع مبدل حرارتی به انضمام لوله‌ها، و پمپ‌های مورد لزوم، انتخاب شود.

۹-۷-۱۴ رادیاتور یا مبدل حرارتی، باید از نوع پردوام بوده و دارای ظرفیت خنک‌کنندگی کافی برای ۱۰ درصد اضافه بار موتور در حرارت ۴۰ درجه سانتی‌گراد باشد.

۹-۷-۱۵ رادیاتور یا مبدل حرارتی مورد استفاده در مناطق گرمسیری باید از نوع مخصوص مناطق حاره بوده و برای کار در درجه حرارت محیطی ۵۰ درجه سانتی‌گراد ساخته شده باشد.

۹-۷-۱۶ در مواردی که نصب مولدهای برق در داخل ساختمان صورت می‌گیرد باید از امکان تهویه کافی به صورت طبیعی یا با ایجاد فشار هوا اطمینان حاصل شود. میزان هوای مورد نیاز برای خنک کردن سیستم رادیاتور و فن حدوداً ۸۰ الی ۱۳۵ مترمکعب در ساعت به ازای هر کیلووات ممکن است در نظر گرفته شود.

۹-۷-۱۷ سیستم هوای ورودی بایددارای فیلتر هوا از نوع خشک، که در ضمن تقلیل‌دهنده صدا نیز می‌باشد، بوده و به منظور حفاظت قسمت‌های مختلف موتور از گرد و خاک و غبار مستقیماً روی دریچه ورودی هوا روبروی رادیاتور نصب شود.

۹-۷-۱۸ سیستم روغن موتور باید در یک فشار ثابت و از پیش تعیین شده عمل کند و این امر به وسیله پمپ‌های روغن موتور و دریچه‌های مربوطه و وسایل فشار صورت پذیرد.

۹-۷-۱۹ سیستم روغن باید دارای حفاظت اتوماتیک باشد به گونه‌ای که در صورت افت فشار روغن از حد تعیین‌شده با اعلام خطر موتور را متوقف سازد.

۹-۷-۲۰ در سیستم روغن موتور باید خنک‌کننده روغن و فیلترهای روغن مناسب قابل تعویض پیش‌بینی شود.

۹-۷-۲۱ بدنه سیلندر و کارتر موتور باید از چدن درجه یک و ترجیحاً یک تکه ساخته، و به گونه‌ای طراحی شده باشد که از حداکثر استحکام و پایداری آن اطمینان حاصل شود. موتور، آلترناتور و مبدل حرارتی روغنی و کلیه ملحقات مربوطه باید بر روی یک پایه فولادی قرار گیرد. پایه باید به گونه‌ای مستحکم شده باشد که در هنگام کار دستگاه نیروی اضافی به خود دستگاه و دیگر قسمت‌ها منتقل نشود. سیلندرها باید از نوع بوشن‌دار قابل تعویض بوده و از بالا قابل خارج نمودن باشد. بوشن‌ها باید از نوع تراز جنس چدن اصل با اتصال فلز به فلز در قسمت بالا بوده و در انتهای آزاد آب‌بندی شود به نحوی که انبساط آزاد آن امکان‌پذیر باشد. برای جلوگیری از نشت آب موتور از قسمت بوشن سیلندر باید پیش‌بینی‌های لازم انجام شده باشد. درهای انفجار اتوماتیک باید فنری بوده و مجهز به محفظه مناسب باشد. در صورت انفجار داخلی، این درها باید فشار اضافی را آزاد نماید. برای دسترسی به کلیه قسمت‌های داخلی موتور باید پوشش‌های بزرگ برای بازبینی و بازرسی پیش‌بینی و تامین شود.

۹-۷-۲۲ هر سیلندر باید دارای سرسیلندر مجزا از جنس چدن بوده و مجهز به سوپاپ‌های ورودی، خروجی و اطمینان و فارسونکا باشد. سرسیلندرها باید دارای پوشش‌های قابل برداشت به منظور تمیزکردن مسیر آب از جرم‌ها و مواد ته‌نشین شده باشد.

۹-۷-۲۳ سوپاپ‌های ورودی و خروجی باید از آلیاژ فولاد بوده و آبکاری و سخت شده باشد. نشیمنگاه و گیت سوپاپ باید قابل تعویض بوده و در برابر حرارت و خراشیدگی مقاوم باشد. طرح محور و گیت سوپاپ باید طوری باشد که اگر چه چکشک و انگشتانه سوپاپ و غیره تحت فشار روغنکاری می‌شود ولی به هیچ وجه روغن به داخل سرسیلندر نشت نکند.

۹-۷-۲۴ میل‌لنگ باید از آلیاژ فولاد چکش‌کاری شده یکپارچه، با طرح مقاوم ساخته شده باشد و قسمت‌های سرمحور و لنگ آن باید نسبت به یاتاقان مربوطه با دقت و تولرانس کم تراشکاری شده باشد. میل‌لنگ همچنین باید از لحاظ استاتیکی و دینامیکی کاملاً بالانس باشد و ارتعاش طبیعی حاصل از پیچش باید کاملاً خارج محدوده سرعت موتور باشد.

۹-۷-۲۵ یاتاقان اصلی باید دارای پشت‌بند فولادی با سطح تمام شده صیقلی و از ماده کاملاً مقاوم در برابر خستگی و برای شرایط بهره‌برداری سخت طراحی شده باشد. یاتاقان اصلی باید به آسانی قابل تعویض بوده و برای کار مداوم و بدون اشکال ضمانت شود.

۹-۷-۲۶ پیستون باید از آلیاژ سبک یا از چدن فشرده بوده و دارای رینگ‌های احتراق، کمپرس و روغن باشد. گژن‌پین باید کاملاً در داخل بدنه پیستون قرار گرفته و به نحوی محکم شده باشد که جابجا نشود. شاتون باید از فولاد چکش‌کاری شده بوده و دارای یاتاقان‌های بزرگ همانند یاتاقان‌های اصلی همراه با بوش‌های کوچک از جنس فسفر و برنز و یا جنس مشابه با پشت‌بند فولادی باشد. کلیه پیستون‌ها و شاتون‌ها باید کاملاً میزان (بالانس) شده باشد. چنانچه قطعات مجموعه پیستون‌ها [1] کاملاً قابل جابه‌جایی با یکدیگر نباشد، برای سهولت شناسایی، هر کدام باید به درستی و روشنی علامت‌گذاری شده باشد.

۹-۷-۲۷ میل بادامک باید از جنس سخت و بادوام ساخته شده و به وسیله چرخ‌دنده به میل‌لنگ وصل، و برای سرویس یا تعویض به آسانی قابل برداشت باشد. برای تنظیم و فیلرگذاری سوپاپ و همزمان کردن پمپ [2] باید پیش‌بینی‌های لازم شده باشد.

۹-۸ تابلوی وسایل اندازه‌گیری موتور

۹-۸-۱ تابلوی وسایل اندازه‌گیری موتور باید در کنار موتور دیزل بر روی یک پایه، یا بر روی شاسی دیزل نصب شود.

۹-۸-۲ تابلو باید از نوع بسته بوده و از ورق فولادی با ضخامت ۲ میلی‌متر ساخته شده و وسایل سنجش به صورت توکار بر روی آن نصب شود.

۹-۸-۳ صفحه پشت تابلو باید قابل برداشت باشد تا دسترسی به وسایل داخل آن برای تعمیر و نگهداری به سهولت انجام شود.

۹-۸-۴ کلیه وسایل سنجش لازم باید در تابلو نصب شود. تابلو باید چنان طراحی شده باشد که سیم‌کشی وسایل ایمنی موتور و ژنراتور به آن و همچنین وسایل فرمان وسیگنال بین موتور و تابلو کنترل الکتریکی به آسانی امکان‌پذیر باشد.

۹-۸-۵ در مواردی که اتصال سیم‌ها به وسایل سنجش در تابلو به طور مناسبی مقدور نباشد باید جعبه تقسیمی برای این منظور تعبیه شده و کلیه اتصالات در آن انجام و سپس از آنجا به تابلو کنترل برده شود.

1-piston assemblies
2-timing

۹-۸-۶ وسایلی که باید بر روی تابلو موتور نصب شود به قرار زیر است لیکن هر نوع وسیله دیگری که برای نشان دادن وضعیت کار موتور لازم باشد و درفهرست زیر ذکر نشده است نیز باید تهیه و بر روی تابلو مزبور نصب شود:
فشارسنج روغن، حرارت‌سنج روغن، حرارت‌سنج آب ورودی به موتور، حرارت‌سنج آب خروجی از موتور، خلاءسنج محفظه میل‌لنگ، فشارسنج هوای ورودی به موتور، سرعت‌سنج موتور با پیش‌بینی‌هایی برای ارسال سیگنال به تابلو کنترل، حرارت‌سنج اگزوز موتور با سلکتور برای تعیین درجه حرارت خروجی از هر سیلندر و درجه حرارت ورودی و خروجی توربوشارژر و نیز پیش‌بینی‌هایی برای ارسال سیگنال به تابلو کنترل الکتریکی.

۹-۸-۷ سیگنال‌ها باید به دستگاه اعلام‌خطر و دستگاه قطع کار ماشین داده شود. وسایل سنجش سرعت و درجه حرارت اگزوست باید الکتریکی باشد ولی سایر وسایل ممکن است از نوع برقی و یا غیر از آن باشد.

۹-۸-۸ کلیه سیم‌کشی‌های وسایل ایمنی، سیگنال‌ها و غیره باید به وسیله کابل‌های قابل انعطاف از درون کمترین تعداد لوله‌های قابل انعطاف و مقاوم در برابر نشت آب و روغن، از واحدهای دیزل ژنراتور به تابلو وسایل اندازه‌گیری موتوریا جعبه تقسیم انتهایی وصل شود. سیم‌کشی باید کدگذاری و شماره‌گذاری شده و در هر دو انتها دارای ترمینال باشد.

۹-۹ سیستم اگزوست موتور و دودکش

۹-۹-۱ سیستم اگزوست موتور باید شامل لوله‌کشی و ایزولاسیون از موتور به خارج ساختمان بوده و دارای اتصالات قابل انعطاف، زانوها، لوله مستقیم، تقلیل‌دهنده‌های صدا، دریچه هوا و غیره باشد. در صورت لزوم برای کاهش صدای اگزوست موتور باید از چاه استفاده شود. لوله دودکش در داخل ساختمان باید کاملاً با مواد عایق مقاوم در برابر حرارت پوشانده شود.

۹-۹-۲ دودکش باید از لبه بام ساختمان محل استقرار آن بلندتر باشد به گونه‌ای که فاصله بین مرکز قاعده یک مخروط فرضی وارونه با محور قائم، که راس آن در نقطه خروج دود به فضای آزاد قرار دارد، و ساختمان‌های مجاور(اعم از مسکونی، تجاری یا عمومی) حداقل ۵۰ متر باشد. در صورت عدم تحقق شرط یاد شده ارتفاع دودکش باید تا حصول شرط فوق بلندتر در نظر گرفته شود.

۹-۱۰ سیستم سوخت

۹-۱۰-۱ شرایط عمومی

الف) نوع سوخت مورد مصرف موتور دیزل باید مطابق مشخصات گازوییل شرکت ملی نفت ایران باشد.

ب) مخازن سوخت باید برابر مقررات شرکت ملی نفت ایران و دیگر مقررات ایمنی طراحی و ساخته شود.

پ) در مناطق سردسیر به منظور جلوگیری از سخت شدن یا یخزدن گازوییل، سیستم سوخت باید مجهز به پیش‌گرم‌کن‌های الکتریکی باشد.

۹-۱۰-۲ منبع سوخت روزانه

الف) منبع سوخت روزانه باید دارای ظرفیت کافی برای حداقل ۸ ساعت کار دائم دستگاه در حالت بار کامل باشد.

ب) مخزن یاد شده باید کاملاً محصور شده و مجهز به وسایل اندازه‌گیری مانند وسیله اندازه‌گیری سطح مایع، لوله‌های اتصال به پمپ سوخت و نیز لوله‌های تهویه هوا و انتقال مایع باشد.

پ) در مسیر انتقال سوخت، قبل از پمپ سوخت موتور، باید صافی‌های مناسب وجود داشته باشد.

ت) پمپ‌های سوخت موتور که به وسیله موتور کار خواهد کرد باید در کلیه شرایط مشخص شده دستگاه قابل استفاده باشد.

ث) برای جلوگیری از تجمع فشار اضافی در داخل منبع، باید یک شیر تخلیه پیش‌بینی شود.

ج) منبع سوخت باید حتی‌الامکان در ارتفاع بالاتراز دستگاه موتور نصب شود.

۹-۱۰-۳ منبع سوخت ذخیره

الف) برای ذخیره سوخت باید یک منبع ذخیره با ظرفیت سوخت حداقل ۱۵ شبانه روز کار، با کلیه لوازم مربوطه مانند لوله و دریچه پرشدن، نشان دهنده سطح سوخت، لوله‌های تهویه به هوا و انتقال مایع و غیره پیش‌بینی شود.

ب) برای انتقال سوخت از منبع سوخت ذخیره به منبع روزانه علاوه بر پمپ برقی که به طور خودکار عمل می‌کند باید امکان استفاده از پمپ دستی نیز وجود داشته باشد.

پ) سطح خارجی منبع ذخیره باید برای نصب در داخل زمین به‌طور مناسب رنگ و حفاظت شود.

۹-۱۱ ژنراتور

۹-۱۱-۱ ژنراتور باید بر طبق مشخصات مندرج در استانداردهای BS EN 60034-22، BS 4999 Part 140، BS 5000 Part 11 وVDE 0530 ، BS 7698 Part 3 و ISO 8528-3 یا یکی از استانداردهای شناخته شده بین‌المللی مشابه طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گرفته باشد.

۹-۱۱-۲ ژنراتور باید به طور مستقیم یا قابل انعطاف به چرخ طیار موتور کوپله شده و برای کار با موتور دیزل که در بند ۹-۷ شرح داده شده است مناسب باشد.

۹-۱۱-۳ ژنراتور سه‌فاز دارای مشخصات زیر است:

قدرت خروجی اسمی	مطابق نقشه‌های تفضیلی
ضریب قدرت	۰/۸- تاخیر فاز
فرکانس	۵۰ سیکل در ثانیه
ولتاژ خروجی زیربار	۳۸۰/۲۲۰ ولت
حداکثردرجه حرارت محیط	۵۰ درجه سانتی‌گراد
حداکثردرجه حرارت ژنراتور	۴۰ درجه سانتی‌گراد
اضافه‌بار	۱۰ درجه برای یک ساعت در هر ۱۲ ساعت کار دستگاه
حداکثر مقدار هارمونیک	۵ درصد
فاصله زمانی اتصال کوتاه	۳ ثانیه

۹-۱۱-۴ ژنراتور باید از نوع بدون ذغال بوده و با تحریک‌کننده اتوماتیک و ضد پارازیت رادیویی و ضد رطوبت و گرد و غبار مجهز باشد.

۹-۱۱-۵ ژنراتور باید مجهز به رگولاتور ولتاژ تمام اتوماتیک با تنظیم ولتاژ ۲/۵± درصد از حالت بدون بار تا بار کامل و دارای رگولاتور دستی با تنظیم ولتاژ ۵٪± و در مواقع لزوم با ظرفیت استارت ۱/۵ برابر جریان نامی باشد.

۹-۱۱-۶ ژنراتور باید جریان بار کامل را به طور مداوم و تحت ولتاژ نامی و فرکانس نامی تامین نماید. ایزولاسیون روتور باید از نوع کلاس F و ایزولاسیون استاتور از نوع کلاس B باشد.

۹-۱۱-۷ سیم خنثی در ژنراتور باید مستقیماً به سیم اتصال زمین در تابلو کنترل متصل شود.

۹-۱۱-۸ ژنراتور باید در سرعت ۱۲۵ درصد سرعت نامی دارای کارکرد مطمئن و ایمن باشد.

۹-۱۱-۹ ژنراتور باید مجهز به امکانات لازم حفاظتی زیر باشد:

- حفاظت در برابر اضافه بار و اتصال کوتاه
- حفاظت در برابر اضافه جریان راه‌اندازی
- حفاظت در برابر سرعت کم(under speed)
- حفاظت در برابر قدرت معکوس (موازی کردن مولدها)
- حفاظت در برابر اضافه یا کسر ولتاژ و فرکانس (تغذیه دستگاه‌های خاص)
- حفاظت لوازم اندازه‌گیری
- حفاظت در برابر جریان خطای زمین

۹-۱۲ تابلو کنترل الکتریکی

۹-۱۲-۱ تابلو کنترل الکتریکی باید قابلیت راه‌اندازی کامل اتوماتیک سیستم دیزل– ژنراتور را در هنگام قطع برق اصلی و قطع آن در زمان بازگشت برق اصلی و نیز آماده به کار نگاه‌داشتن آن برای راه‌اندازی مجدد دارا باشد. تابلو مزبور همچنین باید امکان قطع و وصل دستی دیزل– ژنراتور را نیز در اختیار قرار دهد. دیزل– ژنراتور باید قبل از اتصال به بار به ولتاژ و سرعت مناسب رسیده باشد.

۹-۱۲-۲ مشخصات کنتاکتورهای مورد استفاده در تابلوی کنترل الکتریکی باید بر اساس استاندارد IEC 60947-4-1 2001 و یا یکی از استانداردهای معتبر بین‌المللی مشابه طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گرفته باشد.

۹-۱۲-۳ تابلوی کنترل الکتریکی باید از ورق فولادی ساخته شده و از نوع بسته و ایستاده بوده و به نحوی طراحی شده باشد که از دو طرف با تابلوهای مشابه قابل توسعه باشد.

۹-۱۲-۴ تابلو به طور معمول باید مجهز به وسایل زیر باشد:

الف) شمش مسی ممتد برای جریان مورد نیاز با توجه به ضوابط مندرج در فصل پنجم

ب) کلید اتوماتیک هوایی مجهز به رله‌های حرارتی بار اضافی و رله‌های مغناطیسی اتصال کوتاه

پ) دستگاه‌ها و ابزار اندازه‌گیری و ثبت مقادیر برای مولد برق بر حسب نیاز، مانند ترانسفورماتور جریان، آمپرمتر، ولت‌متر، کیلووات متر،دستگاه سنجش ضریب قدرت و فرکانس‌سنج، کلید سلکتور ولت‌متر و آمپر، و چراغ‌های سیگنال.

ت) تنظیم‌کننده ولتاژ رئوستای دستی و اتوماتیک

ث) دستگاه‌های اندازه‌گیری برای تحریک‌کننده بر حسب نیاز

ج) جعبه‌های انتهایی برای کابل‌های اصلی و فرمان

چ) شارژکننده باطری و آمپرمتر در صورت لزوم و نیز سیستم اعلام‌خطر

ح) سیم‌کشی و کلیدهای مورد نیاز برای موازی کردن دستگاه‌های مولد برق

۹-۱۳ مشخصات فنی اضافی برای مولدهای برق اضطراری

۹-۱۳-۱ موتور باید مجهز به گرمکن اتوماتیک برای گرم‌کردن آب درون سیلندرهای موتور تا حداقل ۶۰ درجه سانتی‌گراد و یا در مورد مجموعه دیزل‌های بزرگ، گرم‌کن روغنی با گردش روغن گرم تحت فشار باشد.

۹-۱۳-۲ سیستم راه‌اندازی مورد استفاده برای مولدهای برق اضطراری باید از نوع خودکار باشد ولی امکان راه‌اندازی دستی نیز برای موارد لزوم و یا هنگام آزمایش سیستم باید پیش‌بینی شود.

۹-۱۳-۳ به منظور پیشگیری از شروع به کار نابهنگام مولد برق اضطراری به طور اتوماتیک در مواقعی که برق اصلی (برق‌شهر) دایر می‌باشد باید یک سیستم حفاظتی که مانع عملکرد ترانسفر سوییچ در این‌گونه موارد شود در تابلو پیش‌بینی و نصب گردد.

۹-۱۳-۴ تابلوی کنترل که شامل ترانسفر سوییچ و راه‌انداز اتوماتیک برای مولد برق اضطراری خواهد بود، باید در صورت روشن نشدن دستگاه مرحله استارت را سه بار تکرار و سپس به کلی متوقف و سیستم اعلام خطر را به کار اندازد.

۹-۱۳-۵ سیستم استارت اتوماتیک باید در صورت قطع جریان برق اصلی با تاخیر زمان عمل کرده و پس از روشن‌شدن دستگاه در هر مرحله عمل استارت زدن را قطع کند.

۹-۱۳-۶ رله کنترل فاز دستگاه باید به طریقی عمل کند که در موقع قطع جریان برق شهر یا قطع هر یک از فازها و یا ضعیف‌شدن فازها به اندازه کمتر از ۸۵ درصد ولتاژ نامی، دستگاه را در مدت ۳ الی ۱۰ ثانیه به کار انداخته و خط اصلی را از مدار خارج کند.

۹-۱۳-۷ رله کنترل ولتاژ باید پس از برگشت نیروی برق اصلی به میزان حداقل ۹۰٪ ولتاژ نامی یا بیشتر عمل کرده و مدار مصرف را پس از ۳ تا ۱۵ دقیقه تاخیر زمانی (قابل تنظیم) به برق اصلی (برق شهر) منتقل کند. دیزل ژنراتور پس از انتقال بار به برق شهر باید برای مدت ۵ الی ۱۰ دقیقه بدون بار به کار ادامه داده و سپس به طور خودکار خاموش و برای شروع به کار مجدد در صورت قطع جریان برق اصلی آماده شود.

۹-۱۴ دستگاه سنکرونیزاسیون (همزمانی)

۹-۱۴-۱ برای اتصال مولدهای برق با یکدیگر به صورت موازی باید از دستگاه سنکرونیزاسیون (همزمانی) استفاده شود. این دستگاه شامل دو عدد ولت‌متر، فرکانس‌سنج دوبل، سنکرونوسکوپ و دو عدد لامپ سنکرونیزاسیون می‌باشد که باید طبق نقشه‌های مربوط سیم‌کشی و نصب شود.

۹-۱۵ اصول و روش‌های نصب

۹-۱۵-۱ محل استقرار مولدهای برق باید حتی‌المقدور در نزدیکی مرکز بار انتخاب شود. مولدهای برق اضطراری باید در جوار سیستم برق عادی (ساختمان پست برق فشار متوسط)، در اتاق مجزا از سایر قسمت‌های پست مزبور نصب شود.

۹-۱۵-۲ محل نصب نیروگاه باید به گونه‌ای انتخاب شود که از نظر ایجاد لرزش، دود و سر و صدا هیچ‌گونه اثر نامطلوبی بر سایر فعالیت‌های محل و محیط اطراف آن نداشته باشد.

۹-۱۵-۳ به طور کلی فونداسیون مولدهای برق باید مستقل از پی ساختمان و مجهز به لرزه‌گیرهای مناسب محل استقرار باشد و آسیبی به پی‌های بنا نرساند.

۹-۱۵-۴ در مواردی که مولدهای برق با قدرت کمتر از ۱۵۰ کیلووات مورد استفاده قرار می‌گیرد باید بر طبق نقشه‌های تفضیلی کارخانه سازنده از فونداسیون یک لایه (و یا دو لایه) استفاده شود.

۹-۱۵-۵ در مواردی که مولدهای برق با قدرت ۱۵۰ کیلووات و بیشتر به کار می‌رود باید بر اساس نقشه‌های تفضیلی کارخانه سازنده از فونداسیون دو لایه استفاده شود. به عبارت دیگر، در این‌گونه موارد باید ابتدا اطراف فونداسیون اصلی، که مولد بر روی آن قرار می‌گیرد، کانالی به عرض ۵ سانتی‌متر و عمق ۲۵ تا ۷۵ سانتی‌متر (بر حسب قدرت مولد) ایجاد و سپس فونداسیون دوم با عرض مناسبی ریخته شود.

۹-۱۵-۶ مولدهای برق باید در محل‌های خشک و بدون رطوبت به گونه‌ای نصب شود که تهیه هوای کافی برای کارکردن و تعمیر دستگاه وجود داشته باشد.

۹-۱۵-۷ شرایط محل نصب مولدهای برق از نظر وجود و تجمع گرد و غبار باید مورد توجه و بررسی قرار گیرد تا موجب اختلال در کار موتور و ژنراتور نشود (به بند ۹-۷-۱۷ نیز رجوع شود).

۹-۱۵-۸ در اطراف محل نصب مولدهای برق باید فضای کافی برای دسترسی به لوازم و تجهیزات مربوط به موتور و ژنراتور و انجام تعمیرات لازم پیش‌بینی شود.

۹-۱۵-۹ در محل نصب مولدهای برق باید جرثقیل سرویس متناسب با واحدهای نیروگاه پیش‌بینی و نصب شود. تجهیزات نیروگاه باید به سهولت قابل جابجایی باشد.

۹-۱۵-۱۰ انتخاب محل نصب مخزن سوخت ذخیره باید با توجه به راههای ارتباطی تانکر سوخت‌رسانی و اتصالات لازم بین نیروگاه و منبع مذکور انجام شود.

۹-۱۵-۱۱ برای اطلاع از جزییات تیپ نصب مولدهای برق اضطراری یا دائمی به فصل هفتم از نشریه شماره ۳۹۳ با عنوان «نقشه‌های جزییات اجرایی تیپ تاسیسات الکتریکی ساختمان» نگاه کنید.

۹-۱۵-۱۲ یک نمونه شماتیک از موازی نمودن مولدهای برق اضطراری با برق اصلی شهر همراه با تابلوهای توزیع لازم، ترانسفرسوییچ‌های برق اضطراری و تغذیه تجهیزات، و دستگاه کنترل سیستم در شکل ۹-۱ ارائه شده است.

۹-۱۶ آزمون دستگاه‌ها

۹-۱۶-۱ دستگاه کامل مولد برق باید تحت شرایط ارائه شده توسط کارخانه سازنده در حضور مراجع رسمی مورد آزمون قرار گرفته و گواهی لازم صادر و ضمیمه دستگاه به خرید ارایه شود.

۹-۱۶-۲ دستگاه مولد پس از نصب در محل نیز باید حداقل برای مدت ۴۸ ساعت زیر بار کامل در حضور دستگاه نظارت مورد آزمون قرار گرفته و سپس گواهی لازم صادر شود.

۹-۱۶-۳ کلیه وسایل راه‌اندازی و آزمون در محل نصب باید از طرف پیمانکار تهیه و تامین شود.

۹-۱۶-۴ آزمون‌های پذیرش مولدهای برق اضطراری یا دائمی شامل آزمون‌های کارخانه‌ای و آزمون‌های پس از نصب باید بر اساس ضوابط مندرج در استانداردهای ISO 8528 (قسمت‌های اول تا پنجم) صورت گیرد. آزمون‌های کارخانه‌ای باید برابر بندهای 6.6.4 از استاندارد ISO 8528-6 در کارخانه انجام شود. آزمون‌های پس از نصب بر حسب نوع کاربری متفاوت است لیکن فهرست موارد کنترلی و اندازه‌گیری متداول آن به شرح زیر است:

۹-۱۶-۴-۱ موارد کنترلی

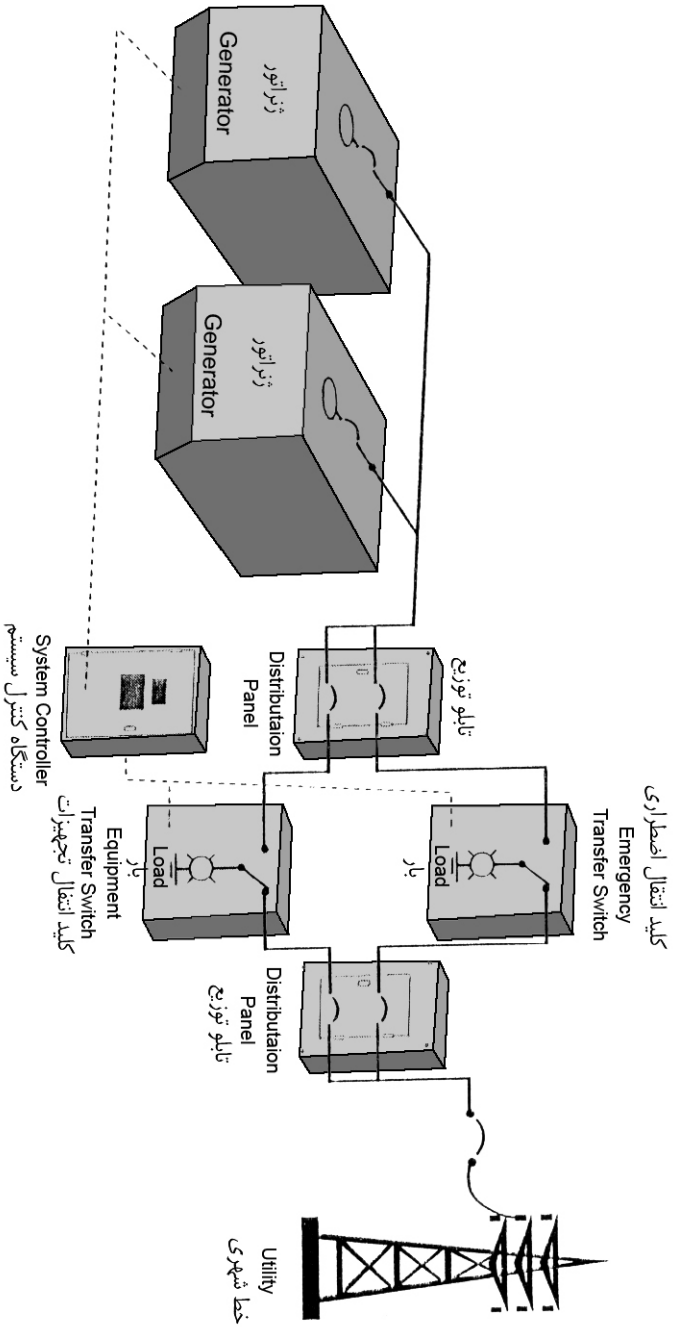
- کنترل کامل بودن اقلام مورد آزمون
- کنترل هم‌ترازی دستگاه
- آزمون عملکرد دستگاه‌های فرعی
- بررسی استحکام اتصالات و اجزای لوله‌کشی
- حفاظت در برابر تماس تصادفی (الکتریکی و مکانیکی)
- بررسی وظایف کنترلی وعملکردی
- بررسی ارتعاشی
- بررسی نوفه غیرعادی در هنگام کار مولد
- بررسی افزایش درجه حرارت اجزای مهم
- بررسی عملکرد کلیدزنی
- بررسی تناسب دستگاه برای موازی‌کردن

۹-۱۶-۴-۲ موارد اندازه‌گیری

- اندازه‌گیری ولتاژ، جریان و فرکانس در وضعیت ثابت
- اندازه‌گیری حدود تنظیم ولتاژ
- اندازه‌گیری حدود تنظیم فرکانس
- اندازه‌گیری قدرت موثر یا ضریب قدرت
- اندازه‌گیری باند فرکانس وضعیت ثابت
- اندازه‌گیری نرخ تغییر تنظیم ولتاژ
- اندازه‌گیری نرخ تغییر تنظیم فرکانس
- چگونگی راه‌اندازی
- عملکرد وسیله حفاظت الکتریکی

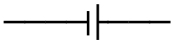
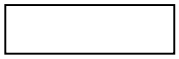
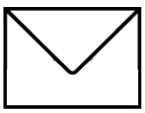
۹-۱۷ نشانه‌های ترسیمی الکتریکی

نشانه‌های ترسیمی الکتریکی مولدهای برق درجدول ۹-۲ ارائه شده است.



شکل ۹-۱: نمونه شماتیک موازی نمودن مولدهای برق اضطراری با برق اصلی شهر

جدول ۹-۲: نشانه‌های الکتریکی مولدهای برق

شرح	سمبل الکتریکی
مولد جریان متناوب مشخصات لازم: قدرت ولتاژ طرزاتصال فرکانس ضریب قدرت دوردردقیقه مثال:	 ۷۵۰Kw ۴۰۰/۲۳۰v Y ۵۰Hz ۰/۸ ۱۵۰۰ rpm
موتور (به طور کلی)	
دینامو (مولد جریان دایم)	
باتری (آکومولاتور)	
تابلوکنترل	
راه‌انداز (استارتی)	

پیوست ۱

جدول ۹-۳: رقم اول مشخصه IP برای حفاظت اشخاص و نیز حفاظت قسمت‌های ماشین در داخل دستگاه(IEC 60034-5)

رقم اول مشخصه	شرح مختصر (۱)	تعریف IEC
۰	ماشین بدون حفاظت	هیچ‌گونه حفاظت ویژه‌ای وجود ندارد.
۱ (۲)	ماشین در برابر اجسام جامد خارجی با قطر بیش از ۵۰ میلی‌متر حفاظت دارد.	دارای حفاظت در برابر تماس تصادفی یا نزدیک‌شدن اعضای بدن انسان مانند دست (ولی بدون حفاظت در برابر دسترسی عمدی) و اجسام جامد خارجی با قطر بیش از ۵۰ میلی‌متر با قسمت‌های برق‌دار یا متحرک در داخل بدنه دستگاه.
۲ (۲)	ماشین در برابر اجسام جامد خارجی با قطر بیش از ۱۲ میلی‌متر حفاظت دارد.	دارای حفاظت در برابر نزدیک‌شدن انگشتان یا سایر اجسام مشابه که طول آن از ۸۰ میلی‌متر تجاوز نکند و اجزای اجسام جامد با قطر بیش از ۱۲ میلی‌متر با قسمت‌های برق‌دار یا متحرک در داخل بدنه دستگاه
۳ (۲)	ماشین در برابر اجسام جامد خارجی با قطر بیش از ۲/۵ میلی‌متر حفاظت دارد.	دارای حفاظت در برابر تماس یا نزدیک‌شدن ابزار یا سیم‌ها با قطر بیش از ۲/۵ میلی‌متر با قسمت‌های برق‌دار یا متحرک در داخل بدنه دستگاه.
۴ (۲)	ماشین در برابر اجسام جامد با قطر بیش از یک میلی‌متر حفاظت دارد.	دارای حفاظت در برابر تماس یا نزدیک‌شدن سیم‌ها یا نوارهایی به قطر بیش از یک میلی‌متر و اجزای اجسام جامد با قطر بیش از یک میلی‌متر با قسمت‌های برق‌دار یا متحرک در داخل بدنه دستگاه.
۵ (۳)	ماشین در برابر گرد و خاک حفاظت دارد.	از ورود گرد و خاک به طور کامل جلوگیری نمی‌شود ولی گرد و خاک نیز به مقداری که برای اختلال در کار رضایت‌بخش ماشین کافی باشد وارد دستگاه نخواهد شد.
۶	کاملاً بسته در برابر گرد و غبار	از ورود گرد و غبار به طور کامل جلوگیری می‌شود.

۱- شرح ارائه شده در ستون دوم این جدول نباید برای مشخص نمودن نوع حفاظت استفاده شود.

۲- ماشین‌هایی که رقم اول مشخصه آن دارای شماره‌های ۱، ۲، ۳ یا ۴ می‌باشد، اشیاء منظم یا غیرمنظمی که ابعاد سه‌گانه عمود بر هم آن از رقم تعیین شده در جدول متجاوز باشد را شامل نمی‌شود.

۳- درجه حفاظت تعیین شده در برابر گرد و خاک در این استاندارد کلی است. هنگامی که نوع گرد و خاک (ابعاد ذرات، ماهیت آن مانند فیبری) مشخص شود، شرایط آزمون باید با توافق سازنده و مصرف‌کننده تعیین شود.

پیوست ۱

جدول ۹-۴: رقم دوم مشخصه IP برای حفاظت در برابر اثرات زیان‌آور نفوذ آب به ماشین‌های دوار(IEC 60034-5)

رقم دوم مشخصه	شرح مختصر(۱)	تعریف IEC
۰	ماشین بدون حفاظت	هیچ‌گونه حفاظت ویژه‌ای وجود ندارد.
۱	ماشین در برابر قطرات آب حفاظت دارد.	قطرات آب که به طور عمودی بر روی ماشین فرو می‌افتد هیچ‌گونه اثر زیان‌باری نخواهد داشت.
۲	ماشین با انحراف حداکثر ۱۵ درجه در برابر قطرات آب حفاظت دارد.	قطرات عمودی آب بر روی ماشینی که حداکثر ۱۵ درجه نسبت به وضعیت عادی آن منحرف شده باشد، هیچ‌گونه اثر زیان‌باری نخواهد داشت.
۳	ماشین در برابر افشاندن آب (spraying) حفاظت دارد.	قطرات آب که به صورت افشان و با زاویه حداکثر ۶۰ درجه نسبت به خط قائم بر روی دستگاه فرود آید اثر زیان‌آوری نخواهد داشت.
۴	ماشین در برابر پاشیده شدن آب حفاظت دارد.	آبی که از هر جهت بر روی ماشین پاشیده شود هیچ‌گونه اثر سویی بر آن نخواهد داشت.
۵	ماشین در برابر فوران آب با فشار حفاظت دارد.	فوران آب از هر نوزل و از هرجهت هیچ‌گونه اثر زیان‌آور بر روی ماشین نخواهد داشت.
۶	ماشین در برابر دریاهای طوفانی حفاظت دارد.	آب دریاهای طوفانی یا آب فواره‌های قوی و با فشار، به طوری که اثر سوء بر دستگاه باقی گذارد، وارد آن نخواهد شد.
۷	ماشین در برابر فرورفتن در آب حفاظت دارد.	اگر ماشین در شرایط مشخصی از فشار و زمان در آب فرو رود آب به صورت زیان‌آور وارد ماشین نخواهد شد.
۸	ماشین در برابر فرورفتن دائم در آب حفاظت دارد.	ماشین برای فرورفتن دائم در آب در شرایطی که به وسیله سازنده مشخص می‌شود مناسب است.(۲)

۱- شرح ارائه شده در ستون دوم این جدول نباید برای مشخص نمودن نوع حفاظت استفاده شود.

۲- معمولاً این بدان معنی است که ماشین به صورت غیرقابل نفوذ بسته است. هر چند، در برخی انواع ماشین‌ها می‌تواند بدان معنی باشد که آب فقط ممکن است به گونه‌ای وارد دستگاه شود که زیان‌آور نباشد.

فصل ۱۰

ترانسفورماتورهای قدرت فشار متوسط

مشخصات فنی عمومی و اجرایی

تأسیسات برقی ساختمان

نشریه ۱-۱۱۰ (تجدید نظر دوم)

۱۰ ترانسفورماتورهای قدرت فشار متوسط

فهرست

شناسه	عنوان	صفحه
۱۰-۱	دامنه پوشش	۱ از ۱۸
۱۰-۲	تعاریف و اصطلاحات	۱ از ۱۸
۱۰-۳	تعاریف	۱ از ۱۸
۱۰-٤	انواع و موارد کاربرد	۳ از ۱۸
۱۰-۵	استاندارد و مشخصات فنی ترانسفورماتورها	٤ از ۱۸
۱۰-۶	آزمون‌های ترانسفورماتورهای قدرت	۹ از ۱۸
۱۰-۷	اصول و روش‌های نصب ترانسفورماتور	۱۰ از ۱۸
۱۰-۸	محافظت ترانسفورماتور در برابر ازدیاد جریان	۱۷ از ۱۸
۱۰-۹	نشانه‌های ترسیمی الکتریکی	۱۸ از ۱۸

۱-۱۰ دامنه پوشش

در این بخش ضوابط، استانداردها و معیارهای فنی عمومی و اجرایی ترانسفورماتورهای قدرت در سطوح ولتاژ ۱۱، ۲۰ و ۳۳ کیلوولت ارایه شده است.

۲-۱۰ کلیات

۱-۲-۱۰ در سیستم‌های انتقال و توزیع نیروی برق به منظور به حداقل رساندن مقدار تلفات توان از ترانسفورماتورهای فشار قوی و فشار متوسط افزاینده و کاهنده استفاده می‌شود.

۲-۲-۱۰ در سیستم برق سه‌فاز برای افزایش ولتاژ عموماً از ترانسفورماتور افزاینده باسیم‌پیچ ثانوی اتصال مثلثی و برای کاهش ولتاژ از ترانسفورماتور کاهنده با سیم‌پیچ ثانوی اتصال ستاره یا زیگزاگ استفاده می‌شود.

۳-۲-۱۰ در مواردی که تامین برق ساختمان یا مجموعه مورد نظر با توجه به میزان برق مورد نیاز با استفاده از شبکه برق فشار متوسط و با احداث پست ترانسفورماتور در داخل ساختمان یا محوطه آن صورت می‌گیرد، ساختمان و تجهیزات پست باید مطابق مقررات و استانداردهای مورد قبول شرکت برق منطقه‌ای مربوط و ضوابط مندرج در این بخش طراحی و اجرا شود.

۳-۱۰ تعاریف

واژه‌ها و اصطلاحات مورد استفاده در این بخش دارای تعاریف زیر خواهد بود:

۱-۳-۱۰ ترانسفورماتور

ترانسفورماتور دستگاه ساکنی است که با القای مغناطیسی بین دو یا چند سیم‌پیچ، ولتاژ و جریان الکتریکی متناوب را به ولتاژ و جریان الکتریکی با همان فرکانس و معمولاً با مقادیر دیگر تبدیل می‌کند.

۲-۳-۱۰ ترانسفورماتور خشک

ترانسفورماتور نوع خشک، ترانسفورماتوری است که هسته و سیم‌پیچ‌های آن در عایق مایع قرار ندارد.

۳-۳-۱۰ ترانسفورماتور روغنی

ترانسفورماتور نوع روغنی، ترانسفورماتوری است که هسته و سیم‌پیچ‌های آن در روغن قرار دارد.

۴-۳-۱۰ ترانسفورماتور قدرت

مبدلی است که توان مورد نیاز مصرف‌کننده را در سطح ولتاژ مشخص بدون تغییر در فرکانس سیستم تامین می‌کند.

۵-۳-۱۰ ترانسفورماتور ولتاژ

ترانسفورماتور تبدیل ولتاژی که در سیستم فشار متوسط اغلب برای تامین ولتاژ ورودی دستگاه‌های اندازه‌گیری به منظور سنجش توان مصرفی مصرف‌کنندگان سنگین استفاده می‌شود.

۱۰-۳-۶ ترانسفورماتور اندازه‌گیری

ترانسفورماتوری است که جهت تامین سیگنال ورودی تجهیزات انـدازه‌گیـری مثـل کنتورهـا و وسـایل مشـابه مـورد استفاده قرار می‌گیرد و به دو نوع ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری جریان (current transformer) و اندازه‌گیری ولتـاژ (potential transformer) تقسیم می‌شود.

۱۰-۳-۷ اتوترانسفورماتور

ترانسفورماتوری است که در آن دو سیم‌پیچی اولیه و ثانویه حداقل در یک قسمت مشترک هستند.

۱۰-۳-۸ پست

مجموعه‌ای از تجهیزات قدرت شامل کلیدها، ترانسفورماتورها، ادوات حفاظتی، اندازه‌گیری و... مـی‌باشـد کـه وظیفـه انتقال و یا تبدیل انرژی الکتریکی را به عهده دارد.

۱۰-۳-۹ پست هوایی

پست‌هایی است که تجهیزات آن در هوای باز و بر روی پایه نصب می‌شود.

۱۰-۳-۱۰ نشانه گروه اتصال

یک علامت قراردادی است که اتصال‌های سیم‌پیچ‌های فشار قوی، فشار متوسط و فشار ضعیف و جابجایی فـاز آن را نسبت به یکدیگر بر حسب اعداد صفحه ساعت بیان می‌کند.

۱۰-۳-۱۱ نشانه‌های شناسایی و روش خنک‌کردن ترانسفورماتور

نشانه‌های شناسایی و روش خنـک‌کـردن ترانسـفورماتور بـا اسـتفاده از حـروف اختصـاری لاتـین شـامل نـوع مـاده خنک‌کننده و سیستم گردش آن و همچنین ترتیب حروف مزبور (از چپ بـه راسـت) در جـدول شـماره ۱۰-۱، برابـر استاندارد ۲۶۲۱ ایران یا IEC 60076-2 ارایه شده است.

جدول ۱۰-۱: حروف اختصاری مورد استفاده در نمایش سیستم خنک‌کننده

حرف اول (محیط خنک‌کننده مجاورسیم‌پیچ)	حرف دوم (مکانیزم چرخش ماده خنک‌کننده داخلی)	حرف سوم (محیط خنک‌کننده خارجی)	حرف چهارم (مکانیزم چرخش ماده خنک‌کننده خارجی)
O (روغن معدنی یا هر مایع عایقی با نقطه اشتعال کمتر از ۳۰۰ °C)	**N** (چرخش طبیعی)	**A** (هوا)	**N** (چرخش طبیعی)
K (مایع عایقی با نقطه اشتعال بزرگتر از ۳۰۰ °C)	**F** (چرخش اجباری، مقدار روغن در حال چرخش با توجه به مقدار بار تغییر می‌کند)	**W** (آب)	**F** (چرخش اجباری با فن یا پمپ)
L (هرعایقی که نقطعه اشتعال آن مشخص نباشد)	**D** (چرخش اجباری جهت داده شده، مقدار روغن در حال چرخش فقط به ظرفیت پمپ روغن بستگی دارد و با بار ترانسفورماتور تغییر نمی‌کند.)	-	-

۱۰-۳-۱۲ تپ چنجر (tap changer)
وسیله‌ای که برای تغییر نسبت ولتاژهای ورودی و خروجی یک ترانسفورماتور در تعداد گام‌های معین به کار می‌رود.

۱۰-۳-۱۳ نسبت تبدیل واقعی
نسبت ولتاژ واقعی اولیه ترانسفورماتور به ولتاژ واقعی ثانویه ترانسفورماتور را گویند.
نکته:در ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری جریان، این نسبت به صورت نسبت جریان واقعی اولیه به جریان واقعی ثانویه تعریف می‌شود.

۱۰-۳-۱۴ نسبت تبدیل نامی
نسبت تبدیل ولتاژ نامی اولیه به ولتاژ نامی ثانویه را گویند.
نکته: در یک ترانس اندازه‌گیری جریان به نسبت جریان نامی اولیه به جریان نامی ثانویه اطلاق می‌شود.

۱۰-۴ انواع و موارد کاربرد

ترانسفورماتورهای قدرت را از نظر نوع ساخت و موارد استفاده ممکن است به انواع زیر تقسیم‌بندی کرد:

۱۰-۴-۱ انواع ترانسفورماتور با توجه به نوع سیم‌پیچی

ترانسفورماتورها از نقطه‌نظر نوع سیم‌پیچی و موارد کاربری به انواع زیر قابل طبقه‌بندی است:

۱۰-۴-۱-۱ اتوترانسفورماتور: قابل استفاده در مواردی که نسبت تبدیل کوچکتر از ۲ باشد.

۱۰-۴-۱-۲ ترانسفورماتور بوستر: قابل کاربری در موارد خاص

۱۰-۴-۱-۳ ترانسفورماتور سیم‌پیچ جدا: برای توزیع استفاده می‌شود و به دو صورت دو سیم‌پیچه و سه‌فاز ساخته می‌شود.

۱۰-۴-۲ انواع ترانسفورماتور با توجه به نوع عایق‌بندی

ترانسفورماتورها از نقطه‌نظر نوع عایق‌بندی به سه گروه به شرح زیر تقسیم‌بندی می‌شود:

۱۰-۴-۲-۱ ترانسفورماتورهای روغنی: در این گونه ترانسفورماتورها، که اغلب در شبکه توزیع مورد استفاده قرار می‌گیرد، هسته و سیم‌پیچ در داخل روغن با پایه نفتانیک و یا پارافینیک (روغن معدنی) قرار داده می‌شود. روغن ضمن آغشته کردن کاغذ پیچیده شده دور سیم‌پیچ‌ها و تامین خاصیت عایقی آنها، عایق‌بندی بین سیم‌پیچ‌ها و همچنین سیم‌پیچ و بدنه را تامین کرده و علاوه بر آن سیستم را خنک می‌کند.

۱۰-۴-۲-۲ ترانسفورماتورهای خشک: این نوع ترانسفورماتورها نیز که در شبکه توزیع استفاده می‌شود، به وسیله رزین عایق‌بندی شده و به وسیله هوا خنک می‌گردد و عموماً به صورت باز ساخته شده و مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد.

۱۰-۴-۲-۳ ترانسفورماتورهای گازی: در این‌گونه ترانسفورماتورها از گاز SF_6 برای عایق‌بندی و خنک‌کردن استفاده می‌شود. از مزایای عمده این نوع ترانسفورماتورها در مقایسه با انواع روغنی می‌توان به مقاومت آن در برابر آتش‌سوزی، حجم و وزن کمتر، نصب و راه‌اندازی آسانتر و صدای کمتر اشاره نمود، و از معایب آن نیز باید قابلیت هدایت حرارتی کم گاز

SF_6 در مقایسه با روغن، نیاز به افزایش فشار گاز برای دستیابی به قدرت عایقی خوب، تجزیه گاز SF_6 در اثر جرقه و ایجاد ترکیبات سمی و از همه مهمتر افزایش قیمت تمام‌شده آن را باید نام برد.

۱۰-۴-۳ انواع ترانسفورماتورها با توجه به محل نصب

ترانسفورماتورها را ممکن است بسته به آن که در محیط باز یا بسته مورد استفاده قرارداد به دو نوع درونی و بیرونی طبقه‌بندی نمود.

۱۰-۵ استاندارد و مشخصات فنی ترانسفورماتورها

۱۰-۵-۱ ترانسفورماتورهای قدرت هوایی و زمینی مورد استفاده در پست‌های توزیع برق باید برابر جدیدترین اصلاحیه استانداردهای موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران یا یکی از استانداردهای شناخته شده ومعتبر جهانی مانند کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)، BS یا VDE به شرح زیر طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گیرد:

- ترانسفورماتورهای قدرت – کلیات — ISIRI 2620 یا IEC 60076-1
- ترانسفورماتورهای قدرت – افزایش دما — ISIRI 2621 یا IEC 60076-2
- ترانسفورماتورهای قدرت – سطح‌های عایق‌بندی و آزمون‌های دی‌الکتریک — ISIRI 2622 یا IEC 60076-3
- ترانسفورماتورهای قدرت – انشعابات و اتصالات — ISIRI 2623
- ترانسفورماتورهای قدرت – استقامت در برابر اتصال کوتاه — ISIRI 2624 یا IEC 60076-5
- ترانسفورماتورهای قدرت – راهنمای آزمون ضربه صاعقه و ضربه کلیدزنی — IEC 60076-4
- ترانسفورماتورهای قدرت – علامت‌گذاری ترمینال‌ها — ISIRI 2768
- ترانسفورماتورهای قدرت – راهنمای کاربرد — ISIRI 6177 یا IEC 60076-8
- ترانسفورماتورهای قدرت – نوع خشک — IEC 60726 یا BS EN 60726
- ترانسفورماتورهای قدرت – تعیین میزان نوفه(نویز) — IEC 60076-10
- بوشینگ‌های عایق برای ولتاژهای متناوب بیش از ۱۰۰۰ ولت — IEC 60137
- آزمون‌های عایق‌های توخالی (مقره‌های توخالی) مورد استفاده در تجهیزات برقی — IEC 60233
- فیوزهای ولتاژ بالا – قسمت دوم: فیوزهای دفعی (expulsion) یا کات اوت(cutout) — IEC 60282-2

۱۰-۵-۲ استانداردها و مشخصات فنی ترانسفورماتورهای مورد بهره‌برداری در شرایط کار عادی به شرح زیر است:

۱۰-۵-۲-۱ ارتفاع از سطح دریا: حداکثر تا ۱۰۰۰ متر
یادآوری: برای ارتفاع بیش از ۱۰۰۰ متر به بند ۱۰-۵-۳ رجوع شود.

۱۰-۵-۲-۲ حداکثر درجه حرارت محیط برای ترانسفورماتورهایی که به وسیله گردش هوا خنک می‌شود، ۴۰ درجه سانتی‌گراد و حداقل درجه حرارت محیط برای ترانسفورماتورهای مذکور در صورتی که در فضای آزاد خارج ساختمان نصب شود ۲۵- درجه سانتی‌گراد و درصورتی که در داخل ساختمان نصب شود ۵- درجه سانتی‌گراد می‌باشد. همچنین در این گونه ترانسفورماتورها مقدار متوسط دمای هوا به هیچ وجه نباید، روزانه از ۳۰ زینه سلسیوس و سالانه از ۲۰ زینه سلسیوس تجاوز نماید.
یادآوری: برای دماهای بالاتر به بند ۱۰-۵-۳ رجوع شود.

۱۰-۵-۲-۳ شکل موج ولتاژ ورودی باید تقریباً سینوسی باشد.

۱۰-۵-۲-۴ ولتاژهای ورودی فازها تقریباً باید متقارن (متعادل) باشد.

۱۰-۵-۳ پیش‌بینی‌های لازم برای شرایط محیط کار غیرعادی

۱۰-۵-۳-۱ در صورتی که شرایط محیط نصب با مشخصات محیط نصب مندرج در بند ۱۰-۵-۲ مطابقت نداشته باشد، شرایط محیط نصب باید هنگام سفارش به کارخانه سازنده اعلام شود.

۱۰-۵-۳-۲ مقررات تکمیلی، در محدوده تعیین شده، برای مقادیر اسمی و آزمونی ترانسفورماتورهایی که برای شرایطی غیر از شرایط کار عادی مندرج در بند ۱۰-۵-۲ طرح شده است به قرار زیر است:

- برای ترانسفورماتورهای نوع روغنی و نوع خشک که با هوا خنک می‌شود و در دمای خارج از محدوده دمای عادی هوای خنک‌کننده مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد به بند فرعی ۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۲۶۲۱ یا نشریه IEC 76-2 بند ۲-۲ رجوع شود.
- برای انواع ترانسفورماتورهایی که در ارتفاعی بیش از ۱۰۰۰ متر از سطح دریا مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد، به بند فرعی ۲-۳ از استاندارد ملی ایران شماره ۲۶۲۱ و شماره ۲۶۲۲، سطح عایق‌بندی و آزمون‌های دی‌الکتریک یا نشریه IEC 76-2 بند ۳-۲ و نشریه IEC 76-3 بخش ۳ رجوع شود.
- برای حدود مجاز افزایش دمای ترانسفورماتورهای انواع روغنی و خشک و ضرایب تصحیح برای شرایط کار غیرطبیعی این گونه ترانسفورماتورها همچنین ممکن است به بندهای۳-۳-۴-۴ و ۳-۳-۴-۵ از نشریه شماره ۳۷۵ با عنوان "مشخصات فنی عمومی و اجرایی پست‌های توزیع هوایی و زمینی ۲۰ و ۳۳ کیلوولت"، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور – سازمان توانیر"، رجوع شود.

۱۰-۵-۴ ترانسفورماتورهایی که در این بخش مورد بررسی قرار می‌گیرد عمدتاً از نوع روغنی قابل نصب در داخل ساختمان و یا در فضای آزاد خارج ساختمان می‌باشد.

۱۰-۵-۵ مشخصات الکتریکی

الف) قدرت اسمی: بر حسب نیاز (قدرت‌های معمولی از ۵۰ الی ۱۶۰۰ کیلوولت – آمپر)

ب) فرکانس اسمی: ۵۰ هرتز

پ) ولتاژ اولیه اسمی: بر حسب نیاز شبکه (ولتاژهای معمولی ۱۱، ۲۰ و ۳۳ کیلوولت)

ت) ولتاژ ثانویه اسمی: ۴۰۰ -۲۳۱ ولت

ث) امکان تنظیم ولتاژ: ۵± درصد ولتاژ اولیه

ج) ولتاژ امپدانس اسمی: در ترانسفورماتورهایی به قدرت ۵۰ تا ۲۰۰ کیلوولت – آمپر: ۴ درصد
در ترانسفورماتورهایی به قدرت ۲۵۰ تا ۱۶۰۰ کیلوولت – آمپر: ۶ درصد

چ) گروه اتصال: در ترانسفورماتورهایی به قدرت ۵۰ تا ۲۰۰ کیلوولت – آمپر: Y_z5
در ترانسفورماتورهایی به قدرت ۲۵۰ تا ۱۶۰۰ کیلوولت – آمپر: D_y5

۱۰-۵-۶ پلاک مشخصات

هر دستگاه ترانسفورماتور فشار متوسط باید به یک صفحه یا پلاک مشخصات مقاوم در برابر هوا مجهز باشد. اطلاعات مندرج در پلاک مزبور، که باید به طور خوانا و دایمی در آن حک شده باشد، شامل نوع ترانسفورماتور، نام

کارخانه سازنده، تاریخ ساخت، تعداد فازها، توان اسمی، فرکانس اسمی، ولتاژهای اسمی، جریان‌های اسمی، نشانه گروه اتصال، ولتاژ اتصال کوتاه در جریان اسمی، نوع خنک‌کننده، وزن کل، و وزن روغن خواهد بود.[۱]

۱۰-۵-۷ مشخصات ساخت

ترانسفورماتور شامل هسته آهنی، سیم‌پیچ‌ها، عایق‌بندی، بازوها و نگه‌دارنده‌ها، تپ‌چنجر، منبع اصلی محافظ سیم‌پیچ‌ها و خنک‌کننده روغن به صورت طبیعی (ONAN) با شیر تخلیه، منبع انبساط و ذخیره روغن، رطوبت‌گیر روغن، رله بوخ هولتس، حرارت‌سنج، مقره‌های فشار متوسط یا فشارضعیف (بوشینگ)،پیچ مخصوص اتصال زمین، پایه و چرخ و قلاب‌های مخصوص حمل و نقل با جرثقیل و بارگیری می‌باشد.

۱۰-۵-۷-۱ هسته ترانسفورماتور باید از ورقه‌های فولادی سیلیکن‌دار، پیرنشدنی(non aging)، نورد سردشده، با کریستال‌های منظم، ومناسب برای مصرف موردنظر ساخته شده باشد. هر دو طرف ورقه‌های فولادی باید به گونه‌ای عایق‌بندی شده باشد که مقاومت الکتریکی مورد نیاز را بین ورقه‌های مذکور تامین نماید. هسته ترانسفورماتورهای قدرت معمولاً ساق‌دار بوده و ساق‌ها توسط دو یوغ از بالا و پایین به هم متصل می‌شود. ساق‌ها که سیم‌پیچ‌ها بر روی آن سوار می‌شود باید دارای مقطع مدور پله‌ای باشد. کلیه اتصالات قسمت‌های مختلف هسته آهنی باید به نحوی باشد که ضمن ایجاد حداقل تلفات در حالت بدون بار، از استحکام مکانیکی کافی برخوردار باشد.

۱۰-۵-۷-۲ در طراحی و ساخت سیم‌پیچ‌های ترانسفورماتور عواملی همچون سطح عایق‌بندی و استحکام مکانیکی عایق، حداقل تلفات عایق، توزیع یکنواخت میدان الکتریکی، دفع یکنواخت انرژی تلف شده به وسیله عبور جریان آزاد روغن و جلوگیری از تجمع حرارت در یک نقطه، توزیع ولتاژ یکنواخت بین حلقه‌های مجاور و در سراسر سیم‌پیچ‌ها، وکنترل ضریب دی‌الکتریک برای تحمل شرایط حداکثر ولتاژ بهره‌برداری و موج ضربه، باید درنظر گرفته شود.

۱۰-۵-۷-۳ هادی‌های سیم‌پیچ‌ها باید از مس الکترولیتی ساخته شده و عاری از هرگونه پوسته، برآمدگی وشکاف باشد. سیم‌پیچ‌ها باید به گونه‌ای ساخته شده، شکل یافته و بسته شود که انبساط و انقباض ناشی از تغییرات درجه حرارت موجب ساییدگی عایق‌بندی نگردد و در برابر جابجایی وپیچش ناشی از شرایط بهره‌برداری غیرعادی از استحکام کافی برخوردار باشد.

۱۰-۵-۷-۴ عایق‌بندی سیم‌ها باید از نوع مرغوب، مشابه کاغذهای عایق مخصوص کابل بوده و در برابر فشار ولتاژ در شرایط کار عادی و همچنین در برابر فشار ولتاژ ضربه‌ای مقاوم باشد. عایق‌بندی سیم‌پیچ‌ها باید از نوع یکنواخت یا غیریکنواخت انتخاب شود. لاک‌زدن روی حلقه‌های سیم‌پیچ‌ها باید فقط به منظور ایجاد حفاظت مکانیکی انجام شود. مواد مورد استفاده در عایق‌بندی و مونتاژ سیم‌پیچ‌ها باید از نوع غیرقابل حل، تجزیه‌ناپذیر و از نظر شیمیایی غیرفعال در روغن ترانسفورماتور در شرایط کار باشد.

۱۰-۵-۷-۵ هر هسته و سیم‌پیچی مونتاژشده باید تحت شرایط خلاء با فشار کمتر از ۰/۵ میلی‌متر جیوه خشک شود و بلافاصله پس از مرحله خشک‌شدن تحت عمل اشباع روغن قرار گیرد تا اطمینان کافی از کاهش نفوذ رطوبت و هوا در ساختار عایقی آن حاصل شده، و سپس در روغن عاری از رطوبت غوطه‌ور گردد.

۱- برای اطلاعات تکمیلی به استاندارد ایران ، شماره ۲۶۲۲ ، بند ۵-۲ رجوع شود.

۱۰-۵-۷-۶ تمامی وسایل و تجهیزاتی که حامل جریان الکتریکی هستند اعم از بوشینگ، اتصالات، تجهیزات ترانسفورماتور قدرت و ترانس‌های جریان داخلی باید حداقل توانایی تحمل ۱/۲ برابر جریان نامی سیم‌پیچی ترانسفورماتور را در تحت شرایط کاری مشخص شده داشته باشد.

۱۰-۵-۷-۷ بازوها و نگه‌دارنده‌های هسته فلزی و سیم‌پیچ‌ها باید به گونه‌ای باشد که در صورت بروز اتصال کوتاه در داخل ترانسفورماتور هیچ‌گونه آسیبی به اجزای مختلف آن وارد نشود.

۱۰-۵-۷-۸ سیستم تنظیم ولتاژ باید روی سیم‌پیچ اولیه باشد و دسته آن در خارج ترانسفورماتور طوری قرار گرفته باشد که برای تنظیم ولتاژ احتیاجی به بازکردن در ترانسفوماتور نباشد.

۱۰-۵-۷-۹ منبع اصلی ترانسفورماتور، که هسته و سیم‌پیچ‌ها در آن قرار می‌گیرد، باید از فولاد کم کربن نوردشده به صورت گرم یا سرد، ساخته شده و به نحو مطلوبی آب‌بندی شود. درپوش مخزن باید به گونه‌ای باشد که آب در روی آن راکد نماند. واشرهای مورد مصرف باید از مواد نرم قابل ارتجاع که در روغن یا روغن داغ قابل حل نباشد ساخته شود. برای خنک‌کردن روغن داخل ترانسفورماتور باید سطح جدار خارجی مخزن تا حد امکان بزرگ باشد تا تبادل حرارتی بیشتری صورت پذیرد. بدین منظور به طور کلی در ترانسفورماتورهای تا ۶۳۰ کیلوولت – آمپر منبع دارای جدار پرده‌ای بوده و ترانسفورماتورهایی که دارای قدرت ۶۳۰ تا ۱۶۰۰ کیلوولت – آمپر است جداره منبع به لوله‌های خنک‌کننده مجهز است.

۱۰-۵-۷-۱۰ به منظور جبران و تامین مقدار روغن تبخیرشده و یا انبساط و انقباض روغن، هر ترانسفورماتور باید مجهز به یک منبع انبساط و ذخیره روغن با درجه‌نمای روغن (کنسرواتوار) باشد. کف کنسرواتوار باید دارای شیب مناسب برای تخلیه روغن بوده و مجهز به شیر تخلیه لازم باشد.لوله ارتباطی بین کنسرواتوار و تانک ترانسفورماتور باید دارای شیرقطع‌کننده خودکار با نشان‌دهنده وضعیت باز و بسته بودن باشد.

۱۰-۵-۷-۱۱ برای جلوگیری از تماس مستقیم روغن با جدار داخلی منبع اصلی و مخزن انبساط، جدارهای مزبور باید با لعاب یا ماده مقاوم در برابر روغن پوشانیده شود.

۱۰-۵-۷-۱۲ مخزن ترانسفورماتور، رادیاتورها، لوله‌های ارتباطی روغن و مانند آن، باید در برابر خلاء کامل و همچنین فشار داخلی ناشی از اختلاف ارتفاع پایین‌ترین و بالاترین سطح روغن ترانسفورماتور و مخزن، از استحکام لازم برخوردار باشد.

۱۰-۵-۷-۱۳ ساختمان مخزن اصلی و مخزن انبساط روغن باید با در نظر گرفتن تغییرات درجه حرارت‌های مورد نظر برای سردترین و گرم‌ترین شرایط کار طراحی شود. تانک ترانسفورماتور باید حداقل مجهز به شیر تخلیه، شیر نمونه‌گیری، و شیر تصفیه روغن باشد.

۱۰-۵-۷-۱۴ برای جلوگیری از ورود رطوبت موجود در هوا از طریق هواکش به داخل منبع ذخیره روغن باید در مسیر هواکش، سیستم رطوبت‌گیر مخصوص روغن ترانسفورماتور از نوع سلیکاژل تعبیه شود.

۱۰-۵-۷-۱۵ برای حفاظت ترانسفورماتور در برابر خطرات گاز اضافی که می‌تواند به وسیله جرقه یا اتصال کوتاه و یا حرارت ایجاد شود و همچنین به منظور جلوگیری از پایین‌رفتن سطح روغن از حد مجاز، هر دستگاه ترانسفورماتور باید مجهز به رله برخ هولتس باشد تا در صورت پیش‌آمدن یک یا چند مورد فوق‌الذکر با تحریک سیستم اعلام‌خطر و قطع جریان برق از بروز خطرات احتمالی جلوگیری شود.

۱۰-۵-۷-۱۶ بدنه خارجی هر ترانسفورماتور باید مجهز به دو ترمینال برای اتصال سیستم زمین به بدنه ترانسفورماتور بوده ودر هر ترمینال دو محل اتصال برای وصل هادی زمین در نظر گرفته شده باشد.

۱۰-۵-۷-۱۷ روغن ترانسفورماتور باید از محصولات نفتی خالص با پایه نفتان کلاس ۲، بدون ماده افزودنی ضد اکسیداسیون و مطابق جدیدترین استاندارد IEC 60296 باشد. (برای اطلاعات بیشتر به جدول ۳-۱۴ از نشریه شماره ۳۷۵ با عنوان «مشخصات فنی عمومی و اجرایی پست‌های توزیع هوایی و زمینی ۲۰ و۳۳ کیلوولت»، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور – سازمان توانیر، رجوع شود.)

۱۰-۵-۷-۱۸ کلیه مقره‌هایی که دارای ولتاژ اسمی حداکثر یک کیلوولت می‌باشد باید بر اساس DIN 42530 و کلیه مقره‌هایی که دارای ولتاژ اسمی ۱۰ تا ۳۰ کیلوولت است بر طبق DIN 42531 یا IEC 60233 ساخته شده باشد.

۱۰-۵-۷-۱۹ ترانسفوماتور و تجهیزات آن باید توانایی کار در بار نامی را تحت شرایط آب و هوایی مشخص و درجه حرارت و ارتفاع معین شده داشته باشد.

۱۰-۵-۷-۲۰ در مواردی که ترانسفورماتور در خارج ساختمان و فضای آزاد نصب شود کلیه مقره‌ها، درپوش‌ها و غیره باید از نوع مخصوص بارانی باشد.

۱۰-۵-۷-۲۱ ترانسفورماتورهای قدرت هوایی باید قابل نصب در هوای آزاد بوده و دارای سیم‌بندی مجزا یا اتوترانسفورماتوری باشد و از لحاظ عایقی باید به صورت غوطه‌ور در روغن و دارای کنسرواتوار باشد.

۱۰-۵-۷-۲۲ برای جابجایی و حرکت‌دادن ترانسفورماتورها، باید هر یک به چهار عدد چرخ با قابلیت تغییر جهت نصب چرخ (۹۰درجه) بوده و توانایی تحمل وزن ترانسفورماتور همراه با تانک پر از روغن را داشته باشد. بعد از استقرار ترانسفورماتور در جای اصلی خود، چرخ‌ها باید به کمک نگه‌دارنده‌های پیچ و مهره‌ای روی ریل‌ها محکم گردد.

۱۰-۵-۷-۲۳ ترانسفورماتور باید مجهز به تپ‌چنجر ولتاژ برای تغییر اتصالات بین پله‌های مختلف در سیم‌پیچی باشد. تپ‌چنجر باید مجهز به دستگیره تنظیم، همراه با نشان‌دهنده پله‌ها و نیز وسایلی برای قفل نمودن دستگیره در هر یک از پله‌های مورد نظر باشد. کنتاکت‌های تغییر دهنده ولتاژ باید قادر به تحمل جریان کامل اتصال کوتاه ترانسفورماتور بدون هیچگونه صدمه و آسیب‌دیدگی بوده و نیز جریان مستمر تا ۱/۲ برابر جریان بار کامل را تحمل نماید. در ترانسفورماتورهای توزیع با سطوح ولتاژ ۳۳ کیلوولت عموماً از تپ‌های ۲/۵ درصدی و در سطوح ولتاژ۲۰ کیلوولت از تپ‌های ۴ و یا ۵ درصدی استفاده می‌شود.

۱۰-۵-۷-۲۴ در صورتی که برای حفاظت ترانسفورماتورها از فیوز به جای دیژنکتور استفاده شود، باید برای تعیین جریان و نوع فیوز آن، جداول شماره ۱۰-۳ و ۱۰-۴ یا استاندارد IEC 60282-2 ملاک عمل قرار گیرد.

جدول ۱۰-۳: فیوزهای توصیه شده برای حفاظت طرف اولیه ترانسفورماتورهای سه‌فاز هوایی توزیع

قدرت اسمی خروجی ترانسفورماتور	جریان فیوز											
	سیستم ۱۱ کیلوولت				سیستم ۲۰ کیلوولت				سیستم ۳۳ کیلوولت			
	جریان اسمی	نوع فیوز			جریان اسمی	نوع فیوز			جریان اسمی	نوع فیوز		
		کند تند	K	T		کند تند	K	T		کند تند	K	T
KVA	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
۲۵	۱/۳۱۲	۲/۱*	۶*	۶	۰/۷۲۲	۱*	۳*	۳*	۰/۴۳۷	۰/۶*	۲*	۲*
۵۰	۲/۶۲۴	۳/۱	۶*	۶	۱/۴۴۳	۱/۴	۳*	۳*	۰/۸۷۸	۱	۲*	۲*
۷۵	۳/۹۳۶	۳/۵	۶*	۶	۲/۱۶۵	۲/۱	۳*	۶	۱/۳۱۵	۱/۴	۲*	۲*
۱۰۰	۵/۲۴۸	۵/۲	۸	۸	۲/۸۸۷	۳/۱	۶	۶	۱/۷۵۲	۱/۶	۳	۳
۱۵۰	۸/۳۹۸	۷/۸	۱۲	۱۲	۴/۸۱۹	۴/۲	۸	۸	۲/۷۹۹	۳/۱	۶	۶
۲۰۰	۱۰/۴۹۶	۱۰/۴	۱۵	۱۵	۵/۷۷۴	۵/۲	۱۰	۱۰	۳/۴۹۹	۳/۵	۶	۶
۲۵۰	۱۳/۱۲۰	۱۰/۴	۲۰	۲۰	۷/۲۱۵	۷	۱۰	۱۰	۴/۳۷۴	۴/۲	۶	۶

مقادیر این جدول بر اساس مشخصه‌های فیوز مندرج در نشریه NEMA PUBLICATION SG-2 تعیین شده است.

مقادیری که با ستاره مشخص نشده است با مقادیرفیوز نوع H.R.C حداکثر ۱۰۰ آمپر در سیستم ۳۸۰ ولت هماهنگ می‌باشد.

مقادیری که با ستاره مشخص شده است با مقادیر فیوز نوع H.R.C حداکثر ۸۰ آمپر در سیستم ۳۸۰ ولت هماهنگ می‌باشد. (به استثنای ترانسفورماتورهای ۲۵ کیلوولت آمپر)

جدول ۱۰-۴: فیوزهای توصیه شده برای حفاظت طرف اولیه ترانسفورماتورهای سه‌فاز توزیع

قدرت اسمی خروجی ترانسفورماتور	جریان فیوز											
	سیستم ۱۱ کیلوولت				سیستم ۲۰ کیلوولت				سیستم ۳۳ کیلوولت			
	جریان اسمی	نوع فیوز			جریان اسمی	نوع فیوز			جریان اسمی	نوع فیوز		
		کند تند	K	T		کند تند	K	T		کند تند	K	T
KVA	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
۳۱۵	۱۶/۵۳۳	۱۴	۲۵	۲۵	۹/۰۹۳	۷/۸	۱۲	۱۲	۵/۵۱۱	۵/۲	۸	۸
۴۰۰	۲۰/۹۹۵	۱۴	۳۰	۳۰	۱۱/۵۴۷	۱۰/۴	۱۵	۱۵	۶/۹۹۸	۷	۱۰	۱۰
۵۰۰	۲۶/۲۴۳	۲۱	۴۰	۴۰	۱۴/۴۳۴	۱۴	۲۰	۲۰	۸/۷۴۸	۷/۸	۱۲	۱۲
۶۳۰	۳۳/۰۶۶	۳۲	۵۰	۵۰	۱۸/۱۸۶	۱۴	۲۵	۲۵	۱۱/۰۲۲	۱۰/۴	۱۵	۱۵
۸۰۰	۴۱/۹۸۹	۴۶	۶۵	۶۵	۲۳/۰۹۴	۲۱	۳۰	۳۰	۱۳/۹۹۶	۱۰/۴	۲۰	۲۰
۱۰۰۰	۵۲/۴۸۶	۴۶	۸۰	۸۰	۲۸/۸۶۸	۲۱	۴۰	۴۰	۱۷/۴۹۶	۱۴	۲۵	۲۵

مقادیر این جدول بر اساس مشخصه‌های مندرج در نشریه NEMA PUBLICATION SG-2 تعیین شده است.

۱۰-۶ آزمون‌های ترانسفورماتورهای قدرت

ترانسفورماتورهای قدرت باید برابر روش‌های مندرج در استانداردهای موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران یا IEC 60076 مورد آزمون قرار گیرد. این‌گونه آزمون‌ها به سه دسته عمده شامل آزمون‌های جاری، نوعی و خاص به شرح زیر تقسیم می‌شود:

۱۰-۶-۱ آزمون‌های جاری

- اندازه‌گیری مقاومت سیم‌پیچ (ISIRI 2620 یا IEC 60076-1)
- اندازه‌گیری نسبت ولتاژ و میزان جا به جایی فاز (ISIRI 2620 یا IEC 60076-1)
- اندازه‌گیری امپدانس اتصال کوتاه و تلفات بار (ISIRI 2620 یا IEC 60076-1)
- اندازه‌گیری جریان و تلفات بی‌باری (ISIRI 2620 یا IEC 60076-1)
- آزمون‌های جاری سیستم عایق‌بندی (ISIRI 2622 یا IEC 60076-3)
- آزمون تپ‌چنجرهای قابل عمل قسمت بار (در صورت نیاز) (ISIRI 2620 یا IEC 60076-1)

۱۰-۶-۲ آزمون‌های نوعی

- آزمون افزایش دما (ISIRI 2620 یا IEC 60076-1)
- آزمون‌های نوعی سیستم عایق‌بندی (ISIRI 2622 یا IEC 60076-3)

۱۰-۶-۳ آزمون‌های خاص

- آزمون‌های خاص سیستم عایق‌بندی (ISIRI 2622 یا IEC 60076-3)
- تعیین ظرفیت خازنی بین سیم‌پیچ‌ها و بین سیم‌پیچ‌ها و زمین (ISIRI 2620 یا IEC 60076-1)
- تعیین مشخصه ولتاژ گذرا (ISIRI 2620 یا IEC 60076-1)
- اندازه‌گیری امپدانس توالی صفر ترانسفورماتورهای سه‌فاز (ISIRI 2620 یا IEC 60076-1)
- تعیین میزان نوفه یا صدا (IEC 60055 یا IEC 60076-10)
- اندازه‌گیری هارمونیک‌های جریان بی‌باری (ISIRI 2620 یا IEC 60076-1)
- اندازه‌گیری توان مصرفی فن‌ها و موتورهای پمپاژ روغن (ISIRI 2620 یا IEC 60076-1)
- آزمون ایستادگی در برابر اتصال کوتاه (ISIRI 2624 یا IEC 60076-5)

۱۰-۷ اصول و روش‌های نصب ترانسفورماتور

۱۰-۷-۱ نصب و راه‌اندازی ترانسفورماتورهای روغنی

۱۰-۷-۱-۱ بازرسی داخلی

ترانسفورماتورها باید پس از حمل به محل نصب و قبل از تخلیه مورد بازدید بیرونی و در صورت امکان بازدید درونی قرار گیرد.

۱۰-۷-۱-۲ نصب قطعات و اجزای ترانسفورماتور

ترانسفورماتورهای توزیع، به ویژه در ظرفیت‌های کوچک و متوسط، اغلب به صورت کامل در کارخانه مونتاژ گردیده و هنگام حمل به محل، آماده بهره‌برداری می‌باشد. لیکن در موارد خاص که ترانسفورماتور به صورت کاملاً مونتاژ شده تحویل نشده باشد و برخی از قسمت‌های آن، مانند بوشینگ‌ها، منبع انبساط روغن و غیره به طور جداگانه حمل گردیده و در محل مونتاژ می‌شود، نصب قطعات مزبور باید با نظارت نماینده فنی سازنده و یا برابر دستورالعمل دقیق سازنده انجام گیرد.

۱۰-۷-۱-۳ کنترل روغن ترانسفورماتور

به طور کلی برای حفظ استقامت عایقی باید کلیه پیش‌بینی‌های لازم در کارگاه نصب به عمل آید تا از نفوذ هر گونه رطوبت و هوای غبارآلود به سطح روغن یا حباب هوا به داخل تانک ترانسفورماتور یا منبع انبساط روغن جلوگیری شود.

در صورتی که منبع انبساط روغن در محل نصب گردیده یا ارتفاع روغن بر روی درجه روغن‌نما با درنظر گرفتن تغییرات دمای محیط، پایین‌تر از حد تعیین شده باشد، باید مقداری روغن مناسب (برابر استاندارد IEC 60296) به منبع انبساط اضافه شود (به بند ۳-۳-۹ از نشریه ۳۷۵ نگاه کنید)

۱۰-۷-۱-۴ خشک‌کردن ترانسفورماتور

در مواردی که سطح روغن ترانسفورماتور برای مدتی پایین‌تر از سطح هسته و سیم‌پیچی داخل ترانسفورماتور قرار داشته باشد و همچنین در صورتی که روغن موجود در ترانسفورماتور یا روغنی که بدان افزوده می‌شود مشکوک باشد، احتمال جذب رطوبت توسط مواد عایق و در نتیجه پایین‌آمدن استقامت الکتریکی آن وجود دارد. در این گونه موارد در صورتی که استقامت الکتریکی روغن کمتر از ۳۰ کیلوولت باشد لازم است که عملیات خشک گردانی عایق و روغن داخل ترانسفورماتور در محل انجام شود.

۱۰-۷-۱-۵ نصب سیم و کابل حفاظت ترانسفورماتور

پس از کنترل روغن و استقرار ترانسفورماتور، اتصال کابل‌های حفاظت آن بین رله بوخهلتز و ترمومتر و سایر حفاظت‌ها با تابلوی فشار متوسط و کلید قدرت مربوط باید تکمیل گردد. در مواردی که به جای کابل از سیم روپوش‌دار استفاده می‌شود، سیم‌ها باید از درون لوله‌های فلزی عبور نموده و حداقل سطح مقطع آن ۱/۵ میلی‌متر مربع باشد.

۱۰-۷-۱-۶ آزمون ترانسفورماتور

به منظور حصول اطمینان از آمادگی کامل ترانسفورماتور برای راه‌اندازی، آزمون‌های زیر باید پس از نصب بر روی ترانسفورماتور انجام شود:

الف) اندازه‌گیری مقاومت عایقی سیم‌پیچ‌ها نسبت به یکدیگر و نسبت به زمین

ب) اندازه‌گیری نسبت تبدیل ترانسفورماتور روی تپ‌های (taps) مختلف و مقایسه آن با مقادیر مندرج بر روی پلاک مشخصات*

پ) اندازه‌گیری مقاومت سیم‌پیچ‌ها به کمک پل الکتریکی و مقایسه آن با نتایج آزمون کارخانه*

ت) کنترل سیم‌های گردش روغن

ث) کنترل استقامت عایقی روغن

ج) کنترل عملکرد تجهیزات کمکی ترانسفورماتور (در صورت وجود) مانند پمپ‌های روغن، فن‌ها و غیره. مطابق دستورالعمل سازنده.

چ) کنترل تجهیزات حفاظتی مانند رله بوخ هولتنر برای عملکرد صحیح

۱۰-۷-۱-۷ راه‌اندازی ترانسفورماتور

ترانسفورماتورهای قدرت پس از نصب و آزمون‌های لازم ممکن است به شرح زیر مورد بهره‌برداری قرار گیرد:

* در صورتی که برگه آزمون جاری کارخانه موجود باشد ضروری نخواهد بود لیکن به عنوان سابقه‌ای برای تعمیر و نگهداری آتی قابل توصیه است .

الف) قبل از اعمال ولتاژ به ترانسفورماتور باید از بازبودن کامل شیر یا مجرای بین محفظه روغن و تانک ترانسفورماتور اطمینان حاصل شود.

ب) با توجه به این که ترانسفورماتورهای توزیع عموماً به صورت غیرموازی مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد، ولتاژ فشار متوسط ممکن است با بستن کلید قدرت به طور کامل و یک‌باره به آن اعمال گردد. به هنگام اعمال ولتاژ به ترانسفورماتور باید صدای وزوز آرام و یکنواختی شنیده شود. (بدون سوت کشیدن یا صدای ناهنجار)

پ) پس از آن که ترانسفورماتور با ولتاژ مورد نظر آزمایش و راه‌اندازی شد باید برق آن مدتی قطع شود تا اتصالات آن مورد بازرسی مجدد قرار گیرد وسپس برق ورودی آن نیز باید چند بار به طور متناوب قطع و وصل گردد تا اطمینان لازم از صحت تنظیم رله‌ها در برابر جریان رانش مغناطیس‌کننده حاصل شود.

ت) در مواردی که ترانسفورماتور مجهز به تپ‌چنجر باشد باید آن را در وضعیت تپ اصلی قرار داد. همچنین قبل از برق‌دارکردن ترانسفورماتور بدون بار، باید توجه داشت که ترمینال ثانویه ترانسفورماتور اتصال کوتاه نباشد.

۱۰-۷-۲ نصب و راه‌اندازی ترانسفورماتورهای خشک

۱۰-۷-۲-۱ بازرسی داخلی

- بازرسی داخلی شامل بررسی شکست احتمالی اتصالات، صدمه یا جابجای بعضی از قسمت‌های داخلی، ورود گرد و غبار یا اشیای خارجی، شکستن مقره‌ها، و ورود آب به درون ترانسفورماتور می‌باشد.
- در مواردی که ترانسفورماتورهای خشک دارای محفظه بوده و جریان هوا سیم‌پیچ و هسته را خنک می‌کند، بازرسی داخلی به آسانی در یک مکان تمیز و خشک ممکن است صورت گیرد.
- در مواردی که ترانسفورماتورهای خشک از نوع آب‌بندی شده است، بازرسی داخلی باید با توافق بین خریدار و سازنده در محل کارخانه و یا هر محل دیگری انجام شود. در این نوع ترانسفورماتورها، قبل از برداشتن درپوش، گاز عایق باید برابر دستورالعمل سازنده خارج شود.

۱۰-۷-۲-۲ کنترل و بازرسی ترانسفورماتور

فشار داخل تانک ترانسفورماتور خشک آب‌بندی شده (sealed) باید قبل از بهره‌برداری کنترل شده و چنانچه کمتر از مقدار ارائه شده توسط سازنده باشد باید ضمن کنترل و تعمیر محل نشت، فشار داخل تانک برابر مقدار تعیین شده توسط سازنده افزایش یابد.

۱۰-۷-۲-۳ آزمون‌ها

- پس از نصب هر ترانسفورماتور جدید باید آزمون‌های پیش از سرویس انجام و نتایج آن برای مقایسه‌های بعدی ثبت شود.
- آزمون‌های دوره‌ای باید پس از تعمیر و نگهداری ترانسفورماتور یا ترانسفورماتوری که مدتی بی‌برق بوده است و قبل از بهره‌برداری مجدد انجام شود.
- در مواردی که احتمال وجود رطوبت در عایق ترانسفورماتور باشد باید قبل از انجام آزمون ترانسفورماتور خشک شود.
- انجام آزمون‌هایی که با علامت * مشخص شده است الزامی نمی‌باشد اما مورد توصیه است.

- انجام آزمون‌هایی که با علامت ** مشخص شده است برای ترانسفورماتورهایی که تعمیر شده است، توصیه می‌شود.

الف) آزمون‌های پیش از سرویس

- آزمون استقامت عایقی

اندازه‌گیری استقامت عایقی برای مقایسه با نتایج آزمون‌های بعدی و تعیین قابلیت اطمینان ترانسفورماتور برای سرویس‌دهی مناسب، لازم است. این آزمون باید قبل از آزمون ولتاژ انجام شود. اندازه‌گیری استقامت عایقی باید برابر استاندارد ANSI/IEEE C57.12.91 انجام شود. در هنگام آزمون باید میزان رطوبت و دما ثبت شود.

- آزمون ولتاژ

این آزمون باید برابر روش ANSI/IEEE C57.12.91 انجام شود. استفاده از هر دو ولتاژ AC وDC در انجام این آزمون قابل قبول است.

- اندازه‌گیری نسبت سیم‌پیچ‌ها در تپ‌های مختلف
- *- اندازه‌گیری مقاومت سیم‌پیچ‌ها
- *- اندازه‌گیری تلفات بی‌باری و جریان تحریک
- *- پلاریته و زاویه فاز
- *- آزمون ولتاژ القایی

ب) آزمون‌های دوره‌ای

- آزمون مقاومت عایقی
- آزمون ولتاژ
- **- اندازه‌گیری مقاومت سیم‌پیچ‌ها
- **- اندازه‌گیری نسبت ولتاژها
- **- اندازه‌گیری تلفات بی‌باری و جریان تحریک
- **- پلاریته و زاویه فازها
- **- آزمون ولتاژ القایی

پ) راه‌اندازی

پس از اتمام نصب ترانسفورماتور و انجام کلیه آزمون‌ها،ترانسفورماتور، آماده راه‌اندازی و بهره‌برداری خواهد بود. سایر مراحل راه‌اندازی همانند شرایط مربوط به ترانسفورماتورهای روغنی است.

۱۰-۷-۳ نصب ترانسفورماتور در داخل ساختمان

۱۰-۷-۳-۱ اتاق ترانسفورماتور باید حتی‌الامکان نزدیک به مرکز ثقل بار و در طبقه همکف بوده و در آن به خیابان یا فضای آزاد باز شود به گونه‌ای که نقل و انتقال ترانسفورماتور و حرکت جرثقیل به سهولت امکان‌پذیر باشد. در مواردی که نصب ترانسفورماتورها در طبقات صورت می‌گیرد باید از ترانسفورماتورهای خشک استفاده شود.

۱۰-۷-۳-۲ به طور کلی ابعاد اصلی اتاق ترانسفورماتور، که باید با توجه به ظرفیت و تعداد ترانسفورماتورها و امکان توسعه آتی آن تعیین شود، به شرح زیر است:

الف) ترانسفورماتورهای کوچک تا ظرفیت ۶۳۰ کیلوولت - آمپر:

ابعاد اتاق: طول =۴ متر، عرض = ۳ متر، ارتفاع = ۴/۷ متر

ابعاد در اتاق: عرض = ۱/۵ متر، ارتفاع =۴ متر

ب) ترانسفورماتورهای بزرگتر از ۶۳۰ کیلوولت – آمپر:

ابعاد اتاق:طول =۴/۵ متر، عرض = ۳/۵ متر، ارتفاع = ۵/۳ متر

ابعاد در اتاق: عرض = ۲متر، ارتفاع = ۴/۳ متر

فضای آزاد در اطراف ترانسفورماتور باید حداقل ۰/۸ متر در نظر گرفته شود.

۱۰-۷-۳-۳ دفع حرارت ناشی از تلفات ترانسفورماتور در شرایط عادی[1] (بند ۱۰-۵-۲) ممکن است به وسیله تهویه طبیعی همچون افزایش ارتفاع پست و تعبیه دریچه‌های مشبک ورود هوا در قسمت پایین پست و نصب بادگیر خروج هوا در قسمت سقف یا زیر آن انجام شود. در موارد غیرعادی مانند مناطق گرمسیری که حرارت محیط پست بیش از حرارت مندرج در بند ۱۰-۵-۲ می‌باشد، استفاده از تهویه مصنوعی به کمک هواکش‌های برقی ضرورت دارد. در این گونه موارد باید در دهانه بادگیر یا پشت دریچه‌های فوقانی پست، هواکش‌های برقی مناسبی با کنترل ترموستات پیش‌بینی شود، به طوری که هنگام افزایش میزان حرارت داخل پست، هواکش‌ها با فرمان ترموستات‌ها به کار افتاده و در سایر مواقع خاموش باشد.

برای محاسبه و انتخاب نوع و تعداد هواکش‌ها در هر یک از موارد فوق‌الذکر، به بند ۲-۴-۶ و جداول ۲-۲-، ۲-۳، ۲-۴، ۲-۵، ۲-۶، ۲-۷ و ۲-۸ از نشریه شماره ۳۷۵ «مشخصات فنی عمومی و اجرایی پست‌های توزیع هوایی و زمینی ۲۰ و ۳۳ کیلوولت» سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور – سازمان توانیر، رجوع شود.

۱۰-۷-۳-۴ سایر مشخصاتی که در ساختمان اتاق ترانسفورماتور باید رعایت شود به قرار زیر است:

الف) اتاق پست ترانسفورماتور باید عاری از رطوبت بوده و از مصالحی ساخته شود که در برابر آتش‌سوزی مقاوم باشد.

ب) سطوح دیوارهای داخلی اتاق باید به گونه‌ای پوشیده شود که گردگیر نباشد.

پ) سقف اتاق باید با ملات ماسه سیمان اندود و در نهایت رنگ‌آمیزی (نقاشی) شود، استفاده از گچکاری و مانند آن مجاز نخواهد بود.

ت) ورودی اتاق باید فاقد پله و دارای شیب مجاز باشد. در اتاق باید از نوع آهنی و به سمت خارج باز شود. قفل در باید از نوعی باشد که حتی هنگام قفل بودن آن، از داخل قابل بازشدن باشد. دراتاق ترانسفورماتور به جز در اصلی هیچ‌گونه در یا پنجره دیگری نباید وجود داشته باشد.

ث) ارتفاع کف اتاق ترانسفورماتور باید حداقل ۲۰ سانتی‌متر از سطح احتمالی سیلابروهای منطقه بالاتر باشد.

ج) دریچه‌های ورودی و خروجی هوا باید به گونه‌ای باشد که از ورود آب باران و همچنین دخول پرندگان و حیوانات کوچک به داخل پست ممانعت شود.

چ) در فضای درونی و در جداره داخلی و خارجی دیوارها، سقف و کف اتاق ترانسفورماتور نباید هیچ‌گونه لوله‌های حامل آب، گاز، تهویه و حرارت مرکزی نصب شود.

ح) برای اجتناب از تعریق در اتاق ترانسفورماتور، باید از گرمکن برقی مجهز به ترموستات استفاده شود.

۱۰-۷-۳-۵ ترانسفورماتور را ممکن است به طور جداگانه در اتاق ویژه آن، یا مشترکاً در اتاق تابلوهای فشار متوسط نصب نمود. اتاق مورد نظر ممکن است دارای کف نیم‌طبقه (دارای زیرزمین) و یا از نوع کف کانال باشد، لیکن در هر دو

۱- در مواردی که ارتفاع محل نصب ترانسفورماتور بیش از ۱۰۰۰متر از سطح دریا باشد ، بر اساس توصیه سازندگان ، باید به ازای هر ۲۰۰ متر ارتفاع اضافی یک درصد از ظرفیت نامی ترانسفورماتور کاسته شود.

صورت، به منظور جلوگیری از آلودگی محیط زیست، اجتناب از آتش‌سوزی، و گردآوری روغن‌هایی که به علل مختلف از ترانسفورماتور نشت یا سرریز می‌شود، در زیر هر ترانسفوماتور باید حوضچه‌ای مستطیل شکل به شرح زیر پیش‌بینی شود:

الف) ابعاد حوضچه باید حداقل برابر با ابعاد خارجی بزرگترین ترانسفورماتوری باشد که در اتاق مزبور ممکن است نصب شود و عمق آن متناسب با ظرفیت روغن ترانسفورماتور نامبرده خواهد بود. لبه دوررادور حوضچه باید با آهن نبشی ۴×۴ سانتی‌متر محافظت شود.

ب) دیواره‌ها و کف حوضچه ممکن است به صورت آجری با اندود سیمان، یا با بتن مسلح ساخته شود و سپس با رنگ مقاوم در برابر روغن رنگ‌آمیزی شود.

پ) به منظور به حداقل رساندن خطر آتش‌سوزی، داخل حوضچه روغن باید تا ارتفاع معینی از قلوه‌سنگ انباشته شود تا روغن داغ در مجاورت هوا قرار نگیرد.

ت) کف حوضچه باید دارای شیب مناسبی به طرف چاله گردآوری و تخلیه روغن داشته باشد و لوله تخلیه یا امکانات دیگری برای جمع‌آوری و تخلیه روغن در ساختمان آن در نظر گرفته شود.

ث) بر روی حوضچه باید ریل‌های مناسبی برای استقرار چرخ‌های کوچکترین و بزرگترین ترانسفورماتور قابل استفاده در اتاق پیش‌بینی و نصب شود.

ج) به منظور جلوگیری از جابجایی ترانسفورماتور، چرخ‌های آن باید به کمک نگه‌دارنده‌های پیچ و مهره‌دار بر روی ریل‌ها محکم شود.

۱۰-۷-۳-۶ جزییات حوضچه روغن و ریل‌گذاری ترانسفورماتور مطابق استاندارد وزارت نیرو، امور برق در شکل ۱۰-۱ به عنوان نمونه ارایه شده است.

۱۰-۷-۳-۷ در مواردی که از اتاق ترانسفورماتور با کف کانال استفاده می‌شود، برای نصب کابل‌های فشار متوسط و فشار ضعیف از تابلوها به ترانسفورماتور باید در طرفین حوضچه زیر ترانسفورماتور کانال‌هایی به ابعاد حداقل ۵۰×۳۰ سانتی‌متر پیش‌بینی و احداث شود.

۱۰-۷-۳-۸ در مواردی که از اتاق با کف نیم‌طبقه (دارای زیرزمین) استفاده می‌شود، برای ورود کابل‌های فشار متوسط و فشار ضعیف از زیرزمین به اتاق ترانسفورماتور باید در طرفین حوضچه، شیارهایی با ابعاد ۵۰×۱۵ سانتی‌متر پیش‌بینی شود.

۱۰-۷-۳-۹ برای نگاه‌داری کابل‌های فشار متوسط و فشار ضعیف به صورت عمودی در طرفین ترانسفورماتور تا محل اتصال آن، در کنار شیارهای ورودی کابل یا در انتهای کانال‌های کابل، در طرفین حوضچه زیر ترانسفورماتور، باید اسکلت‌های فلزی نرده مانند ساخته شده از نبشی حداقل ۵×۵ سانتی‌متر پیش‌بینی و پایه‌های آن به طور ثابت در کف اتاق نصب شود.

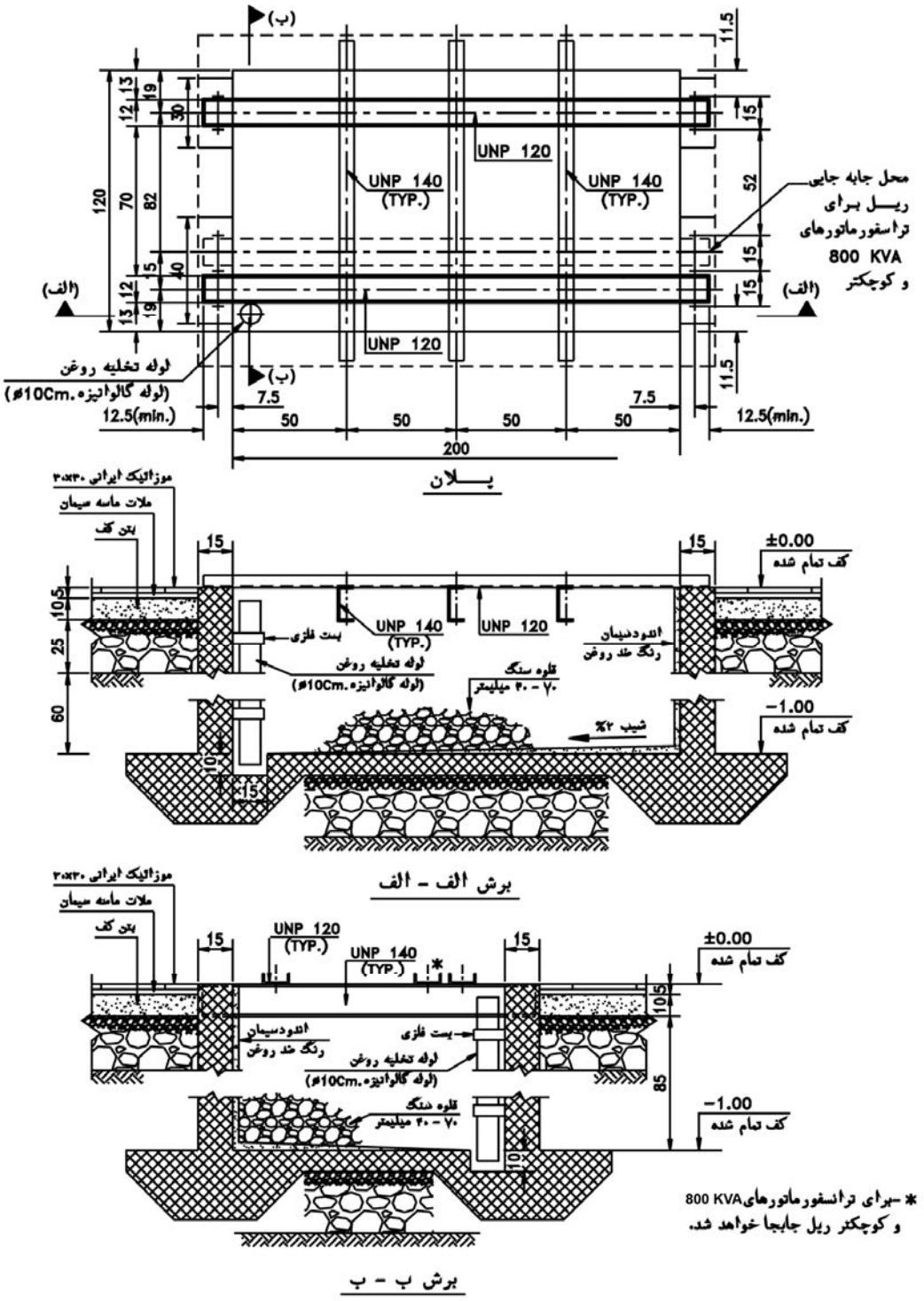
۱۰-۷-۳-۱۰ به منظور رعایت ضوابط ایمنی، بدنه اصلی ترانسفورماتور باید از طریق پیچ مخصوص اتصال زمین به طور محکم به چاه اتصال زمین واقع در نزدیک‌ترین نقطه ممکن به آن متصل شود. با توجه به قابلیت جابه‌جایی ترانسفورماتور بر روی چرخ و ریل، هادی اتصال زمین باید از نوع انعطاف‌پذیر و دارای طول کافی باشد. تجهیزات داخل پست اعم از بدنه ترانسفورماتورها، تابلوها، در، دریچه‌ها، نرده‌ها و درپوش‌های فلزی باید به طور موثری به شبکه زمین پست اتصال داده شود.

۱۰-۷-۴ نصب ترانسفورماتور در خارج ساختمان (فضای آزاد)

ترانسفورماتور را می‌توان در خارج ساختمان بر روی زمین و یا روی تیر(پست هوایی) نصب نمود.

۱۰-۷-۴-۱ نصب ترانسفورماتور در خارج ساختمان و در روی زمین

الف) فضایی که برای نصب ترانسفورماتور در خارج ساختمان در نظر گرفته می‌شود باید حداقل دارای ابعاد ۴/۵×۴متر بوده و کف آن حدود ۵۰ سانتی‌متر از کف اطرافش بالاتر باشد.



شکل ۱۰-۱: نمونه جزییات حوضچه روغن و ریل‌گذاری ترانسفورماتور برابر استاندارد وزارت نیرو – امور برق

ب) برای نصب ترانسفورماتور در خارج ساختمان باید در محل نصب ترانسفورماتور حوضچه‌ای مستطیل شکل و با ابعادی حداقل برابر با ابعاد خارجی ترانسفورماتور مورد نظر و به عمق ۵۰ سانتی‌متر پیش‌بینی و بر روی آن دو عدد ناودانی مناسب برای حرکت و قرارگرفتن چرخ‌های ترانسفورماتور نصب شده و لبه دورادور حوضچه با آهن نبشی ۴×۴ سانتی‌متر مهار شود.

پ) به منظور هدایت و دفع روغن‌هایی که به علل مختلف از ترانسفورماتور نشت و ریخته می‌شود و همچنین دفع آب باران و غیره، کف حوضچه باید دارای شیبی برابر یک درصد به طرف مرکز آن بوده و در مرکز به وسیله یک کف‌شور به چاهک جذب با عمق مناسب منتهی شود.

ت) دیواره‌ها و کف حوضچه ممکن است به صورت آجری با اندود سیمان و یا با بتن مسلح ساخته شود.

ث) برای نصب کابل‌های فشار متوسط و فشارضعیف از تابلوها به ترانسفورماتور باید در طرفین حوضچه کانال‌هایی به ابعاد حداقل ۵۰×۳۰ سانتی‌متر پیش‌بینی و تعبیه شود.

ج) به منظور حفاظت ترانسفورماتور در برابر آسیب، و دسترسی افراد غیرمجاز باید دورادور محل نصب آن با حصار توری و یا نرده فلزی با درهای ورودی مناسب محصور شود.

۱۰-۷-۴-۲ نصب ترانسفورماتور در روی تیر

الف) ترانسفورماتورهای فشار متوسط باولتاژ ۱۱ کیلوولت تا قدرت ۲۵۰ کیلوولت –آمپر، و با ولتاژ ۲۰ کیلوولت تا قدرت ۲۰۰ کیلوولت –آمپر را می‌توان در روی تیر نصب نمود.

ب) برای نصب ترانسفورماتورهای فشار متوسط با ولتاژهای ۱۱ و ۲۰ کیلوولت در روی تیر باید جزییات و اصول نصب مندرج در استانداردهای شماره ۴۴۲-۱۱ و ۴۴۳-۱۱ و۴۴۴-۱۱ و ۴۴۲-۲۰ و۴۴۳-۲۰ و۴۴۴-۲۰ وزارت نیرو – اموربرق دقیقاً رعایت شود.

۱۰-۷-۵ نقشه‌های جزییات تیپ نصب ترانسفورماتورهای فشار متوسط

برای نقشه‌های جزییات نصب انواع مختلف ترانسفورماتورهای فشار متوسط در پست‌های هوایی و زمینی به فصل هشتم از نشریه شماره ۳۹۳ با عنوان «نقشه‌های جزییات اجرایی تیپ تاسیسات الکتریکی ساختمان»،معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس‌جمهور، دفتر نظام فنی اجرایی، نگاه کنید.

۱۰-۸ محافظت ترانسفورماتور در برابر ازدیاد جریان

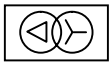
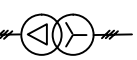
۱۰-۸-۱ به منظور انتخاب نوع و قدرت فیوز برای ترانسفورماتورهای سه‌فاز نصب شده در روی تیر، جدول شماره ۱۰-۳ باید مورد استفاده قرار گیرد.

۱۰-۸-۲ به منظور انتخاب نوع و قدرت فیوز برای ترانسفورماتورهای سه‌فاز نصب شده در روی زمین در فضای باز، جدول شماره ۱۰-۴ باید ملاک عمل قرار گیرد.

۱۰-۹ نشانه‌های ترسیمی الکتریکی

نشانه‌های ترسیمی الکتریکی مربوط به ترانسفورماتورهای فشارمتوسط درجدول ۱۰-۵ ارایه شده است.

جدول ۱۰-۵: نشانه‌های ترسیمی الکتریکی مربوط به ترانسفورماتورهای فشار متوسط

شرح	علامت
پست فشارمتوسط شامل ترانسفورماتور، تابلوهای فشار متوسط و فشار ضعیف به طور کامل	
ترانسفورماتور قدرت فشارمتوسط، روغنی، سه‌فاز، و با سیم‌پیچی ستاره مثلث	
رله حفاظت ترانسفورماتور، نوع بوخهلتس	
رله حفاظت ترانسفورماتور، نوع حرارتی	

فصل ۱۱

خازن‌های قدرت موازی

مشخصات فنی عمومی و اجرایی

تأسیسات برقی ساختمان

نشریه ۱-۱۱۰ (تجدید نظر دوم)

۱۱ خازن‌های قدرت موازی

فهرست

شناسه	عنوان	صفحه
۱۱-۱	دامنه پوشش	۱ از ۱۵
۱۱-۲	تعاریف و اصطلاحات	۱ از ۱۵
۱۱-۳	استاندارد و مشخصات فنی خازن‌های قدرت موازی	٤ از ۱۵
۱۱-٤	آزمون‌های خازن	۸ از ۱۵
۱۱-۵	توان واحدهای خازنی فشار ضعیف و روش محاسبه خازن مورد نیاز	۹ از ۱۵
۱۱-۶	وسایل قطع و وصل و حفاظت خازن‌های فشار ضعیف	۱۰ از ۱۵
۱۱-۷	روش‌های کنترل خودکار توان راکتیو	۱۱ از ۱۵
۱۱-۸	اصول و روش‌های نصب	۱۲ از ۱۵
۱۱-۹	نشانه‌های ترسیمی الکتریکی	۱٤ از ۱۵

۱۱-۱ دامنه پوشش

در این بخش خازن‌های قدرت موازی فشار ضعیف مورد استفاده برای اصلاح ضریب قدرت از انواع خود ترمیمی و غیرخود ترمیمی شامل مباحث زیر مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد:

- کلیات و تعاریف
- استاندارد و مشخصات فنی
- آزمون‌ها
- توان واحدهای خازنی فشار ضعیف و روش محاسبه خازن
- وسایل قطع و وصل و حفاظت خازن‌ها
- روش‌های کنترل خودکار توان راکتیو
- اصول و روش‌های نصب

۱۱-۲ کلیات و تعاریف

۱۱-۲-۱ کلیات

۱۱-۲-۱-۱ خازن‌های قدرت موازی که به منظور کاهش توان راکتیو و اصلاح ضریب قدرت در مدارهای الکتریکی مورد استفاده قرار می‌گیرد، اغلب همفازکننده ساکن و یا جبران‌ساز ساکن نیز نامیده می‌شود. امروزه، استفاده از این گونه خازن‌ها در شبکه‌ها و تاسیسات برقی جایگزین جبران‌سازهای دوار شده است زیرا علاوه بر این که فاقد مشکلات راه‌اندازی است، دارای تلفات بسیار ناچیزی نیز می‌باشد.

۱۱-۲-۱-۲ در ساختمان‌ها و کارخانه‌هایی که با ولتاژ فشارمتوسط تغذیه شده ولی دارای بار متغیر فشار ضعیف است، برای تصحیح ضریب توان باید از خازن‌های فشار ضعیف استفاده شود زیرا تجهیزات کنترل خودکار خازن‌های ولتاژ پایین ضمن برخورداری از انعطاف‌پذیری مناسب، بسیار ارزان‌تر از وسایل مشابه فشار متوسط است.

۱۱-۲-۲ تعاریف

در این بخش واژه‌ها و اصطلاحات با تعاریف زیر به کار می‌رود:

۱۱-۲-۲-۱ **عنصر خازن** (capacitor element)

قطعه‌ای که اساساً شامل دو الکترود می‌باشد که توسط یک ماده عایق (دی‌الکتریک) از هم جدا شده است.

۱۱-۲-۲-۲ **واحد خازن** (capacitor unit)

مجموعه‌ای از یک یا چند عنصر خازن در یک محفظه است که ترمینال‌هایش از محفظه بیرون است.

۱۱-۲-۲-۳ **خازن خود ترمیم‌کننده** (self healing capacitor)

خازنی است که خواص الکتریکی آن بعد از شکست موضعی دی‌الکتریک، به سرعت و به طور اساسی به حالت اولیه برمی‌گردد.

۱۱-۲-۴ خازن غیرخود ترمیم‌کننده (non- self- healing capacitor)
خازنی که در آن ماده عایق (دی‌الکتریک dielectric)، پس از شکست محلی، ترمیم نمی‌شود.

۱۱-۲-۵ بانک خازنی (capacitor bank)
یک گروه از واحدهای خازنی که به صورت الکتریکی به یکدیگر متصل شده باشد تا با هم کار کنند.

۱۱-۲-۶ خازن
در این بخش، واژه خازن هنگامی به کار برده می‌شود که تاکید خاصی روی معانی مختلف خازن یا مجموعه خازن و یا واحد خازن نباشد.

۱۱-۲-۷ تجهیزات خازن
مجموعه‌ای از واحدهای خازنی و ابزار جانبی برای اتصال به مدار

۱۱-۲-۸ وسیله تخلیه خازن
وسیله‌ای که در بین ترمینال‌های خازن و یا شینه‌ها و یا در داخل واحد خازنی قرار داده می‌شود تا هنگام قطع اتصال خازن از منبع، بار ذخیره شده در داخل خازن از راه آن تخلیه گردیده و ولتاژ خازن به صفر برسد.

۱۱-۲-۹ فیوز داخلی یک خازن
فیوزی است که در داخل واحد خازنی به طور سری به یک عنصر یا گروهی از عناصر وصل شده است.

۱۱-۲-۱۰ قطع‌کننده افزایش فشار یک خازن
وسیله قطع‌کننده‌ای است که برای قطع خازن در حالت افزایش غیرعادی فشار داخلی طراحی شده است.

۱۱-۲-۱۱ قطع‌کننده افزایش دمای یک خازن
وسیله قطع‌کننده‌ای است که برای قطع خازن در حالت افزایش غیرعادی دمای داخلی طراحی شده است.

۱۱-۲-۱۲ ترمینال‌های خط
ترمینال‌های خازن که به خطوط متصل می‌شود. در خازن‌های چند فاز، ترمینالی که به خط نول یا زمین متصل می‌گردد جزء ترمینال‌های خط محسوب نمی‌شود.

۱۱-۲-۱۳ ظرفیت اسمی یک خازن (C_N)
مقدار ظرفیت خازنی است که خازن برای آن طراحی شده است.

۱۱-۲-۱۴ خروجی اسمی یک خازن (Q_N)
توان راکتیوی است که از مقادیر اسمی ظرفیت، فرکانس و ولتاژ ناشی می‌شود.

۱۱-۲-۱۵ ولتاژ اسمی یک خازن (U_N)
مقدار موثر ولتاژ متناوب است که خازن برای آن طراحی شده است. در حالتی که خازن‌ها شامل یک یا چند مدار مجزا (از قبیل واحدهای تک‌فاز که برای استفاده در اتصال چندفاز در نظر گرفته شده است، یا واحدهای چند فاز با مدارهای مجزا) باشد، U_N به ولتاژ اسمی هر یک از مدارها نسبت داده می‌شود.

برای خازن‌های چند فاز با اتصالات الکتریکی داخلی بین فازها و برای بانک‌های خازنی چند فاز، U_N به ولتاژ فـاز بـه فاز اطلاق می‌شود.

۱۱-۲-۲-۱۶ فرکانس اسمی یک خازن (F_N)
فرکانسی است که خازن برای آن طراحی شده است.

۱۱-۲-۲-۱۷ جریان اسمی یک خازن (I_N)
مقدار موثر جریان متناوب است که خازن برای آن طراحی شده است.

۱۱-۲-۲-۱۸ تلفات خازن
توان اکتیوی است که در خازن تلف می‌شود.
یادآوری: تلفات تمامی مولفه‌های تولیدکننده تلفات بایستی در نظر گرفته شود برای مثال:
- برای یک واحد، تلفات دی‌الکتریک، فیوزهای داخلی، مقاومت‌های تخلیه داخلی، اتصالات و غیره،
- برای یک بانک خازنی، تلفات واحدها، فیوزهای خارجی، شینه‌ها، راکتورهای تخلیه و کاهنده و غیره.

۱۱-۲-۲-۱۹ تانژانت زاویه تلفات خازن (tg δ)
عبارت است از نسبت مقاومت‌های سری معادل، به راکتانس‌هـای خـازنی یـک خـازن در ولتـاژ و فرکـانس متنـاوب سینوسی تعیین شده.

۱۱-۲-۲-۲۰ بیشینه مقدار مجاز ولتاژ متناوب خازن
بیشینه مقدار موثر ولتاژ متناوب است که خازن می‌تواند در زمان داده شده و در شرایط مشخص شده تحمل نماید.

۱۱-۲-۲-۲۱ بیشینه مقدار مجاز جریان متناوب خازن
بیشینه مقدار موثر جریان متناوب است که خازن می‌تواند در زمان داده شده و در شرایط مشخص شده تحمل نماید.

۱۱-۲-۲-۲۲ دمای هوای محیط
دمای هوا در مکان در نظر گرفته شده برای خازن است.

۱۱-۲-۲-۲۳ دمای هوای خنک‌کننده (خنک‌ساز)
دمای هوای خنک‌کننده تحت شرایط پایدار، در گرم‌ترین وضعیت بانک خازنی، مـابین دو واحـد خـازنی انـدازه‌گیـری می‌شود. اگر فقط یک واحد خازنی در داخل بانک خازنی در مدار قرار گرفته باشد، دمـای هـوای خنـک‌کننـده، دمـای اندازه‌گیری شده در نقطه تقریباً به فاصله ۰/۱ متر از محفظه خازن و ارتفاع دو سوم از پایه می‌باشد.

۱۱-۲-۲-۲۴ شرایط حالت پایدار
تعادل حرارتی به دست آمده توسط خازن در شرایط خروجی ثابت و دمای ثابت هوای محیط می‌باشد.

۱۱-۲-۲-۲۵ ولتاژ باقیمانده
عبارت است از ولتاژی که در ترمینال‌های خازن، در زمان معینی بعد از قطع، باقی می‌ماند.

۱۱-۳ استاندارد و مشخصات فنی خازن‌های قدرت موازی

۱۱-۳-۱ خازن‌های قدرت موازی خود ترمیم‌کننده (shunt power capacitors of the self – healing type)

خازن‌های قدرت موازی از نوع خود ترمیم‌کننده برای سیستم‌های برق متناوب با ولتاژ اسمی تاوخود ۱۰۰۰ ولت و فرکانس ۱۵ تا ۶۰ هرتز باید بر اساس استانداردهای ISIRI 7213-1 و ISIRI 7213-2 یا IEC 60831-1 و IEC 60831-2 طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گیرد.

۱۱-۳-۲ خازن‌های قدرت موازی غیرخود ترمیم‌کننده (shunt power capacitors of the non- self – healing type)

خازن‌های قدرت مواز ی از نوع غیرخود ترمیم‌کننده برای سیستم‌های برق متناوب با ولتاژ اسمی تاوخود ۱۰۰۰ ولت و فرکانس ۱۵ تا ۶۰ هرتز باید بر اساس استانداردهای IEC 60931-1 و IEC 60931-2 طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گیرد.

۱۱-۳-۳ شرایط کار عادی

مقررات استانداردهای فوق شامل خازن‌هایی است که ولتاژ باقیمانده در زمان اعمال ولتاژ از ۱۰ درصد ولتاژ اسمی بیشتر نباشد و در محدوده دمای ۵۰- درجه سلسیوس تا ۵۵+ درجه سلسیوس و حداکثر ارتفاع ۲۰۰۰ متر از سطح دریا به کار می‌رود.

۱۱-۳-۴ طبقه‌بندی دمای کار

۱۱-۳-۴- ۱ رده‌بندی دمای محیط کار خازن بر حسب حروف A، B، C و D همراه با بالاترین مقدار متوسط در کل هر دوره زمانی در جدول ۱۱-۱ ارایه شده است. هر رده از جدول مزبور با یک عدد که بعد از یک حرف لاتین قرار می‌گیرد، مشخص می‌شود. عدد، نشان دهنده کمترین دمای هوای محیطی است که خازن می‌تواند در آن کار کند.

۱۱-۳-۴-۲ کمترین دمای هوای محیط که خازن می‌تواند در آن کار کند، از پنج مقدار ترجیحی شامل ۵+ درجه سلسیوس، ۵- درجه سلسیوس، ۲۵- درجه سلسیوس، ۴۰- درجه سلسیوس، و ۵۰- درجه سلسیوس ممکن است انتخاب شود.
در مواردی که از خازن‌ها در داخل ساختمان استفاده می‌شود، معمولاً حد پایینی ۵- درجه سلسیوس به کار می‌رود.

۱۱-۳-۴-۳ جدول ۱۱-۱ بر اساس شرایط کاری که در آن خازن بر دمای هوای محیط تاثیر ندارد تنظیم شده است.در مواردی که خازن بر دمای محیط تاثیر داشته باشد، تهویه هوا و/ یا انتخاب خازن، باید به گونه‌ای باشد که حدود جدول ۱۱-۱ ثابت باقی بماند. دمای هوای خنک‌کننده در چنین شرایطی، نباید از حدود دمایی جدول مزبور به اندازه ۵ درجه سلسیوس بیشتر شود.

۱۱-۳-۴-۴ هر ترکیب از مقادیر کمینه و بیشینه ممکن است برای طبقه‌بندی دمایی استاندارد یک خازن انتخاب شود. مقادیر طبقه‌بندی‌های ترجیحی مانند مقادیر زیر خواهد بود:

-۴۰/A و -۲۵/A ،-۵/A ،-۵/C

جدول شماره ۱۱-۱: نشان‌های حرفی برای حد بالایی گستره دما

نشان	دمای محیط درجه سلسیوس	
	بیشینه	بالاترین مقدار متوسط در کل هر دوره زمانی: ۲۴ ساعت / یکسال
A	۴۰	۳۰ / ۲۰
B	۴۵	۳۵ / ۲۵
C	۵۰	۴۰ / ۳۰
D	۵۵	۴۵ / ۳۵

۱۱-۳-۵ خازن‌های مورد استفاده باید برای کار عادی در شرایط مشخص شده مناسب بوده و حتی‌المقدور دارای حداقل تلفات باشد.

۱۱-۳-۶ اتصالات خازن باید با استفاده از مواد فساد ناپذیر در برابر شرایط مختلف کار به صورت غیرقابل نفوذ آب‌بندی شود.

۱۱-۳-۷ محفظه خازن و تمامی اجزای فلزی آن که در معرض هوا قرار می‌گیرد مانند پیچ‌ها، مهره‌ها، ترمینال‌ها و غیره باید در برابر زنگ‌زدگی و خوردگی و سایر عوامل فاسدکننده مقاوم باشد.

۱۱-۳-۸ محفظه فلزی خازن باید مجهز به وسیله مناسبی برای اتصال الکتریکی مطمئن به بدنه باشد تا بدان وسیله بتوان محفظه خازن را در پتانسیل ثابتی نگه‌داری کرد.

۱۱-۳-۹ نشانه‌گذاری واحد خازن

۱۱-۳-۹-۱ پلاک مشخصات مقادیر اسمی

هر واحد خازن باید دارای یک پلاک شناسایی از جنس فولاد گالوانیزه، یا دیگر مواد ضد آب و فسادناپذیر باشد. پلاک مزبور باید حاوی اطلاعات زیر به صورت حکاکی یا مشابه آن بوده و به گونه‌ای نصب شود که به آسانی قابل رویت باشد.

الف) نام سازنده خازن

ب) شماره شناسایی و سال ساخت (سال ساخت ممکن است بخشی از شماره شناسایی یا به صورت یک کد باشد)

پ) قدرت خروجی (Q_N) بر حسب کیلووار(K var)

ت) ولتاژ اسمی (U_N) بر حسب ولت (v) یا کیلوولت (kv)

ث) فرکانس اسمی (F_N) بر حسب هرتز (H_z)

ج) طبقه‌بندی دما

چ) وسیله تخلیه، در صورتی که در داخل خازن باشد باید به صورت نوشتاری، یا با علامت —[ ]— یا با مقدار مقاومت اسمی بر حسب کیلواهم (kΩ) یا مگااهم (MΩ) نشان داده شود.

ح) طرح خودترمیمی: "SH" یا ⇄ **یا** «خودترمیم‌کننده»

خ) در خازن‌های سه‌فاز، نوع اتصال فازها به یکدیگر باید به وسیله یکی از علایم زیر نشان داده شود:

مثلث: △

ستاره: Y

ستاره با سیم خنثی: Y یا YN

سه بخش بدون اتصال داخلی: III

توان واحدهای خازنی سه فاز باید به صورت توان سه‌فاز ارایه شود.

د) فیوزهای داخلی، اگر وجود داشته باشد، باید به صورت نوشتاری یا با علامت ⊣═══⊢ نشان داده می‌شود.

ذ) مشخص نمودن قطع‌کننده اضافه فشار و حرارت (در صورت وجود)

ر) سطح عایقی U_i بر حسب کیلوولت(kv). تنها در مورد واحدهایی که تمامی ترمینال‌های آن نسبت به محفظه عایق شده باشد.

سطح عایقی باید به وسیله دو رقم که توسط یک خط مورب (/) از هم جدا شده‌اند، نشانه‌گذاری شود. رقم اول مقدار موثر ولتاژ آزمون را بر حسب کیلوولت و رقم دوم عدد مقدار اوج ولتاژ آزمون آذرخش را بر حسب کیلوولت نشان می‌دهد (مانند ۳/۱۵ کیلوولت)

ز) شماره استاندارد مرجع

۱۱-۳-۹-۲ پلاک هشداردهنده

در مواردی که خازن‌ها با فرآورده‌هایی پر شود که نباید در محیط پراکنده شود، خازن باید برابر مقررات مربوط علامت‌گذاری شود.

۱۱-۳-۱۰ نشانه‌گذاری بانک خازنی

حداقل اطلاعات زیر باید توسط سازنده در برگه راهنما یا به صورت دیگر بنا به درخواست خریدار بر روی یک پلاک مقادیر مجاز ارایه شود:

الف) نام سازنده

ب) قدرت خروجی اسمی (Q_N) بر حسب کیلووار(K var)

(کل قدرت خروجی باید ارایه شود)

پ) ولتاژ اسمی (U_N) بر حسب ولت (v)

ت) علامت اتصال

(برای علامت اتصال به بند ۱۱-۳-۹-۱ مراجعه شود. علامت اتصال ممکن است بخشی از یک نمودار ساده شده اتصالات باشد)

ث) کمینه زمان لازم بین قطع و وصل مجدد بانک خازن

ج) وزن بر حسب کیلوگرم (kg)

یادآوری: انتخاب بین یک پلاک مقادیر مجاز و برگه راهنما در اختیار خریدار خواهد بود.

۱۱-۳-۱۱ اضافه بار مجاز

۱۱-۳-۱۱-۱ ولتاژهای طولانی مدت

واحدهای خازنی باید برای کار در سطوح ولتاژ مطابق با جدول ۱۱-۲ مناسب باشد.

جدول شماره ۱۱-۲: سطوح ولتاژکاری (قابل قبول)

نوع	ضریب ولتاژ× U_N مقدار موثر	بیشینه مدت زمان	ملاحظات
فرکانس قدرت	۱/۰۰	دایم	بالاترین مقدار متوسط در هر دوره از اعمال ولتاژ به خازن، برای دوره‌های تناوب اعمال ولتاژ کمتر از ۲۴ ساعت، ولتاژهای خاصی به صورت زیر اعمال می‌شود. (به بند ۱۱-۸-۱ مراجعه شود.)
فرکانس قدرت	۱/۱۰	۸ ساعت در هر ۲۴ ساعت	تغییر و تنظیم ولتاژ سیستم
فرکانس قدرت	۱/۱۵	۳۰ دقیقه در هر ۲۴ ساعت	تغییر و تنظیم ولتاژ سیستم
فرکانس قدرت	۱/۲۰	۵ دقیقه	صعود ولتاژ دربارکم(به بند ۱۱-۸-۱ مراجعه شود)
فرکانس قدرت	۱/۳۰	۱ دقیقه	
فرکانس قدرت به علاوه هارمونیک‌ها	به طوری که جریان از مقدار ارایه شده در بند ۱۱-۳-۱۱-۳ تجاوز ننماید.		

۱۱-۳-۱۱-۲ ولتاژهای کلیدزنی

قطع و وصل یک بانک خازنی، توسط یک کلید خودکار محدودکننده، معمولاً باعث اضافه ولتاژ گذرا می‌شود. اولین اوج این اضافه ولتاژ در مدت نصف دوره تناوب از $2\sqrt{2}$ برابر ولتاژ اعمالی (مقدار موثر) تجاوز نمی‌نماید. حدود ۵۰۰۰ قطع و وصل در سال تحت این شرایط مجاز است.

۱۱-۳-۱۱-۳ بیشینه جریان مجاز

واحدهای خازنی باید برای کار پیوسته در جریان موثر خط معادل با ۱/۳ برابر جریانی که تحت ولتاژ اسمی سینوسی و فرکانس اسمی، به غیر از حالت‌های گذرا به وجود می‌آید، مناسب باشد. با احتساب رواداری‌های ظرفیت خازنی معادل با ۱/۱۵ برابر ظرفیت اسمی (C_N)، بیشینه جریان می‌تواند به ۱/۵ برابر جریان اسمی (I_N) برسد.

۱۱-۳-۱۲ تابلو اتصال کابل

تابلو اتصال کابل باید از ورق آهن با حداقل ضخامت ۱/۵ میلی‌متر و ابعاد مناسب و مشابه سایر اجزای سیستم اصلاح ضریب قدرت ساخته شده و شامل سه عدد فیوز کاردی با قدرت متناسب با ظرفیت شدت جریان سیستم باشد.

۱۱-۳-۱۳ دستگاه رگولاتور

تابلوی دستگاه رگولاتور باید از ورق آهن با حداقل ضخامت ۱/۵ میلی‌متر و ابعاد مناسب و مشابه سایر اجزای سیستم اصلاح ضریب قدرت ساخته شده و شامل رگولاتور نوع الکترونیکی با ولتاژ اسمی ۳۸۰/۲۲۰ ولت و فرکانس ۵۰ هرتز و قدرت قطع حداقل ۲۵۰۰ ولت آمپر و مناسب برای اتصال به ترانسفورماتور جریان با جریان ثانویه ۵ آمپر و با تعداد

مراحل لازم (۳ الی ۱۹ مرحله) به منظور زیر بار آوردن خازن‌ها، به انضمام کلید سلکتور سه مرحله‌ای اتوماتیک– خاموش– دستی ۶ آمپری، چراغ‌های سیگنال و یک دستگاه کسینوس فی‌متر می‌باشد.

۱۱-۳-۱۴ تابلوی فرمان

تابلوی فرمان باید از ورق آهن با حداقل ضخامت ۱/۵ میلی‌متر و ابعاد مناسب و مشابه سایر اجزای سیستم اصلاح ضریب قدرت به نحوی ساخته شود که بتوان خازن‌ها را به سهولت در زیر آن نصب نمود. این تابلو شامل کنتاکتور یک و یا سه پل خشک بوبین‌دار با ظرفیت قدرت مناسب، دکمه فشاری دوبل برای قطع و وصل کنتاکتور در حالت دستی، فیوزهای فشنگی نوع تابلویی، چراغ‌های سیگنال و ترمینال‌های مربوط می‌باشد.

۱۱-۳-۱۵ وسیله تخلیه خازن

۱۱-۳-۱۵-۱ هر دستگاه خازن باید توسط یک وسیله تخلیه شارژ الکتریکی که مستقیماً به طور ثابت به آن وصل است مجهز باشد. این وسیله باید در مدت ۳ دقیقه ولتاژ را از اوج ولتاژ اصلی معادل با $\sqrt{2}$ برابر ولتاژ اسمی (U_N) به ۷۵ ولت یا کمتر کاهش دهد. چنانچه این وسیله مستقیماً به دستگاه‌های الکتریکی دیگر وصل باشد، یک مدار تخلیه را تشکیل می‌دهد. در مسیر مدار تخلیه خازن نباید کلید قطع‌کننده، فیوز کات اوت یا خازن‌های سری قرار گیرد.

۱۱-۳-۱۵-۲ مدارهای تخلیه بایستی دارای ظرفیت کافی برای عبور جریان برای تخلیه خازن از اوج اضافه ولتاژ برابر ۱/۳ برابر ولتاژ اسمی برابر بند ۱۱-۳-۱۱-۲ باشد.

۱۱-۳-۱۵-۳ در صورتی که خازن‌ها در فواصل کم کلیدزنی شود، وسایل حفاظتی باید طوری انتخاب گردد که هنگام وصل مجدد خازن به ولتاژ، ولتاژ ترمینال‌های خازن، از ۱۰٪ ولتاژ نامی بیشتر نباشد.

۱۱-۳-۱۵-۴ وسیله تخلیه نباید به عنوان جانشین برای اتصال کوتاه نمودن ترمینال‌های خازن به یکدیگر یا به زمین، که هنگام سرویس و قبل از دست زدن به آن باید انجام شود، مورد استفاده قرار گیرد، زیرا ممکن است به علت قطع اتصالات داخلی بین واحدهای خازنی سری شده و یا قطع فیوز آن، بار الکتریکی همچنان در واحدهای خازنی باقی مانده باشد.

۱۱-۳-۱۶ اتصالات محفظه

به منظور ثابت نگاه‌داشتن پتانسیل محفظه فلزی خازن‌ها به گونه‌ای که محفظه بتواند در صورت بروز شکست جریان خطا را از خود عبور دهد، محفظه فلزی باید مجهز به اتصالی لازم برای عبور جریان خطا باشد.

۱۱-۳-۱۷ حفاظت‌های محیطی

در مواردی که خازن‌ها با فرآورده‌های زیان‌آور برای محیط زیست پر شده باشد، واحدها و بانک‌های خازنی باید برای این منظور نشانه‌گذاری شده باشد.

۱۱-۴ آزمون‌های خازن

کلیه خازن‌های مورد استفاده باید بر حسب مورد برابر مقررات و روش‌های آزمون مندرج در نشریه‌های زیر مورد آزمون‌های جاری و نوعی قرار گیرد:

۱۱-۴-۱ خازن‌های قدرت موازی از نوع خود ترمیم‌کننده برابر استانداردهای ISIRI 7213-1,2 یا IEC 60831-1, 2 یا مشابه آن.

۱۱-۴-۲ خازن‌های قدرت موازی از نوع غیر خود ترمیم‌کننده برابر استانداردهای IEC 60931-1, 2 یا مشابه آن.

۱۱-۴-۳ آزمون‌های جاری (routine tests)

این گونه آزمون‌ها که برای هر خازن پس از اتمام کار ساخت در کارخانه انجام می‌شود شامل موارد زیر خواهد بود:

الف) اندازه‌گیری ظرفیت خازنی و محاسبه خروجی

ب) اندازه‌گیری تانژانت زاویه تلفات ($tg\delta$) خازن

پ) آزمون ولتاژ بین ترمینال‌ها

ت) آزمون ولتاژ بین ترمینال‌ها و محفظه

ث) آزمون وسیله تخلیه‌کننده داخلی

ج) آزمون درزبندی

آزمون‌های جاری باید روی هر یک از خازن‌ها، قبل از تحویل، توسط سازنده انجام گیرد.

در صورت درخواست خریدار، سازنده موظف است که گواهی نتایج آزمون‌های جاری را ارایه نماید.

۱۱-۴-۴ آزمون‌های نوعی (type tests)

آزمون‌های نوعی، که برای تایید درستی طرح خازن و مطابقت آن در عمل با کلیه مشخصات ذکر شده در مقررات استاندارد می‌باشد، شامل موارد زیر است:

الف) آزمون‌های پایداری حرارتی

ب) اندازه‌گیری تانژانت زاویه تلفات ($tg\delta$) خازن پس از پایداری دما

پ) آزمون ولتاژ بین ترمینال‌ها

ت) آزمون ولتاژ بین ترمینال‌ها و محفظه

ث) آزمون ولتاژ لحظه‌ای آذرخش بین ترمینال‌ها و محفظه

ج) آزمون تخلیه

چ) آزمون کهنگی

ح) آزمون خود ترمیمی

خ) آزمون تخریب

آزمون‌های نوعی باید به وسیله کارخانه سازنده قبل از تحویل خازن‌ها انجام گرفته و نتایج جزییات آن در صورت درخواست خریدار به صورت یک گواهی‌نامه به وی ارایه شود. این نوع آزمون‌ها باید بر روی یک خازن نمونه که از بین یک سری از خازن‌ها با مشخصات یکسان انتخاب شده باشد، انجام گیرد.

۱۱-۵ توان واحدهای خازنی فشار ضعیف و روش محاسبه خازن مورد نیاز

۱۱-۵-۱ توان واحدهای خازنی فشار ضعیف، با توجه به میزان خازن مورد نیاز، و تعداد پله‌های خازنی برای کلیدزنی اتوماتیک تعیین شده و آن گاه، با توجه به اندازه واحدهای خازنی که به وسیله سازندگان تولید می‌شود، خازن مورد نیاز مناسب انتخاب می‌گردد.

۱۱-۵-۲ روش محاسبه خازن مورد لزوم برای حذف توان راکتیو

برای حذف مصرف راکتیو قدرت خازن باید به اندازه‌ای باشد که $\cos\varphi$ را به حدود ۰/۹ تا ۱/۰ برساند. از لحاظ تئوری وقتی $\cos\varphi = 1$ باشد مصرف راکتیو کاملاً از بین رفته است. بنابراین:

الف) $\cos\varphi$ با استفاده از دو فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$\frac{\text{مصرف راکتیو(کیلووار ساعت)}}{\text{مصرف اکتیو(کیلووات ساعت)}} = t\,an\varphi \Rightarrow \cos\varphi = \frac{1}{\sqrt{1+\tan^2\varphi}}$$

ب) با احتساب $\cos\varphi$ قدرت اکتیو از فرمول زیر قابل محاسبه است:

$$\text{(قدرت اکتیو)}P_W = \sqrt{3} \times \text{(ولتاژ)}\ U \times \text{(آمپر)}\ I \times \cos\varphi$$

پ) ضریب F با کمک جدول شماره ۱۱-۳ به این ترتیب پیدا می‌شود که مثلاً اگر بخواهیم $\cos\varphi$ را از ۰/۶۰ به حدود ۱ و یا به ۰/۹۴ برسانیم، در ردیف مربوط به ۰/۶۰ پیش می‌رویم، تا به ستون ۰/۹۴ برسیم. به این ترتیب ضریب F را برابر با ۰/۹۷ خواهیم یافت.

ت) با پیداکردن ضریب F مقدار خازن از فرمول زیرمحاسبه می‌شود:

$$\text{(قدرت خازن)}\ P_C = \text{(قدرت اکتیو)}\ P_W \times F$$

۱۱-۶ وسایل قطع و وصل و حفاظت خازن‌های فشار ضعیف

۱-۶-۱۱ در مواردی که بارهای خیلی کوچک الکتریکی با تغذیه فشار ضعیف مطرح باشد، برای تنظیم توان راکتیو ممکن است از سیستم کنترل دستی استفاده شود. وسایل کلیدی و حفاظت در این گونه سیستم‌ها شامل کلیدهای هوایی قابل قطع در زیر بار[1] همراه با فیوزهای نوع HRC[2]، و یا کلید فیوز خواهد بود. در این گونه موارد ظرفیت کلید فیوز باید با احتساب ضریب ۱/۵ درجریان نامی خازن تعیین شود.

۲-۶-۱۱ در مواردی که از سیستم کنترل خودکار استفاده می‌شود، برای انتخاب کنتاکتور مناسب باید پارامترهای حرارتی آن را، که در حداکثر جریان خازن به دست می‌آید، در ضریب ۰/۸ ضرب نمود تا در نتیجه پارامترهای لازم برای انتخاب کنتاکتور حاصل شود. در این صورت کنتاکتور قابلیت عبور جریان تا ۲۵ درصد بیشتر از جریان نامی خازن را خواهد داشت. همچنین برای حفاظت مطمئن در برابر اتصال کوتاه، باید کنتاکتور با استفاده از فیوز HRC به شبکه متصل شود. اندازه این نوع فیوزها نیز با اعمال ضریب ۱/۵ در جریان نامی خازن تعیین می‌گردد.

۳-۶-۱۱ در مواردی که تغذیه بارهای فشار ضعیف به وسیله چندین پست توزیع انجام می‌شود، استفاده از کنترل خودکار محلی در هر پست، برای خازن‌ها، عموماً اقتصادی‌تر از به کار بردن یک سیستم کنترل مرکزی در ورودی برق مجموعه خواهد بود.

1. On load air-break isolating switch
2. High rupturing capacity

جدول ۱۱-۳: تعیین ضریب F و محاسبه قدرت خازن لازم (کیلووار) برای اصلاح ضریب قدرت

فاکتور F = کیلوولت آمپرموردنیاز به صورت درصد بار موثر نصب شده به کیلووات																	
ضریب قدرت واقعی $\cos\varphi_1$	قدرت ضریب مورد نیاز ($\cos\varphi_2$)																
	۱	۰/۹۸	۰/۹۶	۰/۹۴	۰/۹۲	۰/۹۰	۰/۸۷۵	۰/۸۵	۰/۸۲۵	۰/۸	۰/۷۷۵	۰/۷۵	۰/۷	۰/۶۵	۰/۶	۰/۵۵	۰/۵
۰/۴	۲۳۰	۲۱۰	۲۰۱	۱۹۴	۱۸۷	۱۸۲	۱۷۵	۱۶۸	۱۶۱	۱۵۵	۱۴۹	۱۴۲	۱۲۸	۱۱۳	۹۶	۷۸	۵۷
۰/۴۵	۱۹۸	۱۷۷	۱۶۸	۱۶۱	۱۵۵	۱۴۹	۱۴۲	۱۳۶	۱۲۹	۱۲۳	۱۱۶	۱۱۰	۹۶	۸۱	۶۴	۴۶	۲۴
۰/۵	۱۷۳	۱۵۳	۱۴۴	۱۳۷	۱۳۰	۱۲۵	۱۱۸	۱۱۱	۱۰۴	۹۸	۹۲	۸۵	۷۱	۵۶	۴۰	۲۱	
۰/۵۵	۱۵۲	۱۳۲	۱۲۳	۱۱۶	۱۰۹	۱۰۴	۹۷	۹۰	۸۳	۷۷	۷۱	۶۴	۵۰	۳۵	۱۹		
۰/۶	۱۳۳	۱۱۳	۱۰۴	۹۷	۹۱	۸۵	۷۸	۷۱	۶۵	۵۸	۵۲	۴۶	۳۲	۱۶			
۰/۶۵	۱۱۷	۹۷	۸۸	۸۱	۷۴	۶۹	۶۲	۵۵	۴۸	۴۲	۳۶	۲۹	۱۵				
۰/۷	۱۰۲	۸۱	۷۳	۶۶	۵۹	۵۴	۴۶	۴۰	۳۳	۲۷	۲۰	۱۴					
۰/۷۲۵	۹۵	۷۵	۶۶	۵۸	۵۲	۴۶	۳۹	۳۳	۲۶	۲۰	۱۳	۷					
۰/۷۵	۸۸	۶۷	۵۹	۵۲	۴۵	۴۰	۳۳	۲۶	۱۹	۱۳	۶/۵						
۰/۷۷۵	۸۱	۶۱	۵۲	۴۵	۳۹	۳۳	۲۶	۱۹	۱۲	۶/۵							
۰/۸	۷۵	۵۴	۴۶	۳۹	۳۲	۲۷	۱۹	۱۳	۶								
۰/۸۲۵	۶۹	۴۸	۴۰	۳۳	۲۶	۲۱	۱۴	۷									
۰/۸۵	۶۲	۴۲	۳۳	۲۶	۱۹	۱۴	۷										
۰/۸۷۵	۵۵	۳۵	۲۶	۱۹	۱۳	۷											
۰/۹	۴۸	۲۸	۱۹	۱۲	۶												
۰/۹۲	۴۲	۲۲	۱۳	۶													
۰/۹۴	۳۶	۱۶	۷														
۰/۹۶	۲۹	۹															
۰/۹۸	۲۰																
۰/۹۹	۱۴																

قدرت خازن لازم(kvar) برای تصحیح $\cos\varphi_1$ به $\cos\varphi_2$ برابر است با (قدرت آکتیو × F)

مثال: برای اصلاح ضریب قدرت ۰/۶($\cos\varphi_1$) به ۰/۹۶ ($\cos\varphi_2$) در کارخانه‌ای با ۲۰۰ کیلوولت آمپر بار موثر طبق جدول فوق فاکتور F=۱۰۴ درصد خواهد بود.

۲۰۰ ×۰/۶ × ۱۰۴٪=۱۲۵Kvar

۱۱-۷ روش‌های کنترل خودکار توان راکتیو

۱-۷-۱۱ کنترل و تنظیم خودکار میزان خازن‌های فشار ضعیف در مدار، معمولاً با توجه به کاربرد ممکن است با استفاده از رله‌های حساس به توان راکتیو، رله‌های حساس به جریان و یا به وسیله کلیدهای زمانی صورت گیرد.

۲-۷-۱۱ در مواردی که تغییرات ضریب توان دایمی و ناگهانی بوده و در شرایط مختلف بار یک ضریب توان ثابت یا با انداک تغییرات موردنظر باشد باید از رله‌های حساس به توان راکتیو استفاده شود.این نوع رله که در جبران‌سازهای مرکزی مورد استفاده قرار می‌گیرد، بهترین روش برای کنترل خودکار خازن‌های فشارضعیف می‌باشد.

۳-۷-۱۱ در مواردی که مصرف‌کننده‌های صنعتی کوچک یا جبران‌کننده‌های گروهی موردنظر باشد استفاده از رله‌های جریان قابل توصیه است.

۴-۷-۱۱ در صورتی که بار یکنواخت و قابل پیش‌بینی مطرح باشد مانند برخی کارخانه‌های کوچکی که دارای این گونه مصرف‌کننده‌هایی است، رله‌های زمانی ممکن است به کار رود.

۱۱-۸ اصول و روش‌های نصب

۱۱-۸-۱ شرایط کارکرد خازن‌ها

۱۱-۸-۱-۱ با توجه به این که از طرفی خازن‌های موازی برخلاف اغلب لوازم الکتریکی، در بار کامل یا در بارهایی که صرفاً به علت تغییرات فرکانس و ولتاژ نسبت به بار کامل انحراف دارد به صورت پیوسته کار می‌کند و از جانب دیگر اضافه فشار و اضافه دما عمر خازن را کاهش می‌دهد، بنابراین شرایط کارکرد خازن‌ها (یعنی دما، ولتاژ و جریان) بایددقیقاً کنترل شود.

۱۱-۸-۱-۲ انتخاب ولتاژ اسمی

ولتاژ اسمی خازن باید حداقل برابر ولتاژ کار شبکه‌ای که در آن نصب می‌شود و با احتساب اثر خود خازن انتخاب شود. در مواردی که اختلاف قابل توجهی بین ولتاژ کار و ولتاژ اسمی شبکه وجود داشته باشد، جزییات آن باید توسط خریدار به سازنده ارائه شود.

۱۱-۸-۱-۳ محاسبه ولتاژ در ترمینال‌های خازن

ولتاژ مورد انتظار در ترمینال‌های خازن باید با توجه به موارد زیر محاسبه شود:

الف) خازن‌های با اتصالات موازی ممکن است باعث افزایش ولتاژ از منبع تا نقطه‌ای که خازن در آن قرار دارد، بشود. این افزایش ممکن است به علت وجود هارمونیک‌ها بیشتر شود. بنابراین خازن‌ها در معرض کار در ولتاژی بیش از ولتاژ اندازه‌گیری شده قبل از اتصال آن قرار می‌گیرد.

ب) ولتاژ ترمینال‌های خازن ممکن است در شرایط بار کم به طور ویژه‌ای افزایش یابد. در این گونه موارد برخی یا تمامی خازن‌ها باید از مدار خارج شود تا از اضافه فشار بر خازن‌ها و افزایش ولتاژ شبکه جلوگیری شود. به طور کلی، تنها در حالت اضطراری، خازن‌ها ممکن است در بیشینه مقدار مجاز ولتاژ و بیشینه دمای محیط، و فقط برای کوتاه‌مدت، به طور همزمان کار کند.

۱۱-۸-۲ دمای کار

۱۱-۸-۲-۱ دمای کار خازن تاثیر بسیاری در دوام و عمر آن دارد و عامل تعیین‌کننده، دمای گرم‌ترین نقطه درون خازن است که اندازه‌گیری مستقیم آن در عمل ممکن نیست، بنابراین دمای هوای خنک‌کننده (بند فرعی ۱۱-۲-۲-۲۳) باید ملاک دمای مطلوب خازن قرار گیرد، به این ترتیب که میانگین آن در طول یک ساعت نباید ۵ درجه سانتی‌گراد بیش از دمای محیط (ستون دوم جدول ۱۱-۱) باشد.

۱۱-۸-۲-۲ خازن‌ها باید به گونه‌ای نصب شود که حرارت ناشی از تلفات خازن به وسیله تابش و تبادل حرارتی انتقال یافته و در نتیجه دمای خازن از حد مشخصی بالاتر نرود، بنابراین نکات زیر باید مورد توجه قرار گیرد:

الف) تهویه اتاقی که خازن‌ها در آن نصب می‌شود و نیز ترتیب گردش هوا در اطراف هر واحد خازن باید مدنظر قرار گیرد. این امر به ویژه هنگامی که واحدهای خازن بر روی یکدیگر قرار می‌گیرد از اهمیت خاصی برخوردار است.

ب) در مواردی که دمای خازن‌ها بر اثر تابش خورشید یا هر منبع حرارتی دیگر افزایش می‌یابد، برای کنترل دما باید با توجه به دمای هوای خنک‌کننده و همچنین شدت و مدتی که خازن‌ها در برابر تابش قرار می گیرد، یکی از روش‌های زیر مورد استفاده قرار گیرد:

- حفاظت خازن‌ها در برابر تابش خورشید یا منبع حرارتی
- انتخاب خازن‌هایی که برای دمای محیط بالاتر طراحی شده باشد.
- استفاده از خازن‌هایی با ولتاژ نامی بالاتر (در این حالت کاهش توان راکتیو خازن‌ها نیز باید منظور شود).

۱۱-۸-۳ شرایط کاری خاص

علاوه بر شرایط غالب، شامل هر دو حد طبقه‌بندی دما، مهم‌ترین شرایطی که سازنده باید از آن آگاه شود به قرار زیر است:

الف) رطوبت نسبی بالا

در مواردی که رطوبت نسبی بالا باشد ممکن است استفاده از مقره‌هایی با طراحی خاص ضروری باشد. همچنین باید به امکان ایجاد مسیر موازی با فیوزهای خارجی از طریق رطوبتی که بر روی سطح آن قرار می‌گیرد توجه شود.

ب) رشد سریع کپک

رشد کپک بر روی فلزات، مواد سرامیکی و برخی از انواع رنگ‌ها و لاک‌ها صورت نمی‌گیرد. برای سایر مواد، رشد کپک ممکن است در مکان‌های مرطوب به ویژه محل‌هایی که گرد و خاک وجود دارد صورت گیرد. استفاده از فرآورده‌های ضد تولید قارچ می‌تواند رفتار این مواد را بهبود بخشد ولی چینین فرآورده‌هایی نمی‌تواتد خاصیت سمی خود را بیشتر از دوره معینی حفظ نماید.

پ) فضای خورنده

فضای خورنده در محیط‌های صنعتی و ساحلی ممکن است وجود داشته باشد. بایستی دقت شود که در هوای با دمای بالاتر، اثرات چنین فضای خورنده‌ای ممکن است شدیدتر باشد. هواهای خورنده با درجه بالاتر ممکن است حتی در تاسیسات داخلی ساختمان نیز وجود داشته باشد.

ت) آلودگی

در مواردی که خازن‌ها در محلی با درجه آلودگی بالا نصب می‌شود، احتیاط‌های خاصی باید به عمل آید.

ث) ارتفاع بالاتر از ۲۰۰۰ متر

خازن‌هایی که در ارتفاع بالاتر از ۲۰۰۰ متر از سطح دریا استفاده می‌شود تابع شرایط خاصی خواهد بود. انتخاب نوع خازن در این گونه موارد باید بر اساس توافق بین خریدار و سازنده صورت گیرد.

۱۱-۸-۴ شرایط محل نصب

۱۱-۸-۴-۱ محل نصب خازن‌های طراحی شده برای فضاهای داخلی باید تمیز و خشک بوده و دارای تهویه مناسب باشد. خازن‌های مورد استفاده در فضاهای باز باید از نوع مناسب برای فضای آزاد باشد.

۱۱-۸-۴-۲ در مناطق گرمسیری، علاوه بر دمای زیاد محیط، شرایط نامناسب دیگری مانند رطوبت نسبی زیاد و متناوب، امکان رشد سریع کپک، ایجاد خوردگی در اثر عوامل جوی موجود در مناطق صنعتی و ساحلی، و حمله حشرات موذی ممکن است وجود داشته باشد، در این گونه موارد خریدار باید هنگام سفارش خازن‌ها و لوازم جانبی آن، شرایط نامبرده را به اطلاع سازندگان مربوط برساند.

۱۱-۸-۴-۳ در محیط‌های مخاطره‌آمیز که به علت وجود گازها، بخارها، غبارها و مایعات قابل اشتعال، الیاف و رشته‌های آتشگیر و مانند آن، امکان به وجود آمدن آتش‌سوزی و انفجار در اثر جرقه، قوس الکتریکی و دمای بیش از حد بسیار است، خازن‌ها و دیگر لوازم و تجهیزات الکتریکی باید برابر یکی از استانداردهای شناخته شده بین‌المللی همچون NEC و IEC و مانند آن، از نوع تایید شده و متناسب با مکان مورد استفاده، انتخاب و به کار گرفته شود.

۱۱-۸-۵ نصب مجموعه سیستم اصلاح ضریب قدرت

۱۱-۸-۵-۱ مجموعه یک سیستم اصلاح ضریب قدرت خودکار که شامل تابلوی اتصال کابل، تابلوی دستگاه رگولاتور، تابلوهای فرمان و خازن‌های صنعتی می‌باشد به وسیله کارخانه سازنده روی یک شاسی نصب و به صورت یک واحد در محل نصب قرار داده می‌شود.

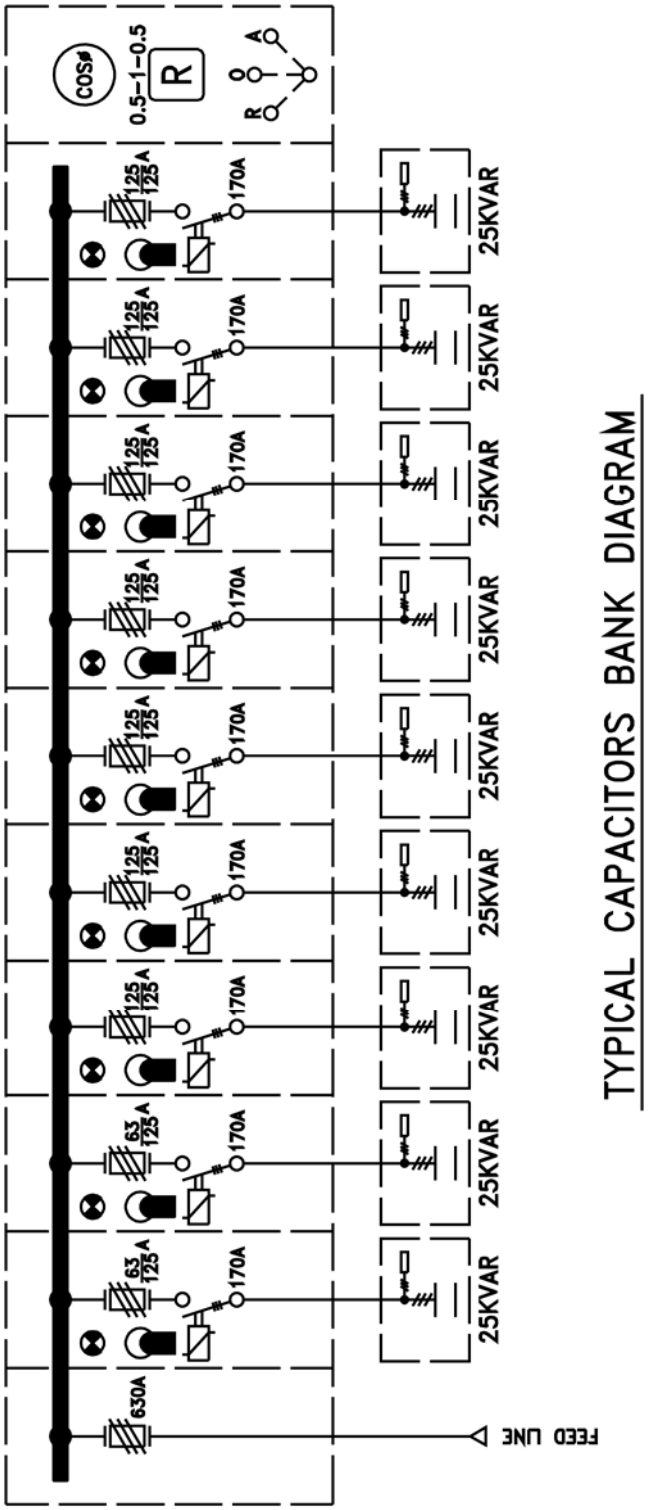
۱۱-۸-۵-۲ برای نصب مجموعه سیستم اصلاح ضریب قدرت مزبور روی زمین، باید در قسمت پایین شاسی مربوط (قسمتی که روی زمین قرار می‌گیرد) سوراخ‌هایی پیش‌بینی و تعبیه شده و با استفاده از رول بولت(roll bolt) به زمین متصل شود.

۱۱-۸-۵-۳ برای کابل‌کشی از تابلوی اصلی تا زیر تابلوی اتصال کابل سیستم اصلاح ضریب قدرت باید کانال مناسبی پیش‌بینی و تعبیه شود.

۱۱-۸-۵-۴ طرز استقرار یک مجموعه خازن‌های اصلاح ضریب قدرت نمونه در شکل ۱۱-۱ نشان داده شده است.

۱۱-۹ نشانه‌های ترسیمی الکتریکی

نشانه‌های ترسیمی خازن‌های صنعتی و یکسوسازها در جدول ۱۲-۱ ارایه شده است.



شکل ۱۱-۱: شماتیک تابلوی خازن‌های تصحیح ضریب قدرت

فصل ۱۲

منابع تغذیه جریان مستقیم با ولتاژ پایین

مشخصات فنی عمومی و اجرایی

تأسیسات برقی ساختمان

نشریه ۱-۱۱۰ (تجدید نظر دوم)

۱۲ منابع تغذیه جریان مستقیم با ولتاژ پایین

فهرست

شناسه	عنوان	صفحه
۱-۱۲	دامنه پوشش	۱ از ۱۲
۲-۱۲	تعاریف	۱ از ۱۲
۳-۱۲	استانداردها و مشخصات فنی منابع تغذیه برق مستقیم	۲ از ۱۲
٤-۱۲	الزامات آزمون	۹ از ۱۲
۵-۱۲	اصول و روش‌های نصب	۱۰ از ۱۲
۶-۱۲	نشانه‌های ترسیمی الکتریکی	۱۲ از ۱۲

۱۲-۱ دامنه پوشش

۱۲-۱-۱ در این بخش مشخصات فنی عمومی و اجرایی منابع تغذیه جریان مستقیم با ولتاژ پایین که به منظور استفاده مستقیم و یا شارژ باتری سیستم‌های مختلف به کار می‌رود ارایه شده است. در این مبحث همچنین استانداردهای ساخت منابع تغذیه پایا با خروجی مستقیم نیز تصریح شده است.

۱۲-۱-۲ منابع تغذیه برق مستقیم که در این بخش مورد بررسی قرار می‌گیرد عمدتاً یکسوسازهایی است که در ساختمان‌ها و ابنیه برای شارژ باتری‌ها و منابع مستقل تامین‌کننده نیروی برق مستقیم مورد نیاز سیستم‌های اعلام و اطفای حریق، ساعت مرکزی، وسایل ارتباطی، سیستم‌های حفاظتی و روشنایی اضطراری به کار می‌رود.

۱۲-۱-۳ یکسوکننده‌ها ممکن است به صورت مجموعه‌ای از ورقه‌های سلنیوم و یا به صورت دیود از جنس سیلیکون ساخته شده باشد.

۱۲-۲ تعاریف

۱۲-۲-۱ **منبع برق** (source)
منشا انرژی الکتریکی است. در این بخش این واژه به برق ورودی دستگاه گفته می‌شود.

۱۲-۲-۲ **پایاسازی** (stabilization)
کاهش اثر کمیت‌های تاثیرگذار است بر کمیت خروجی منبع تغذیه توسط خود دستگاه

۱۲-۲-۳ **منبع تغذیه پایا** (stabilized power supply)
دستگاهی که انرژی الکتریکی را از منبع برق گرفته و آن را به صورت پایا به یک یا چند جفت ترمینال خروجی می‌دهد.

۱۲-۲-۳-۱ **منبع تغذیه ولتاژ ثابت** (constant voltage power supply)
منبع تغذیه‌ای که ولتاژ خروجی آن علی‌رغم تغییرات کمیت‌های تاثیرگذار پایا می‌ماند.

۱۲-۲-۳-۲ **منبع تغذیه جریان ثابت** (constant current power supply)
منبع تغذیه‌ای که جریان خروجی آن علی‌رغم تغییرات کمیت‌های تاثیرگذار پایا می‌ماند.

۱۲-۲-۳-۳ **منبع تغذیه ولتاژ ثابت/جریان ثابت** (constant voltage/constant current power supply)
منبغ تغذیه‌ای که بسته به شرایط بار به صورت منبع تغذیه ولتاژ ثابت یا منبع تغذیه جریان ثابت عمل می‌کند.

۱۲-۲-۴ **سلول یکسوساز نیمه‌هادی** (semiconductor rectifier cell)
وسیله یکسوسازی اولیه شامل ترکیبی از نیمه‌هادی‌ها، یا یک نیمه‌هادی و یک فلز در تماس با یکدیگر، که بر حسب قطب‌های ولتاژ اعمال‌شده، دارای رسانایی نامتقارن باشد.

۱۲-۲-۵ پشته یکسوساز (rectifier stack)

ساختار واحدی از یک یا چند سلول یکسوساز با پایه‌ها، امکانات خنک‌سازی (درصورت وجود)، و اتصالات الکتریکی و مکانیکی لازم.

۱۲-۲-۶ مجموعهٔ پشته یکسوساز (rectifier stack assembly)

ساختاری الکتریکی و مکانیکی مرکب از یک یا چند پشته یکسوساز، با کلیه اتصالات لازم، همراه با امکانات خنک‌سازی (در صورت وجود) در ساختمان مکانیکی آن.

۱۲-۲-۷ دستگاه یکسوساز (rectifier equipment)

یک مجموعهٔ آماده کار شامل یک یا چند پشته یکسوساز همراه با ترانسفورماتورها و سایر وسایل لازم (در صورت وجود)، برای تبدیل جریان متناوب به جریان مستقیم.

۱۲-۲-۸ تهویه طبیعی

خنک‌سازی به وسیلهٔ جابجایی طبیعی هوای محیط.

۱۲-۲-۹ تهویه اجباری

خنک‌سازی به وسیلهٔ ترتیبات تهویه فشاری مانند تهویه با فشار پروانه، در این نوع سیستم هوا ممکن است از مجاورت دستگاه و یا از محلی با حرارت متفاوت گرفته شود.

۱۲-۲-۱۰ شرایط بهره‌برداری

شرایط بهره‌برداری عبارت از تمامی عوامل خارجی موثر بر کارایی یکسوساز نیمه‌هادی یا دستگاه یکسوساز می‌باشد، مانند حرارت محیط، رطوبت هوا، ویژگی بار و غیره.

۱۲-۲-۱۱ شرایط بهره‌برداری نامی

شرایط بهره‌برداری که ظرفیت‌های نامی در آن به کار رود.

۱۲-۲-۱۲ بهره‌برداری نامی

بهره‌برداری از یک وسیله در شرایط بهره‌برداری نامی با مقادیر نامی جریان و ولتاژ.

۱۲-۳ استانداردها و مشخصات فنی منابع تغذیه برق مستقیم

۱۲-۳-۱ استاندارد ساخت

منابع تغذیه برق مستقیم باید بسته به مورد، برابر استانداردهای زیر یا یکی از استانداردهای معتبر بین‌المللی مشابه طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گیرد:

۱۲-۳-۱-۱ منابع تغذیه ولتاژ پایین با خروجی برق مستقیم (DC) – ویژگی‌های عملکرد و الزامات ایمنی

IEC 61204 یا ISIRI 6218

۱۲-۳-۱-۲ منابع تغذیه پایا با خروجی مستقیم – قسمت اول – اصطلاحات و تعاریف

IEC 60478-1 یا ISIRI 3128-1

۱۲-۳-۱-۳ منابع تغذیه پایا با خروجی مستقیم – قسمت دوم – کارایی مقادیر اسمی

IEC 60478-2 یا ISIRI 3128-2

۱۲-۳-۱-۴ منابع تغذیه پایا با خروجی مستقیم – قسمت سوم – ترازهای مرجع و اندازه‌گیری تداخل الکترومغناطیسی هدایت شده (EMI)

ISIRI 3128-3

۱۲-۳-۱-۵ منابع تغذیه پایا با خروجی مستقیم – قسمت چهارم– آزمون‌های به غیر از تداخل فرکانس رادیویی

IEC 60478-4 یا ISIRI 3128-4

۱۲-۳-۱-۶ دستگاه‌ها و پشته‌های یکسوساز از نوع نیمه‌هادی‌های پلی‌کریستالی[1]

IEC 60119

۱۲-۳-۱-۷ قطعات نیمه‌هادی – قطعات مجزا و مدارات مجتمع

ISIRI 4122-1

۱۲-۳-۱-۸ قطعات نیمه‌هادی – دیودهای یکسوساز

ISIRI 4122-2

۱۲-۳-۱-۹ مبدل‌های نیمه‌هادی[2]

IEC 60146

۱۲-۳-۱-۱۰ تریستورهای مورد استفاده در منابع تغذیه

IEC 60146

۱۲-۳-۱-۱۱ ترانسفورماتورهای مورد مصرف در منابع تغذیه

IEC 60146 و IEC 60076

۱۲-۳-۱-۱۲ ایمنی دستگاه‌های الکتریکی مصارف خانگی و مشابه – قسمت 2-29: الزامات ویژه شارژرهای باتری[3]

IEC 60335-2-29

۱۲-۳-۱-۱۳ دستگاه‌های شارژر باتری برای کاربری عمومی(utility)

ANSI/NEMA PE5 1997 (R2003)

۱۲-۳-۱-۱۴ دستگاه‌های شارژر باتری برای کاربری مخابراتی

ANSI/NEMA PE7 1997 (R2003)

۱۲-۳-۱-۱۵ مشخصات مجموعه سیستم روشنایی اضطراری

VDE 108

۱۲-۳-۲ مشخصات فنی دستگاه‌های یکسوساز

عمده‌ترین مشخصات فنی عمومی دستگاه‌های یکسوساز به قرار زیر است:

۱۲-۳-۲-۱ دستگاه‌های یکسوساز باید برای شرایط محیطی بهره‌برداری مانند حداقل و حداکثر حرارت محیط، ارتفاع از سطح دریا، درصد رطوبت نسبی، شرایط محیطی از نظر ایجاد خوردگی و آلودگی‌های دیگر مناسب باشد.

۱۲-۳-۲-۲ میزان حرارت مرجع برای شرایط محیط کار عادی یکسوسازهای نیمه‌هادی بر اساس استاندارد IEC 60119 برابر با ۳۵ درجه سانتی‌گراد تعیین شده است که ممکن است طی ۲۴ ساعت برای مدت حداکثر سه ساعت تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد نیز افزایش یابد. در مواردی که حرارت محیط از مقادیر نامبرده تجاوز نماید، باید شرایط محیطی غیرعادی تلقی شده و برابر بند ۱۲-۳-۲-۳ عمل شود.

1. Polycrystalline semiconductor rectifier stacks and equipments
2. Semiconductor Convertors
3. Household and similar electrical appliances – safety- part 2-29 : Particular requirements for battery chargers

۱۲-۳-۲-۳ عمده‌ترین موارد شرایط غیرعادی که در صورت وجود، منبع تغذیه باید طی موافقت ویژه با سازنده سفارش داده شود به قرار زیر است:

- وجود تنش‌های مکانیکی غیرعادی، مانند ضربه و لرزش
- وجود هوای آلوده به نمک (مانند نزدیکی به دریا)، رطوبت زیاد، قطرات ریز آب یا گازها و بخارهای مضر و خطرناک همچون بخار جیوه، کلر و گوگرد
- در معرض بخار یا بخار روغن قرار گرفتن
- در معرض مخلوط غبار یا گازهای انفجارآمیز قرار گرفتن
- در مواقعی که دستگاه خارج از سرویس کار باشد حرارت محیط به کمتر از ۳۰- درجه سانتی‌گراد برسد.
- حرارت محیط به کمتر از صفر درجه سانتی‌گراد برسد (برای دستگاه‌هایی که با آب خنک شود)
- حرارت محیط به کمتر از ۱۰- درجه سانتی‌گراد برسد (برای دستگاه‌هایی که با هوا خنک می‌شود)
- حرارت محیط به کمتر از ۵- درجه سانتی‌گراد برسد (برای دستگاه‌هایی که با روغن خنک می‌شود)
- وجود رطوبت نسبی و حرارت زیاد مانند مناطق گرمسیری
- ارتفاع بیش از ۱۰۰۰ متر از سطح دریا
- تغییرات زیاد و سریع حرارت و رطوبت
- نگهداری دستگاه‌ها در انبار برای مدتی متجاوز از شش ماه
- فرکانس‌های خارج از ۱۰ تا ۱۰۰ هرتز

۱۲-۳-۲-۴ با توجه به اینکه طبیعت بار، بر ویژگی‌های کارایی یکسوسازها مؤثر است، دستگاه‌های یکسوساز باید برای نوع بار مورد نظر مانند بار مقاومتی، بار القایی، بار خازنی، بار باطری، بار ماشینی یا ترکیبی از بارها مناسب باشد.

۱۲-۳-۲-۵ منابع تغذیه برق مستقیم ممکن است از نوع یک‌فاز یا سه‌فاز، با ولتاژ اولیه ۲۲۰ ولت یا ۳۸۰/۲۲۰ ولت متناوب و با ولتاژ ثانویه ۱۲، ۲۴، ۶۰ و یا ۱۱۵ ولت مستقیم، با شدت جریان ۱۰ الی ۲۰۰ آمپر بر حسب مورد، و اختلاف ولتاژ بین بی‌بار و بار کامل حدود ۸ درصد ساخته شده باشد.

۱۲-۳-۲-۶ کلیه اجزای به کار رفته در منابع برق مستقیم باید در حدود ظرفیت طراحی مورد استفاده قرار گیرد.

۱۲-۳-۲-۷ هر یکسوساز باید دارای جعبه مناسب با شرایط محیط نصب بوده و در آن کلیه وسایل حفاظتی و اندازه‌گیری از قبیل کلید خودکار و فیوز، ولت‌متر و آمپرمتر جریان مستقیم و همچنین چراغ‌های سیگنال و سیستم آلارم صوتی لازم پیش‌بینی و تعبیه شده باشد.

۱۲-۳-۲-۸ هر دستگاه یکسوساز باید در برابر ۱۱۰ درصد ولتاژ متناوب نامی مداوم به گونه‌ای مقاوم باشد که جریان مستقیم بین صفر تا جریان نامی آن را بدون صدمه و آسیب‌رسیدن به اجزا یا تجاوز از حرارت مجاز و نیز بدون ایجاد تغییرات دایمی در ویژگی‌های دستگاه تحمل نماید.

۱۲-۳-۲-۹ هر دستگاه یکسوساز نیمه‌هادی باید بر اساس استاندارد IEC 60119 دارای یک پلاک شناسایی با دوام و مقاوم در برابر خوردگی و رطوبت باشد و اطلاعات زیر بر روی آن درج شده باشد:

- نام سازنده یا علامت تجاری آن

- نشانه شناسایی به عنوان دستگاه نیمه‌هادی
- اطلاعات تعیین‌کننده نوع نیمه‌هادی مورد مصرف در مجموعه اصلی یکسوساز
- ولتاژ مؤثر (r.m.s) نامی
- جریان مؤثر(r.m.s) نامی
- شمار فازها
- فرکانس نامی
- ولتاژ مستقیم نامی
- جریان مستقیم نامی
- نوع منبع تغذیه (دایمی، متناوب با ذکر ضریب تناوب یا استفاده، مدت زمان بار، شرح مورد کاربرد مانند تغذیه کنتاکتور یا روش شارژ باتری)
- نوع بار
- نوع و حرارت ماده خنک‌کننده (در صورتی که هوای محیط نباشد)
- مقدار ماده خنک‌کننده وعایق‌کننده (در صورت وجود)
- شماره و تاریخ استاندارد مرجع

۱۲-۳-۲-۱۰ شارژر باتری باید به گونه‌ای طراحی و ساخته شده باشد که جریان و ولتاژ برق متناوب را به جریان و ولتاژ برق مستقیم فیلتر شده و پایدار تبدیل نموده و به طور همزمان باتری و بار مورد لزوم را با ولتاژ ثابت تغذیه نماید.

۱۲-۳-۲-۱۱ ظرفیت شارژ کننده باید برای تغذیه همزمان بار و پرکردن باتری از وضعیت خالی (بدون شارژ) به حالت شارژ شده، برای کار در دوره‌های تعیین‌شده کافی باشد.

۱۲-۳-۲-۱۲ شارژر باتری باید بر حسب مورد با استفاده از تهویه طبیعی یا به وسیله پروانه خنک شود لیکن در هر صورت از کارافتادن پروانه، گرفتگی بازشوها یا فیلترها نباید وضعیت خطرناک یا مخرب ایجاد کند.

۱۲-۳-۲-۱۳ تجهیزات یکسوساز شارژر باید در برابر اتصال معکوس قطب‌های باتری به شارژر با استفاده از وسیله‌ای که بتواند جریان برق مستقیم را قطع کند حفاظت شود.

۱۲-۳-۲-۱۴ دستگاه یکسوساز مورد مصرف برای شارژ باتری باید در برابر اتصال کوتاه و همچنین افزایش ولتاژ ورودی از مقدار اسمی که ناشی از قطع جریان مستقیم خروجی است حفاظت شود. این‌گونه تجهیزات باید مجهز به فیوزهای مناسب برای ورودی و خروجی دستگاه باشد. فیوزهای تندکار ممکن است برای پشته‌های یکسوساز مورد استفاده قرار گیرد.

۱۲-۳-۲-۱۵ دستگاه‌های شارژر باید مجهز به وسایل تنظیم میزان ولتاژ مستقیم در محدوده‌های موردلزوم برای ولتاژ شناور[1] و ولتاژ برابرکننده[2] باشد.

1. Floating voltage
2. Equalizing voltage

۱۲-۳-۳ مشخصات فنی منابع تغذیه ولتاژ پایین با خروجی مستقیم (DC)

(ISIRI 6218 یا IEC 61204)

منابع تغذیه ولتاژ پایین با خروجی مستقیم (DC) تا حد ۲۰۰ ولت و تراز توان تا حد ۳۰ کیلووات که از منابع ولتاژ مستقیم یا متناوب تا حد ۶۰۰ ولت تغذیه می‌شود باید برابر استاندار ISIRI 6218 یا IEC 61204 طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گیرد. عمده‌ترین مشخصات فنی این‌گونه منابع برابر استانداردهای مزبور به شرح زیر است:

۱۲-۳-۳-۱ گستره دمای محیط کار

گستره دمای کار دستگاه باید در یکی از حوزه‌های ترجیحی برابر جدول ۱۲-۱ مشخص شود. تولیدکننده باید تایید نماید که منبع تغذیه توانایی کار مداوم را در بیشترین دمای بیان شده، در بیشترین توان خروجی اسمی و در نامطلوب‌ترین شرایط در هوای آزاد تا ارتفاع ۲۰۰۰ متری از سطح دریا دارد. کاهش جریان و توان خروجی دردماهای بالا باید به روشنی بیان شود. اگر منبع تغذیه جهت استفاده در شرایط خنک‌سازی هوایی فعال یا اجباری (forced air) یا خنک‌سازی هدایتی (conduction cooling) در نظر گرفته شده باشد، شرایط کارکرد و وسایل آزمون تحت شرایط خنک‌سازی باید به روشنی مشخص شود.

دمای محیط به عنوان دمای حالت پایدار نهایی تعریف شده است که در آن منبع تغذیه با بیشترین توان کار می‌کند. این دما در ۵۰ میلی‌متر پایین‌تر از منبع تغذیه برای خنک‌سازی همرفت (convection cooling) و برای خنک‌سازی فعال در مدخل هوا (air intake) اندازه‌گیری می‌شود.

جدول ۱۲-۱: گستره ترجیحی دمای کار دستگاه

نشانه	درجه حرارت (سانتی‌گراد)	
	کمینه	بیشینه
A	−۴۰	+۸۵
B	−۲۵	+۷۰
C	−۱۰	+۵۵
D	۰	+۵۰
E	+۵	+۴۰

۱۲-۳-۳-۲ خروجی‌های اسمی و توان کل خروجی

خروجی‌های اسمی و توان کل خروجی منبع تغذیه باید دارای شرایط زیر باشد:

- ولتاژهای خروجی و تراز عملکرد دستگاه باید برای هر پارامتر مشخص شود.
- در مواردی که منبع تغذیه دارای چند خروجی است، تراز عملکرد باید برای هر خروجی مشخص شود.
- تولیدکننده باید تایید کند که تغییرات در ولتاژ خروجی با حدود بیان شده در بندهای ۵-۲ تا ۵-۱۸ از استاندارد ISIRI 6218 در نامطلوب‌ترین ترکیب ولتاژ منبع، بار و دما، که برای تراز خروجی دستگاه تعیین شده مطابقت دارد.
- تولیدکننده باید کمترین اندازه بار را برای کنترل خروجی یک منبع تغذیه با چند خروجی که تمامی پارامترهای دیگر را نیز در محدوده معین شده خود نگاه می‌دارد، تایید کند.
- اگر هر خروجی و پلاریته آن از نوع ثابت باشد، باید بیان شود.

- تولیدکننده باید توان کل خروجی را در یکی از دماهای بالای کاری ترجیحی محیط مندرج در بند ۱۲-۳-۳-۱ معین کند.

۱۲-۳-۳-۳ ولتاژ و فرکانس منبع

گستره مقادیر برق ورودی به منبع تغذیه به شرح مقادیر ترجیحی زیر خواهد بود:

الف) برق متناوب یک‌فاز

مقادیر برق ورودی یک فاز به شرح جدول ۱۲-۲ می‌باشد.

جدول ۱۲-۲: گستره مقادیر ترجیحی ولتاژ برق ورودی تک‌فاز به منبع تغذیه

نوع تراز	نشانه	گستره ولتاژ (ولت)	نوع تراز	نشانه	گستره ولتاژ (ولت)
تراز وسیع	A	۸۵ تا ۲۶۴	تراز بالا	B	۱۷۰ تا ۲۶۴
ترازپایین	B	۸۵ تا ۱۳۲	تراز بالا	C	۱۷۶ تا ۲۶۴
تراز پایین	C	۸۸ تا ۱۳۲	تراز بالا	D	۱۸۷ تا۲۶۴
تراز پایین	D	۹۳ تا ۱۳۲	تراز بالا	E	۱۹۵ تا ۲۶۴
تراز پایین	E	۹۰ تا ۱۱۰	تراز بالا	F	۲۰۷ تا ۲۵۳

گستره مقادیر فرکانس برق ورودی تک‌فاز به منبع تغذیه به شرح جدول ۱۲-۳ خواهد بود.

جدول ۱۲-۳: گستره فرکانس برق ورودی تک‌فاز به منبع تغذیه

نشانه	گستره فرکانس (هرتس)	نشانه	گستره فرکانس (هرتس)
A	۴۸ تا ۴۴۰	D	۵۵ تا ۶۵
B	۴۸ تا ۶۳	E	۴۹ تا ۵۱
C	۴۵ تا ۵۵	F	۵۹ تا ۶۱

گستره مقادیر فوق شامل رواداری‌ها نیز می‌شود. در مواردی که گستره تغییر به صورت دستی مورد نیاز باشد باید به روشنی ذکر شود.

ب) برق متناوب سه‌فاز

مقادیر ارایه شده در استاندارد IEC 60038 برای شبکه‌های سه‌فاز ارجح می‌باشد.

۱۲-۳-۳-۴ سایر مشخصات عملکردی

سایر مشخصات عملکردی دستگاه‌های فوق باید با مشخصات مندرج در بندهای ۵-۵ تا ۵-۱۹ از استاندارد ISIRI 6218 یا بندهای 3.5 تا 3.19 از استاندارد IEC 61204 به شرح زیر مطابقت نماید.

الف) جریان منبع برق

Source Current

ب) اثرمنبع (رگولاسیون منبع)

Source effect (source regulation)

پ) اثربار(رگولاسیون بار)

Load effect (load regulation)

ت) رواداری ولتاژ خروجی (خطای ذاتی) خروجی‌های ثابت

Output voltage tolerance (intrinsic error) – fixed outputs

ث) قابلیت تنظیم ولتاژ خروجی

Adjustability of output voltage

ج) انحراف تناوبی و تصادفی

Periodic and random deviation

چ) اثرات متقابل (رگولاسیون متقابل)

Interaction effects(cross regulation)

ح) ضریب دما

Temperature coefficient

خ) زمان ایستایی (زمان تا قطع)

Hold-up time (turn –off decay time)

د) زمان راه‌اندازی (زمان تاخیر وصل)

Start –up time (turn –on delay time)

ذ) فراجهش قطع و وصل

Turn – on (turn –off)overshoot

ر) پاسخ گذرا به تغییرات جریان بار

Transient response to load current changes

ز) حفاظت در برابر اضافه ولتاژ خروجی

Output overvoltage protection

ژ) حفاظت در برابر اضافه جریان خروجی

Output overcurrent protection

س) زمان میانگین خرابی‌ها (MTBF)

Mean time between failures (MTBF)

۱۲-۳-۳-۵ الزامات ایمنی

الزامات ایمنی شامل موارد زیر باید حسب مورد تعیین و برابر بند ۶ از استاندارد ISIRI 6218 رعایت شود.

الف) طبقه حفاظت (بند ۳-۱۲ از استاندارد ISIRI 5233)
ب) طبقه اضافه ولتاژ (بند 1-1-2-2-2 از استاندارد IEC 60664-1)
پ) درجه آلودگی (بند 1-5-2 از استاندارد IEC 60664-1)
ت) فواصل خزشی، هوایی و عایقی
ث) استحکام الکتریکی
ج) جریان نشتی زمین
چ) الزامات گرمایی
ح) دستگاه‌های محافظ (حفاظت حرارتی و حفاظت در برابر اضافه جریان ورودی)

۱۲-۳-۳-۶ الزامات تداخل

الف) تراز نوفه

فرکانس و میزان صدای دستگاه که در باند شنوایی کار می‌کند و همچنین میزان صدای تولید شده به وسیله فن‌ها و جریان هوای تولیدشده توسط آن باید برابر استاندارد ISIRI 3128-4 بررسی و کنترل شود.

ب) تداخل الکترومغناطیسی هدایت شده

Radiated EMI (Magnetic component)

تولیدکننده باید بالاترین مقدار اندازه‌گیری شده تشعشعات مغناطیسی در میدان نزدیک (near field) را، مطابق با روشی که در استاندارد IEC 60478-5 شرح داده شده است، مشخص کند.

پ) ولتاژگذاری ورودی

تراز ولتاژ ورودی و شکل موج باید بیان شود و با یکی از مقادیر مندرج در جدول ۱۲-۴ و با عملکرد برابر استاندارد ISIRI 5237 بررسی شود.

جدول ۱۲-۴: طبقه‌بندی تراز ولتاژگذاری ورودی

تراز ولتاژ	نشانه	تراز ولتاژ	نشانه
پنج کیلوولت	A	دو کیلوولت	D
چهارکیلوولت	B	یک کیلوولت	E
سه کیلوولت	C		

۱۲-۴ الزامات آزمون

۱۲-۴-۱ آزمون‌های دستگاه‌های یکسوساز

منابع تغذیه برق مستقیم باید بر اساس شرایط مندرج در استاندارد IEC 60119، یا یکی از استانداردهای بین‌المللی مشابه، به شرح زیر مورد آزمون قرار گیرد:

۱۲-۴-۱-۱ آزمون‌های نوعی (type tests)

آزمون‌های نوعی، که برای تایید مشخصات دستگاه‌های یکسوکننده از نظر مطابقت با مقررات استاندارد می‌باشد، باید طبق مفاد بخش ۳۵۲ از نشریه IEC 60119 در زمینه‌های زیر انجام شود:

الف) ترسیم ویژگی‌های ولتاژ – جریان مستقیم

ب) بررسی عملکرد تنظیم‌کننده‌های خوکار یا سایر وسایل جبران‌ساز به وسیلهٔ تغییر مقادیری که اثرات آن باید حذف شود.

پ) اندازه‌گیری کارایی

ت) اندازه‌گیری ضریب جابه جایی دستگاه‌های یکسوساز با قدرت بیش از ۱۰ کیلووات قدرت مستقیم

ث) اندازه‌گیری اجزای متناوب در طرف برق مستقیم در موارد لازم

ج) آزمون افزایش دما

چ) آزمون عایق‌بندی

ح) اندازه‌گیری سایر مقادیری که ممکن است تضمین شود همچون هارمونیک‌ها در جریان متناوب

۱۲-۴-۱-۲ آزمون‌های عادی (routine tests)

آزمون‌های عادی سازنده، که برای حصول اطمینان از برابری کیفیت تولیدات با اندازه‌گیری‌های مورد لزوم در آزمون‌های نوعی صورت می‌گیرد، باید برابر بند ۳۵۳ از استاندارد IEC 60119 به شرح زیر انجام شود:

الف) بازرسی مکانیکی

ب) آزمون‌های عایق‌بندی
پ) بررسی نقاطی از ویژگی‌های ولتاژ – جریان مستقیم که انجام تضمین‌های تنظیم ولتاژ را نشان می‌دهد.
ت) بررسی عملکرد لوازم کمکی مورد استفاده همچون کنتاکتورها، رله‌ها، پمپ‌ها و غیره

انجام آزمون‌های عادی زیر نیز توصیه شده است:
الف) بررسی جریان متناوب در بهره‌برداری نامی و در حالت بی‌بار
ب) بررسی تقارن جریان مستقیم در دستگاه‌های چندفاز

۱۲-۴-۲ آزمون‌های منابع تغذیه ولتاژ پایین با خروجی مستقیم (DC)

منابع تغذیه ولتاژ پایین با خروجی مستقیم باید برابر شرایط معین شده در بندهای ۱۲-۳-۳-۱ تا ۱۲-۳-۳-۶ مورد آزمون قرار گیرد. این گونه دستگاه‌ها همچنین باید برابر شرایط محیطی مندرج در استاندارد IEC 60068 به شرح زیر مورد آزمون قرار گیرد:

الف) آزمون سرما برابر استاندارد	IEC 60068-2-1
ب) آزمون حرارت خشک برابر استاندارد	IEC 60068-2-2
پ) آزمون حرارت مرطوب برابر استاندارد	IEC 60068-2-3
ت) آزمون شوک برابر استاندارد	IEC 60068-2-28
ث) آزمون تکان‌های ناگهانی برابر استاندارد	IEC 60068-2-29
ج) آزمون ارتعاش برابر استاندارد	IEC 60068-2-6

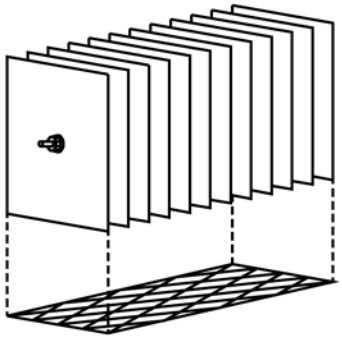
۱۲-۵ اصول و روش‌های نصب

۱۲-۵-۱ برای نصب منابع تغذیه برق مستقیمی که دارای جعبه نوع دیواری (روکار یا توکار) می‌باشد، باید کلیه اصول و ضوابط مندرج در بخش مربوط به تابلوهای دیواری فشارضعیف دقیقاً رعایت شود.

۱۲-۵-۲ برای نصب دستگاه‌های یکسوسازی که دارای جعبه نوع ایستاده می‌باشد، باید کلیه اصول و ضوابط مندرج در بخش مربوط به تابلوهای ایستادهٔ فشار ضعیف دقیقاً به کار رود.

۱۲-۵-۳ برای نصب دستگاه‌های یکسوکننده در داخل یک و یا مجموعه‌ای از تابلوها باید، با توجه به وظیفه و عملکرد سیستم موردنظر و ترکیب اجزای مختلف آن، محل و فضای مناسب، با پایه‌ها و نگاه‌دارنده‌های قابل اطمینان برای آن، پیش‌بینی شود.

۱۲-۵-۴ نصب دستگاه‌های یکسوساز باید با توجه به دستورالعمل‌های سازنده در زمینه خنک‌سازی آن صورت گیرد. در مواردی که پشته‌های یکسوساز به وسیلهٔ گردش هوا با فشار پروانه خنک می‌شود، سرعت گردش هوا بر سطح تصویر پشته یا پشته‌ها باید به وسیلهٔ سازنده ارائه شود. سطح تصویر عبارت از مساحت سطحی است که عمود بر جریان هوا در محیط پیرامونی پشته یا پشته‌ها قرار دارد(شکل ۱۲-۱).



شکل ۱۲-۱

شکل ۱۲-۲: نمونه مجموعهٔ یکسوساز شامل پشته‌های یکسوکننده، ترانسفورماتور و لوازم فرعی

۱۲-۵-۵ نمونه مجموعهٔیکسوساز شامل پشته‌های یکسوکننده همراه با ترانسفورماتور و لوازم فرعی دیگر برای تبدیل برق متناوب به برق مستقیم در شکل ۱۲-۲ ارائه شده است.

۱۲-۵-۶ به طور کلی، نصب دستگاه‌های منابع تغذیه برق مستقیم شامل موارد زیر خواهد بود:

الف) نصب دستگاه‌های تهویه لازم در اتاق‌های باتری‌ها و یو- پی- اس (در صورت وجود)
ب) نصب پایه‌های نصب یا قفسه باتری‌ها (battery racks/cabinets) و باتری‌ها
پ) انجام اتصالات باتری‌ها (سلول به سلول، رده به رده و پایه به پایه)
ت) انجام اتصالات نیروی DC و کنترل بین یو- پی- اس و قطع‌کننده مدار باتری (circuit breaker)، با پلاریته درست
ث) اتصال نیروی DC بین قطع‌کننده مدار و باتری، با پلاریته درست
ج) کنترل اتصالات برق متناوب با توجه به گردش فاز در جهت حرکت عقربه‌های ساعت
چ) اتصال برق متناوب به شینه ورودی یکسوساز
ح) اتصال برق متناوب به شینه ورودی کنارگذر(bypass) یو- پی- اس
خ) اتصال برق متناوب به قطع‌کننده مدار کنارگذر نگهداری یو- پی - اس (UPS maintenance bypass)
د) اتصال برق متناوب خروجی یو- پی- اس به قطع‌کننده مدار خروجی کنارگذر نگهداری یو- پی- اس
ذ) نصب مانیتورهای کنترل از راه دور و سیم‌کشی کنترل
ر) اتصال زمین سیستم یو- پی- اس و سیستم باتری

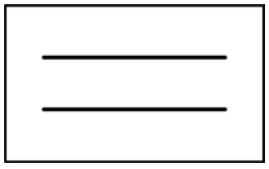
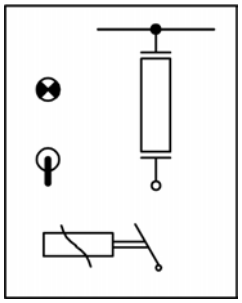
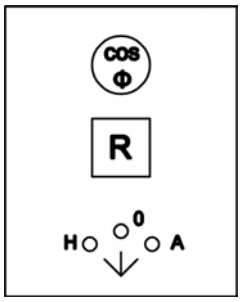
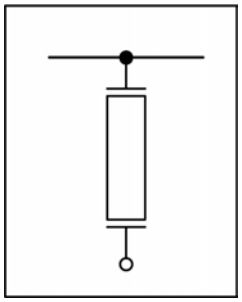
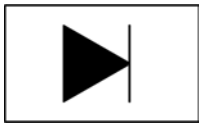
ز) اتصالات مدارهای کنترلی یو– پی– اس و کنتاکت‌های سیگنال ژنراتور اضطراری (در صورت وجود)

س) اتصالات کنترلی بین مدول یو– پی– اس و جعبه کنارگذر نگهداری یو– پی– اس (در صورت وجود)

۱۲-۶ نشانه‌های ترسیمی الکتریکی

نشانه‌های ترسیمی الکتریکی خازن‌های صنعتی و یکسوسازها در جدول ۱۲-۱ ارائه شده است.

جدول ۱۲-۵: نشانه‌های ترسیمی الکتریکی برای خازن‌های صنعتی و یکسوکننده‌ها

شرح	نشانه
خازن ضریب قدرت	
تابلوی فرمان خازن	
رگولاتور	
تابلوی انشعاب	
یکسوکننده	

فصل ۱۳

وسایل شبکه

مشخصات فنی عمومی و اجرایی

تأسیسات برقی ساختمان

نشریه ۱-۱۱۰ (تجدید نظر دوم)

۱۳ وسایل شبکه

فهرست

شناسه	عنوان	صفحه
۱-۱۳	دامنه پوشش	۱ از ۳۳
۲-۱۳	تعاریف	۱ از ۳۳
۳-۱۳	انواع و موارد کاربرد پایه‌های شبکه توزیع هوایی	۳ از ۳۳
٤-۱۳	استانداردها و مشخصات فنی پایه‌های برق	٤ از ۳۳
۵-۱۳	اصول و روش‌های نصب پایه‌های برق	۱۶ از ۳۳
۶-۱۳	کنسول‌ها و براکت‌ها	۲۶ از ۳۳
۷-۱۳	مقره‌ها	۲۷ از ۳۳
۸-۱۳	بست‌ها	۲۸ از ۳۳
۹-۱۳	هادی‌ها و مفتول‌های خطوط هوایی توزیع	۲۹ از ۳۳
۱۰-۱۳	مهارها و حایل‌ها	۳۱ از ۳۳
۱۱-۱۳	برقگیر حفاظتی	۳۲ از ۳۳
۱۲-۱۳	نشانه‌های ترسیمی الکتریکی	۳۳ از ۳۳

۱۳-۱ دامنه پوشش

۱۳-۱-۱ در این بخش مشخصات فنی، انواع و موارد کاربرد، استانداردها و اصول و روش‌های نصب کلیه اقلام و تجهیزات مورد استفاده در شبکه‌های برقی هوایی با ولتاژ حداکثر ۳۳ کیلوولت بررسی و ارایه شده است.

۱۳-۱-۲ ولتاژهای مورد استفاده در شبکه‌های برقی هوایی عموماً به ترتیب ۳۸۰/۲۲۰ ولت، ۱۱، ۲۰ و ۳۰ کیلوولت می‌باشد.

۱۳-۱-۳ در مواردی که مشخصات فنی و روش‌های نصب برخی اقلام تحت شرایط خاص، در این بخش پیش‌بینی و تصریح نشده باشد باید اصول و ضوابط مندرج در نشریات زیر رعایت شود :

- استاندارد شبکه‌های توزیع نیروی برق، وزارت نیرو – امور برق
- استاندارد خطوط هوایی شبکه توزیع، وزارت نیرو – امور برق
- مشخصات فنی عمومی و اجرایی خطوط توزیع برق هوایی و کابلی فشار متوسط و فشار ضعیف، نشریه شماره ۳۷۴ معاونت نظارت راهبردی – سازمان توانیر

۱۳-۲ تعاریف

۱۳-۲-۱ آرایش پایه

منظور از آرایش پایه چگونگی نگهداری سیم‌های هوایی نسبت به یکدیگر بوده و در واقع مقطع عرضی موقعیت سیم‌ها را نسبت به یکدیگر نمایش می‌دهد و اغلب دارای آرایش‌های زیر می‌باشد :

الف) آرایش مثلثی هادی‌ها
ب) آرایش افقی هادی‌ها
پ) آرایش عمودی هادی‌ها

۱۳-۲-۲ اسپن

فاصله افقی دو پایه مجاور را اسپن می‌نامند.

۱۳-۲-۳ بتون پیش‌تنیده

به بتونی گفته می‌شود که میله یا سیم‌های فولادی (تندان) پیش از ریختن بتون روی آن، با نیروی معینی کشیده می‌شود و پس از این که بتون مزبور قدرت کافی برای نگه‌داشتن سیم‌های تحت کشش حاصل نمود نیروی کشش از روی سیم‌ها برداشته می‌شود.

۱۳-۲-۴ بتون مسلح

به بتونی گفته می‌شود که در داخل آن از میلگردهای فولادی (آرماتور) برای افزایش استحکام بتون استفاده می‌شود.

۱۳-۲-۵ پایه بتونی پیش‌تنیده

پایه بتونی است که میله‌ها یا سیم‌های فولادی درون آن قبل از بتون‌ریزی مورد پیش‌تنش قرار گیرد.

۱۳-۲-۶ پایه بتونی مسلح

پایه بتونی است که به منظور افـزایش اسـتحکام مکـانیکی آن، اسـکلتی از میلگردهـای فـولادی درون آن قـرار داده می‌شود.

۱۳-۲-۷ ترک

به هنگام خشک‌کردن چوب، تنش‌های داخلی ایجاد شده موجب ظهور شیارهایی سطحی به موازات محور طـولی تیـر می‌گردد. این شیارها ترک نامیده می‌شود.

۱۳-۲-۸ تندان (tendon)

به سیم‌های فولادی که قدرت تحمل نیروی کشش زیادی داشته و در سـاختمان تیرهـای پـیش‌تنیـده بـرای انتقـال پیش‌تنش به بتون به کار می‌رود گفته می‌شود.

۱۳-۲-۹ تنش

در هر نقطه از سیم نسبت کشش سیم به سطح مقطع را تنش در آن نقطه گویند.

۱۳-۲-۱۰ خاموت

سیم‌های فولادی است که در فواصل معینی از یکدیگر به دور میلگردها پیچیـده مـی‌شـود و بـرای مقاومـت در برابـر برش، نگهداری میلگردها و تشکیل اسکلت اصلی به کار می‌رود.

۱۳-۲-۱۱ شکاف

در پایه‌های چوبی حالت عمیق ترک که ممکن است تا مرکز تیر امتداد یابد شکاف نامیده می‌شود.

۱۳-۲-۱۲ کراس آرم

به نوعی کنسول گفته می‌شود که به شکل بازوی متقاطع با پایه (به شکل صلیب) است و در شبکه‌های توزیـع اغلـب از آن استفاده می‌شود.

۱۳-۲-۱۳ کنسول

برای نگهداری هادی‌ها و مقره‌ها روی تیر از کنسول استفاده می‌شود.

۱۳-۲-۱۴ فاصله مجاز هوایی

حداقل فاصله لازم بین هادی‌ها و تجهیزات خطوط از سطح زمین و تاسیسات اطراف خط را گویند.

۱۳-۲-۱۵ فلش

بیشترین فاصله قائم بین سیم و خط راست واصل نقاط اتصال سیم به پایه (دو پایه متـوالی) را فلـش یـا شـکم‌سـیم می‌گویند.

۱۳-۲-۱۶ مقاومت ارتجاعی

میزان باری است که موجب از بین رفتن حالت ارتجاعی تیر و ایجاد تغییر شکل‌های دایمی در آن شود.

۱۳-۲-۱۷ مقاومت نرمال یا قدرت نامی

میزان باری است که در پایه به طور دائم و بدون ایجاد ترک در آن بتواند تحمل کند.

۱۳-۲-۱۸ مقاومت نهایی

میزان باری است که موجب شکسته‌شدن تیر می‌شود.

۱۳-۲-۱۹ محیط سینه تیر

محیط آن قسمت از تیر که در ارتفاع ۱۸۳ سانتی‌متر از ته تیر قرار دارد.

۱۳-۲-۲۰ بقه تیر

فصل مشترک بین تیر چوبی و سطح زمین، یقه تیر نامیده می‌شود.

۱۳-۲-۲۱ مفتول

به هادی با یک رشته به مقطع دایره گفته می‌شود.

۱۳-۲-۲۲ هادی آلومینیوم – فولاد

به هادی با تعدادی مفتول از جنس آلومینیوم به همراه مفتول یا مفتول‌های فولادی در مرکز گفته می‌شود.

۱۳-۳ انواع و موارد کاربرد پایه‌های شبکه توزیع هوایی

پایه‌های خط توزیع هوایی اغلب از انواع بتونی، چوبی و یا فلزی است، لیکن به موازات پیشرفت در ساخت این‌گونه پایه‌ها و استفاده از مواد مناسب و کار آمدتر، انواع دیگری از پایه‌ها همچون پایه‌های پیش‌تنیده، فایبرگلاس، کمپوزیت، فولادی و آلومینیومی نیز در شبکه‌های هوایی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱۳-۳-۱ پایه‌های شبکه‌های توزیع با توجه به نیروی وارد بر آن و چگونگی بارگذاری به سه دسته به شرح زیر قابل طبقه‌بندی است:

الف) پایه‌های توخطی یا میانی (tangent) که همان پایه‌های میانی در یک خط مستقیم است.

ب) پایه‌های کششی (dead end)، که در نقاط زاویه و انحراف خط نصب می‌شود.

پ) پایه‌های انتهایی خط (end pole)، که در انتهای یک خط نصب می‌شود و نیروی کشش وارده بر آن یک‌طرفه است.

۱۳-۳-۲ پایه‌های خطوط هوایی فشار متوسط و فشار ضعیف، همچنین، بر اساس مواد سازنده آن به سه دسته عمده به شرح زیر تقسیم‌بندی می‌شود :

الف) پایه‌های چوبی

این‌گونه پایه‌ها با توجه به خاصیت عایقی، سبکی و سهولت حمل و نقل در گذشته به طور وسیع در شبکه‌های هوایی مورد استفاده قرار می‌گرفت لیکن به علت معایبی همچون آسیب‌پذیری در برابر عوامل جوی از جمله امکان آتش‌گرفتن در اثر رعد و برق و یا در اثر تخلیه جزیی مقره سوزنی با فازها و پوسیدگی، امروزه استفاده از آن به مناطقی که امکان تردد وسایل نقلیه برای نصب تیرهای سنگین بتنی میسر نباشد محدود شده است.

ب) پایه‌های فلزی

پایه‌های فلزی برای احداث خطوط هوایی در مسیرهایی که حمل و نقل پایه‌های سنگین مشکل بوده و چند تکه کردن پایه‌ها ضرورت داشته باشد و یا به منظور عبور خطوط از موانع و مکان‌هایی که به قدرت و مقاومت بیشتری نیاز است مورد استفاده قرار می‌گیرد. این‌گونه پایه‌ها همچنین ممکن است در شبکه‌های روشنایی شهری نیز به کار رود.

پ) پایه‌های بتونی

پایه‌های بتونی در مواردی که استحکام زیاد و شکل ظاهری از اهمیت زیادی برخوردار است در شبکه‌های توزیع هوایی به کار می‌رود. این‌گونه پایه‌ها در برابر اثر آب و هوای خشک یا مرطوب مقاوم است و به طور معمول نسبت به پایه‌های چوبی به نگهداری کمتری نیاز دارد. برای سبک‌کردن پایه‌های یاد شده معمولاً آن را به صورت توخالی یا لانه زنبوری می‌سازند.

۱۳-۴ استانداردها و مشخصات فنی پایه‌های برق

۱۳-۴-۱ پایه‌های بتنی مسلح و پیش‌تنیده

۱۳-۴-۱-۱ پایه‌های بتنی مسلح و پیش‌تنیده باید برابر مشخصات فنی مندرج در جلد دوم از استاندارد خطوط هوایی توزیع، زیر عنوان «استاندارد تیرهای بتنی مسلح و پیش‌تنیده»،که به وسیله وزارت نیرو – امور برق تهیه شده است، طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گیرد. عمده‌ترین موارد مربوط به مشخصات فنی تیرهای مزبور برابر استاندارد فوق‌الذکر به قرار زیر است:

الف) مشخصات مصالح مورد مصرف برای ساخت پایه‌ها شامل سیمان، سنگدانه، آب و میلگرد باید برابر بند ۵ و مشخصات بتن و بتن‌ریزی تیرها برابر بند ۶ از استاندارد فوق انتخاب شود.

ب) در تیرهای پیش‌تنیده، بارهای پیش‌تنیدگی مجاز باید برابر بند ۸ تعیین شود.

پ) مقطع عرضی تیر باید به طور یکنواخت از پایین به بالا به ازای هر متر ۱۰ تا ۲۰ میلی‌متر باریکتر شود.

ت) سطح خارجی تیر باید صاف و عاری از هر گونه ترک‌خوردگی بوده و در آن سوراخ‌های مورد لزوم با قطر و فواصل مندرج در بند ۳-۲ از استاندارد فوق برای نصب لوازم خطوط هوایی و میله‌های صعود از تیر پیش‌بینی شود.

ث) میزان انحراف از حالت مستقیم تیر به ازای هر سه متر از طول آن نباید از ۱۰ میلی‌متر تجاوز کند.

ج) اطلاعات زیرین باید به طور خوانا و ماندنی بر روی تمای پایه‌ها، در فاصلهٔ سه متری از انتهای تیر، با عمق حداقل سه میلی‌متر حک شود.

سطر اول : علامت اختصاری یا نام شرکت توزیع یا برق منطقه‌ای

سطر دوم : طول حقیقی پایه بر حسب متر و مقاومت نرمال آن بر حسب کیلوگرم نیرو

سطر سوم : نام کارخانه سازنده

سطر چهارم : تاریخ ساخت (روز – ماه – سال)

چ) کلیهٔ پایه‌ها باید علاوه بر بازرسی‌های مقرر در بند ۱۳، به وسیله کارخانه سازنده و در حضور نماینده مهندسین مشاور طبق ضوابط و اصول مندرج در بند ۱۴ مورد آزمون قرار گرفته و مهر پذیرش که به وسیلهٔ مهندسین مشاور بدین منظور تخصیص داده شده روی تمام تیرها زده شود. پیمانکاران خطوط هوایی مجاز به استفاده از پایه‌هایی که فاقد مهر مذکور باشد نخواهند بود.

۱۳-۴-۱-۲ پایه‌های بتنی مسلح و پیش‌تنیده با توجه به طول، قدرت نامی، مقاومت در مرحله ارتجاعی، و مقاومت نهایی آن، برابر استاندارد وزارت نیرو – امور برق در جدول‌های ۱۳-۱ و ۱۳-۲ ارایه شده است. این‌گونه پایه‌ها بر حسب وضعیت و شرایط محل نصب، فواصل بین دو تیر، شکل مقطع، و تعداد سیم‌های نصب شده بر روی آن از لحاظ ارتفاع و قدرت کشش ممکن است از جدول‌های مزبور انتخاب شود.

جدول ۱۳-۱: طبقه‌بندی پایه‌های بتنی مسلح از نظر طول پایه، قدرت اسمی، مقاومت ارتجاعی و نهایی، برابر استاندارد وزارت نیرو – امور برق

طول تیر (متر)	قدرت اسمی (کیلوگرم نیرو)	مقاومت در مرحلهٔ ارتجاعی (کیلوگرم نیرو)	مقاومت نهایی (کیلوگرم نیرو)
۹	۲۰۰	۳۰۰	۶۰۰
۹	۴۰۰	۶۰۰	۱۲۰۰
۹	۶۰۰	۹۰۰	۱۵۰۰
۹	۸۰۰	۱۲۰۰	۲۰۰۰
۱۲	۲۰۰	۳۰۰	۶۰۰
۱۲	۴۰۰	۶۰۰	۱۲۰۰
۱۲	۶۰۰	۹۰۰	۱۵۰۰
۱۲	۸۰۰	۱۲۰۰	۲۰۰۰
۱۲	۱۲۰۰	۱۸۰۰	۳۰۰۰
۱۵	۴۰۰	۶۰۰	۱۲۰۰
۱۵	۶۰۰	۹۰۰	۱۵۰۰
۱۵	۸۰۰	۱۲۰۰	۲۰۰۰
۱۵	۱۲۰۰	۱۸۰۰	۳۰۰۰

جدول ۱۳-۲: طبقه‌بندی پایه‌های بتنی پیش‌تنیده از نظر طول تیر، قدرت اسمی، مقاومت ارتجاعی و نهایی، برابر استاندارد وزارت نیرو – امور برق

طول تیر (متر)	قدرت اسمی (کیلوگرم نیرو)	مقاومت در مرحلهٔ ارتجاعی (کیلوگرم نیرو)	مقاومت نهایی (کیلوگرم نیرو)
۸	۱۰۰	۱۵۰	۳۰۰
۸	۱۵۰	۲۲۵	۴۵۰
۸	۲۰۰	۳۰۰	۶۰۰
۹	۲۰۰	۳۰۰	۶۰۰
۹	۴۰۰	۶۰۰	۱۲۰۰
۹	۶۰۰	۹۰۰	۱۵۰۰
۹	۸۰۰	۱۲۰۰	۲۰۰۰
۹	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۲۵۰۰
۱۰/۵	۲۰۰	۳۰۰	۶۰۰
۱۰/۵	۴۰۰	۶۰۰	۱۲۰۰
۱۲	۲۰۰	۳۰۰	۶۰۰
۱۲	۴۰۰	۶۰۰	۱۲۰۰
۱۲	۶۰۰	۹۰۰	۱۵۰۰
۱۲	۸۰۰	۱۲۰۰	۲۰۰۰
۱۲	۱۲۰۰	۱۸۰۰	۳۰۰۰
۱۵	۴۰۰	۶۰۰	۱۲۰۰
۱۵	۶۰۰	۹۰۰	۱۵۰۰
۱۵	۸۰۰	۱۲۰۰	۲۰۰۰
۱۵	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۲۵۰۰

۱۳-۴-۱-۳ برای مشخصات طرح‌های نمونه پایه‌های بتنی مسلح با مقاطع H و مستطیل شکل برابر جدول ۱۳-۱ به بند ۱۷-۱-۱ و برای مشخصات طرح‌های نمونه پایه‌های بتنی پیش‌تنیده با مقطع گرد برابر جدول ۱۳-۲ به بند ۱۷-۲ از "استاندارد تیرهای بتنی مسلح و پیش‌تنیده " مصوب وزارت نیرو مراجعه شود.

۱۳-۴-۱-۴ همچنین برای مشخصات فنی تیرهای بتنی مسلح با مقاطع H و مستطیل شکل ۹، ۱۲ و ۱۵ متری برابر جدول ۱۳-۱ به بند ۵-۵-۱-۵ و برای تیرهای بتنی پیش‌تنیده ۸، ۹، ۱۰/۵، ۱۲ و ۱۵ متری با مقطع گرد برابر جدول ۱۳-۲ به بند ۵-۵-۱-۶ و جدول ۵-۱۱ از نشریه شماره ۳۷۴ معاونت نظارت راهبردی – سازمان توانیر نگاه کنید.

۱۳-۴-۱-۵ هادی اتصال زمین

در صورت درخواست خریدار و ارایه طرح مناسب، قراردادن هادی اتصال زمین در پایه‌های بتنی با رعایت موارد زیر مجاز است.

الف) به منظور ایجاد اتصال زمین ممکن است از یک هادی مسی رشته‌ای لخت با سطح مقطع حداقل ۳۰ میلی‌متر مربع که در داخل بتن در طول تیر تعبیه می‌گردد استفاده شود. طول هادی مزبور که لازم است خارج از بدنه تیر از قسمت‌های بالا و پایین پایه برای اتصال به هادی خنثی و سیستم زمین استفاده شود باید توسط خریدار تعیین گردد.

ب) در مواردی که آرماتورهای اصلی در تمام طول تیر به طور ممتد قرار گرفته و یا به یکدیگر جوش شده باشد و سطح مقطع هر کدام از آرماتورها حداقل برابر ۲۵۰ میلی‌متر مربع باشد می‌توان از آن به عنوان هادی زمین استفاده نمود. در این صورت برای اتصال هادی زمین به الکترود زمین در پایین تیر و هادی خنثی در بالای تیر باید دو تکه سیم مسی مشابه بند نخست با طول مناسب به دو انتهای آرماتورها اتصال داده شود.

پ) امکاناتی که خریدار از طریق آن بتواند بک هادی مسی لخت با سطح مقطع حداقل ۱۶ میلی‌مترمربع به تیر اضافه نماید باید پیش‌بینی شود.
یادآوری ۱ : طرح ارایه شده نبایستی مشخصات فنی تیر را تحت تاثیر قرار دهد.
یادآوری ۲ : توصیه می‌شود از این هادی برای اتصال زمین فشار متوسط استفاده نگردد.

۱۳-۴-۲ پایه‌های فلزی

۱۳-۴-۲-۱ پایه‌های فلزی از نظر ساخت به سه نوع کلی به شرح زیر تقسیم می‌شود :

الف) پایه‌های فلزی مشبک (دکل) یا اسکلتی: این نوع پایه‌ها به طور معمول از آهن نبشی، ناودانی و یا پروفیل‌های آلومینیومی ساخته می‌شود و شامل بدنه اصلی، بادبند و صفحه شابلون می‌باشد. شاخه اصلی پایه‌های فلزی یک سازه فضایی چند وجهی است که در حالت کششی به طور معمول دارای وجه طولی بیشتری می‌باشد. در هر وجه این پایه‌ها یک شاخه اصلی از آهن نبشی و یا پروفیل وجود دارد که بادبندهای طراحی‌شده را به صورت پیچ و مهره و یا جوش به هم متصل می‌نماید. در ساخت پایه‌های فلزی برای سهولت مونتاژ در انتهای پایه و محل اتصال به فونداسیون و نیز در محل مونتاژ قطعات دکل، یک صفحه شابلون نصب می‌شود. ارتباط بین شاخه‌های اصلی و صفحه شابلون ممکن است به صورت جوشی یا پیچی باشد. به طور معمول برای سهولت عملیات نصب، بیشترین قسمت جوشکاری در کارخانه انجام شده و فقط برای مونتاژ از پیچ و مهره استفاده می‌شود.

ب) پایه‌های فلزی از تیرآهن کشیده: این نوع پایه‌ها از تیرآهن با مقطع H که قسمت میانی آن در کارخانه با ابزار مخصوص به صورت زیگزاگ برش و کشش داده شده ساخته می‌شود. روش دیگر ساخت استفاده از تیرآهن با مقطع U شکل (ناودانی) و یا L شکل (نبشی) و به صورت A شکل می‌باشد. در این نوع تیرها، پایه‌های اصلی از آهن ناودانی و یا نبشی بوده و به وسیله صفحه‌های آهنی مربعی (Plate) به یکدیگر جوش داده می‌شود.

پ) پایه‌های لوله‌ای (تلسکوپی): پایه‌های لوله‌ای از قطعات لوله فلزی به نحوی تشکیل شده است که قطر قطعات پایین‌تر بیشتر بوده و به تدریج قطر قطعات بالاتر کاهش می‌یابد. این نوع پایه‌ها، که عموماً در روشنایی خیابان‌ها به کار می‌رود ممکن است دارای بازو و یا بدون بازو باشد. پایه‌های بازودار ممکن است دارای بازوی مستقیم و یا کمانی شکل (شلاقی) باشد.

۱۳-۴-۲-۲ **پایه‌های فلزی مشبک،** که به آن دکل نیز گفته می‌شود، با توجه به این‌که در شکل، انواع و ابعاد مختلف بوده و بر حسب موقعیت جغرافیایی محل نصب، طراحی و ساخته می‌شود، مشخصات فنی جداگانه‌ای برای آن در این بخش پیش‌بینی و تعیین نشده است. بنابراین مهندسین مشاور هر طرح موظفند دکل‌های مورد نیاز را بر حسب وضعیت جغرافیایی منطقه مربوط از قبیل فشار و سرعت وزش باد و سایر شرایط جوی و همچنین نوع و مقطع سیم مورد مصرف بر اساس ضوابط وزارت نیرو – امور برق طرح و اجرا کنند.

۱۳-۴-۲-۳ پایه‌هایی که از نوع تیرآهن کشیده شده می‌باشد نیز باید طبق شرایط مندرج در بند ۱۳-۴-۲-۲ طراحی و اجرا شود.

۱۳-۴-۲-۴ پایه‌های لوله‌ای، به طور کلی، از نظر ساخت به سه نوع به شرح زیر تقسیم می‌شود :

الف) پایه‌های فلزی لوله‌ای نوع تداخلی

ب) پایه‌های فلزی نوع بوشن – تبدیل

پ) پایه‌های فلزی نوع هشت‌گوش

این‌گونه پایه‌ها بر حسب مورد مصرف در انواع مختلف مانند مستقیم بدون بازو یا بازودار، شلاقی یک‌طرفه یا دوطرفه و در بعضی موارد چهارطرفه و یا بیشتر ساخته می‌شود. پایه‌های فلزی لوله‌ای با ارتفاع بیش از ۱۰ متر عموماً به صورت تداخلی ساخته می‌شود. در این روش لوله با قطر کوچکتر در لوله با قطر بزرگتر که به خوبی گرم و منبسط شده داخل گردیده و درز دو لوله حداقل دو بار جوشکاری می‌گردد. میزان تداخل لوله‌ها در یکدیگر در جدول ۱۳-۳ درج شده است. جزییات ساخت پایه‌های فلزی لوله‌ای نوع تداخلی در شکل ۱۳-۱ و جزییات ساخت پایه‌های فلزی نوع بوشن تبدیل در شکل ۱۳-۲ نشان داده شده است.

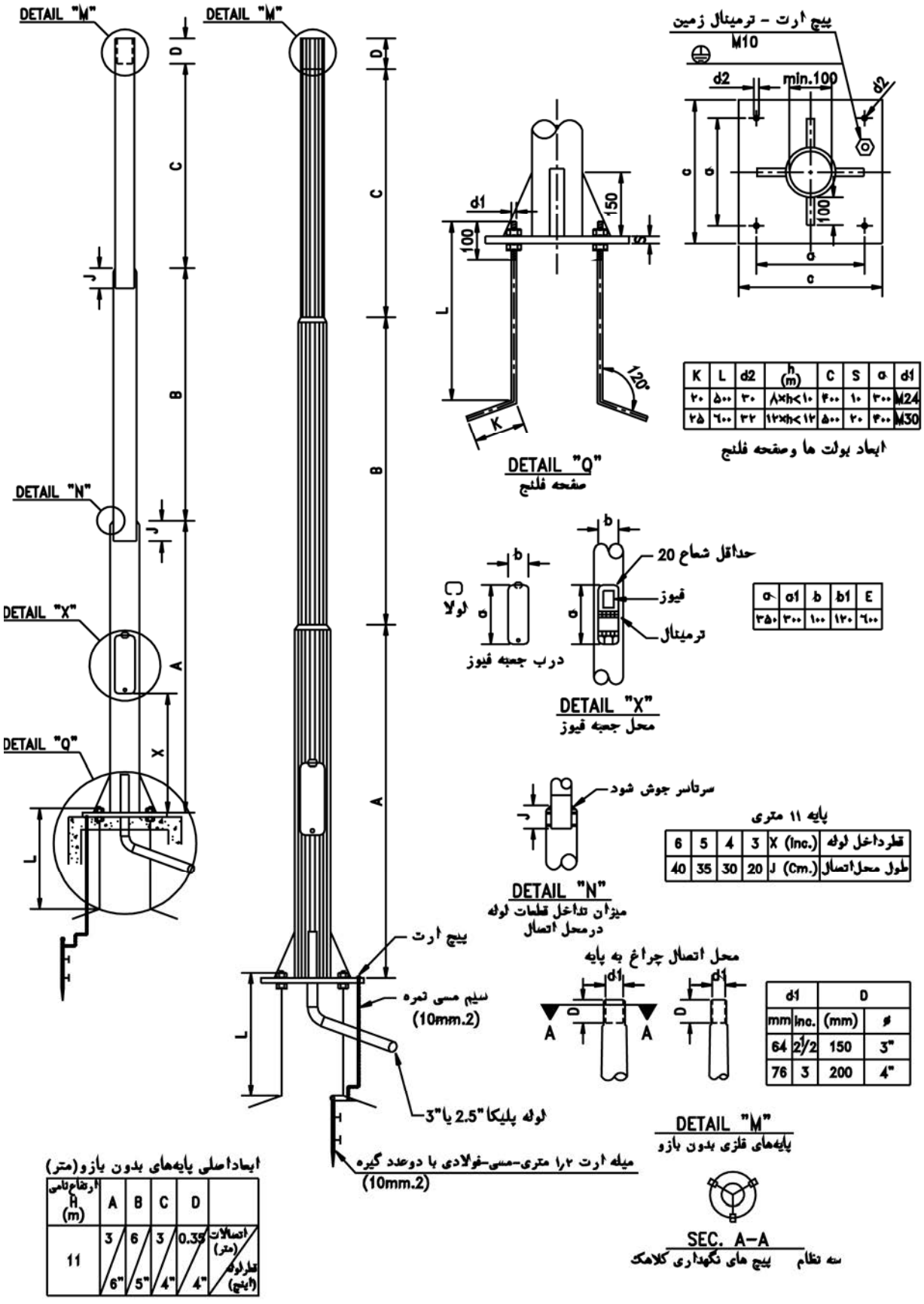
جدول ۱۳-۳ : میزان تداخل لوله‌ها در یکدیگر

قطرداخلی لوله‌کوچکتر (in)	۲	۲/۵	۳	۳/۵	۴	۵	۶	۸	۱۰	۱۲
میزان تداخل لوله‌ها دریکدیگر(cm)	۱۵	۱۸	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۴۵	۴۵

روش دیگر ساخت پایه‌های فلزی استفاده از اتصالات بوشن‌های تبدیل برای اتصال لوله‌ها به یکدیگر می‌باشد. در ساخت این پایه‌ها از لوله‌های فولادی با کمتر از ۶ درصد گوگرد و یا فسفر استفاده می‌شود.
پایه‌های تلسکوپی ۸ وجهی نیز با استفاده از ورق آهنی، پس از عملیات پرس‌کاری و به صورت یکپارچه به وسیله دستگاه‌های مخصوص در کارخانه ساخته می‌شود.

۱۳-۴-۲-۵ فولاد مورد مصرف در ساخت پایه‌های لوله‌ای باید حداقل برابر استاندارد EN 25-72 کلاس Fe 360 B بوده و برای گالوانیزه شدن و جوش مناسب باشد. این‌گونه لوله‌ها باید از نوع سراسر درزجوش و یا بی‌درز و کاملاً سالم و همچنین بدون هیچ نوع خوردگی باشد.

۱۳-۴-۲-۶ آلیاژ آلومینیوم مورد مصرف برای ساخت پایه‌های آلومینیومی باید با شرایط مندرج در استانداردهای ISO/R 164 و ISO/R 209 و ISO/TR 2136 و ISO/R 827 منطبق بوده و در برابر خوردگی مقاوم باشد. در مواردی که در محل نصب پایه‌ها شرایط خورندگی ویژه‌ای وجود داشته باشد، پیمانکار موظف است آلیاژ پایه‌ها را با توافق دستگاه نظارت تعیین نماید.



K	L	d2	h (m)	C	S	a	d1
۲۰	۵۰۰	۳۰	۸×h<۱۰	۴۰۰	۱۰	۳۰۰	M24
۲۵	۶۰۰	۳۲	۱۲×h<۱۲	۵۰۰	۲۰	۴۰۰	M30

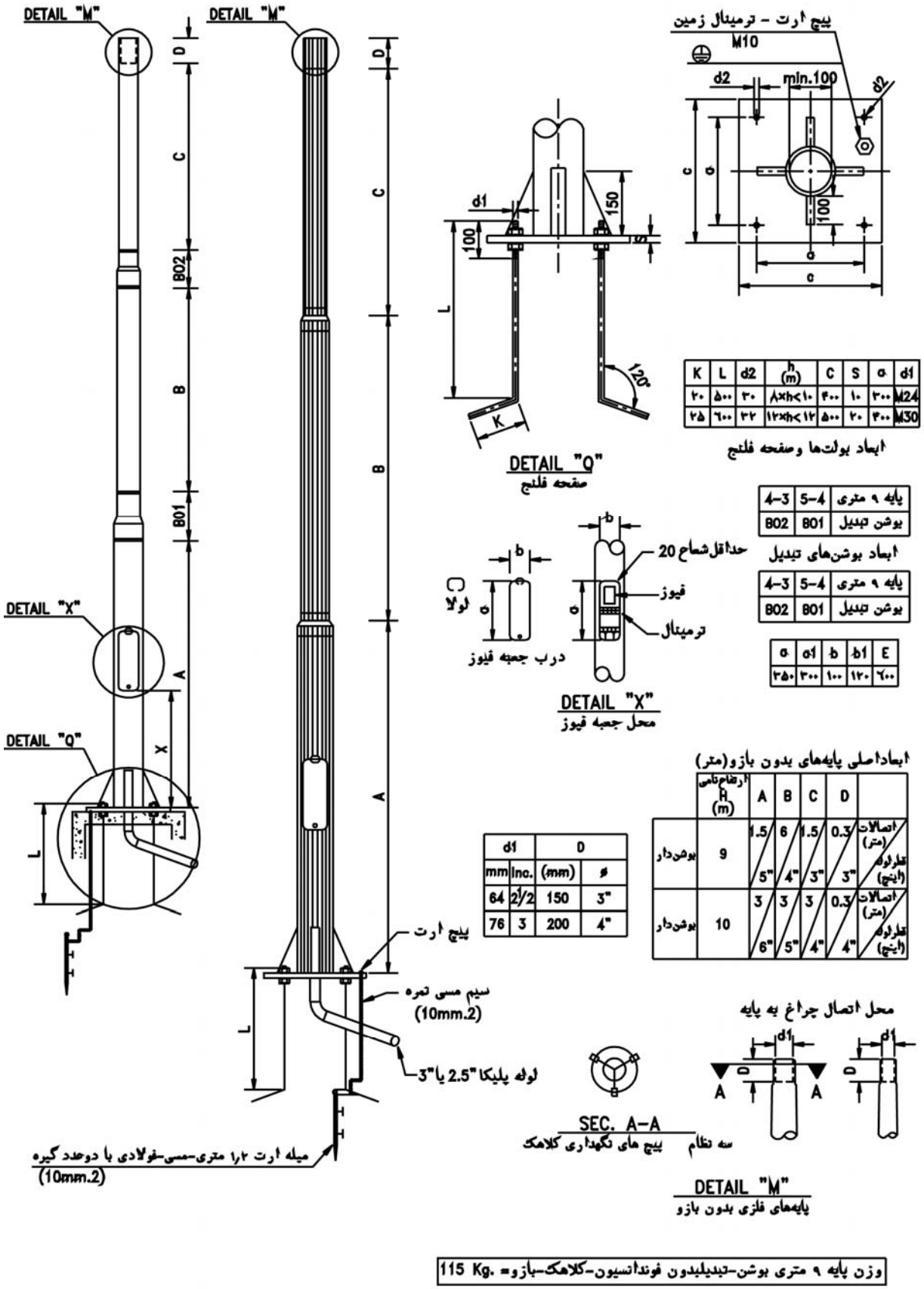
a	a1	b	b1	E
۳۵۰	۳۰۰	۱۰۰	۱۲۰	۶۰۰

قطرداخل لوله	X (Inc.)	3	4	5	6
طول محل اتصال	J (Cm.)	20	30	35	40

d1		D	
mm	Inc.	(mm)	ø
64	2 1/2	150	3"
76	3	200	4"

ارتفاع نامی h (m)	A	B	C	D	
11	3 / 6"	6 / 5"	3 / 4"	0.35 / 4"	اتصالات (متر) / قطرلوله (اینچ)

شکل ۱۳-۱: پایه فلزی لوله‌ای، نوع تداخلی – باصفحه فلنج (۱۱ متری)



K	L	d2	h (m)	C	S	a	d1
۲۰	۵۰۰	۳۰	۸×h<۱۰	۴۰۰	۱۰	۳۰۰	M24
۲۵	۶۰۰	۳۲	۱۲×h<۱۲	۵۰۰	۲۰	۴۰۰	M30

a	a1	b	b1	E
۳۵۰	۳۰۰	۱۰۰	۱۲۰	۶۰۰

شکل ۱۳-۲: پایه فلزی لوله‌ای، نوع بوشن – تبدیل با صفحه فلنج (۹ و ۱۰ متری)

۱۳-۴-۲-۷ میله یا تسمه‌های پرکننده که برای جوشکاری قوس الکتریک تحت گاز محافظ برای آلومینیوم یا آلیاژهای آن به کار می‌رود باید دارای شرایط مندرج در بخش چهارم از استاندارد BS 2901-1990 باشد.

۱۳-۴-۲-۸ آماده‌سازی و اجرای جوشکاری قوس الکتریک باید حسب مورد، بر طبق استاندارد BS EN 1011-4 , 2000 انجام شود.

۱۳-۴-۲-۹ پایه‌های تلسکوپی یکپارچه باید از لوله یک‌تکه بوده و در کارخانه به وسیلهٔ دستگاه مخصوص تغییر قطر به شکل پله‌ای ساخته شود.

۱۳-۴-۲-۱۰ پایه‌های تلسکوپی پرسی باید از لوله‌هایی که دارای قطرهای مختلف و طول‌های مناسب است به وسیلهٔ دستگاه‌ها و پرس‌های ویژه تولید این نوع پایه‌ها ساخته شود. نحوهٔ ساخت به وسیلهٔ دستگاه‌های یاد شده بدین ترتیب است که ابتدا لولهٔ دارای قطر بزرگتر کاملاً گرم و سپس لولهٔ دارای قطر کوچکتر در داخل آن پرس می‌شود و کار به همین ترتیب تا تکمیل پایه ادامه می‌یابد.

۱۳-۴-۲-۱۱ پایه‌های تلسکوپی جوشی نیز باید از لوله‌هایی با قطرهای مختلف و با طول‌های مناسب در داخل یکدیگر قرار داده شده و دورادور آن حداقل دوبار متناسب با شرایط مندرج در استانداردهای BS EN 1011-1,1998 و BS EN 1011-2 , 2001 جوشکاری شده و سطح آن با سنباده کاملاً صاف شود.

۱۳-۴-۲-۱۲ طراحی و ساخت پایه‌های فلزی روشنایی باید با محاسبه وزن بازو و چراغ و سایر لوازم مربوط به آن و ضرایب مربوط به فشار باد و شکل پایه و بازو انجام شود.

۱۳-۴-۲-۱۳ برای طرح‌های نمونه پایه‌های فولادی روشنایی معابر و همچنین سایر مشخصات فنی و استانداردهای مربوط به پایه‌ها همچون جعبه تقسیم پایه، مسیر کابل ورودی و یا خروجی، ترمینال‌های زمین و اتصال چراغ به پایه به نشریه «مشخصات فنی عمومی و اجرایی روشنایی راههای شهری» رجوع شود.

۱۳-۴-۲-۱۴ حفاظت پایه‌های فلزی در برابر خوردگی

حفاظت پایه‌های فلزی در برابر خوردگی شامل سه بخش به شرح زیر خواهد بود :

سطح اول: سطح خارجی پایه از بالاترین قسمت آن تا ۰/۲۵ متر از سطح زمین یا در مورد پایه‌های فلنج‌دار تمامی سطح خارجی پایه

سطح دوم : سطح خارجی قسمت زمینی پایه تا ارتفاع ۰/۲۵متر از سطح زمین

سطح سوم : سطح داخلی پایه (در صورت وجود)

۱۳-۴-۲-۱۵ حفاظت پایه‌های فولادی در برابر خوردگی

پایه‌های فولادی باید بر اساس یکی از روش‌های زیر، بر حسب مورد، در برابر خوردگی حفاظت شود:

الف) در مواردی که از پایه‌های فولادی گالوانیزه استفاده می‌شود، تمامی سطوح پایه باید برابر استانداردهای ISO 1459، ISO 1460 و ISO 1461 گالوانیزه گرم شده باشد. حداقل ضخامت پوشش روی برای پایه‌های فولادی گالوانیزه با ضخامت بین ۱ تا ۵ میلی‌متر در جدول ۱۳-۴ ارایه شده است.

جدول ۱۳-۴ : حداقل ضخامت پوشش روی برای پایه‌های فولادی گالوانیزه با ضخامت بین ۱ تا ۵ میلی‌متر

ضخامت پایه فولادی (میلی‌متر)	حداقل پوشش روی (دریک طرف)	
	µm	g/m^2
۱ تا ۲	۳۵۰	۵۰
بیش از ۲ تا ۵	۴۵۰	۶۵

ب) در مـــواردی کـــه پایـــه‌هـــای فلـــزی بـــه وســـیله روش دمـــایی فلزپاشـــی و رنـــگ‌آمیـــزی (thermal spraying with metals and painting) در برابر خوردگی حفاظت می‌شود، ابتدا باید سـطوح اول و دوم پایه با استفاده از روش زنگ‌زدایی با فشـار بـاد و مـواد سـاینده (blast cleaning) برابـر اسـتاندارد سـوئد بـا شـماره SIS 05 5900 آماده‌سازی شود و سپس سطوح سه گانه آن به شرح زیر رنگ‌آمیزی و قیراندود گردد:

سطح اول: پوشش آستری با رنگ مقاوم در برابر خوردگی – غیرالزامی

سطح دوم : پوشش آستری با رنگ مقاوم در برابر خوردگی یا یک لایه پوشش قیر

سطح سوم:یک لایه پوشش قیر

پ) در مواردی که برای حفاظت پایه‌های فولادی از روش فسفاته‌کاری و رنگ‌کردن استفاده مـی‌شـود، ابتـدا بایـد سـطوح سه‌گانه تا زدوده شدن تمامی زنگ از سطح فلز نمک‌سود شده و سپس یک لایـه فسـفات بـر روی آن ایجـاد شـود و آن‌گاه در مدت ۲۴ ساعت به شرح زیر رنگ‌آمیزی و قیراندود گردد.

سطح اول: پوشش آستری با رنگ مقاوم در برابر خوردگی

سطح دوم : پوشش آستری با رنگ مقاوم در برابر خوردگی یا یک لایه پوشش قیر

سطح سوم:یک لایه پوشش قیر

ت) در مواردی که برای حفاظت پایه‌های فولادی از روش رنگ‌آمیزی استفاده می‌شود، ابتدا باید سـطوح اول و دوم پایـه طبق استاندارد سوئد با شماره SIS 05 5900 زنگ‌زدایی و سپس به شرح زیر رنگ‌آمیزی وقیراندود شود :

سطح اول: پوشش آستری با رنگ مقاوم در برابر خوردگی

سطح دوم : پوشش آستری با رنگ مقاوم در برابر خوردگی و (یا) یک لایه پوشش قیر

سطح سوم:یک لایه پوشش قیر

۱۳-۴-۲-۱۶ حفاظت پایه‌های آلومینیومی در برابر خوردگی

حفاظت سطوح سه‌گانه پایه‌های آلومینیومی در برابر خوردگی به شرح زیر خواهد بود:

سطح اول: حفاظت ضرورت ندارد

سطح دوم: سطح مورد نظر باید پس از چربی‌گیری و پرداخت اولیه به وسیله حداقل ۲۵۰ میکرومتر قیر پوشیده شود.

سطح سوم: چربی‌گیری و پوشش قیر همانند سطح دوم باید انجام شود لیکن پرداخت اولیه سطح مورد لـزوم نخواهـد بود.

۱۳-۴-۳ پایه‌های چوبی

پایه‌های چوبی باید از چوب سرو مخصوص برابر استاندارد BS 1990/1984 بوده و با مواد کرئوزوت بر اسـاس روش روپینگ (rueping) و استاندارد BS 144/1990 اشباع شده باشد. کیفیت کرئوزوت مذکور باید بـر اسـاس اسـتاندارد BS 144/1997 بوده و حداقل کشش الیاف پایه‌های چوبی (fiber sress) باید $۵۶۰kg/cm^2$ باشد. پایه‌هـای چـوبی

همچنین باید با مشخصات مندرج در جلد سوم از استاندارد خطوط هوایی توزیع زیرعنوان «تیرهای چوبی و مشخصات کراس آرم‌های چوبی به کار رفته در شبکه توزیع» منطبق باشد. عمده‌ترین موارد مربوط به مشخصات فنی پایه‌های چوبی بر اساس استاندارد نامبرده به قرار زیر است:

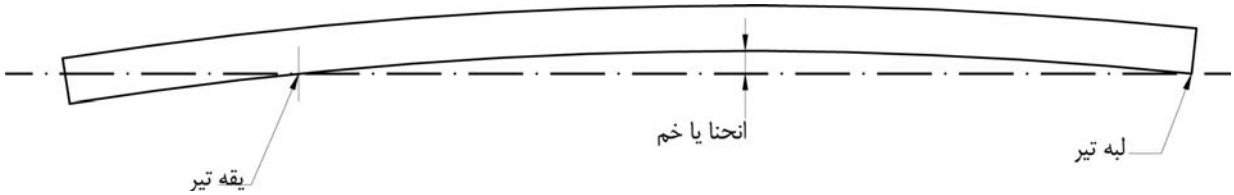
۱۳-۴-۳-۱ چوب داخلی مناسب برای ساخت پایه‌های چوبی شامل درختان کاج تدا، کاج تهران، کاج زربین، ممرز، تبریزی، صنوبر، افرا، اکالیپتوس و انجیلی می‌باشد. چوب درختان یاد شده باید از نظر تعداد حلقه‌های رویش سالانه، طول ترک‌ها و شکاف‌های ظاهر شده در سر یا ته تیر، وجود علایم فشاری (یا کششی) در ابتدا یا انتهای چوب، اثر زخم و فرورفتگی، وجود پوسیدگی یا مغز پوک در چوب، محدودیت تکان‌خوردگی، و مانند آن برابر ضوابط مندرج در استاندارد مزبور باشد.

۱۳-۴-۳- ۲ حداکثر پیچش مجاز رگه در تیرهای مورد مصرف به قرار جدول زیر خواهد بود:

طول تیر	حداکثر پیچش مجاز
۹ متر و کمتر	یک دور کامل در هر ۳ متر
۱۰ تا ۱۴ متر	یک دور کامل در هر ۵ متر
بیش از ۱۵ متر	یک دور کامل در هر ۶ متر

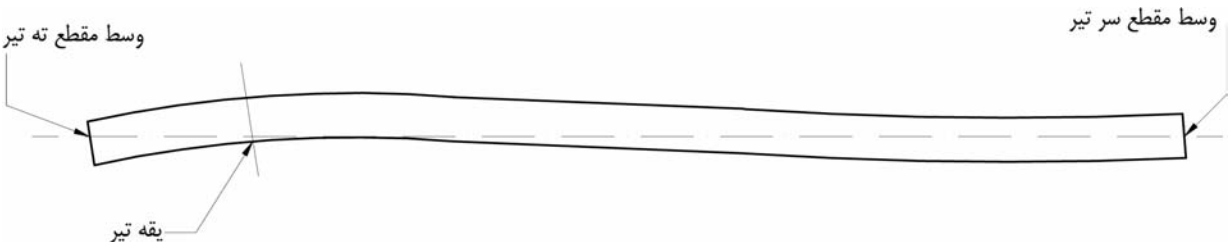
۱۳-۴-۳- ۳ انحنای تیر

الف) انحنا در یک جهت: تیرهای مورد مصرف با حداکثر ارتفاع ۱۵ متر و انحنا در یک جهت، نباید به ازای هر سه متر طول از محل یقه تیر به بالا دارای انحنای بیش از ۲/۵ سانتی‌متر باشد. (شکل ۱۳-۳).



شکل ۱۳-۳: انحنا یا خمیدگی تیر در یک جهت

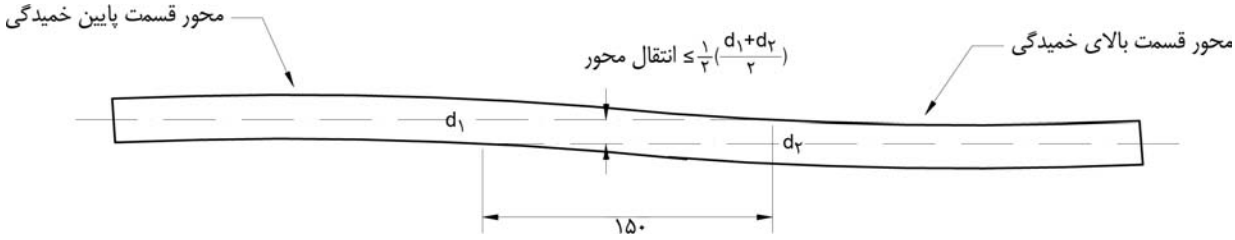
ب) انحنا در دو جهت: خط مستقیمی که از وسط سر و ته تیر می‌گذرد باید در فاصلهٔ این دو نقطه در محل‌های انحنا حداقل با سطح تیر مماس باشد(شکل ۱۳-۴).



شکل ۱۳-۴: انحنا یا خمیدگی تیر در دو جهت

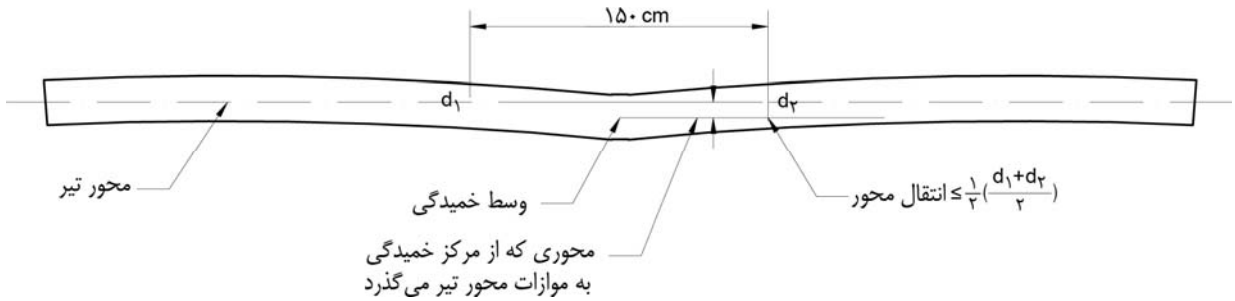
۱۳-۴-۳-۴ خمیدگی کوتاه

تیر باید فاقد خمیدگی‌های کوتاه باشد. اندازه‌گیری خمیدگی‌های کوتاه ۱۵۰ سانتی‌متری یا کمتر به شرح زیر است:
حالت اول: در صورتی که محورهای مبنا تقریباً با هم موازی باشد، فاصله دو محور، نباید از نصف متوسط قطرهای بالا و پایین خمیدگی، بیشتر باشد (شکل ۱۳-۵).



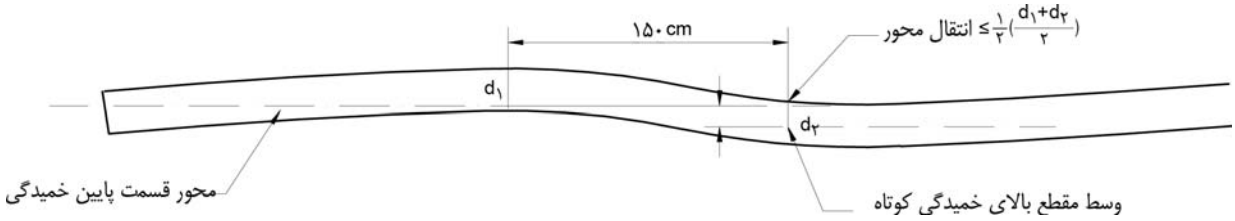
شکل ۱۳-۵: خمیدگی کوتاه تیر، حالت اول

حالت دوم:در صورتی که محورهای بالا و پایین خمیدگی کوتاه بر هم منطبق باشد، فاصله محور تیر از محوری که از مرکز قسمت خمیدگی به موازات محور تیر می‌گذرد، نباید از نصف متوسط قطرهای بالا و پایین خمیدگی بیشتر باشد (شکل ۱۳-۶).



شکل ۱۳-۶: خمیدگی کوتاه تیر، حالت دوم

حالت سوم: در صورتی که محور بالا و پایین قسمت خمیدگی بر هم منطبق نبوده و موازی نیز نباشد، فاصلهٔ محور پایین‌تیر و خطی که از مرکز مقطع عرضی بالای خمیدگی و موازی پایین کشیده شده نباید بیشتر از نصف متوسط قطرهای بالا و پایین خمیدگی باشد (شکل ۱۳-۷).



شکل ۱۳-۷: خمیدگی کوتاه تیر، حالت سوم

۱۳-۴-۳-۵ قطر هر گره و مجموع قطرهای گره‌های موجود در یک فاصله ۳۰ سانتی‌متری در طول پایه نباید از حدود جدول ۱۳-۵ تجاوز کند.

جدول ۱۳-۵: قطر مجاز گره و مجموع گره‌ها برای تیرهای مختلف

طول تیر	محل گره‌ها	کلاس ۱، ۲ و ۳	کلاس ۴، ۵،۶ و ۷
۸ تا ۱۵ متر	نیمه اول از ته تیر	قطرهر گره، ۷/۵ سانتی‌متر مجموع قطر گره‌ها، ۲۰ سانتی‌متر	قطرهر گره، ۵ سانتی‌متر مجموع قطر گره‌ها، ۲۰ سانتی‌متر
۸ تا ۱۵ متر	نیمه دوم از ته تیر	قطرهر گره، ۱۲/۵ سانتی‌متر مجموع قطرگره‌ها، ۲۰ سانتی‌متر	قطرهر گره، ۱۰ سانتی‌متر مجموع قطرگره‌ها، ۲۰ سانتی‌متر
بیش از ۱۵ متر	نیمه اول از ته تیر	قطرهر گره، ۱۰ سانتی‌متر مجموع قطرگره‌ها، ۲۵ سانتی‌متر	قطرهر گره، ۱۰ سانتی‌متر مجموع قطرگره‌ها، ۲۵ سانتی‌متر
بیش از ۱۵ متر	نیمه دوم از ته تیر	قطرهر گره، ۱۵ سانتی‌متر مجموع قطرگره‌ها، ۲۵ سانتی‌متر	قطرهر گره، ۱۵ سانتی‌متر مجموع قطرگره‌ها، ۲۵ سانتی‌متر

۱۳-۴-۳-۶ پایه‌های چوبی برق از نظر مشخصات به هفت گروه یا کلاس تقسیم می‌شود. مشخصات و گروه‌بندی پایه‌های مذکور شامل حداقل محیط سرتیر، حداقل قطر سرتیر و نیروی شکست پایه در جدول ۱۳-۶ و حداقل محیط سینه تیر در فاصله ۱۸۳ سانتی‌متر از انتهای تیر در جدول۱۳-۷ ارایه شده است.

جدول ۱۳-۶: حداقل محیط و قطر سرتیر و نیروی شکست پایه برای کلاس‌های مختلف تیر

کلاس یا گروه تیر	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
حداقل محیط سرتیر (سانتی‌متر)	۶۸	۶۳	۵۸	۵۳	۴۸	۴۳	۳۸
حداقل قطر سرتیر (سانتی‌متر)	۲۲	۲۰	۱۹	۱۷	۱۵	۱۴	۱۲
نیروی شکست (کیلوگرم نیرو)	۲۰۰۰	۱۷۰۰	۱۳۵۰	۱۱۰۰	۹۰۰	۷۰۰	۵۵۰

جدول ۱۳-۷: حداقل محیط سینه در فاصله ۱۸۳ سانتی‌متر از انتهای تیر

کلاس	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
طول تیر (متر)	حداقل محیط سینه تیر در فاصله ۱۸۳ سانتی‌متر از انتهای تیر(سانتی‌متر)						
۸	۸۵	۸۰	۷۵	۷۰	۶۵	۵۸/۵	۵۵
۹	۹۰	۸۶	۸۱	۷۳/۵	۷۰	۶۲	۵۸/۵
۱۱	۹۶/۵	۹۰	۸۴	۷۸/۵	۷۳/۵	۶۷	۶۲
۱۲	۱۰۱/۵	۹۵	۹۱/۵	۸۲/۵	۷۷/۵	۷۱	۶۶
۱۴	۱۰۷	۱۰۳	۹۳	۸۶	۸۲/۵	۷۳/۵	۶۸/۵
۱۵	۱۱۲	۱۰۷	۹۵	۹۰	۸۶	۷۷/۵	۷۲
۱۷	۱۱۵	۱۱۱	۱۰۱/۵	۹۶/۵	۸۹	۸۰	–
۱۸	۱۱۹	۱۱۴	۱۰۴	۹۹	۹۱/۵	۸۴	–

۱۳-۴-۳-۷ پلاک مشخصات

مشخصات پایه‌های چوبی باید بر روی یک صفحه فلزی مناسب حک شده و با میخ (و یا هر وسیله دیگر به گونه‌ای که به استحکام پایه صدمه وارد نشود) در فاصله ۳ متری از انتهای پایه نصب شود.

بر روی این پلاک باید یک علامت (نشان) به طول حداقل ۵۰ میلی‌متر، به عرض حداقل ۵ میلی‌متر و به عمق حداقل ۳ میلی‌متر حک شده و مشخصات پایه در بالا و پایین این نشان به صورت زیر درج شود:

الف) مشخصاتی که باید در بالای نشان حک شود:

۱- طول پایه (متر)

۲- کلاس پایه یا قطر پایه در فاصله ۱/۵ متری از انتهای آن (میلی‌متر)

ب) مشخصاتی که باید در زیر نشان درج شود:

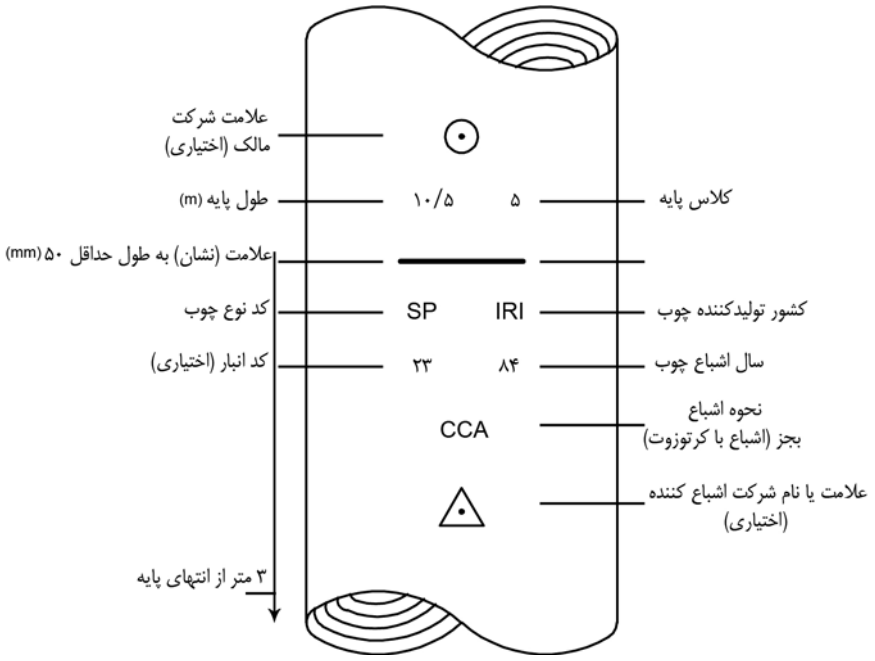
۱- کد نوع چوب

۲- کشور تولیدکننده چوب

۳- دو رقم آخر سال تولید چوب

حروف مورد استفاده برای درج مشخصات باید دارای ارتفاع حداقل ۲۵ میلی‌متر، عرض حداقل ۵ میلی‌متر و عمق حداقل ۳ میلی‌متر باشد. فاصله بین درج مشخصات مختلف باید بین ۲۰ تا ۳۰ میلی‌متر باشد.

نمونه‌ای از چگونگی درج مشخصات روی پایه چوبی در شکل ۱۳-۸ نشان داده شده است.



شکل ۱۳-۸: نمونه‌ای از علامت‌گذاری روی پایه‌های چوبی

۱۳-۵ اصول و روش‌های نصب پایه‌های برق

۱۳-۵-۱ ضوابط کلی

۱۳-۵-۱-۱ به طور کلی پایه‌های برق باید کاملاً در امتداد نیروی ثقل زمین و با استحکام کافی در زمین نصب شود به طوری که نیروی وارده از جانب سیم‌ها یا باد و مانند آن سبب خمش پایه نشود.

۱۳-۵-۱-۲ برای نصب پایه‌های برق در مواردی که خطوط برق به طور مستقیم و در زمین‌های معمولی کشیده می‌شود قاعده کلی آن است که عمق گودال مورد لزوم برابر یک ششم طول کل پایه در نظر گرفته شود. برای تعیین عمق گودال

درموارد مختلف (خط مستقیم و غیرمستقیم)، در زمین‌های معمولی جدول شماره ۱۳-۸ ممکن است مورد استفاده قرار گیرد.

جدول ۱۳-۸: تعیین عمق گودال در زمین‌های معمولی برای موارد مختلف

طول کل پایه (متر)	عمق گودال(متر)		طول کل پایه (متر)	عمق گودال متر	
	خط مستقیم	انحناها، گوشه‌ها و نقاط دارای کشش اضافی		خط مستقیم	انحناها، گوشه‌ها و نقاط دارای کشش اضافی
۹	۱/۶۷	۱/۸۲	۱۷	۲/۱۲	۲/۲۷
۱۱	۱/۸۲	۲/۰	۱۸	۲/۲۷	۲/۴۲
۱۲	۱/۸۲	۲/۰	۲۰	۲/۴۲	۲/۵۸
۱۴	۲/۰	۲/۱۲	۲۱	۲/۴۲	۲/۵۸
۱۵	۲/۱۲	۲/۲۷	۲۲	۲/۵۸	۲/۷۳

۱۳-۵-۱-۳ در خاک‌های سست پایه‌هایی که دارای طول حداکثر ۱۷ متر می‌باشد، باید ۵۰ سانتی‌متر عمیق‌تر از زمین‌های سفت جایگذاری شود و برای پایه‌های کمتر از ۱۷ متر طول، عمق جایگذاری پایه نظیر عمق تعیین‌شده برای زمین‌های سفت می‌باشد.

۱۳-۵-۲ اصول و روش‌های نصب پایه‌های بتنی

۱۳-۵-۲-۱ نصب پایه‌های بتنی بر حسب نوع زمین و مقاومت جانبی خاک متفاوت است. ابعاد گودال مناسب برای نصب تیرهای بتنی با اندازه‌های متفاوت با توجه به مشخصات و جنس زمین شامل زمین‌های معمولی و خوب، سست و مرطوب، و سخت و سنگی در جدول ۱۳-۹ ارایه شده است.

۱۳-۵-۲-۲ کف گودال باید با ریختن بتن مگر به ضخامت ۵ الی ۱۰ سانتی‌متر بتن‌ریزی و کف بالای بتن‌ریزی در کلیه گودال‌ها همسطح باشد.

۱۳-۵-۲-۳ پایه‌ها باید در وسط گودال و عمود بر سطح افقی و در یک امتداد مسیر مستقیم قرار گرفته و بر حسب مورد به شرح زیر با سنگ لاشه مستحکم و بتن‌ریزی شود:

الف) نصب پایه‌های میانی (شکل ۱۳-۹)

- در زمین‌های معمولی و سخت و سنگی برای پرکردن گودال از ترکیب سنگ لاشه و دوغاب ملات سیمان استفاده شود.
- در زمین‌های سست و مرطوب برای پرکردن گودال از سنگ لاشه و شفته بتن با عیار ۲۵۰ کیلوگرم در مترمکعب استفاده گردد.

ب) نصب پایه‌های انتهایی خط و زوایا و پایه‌های نگه‌دارنده ترانسفورماتور(شکل ۱۳-۱۰)

- برای پرکردن گودال از ترکیب سنگ لاشه و ملات ماسه سیمان و بتن با عیار ۳۵۰ کیلوگرم درمترمکعب استفاده شود.

- برای حصول به استقامت کافی پس از سنگ چینی هر لایه سنگ باید توسط دیلم کوبیده شده و توسط دوغاب سیمان به خوبی پر شود.
- برای افزایش استقامت باید کف گودال به صخامت ۲۰ سانتی‌متر بتن‌ریزی شود.

۱۳-۵-۲-۴ در تیرهای پیش‌تنیده (که دارای مقطع گرد و توخالی است) هنگامی که از مهار استفاده می‌شود نیروی محوری زیادی در تیر به وجود می‌آید لذا باید به چگونگی انتقال این نیرو به زمین در کف تیر نیز توجه ویژه‌ای شود. برای مقابله با تنش‌های لهیدگی در این ناحیه می‌توان صفحات بزرگتری در زیر تیر تعبیه نمود. این موضوع به ویژه در خاک‌های سست باید مورد توجه قرار گیرد.

۱۳-۵-۲-۵ صعود از پایه‌های نصب شده بتنی و انجام هر گونه عملیات نصب وسایل و تجهیزات روی پایه‌ها باید حداقل ۲۴ ساعت بعد از بتن‌ریزی گودال پایه‌های مذکور صورت پذیرد.

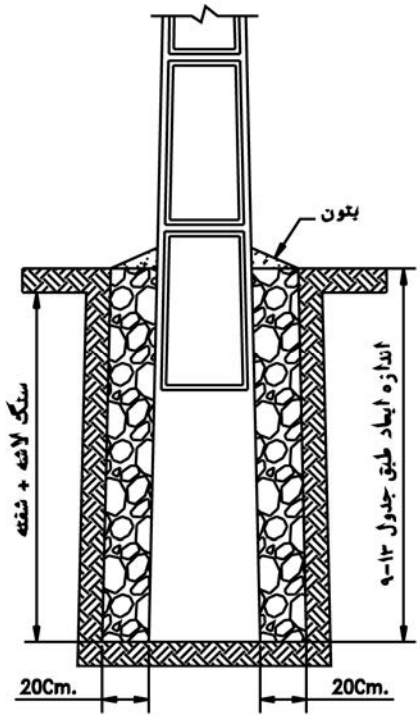
۱۳-۵-۲-۶ به منظور جلوگیری از آسیب‌دیدگی بدنه پایه‌ها و آرماتورها، توصیه می‌شود در هنگام بلندکردن و نصب پایه‌های بتنی در گودال‌های مربوط از وسایل مکانیکی مانند جرثقیل و مانند آن به جای نیروی انسانی استفاده شود.

۱۳-۵-۳ اصول و روش‌های نصب پایه‌های بتنی در محل‌های ویژه

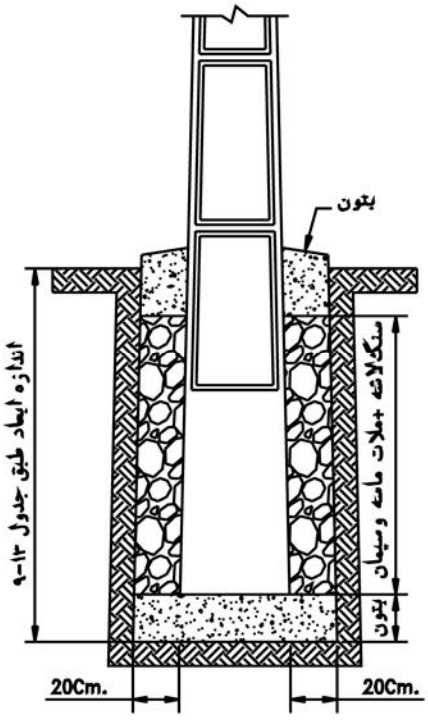
برای نصب پایه‌ها در محل‌های ویژه همچون در بستر و مسیر رودخانه‌های فصلی با احتمال طغیان آب رودخانه، در محل‌هایی با احتمال آب‌گرفتگی، در مناطق و زمین‌های باتلاقی، در موارد نیاز به افزایش مجازی طول تیر توسط سکوی بتنی و در موارد نیاز به فونداسیون‌های خاص برای نصب تیر در زمین‌های سست، به بند ۵-۵-۴-۳ از نشریه شماره ۳۷۴ با عنوان "مشخصات فنی عمومی و اجرایی خطوط توزیع هوایی و کابلی فشار متوسط و فشار ضعیف معاونت نظارت راهبردی – سازمان توانیر"رجوع شود.

جدول ۱۳-۹: ابعاد گودبرداری تیرهای بتنی در زمین‌های متفاوت

قدرت اسمی (kgf)	طول تیر (m)	زمین معمولی و خوب		زمین سست و مرطوب		زمین سخت و سنگی	
		عرض. طول (cm^2)	عمق (cm)	عرض. طول (cm^2)	عمق (cm)	عرض. طول (cm^2)	عمق (cm)
۲۰۰ تا ۶۰۰	۸	۸۰ * ۷۰	۱۵۰	۸۰ * ۷۰	۱۶۰	۸۰ * ۷۰	۱۳۰
	۹	۹۰ * ۸۰	۱۶۰	۹۰ * ۸۰	۱۷۰	۹۰ * ۸۰	۱۴۰
	۱۰	۹۰ * ۸۰	۱۷۰	۹۰ * ۸۰	۱۸۰	۹۰ * ۸۰	۱۵۰
	۱۱	۱۰۰ * ۸۰	۱۸۰	۱۰۰ * ۸۰	۱۹۰	۱۰۰ * ۸۰	۱۶۰
	۱۲	۱۰۰ * ۸۰	۱۸۰	۱۰۰ * ۸۰	۲۰۰	۱۰۰ * ۸۰	۱۷۰
	۱۳	۱۰۰ * ۸۰	۲۰۰	۱۰۰ * ۸۰	۲۱۰	۱۰۰ * ۸۰	۱۹۰
	۱۵	۱۱۰ * ۹۰	۲۱۰	۱۱۰ * ۹۰	۲۲۰	۱۱۰ * ۹۰	۲۰۰
۸۰۰ تا ۱۲۰۰	۹	۱۰۰ * ۸۰	۱۶۰	۱۰۰ * ۸۰	۱۷۰	۱۰۰ * ۸۰	۱۴۰
	۱۰	۱۰۰ * ۸۰	۱۷۰	۱۰۰ * ۸۰	۱۸۰	۱۰۰ * ۸۰	۱۵۰
	۱۱	۱۱۰ * ۹۰	۱۸۰	۱۱۰ * ۹۰	۱۹۰	۱۱۰ * ۹۰	۱۶۰
	۱۲	۱۱۰ * ۹۰	۱۸۰	۱۱۰ * ۹۰	۲۰۰	۱۱۰ * ۹۰	۱۷۰
	۱۳	۱۲۰ * ۱۰۰	۲۰۰	۱۲۰ * ۱۰۰	۲۱۰	۱۲۰ * ۱۰۰	۱۹۰
	۱۵	۱۲۰ * ۱۰۰	۲۱۰	۱۲۰ * ۱۰۰	۲۲۰	۱۲۰ * ۱۰۰	۲۰۰
مشخصات خاک زمین		گل رس خشک و سفت و شن مخلوط نرم به هم فشرده شده و سفت، خاک مخلوط رس، ماسه و قلوه‌سنگ خشک و سفت		گل مخلوط، رس و ماسه نرم و مرطوب، شوره‌زار آبدار، طبقات گل رس و ماسه آبدار		شن درشت به هم فشرده، طبقات سنگ و گل رس خشک، سنگ سست، گل رس خشک و سفت سنگدار	



شکل ۱۳-۹: نصب پایه‌های میانی



۱۳-۱۰: نصب پایه‌های انتهایی، زوایا، و نگهدارنده ترانسفورماتور

۱۳-۵-۴ اصول و روش‌های نصب پایه‌های فلزی

۱۳-۵-۴-۱ پایه‌های فلزی مورد استفاده برای نصب در زمین باید برابر بند ۱۳-۴-۲-۱۴ در برابر خوردگی محافظت شود.

۱۳-۵-۴-۲ در صورتی که پایه‌های فلزی به منظور ایجاد شبکه هوایی توزیع نیرو به کار رود، اصول و روش‌های نصب پایه‌های بتنی مندرج در بند ۱۳-۵-۲ از قبیل گودبرداری، ابعاد گودال و جزییات نصب باید عیناً در مورد پایه‌های فلزی نیز رعایت شود.

۱۳-۵-۴-۳ درمواردی که پایه‌های فلزی روشنایی معابر و خیابان‌ها به وسیله کابل زمینی تغذیه می‌شود، عمق نصب پایه در داخل زمین باید بر اساس محاسبات لازم و با توجه به نوع خاک تعیین شود. حداقل عمق نصب پایه‌های مزبور در خاک‌های سفت، معمولی یا سست در جدول ۱۳-۱۰ ارایه شده است. برای نصب پایه‌های فلزی روشنایی راههای شهری یکی از روش‌های مندرج در بندهای ۱۳-۵-۴-۴ تا ۶ ممکن است مورد استفاده قرار گیرد.

جدول ۱۳-۱۰: حداقل عمق دفن پایه چراغ‌های روشنایی در زمین با توجه به نوع خاک

ارتفاع نامی (متر)	عمق دفن(سانتی‌متر)		
	خاک سفت	خاک معمولی	خاک سست
<۵	۶۰	۸۰	۱۰۰
۶	۸۰	۱۰۰	۱۲۰
۸	۱۰۰	۱۲۰	۱۵۰
۱۰	۱۲۰	۱۵۰	۱۷۰
۱۲	۱۵۰	۱۷۰	۲۰۰
۱۵	۱۵۰	۲۰۰	۲۵۰
۱۸	۱۵۰	۲۰۰	–
۲۰	۱۸۰	–	–

۱۳-۵-۴-۴ نصب مستقیم پایه‌های فلزی روشنایی در زمین

در این روش ابتدا باید گودالی با عمق لازم در زمین حفر شود و سپس با نصب پایه در مرکز آن و قراردادن لوله‌های مخصوص ورود و خروج کابل، بتن‌ریزی با عیار حداقل ۲۰۰ کیلوگرم سیمان در متر مکعب صورت گیرد و پس از خشک‌شدن بتن سطح آن با خاک و ماسه انباشته شده و کاملاً کوبیده شود. پوشش نهایی گودال مشابه سطح خیابان یا معابر مورد نظر خواهد بود.

۱۳-۵-۴-۵ نصب پایه‌های فلزی روشنایی با استفاده از لوله سیمانی

نصب پایه با استفاده از لوله سیمانی شامل مراحل زیر خواهد بود:

الف) حفر گودال با عمق لازم و قراردادن یک عدد لوله سیمانی با قطر داخلی ۶ تا ۱۰ سانتی‌متر بیش از قطر خارجی پایه فلزی و ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر کمتر از عمق گودال در داخل آن.

ب) نصب لوله‌های فلزی برای عبور کابل یا کابل‌های ورودی و خروجی به درون پایه با ایجاد سوراخ یا سوراخ‌های لازم در بدنه لوله سیمانی همسطح با کف کانال کابل‌کشی به گونه‌ای که پس از بتن‌ریزی، عبور کابل از طریق لوله‌های مزبور به داخل پایه فلزی به آسانی انجام شود.

پ) بتن‌ریزی اطراف لوله سیمانی با بتن غیرمسلح و عیار سیمان حداقل ۲۰۰ کیلوگرم در مترمکعب.

ت) پس از خشک‌شدن بتن، قراردادن پایهٔ فلزی دقیقاً در مرکز لولهٔ سیمانی، و پرکردن اطراف پایه با ماسهٔ نرم و مرطوب تا ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر پایین‌تر از لبهٔ فوقانی لولهٔ سیمانی و ایجاد فشردگی لازم.

ث) ماسه و سیمان‌کردن ۱۰ سانتی‌متر فاصله باقیمانده از ارتفاع لوله سیمانی و پرکردن و تسطیح ۱۰ سانتی‌متر باقیمانده گودال (از لبهٔ لوله سیمانی تا سطح زمین) با مصالحی مشابه آنچه در اطراف تیر وجود دارد (خاک، آسفالت، موزاییک، بتن و غیره).

۱۳-۵-۴-۶ نصب پایه‌های فلزی روشنایی بر روی فونداسیون بتنی پیش‌ساخته

در زمین‌هایی که پایه‌ها در معرض عوامل خورندگی شدید قرار می گیرد، استفاده از روش نصب پایه‌ها بر روی فونداسیون بتنی مسلح پیش‌ساخته به شرح زیر توصیه می‌شود:

الف) فونداسیون پیش‌ساخته از بتن مسلح با ابعادی متناسب با شکل، ارتفاع و وزن پایه ساخته شده و در آن مسیرهای عبور کابل و لوله‌های فلزی لازم پیش‌بینی و تعبیه شده باشد (شکل‌های ۱۳-۱۱ و ۱۳-۱۲)

ب) در طراحی و تعیین ابعاد فونداسیون بتنی پیش‌ساخته (تعیین مقادیر a، b، c، d و e در شکل‌های ۱۳-۱۱ و ۱۳-۱۲)، عوامل زیر باید در نظر گرفته شود:

- ارتفاع پایه
- مقاومت فشاری بتن
- وزن مخصوص بتن
- وزن مخصوص خاک
- تنش مجاز خاک
- تنش تسلیم آرماتورهای مصرفی
- انتخاب آرماتورهای سالم از نوع آجدار
- تناسب نوع سیمان مصرفی با نوع خاک محل نصب پایه
- میزان تراکم لازم خاک بر روی فونداسیون

پ) پس از دفن فونداسیون در زمین، پایه باید به کمک صفحه متصل به آن (flange) و میل مهارهای مستقر در داخل بتن و یک صفحه پایه (base plate) بر روی آن نصب شود (شکل ۱۳-۱۳).

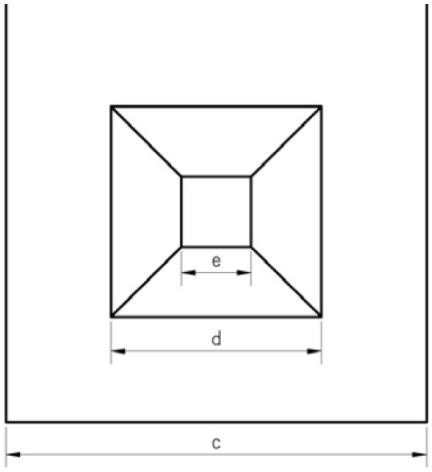
ت) برای اطلاع از "مشخصات فنی ساخت و نصب پایه‌های فولادی روشنایی نمونه به فصل سیردهم از نشریهٔ مشخصات فنی عمومی و اجرایی روشنایی راههای شهری" رجوع شود.

۱۳-۵-۵ اصول و روش‌های نصب پایه‌های چوبی

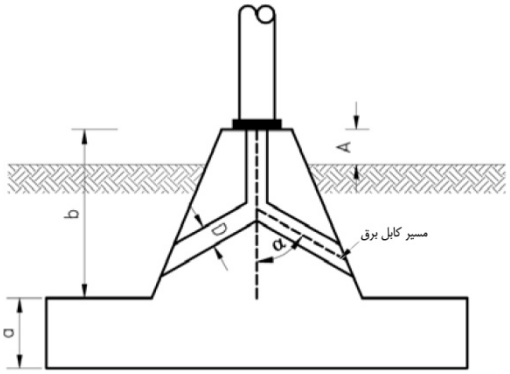
۱۳-۵-۵-۱ گودال محل نصب پایه‌های چوبی باید دارای مقطع دایره‌ای بوده و کاملاً به شکل استوانه‌ای حفر و برای گودبرداری حتی‌الامکان از مته‌های مخصوص استفاده شود. در صورت عدم دسترسی به وسایل مذکور ممکن است از نیروی انسانی استفاده شود.

۱۳-۵-۵-۲ قطر گودال باید با توجه به قطر انتهایی پایه به گونه‌ای انتخاب شود که تیر در هنگام نصب به آسانی در گودال قرار داده شده و عملیات سنگ‌ریزی، خاکریزی و کوبیدن آن به سهولت امکان‌پذیر باشد.

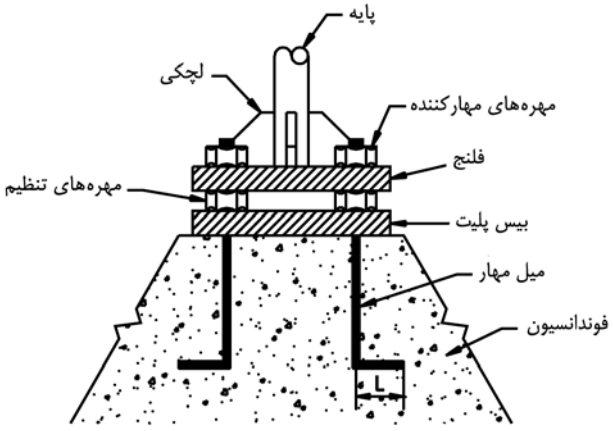
۱۳-۵-۳ عمق گودال نصب پایه‌های چوبی بستگی به طول و وزن پایه، نوع خاک و شرایط آب و هوایی محـل نصـب آن دارد. حداقل عمق دفن انواع پایه‌ها با توجه به شرایط مذکور برابر استاندارد وزارت نیرو در جدول ۱۳-۱۱ ارایه شده است.



شکل ۱۳-۱۱: پلان نمونه فونداسیون بتنی پیش‌ساخته



شکل ۱۳-۱۲: نمای نمونه فونداسیون بتنی پیش‌ساخته



شکل ۱۳-۱۳: جزییات نصب پایه بر روی فونداسیون بتنی پیش‌ساخته

جدول ۱۳-۱۱: حداقل عمق دفن پایه‌های چوبی

نوع خاک	معمولی			سست			خوب			سنگ‌دار		
شرایط آب‌وهوایی / نوع پایه(m)	سبک	معمولی	سنگین	سبک	معمولی	سنگین	سبک	معمولی	سنگین	سبک	معمولی	سنگین
۸	۱/۴	۱/۵	۱/۷	۱/۶	۱/۹	۲/۰	۱/۳	۱/۴	۱/۵	۱/۱	۱/۱	۱/۲
۹	۱/۵	۱/۷	۱/۸	۱/۷	۱/۹	۱/۲	۱/۳	۱/۴	۱/۵	۱/۱	۱/۲	۱/۳
۱۰	۱/۵	۱/۷	۱/۸	۱/۸	۲/۰	۲/۲	۱/۴	۱/۵	۱/۶	۱/۱	۱/۲	۱/۳
۱۱	۱/۶	۱/۷	۱/۹	۱/۸	۲/۱	۲/۲	۱/۴	۱/۵	۱/۶	۱/۱	۱/۲	۱/۳
۱۲	–	۱/۷	۱/۹	–	۲/۱	۲/۳	–	۱/۶	۱/۷	–	۱/۳	۱/۴
۱۳	–	۱/۸	۲/۰	–	۲/۲	۲/۴	–	۱/۶	۱/۷	–	۱/۳	۱/۴
۱۴	–	۱/۸	۲/۰	–	۲/۳	۲/۴	–	۱/۷	۱/۷	–	۱/۴	۱/۵
۱۵	–	–	۲/۱	–	–	۲/۵	–	–	۱/۸	–	–	۱/۵
۱۶	–	–	–	–	–	–	–	–	۱/۸	–	–	۱/۶
۱۷	–	–	–	–	–	–	–	–	۱/۹	–	–	۱/۶
۱۸	–	–	–	–	–	–	–	–	۱/۹	–	–	۱/۷
۱۹	–	–	–	–	–	–	–	–	۲/۰	–	–	۱/۷

مشخصات انواع مختلف خاک که در جدول ۱۳-۱۱ ذکر گردیده به شرح زیر است:

خاک معمولی : عبارت است از گل خشک و سفت، شنزار خشک و سفت و شن به هم فشرده و سفت.

خاک سست : عبارت است از گل نرم و تر و شن نرم و تر، گل خشک مخلوط با ماسه نرم و طبقات گل و ماسه.

خاک خوب : عبارت است از شن درشت به هم فشرده، سنگ و گل طبقه طبقه شده، سنگ سست و شن و ماسه که خوب پهن شده باشد.

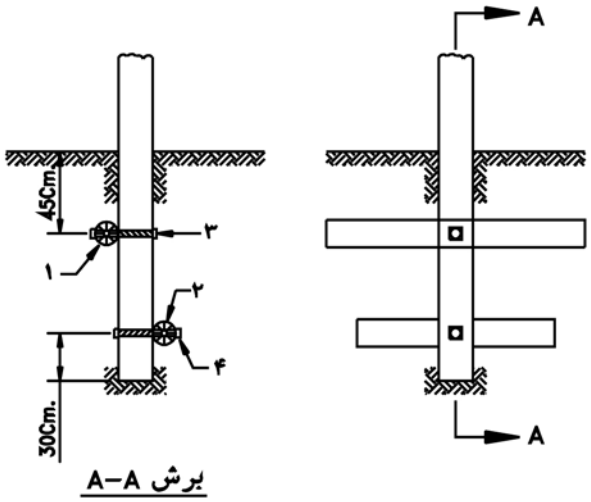
خاک سنگ‌دار : عبارت است از خاکی که محتوی سنگ‌های با حجم متوسط و سخت باشد.

۱۳-۵-۵-۴ پایه‌ها باید در وسط گودال قرار گرفته و پایهٔ تیر با قلوه یا لاشه سنگ‌های بزرگ (به ابعادی مشابه ابعاد مقطع پایه) تا یک سوم ارتفاع گودال کاملاً مستحکم شود. در صورتی که زمین سفت باشد باقیمانده ارتفاع گودال را می‌توان از خاک حاصله از گودبرداری پر کرد مشروط بر آن که خاکریزی در لایه‌های مختلف انجام شده و پس از هر لایه کاملاً کوبیده شود. چنانچه زمین سست و نرم باشد باقیمانده ارتفاع گودال باید با بتنی با نسبت‌های یک قسمت سیمان، سه قسمت ماسه و سه قسمت سنگ شکسته یا شن درشت بتن‌ریزی شود.

۱۳-۵-۵-۵ در شرایطی که زمین محل دفن پایه سست بوده و یا به دلایلی نتوان عمق دفن پایه را به اندازه لازم پیش‌بینی کرد، پایه باید در داخل زمین کلاف‌بندی شود.(شکل ۱۳-۱۴)

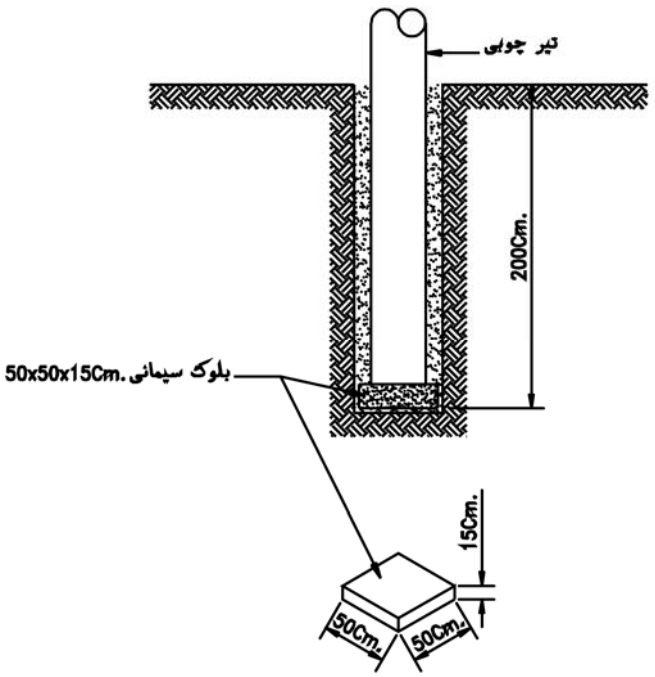
۱۳-۵-۵-۶ در مواردی که زمین محل دفن پایه سست باشد می‌توان با استفاده از بلوک سیمانی در کف گودال دفن پایه، استحکام لازم را برای پایه تامین نمود. (شکل ۱۳-۱۵)

۱۳-۵-۵-۷ در یک مسیر مستقیم کلیه پایه‌های چوبی باید عمود بر سطح افقی و در یک امتداد باشد. در صورتی که مسیر انحنادار باشد در نقاط انحنا، پایه‌ها باید کمی در جهت خارج انحنا متمایل شود به نحوی که پس از نصب سیم‌ها، دراثر کشش حاصل از آن، پایه‌ها به حالت عمودی درآید.



ردیف	شرح
۱	کنده چوبی کرئوزوت‌دار به طول ۱/۵ متر و ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر
۲	کنده چوب کرئوزوت‌دار به طول ۱ متر و ارتفاع ۲۰ ساتی‌متر
۳	پیچ و مهره به قطر ۲ میلی‌متر و طول ۶۰ سانتی‌متر
۴	واشر مربع خم شده به طول و عرض ۱۰۰ میلی‌متر، قطر سوراخ ۲۲ میلی‌متر

شکل ۱۳-۱۴: نصب پایه چوبی در زمین‌های سست با استفاده از کلاف‌بندی



شکل ۱۳-۱۵: نصب پایه چوبی در زمین‌های سست با استفاده از بلوک سیمانی

۱۳-۵-۵-۸ پایه‌های ابتدای و انتهایی هر خط و همچنین پایه‌هایی که در نقاط انحنا با زاویه شکست کوچکتر از ۱۵۰ درجه قرار می‌گیرد باید به وسیله مهار کششی و یا حایل اتکایی مهار شود.

۱۳-۵-۶ حریم مجاز نصب تیرها و خطوط هوایی توزیع

۱۳-۵-۶-۱ حریم مجاز خطوط هوایی توزیع و یا تاسیسات الکتریکی با هادی لخت و بدون عایق‌بندی (ولتاژهای ۱۱، ۲۰ و ۳۳ کیلوولت) با ساختمان‌ها و طبیعت اطراف آن شامل حریم‌های درجه یک و دو به شرح جدول ۱۳-۱۲ خواهد بود.

۱۳-۵-۶-۲ حریم درجه یک

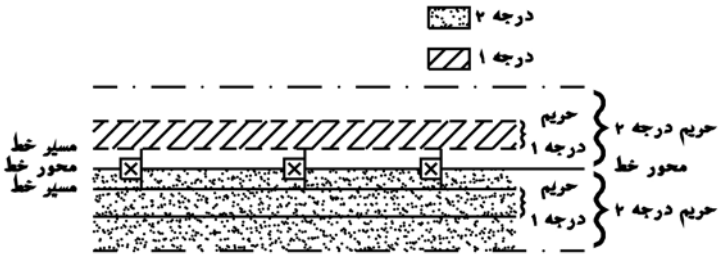
حریم درجه یک شامل دو نوار در طرفین مسیر خط و متصل به آن متناسب با ولتاژ خط به شرح جدول ۱۳-۱۲ و برابر شکل ۱۳-۱۶ می‌باشد. در مسیر خط و حریم درجه یک، اقدام به هر گونه عملیات ساختمانی و ایجاد تاسیسات مسکونی، دامداری یا باغ، درخت‌کاری و انبارداری تا هر ارتفاع ممنوع است. زراعت فصلی و سطحی، حفر چاه و قنات، راه‌سازی و شبکه آبیاری مشروط بر این که سبب ایجاد خسارت برای تاسیسات شبکه توزیع نگردد و با رعایت اصول حفاظتی به منظور جلوگیری از بروز خطرات جانی و مالی بلامانع است.

۱۳-۵-۶-۳ حریم درجه دو

حریم درجه دو شامل دو نوار در طرفین حریم درجه یک و متصل به آن متناسب با ولتاژ خط به شرح جدول ۱۳-۱۲ و برابر شکل ۱۳-۱۶ می‌باشد. در حریم درجه دو تنها ایجاد تاسیسات ساختمانی اعم از مسکونی، صنعتی و مخازن سوخت تا هر ارتفاعی ممنوع است.

۱۳-۵-۶-۴ جداول کاربردی

جداول کاربردی فواصل هوایی لازم برای خطوط هوایی توزیع در شرایط مکانی مختلف شامل فاصله هوایی مجاز از تاسیسات، فاصله هوایی مجاز تجهیزات خطوط از تاسیسات، فاصله فائم مجاز تجهیزات، فاصلهٔ مجاز هادی از کف، و شرایط کاربرد جداول مزبور در بند ۱-۴-۳ و ۱-۴-۴ از نشریه شماره ۳۷۴ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور- سازمان توانیر، ارایه شده است.



شکل ۱۳-۱۶: حریم خطوط هوایی

جدول ۱۳-۱۲ : حریم خطوط توزیع

ولتاژ خط (kv)	۱۱	۲۰	۳۳
حریم درجه ۱ (m)	۳	۳	۵
حریم درجه ۲(m)	۵	۵	۱۵

۱۳-۶ کنسول‌ها و براکت‌ها

برای نصب انواع مختلف مقره‌ها در شبکه خطوط هوایی باید کلیه تیرها مجهز به کنسول یا براکت‌های مناسب با نوع مقره مربوط باشد. کنسول‌ها و براکت‌ها با توجه به شرایط محیط نصب و نیز نوع شبکه انتخاب می‌شود ولی به طور کلی انواع آن عبارت است از :

۱-۶-۱۳ کنسول‌های فلزی باید از پروفیل نبشی و یا ناودانی گالوانیزه ساخته شده و تسمهٔ حایل آن نیز از آهن تسمهٔ گالوانیزه باشد. مشخصات و ابعاد کنسول‌های فلزی باید بر اساس نقشه‌های استاندارد شمارهٔ ۲۱۲-۲۰ و ۲۱۲-۱۱ وزارت نیرو- امور برق باشد.

۲-۶-۱۳ کنسول‌های چوبی باید از چوب اشباع‌شده مخصوص ساخته‌شده و تسمه حایل آن نیز از آهن تسمهٔ گالوانیزه باشد. مشخصات فنی کراس آرم‌های چوبی از نظر نوع چوب، شرایط ساخت، رطوبت چوب در موقع اشباع و شرایط انتخاب چوب باید مطابق بند ۳-۲ از جلد سوم « استاندارد خطوط هوایی توزیع » باشد.

۳-۶-۱۳ براکت جلوبر از پروفیل نبشی گالوانیزه و به صورت دو، سه، چهار و پنج مقره‌ای ساخته می‌شود. بر روی براکت مذکور اتریه‌ها به تعداد مورد لزوم با پیچ و مهره نصب می‌شود. مشخصات و ابعاد براکت‌های جلوبر باید بر اساس نقشهٔ استاندارد شمارهٔ ۳۰۳-۰۴ وزارت نیرو – امور برق باشد.

۴-۶-۱۳ کراس‌آرم‌های کمپوزیت که ترکیبی از لایه‌های نازک و ضخیم چوب بوده و با چسب فنلیک اشباع شده و در شرایط گرما و فشار زیاد به هم پرس می‌شود، دارای دوام و استحکامی به مراتب بیشتر و یکنواخت‌تر از چوب معمولی است. این‌گونه کراس‌آرم‌ها باید حداقل دارای خواص مکانیکی برابر جدول ۱۳-۱۳ باشد و ممکن است در مناقطی که رطوبت زیاد و یون کلرید وجود دارد مورد استفاده قرار گیرد.

۵-۶-۱۳ برای معیارهای طراحی الکتریکی و مکانیکی کراس‌آرم‌ها و مشخصات انواع متد اول آن در شبکه‌های توزیع شامل نوع کراس‌آرم، فاصله دو فاز، حداکثر فلش الکتریکی مجاز در خط، محدودیت‌های مکانیکی بهره‌برداری و محدودیت‌های کاربرد به فصل چهارم از نشریه شمارهٔ ۳۷۴ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور- سازمان توانیر رجوع شود.

جدول ۱۳-۱۳: خواص مکانیکی کراس‌آرم کمپوزیت

چگالی (g/cm^3)	استحکام خمشی (N/mm^2)	ضریب کشسانی (N/mm^2)	استحکام کششی موازی خط چپ (N/mm^2)	استحکام فشاری موازی الیاف (N/mm^2)	استحکام برش موازی چسب (N/mm^2)
۰/۶-۰/۷	۵۰-۷۰	۸۰۰۰	۴۰	۳۵-۵۰	۶

۶-۶-۱۳ اتریه و جامقره

۱-۶-۶-۱۳ اتریه که مقرهٔ چرخی در داخل آن قرار داده می‌شود، از تسمهٔ آهنی گالوانیزه به شکل U ساخته شده و مستقیماً بر روی پایه‌های بتنی و یا چوبی قابل نصب است.

۱۳-۶-۶-۲ جامقره (secondary rack) از تعدادی پایه نگاه‌دارنده اتریه و خوداتریه که به پایهٔ مذکور جوشکاری یا پرچ شده تشکیل یافته است. جا مقره به طور کلی به صورت دو، سه و یا پنج مقره‌ای ساخته شده و باید از جنس آهن گالوانیزه گرم باشد. مشخصات اتریه و جا مقره‌ها باید بر اساس نقشه استاندارد شماره ۳۰۴-۰۴ وزارت نیرو – امور برق باشد.

۱۳-۶-۷ اصول و روش‌های نصب کنسول‌ها و براکتها

اصول و روش‌های نصب کنسول‌های فلزی و چوبی و براکت‌ها باید بر اساس نقشه‌های استاندارد شماره ۳۰۳-۰۴ و ۳۰۴-۰۴ و ۲۱۱-۱۱ و ۲۱۲-۱۱ و ۲۱۱-۲۰ و ۲۱۲-۲۰ وزارت نیرو – امور برق باشد.

۱۳-۷ مقره‌ها

مقره‌ها باید با توجه به ولتاژ شبکه، نوع استقرار سیم و شرایط محیطی انتخاب شود. مقره‌ها به طور کلی از نظر شکلی به پنج گروه به شرح زیر تقسیم می‌شود :

الف- مقره چرخی یا قرقره‌ای (spool type insulator)

ب – مقره سوزنی یا میخی (pin type insulator)

پ- مقره بشقابی برای سیم‌کشی شبکه (suspension or strain type insulator)

ت – مقره مهار برای عایق‌کردن سیم مهار (guy insulator)

ث – مقره اتکایی (line post insulator)

۱۳-۷-۱ مقره چرخی برای نصب در داخل اتریه در سیستم شبکه فشار ضعیف به کار برده می‌شود.

۱۳-۷-۲ مقرهٔ سوزنی در شبکه‌های فشار ضعیف و فشار متوسط ۱۱ و ۲۰ و ۳۰ کیلوولت به کار رفته و با پایهٔ مربوط در رأس تیر و یا روی کنسول‌های فلزی و یا چوبی نصب می‌شود. مشخصات و ابعاد این نوع مقره باید بر اساس نقشه‌های استاندارد شمارهٔ ل. م -۰۰۵، ل. م -۰۰۶، ل. م -۰۰۹، ل. م – ۰۱۰، ل. م -۰۱۱، ل. م -۰۱۴ و ل. م -۰۱۵ وزارت نیرو– امور برق باشد.

۱۳-۷-۳ مقرهٔ بشقابی در شبکه‌های فشار متوسط ۱۱ و ۲۰ و ۳۰ کیلوولت مورد استفاده واقع شده و زیر کنسول‌های چوبی و یا فلزی به حالت آویز نصب می‌شود. مشخصات و ابعاد این نوع مقره باید بر طبق نقشه‌های استاندارد شمارهٔ ل.م -۰۰۷ ، ل. م -۰۰۸، ل. م -۰۱۲، و، ل. م -۰۱۳ وزارت نیرو – امور برق باشد.

۱۳-۷-۴ مقره مهار برای عایق‌کردن سیم مهار و پایه‌های شبکه‌های فشار متوسط ۱۱ و ۲۰ و ۳۰ کیلوولت به کار رفته و در قسمت بالای سیم مهار نصب می‌شود. مشخصات و ابعاد این مقره‌ها باید بر اساس نقشه‌های استاندارد شمارهٔ ل. م-۰۲۹، و، ل. م -۰۳۰ وزارت نیرو – امور برق باشد.

۱۳-۷-۵ مقره‌های اتکایی، که به شکل چینی توپر یا توخالی ساخته شده و به صورت عمودی یا افقی بدون نیاز به کراس‌آرم و بریس (brace) نصب می‌شود، به طور معمول در محل‌هایی که به فاصله خزشی زیادی نیاز دارد استفاده می‌گردد.

۱۳-۷-۶ برای مشخصات فنی و روش مناسب انتخاب مقره‌های به کار رفته در شبکه‌های توزیع فشارضعیف و فشار متوسط به فصل هفتم از نشریه شمارهٔ ۳۷۴ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور – سازمان توانیر نگاه کنید.

۱۳-۷-۷ اصول و روش‌های نصب مقره‌ها

اصول و روش‌های نصب مقره‌های چرخی، سوزنی، بشقابی و مهار باید بر طبق نقشه‌های استاندارد شمارهٔ ل. م -۰۰۴، ل. م -۰۰۵، ل. م -۰۰۶، ل. م -۰۰۷، ل. م -۰۰۸، ل. م -۰۰۹، ل. م -۰۱۰، ل. م -۰۱۱، ل. م -۰۱۲، ل. م -۰۱۳، ل. م -۰۱۴، ل. م -۰۱۵، ل. م -۰۲۴، ل. م -۰۲۵، ل. م -۰۲۶، ل. م -۰۲۷، ل. م -۰۲۸، ل. م -۰۲۹، ل. م -۰۳۰، ل. م -۰۳۱، ل. م -۰۳۲، ل. م -۰۳۳، ل. م -۰۳۶، ل. م -۰۳۷، ل. م -۰۳۸، ل. م -۰۳۹، وزارت نیرو – امور برق باشد.

۱۳-۸ بست‌ها

بست‌های سیم‌های شبکه هوایی به طور کلی بر اساس کاربرد به گروه‌های اتصالی، انشعابی و انتهایی تقسیم می‌شود. بست‌های هوایی از نظر جنس باید دقیقاً با جنس سیم‌های مربوط یکسان باشد.

۱۳-۸-۱ بست‌های اتصالی

این‌گونه بست‌ها برای اتصال دو سیم به یکدیگر در فاصلهٔ بین دو پایه به کار می‌رود و در انواع کششی پیچی، کششی مهاری خودکار، و پرسی ساخته می‌شود. در بست‌های اتصالی قطر داخلی شیار بست باید کاملاً با قطر خارجی هادی‌ها یکسان و هم‌نام باشد. در نقطهٔ اتصال دو سیم، هادی‌ها باید کاملاً هم‌محور در امتداد یکدیگر قرار داده شود. از قراردادن دو سیم بر روی یکدیگر و استفاده از بست‌های دو شیاره یک و یا دو پیچه و یا بست‌های تیپ U، به استثنای بست لوله‌ای پیچی (twist sleeves) باید جدا خودداری شود.

۱۳-۸-۲ بست‌های انشعابی

برای گرفتن انشعاب از خط اصلی باید از بست‌های انشعابی استفاده شود. بست‌های انشعابی به صورت یک شیاره یک پیچه، یک شیاره دو پیچه، دو شیاره یک پیچه و دو شیاره دو پیچه در انواع مختلف و همچنین بست انشعابی مخصوص گرفتن انشعاب از خطوط برق‌دار (منظور از خط برق‌دار خطی است که بدون قطع جریان برق از ان انشعاب گرفته شده و یا هر نوع عملیات تعمیراتی و نگاهداری روی آن انجام می‌شود) می‌باشد. در مواردی که از بست‌های انشعابی استفاده می‌شود باید کاملاً دقت شود که شیارهای سیم اصلی و سیم انشعابی دارای قطر یکسان و هم نام با قطر خارجی سیم مربوط باشد. در موارد استثنایی می‌توان از بست‌های انشعابی نوع فشاری متناسب با سطح مقطع سیم‌های مربوط استفاده کرد.

۱۳-۸-۳ بست‌های انتهایی

در دو انتهای خط یک قطعه از شبکه، برای نگهداری و مهار سیم به مقره از بست‌های انتهایی استفاده می‌شود. در خطوط فشار ضعیف از بست‌های انتهایی به دو صورت دو شیاره یک پیچه و دو پیچه و یا U شکل استفاده می‌شود. در شبکه فشار متوسط باید از بست‌های انتهایی مخصوص سه و چهار و پنج پیچه و یا نوع حلزونی توأم با مقره استفاده شود. در موارد استثنایی در خطوط فشار ضعیف ممکن است از بست‌های انتهایی نوع فشاری استفاده شود.

۱۳-۸-۴ اصول و روش‌های نصب بست‌ها

۱۳-۸-۴-۱ کلیهٔ بست‌ها باید قبل از بسته شدن کاملاً تمیز شود به گونه‌ای که سطوح اتکاء آن با سیم فاقد هر نوع چربی و یا موادزاید دیگر باشد.

۱۳-۸-۴-۲ پیچ‌های کلیه بست‌های پیچی باید به وسیلهٔ آچار مناسب کاملاً محکم شود.

۱۳-۸-۴-۳ بست‌های پرسی باید به وسیلهٔ انبر متناسب با مقطع و نوع بست پرس شود. برای پرس بست‌های پرسی توصیه می‌شود حتی‌الامکان از انبرهای پرسی نوع هیدرولیکی استفاده شود.

۱۳-۹ هادی‌ها و مفتول‌های خطوط هوایی توزیع

در شبکه‌های برق فشار ضعیف و متوسط به طور کلی از هادی‌های مسی لخت یا هادی‌های هوایی آلومینیومی با و یا بدون مغز فولادی استفاده می‌شود.

۱۳-۹-۱ سیم مسی لخت مورد مصرف در شبکه‌های برق باید از مس با درجه خلوص ۹۹/۹ درصد ساخته شده و تا مقطع ۱۰ میلی‌متر مربع از نوع یک‌لا (مفتولی) و مقطع ۱۶ میلی‌متر مربع از نوع یک‌لا (مفتولی) و یا چندلا (افشان) و از مقطع ۲۵ میلی‌متر مربع به بالا از نوع چندلا (افشان) باشد.

۱۳-۹-۲ هادی‌های مسی لخت باید برابر استانداردهای DIN 57001، DIN 40500، DIN 48200 و DIN 48201، ASTM B258 و یا IEC 60888 و یا جلد پنجم از استاندارد خطوط هوایی توزیع زیر عنوان « هادی‌ها و مفتول‌های خطوط هوایی توزیع » و یا فصل دوم از نشریه شماره ۳۷۴ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور – سازمان توانیر ساخته شده و مورد آزمون قرار گرفته باشد.

۱۳-۹-۳ سیم هوایی آلومینیومی با و یا بدون مغز فولادی مورد مصرف در شبکه‌های برق باید از نوع چندلا (افشان) بوده و از لحاظ ساخت و مشخصات فنی مطابق استانداردهای DIN 40501، DIN 57202، DIN 48200 ، DIN 48204 و DIN 177 یا BS 215 یا ASTM B232-50T یا IEC 60889 و یا جلد پنجم از استاندارد خطوط هوایی توزیع زیر عنوان « هادی‌ها و مفتول‌های خطوط هوایی توزیع » و یا فصل دوم از نشریه شماره ۳۷۴ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور – سازمان توانیر تولید شده و مورد آزمون قرار گرفته باشد.

۱۳-۹-۴ اصول و روش‌های نصب سیم‌های لخت

۱۳-۹-۴-۱ فاصلهٔ مجاز سیم‌ها از ساختمان‌ها، راه‌آهن، از یکدیگر و یا جاده باید بر اساس نقشه‌های استاندارد شمارهٔ ۰۰-۰۰۶ و ۰۰-۰۰۷ و ۰۰-۰۰۸ و۰۰-۰۰۹ و ۰۰-۰۱۰ و ۰۰-۰۱۲ وزارت نیرو – امور برق رعایت شود.

۱۳-۹-۴-۲ برای محاسبهٔ فلش (Sag) خطوط با سیم مسی باید نقشه‌های استاندارد شمارهٔ ۰۰-۰۹۱ و ۰۰-۰۹۳ و ۰۰-۰۹۶ و ۰۰-۰۹۸ و ۰۰-۱۰۲ و ۰۰-۱۰۳ و ۰۰-۱۱۱ و ۰۰-۱۱۳ و ۰۰-۱۱۷ و ۰۰-۱۱۸ وزارت نیرو – امور برق ملاک عمل قرار گیرد.

۱۳-۹-۴-۳ برای محاسبهٔ فلش (Sag) خطوط با سیم آلومینیومی بدون مغز فولادی باید دیاگرام‌های استاندارد شماره ۱۲۱-۰۰ و ۱۲۲-۰۰ و ۱۲۳-۰۰ و ۱۲۴-۰۰ و ۱۲۵-۰۰ و ۱۲۶-۰۰ وزارت نیرو – امور برق ملاک عمل قرار گیرد.

۱۳-۹-۴-۴ برای محاسبهٔ فلش (Sag) خطوط با سیم آلومینیومی با مغز فولادی باید دیاگرام‌های استاندارد شماره ۱۴۱-۰۰و ۱۴۲-۰۰ و ۱۴۳-۰۰ و ۱۴۴-۰۰ وزارت نیرو – امور برق ملاک عمل قرار گیرد.

۱۳-۹-۴-۵ برای محاسبهٔ حداکثر زاویه مجاز سیم‌کشی و استقرار سیم‌های فشار ضعیف باید نقشه‌های استاندارد شمارهٔ ۲۰۱-۰۴ و ۲۳۱-۰۴ و ۲۴۲-۰۴ وزارت نیرو – امور برق ملاک عمل باشد.

۱۳-۹-۴-۶ نصب سرویس مشترکین باید بر طبق نقشه‌های استاندارد شمارهٔ ۳۴۱-۰۴ و ۳۴۲-۰۴ انجام شود.

۱۳-۹-۴-۷ طریقهٔ بستن سیم‌های فشار متوسط به مقره‌های سوزنی باید بر اساس نقشه‌های استاندارد ۲۰۱a-۱۱ و ۲۰۱b-۱۱ و ۲۰۱a-۲۰ و ۲۰۱b-۲۰ وزارت نیرو – امور برق باشد.

۱۳-۹-۴-۸ برای محاسبهٔ حداکثر زاویه مجاز سیم‌کشی فشار متوسط باید نقشه‌های استاندارد شمارهٔ ۲۴۱-۱۱ و ۲۴۲-۱۱ و ۲۴۱-۲۰ و ۲۴۲-۲۰ وزارت نیرو – امور برق ملاک عمل قرار گیرد.

۱۳-۹-۴-۹ نصب سیم روی پایه‌های ابتدایی و یا اتمام آن روی پایه‌های انتهایی، پایه‌های میانی و غیره باید بر اساس نقشه‌های استاندارد شده ۲۲۲-۱۱ و ۲۴۴-۱۱ و ۲۴۵-۱۱ و ۲۴۶-۱۱ و ۲۴۷-۱۱ و ۲۴۸-۱۱ و a ۴۲۱-۱۱ و b ۴۲۱-۱۱ و ۴۳۱-۱۱ و ۲۲۲-۲۰ و ۲۴۴-۲۰ و ۲۴۵-۲۰ و ۲۴۶-۲۰ و ۲۴۷-۲۰ و ۲۴۸-۲۰ و a ۴۲۱-۲۰ و b ۴۲۱ -۲۰ و ۴۳۱-۲۰ وزارت نیرو – امور برق باشد.

۱۳-۹-۴-۱۰ نصب سیم به پایه‌های ابتدایی و یا انتهایی و اتصال سیستم‌های هوایی به زیرزمینی و بالعکس باید بر اساس نقشه‌های استاندارد شمارهٔ ۴۰۱-۱۱ و ۴۰۲-۱۱ و ۴۰۳-۱۱ و ۴۰۴-۱۱ و a ۴۲۱-۱۱ وb ۴۲۱-۱۱ و ۴۰۱-۲۰ و ۴۰۲-۲۰ و ۴۰۳-۲۰ و ۴۰۴-۲۰ و a ۴۲۱-۲۰ و b ۴۲۱ -۲۰ وزارت نیرو – امور برق باشد.

۱۳-۹-۴-۱۱ گرفتن انشعاب از خطوط هوایی و اتصال آن به خطوط هوایی باید مطابق با نقشه‌های استاندارد شمارهٔ ۴۱۱-۱۱ و ۴۳۱-۱۱ و ۴۳۲-۱۱ و ۴۳۳-۱۱ و ۴۱۱-۲۰ و ۴۳۱-۲۰ و ۴۳۲-۲۰ و ۴۳۳-۲۰ وزارت نیرو – امور برق انجام شود.

۱۳-۹-۴-۱۲ اصول نصب سیم‌های فشار متوسط و ضعیف در پست‌های ترانسفورماتور روی پایه‌ها در وسط و یا آخر خط و همچنین روی زمین باید بر طبق نقشه‌های استاندارد شمارهٔ ۴۴۲-۱۱ و ۴۴۳-۱۱ و ۴۴۴-۱۱ و ۴۴۵-۱۱ و ۴۴۲-۲۰ و ۴۴۳-۲۰ و ۴۴۴-۲۰ و ۴۴۵-۲۰ وزارت نیرو – امور برق باشد.

۱۳-۹-۵ شماره‌گذاری پایه‌های برق فشار ضعیف و فشار متوسط باید بر اساس نقشه‌های استاندارد شمارهٔ ۰۰۴-۰۰ و ۰۰۳-۰۰ وزارت نیرو – امور برق انجام پذیرد.

۱۳-۱۰ مهارها و حایل‌ها

۱۳-۱۰-۱ مهارها

۱۳-۱۰-۱- ۱ مهارها به منظور خنثی کردن نیروهای وارده از طرف سیم‌های هوایی به پایه‌ها به کار می‌رود و به طور کلی بر اساس نقشهٔ استاندارد شمارهٔ ۰۸۶-۰۰ وزارت نیرو – امور برق شامل اجزاء و وسایل زیر می‌باشد :

الف- سیم مهار
ب- پیچ خمیده برای نصب سیم مهار روی پایه
پ- بست‌ها و گیره‌های سه پیچه و یا فشاری سیم مهار
ت – مقره یا عایق سیم مهار
ث – مهار کش
ج – گوشواره
چ – میله مهار
ح – کنده یا صفحه مهار

۱۳-۱۰-۱- ۲ به طور کلی مهارها به انواع زیر تقسیم‌بندی می‌شود :

الف – مهار ساده فشار ضعیف و متوسط
ب- مهار پیاده‌رویی فشار ضعیف و متوسط
پ- مهار حایل فشار ضعیف و متوسط
ت- مهار مشترک فشار ضعیف و متوسط با یک لنگر
ث – مهار وسط خط فشار متوسط

۱۳-۱۰-۱-۳ برای شکل‌های شماتیک انواع مهارها به نقشه‌های استاندارد ۰۵۱-۰۰ وزارت نیرو – امور برق مراجعه شود.

۱۳-۱۰-۱-۴ برای مشخصات فنی عمومی و اجرایی مهارها در شبکه توزیع به فصل اول و دوم از نشریه شماره ۳۷۴ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور- سازمان توانیر رجوع شود.

۱۳-۱۰-۲ حایل‌ها

۱۳-۱۰-۲-۱ عمده‌ترین نوع حایل‌ها که در صورت عدم امکان استفاده از مهار به کار می‌رود حایل استحکام و حایل فشاری می‌باشد.

۱۳-۱۰-۳ اصول و روش‌های نصب مهارها و حایل‌ها

۱۳-۱۰-۳-۱ اصول و روش‌های نصب مهارها و همچنین مشخصات اجزا و وسایل متشکله آن باید بر طبق نقشه‌های استاندارد شمارهٔ ۰۶۳-۰۰ الی ۰۶۸-۰۰ برای مهار خطوط فشار متوسط و مشترک، و شماره ۰۷۱-۰۰ الی ۰۷۳-۰۰ برای مهار خطوط فشار ضعیف وزارت نیرو- امور برق باشد.

۱۳-۱۰-۳-۲ انتخاب ساختمان خط و مهار لازم تا ۲۰ کیلوولت باید بر اساس جدول مندرج در نقشهٔ استاندارد شمارهٔ ۰۸۱-۰۰ وزارت نیرو – امور برق انجام پذیرد.

۱۳-۱۰-۳-۳ مشخصات، اصول و روش‌های نصب لنگرهای مهار باید بر طبق نقشه‌های استاندارد شمارهٔ ۰۸۲-۰۰ الی ۰۸۵-۰۰ وزارت نیرو – امور برق باشد.

۱۳-۱۰-۳-۴ مشخصات، اصول و روش‌های نصب حایل‌ها باید بر اساس نقشه‌های استاندارد شمارهٔ ۰۶۱-۰۰ و ۰۶۲-۰۰ وزارت نیرو – امور برق باشد.

۱۳-۱۱ برقگیر حفاظتی (surge arrester)

برای محافظت کابل در برابر اضافه ولتاژهای ناشی از عواملی مانند کلیدزنی و آذرخش در نقاط تبدیل شبکهٔ زیرزمینی به شبکه هوایی و برعکس باید از برقگیرهای قابل نصب بر روی دیوار، تیر و یا از نوع آویز، متناسب با مورد مصرف استفاده شود.

۱۳-۱۱-۱ به طور کلی برقگیرها به سه دستهٔ شاخکی، سوپاپی و اکسید فلزی قابل طبقه‌بندی است. برقگیرهای اکسید فلز، که در ساخت آن از سری و موازی کردن مقاومت‌های غیرخطی استفاده می‌شود، به علت عدم ایجاد جرقه و نیز پاسخ سریعتر به ولتاژهای خطا و بازگشت سریع به حالت عادی بلافاصله بعد از رفع خطا در سیستم‌های توزیع عموماً مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱۳-۱۱-۲ انتخاب برقگیرهای اکسید فلز فشار متوسط باید با توجه به موارد زیر و برابر ضوابط مندرج در فصل ششم از نشریه شماره ۳۷۵ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور – سازمان توانیر صورت گیرد:

- شرایط بهره‌برداری
- انتخاب ولتاژ نامی، دایم و حداکثر ولتاژ کوتاه‌مدت
- جریان تخلیه خط
- کلاس تخلیه خط
- ولتاژ پسماند
- کلاس فشارشکن و سطح عایقی
- حاشیه حفاظت

۱۳-۱۱-۳ برقگیرهای قابل نصب بر روی دیوار یا تیر باید دارای پایه‌ای باشد که بتوان آن را به آسانی روی دیوار و یا کنسول تیر و یا خود تیر نصب کرد.

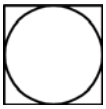
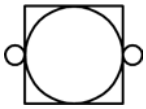
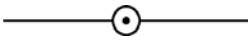
۱۳-۱۱-۴ ساختمان برقگیر از نوع آویز باید به گونه‌ای باشد که بتوان آن را به سهولت روی خط و در مجاورت مقره به طور آویز نصب کرد.

۱۳-۱۱-۵ اصول و روش‌های نصب برقگیرهای حفاظتی باید بر اساس نقشه‌های استاندارد شمارهٔ ۴۰۱-۱۱ الی ۴۰۴-۱۱ و ۴۴۲-۱۱ الی ۴۴۵-۱۱ و ۴۰۱-۲۰ الی ۴۰۴-۲۰ و ۴۴۲-۲۰ الی ۴۴۵-۲۰ وزارت نیرو – امور برق باشد.

۱۳-۱۲ نشانه‌های ترسیمی الکتریکی

نشانه‌های ترسیمی الکتریکی برای وسایل شبکه در جدول ۱۳-۱۴ ارایه شده است.

جدول ۱۳-۱۲: نشانه‌های ترسیمی الکتریکی برای وسایل شبکه

شرح	نشانه
پست توزیع ساختمان	
پست توزیع کیوسک	
پست توزیع هوایی	
تیر چوبی	
تیر فولادی	
تیر بتونی ۱۲ متری، قدرت کشش ۲۰۰ کیلوگرم	
برج	
مهار پیاده‌رو	
مهار کششی (ساده)	
حایل (فشاری)	
برقگیر خطوط هوایی	

فصل ١٤

سیستم حفاظت

در برابر آذرخش

مشخصات فنی عمومی و اجرایی

تأسیسات برقی ساختمان

نشریه ۱-۱۱۰ (تجدید نظر دوم)

۱۴ سیستم حفاظت در برابر آذرخش

فهرست

شناسه	عنوان	صفحه
۱۴-۱	دامنه پوشش	۱ از ۳۷
۱۴-۲	تعاریف	۱ از ۳۷
۱۴-۳	استانداردها و مشخصات فنی سیستم‌های حفاظت در برابر آذرخش	۳ از ۳۷
۱۴-٤	موارد استفاده و ضوابط محاسباتی برقگیرها	۱۱ از ۳۷
۱۴-۵	اصول و روش‌های نصب سیستم‌های حفاظت در برابر آذرخش	۲۳ از ۳۷

۱۴-۱ کلیات

۱۴-۱-۱ دامنه پوشش

در این فصل مشخصات فنی عمومی و معیارهای پایه برای طراحی و اجرای سیستم حفاظت در برابر آذرخش برای ساختمان‌های عمومی تا ارتفاع ۶۰ متر ارایه شده است.

۱۴-۱-۲ به منظور حفاظت ساختمان‌های بلند، بناهای تجمعی، بناهای درمانی/ مراقبتی، بناهای صنعتی و سازه‌هایی از قبیل برج‌ها، دودکش‌ها، مناره‌ها، خطوط انتقال نیرو، پالایشگاه‌ها و مانند آن در برابر آذرخش، باید با توجه به ارزیابی خطر صاعقه در طرح و اجرای کلیه بناهای مرتفع و تاسیسات مزبور سیستم‌های حفاظت در برابر آذرخش (برقگیر حفاظتی) متناسب با مورد کاربرد پیش‌بینی و اجرا شود.

۱۴-۱-۳ ارزیابی میزان خطر آذرخش برای هر بنا یا سازه، بستگی به عواملی همچون نوع بنا یا سازه (برج، مسکونی، تجمعی، درمانی، صنعتی و مانند آن)، ساختار و مصالح به کار رفته در بنا (چوب، آجر، بتن، فولاد و مانند آن)، ارتفاع ساختمان و موقعیت نسبی آن نسبت به بلندی سایر بناها، موقعیت توپوگرافی محل (زمین مسطح، تپه ماهور، کوهستانی)، محتوای تصرف از نظر آتشگیری و نیز دفعات رعد و برق در منطقه مورد نظر خواهد داشت.

۱۴-۱-۴ اصول محافظت ساختمان‌ها و دیگر تاسیسات مورد نظر، در برابر آذرخش بر اساس جذب، هدایت و دفع بار الکتریکی به زمین از طریق مسیر عبور جریان برق جداگانه با حداقل مقاومت و بدون این که خطری ایجاد کند استوار می‌باشد، که ممکن است شامل سیستم‌های حفاظت بیرونی و درونی باشد. مسیر مذکور شامل پایانه‌های هوایی (air terminals)، شبکه هادی‌ها از تسمه و یا سیم مسی رابط و پایانه‌های زمینی (ground terminals) یا چاه‌های اتصال زمین می‌باشد. ساده‌ترین نوع برقگیر که در سال ۱۷۵۳ به وسیله بنجامین فرانکلین طرح و ساخته شد میله فرانکلین است.

۱۴-۱-۵ به طور کلی برقگیرهایی که معمولاً برای محافظت خارجی ساختمان‌ها و دیگر تاسیسات یاد شده ممکن است به کار برده شود به قرار زیر است:

الف) برقگیر قفس فاراده یا شکلی از آن

ب) برقگیر مولد اولیه (ESE) موسوم به الکترونیک (Early Streamer Emission)

۱۴-۱-۶ برقگیر قفس فاراده شامل تعدادی پایانه‌های هوایی (میله‌های برقگیر فرانکلین) می‌باشد که بر روی سطوح مرتفع پشت‌بام ساختمان‌های مختلف و یا در بلندترین قسمت برج و دیگر تاسیسات مشابه نصب و به وسیله تسمه مسی به یکدیگر مرتبط و از یک و یا چند نقطه مختلف با استفاده از تسمه یا سیم مسی لخت به سیستم پایانه‌های زمینی (شبکه اتصال زمین) مربوط متصل می‌شود. شکل دیگر برقگیر قفس فاراده شامل سیستم پایانه‌های هوایی متشکل از هر ترکیبی از میله‌ها، سیم‌های کشیده‌شده و شبکهٔ هادی‌ها می‌باشد.

۱۴-۱-۷ برقگیر الکترونیک شامل یک یا تعدادی پایانه هوایی الکترونیک با ملحقات و اتصالات مربوط می‌باشد، که بر حسب مورد ممکن است در مرکز بلندترین قسمت پشت‌بام، برج، دودکش و دیگر تاسیسات مشابه، و یا بر روی سطوح مرتفع ساختمان مورد حفاظت بر روی پایه مربوط نصب شده و به وسیله تسمه یا سیم مسی لخت به یکدیگر مرتبط گردیده و سپس از یک یا چند نقطه مختلف به سیستم پایانه‌های زمینی (شبکه اتصال زمین) متصل شود.

شعاع فضای محافظت شده از مرکز هر برقگیر الکترونیک بستگی به مدل، ساختمان، ارتفاع نصب، و موارد کاربرد آن دارد.

۱۴-۲ تعاریف

۱۴-۲-۱ سیستم حفاظت در برابر آذرخش (LPS)

(Lightning Protection System)

سیستم کامل مورد استفاده برای حفاظت یک فضا در برابر اثرات ناشی از آذرخش، که شامل سیستم‌های حفاظت خارجی و داخلی ساختمان در برابر آذرخش می‌شود.

۱۴-۲-۲ سیستم حفاظت بیرونی ساختمان

(External Lightning Protection System)

این نوع سیستم مشتمل بر یک سیستم پایانه هوایی، یک سیستم هادی نزولی یا میانی، و یک سیستم پایانه زمینی می‌باشد.

۱۴-۲-۳ سیستم حفاظت درونی ساختمان

(Internal Lightning Protection System)

سیستم حفاظت درونی ساختمان در برابر آذرخش شامل تمامی تجهیزات و اقدامات اضافی است علاوه بر آنچه در بند ۱۴-۲-۲ آمده است که اثرات الکترومغناطیسی ناشی از آذرخش را درون فضای مورد حفاظت کاهش می‌دهد.

۱۴-۲-۴ پایانه هوایی

آن بخش از سیستم حفاظت بیرونی در برابر آذرخش که برای رهگیری برق آذرخش در نظر گرفته شده است و یا فوقانی‌ترین بخش یک سیستم حفاظت در برابر آذرخش که در نوع فقس فاراده شامل میله یا لوله نوک‌تیز (میله و سر میله یک یا چند شاخه) با اندازه و جنس مشخص، پایه نصب و محل اتصال هادی‌های ارتباطی بوده و در اشکال دیگر قفس فاراده متشکل از هر ترکیبی از میله‌ها، سیم‌های کشیده شده و شبکه هادی‌ها خواهد بود و در برقگیرهای الکترونیکی، که در انواع مختلف ساخته می‌شود، به طور کلی شامل میله برقگیر، مجموعه یونیزه کننده الکترونیکی، پایه نصب و محل اتصال هادی‌های ارتباطی است.

۱۴-۲-۵ پایانه زمینی

بخشی از یک سیستم تاسیسات حفاظت بیرونی در برابر آذرخش که ممکن است شامل یک یا چند الکترود میله‌ای، لوله‌ای، تسمه‌ای یا ورق مسی مدفون در زمین باشد که به صورت شبکه بسته یا شعاعی، عمودی یا مایل، یا جاسازی شده در پیها برای هدایت و توزیع برق ناشی از آذرخش به زمین به کار می‌رود.

۱۴-۲-۶ کلاس حفاظت (protection level)

طبقه‌بندی یک سیستم حفاظت در برابر آذرخش که مبین سطح کارایی آن است.

۱۴-۲-۷ هادی‌های نزولی، ارتباطی یا میانی (down conductors)

بخشی از سیستم حفاظت بیرونی ساختمان در برابر آذرخش که جریان برق آذرخش را از سیستم پایانهٔ هوایی به سیستم پایانه زمینی انتقال می‌دهد.

۱۴-۲-۸ سیستم حفاظتی بیرونی ایزوله نسبت به فضای مورد حفاظت

(External LPS isolated from the space to be protected)

سیستم حفاظتی که سیستم پایانه هوایی و سیستم هادی نزولی آن به گونه‌ای استقرار یابد که مسیر جریان آذرخش با فضای مورد حفاظت به هیچ وجه در تماس قرار نگیرد.

۱۴-۲-۹ سیستم حفاظتی بیرونی غیر ایزوله نسبت به فضای مورد حفاظت

(External LPS not isolated from the space to be protected)

سیستم حفاظتی که سیستم پایانه هوایی و سیستم هادی نرولی آن به گونه‌ای استقرار یابد که مسیر جریان آذرخش بتواند با فضای مورد حفاظت در تماس قرار گیرد.

۱۴-۲-۱۰ الکترود زمین (earth electrode)

بخش یا بخش‌هایی از سیستم پایانه زمینی که تماس الکتریکی مستقیم با زمین یا توزیع جریان آذرخش به زمین را تدارک می‌نماید.

۱۴-۲-۱۱ الکترود رینگ (ring electrode)

یک الکترود زمین که یک حلقه بسته در سطح یا زیرزمین به دور ساختمان تشکیل می‌دهد.

۱۴-۲-۱۲ الکترود زمین فونداسیون (foundation earth electrode)

الکترود زمینی جاسازی شده در فونداسیون بتنی ساختمان

۱۴-۲-۱۳ فاصله ایمن (safety distance)

حداقل فاصله بین دو بخش هادی در فضای مورد حفاظت که هیچ‌گونه جرقه خطرناک رخ ندهد.

۱۴-۲-۱۴ پیوند هم‌پتانسیل (equipotential bonding)

آن بخش از حفاظت درونی که اختلاف پتانسیل ناشی از جریان آذرخش را کاهش می‌دهد.

۱۴-۳ استانداردها و مشخصات فنی سیستم‌های حفاظت در برابر آذرخش

۱۴-۳-۱ استاندارد ساخت و روش نصب

لوازم و تجهیزات مورد مصرف در سیستم حفاظت در برابر آذرخش باید برابر استانداردهای زیر یا یکی از استانداردهای شناخته‌شده و معتبر جهانی مشابه طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گیرد. روش نصب سیستم‌های نامبرده نیز باید با ضوابط و معیارهای مندرج در استاندارد مربوط مطابقت نماید.

۱۴-۳-۱-۱ حفاظت ساختمان‌ها در برابر آذرخش، قسمت یک: اصول کلی، ویرایش اول:

IEC 61024-1

۱۴-۳-۱-۲ حفاظت ساختمان‌ها در برابر آذرخش، قسمت یک، راهنمای A – انتخاب سطح حفاظت برای سیستم‌های حفاظت در برابر آذرخش، ویرایش اول:

IEC 61024-1-1

۱۴-۳-۱-۳ حفاظت ساختمان‌ها در برابر آذرخش، قسمت ۲-۱: اصول کلی، راهنمای B – طراحی، نصب، نگهداری و بازرسی سیستم‌های حفاظت در برابر صاعقه، ویرایش اول

IEC 61024-1-2

۱۴-۳-۱-۴ ارزیابی ریسک خسارت ناشی از آذرخش، ویرایش اول

IEC 61662

۱۴-۳-۱-۵ آیین‌نامه حفاظت در برابر آذرخش

NFPA 78 Lightning Protection Code

۱۴-۳-۱-۶ آیین‌نامه اجرایی حفاظت ساختمان‌ها در برابر آذرخش

BS 6651

۱۴-۳-۱-۷ حفاظت ساختمان‌ها و فضاهای باز در برابر آذرخش با استفاده از پایانه‌های هوایی مولد برق اولیه (ESE)

NFC 17-102

۱۴-۳-۲ مشخصات سیستم برقگیر نوع قفس فاراده یا شکلی از آن

۱۴-۳-۲-۱ لوازم مورد مصرف در سیستم حفاظتی (LPS) باید از نوع مقاوم در برابر زنگ‌زدگی و خوردگی بوده و یا این که به نحو قابل قبولی در برابر عوامل مذکور مقاوم شده باشد. استفاده از دو نوع جنس مختلفی که ایجاد شرایط الکترولیتی نموده و در مجاورت رطوبت تسریع در خوردگی می‌شود به هیچ وجه مجاز نخواهد بود.

۱۴-۳-۲-۲ بر اساس استاندارد IEC 61024-1 مواد مورد استفاده در سیستم LPS باید در برابر اثرات الکتریکی و الکترومغناطیسی جریان آذرخش و تنش‌های اتفاقی قابل پیش‌بینی بدون آسیب‌پذیری ایستادگی نماید. نوع جنس و ابعاد آن باید با توجه به امکان ایجاد خوردگی در ساختمان مورد حفاظت یا LPS انتخاب شود.
اجزای LPS ممکن است از مواد مندرج در جدول ۱۴-۱ ساخته شود مشروط بر این که مواد یاد شده دارای خاصیت هدایت الکتریکی و ضدخوردگی کافی باشد. فلزات دیگر در صورتی ممکن است مورد استفاده قرار گیرد که دارای خواص الکتریکی، مکانیکی و شیمیایی مشابه باشد.

جدول ۱۴-۱: فلزات قابل استفاده در سیستم LPS و شرایط کاربری آن

نوع فلز	کاربری			وضعیت خوردگی		
	درهوای آزاد	درزیرزمین	در بتن	استقامت	افزایش خوردگی در	خوردگی الکترولیتی با
مس	– یکپارچه – چندرشته – به عنوان پوشش	– یکپارچه – چندرشته – به عنوان پوشش	–	دربرابر بسیاری مواد	– کلراید با غلظت زیاد – ترکیبات سولفور – مواد آلی	
فولاد گالوانیزه عمقی داغ	– پکپارچه – چندرشته	– یکپارچه	یکپارچه	خوب حتی در خاکهای اسیدی	–	مس
فولاد ضدزنگ	– یکپارچه – چندرشته	– یکپارچه	–	دربرابر بسیاری مواد	محلول کلراید	–
آلومینیوم	– یکپارچه – چندرشته	–	–	–	عوامل پایه	مس
سرب	– یکپارچه – به عنوان پوشش	– یکپارچه – به عنوان‌پوشش	–	سولفات‌های دارای غلظت زیاد	خاک‌های اسیدی	مس

۱۴-۳-۲-۳ در مواردی که بخشی از سیستم حفاظتی از جنس مس بوده و در معرض مستقیم گازهای متصاعد از دودکش یا دیگر گازهای خورنده قرار می‌گیرد، قسمت یاد شده باید به وسیله یک اندود حفاظتی از جنس سرب یا ماده محافظ دیگر با روش غوطه‌ور گرم (hot dip) پوشیده شود. در این گونه موارد اندود نامبرده باید حداقل تا ۶۰ سانتی‌متر پایین‌تر از دهانه دودکش ادامه یابد.

۱۴-۳-۲-۴ مشخصات پایانه‌های هوایی قفس فاراده به شرح زیر خواهد بود:

الف) میله برقگیر یک‌پارچه و سرمیلهٔ تک‌شاخه و یا چند شاخه باید از جنس مس خالص (با ضریب رسانایی حدود ۹۵ درصد) ساخته شده و نوک شاخه‌ها به شکل مخروطی تیز بوده و صیقلی شده باشد. برای نصب سرمیله (تک‌شاخه و یا چند شاخه) بر روی میله برقگیر باید قسمت داخلی انتهای آن دارای دنده متناسب با دنده میله برقگیر باشد. انواع میله برقگیر در شکل ۱۴-۱ نشان داده شده است.

ب) میلهٔ برقگیر دوپارچه باید از میله مسی و یا لوله مسی صیقل داده شده ساخته شده ودو سر آن (یک سر برای سوارکردن سرمیله و سر دیگر جهت نصب روی پایه) به طول مناسب دنده شده باشد.

قطر میله برقگیر دوپارچه حداقل $\frac{5}{8}$ اینچ و حداکثر یک اینچ بوده و طول آن نیز حداقل یک متر و حداکثر دو متر باشد. (شکل ۱۴-۱). در مواردی که ارتفاع میله برقگیر از یک متر متجاوز باشد باید از نقطه‌ای که از نصف ارتفاع آن کمتر نباشد حفاظت لازم از نظر ایستایی میله در نظر گرفته می‌شود.

پ) میلهٔ برقگیر مخصوص تیرهای فلزی نصب پرچم مشابه سرمیله تک‌شاخه بوده ولی باید دارای پایه مناسب برای نصب روی تیر و همچنین حفاظ باشد.

۱۴-۳-۲-۵ شبکه ارتباطی بین میله‌های برقگیر در پشت‌بام باید از تسمه مسی با حداقل ابعاد ۳×۲۰ میلی‌متر تشکیل شده باشد.

۱۴-۳-۲-۶ در مواردی که از شبکه پایانه هوایی (برابر استاندارد BS 6651) استفاده می‌شود حداقل سطح مقطع هادی‌های موازی رشته‌ای باید ۵۰ میلی‌متر مربع در نظر گرفته شود.

۱۴-۳-۲-۷ هادی‌های ارتباطی (هادی‌های نزولی) بین شبکه پایانه‌های هوایی در پشت‌بام و پایانه‌های زمینی باید از نوع تسمه مسی با حداقل ابعاد ۳×۲۰ میلی‌متر و یا سیم مسی لخت با حداقل سطح مقطع ۷۰ میلی‌متر مربع باشد.

۱۴-۳-۲-۸ شکل و ابعاد سیستم پایانه زمین برای پراکنده‌کردن بدون خطر جریان آذرخش بسیار حائز اهمیت است. سیستم پایانه زمین ممکن است بر حسب مورد یکی از انواع میله اتصال زمین، لوله اتصال زمین و یا ورق مسی یک‌پارچه یا شبکه دفن شده در زمین یا چاه اتصال زمین باشد، لیکن در هر صورت مقاومت سیستم پایانه زمین نباید از پنج اهم تجاوز کند.

برای مشخصات فنی و اصول و روش‌های نصب انواع پایانه‌های زمین (سیستم اتصال زمین) به فصل ۱۵ نگاه کنید.

۱۴-۳-۲-۹ در مواردی که سیستم برقگیر برابر استاندارد IEC 61024-1 طراحی و اجرا می‌شود، سیستم پایانه زمین باید با توجه به موارد زیر در نظر گرفته شود:

الف) الکترودهای مورد استفاده باید از انواع یک یا چند الکترود رینگ (ring electrodes) الکترودهای عمودی (یا مایل)، الکترودهای شعاعی، یا یک الکترود زمین فونداسیون باشد. استفاده از صفحه الکترود و شبکه‌های کوچک اختیاری است لیکن به علت امکان ایجاد خوردگی به ویژه در اتصالات بهتر است استفاده نشود.

ب) استفاده از شماری الکترودهایی که به درستی توزیع شده باشد به کاربری یک الکترود بلند ارجحیت دارد. حداقل طول الکترودهای پایانه‌های زمینی با توجه به کلاس حفاظت مربوط و مقاومت زمین در منحنی شکل ۱۴-۲ نشان داده شده است.(برای جزییات سیستم پایانه زمین به بند 2.3 از استاندارد IEC 61024-1 نگاه کنید)

۱۴-۳-۳ مشخصات فنی برقگیر الکترونیک (ESE) بر اساس استاندارد NFC 17-102

۱۴-۳-۳-۱ پایانه‌های هوایی الکترونیک یا مولد برق اولیه باید شامل یک میله نوک تیز به شرح بند ۱۴-۳-۳-۲، یک دستگاه محرک (triggering device) و یک میله پایه مجهز به سیستم اتصال هادی نزولی باشد. این نوع برقگیر انرژی موجود در هوای متلاطم پیش از طوفان را جذب و به وسیله دستگاه محرک الکترونیکی هوای اطراف میله برقگیر را یونیزه می‌نماید.
سطح حفاظت شده به وسیله یک برقگیر الکترونیکی (ESE) با استفاده از یک مدل الکتروژئومتری (electro-geometrical model) و پیشروی زمان تخلیه (ΔT) (triggering advance) آن تعیین می‌شود.

۱۴-۳-۳-۲ مشخصات هر دستگاه برقگیر الکترونیک باید با اندازه‌گیری پیشروی زمان تخلیه آذرخش آن در مقایسه با یک میله برقگیر ساده، که در آزمون‌های ارزیابی برقگیر تعیین می‌شود، مشخص گردد.

۱۴-۳-۳-۳ لوازم و تجهیزاتی که جریان برق آذرخش از آن عبور می‌نماید باید از جنس مس، آلیاژ مس یا فولاد ضدزنگ باشد. میله و سرمیله پایانه‌های هوایی باید دارای حداقل ۱۲۰ میلی‌متر مربع سطح مقطع رسانا باشد.

۱۴-۳-۳-۴ در مواردی که از برقگیرهای الکترونیک برای حفاظت دودکش کارخانه‌ها استفاده می‌شود جنس قسمت فوقانی برقگیرهای نامبرده باید برای گازهای خورنده اطراف دودکش و حرارت خروجی آن مناسب باشد.

۱۴-۳-۳-۵ در مواردی که تاسیسات بیرونی حفاظت در برابر آذرخش مورد استفاده برای یک ساختمان شامل چند برقگیر الکترونیکی باشد، شبکه ارتباطی برقگیرها باید با استفاده از تسمه مسی لخت با حداقل ابعاد ۲ × ۳۰ میلی‌متر (یا مطابق بند ۴-۳-۲ از استاندارد NFC 17-102) به یکدیگر متصل شود، مگر این که مسیر شبکه دارای موانعی با اختلاف سطح بیش از ۱/۵ متر باشد.

۱۴-۳-۳-۶ به منظور هدایت جریان برق حاصل از آذرخش از سیستم پایانه‌های هوایی به سیستم پایانه‌های زمینی باید از هادی‌های نزولی از نوع سیم یا تسمه مسی لخت با حداقل سطح مقطع ۵۰ میلی‌متر مربع به شرح جدول ۴-۳-۲ از استاندارد NFC 17-102 استفاده شود.

۱۴-۳-۳-۷ ارتفاع نصب برقگیر الکترونیک ممکن است با استفاده از یک دکل، افزایش یابد. دکل حامل این‌گونه برقگیرها ممکن است از نوع برج و یا تیر فلزی نوع تلسکوپی بوده و حتی‌الامکان خوداتکا (self supporting) باشد، لیکن در مواردی که برقگیرهای مذکور به وسیله مهارهای هادی استحکام می‌یابد، انتهای آن باید به وسیلهٔ هادی‌هایی همانند هادی‌های مندرج در بند ۱۴-۳-۳-۶ به هادی‌های نزولی متصل شود. دو نوع دکل حامل سیستم برقگیر الکترونیک در شکل‌های ۱۴-۳ و ۱۴-۴ ارایه شده است.

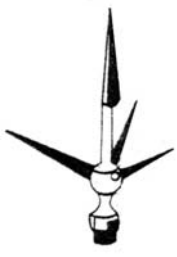
۱۴-۳-۳-۸ هر هادی نزولی باید به یک سیستم پایانه زمینی که دارای همان جنس و سطح مقطع باشد متصل شود. سیستم پایانه‌های زمینی باید یکی از انواع میله اتصال زمین، لوله اتصال زمین و یا ورق مسی یکپارچه یا مشبک دفن شده در زمین یا چاه اتصال زمین باشد، لیکن در هر صورت مقاومت سیستم پایانه‌های زمینی باید از پنج اهم تجاوز نکند.

(الف)میله برقگیریکپارچه
جنس: مس
قطر: $\frac{5}{8}$ الی ۱ اینچ
طول:۳۰ الی ۲۰۰ سانتی‌متر

(ب) میله برقگیریکپارچه
جنس: مس
قطر: $\frac{1}{2}$الی $\frac{5}{8}$ اینچ
طول:۳۰ الی ۵۰ سانتی‌متر

(پ) میله برقگیرتیر پرچم
جنس: مس

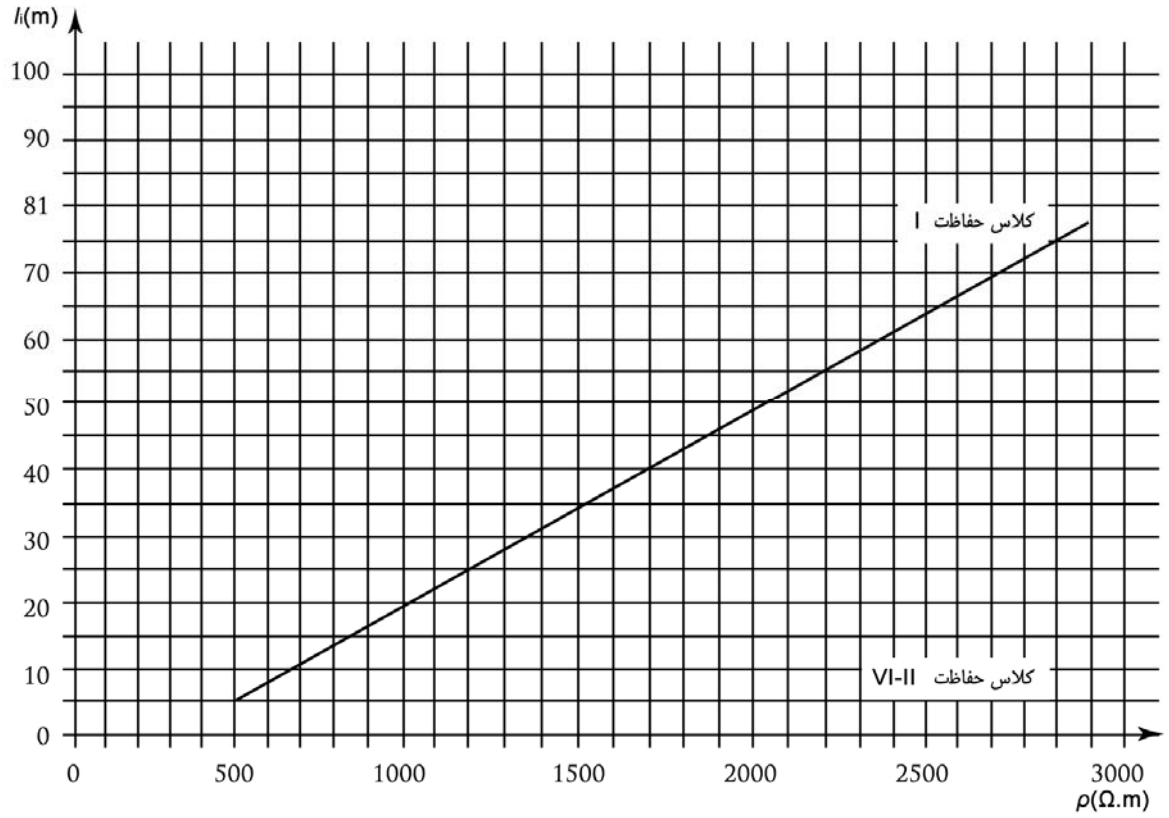
(ت) سرمیله تک‌شاخه
جنس: مس



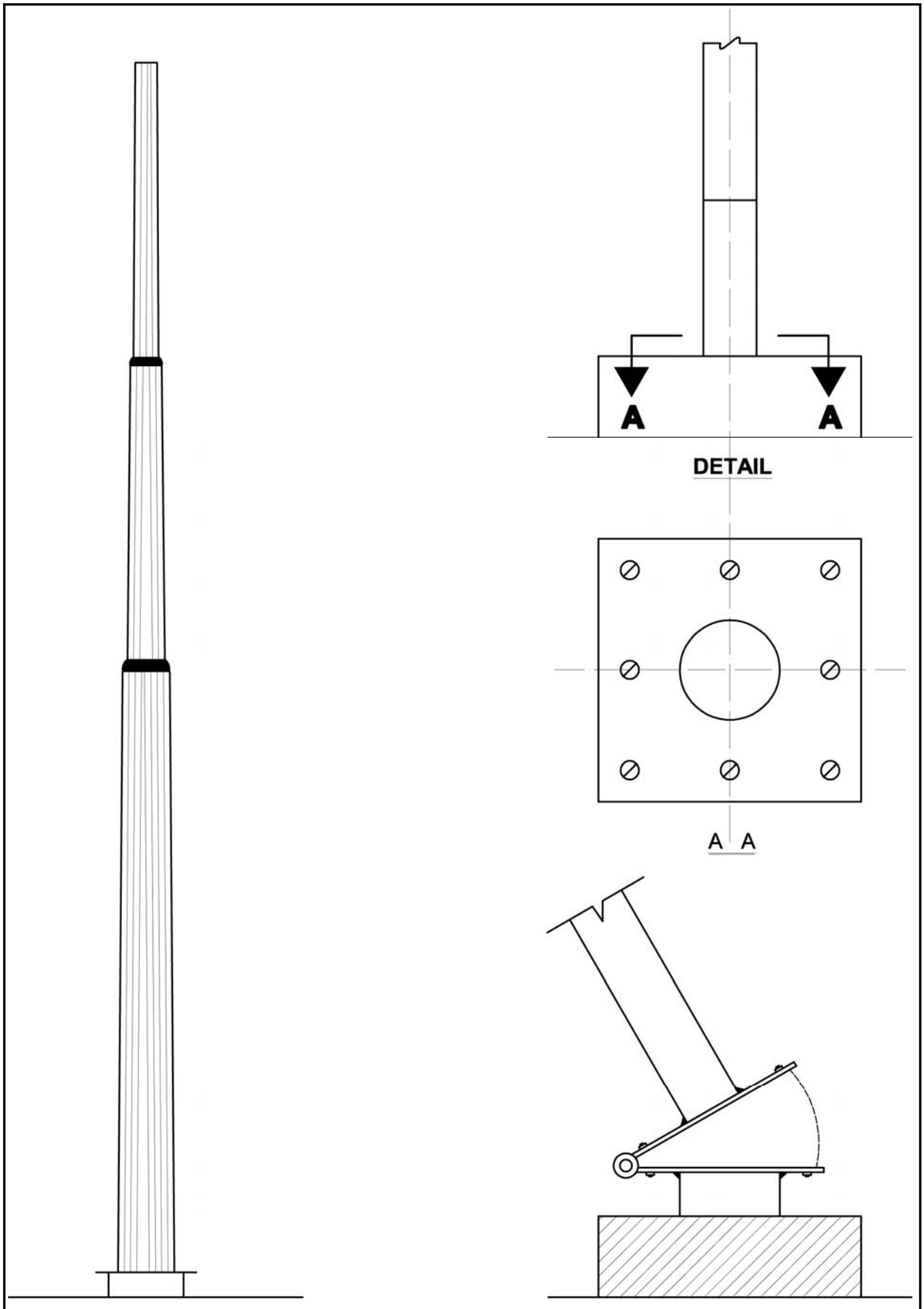
(ث) سرمیله چند شاخه
جنس: مس

(ج) میله برقگیربرای‌سرمیله‌های تکی‌ویا چند شاخه
جنس: مس
قطر: $\frac{5}{8}$ الی ۱ اینچ
طول:۱۰۰ الی ۲۰۰ سانتی‌متر

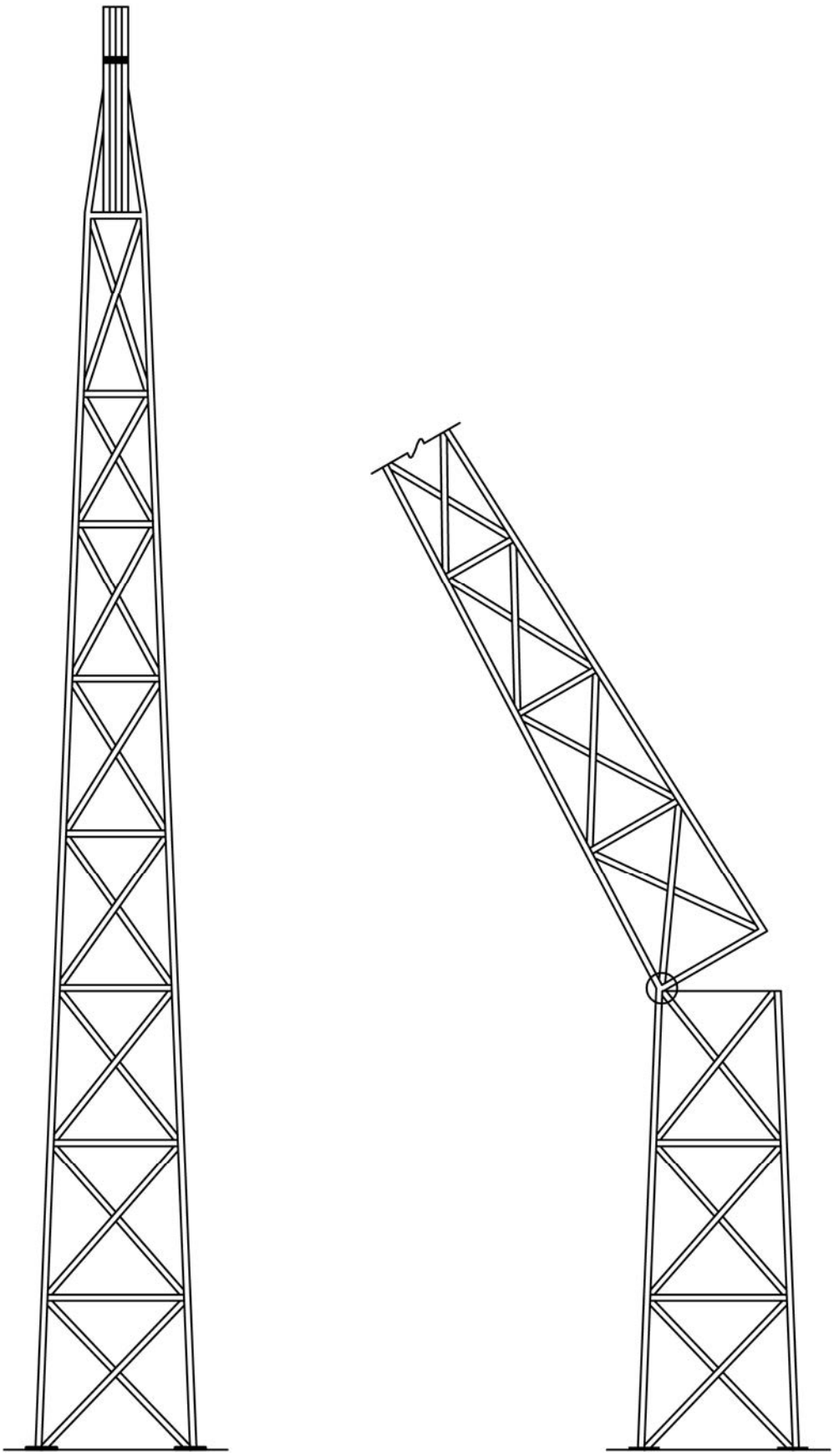
شکل ۱۴-۱: انواع میله برقگیر و سرمیله برقگیر



شکل ۱۴-۲: حداقل طول الکترودهای پایانهٔ زمینی بر حسب کلاس حفاظت و میزان مقاومت زمین برابر استاندارد IEC 1024-1



شکل ۱۴-۳: دکل حامل برقگیر الکترونیک نوع تیرفلزی تلسکوپی



شکل ۱۴-۴: دکل حامل برقگیر الکترونیک نوع برج

۱۴-۴ موارد استفاده و ضوابط محاسباتی برقگیرها

۱۴-۴-۱ برقگیرهای قفس فاراده یا شکلی از آن

۱۴-۴-۱-۱ این‌گونه برقگیرها، که ممکن است متشکل از تعدادی میله برقگیر فرانکلین (Franklin rod) یا ترکیبی از میله‌ها، سیم‌های کشیده شده، و شبکه هادی‌ها باشد، برای محافظت ساختمان‌ها و دیگر تاسیسات نامبرده زیر در برابر آذرخش مناسب و قابل استفاده می‌باشد:

الف) مناره‌ها و برج‌ها

ب) بناهای گنبدی شکل

پ) دودکش‌های بلند کارخانه‌ها. (فلزی و یا ساخته‌شده با مصالح ساختمانی)

ت) مجموعه ساختمان‌های کارخانه‌های سیمان، گچ و آهک و پالایشگاه‌ها

ث) دکل‌های خطوط انتقال نیروی برق

ج) دکل‌های فلزی ویژه نصب پرچم

چ) مجموعه ساختمان‌ها و ابنیه مختلف

۱۴-۴-۱-۲ طول میله برقگیر فرانکلین برای ابنیه مختلف به شرح زیر خواهد بود:

الف) مناره‌ها و برج‌ها، و دودکش‌های کارخانه‌ها و دکل‌های خطوط انتقال نیرو، حدود ۳۰ سانتی‌متر بالاتر از سطح مورد حفاظت.

ب) بناهای گنبدی شکل بستگی به شعاع مقطع قسمت پایین گنبد داشته و طول میله برقگیر باید طوری محاسبه و انتخاب شود که بعد از نصب بر روی گنبد، ارتفاع از سر برقگیر تا مقطع قسمت پایین گنبد بزرگتر از شعاع قسمت پایین گنبد باشد ولی در هر صورت نباید ارتفاع برقگیر از بالاترین بخش گنبد کمتر از ۳۰ سانتی‌متر باشد.

پ) برج سیلوهای مختلف، ساختمان کارخانه‌ها و ابنیه گوناگون، حداقل یک‌متر و حداکثر دو متر بالاتر از سطح مورد حفاظت. در این گونه موارد باید تمهیدات لازم در برابر واژگونی میله‌ها پیش‌بینی شود (به بند ۱۴-۳-۲-۳-ب رجوع شود.)

ت) دکل‌های فلزی مخصوص نصب پرچم، میله برقگیر مخصوص مطابق شکل ۱۴-۱ خواهد بود.

۱۴-۴-۱-۳ تعداد پایانه‌های هوایی مورد نیاز برای محافظت ساختمان‌ها با سیستم حفاظتی قفس فاراده بستگی به سطح پشت‌بام ساختمان مربوط، ارتفاع و فواصل نصب پایانه‌ها دارد که بر حسب استاندارد مورد مراجعه مختلف است. فواصل نصب پایانه‌های مزبور بر اساس استاندارد NFPA 78 به قرار زیر است:

الف) فواصل پیرامونی سقف‌های مسطح یا با شیب ملایم و سقف‌های شیب‌دار:

در مواردی که ارتفاع نوک پایانه هوایی از سطح مورد حفاظت از ۱۰ اینچ (۲۵۴ میلی‌متر) کمتر نباشد، فواصل نصب بر روی نقاط پیرامونی سقف‌های مسطح یا با شیب ملایم و نیز فواصل نصب بر روی خطالراس سقف‌های شیب‌دار، باید حداکثر ۲۰ فوت (۶ متر) در نظر گرفته شود و در صورتی که ارتفاع مزبور حداقل ۲۴ اینچ (۶۰ سانتی‌متر) یا بیشتر باشد فواصل نصب باید حداکثر ۲۵ فوت (۷/۶ متر) انتخاب شود. در این گونه موارد فواصل نصب پایانه‌های هوایی از کناره‌ها و گوشه‌های سطوح نامبرده باید حداکثر ۶۰ سانتی‌متر باشد. (شکل ۱۴-۵ الف و ب)

ب) فواصل میانی نصب پایانه‌های هوایی در سقف‌های مسطح یا با شیب ملایم:

در مواردی که سقف‌های مسطح یا با شیب ملایم، دارای ابعادی متجاوز از ۱۵ متر باشد، فواصل میانی نصب پایانه‌های هوایی باید حداکثر ۱۵ متر در نظر گرفته شود (شکل ۱۴-۵ پ و ت).

۱۴-۴-۱-۴ حداقل ابعاد تسمه مسی شبکه مشبک اتصال پایانه‌های هوایی در پشت‌بام برای سطح تا ۱۸۰۰متر مربع باید ۳ × ۲۰ میلی‌متر و بیشتر از ۱۸۰۰ مترمربع ۳ × ۲۵ میلی‌متر یا بیشتر باشد.

۱۴-۴-۱-۵ حداقل ابعاد تسمه‌های مسی هادی‌های ارتباطی (هادی‌های نزولی) بین شبکه مشبک پشت‌بام و پایانه‌های زمینی برای سطح تا ۹۰ مترمربع و ارتفاع حداکثر ۱۸ متر باید ۳ × ۲۰ میلی‌متر و بیشتر از ۹۰ متر ۳ × ۲۵ میلی‌متر یا بیشتر باشد.

۱۴-۴-۱-۶ برای تعیین تعداد هادی‌های ارتباطی (هادی‌های نزولی) بین شبکه مشبک پشت‌بام و پایانه‌های زمینی باید یکی از دو روش زیر ملاک محاسبه قرار گیرد:

الف) احتساب پیرامون: به طور کلی برای هر ۳۰ متر محیط (پیرامون) تحت محافظت برقگیر باید یک نزولی در نظر گرفته شود لیکن حداقل تعداد نزولی‌ها برای هر نوع ساختمان دو عدد خواهد بود.(شکل ۱۴-۶)

ب) احتساب مساحت: برای سطوح تحت محافظت برقگیر تا ۳۶۰ مترمربع مساحت دو هادی نزولی و برای هر ۲۷۰ مترمربع مازاد یک هادی نزولی اضافی باید در نظر گرفته شود.
به طور مثال: تا ۳۶۰ مترمربع دو نزولی، ۶۳۰ مترمربع ۳ نزولی، ۹۰۰ مترمربع ۴ نزولی، ۱۱۷۰ الی ۱۲۰۰ مترمربع ۵ نزولی، و به همین ترتیب ادامه می‌یابد.

۱۴-۴-۱-۷ در مواردی که طراحی پایانه‌های هوایی بر اساس شکلی از قفس فاراده برابر استانداردهای IEC 61024-1-1 و IEC 61024-1-2 انجام می‌شود، ترتیب استقرار سیستم پایانه‌های هوایی باید به گونه‌ای باشد که شرایط مندرج در جدول ۱۴-۲ تامین شود. در این گونه موارد ممکن است یکی از روش‌های زیر به طور مستقل یا با ترکیبی از روش‌های دیگر مورد استفاده قرار گیرد:

الف) روش زاویه حفاظتی: (protective angle method)

بر اساس این روش، هادی‌ها، میله‌ها، دکل‌ها (masts) و سیم‌های مربوط به پایانه‌های هوایی باید به گونه‌ای استقرار یابد که تمامی اجزای ساختمان مورد حفاظت درون زاویه‌های فضایی‌ای قرار گیرد که راس آنها هادی‌های نامبرده بوده و درجه آن بر طبق جدول ۱۴-۲ انتخاب شود.
روش زاویه حفاظتی برای ساختمان‌های ساده و یا یک بخش ساده از یک ساختمان بزرگ مناسب بوده و برای ساختمان‌هایی که ارتفاع آن از شعاع گوی غلطان مرتبط با کلاس حفاظت انتخاب شده بزرگ‌تر است، مناسب نمی‌باشد. (برای نمونه‌های مختلف روش‌های زاویه حفاظتی شامل انواع میله ساده تکی، دو میله ساده، زوایای حفاظتی ارتفاع‌های مختلف و LPS ایزوله و غیرایزوله به شکل‌های ۱۱-۲ تا ۱۱-۱۰ از نشریه شماره ۳۹۳ و یا استاندارد IEC 61024-1-2 نگاه کنید)

ب) روش گوی غلطان (rolling sphere method)

بر اساس این روش، نصب یک سیستم پایانه هوایی، هنگامی تکافوی حفاظت یک ساختمان را می‌کند، که اگر یک گوی به شعاع R، روی زمین، در اطراف و در بالای ساختمان مورد نظر در کلیه جهات غلطانیده شود، فقط با هادی‌های پایانه هوایی و یا زمین تماس پیدا کند. بدیهی است شعاع R باید از جدول ۱۴-۲ با کلاس حفاظت مورد نظر انتخاب شود.

روش گوی غلطان باید در مواردی مورد استفاده قرار گیرد که طبق جدول ۱۴-۲، روش زوایه حفاظتی مستثنی شده باشد. در این روش در محل‌هایی که، گوی با ساختمان تماس پیدا می‌کند، امکان برخورد آذرخش وجود دارد، و باید در آن محل یک هادی پایانه هوایی در نظر گرفته شود. (برای نمونه‌های مختلف طرح سیستم‌های حفاظتی به روش گوی غلطان به شکل‌های ۱۱-۱۱ تا ۱۱-۱۶ از نشریه شماره ۳۹۳ یا شکل‌های ۱۱ تا ۱۶ از استاندارد IEC 61024-1-2 نگاه کنید)

پ) روش شبکه هادی‌ها (mesh method)

در این روش برای حفاظت از سطوح یا بام‌های مسطح باید یک شبکه هادی‌ها با شرایط زیر تشکیل شود:

۱- هادی‌های پایانه هوایی باید در محل‌های زیر نصب شود:
- لبه‌های پشت‌بام
- پیش‌آمدگی‌های پشت‌بام
- روی خطالراس‌ها (در صورتی که شیب سقف بیش از ۱/۱۰ باشد)

۲- سطوح جانبی با ارتفاع بیش از شعاع گوی غلطان (برابر جدول ۱۴-۲) باید به یک سیستم پایانه هوایی مجهز شود.

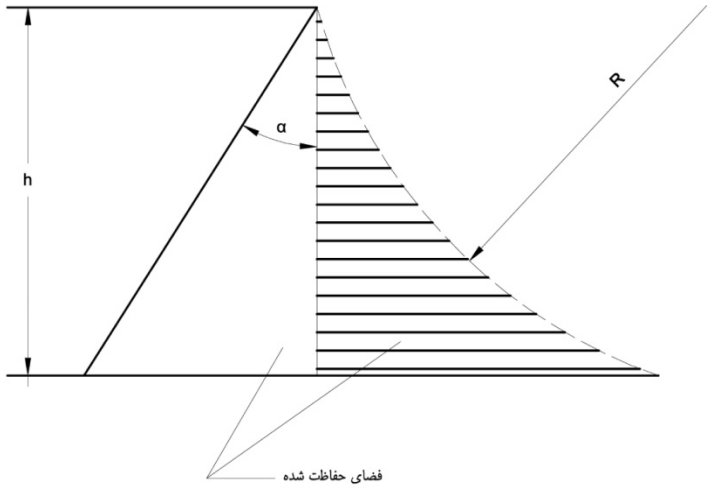
۳- ابعاد پنجره‌های شبکه هادی نباید از مقدار مشخص‌شده در جدول ۱۴-۲ متجاوز باشد.

۴- شبکه هادی‌ها به گونه‌ای اجرا شود که هیچ هادی دیگری در بیرون از محدوده آن وجود نداشته باشد و به علاوه جریان آذرخش حداقل از دو مسیر به طرف پایانه زمینی هدایت شود.

۵- هادی‌های پایانه هوایی باید حتی‌المقدور دارای مسیر کوتاه و مستقیم باشد. (برای نمونه‌های مختلف استفاده از روش شبکه هادی‌ها به شکل‌های ۱۱-۷ (b,a) از نشریه شماره ۳۹۳ یا شکل‌های ۷ (b,a) از نشریه IEC 61024-1-2 نگاه کنید)

جدول ۱۴-۲: استقرار پایانه‌های هوایی برابر کلاس حفاظت

کلاس حفاظت	(h) متر (R) متر	۲۰	۳۰	۴۵	۶۰	پهنای شبکه(متر)
		α (o)	α (o)	α (o)	α (o)	
I	۲۰	۲۵	*	*	*	۵
II	۳۰	۳۵	۲۵	*	*	۱۰
III	۴۵	۴۵	۳۵	۲۵	*	۱۰
IV	۶۰	۵۵	۴۵	۳۵	۲۵	۲۰
* روش‌های گوی غلطان و شبکه فقط در این موارد به کار می‌رود.						



۱۴-۴-۱-۸ طراحی هادی‌های نزولی بر اساس استاندارد IEC 61024-1

انتخاب تعداد و موقعیت نصب هادی‌های نزولی باید با در نظر گرفتن تقسیم جریان آذرخش بین چند هادی نزولی به صورت متقارن روی محیط جانبی ساختمان صورت گیرد به گونه‌ای که خطرهای ناشی از تخلیه جانبی (side flash) و اختلال‌های الکترومغناطیسی درون ساختمان مورد نظر کاهش یابد. توزیع جریان آذرخش نه فقط با افزایش تعداد هادی‌های نزولی بهبود می‌یابد بلکه با ایجاد حلقه‌های به هم پیوسته هم‌پتانسیل نیز ارتقاء پیدا می‌کند.

به طور کلی هادی‌های نزولی یا میانی باید دارای ویژگی‌های زیر باشند:

الف) هادی‌های نزولی باید به دور از تاسیسات داخلی ساختمان و اشیاء فلزی دیگر اجرا شود.

ب) طول هادی‌های میانی حتی‌المقدور کوتاه بوده و در مسیر مستقیم اجرا شود تا امپدانسی که در برابر جریان آذرخش نشان می‌دهد به حداقل برسد.

پ) شمار هادی‌های نزولی برای یک سیستم حفاظتی ایزوله (isolated LPS)

– در مواردی که سیستم پایانه هوایی از تعدادی پایه جدا از هم تشکیل شده باشد، برای هر پایه حداقل یک هادی نزولی باید در نظر گرفته شود.

– در مواردی که سیستم پایانه هوایی از سیم‌های لخت تشکیل شده باشد، برای هر انتهای یک سیم، حداقل یک هادی نزولی باید در نظر گرفته شود.

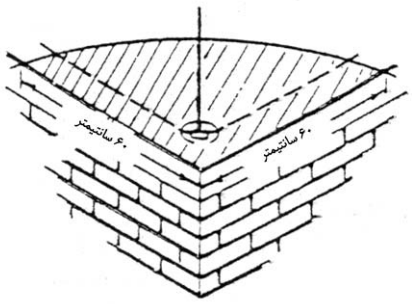
– در مواردی که سیستم پایانه هوایی از یک شبکه هادی تشکیل شده باشد، حداقل دو هادی نزولی در دو طرف شبکه مذکور باید در نظر گرفته شود.

ت) شمار هادی‌های نزولی برای یک سیستم حفاظتی غیرایزوله (non-isolated LPS)

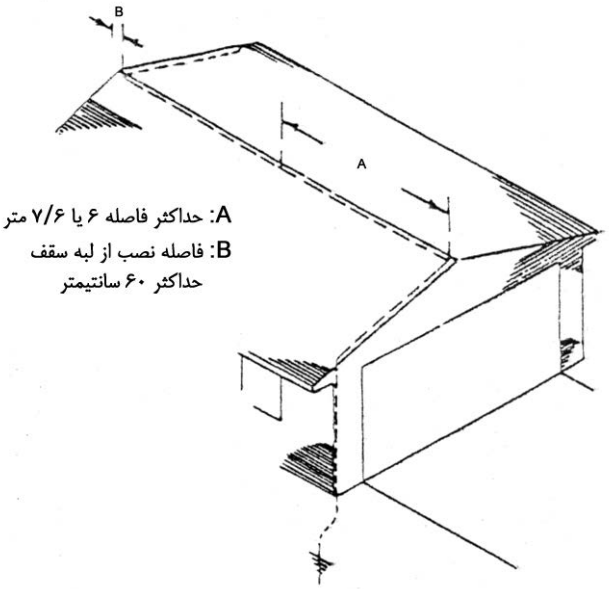
– در مواردی که سیستم پایانه هوایی از یک میله تشکیل شده، حداقل یک هادی نزولی باید در نظر گرفته شود. در مواردی که پایانه هوایی از میله‌های تکی تشکیل شده باشد، حداقل یک هادی نزولی باید برای هر میله پیش‌بینی شود.

– در مواردی که سیستم پایانه هوایی از سیم‌های لخت تشکیل شده باشد، حداقل یک هادی نزولی باید برای هر انتهای یک سیم در نظر گرفته شود.

– در مواردی که سیستم پایانه هوایی از شبکه هادی تشکیل شده باشد، حداقل دو هادی نزولی باید در پیرامون ساختمان مورد نظر پیش‌بینی شود.

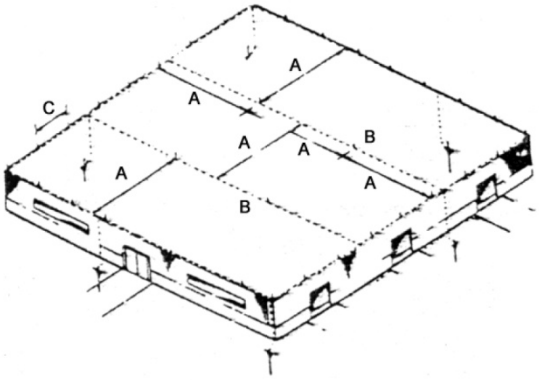


(ب) محل نصب در گوشه‌ها



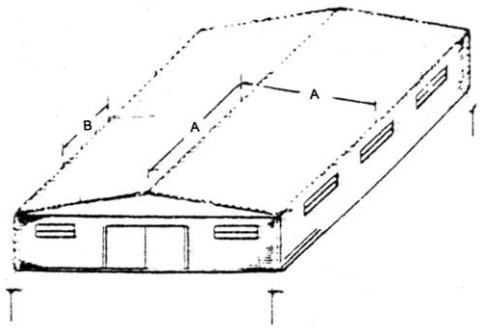
A: حداکثر فاصله ۶ یا ۷/۶ متر
B: فاصله نصب از لبه سقف
حداکثر ۶۰ سانتیمتر

(الف) فواصل نصب بر روی خطالراس سقف‌های شیب‌دار



A: حداکثر فاصله ۱۵ متر
B: در صورتی که مسیر این گونه هادی‌ها از ۴۵ متر متجاوز باشد باید در ۴۵ متری به هادی اصلی پیرامونی یا هادی نزولی متصل شود.
C: حداکثر فاصله ۶ متر یا ۷/۶ متر

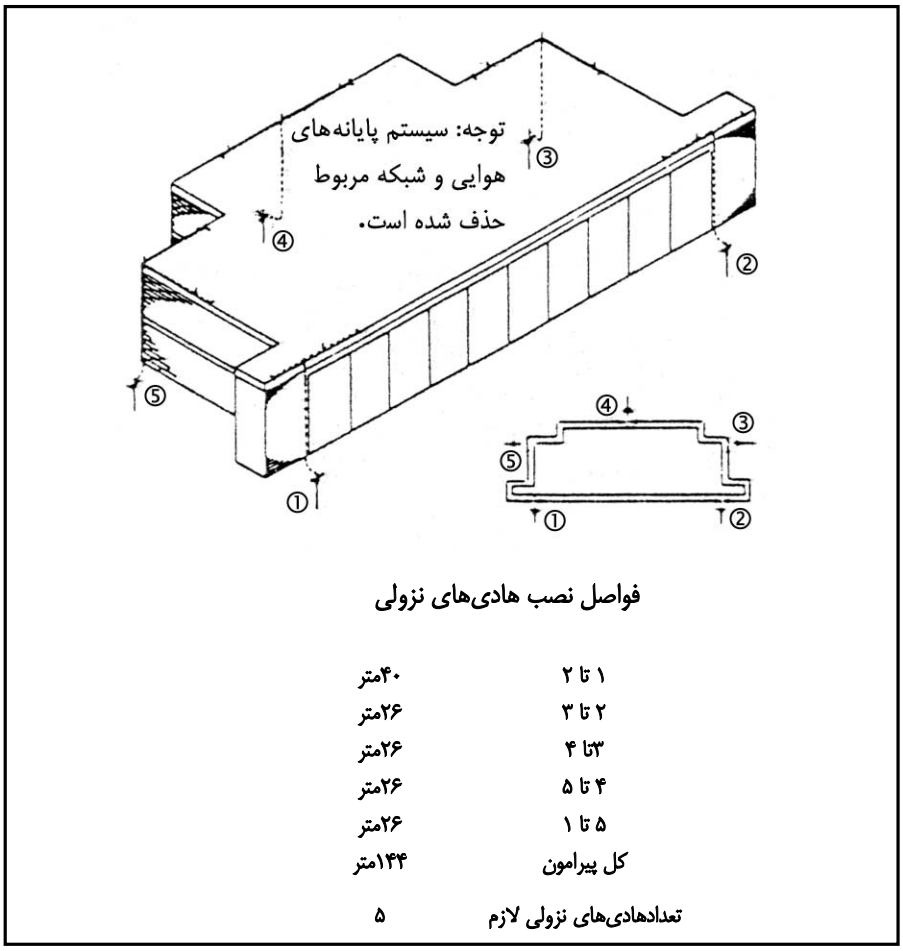
(ت) فواصل نصب پیرامونی و میانی برای سقف‌های مسطح



A: حداکثر فاصله ۱۵ متر
B: حداکثر فاصله ۶ متر یا ۷/۶ متر

(پ) فواصل نصب پیرامونی و میانی برای سقف‌های با شیب ملایم

شکل ۱۴-۵: فواصل نصب پایانه‌های هوایی قفس فاراده



فواصل نصب هادی‌های نزولی

۱ تا ۲	۴۰متر
۲ تا ۳	۲۶متر
۳تا ۴	۲۶متر
۴ تا ۵	۲۶متر
۵ تا ۱	۲۶متر
کل پیرامون	۱۴۴متر
تعدادهادی‌های نزولی لازم	۵

شکل ۱۴-۶: نمونه توزیع و تعداد هادی‌های نزولی با روش احتساب پیرامونی برای ساختمان مورد حفاظت

۱۴-۴-۱-۹ متوسط فاصلهٔ بین هادی‌های نزولی با توجه به کلاس حفاظت برابر استاندارد IEC 1024-1 به قرار جدول ۱۴-۳ خواهد بود و در تمامی موارد حداقل باید دو هادی نزولی در نظر گرفته شود.

جدول ۱۴-۳: متوسط فاصله بین هادی‌های نزولی بر اساس کلاس حفاظت

کلاس حفاظت	متوسط فاصله (متر)
I	۱۰
II	۱۵
III	۲۰
IV	۲۵

۱۴-۴-۲ سیستم برقگیر مولد برق اولیه (ESE) موسوم به الکترونیک

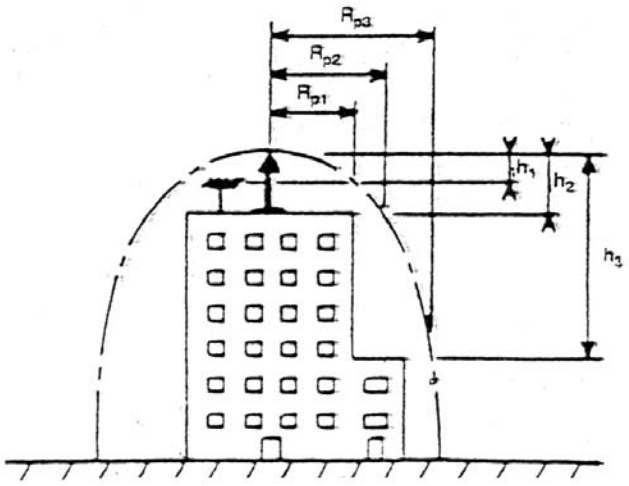
۱۴-۴-۲-۱ سیستم برقگیر الکترونیکی (ESE) بر اساس استاندارد NFC 17-102 برای محافظت ساختمان‌های عادی با ارتفاع کمتر از ۶۰ متر و فضاهای باز در موارد زیر ممکن است مورد استفاده قرار گیرد:

الف) مجموعه‌های مسکونی
ب) ساختمان‌های مختلف مجموعه فرهنگی و آموزشی و مانند آن
پ) مجموعه ساختمان‌های تجاری، اداری، ورزشی و مانند آن
ت) ساختمان‌های درمانی و مراقبتی همچون بیمارستان‌ها و درمانگاه‌ها
ث) کارخانه‌های مختلف و پالایشگاه‌ها
ج) ساختمان‌های تکی بلند
چ) موزه‌ها و آثار باستانی
ح) برج‌ها و دودکش‌های کارخانه‌ها
خ) فضاهای باز شامل انبارها و محوطه‌های تفریحی و رفاهی

۱۴-۴-۲-۲ محدوده حفاظتی هر برقگیر الکترونیک، از گردش شعاع‌های حفاظتی (R_{pn}) حاصل از ارتفاع‌های مختلف (h_n) حول محور آن به وجود می‌آید. (شکل ۱۴-۷)

h_n: ارتفاع نوک برقگیر نسبت به صفحه افقی که از بالای عنصر مورد نظر عبور می‌نماید.

R_{pn}: شعاع حفاظتی برقگیر در ارتفاع مورد نظر.



شکل ۱۴-۷: محدوده و شعاع‌های حفاظت برقگیر الکترونیک

۱۴-۴-۲-۳ شعاع حفاظت هر برقگیر الکترونیک (R_p) بستگی به ارتفاع نوک آن نسبت به سطح مورد حفاظت (h)، پیشروی زمان تخلیه (ΔT)، و انتخاب کلاس حفاظت[۱] مورد نیاز دارد که به شرح زیر محاسبه و تعیین می‌شود:

الف) در مواردی که $h \geq 5m$ باشد، شعاع حفاظت با توجه به کلاس حفاظت مورد نظر ممکن است از فرمول [۱] یا منحنی‌ها و جداول مندرج در شکل‌های ۱۴-۸ الف، ب و پ به دست آید.

ب) در مواردی که $h < 5m$ باشد، شعاع حفاظت باید با استفاده از منحنی‌های مندرج در شکل‌های ۱۴-۸ الف، ب و پ تعیین شود.

$$R_p = \sqrt{h(2D-h)+\Delta L(2D+\Delta L)} \qquad [۱]$$

R_P: شعاع حفاظت برقگیر

h: ارتفاع نوک میله برقگیر از سطح مورد حفاظت.

D: قطر کره فرضی با توجه به کلاس حفاظت یا فاصله برخورد صاعقه

۱- برای ارزیابی میزان ریسک و انتخاب کلاس حفاظت مورد لزوم به پیوست B از استاندارد NFC 17-102 مراجعه شود.

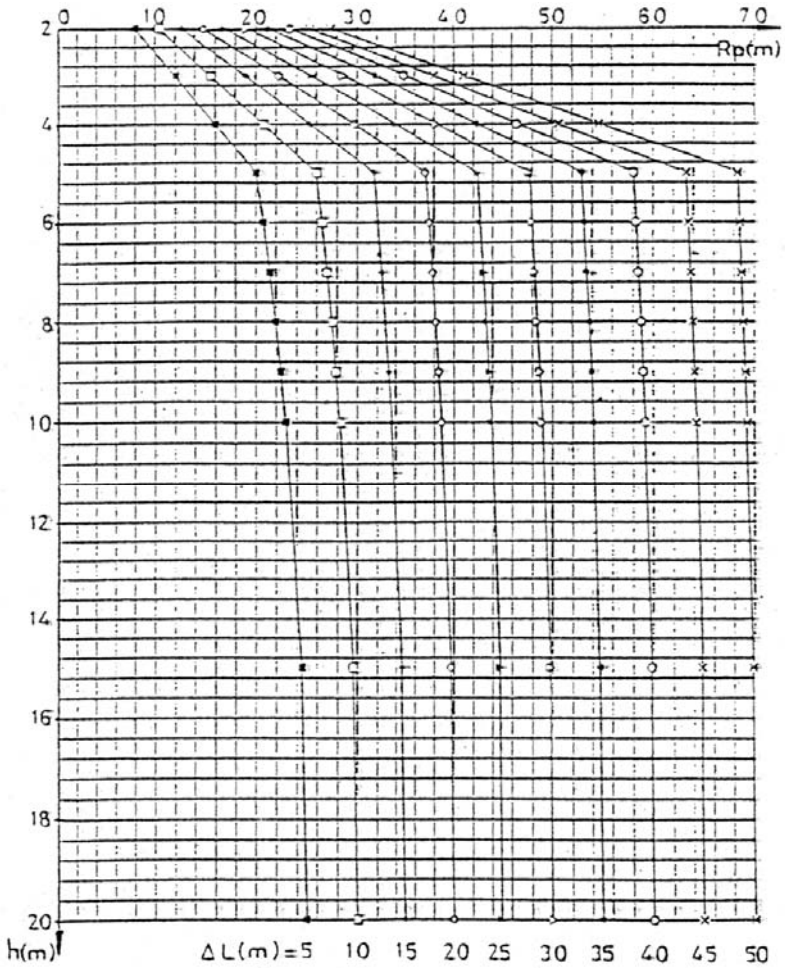
ΔL: فاصله‌ای که برقگیر نقطه دریافت آذرخش را برابر نظریه گوی فرضی[۱] از نوک پایانه هوایی دور می‌کند.

۱۴-۴-۲-۴ کلاس حفاظت، که طبقه‌بندی سیستم حفاظتی برقگیر الکترونیک در برابر آذرخش است و سطح کارایی آن را بیان می‌کند، در این استاندارد به سه طبقه به شرح زیر تقسیم شده است:
کلاس I، D=20 m، حداکثر حفاظت
کلاس II، D=45 m، حفاظت متوسط
کلاس III، D=60 m، حفاظت استاندارد

۱۴-۴-۲-۵ محاسبهٔ نوع و تعداد برقگیر نوع الکترونیک لازم برای محافظت کامل هر ساختمان و یا مجموعه ساختمان‌ها در یک فضا بستگی به سطح ساختمان و یا فضای تحت محافظت در برابر آذرخش دارد.

۱۴-۴-۲-۶ برای محاسبه نوع و تعداد برقگیر نوع الکترونیک لازم و حداقل ارتفاع آن از بالاترین نقطه سطح پشت‌بام ساختمان باید یک بررسی مقدماتی به منظور تعیین کلاس حفاظت لازم با توجه به ضریب تناوب آذرخش، شرایط محیطی، نوع و محتوای ساختمان، نوع تصرف و مخاطرات ناشی از آذرخش مطابق ضوابط مندرج در بند ۲-۱-۲ و ضمیمه B از استاندارد NFC 17-102 به عمل آید و سپس شعاع حفاظت مورد لزوم برابر ضوابط محاسباتی بندهای ۱۴-۴-۲-۳ و ۱۴-۴-۲-۴ این فصل تعیین شود.
(برای تسهیل در ارزیابی مخاطرات آذرخش و انتخاب کلاس حفاظت مورد لزوم برابر ضوابط مندرج در پیوست B از استاندارد NFC 17-102 نرم‌افزارهای مناسبی از طرف سازندگان این نوع تجهیزات ارایه شده است که ممکن است مورد استفاده قرار گیرد.)

[۱] برای شرح نظریه گوی فرضی (fictitious sphere) به پیوست A از استاندارد NFC 17-102 نگاه کنید.



D (m)										
20										
ΔL (m)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
H (m)	R_P (m)									
20	25.00	30.00	35.00	40.00	45.00	50.00	55.00	60.00	65.00	70.00
25	25.00	30.00	35.00	40.00	45.00	50.00	55.00	60.00	65.00	70.00
30	25.00	30.00	35.00	40.00	45.00	50.00	55.00	60.00	65.00	70.00
35	25.00	30.00	35.00	40.00	45.00	50.00	55.00	60.00	65.00	70.00
40	25.00	30.00	35.00	40.00	45.00	50.00	55.00	60.00	65.00	70.00
45	25.00	30.00	35.00	40.00	45.00	50.00	55.00	60.00	65.00	70.00
50	25.00	30.00	35.00	40.00	45.00	50.00	55.00	60.00	65.00	70.00
55	25.00	30.00	35.00	40.00	45.00	50.00	55.00	60.00	65.00	70.00
60	25.00	30.00	35.00	40.00	45.00	50.00	55.00	60.00	65.00	70.00

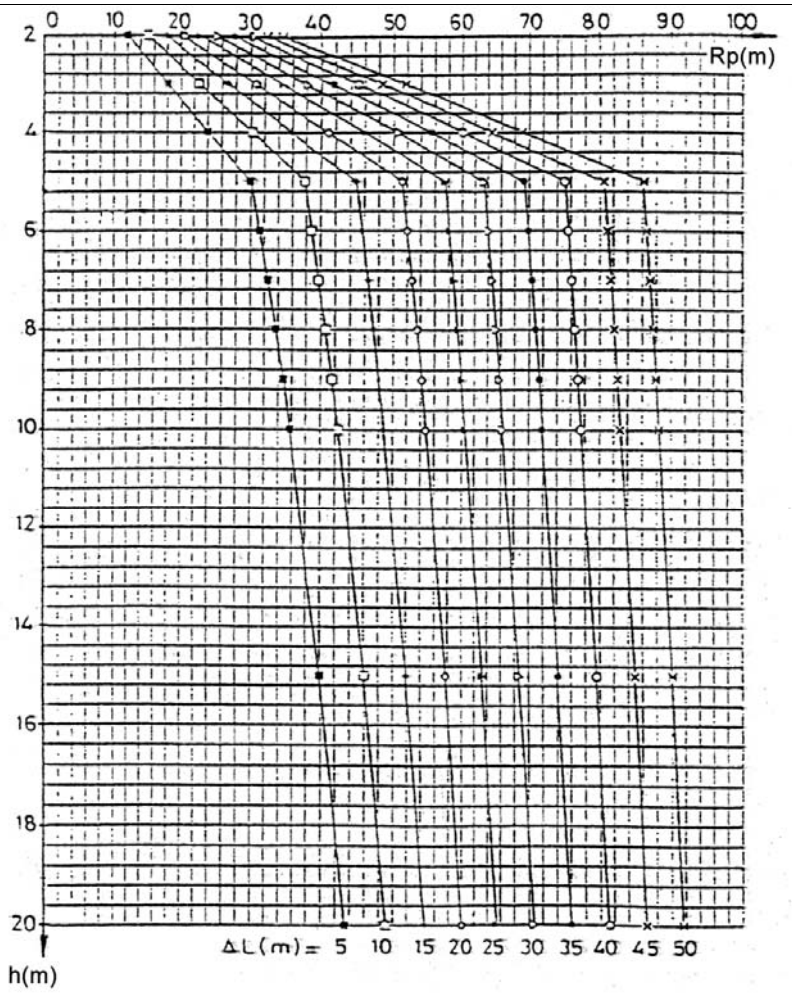
D(m): فاصلهٔ برخوردیا شعاع گوی غلطان بر حسب متر

ΔL(m): فاصله‌ای که نقطه دریافت آذرخش از نوک میله برقگیر دور می‌شود بر حسب متر

h(m): اختلاف ارتفاع بین نوک پایانهٔ هوایی و سطح افقی مورد نظر بر حسب متر

R_p(m): شعاع حفاظت در سطح افقی مورد نظر بر حسب متر

شکل ۱۴-۸ (الف): شعاع حفاظت برقگیر الکترونیک با کلاس حفاظت I (D=20 m)



D(m) 45										
ΔL (m)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
h(m)	R_P(m)									
20	43.30	48.99	54.54	60.00	65.38	70.71	75.99	81.24	86.46	91.65
25	45.83	51.23	56.57	61.85	67.08	72.28	77.46	82.61	87.75	92.87
30	47.70	52.92	58.09	63.25	68.37	73.48	78.58	83.67	88.74	93.81
35	48.99	54.08	59.16	64.23	69.28	74.33	79.37	84.41	89.44	94.47
40	49.75	54.77	59.79	64.81	69.82	74.83	79.84	84.85	89.88	94.87
45	50.00	55.00	60.00	65.00	70.00	75.00	80.00	85.00	90.00	95.00
50	50.00	55.00	60.00	65.00	70.00	75.00	80.00	85.00	90.00	95.00
55	50.00	55.00	60.00	65.00	70.00	75.00	80.00	85.00	90.00	95.00
60	50.00	55.00	60.00	65.00	70.00	75.00	80.00	85.00	90.00	95.00

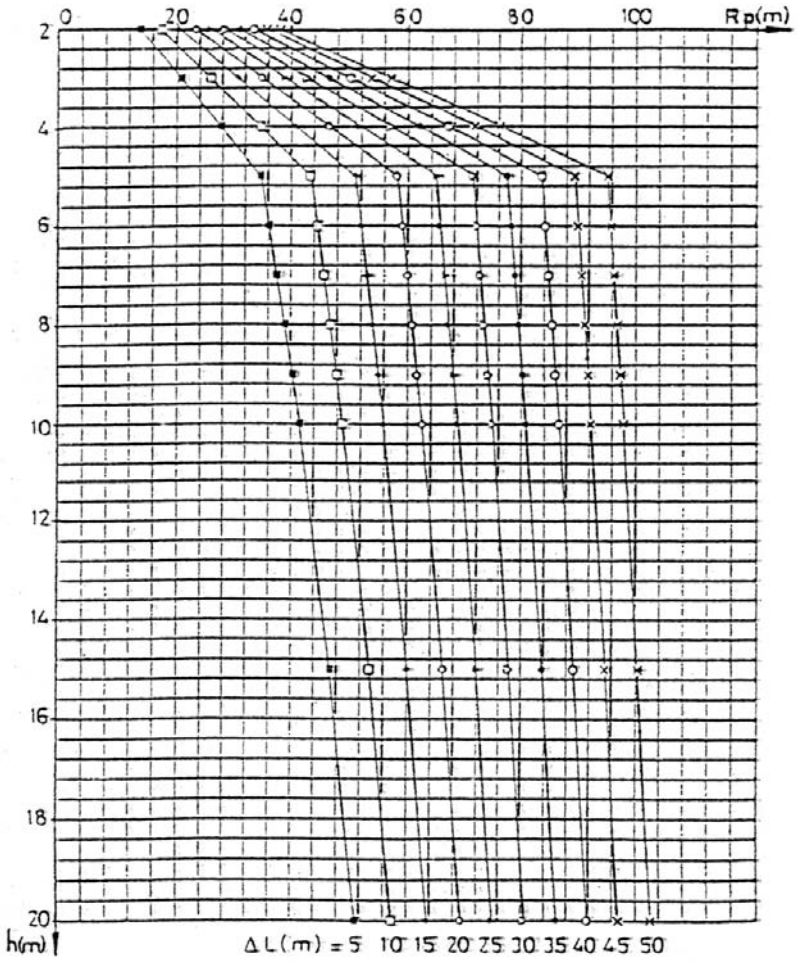
D(m): فاصلهٔ برخورد یا شعاع گوی غلطان بر حسب متر

ΔL(m): فاصله‌ای که نقطه دریافت آذرخش از نوک میله برقگیر دور می‌شود بر حسب متر

h(m): اختلاف ارتفاع بین نوک پایانهٔ هوایی و سطح افقی مورد نظر بر حسب متر

R_p(m): شعاع حفاظت در سطح افقی مورد نظر بر حسب متر

شکل ۱۴-۸ (ب): شعاع حفاظت برقگیر الکترونیک با کلاس حفاظت II (D=45 m)



D(m)										
60										
ΔL (m)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
h(m)	R_P(m)									
20	51.23	57.45	63.44	69.28	75.00	80.62	86.17	91.65	97.08	102.47
25	54.77	60.62	66.33	71.94	77.48	82.92	88.32	93.67	98.99	104.28
30	57.66	63.25	68.74	74.15	79.53	84.85	90.14	95.39	100.62	105.83
35	60.00	65.38	70.71	75.99	81.24	86.48	91.66	96.82	101.98	107.12
40	61.85	67.08	72.28	77.46	82.61	87.75	92.87	97.98	103.08	108.17
45	63.25	68.37	73.48	78.58	83.67	88.74	93.81	98.87	103.92	108.97
50	64.23	69.28	74.33	79.37	84.41	89.44	94.47	99.50	104.52	109.54
55	64.81	69.82	74.83	79.84	84.85	89.86	94.87	99.87	104.88	109.89
60	65.00	70.00	75.00	80.00	85.00	90.00	95.00	100.00	105.00	110.00

D(m): فاصلهٔ برخورد با شعاع گوی غلطان بر حسب متر

ΔL(m): فاصله‌ای که نقطه دریافت آذرخش از نوک میله برقگیر دور می‌شود بر حسب متر

h(m): اختلاف ارتفاع بین نوک پایانهٔ هوایی و سطح افقی مورد نظر بر حسب متر

R_p(m): شعاع حفاظت در سطح افقی مورد نظر بر حسب متر

شکل ۱۴-۸ (ب): شعاع حفاظت برقگیر الکترونیک با کلاس حفاظت III (D=60 m)

۱۴-۵ اصول و روش‌های نصب سیستم‌های حفاظت در برابر آذرخش

۱۴-۵-۱ برقگیر نوع قفس فاراده یا شکلی از آن

۱۴-۵-۱-۱ در انواع مختلف ساختمان‌ها و بناها ممکن است از سر میله برقگیر تک‌شاخه یا چند شاخه استفاده شود. (شکل۱۴-۱)

۱۴-۵-۱-۲ ارتفاع میله برقگیر از سر میله تا سطح محل نصب باید حداقل ۵۰ سانتی‌متر یا بیشتر باشد.

۱۴-۵-۱-۳ فواصل نصب میله‌های برقگیر و شبکه هادی‌ها بر حسب استاندارد مورد مراجعه، طول میله‌ها و نوع سقف متفاوت است ؛ در مواردی که از استاندارد NEPA 78 استفاده می‌شود برابر ضوابط مندرج در بند ۱۴-۴-۱-۳ و در مواردی که استاندارد IEC 1024-1 به کار می‌رود برابر معیارهای تعیین شده در بند ۱۴-۴-۱-۷ خواهد بود.

۱۴-۵-۱-۴ کلیه گوشه‌های خارجی ساختمان باید دارای میله برقگیر باشد حتی اگر فواصل آن خیلی کم باشد (شکل ۱۴-۱۴)

۱۴-۵-۱-۵ کلیه میله‌های برقگیر نصب شده در یک ساختمان باید به وسیله تسمه مسی به یکدیگر متصل شده و یک شبکه مشبک بسته را تشکیل دهد. (شکل ۱۴-۱۴)

۱۴-۵-۱-۶ اسکلت فلزی ساختمان‌های اسکلت فلزی و یا آرماتورهای ساختمان‌های بتن آرمه در چندین نقطه در پشت‌بام و بالای پی ساختمان باید به شبکه برقگیر همبندی همپتانسیل شود. برای این منظور باید در هنگام ساختن اسکلت فلزی و یا بستن آرماتورها پیش‌بینی لازم به عمل آید تا در زمان نصب سیستم برقگیر هیچ‌گونه اشکالی به وجود نیاید.

۱۴-۵-۱-۷ کلیهٔ قسمت‌های فلزی موجود در پشت‌بام از قبیل سقف شیروانی یا سایبان فلزی و مانند آن باید به شبکه برقگیر همبندی همپتانسیل شود.

۱۴-۵-۱-۸ در نقاط اتصال اسکلت فلزی، آرماتور یا دیگر قسمت‌های فلزی ساختمان به شبکه برقگیر باید از به کار بردن وسایل، قطعات و بست‌های قابل زنگ زدن جدا خودداری شود

۱۴-۵-۱-۹ میله‌های برقگیر دور ساختمان باید روی دست‌اندازهای پشت‌بام نصب شود.

۱۴-۵-۱-۱۰ حلقه (loop) اتصال میله‌های برقگیر دور ساختمان نیز باید روی دست‌انداز پشت‌بام نصب شود.

۱۴-۵-۱-۱۱ کلیه تسمه‌های ارتباطی (نزولی) بین شبکه مشبک پشت‌بام و پایانه‌های اتصال زمین باید حتی‌الامکان با فواصل یکسان و از روی بدنه خارجی ساختمان و در خط مستقیم کشیده شود.

۱۴-۵-۱-۱۲ تسمه‌های ارتباطی به هیچ وجه نباید از داخل لوله‌های فلزی عبور داده شود.

۱۴-۵-۱-۱۳ تسمه‌های مورد مصرف برای نصب شبکه مشبک و همچنین به عنوان هادی‌های نزولی سیستم برقگیر باید از نوع حلقه‌ای بوده و از مصرف تسمه‌های شاخه‌ای، که اتصالات اضافی به وجود می‌آورد، خودداری شود.

۱۴-۵-۱-۱۴ میله‌های برقگیر باید با پایه متناسب با محل استقرار، نصب و به تسمه مشبک متصل شود. انواع پایه‌های مختلف برای نصب میله برقگیر در شکل‌های (۱۴-۹ و ۱۴-۱۰) نشان داده شده است.

۱۴-۵-۱-۱۵ کلیهٔ تسمه‌های تشکیل‌دهندهٔ شبکهٔ مشبک در نقاط تقاطع باید با اتصالات مناسب به یکدیگر متصل شود. انواع مختلف اتصالات در شکل (۱۴-۱۱) نشان داده شده است.

۱۴-۵-۱-۱۶ تمامی تسمه‌ها باید با بست‌های مناسب به کف یا دیوار دست‌انداز بام و مانند آن کاملاً مستحکم شود. انواع بست‌ها در شکل (۱۴-۱۲) رسم شده است.

۱۴-۵-۱-۱۷ اتصال پایانه‌های زمینی سیستم‌های حفاظت در برابر آذرخش به سیستم اتصال زمین سایر تاسیسات برقی ساختمان در آیین‌نامه‌ها و استانداردها مشروط بر رعایت موارد زیر توصیه شده است:

الف) طراحی و اجرای سیستم حفاظت در برابر آذرخش باید با ضوابط و مقررات مندرج در یکی از استانداردهای نامبرده در بند ۱۴-۳-۱ دقیقاً مطابقت نماید.

ب) سیستم همچنین باید با ضوابط و استانداردهای سایر تاسسیسات مربوط نیز مطابقت نماید.

پ) سیستم اتصال زمین عمومی باید متشکل از یک شبکه گسترده‌ای (grouning pad/grid) باشد که حداکثر مقاومت الکتریکی کل آن برابر با کمترین مقدار تعیین شده برای هر یک از سیستم‌های مورد نظر باشد.

ت) لوازم فلزی به کار رفته در سیستم‌های مختلف باید از یک جنس باشد.

ث) در مواردی که اتصال بین سیستم‌ها در داخل ساختمان صورت می‌گیرد، مسیر هادی اتصال‌دهنده باید به گونه‌ای تعیین شود که موجب القاء جریان برق در کابل‌ها و تاسیسات مجاور آن نشود.

ج) اتصال سیستم‌های پایانه زمینی حفاظت در برابر آذرخش به مدار زمین پی ساختمان باید درست در برابر هر هادی نزولی با استفاده از یک وسیله قابل قطع و یک محفظهٔ بازرسی که با علامت مخصوص اتصال زمین ⏚ نشانه‌گذاری شده باشد، انجام شود.

۱۴-۵-۱-۱۸ سیستم پایانه زمین بر اساس استاندارد IEC 61024-1

سیستم پایانه زمین باید به شکل مناسبی در نظر گرفته شود، به گونه‌ای که ولتاژ تماس و یا ولتاژ قدم در شرایط مخاطره‌آمیز قرار نداشته باشد.

از نظر برقراری شرایط ایمن، احداث یک سیستم اتصال زمین ساختمان یک‌پارچه (integrated earth termination system) برای سیستم حفاظت در برابر آذرخش، تاسیسات برق فشار ضعیف و سیستم مخابرات مناسب‌تر است.

در استاندارد IEC 61024-1 دو نوع پایانه زمین و موقعیت استقرار الکترودها به شرح زیر تعریف شده است:

الف) پایانه زمین از نوع A، که برای برقگیر ایزوله و با اتصال به یک هادی نزولی مناسب بوده و به یک هادی که به صورت افقی یا عمودی در زیرزمین قرار می‌گیرد اطلاق می‌شود.

در مواردی که یک رینگ هادی‌های نزولی را به هم پیوند می‌نماید و کمتر از ۸۰ درصد طول آن در تماس با زمین باشد نیز پایانه از نوع A محسوب می‌شود.

در پایانه زمین از نوع A، حداقل دو الکترود زمین باید وجود داشته باشد.

ب) پایانه زمین از نوع B که برای سیستم‌های پایانه هوایی شبکه و مواردی که چندین هادی نزولی وجود دارد مناسب می‌باشد، از یک رینگ الکترود زمین (مسیر بسته) تشکیل می‌شود که در بیرون ساختمان دفن شده و حداقل ۸۰ درصد طول آن در تماس با زمین باشد. ارت فونداسیون نیز از نوع B محسوب می‌شود.

پ) موقعیت و شرایط نصب الکترودهای زمین به شرح زیر خواهد بود:

- نوع زمین و عمق دفن الکترودهای زمین باید به صورتی انتخاب شود که اثر خوردگی را به حداقل رسانده، خشکی و یخزدگی در خاک به وجود نیاید و مقاومت زمین متعادل و یکنواخت باشد.
- در مواردی که از الکترودهای عمودی استفاده می‌شود یک متر اول آن باید در شرایط یخزدگی غیرموثر محسوب شود.
- در زمین‌های سنگلاخ فقط استفاده از پایانه زمین از نوع B توصیه می‌شود.
- عمق الکترودهای زمین، در حالت‌های خاصی که مقاومت اهمی زمین با افزایش عمق، کم می‌شود و با لایه‌های کم‌مقاومت در عمق بیش از حد معمول ظاهر می‌شود می‌تواند موثر واقع شود.
- در مواردی که از آرماتورهای درون بتن به عنوان الکترود زمین استفاده می‌شود، باید دقت بسیاری در همبندی آن به عمل آید که از ترکیدن بتن به هنگام عبور جریان آذرخش پیشگیری به عمل آید. این مساله در مواردی که از بتن پیش‌تنیده استفاده می‌شود از اهمیت بیشتری برخوردار است.
- الکترودهای زمین باید از نوع مناسب برای کاربری مورد نظر انتخاب شده و در فاصله ایمن از محل‌های ورود و خروج از ساختمان و اشیاء فلزی موجود در زمین نصب شود. در مواردی که این‌گونه الکترودها در محل عبور و مرور افراد اجرا می‌شود، الزاماً باید از پایانه نوع B استفاده شده و تدابیر لازم برای یکنواخت شدن زمین به عمل آید.

۱۴-۵-۲ اصول و روش‌های نصب سیستم برقگیر الکترونیک (ESE)

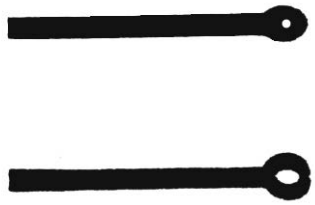
۱۴-۵-۲-۱ دستگاه برقگیر نوع الکترونیک باید حدوداً در مرکز سطح مورد حفاظت و در بالاترین قسمت ساختمان روی دکل مناسب نصب شود.

۱۴-۵-۲-۲ در تعیین ارتفاع دکل برقگیر الکترونیکی، علاوه بر رعایت ضوابط مندرج در بندهای ۱۴-۴-۲-۳ تا ۱۴-۴-۲-۶ این فصل، باید دقت کافی به عمل آید که نوک میله مرکزی پایانه هوایی حداقل دو متر بالاتر از وسایل نصب شده یا موجود در سطح مورد حفاظت اطراف برقگیر مانند دودکش موتورخانه، برج خنک‌کننده، کلاهک هواکش، آنتن‌های گیرنده یا فرستنده رادیو یا تلویزیون، چراغ‌های هشداردهنده هوایی و غیره قرار گرفته باشد.

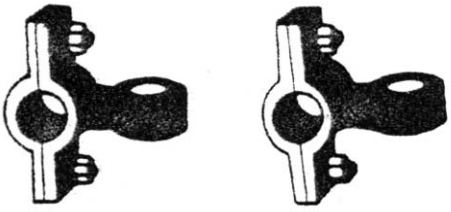
۱۴-۵-۲-۳ در ساختمان‌های مرتفع برای اعلام‌خطر باید در بالاترین نقطه دکل (زیردستگاه برقگیر الکترونیک) و در روی بازوی جداگانه چراغ هشداردهنده هوایی نصب شود.

۱۴-۵-۲-۴ برقگیرهای الکترونیکی مورد استفاده برای حفاظت فضاهای باز همچون زمین بازی، استخر شنا، اردوگاه و مانند آن باید بر روی تکیه‌گاه‌های مناسب مانند دکل ویژه نصب برقگیر یا سازه مناسب دیگری که پوشش حفاظتی مورد نیاز فضای مورد نظر را تامین کند نصب شود.

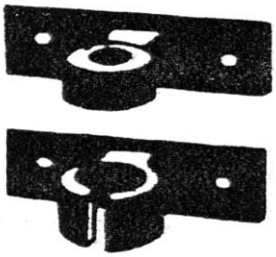
۱۴-۵-۲-۵ هادی‌های نزولی که برای انتقال جریان برق ناشی از آذرخش از سیستم‌های پایانه هوایی به سیستم پایانه زمینی مورد استفاده قرار می‌گیرد باید در سطوح خارجی سازه مورد نظر نصب شود. در مواردی که استفاده از مسیر خارجی ساختمان عملی نباشد، هادی‌های نزولی ممکن است از درون مجاری داخلی ویژه‌ای که دارای طولی برابر با ارتفاع



۱- پایه مخصوص نصب در دیوار



۲- پایه مخصوص نصب روی نرده با مقطع گرد



۳- پایه مخصوص نصب روی دیوار و یا نرده با مقطع چهارگوش

۴- پایه مخصوص نصب در بالای پشت‌بام‌های شیبدار

۵- پایه مخصوص نصب در بالای پشت‌بام‌های شیبدار

۶- پایه مخصوص نصب در بالای پشت‌بام‌های شیبدار

۷- پایه مخصوص نصب روی پشت-بام‌های شیبدار

۸- پایه مخصوص نصب روی ساختمان‌های سوله

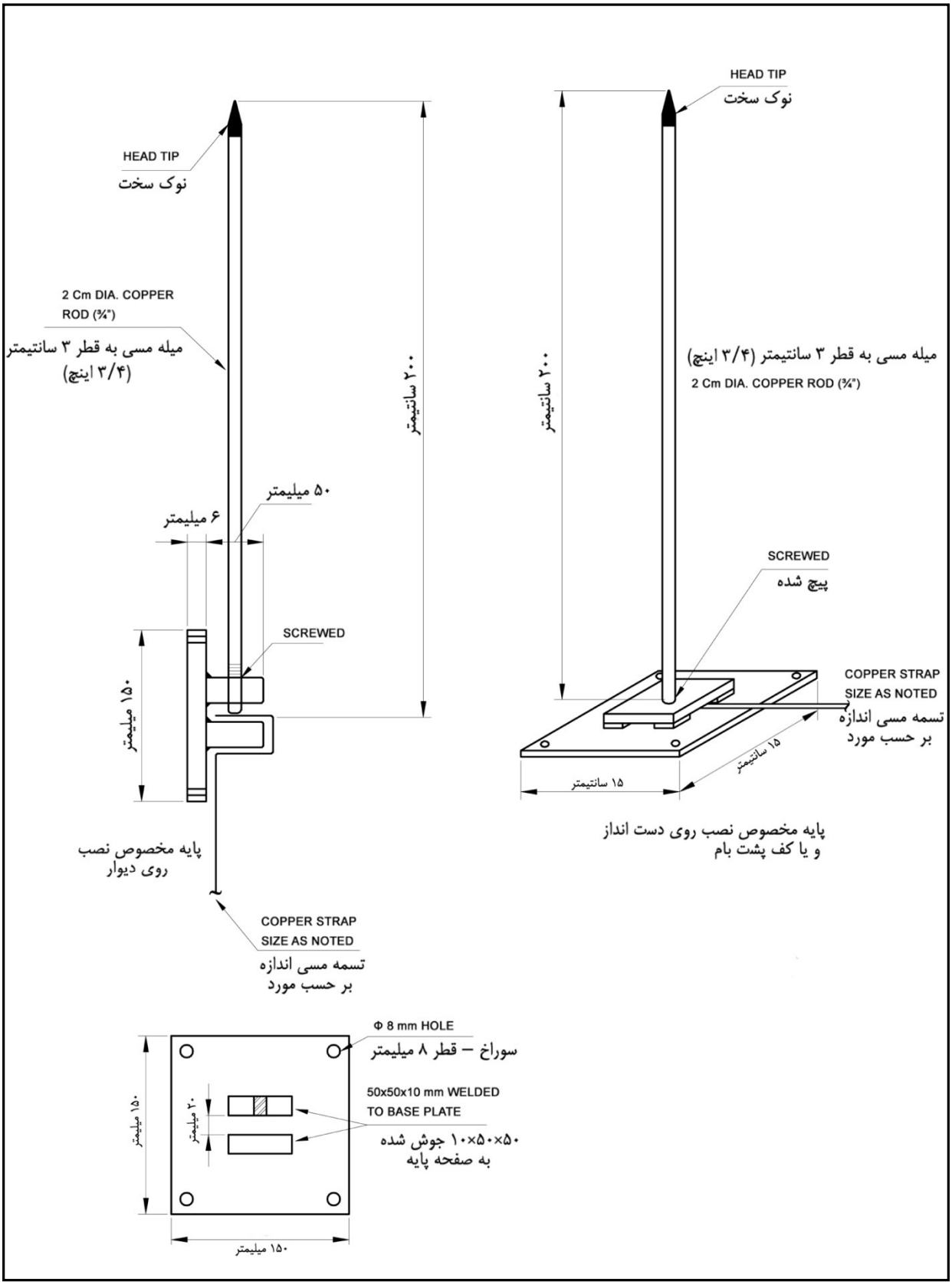
۹- پایه مخصوص نصب روی دست‌انداز و یا کف پشت‌بام

۱۰- پایه مخصوص نصب روی دودکش

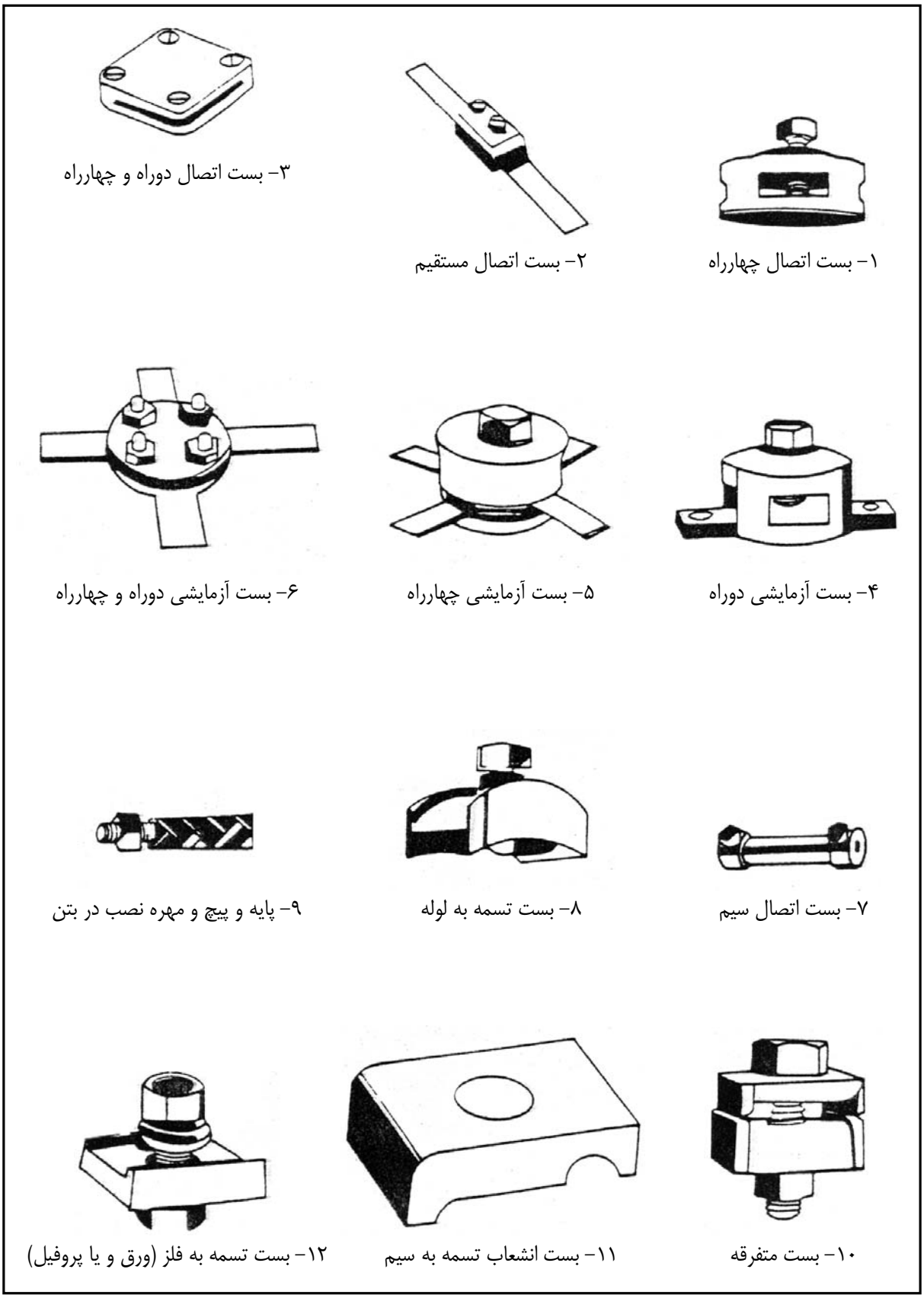
۱۱- پایه مخصوص اتصال میله برقگیر به تسمه

۱۲- پایه مخصوص نصب در داخل ستون و یا دست‌انداز

شکل ۱۴-۹: پایه‌های مختلف برای نصب میله برقگیر


HEAD TIP
نوک سخت
2 Cm DIA. COPPER ROD (¾")
میله مسی به قطر ۳ سانتیمتر (۳/۴ اینچ)
۲۰۰ سانتیمتر
۵۰ میلیمتر
۶ میلیمتر
SCREWED
۱۵۰ میلیمتر
پایه مخصوص نصب روی دیوار
COPPER STRAP SIZE AS NOTED
تسمه مسی اندازه بر حسب مورد
HEAD TIP
نوک سخت
۲۰۰ سانتیمتر
میله مسی به قطر ۳ سانتیمتر (۳/۴ اینچ)
2 Cm DIA. COPPER ROD (¾")
SCREWED
پیچ شده
COPPER STRAP SIZE AS NOTED
تسمه مسی اندازه بر حسب مورد
۱۵ سانتیمتر
۱۵ سانتیمتر
پایه مخصوص نصب روی دست انداز و یا کف پشت بام
Φ 8 mm HOLE
سوراخ – قطر ۸ میلیمتر
50x50x10 mm WELDED TO BASE PLATE
۱۰×۵۰×۵۰ جوش شده به صفحه پایه
۱۵۰ میلیمتر
۲۰ میلیمتر
۱۵۰ میلیمتر

شکل ۱۴-۱۰



شکل ۱۴-۱۱: اتصالات و وسایل مختلف تسمه‌کشی

۱- بست تسمه مخصوص نصب روی ورق موجدار

۲- بست تسمه مخصوص نصب روی نرده

۳- تسمه مسی ۳×۲۰ میلی‌متر و یا ۳×۲۵ میلی‌متر

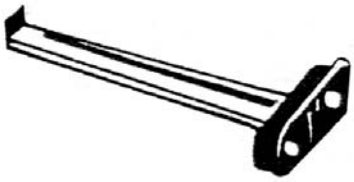
۴- بست تسمه مخصوص نصب روی دیوار و یا دست‌انداز پشت‌بام

۵- بست تسمه مخصوص نصب روی خرپا

۶- بست تسمه مخصوص نصب روی دیوار

۷- بست تسمه مخصوص نصب در داخل دیوار

۸- بست تسمه مخصوص نصب در داخل دیوار

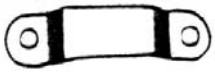


۹- بست تسمه مخصوص نصب در داخل دیوار

۱۰- میخ سرکج مسی

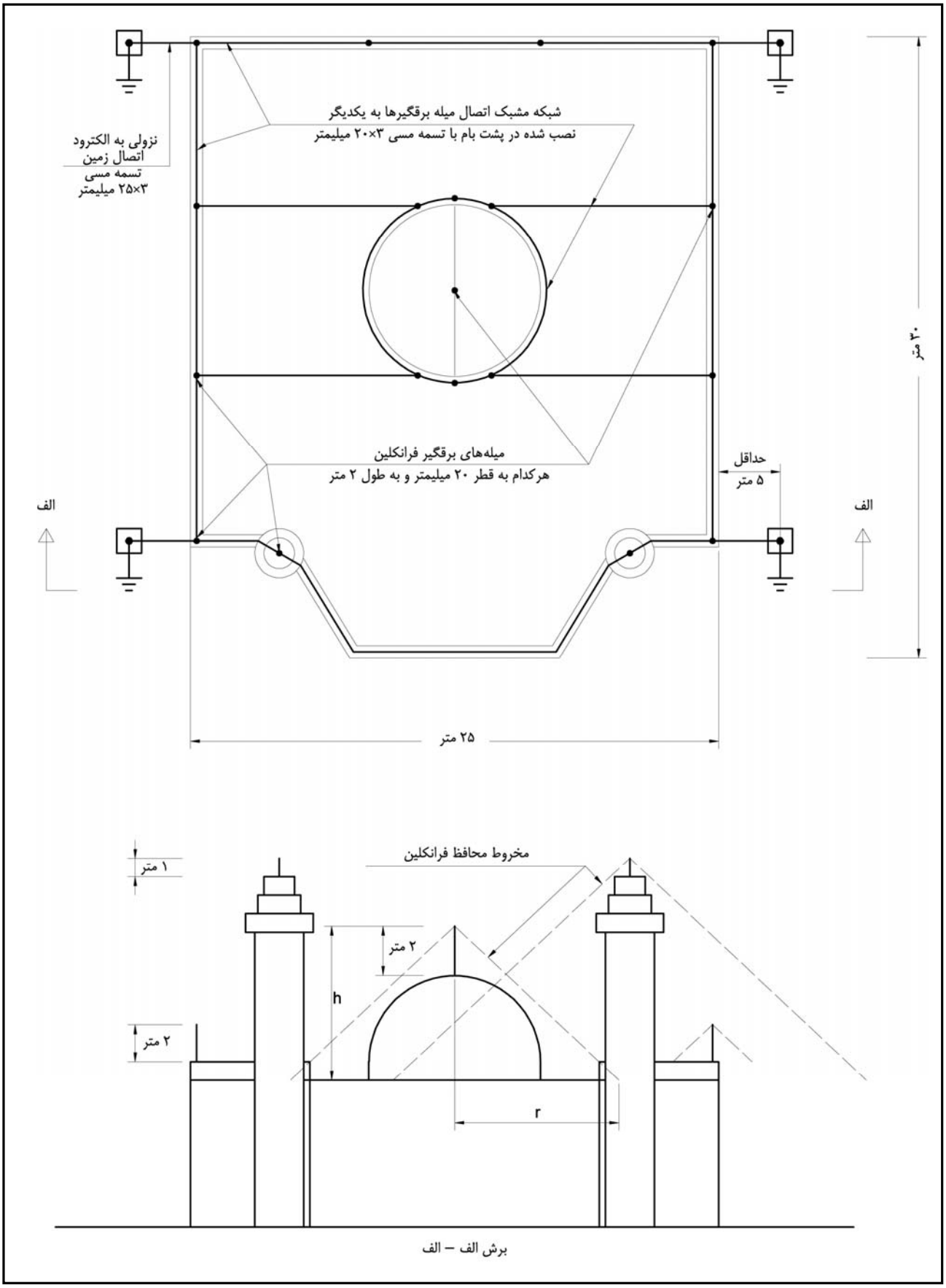
۱۰-میخ مسی

۱۱- بست یکپارچه ساده

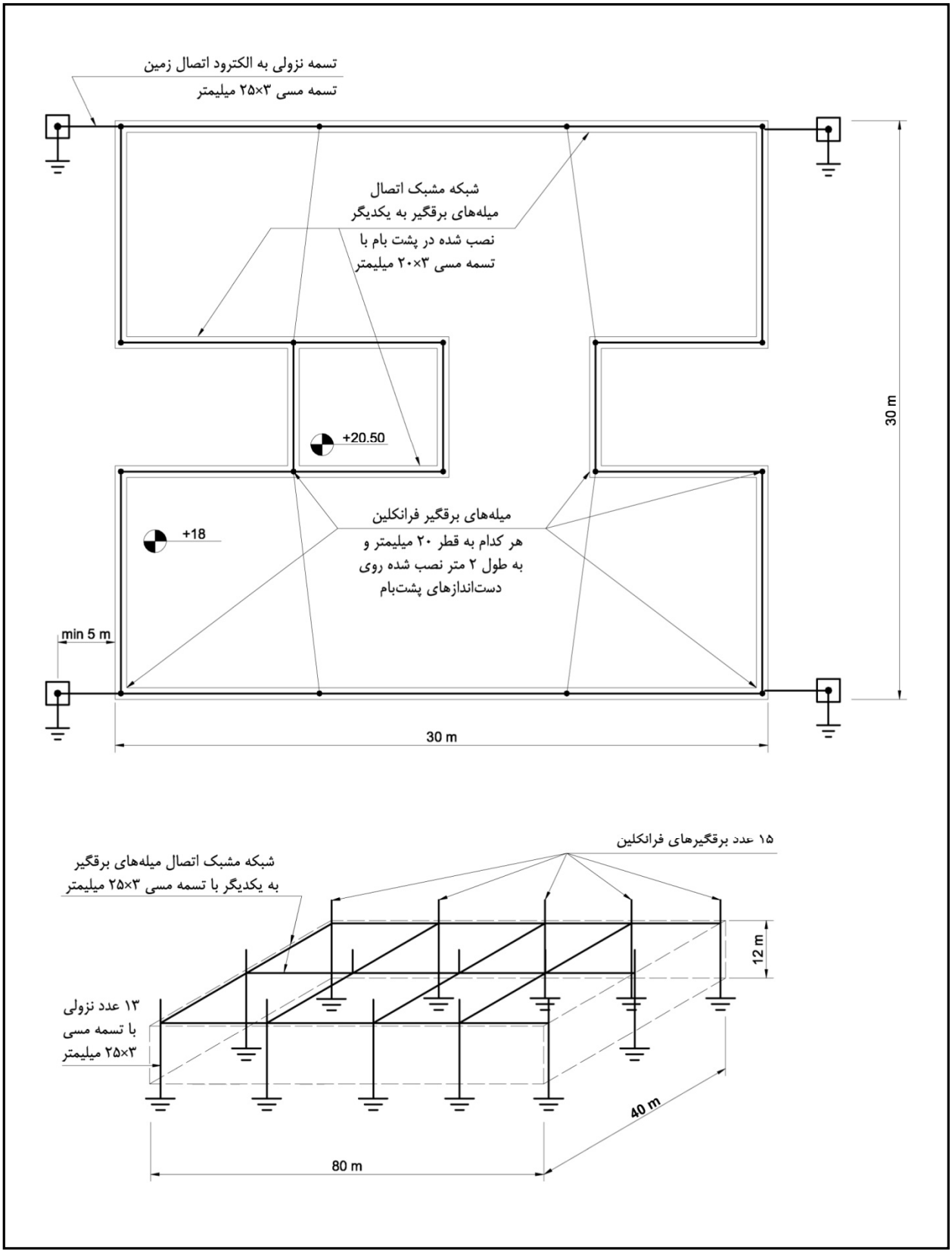


۱۲- بست یکپارچه ساده

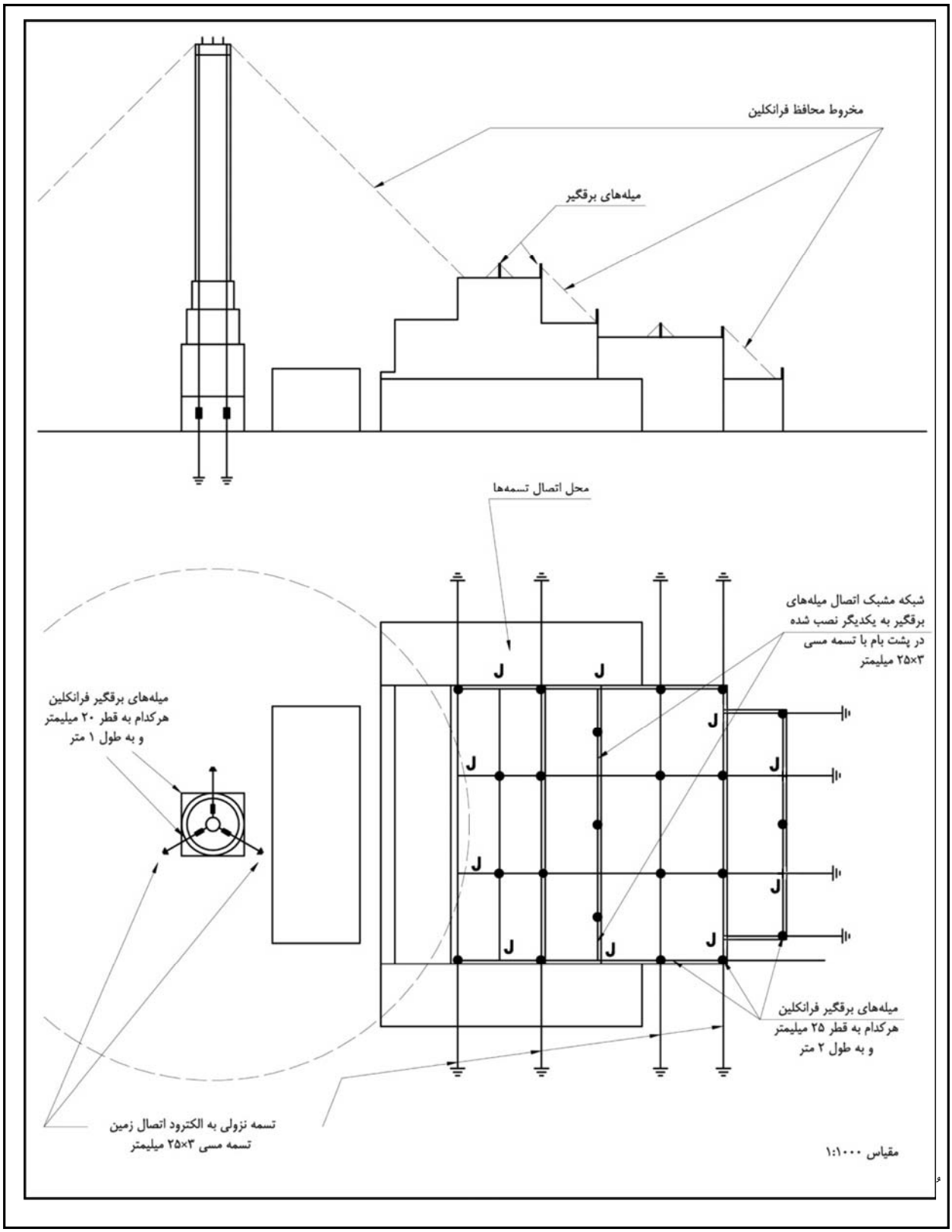
شکل ۱۴-۱۲: اتصالات و وسایل مختلف تسمه‌کشی



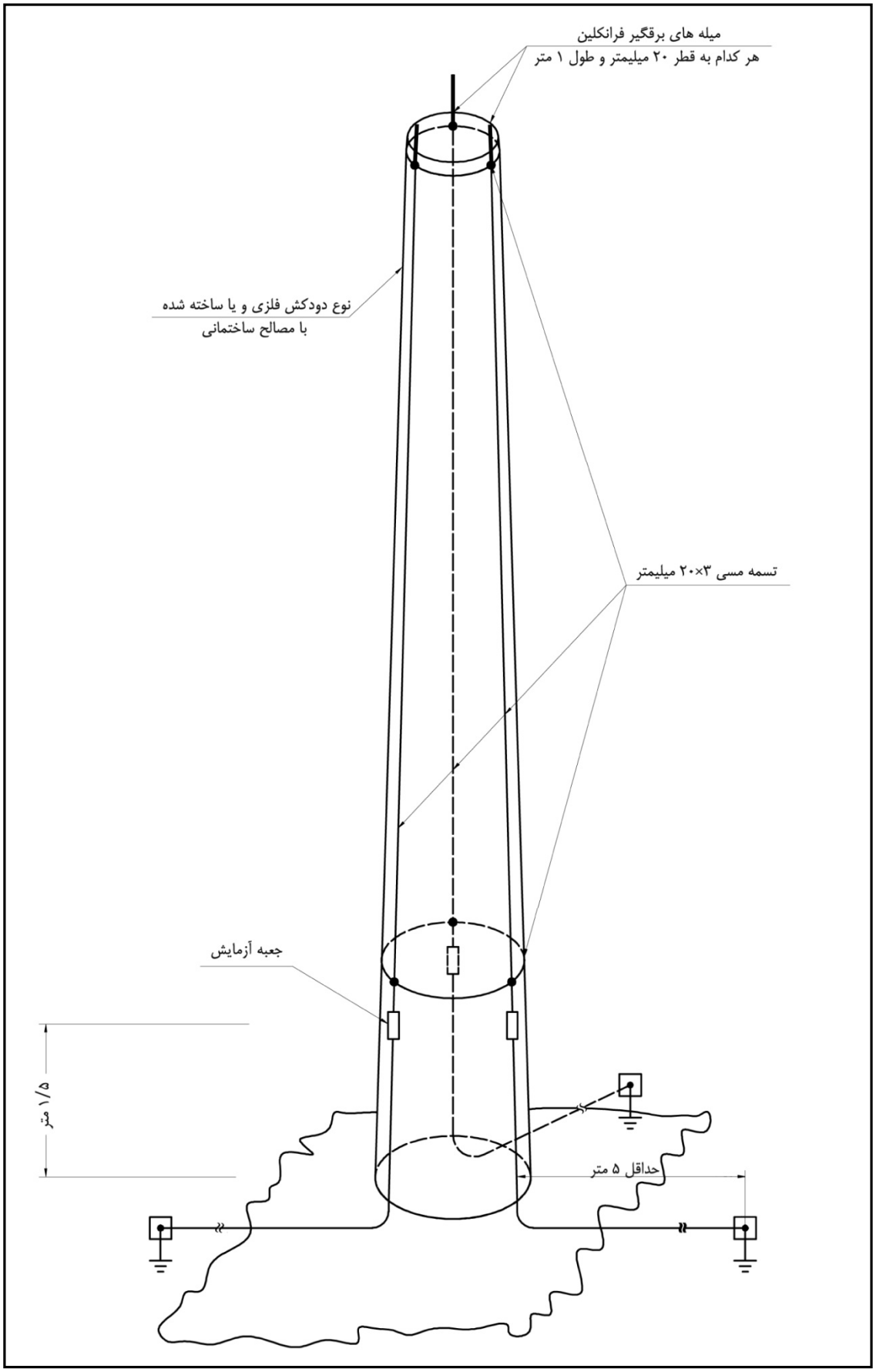
شکل ۱۴-۱۳: نمونه و روش نصب سیستم برقگیر قفس فاراده برای ساختمان مسجد



شکل ۱۴-۱۴: نمونه و روش کلی نصب سیستم برقگیر قفس فاراده



شکل ۱۴-۱۵: نمونه و روش نصب سیستم برقگیر قفس فاراده در یک کارخانه



شکل ۱۴-۱۶: نمونه و روش نصب سیستم برقگیر قفس فاراده روی دودکش کارخانه

ساختمان یا بخشی از آن باشد عبور نماید. این‌گونه مجاری باید عایق، غیرقابل اشتعال و دارای سطح مقطعی حداقل برابر با ۲۰۰۰ میلی‌متر مربع یا بیشتر بوده و در اجرای آن شرایط مربوط به هادی‌های نزولی رعایت شود. مجری سیستم تاسیسات برقی، هنگام استفاده از مجاری داخلی باید نسبت به کاهش کارایی سیستم حفاظتی مربوط و مشکلات بازرسی و نگهداری آن و همچنین مخاطرات ناشی از ورود موج ولتاژ بالا به درون سازه آگاه باشد.

۱۴-۵-۲-۶ در مواردی که سطح خارجی ساختمان یا سازه به وسیله دیوار پرده‌ای (curtain- wall) فلزی، سنگی، یا شیشه‌ای پوشیده شده باشد، هادی نزولی ممکن است در پشت پوشش نامبرده به دیوار بتنی یا سازه باربر نصب شود. در این‌گونه موارد اجزاء پوششی هادی و سازه نگهدار باید از بالا و پایین به هادی نزولی پیوند (bond) یابد.

۱۴-۵-۲-۷ هر برقگیر الکترونیکی باید به وسیله حداقل یک هادی نزولی به سیستم پایانه زمینی متصل شود. در موارد زیر دو هادی نزولی یا بیشتر مورد نیاز خواهد بود:

الف) تصویر هادی نزولی افقی بزرگتر از تصویر هادی نزولی عمودی باشد.(شکل ۱۴-۱۷).

ب) در صورتی که سیستم تاسیسات حفاظت خارجی ساختمان در برابر آذرخش بر روی سازه‌های بلندتر از ۲۸ متر نصب شود.

درمواردی که بیش از یک هادی نزولی مورد استفاده قرار گیرد هادی‌ها باید با فواصل مساوی از یکدیگر استقرار یابد.

۱۴-۵-۲-۸ حداقل سطح مقطع هادی‌های نزولی، در صورتی که از سیم مسی با مقطع گرد باشد ۵۰ میلی‌متر مربع، در صورتی که از تسمه مسی باشد (۲×۳۰) میلی‌متر و چنانچه از سیم مسی بافته انتخاب شود (۲/۵ × ۳۰) میلی‌متر خواهد بود.

۱۴-۵-۲-۹ تسمه‌های مورد مصرف برای هادی‌های نزولی باید از نوع حلقه‌ای بوده و از مصرف تسمه‌های شاخه‌ای، که اتصالات اضافی به وجود می‌آورد، خودداری شود.

۱۴-۵-۲-۱۰ کلیه تسمه‌ها یا سیم‌ها باید با بست‌های مناسب و به صورت سه عدد در هر متر به کف بام یا دیوار ساختمان و مانند آن با در نظر گرفتن میزان انبساط حرارتی کاملاً محکم شود. انواع بست‌ها در شکل ۱۴-۱۱ نشان داده شده است.

۱۴-۵-۲-۱۱ هادی‌های نزولی باید با توجه به محل پایانه زمینی در کوتاه‌ترین و مستقیم‌ترین مسیر ممکن و بدون خم‌های تند یا برگشت به بالا نصب شود. شعاع خم‌ها نباید از ۲۰ سانتی‌متر کمتر باشد.(شکل ۱۴-۱۸)

۱۴-۵-۲-۱۲ هادی‌های نزولی نباید به موازات لوله‌های برق یا به صورت متقاطع با آن نصب شود، لیکن در مواردی که عبور لوله‌های برق از روی هادی‌های نزولی غیرقابل اجتناب باشد، لوله برق باید در داخل یک حفاظ فلزی به طول یک متر از نقطه تقاطع به هر طرف قرار داده شده و حفاظ مزبور به هادی نزولی متصل شود.

۱۴-۵-۲-۱۳ هادی‌های نزولی باید در برابر ضربه و آسیب به وسیله حفاظ مناسب به ارتفاع دو متر از سطح زمین محافظت شود.

۱۴-۵-۲-۱۴ به منظور قطع سیستم پایانه زمینی و اندازه‌گیری میزان مقاومت اتصال زمین، هر هادی نزولی باید به یک جعبه اتصال آزمون همراه با تیغه و سایر تجهیزات مربوط مجهز شود (به بندهای ۱۵-۲-۵ و ۱۵-۴-۲ فصل ۱۵ و شکل

۱۵-۷ رجوع شود). این گونه جعبه‌ها باید در ارتفاع حداقل ۱/۵ متر از سطح زمین نصب و عبارت «هادی برقگیر» همراه با نشانه ⏚ بر روی آن به صورت دایمی نوشته شود.

۱۴-۵-۲-۱۵ در مواردی که از آذرخش شمار استفاده می‌شود، دستگاه نامبرده باید بر روی مستقیم‌ترین هادی نزولی و در ارتفاع حدود دو متری از سطح زمین و در بالای جعبه اتصال آزمون نصب شود.

۱۴-۵-۲-۱۶ به منظور جلوگیری از ایجاد جرقه‌های خطرناک بین هادی‌های حامل جریان آذرخش و قسمت‌های فلزی نزدیک آن (در مواردی که فاصله ایمن موجود نباشد) کلیه بخش‌های مزبور باید به سیستم هادی‌های نزولی همبندی همپتانسیل شود. بنابراین تمامی قسمت‌های فلزی موجود در پشت‌بام از قبیل سقف شیروانی یا سایبان فلزی، درب و پنجره فلزی و مانند آن که فواصل آن از هادی‌های نزولی (d) کمتر از فاصلهٔ ایمنی (s) باشد، باید به سیستم هادی‌های نزولی همبندی شود. (برای چگونگی محاسبه فاصلهٔ ایمن به بند ۲-۱-۳ از استاندارد NFC 17-102 رجوع شود).

۱۴-۵-۲-۱۷ اسکلت فلزی ساختمان‌های اسکلت فلزی و یا آرماتورهای ساختمان‌های بتن‌آرمه در چندین نقطه در پشت‌بام و بالای پی ساختمان باید به هادی‌های نزولی اتصال داده شود. برای این منظور باید در هنگام ساختن اسکلت فلزی و یا بستن آرماتورها پیش‌بینی لازم به عمل آید تا در زمان نصب سیستم برقگیر هیچ‌گونه اشکالی به وجود نیاید.

۱۴-۵-۲-۱۸ در مواردی که سیستم تاسیسات حفاظت داخلی ساختمان در برابر آذرخش مورد نیاز است، باید بخش‌های فلزی داخلی ساختمان به وسیلهٔ هادی‌های مسی همپتانسیل با حداقل سطح مقطع ۱۶ میلی‌متر مربع به یک شمش یا میله مسی همپتانسیل با حداقل سطح مقطع ۷۵ میلی‌متر مربع همبندی و سپس شمش مزبور به نزدیک‌ترین نقطه مدار اتصال زمین متصل شود. برای ساختمان‌های بزرگ ممکن است از چندین شمش همبندی همپتانسیل متصل به هم استفاده گردد.

در مواردی که سیستم‌های تاسیسات برقی یا مخابراتی با استفاده از هادی‌های حفاظدار، یا در لوله‌های فلزی اجرا می‌شود، اتصال حفاظ هادی‌ها یا لوله‌های فلزی به سیستم اتصال زمین معمولاً حفاظت لازم را تامین می‌کند، در این‌گونه موارد در صورت عدم تامین حفاظت لازم، هادی‌های فعال باید از طریق برقگیرهای حفاظتی (surge protective devices) به سیستم حفاظت در برابر آذرخش همبندی شود.

۱۴-۵-۲-۱۹ اتصال پایانه‌های زمینی سیستم‌های حفاظت در برابر آذرخش به شبکه اتصال زمین سایر تاسیسات برقی ساختمان در آیین‌نامه‌ها و استانداردها مشروط بر رعایت موارد زیر توصیه شده است:

الف) سیستم اتصال زمین عمومی باید متشکل از یک شبکه گسترده‌ای (grounding pad/grid) باشد که حداکثرمقاومت الکتریکی کل آن برابر با کمترین مقدار تعیین شده برای هر یک از سیستم‌های مورد نظر باشد.

ب) طراحی و اجرای سیستم حفاظت در برابر آذرخش باید با ضوابط و مقررات مندرج در یکی از استانداردهای نامبرده در بند ۱۴-۳-۱ دقیقاً مطابقت کند.

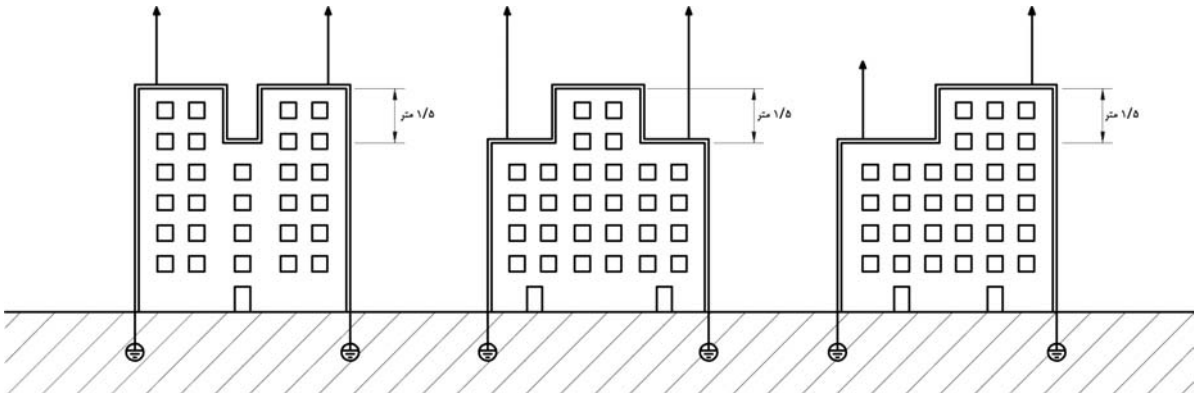
پ) سیستم اتصال زمین عمومی همچنین باید با ضوابط و استانداردهای سایر تاسیسات مربوط نیز مطابقت نماید.

ت) لوازم فلزی به کار رفته در سیستم‌های مختلف باید از یک جنس باشد.

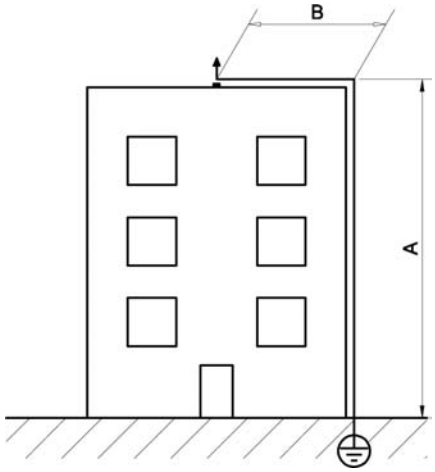
ث) در مواردی که اتصال بین سیستم‌ها در داخل ساختمان صورت می‌گیرد، مسیر هادی اتصال‌دهنده باید به گونه‌ای تعیین شود که موجب القاء جریان برق در کابل‌ها و تاسیسات مجاور آن نشود.

ج) اتصال سیستم‌های پایانه زمینی حفاظت در برابر آذرخش به مدار زمین پی ساختمان باید درست در برابر هر هادی نزولی با استفاده از یک وسیله قابل قطع و یک محفظه بازرسی که با علامت مخصوص اتصال زمین ⏚ نشانه‌گذاری شده باشد، انجام شود.

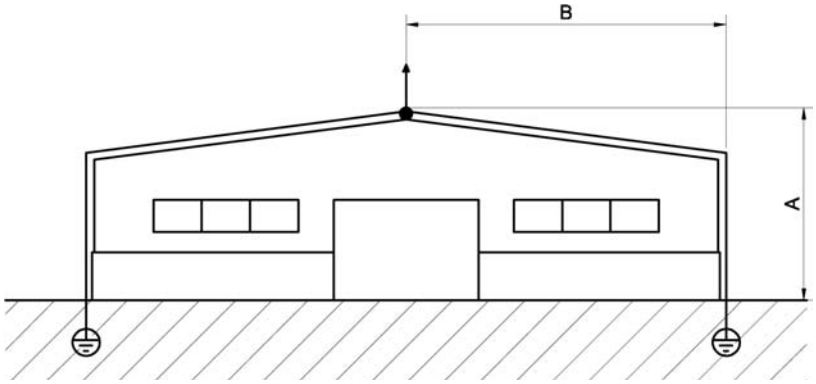
چ) در مواردی که حجم مورد حفاظت شامل چند سازه جداگانه باشد، سیستم پایانه زمینی برقگیر (ESE) باید به سیستم زمین هم‌پتانسیل مجموعه سازه‌ها، که به صورت شبکه به هم پیوسته مدفون خواهد بود، متصل شود.



(الف) اتصال پایانه‌های هوایی الکترونیک به یکدیگر با اختلاف سطح حداکثر ۱/۵ متر



(ب) A>۲۸ متر و B<A: یک هادی نزولی

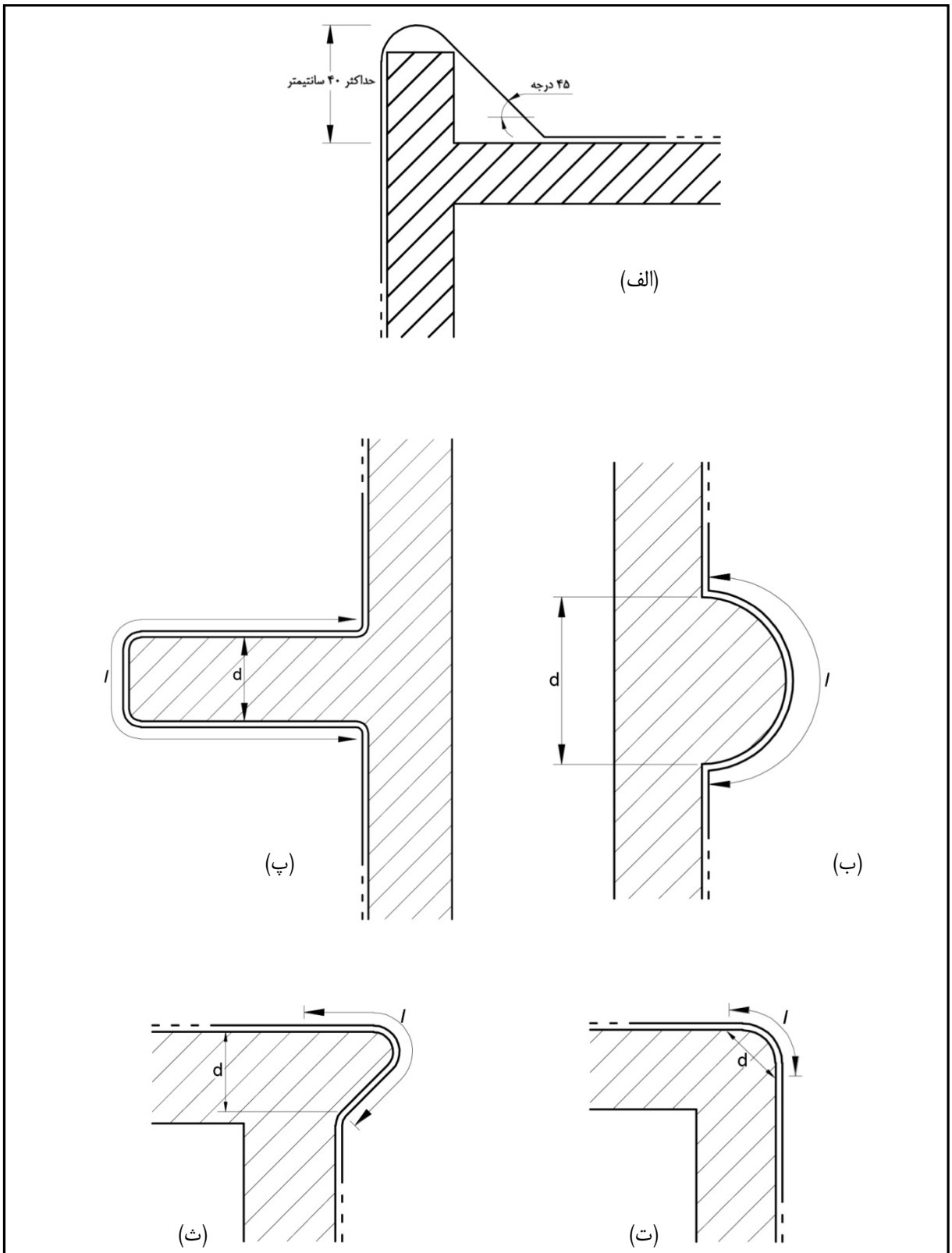


(پ) A>۲۸ متر یا B>A: دو هادی نزولی

A: تصویر هادی نزولی عمودی

B: تصویر هادی نزولی افقی

شکل ۱۴-۱۷: اتصال پایانه‌های هوایی الکترونیک به یکدیگر و تعداد هادی‌های نزولی.



l: دازای خمیدگی (متر)

d: پهنایی خمیدگی (متر)

در صورتی که شزط d>//20 رعایت شود خطر شکست دی‌الکتریک منتفی است

شکل ۱۴-۱۸: اشکال مختلف خمیدگی‌ها در هادی‌های نزولی.

فصل ۱۵

سیستم اتصال زمین

مشخصات فنی عمومی و اجرایی

تأسیسات برقی ساختمان

نشریه ۱-۱۱۰ (تجدید نظر دوم)

۱۵ سیستم اتصال زمین

فهرست

شناسه	عنوان	صفحه
۱-۱۵	دامنه پوشش	۱ از ۲۹
۲-۱۵	کلیات و تعاریف	۱ از ۲۹
۳-۱۵	استانداردها و مشخصات فنی سیستم اتصال زمین	۵ از ۲۹
٤-۱۵	محاسبه تعداد چاه اتصال زمین لازم	۹ از ۲۹
۵-۱۵	همبندی برای هم‌ولتاژکردن	۱۰ از ۲۹
۶-۱۵	اصول و روش‌های نصب سیستم اتصال زمین	۱۱ از ۲۹
۷-۱۵	شکل‌ها، فرمول‌ها و نشانه‌های ترسیمی	۱۳ از ۲۹

۱۵-۱ دامنه پوشش

در این بخش مشخصات فنی عمومی و معیارهای پایه برای طراحی و اجرای سیستم اتصال زمین ساختمان مشتمل بر موارد زیر ارایه شده است:

- کلیات و تعریف
- استانداردها و مشخصات فنی سیستم اتصال زمین
- همبندی برای هم‌ولتاژکردن
- روش‌های محاسبه تعداد چاه‌های اتصال زمین
- اصول و روش‌های نصب سیستم اتصال زمین

۱۵-۲ کلیات و تعاریف

۱۵-۲-۱ تعاریف

۱۵-۲-۱-۱ الکترود زمین(earth electrode)

یک یا چند قطعه هادی است که به منظور برقراری ارتباط الکتریکی با جرم کلی زمین در خاک مدفون شود. الکترودهای زمین مستقل از نظر الکتریکی، الکترودهایی است که فواصل آن از یکدیگر به قدری است که در صورت عبور حداکثر جریان ممکن است از یکی، ولتاژ الکترودهای دیگر به مقدار قابل ملاحظه تحت تاثیر قرار نگیرد.

۱۵-۲-۱-۲ جرم کلی زمین

مفهومی است که ویژگی‌های آن با عبارات زیر قابل توجیه است.

- جرم کلی زمین را می‌توان مشابه شینه‌ای با سطح مقطع بزرگ فرض کرد، که مقاومت بین هر دو نقطه آن عملا نزدیک به صفر است؛
- اتصال به جرم کلی زمین تنها از راه نوعی الکترود زمین امکان‌پذیر است؛
- اتصال الکترود زمین به جرم کلی زمین همواره با مقاومتی همراه است که همان مقاومت اتصال زمین یا مقاومت الکترود زمین است.

۱۵-۲-۱-۳ مقاومت اتصال زمین یا مقاومت زمین

مقاومت الکتریکی بین سر آزاد الکترود زمین مستقل از نظر الکتریکی و جرم کلی زمین است.

۱۵-۲-۱-۴ تاسیسات الکتریکی

هر نوع ترکیبی از وسایل و مصالح به هم‌پیوسته الکتریکی در یک محل یا فضای معین.

۱۵-۲-۱-۵ تجهیزات الکتریکی

مصالح و تجهیزاتی است که برای تولید، تبدیل یا مصرف انرژی الکتریکی به کار رود، مانند مولدها، موتورهای برق، ترانسفورماتورها، دستگاه‌های برقی، دستگاه‌های اندازه‌گیری، وسایل حفاظتی و امثال آن.

۱۵-۲-۱-۶ بدنه هادی (exposed- conductive part)

بدنه یا اسکلت هادی در دسترس مربوط به تجهیزات الکتریکی که در وضعیت عادی برقدار نمی‌باشد ولی ممکن است در اثر بروز نقص در دستگاه یا ایجاد اتصالی داخلی در آن، برقدار شود.

۱۵-۲-۱-۷ هادی بیگانه (extraneous- conductive part)

قسمتی است هادی که جزیی از تاسیسات الکتریکی نباشد (مانند اسکلت و قسمت‌های فلزی ساختمان‌ها، لوله‌کشی آب و گاز و وسایل متصل به آن، بدنه‌های هادی سیستم‌های غیربرقی و غیره) و می‌تواند ولتاژی را که معمولا ولتاژ زمین است دارا باشد.

۱۵-۲-۱-۸ برقدار

هر سیم یا هادی دیگری است که در شرایط عادی تحت ولتاژ الکتریکی باشد.

۱۵-۲-۱-۹ هادی خنثی (نول)

هادیی است که به نقطه خنثی وصل باشد و به منظور انتقال انرژی الکتریکی از آن استفاده شود.

یادآوری:

در پاره‌ای موارد و در شرایطی معین، یک هادی واحد می‌تواند وظایف هادی خنثی و هادی حفاظتی را تواما انجام دهد.

۱۵-۲-۱-۱۰ ترمینال اصلی اتصال زمین (main earthing busbar)

ترمینال یا شینه‌ای که بخشی از سیستم اتصال زمین تاسیسات برای اتصال الکتریکی تعدادی از هادی‌های اتصال زمین باشد.

۱۵-۲-۱-۱۱ هادی اتصال زمین (earthing conductor)

هادیی که مسیر هادی یا بخشی از آن را بین یک نقطه از سیستم یا تاسیسات یا تجهیزات و الکترود زمین تشکیل می‌دهد.

۱۵-۲-۱-۱۲ هادی حفاظتی (protective conductor)

هادیی است که در اقدامات حفاظتی در برابر برق‌گرفتگی، هنگام بروز اتصالی، از آن استفاده می‌شود و بدنه‌های هادی را به قسمت‌های زیر وصل می‌کند:

- بدنه‌های هادی دیگر؛
- قسمت‌های هادی بیگانه؛
- الکترود زمین، هادی زمین‌شده یا قسمت برقدار زمین‌شده.

۱۵-۲-۱-۱۳ هادی همبندی (برای هم‌ولتاژ کردن) (bonding conductor)

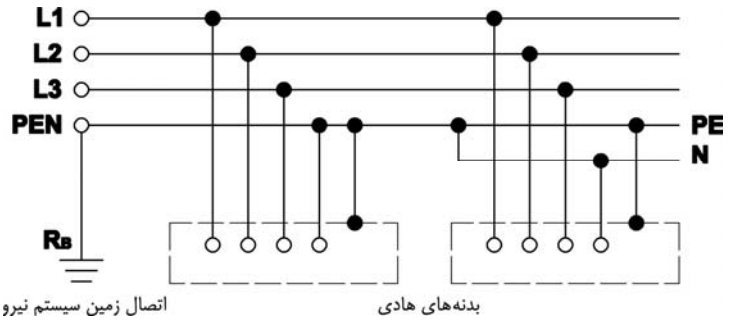
هادی حفاظتی است که همبندی برای هم‌ولتاژ کردن را تضمین می‌کند.

۱۵-۲-۱-۱۴ همبندی برای هم‌ولتاژ کردن (equipotential bonding)

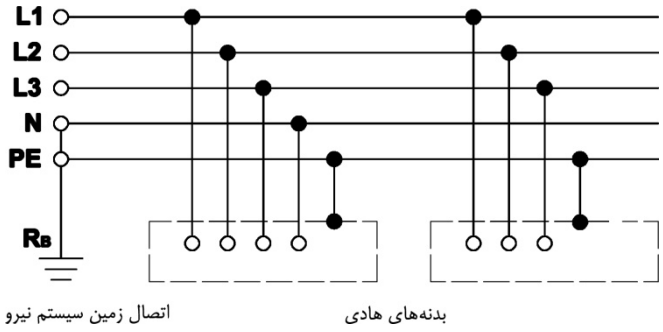
اتصال الکتریکی است که پتانسیل بدنه‌های هادی و قسمت‌های هادی بیگانه مختلف را اساسا به یک سطح می‌آورد.

۱۵-۲-۲ کلیات

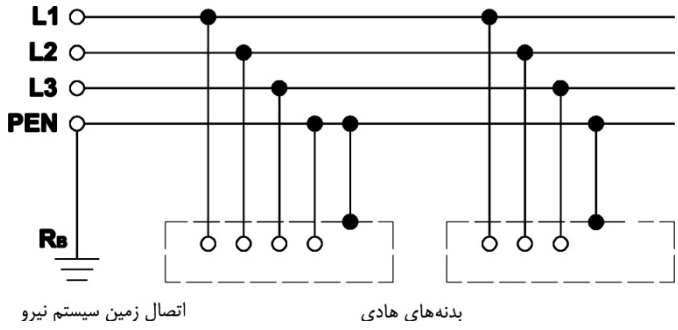
۱۵-۲-۲-۱ سیستم توزیع نیرو و اتصال زمین مورد استفاده عموما سیستم TN از نوع TN-C-S و یا در صورت لزوم TN-S خواهد بود. (شکل‌های ۱۵-۱، ۱۵-۲ و ۱۵-۳). سیستم‌های IT و TT در موارد ویژه مورد استفاده قرار می‌گیرد (به مبحث سیزدهم از مقررات ملی ساختمانی ایران- پیوست یک نگاه کنید)



شکل ۱۵-۱ سیستم TN-C-S با هادی مشترک حفاظتی – خنثی در بخشی از سیستم.



شکل ۱۵-۲ سیستم TN-S با هادی‌های مجزای حفاظتی و خنثی در سرتاسر سیستم.



شکل ۱۵-۳ سیستم TN-C با هادی‌های مشترک حفاظتی - خنثی در سرتاسر سیستم.

۱۵-۲-۲-۲ به منظور ایجاد ایمنی و حفاظت لازم در برابر برق‌گرفتگی برای افراد و کارکنانی که از وسایل، ابزارها و دستگاه‌های برقی استفاده می‌کنند و همچنین کار صحیح سیستم تاسیسات برقی، اقدامات زیر باید انجام شود:

الف) نقطه نول سیم‌پیچ مولدهای برق در نیروگاه‌های برق و همچنین نقطه نول سیم‌پیچ ترانسفورماتور در پست‌های برق و سیم نول شبکه خطوط هوایی در ابتدا و انتهای خطوط به طول تا ۲۰۰ متر و در خطوطی به طول بیش از ۲۰۰ متر علاوه بر ابتدا و انتهای خط در هر فاصله ۲۰۰ متری، نول خطوط مذکور باید به الکترود سیستم اتصال زمین مربوط متصل شود. این سیستم به طور کلی اتصال زمین سیستم (system grouning) نامیده می‌شود.

ب) بدنه یا محفظه فلزی کلیه وسایل، ابزارها، دستگاه‌ها، ماشین‌آلات و تابلوهای برقی و همچنین اسکلت و اجزای فلزی داخلی هر یک، که حامل جریان برق نمی‌باشد، باید به سیستم اتصال زمین ساختمان مربوط متصل شود. این سیستم به طور کلی اتصال زمین وسایل (حفاظتی) (equipment grounding) نامیده می‌شود.

۱۵-۲-۲-۳ در نیروگاه‌ها و پست‌های برق سیستم اتصال زمین سیستم و سیستم اتصال زمین وسایل و همچنین سیستم اتصال زمین بدنه تابلوهای فشار قوی باید کلا از یکدیگر جدا بوده و استفاده از یک سیستم اتصال زمین با الکترود مشترک مجاز نمی‌باشد.
(برای شرایط و موارد استفاده از یک یا دو الکترود زمین برای حفاظت سیستم و ایمنی در یک پست ترانسفورماتور به بند پ ۱-۹-۷ از مبحث ۱۳ مقررات ملی ساختمانی ایران رجوع شود).

۱۵-۲-۲-۴ در نیروگاه‌ها و پست‌های برق سیستم اتصال زمین سیستم و سیستم اتصال زمین وسایل و همچنین سیستم اتصال زمین بدنه تابلوهای فشار متوسط، در صورتی که حائز شرایط استفاده از یک الکترود اتصال زمین نباشد باید دارای هادی‌ها و الکترود جداگانه باشد. در این‌گونه موارد الکترودهای زمین باید به گونه‌ای استقرار یابد که در حوزه اثر ولتاژ یکدیگر واقع نشود. (برای شرایط و موارد استفاده از یک یا دو الکترود زمین برای حفاظت سیستم و ایمنی در یک پست ترانسفورماتور به بند پ ۱-۹-۷ از مبحث ۱۳ مقررات ملی ساختمانی ایران رجوع شود).

۱۵-۲-۲-۵ در ساختمان‌هایی که مجهز به سیستم حفاظت در برابر آذرخش (قفس فاراده یا الکترونیک) می‌باشد و ساختمان فاقد یک شبکه اتصال زمین عمومی باشد (بند ۱۴-۵-۲-۱۹، فصل ۱۴، دیده شود)، سیستم اتصال زمین حفاظت در برابر آذرخش باید از سیستم‌های اتصال زمین تاسیسات برقی فشار ضعیف یا فشار متوسط ساختمان کلا جدا باشد. در این‌گونه موارد چنانچه امکان انتقال ولتاژ فشار قوی (به ویژه ناشی از آذرخش) به تجهیزات فشار ضعیف وجود داشته باشد فاصله الکترودها از یکدیگر، در نزدیک‌ترین فاصله نباید از ۲۰ متر کمتر باشد و درمورد الکترودهای قائم این فاصله نباید از ۲۰ متر یا دو برابر عمق الکترودها – هر کدام که بیشتر باشد – نزدیک‌تر باشد.

۱۵-۲-۲-۶ هادی‌های اتصال بین الکترودها و یا شبکه اصلی سیستم اتصال زمین باید در صورت امکان از تسمه مسی حلقه‌ای با ابعاد لازم باشد ولی در صورت عدم امکان تهیه آن استفاده از سیم مسی لخت نیز بلامانع است.

۱۵-۲-۲-۷ در صورتی که سیم اتصال زمین (هادی حفاظتی) با سیم‌های فاز و نول کلا در یک لوله کشیده شود مانند سیم‌کشی سیستم روشنایی و یا پریزهای برق یک‌فاز و نول یا سه‌فاز و نول و مانند آن، سطح مقطع سیم اتصال زمین باید مساوی با سطح مقطع سیم‌های فاز و نول باشد.

۱۵-۲-۲-۸ در صورتی که سیم اتصال زمین با سیم‌های فاز و نول کلا در یک پوشش قرار گرفته باشد مانند کابل‌های معمولی و یا سیم‌های چند رشته قابل انعطاف ارتباطی مانند سیم اتوی برقی، کتری برقی، سماور برقی، توستر برقی، یخچال، ماشین لباسشویی و مانند آن، سطح مقطع سیم اتصال زمین باید مساوی با سطح مقطع سیم‌های فاز و نول باشد.

۱۵-۲-۲-۹ در کابل‌هایی که سطح مقطع سیم نول نصف سطح مقطع هر سیم فاز می‌باشد، سطح مقطع سیم اتصال زمین و سیم نول باید یکسان باشد.

۱۵-۲-۲-۱۰ در صورتی که برای اتصال زمین وسایل و ماشین‌آلات برقی و همچنین تابلوهای فرعی و اصلی و غیره از سیم یا شینه جداگانه‌ای استفاده شود، سطح مقطع آن باید با سطح مقطع نول کابل اصلی دستگاه‌های مربوط یکسان باشد، مشروط بر این که سطح مقطع سیم نول از ۱۶میلی‌متر مربع کمتر نباشد.

۱۵-۲-۲-۱۱ برای کابل‌هایی با سیم نول به مقطع کمتر از ۱۶میلی‌متر مربع باید سطح مقطع سیم اتصال زمین ۱۶ میلی‌متر مربع منظور شود.

۱۵-۲-۲-۱۲ سیستم اتصال زمین شامل چاه اتصال زمین با الکترودهای مختلف و جعبه اتصال آزمون، و سیم یا تسمه رابط بین شبکه اتصال زمین و چاه اتصال زمین می‌باشد.

۱۵-۳ استانداردها و مشخصات فنی سیستم اتصال زمین

۱۵-۳-۱ استاندارد ساخت و کاربرد انواع مختلف الکترودها، هادی‌های حفاظتی و هادی‌های همبندی حفاظتی سیستم اتصال زمین باید با ضوابط و معیارهای مندرج در یکی از استانداردهای شناخته شده و معتبر بین‌المللی همچون استانداردهای زیر مطابقت نماید. این‌گونه سیستم‌ها باید بر اساس استانداردهای مزبور طراحی، ساخته و مورد آزمون قرار گیرد:

۱۵-۳-۱-۱ تاسیسات الکتریکی ساختمان‌ها – قسمت پنجم: بخش چهارم – روش‌های اتصال زمین و هادی‌های حفاظتی
ISIRI 4964-9

۱۵-۳-۱-۲ تاسیسات الکتریکی ساختمان‌ها – قسمت ۵۴-۵: انتخاب و نصب تجهیزات برقی – تدارک سیستم اتصال زمین، هادی‌های حفاظتی و هادی‌های همبندی حفاظتی
IEC 60364-5-54

۱۵-۳-۱-۳ آیین‌نامه اجرایی سیستم اتصال زمین
BS 7430

۱۵-۳-۲ سیستم اتصال زمین شبکه‌های تاسیسات توزیع نیروی برق و خطوط مخابرات باید برابر مشخصات و ضوابط مندرج در نشریه«استاندارد سیستم زمین شبکه‌های توزیع»، که به وسیله وزارت نیرو- شرکت توانیر- معاونت تحقیقات و تکنولوژی – دفتر استانداردها تهیه شده است، طراحی و اجرا شود.

۱۵-۳-۳ در طراحی و اجرای سیستم اتصال زمین تاسیسات برقی ساختمان‌ها علاوه بر ضوابط تصریح شده در این بخش سایر مقررات مندرج در مبحث سیزدهم از مقررات ملی ساختمانی ایران نیز باید رعایت شود.

۱۵-۳-۴ مشخصات انواع الکترودهای اتصال زمین

۱۵-۳-۴-۱ الکترود اتصال زمین نوع میله مسی مغز فولادی، به قطرهای ۱۶، ۲۰ و ۲۵ میلی‌متر و به طول ۱/۲۰ متر، قابل کوبیدن مستقیم در زمین به کمک کلاهک مخصوص و قابل امتداد به وسیله سرهم کردن دو، سه و چهار میله با استفاده از بوشن مخصوص. شکل ۱۵-۴ چند نوع الکترود اتصال زمین همراه با بست‌های مربوط، و شکل ۱۵-۵ جزییات نصب الکترود میله مسی مغز فولادی را نشان می‌دهد.

۱۵-۳-۴-۲ الکترود اتصال زمین نوع لوله‌ای با لوله فولادی گالوانیزه یا سیاه، با قطر داخلی حدود ده سانتی‌متر و به طول‌های ۲، ۳، ۴ و یا ۶ متر مجهز به محل اتصال تسمه یا سیم مسی ساخته شده به شکل (u) از تسمه فولادی ۵×۴۰ میلی‌متر، جوش داده شده در بالای الکترود روی بدنه لوله، با پیش‌بینی سوراخ لازم برای نصب تسمه و یا کابلشو یا پیچ و مهره حداقل شماره ۱۲. جزییات نصب سیستم اتصال زمین با الکترود لوله‌ای در شکل ۱۵-۶ نشان داده شده است .

۱۵-۳-۴-۳ الکترود اتصال زمین نوع صفحه مسی تخت از ورق مسی با ابعاد ۳×۷۰۰×۷۰۰ میلی‌متر و یا مشبک با ابعاد ۷۰۰×۷۰۰ میلی‌متر ساخته شده از تسمه مسی ۳×۲۵ میلی‌متر (شکل‌های ۱۵-۴ و ۱۵-۷).

۱۵-۳-۴-۴ الکترود اتصال زمین نوع لوله‌ای پرسی با لوله مخصوص پرس‌شده (GI pipe) به قطر ۳۸ میلی‌متر و به طول ۲/۵ متر به انضمام لوله امتداد و کلیه اتصالات مربوط (شکل ۱۵-۸).

۱۵-۳-۴-۵ الکترود اتصال زمین نوع لوله‌ای با قطرهای ۳ و۴ و یا ۵ سانتی‌متر و به طول تقریبی ۱/۵ متر، قابل کوبیدن مستقیم در زمین به کمک کلاهک مخصوص و قابل امتداد به وسیله لوله‌های مخصوص امتداد با ابعاد فوق به انضمام کلیه اتصالات و ملحقات مربوط. شکل ۱۵-۹ این نوع الکترود اتصال زمین را نشان می‌دهد.

۱۵-۳-۴-۶ میلگردهای فولادی بتن مسلح در پی‌ها و شالوده‌هایی که نسبت به زمین عایق‌بندی نشده و حداقل عمق آن از سطح زمین یک متر باشد، ممکن است به عنوان الکترود زمین مورد استفاده قرار گیرد. در این‌گونه موارد سازه‌های فولادی سوار بر این نوع پی‌ها باید از طریق اتصال بولت‌های نگهدار سازه یا با استفاده از کابل به میلگردهای بتن همبندی شود. استفاده از سازه‌های فولادی ساختمان‌ها به عنوان هادی اتصال زمین باید برنامه‌ریزی شده بوده و اتصالات مربوط با هم‌آهنگی و نظارت مجریان تاسیسات برقی پروژه صورت گیرد.

۱۵-۳-۴-۷ حداقل اندازه و نوع جنس الکترودهای زمین از نظر خوردگی و استقامت مکانیکی برای نصب در خاک برابر استاندارد IEC 60364-5-54 در جدول ۱۵-۱ ارایه شده است.

۱۵-۳-۵ مشخصات جعبه اتصال آزمون

جعبه اتصال آزمون متشکل از جعبه فلزی با درب به ابعاد ۱۶۰×۱۰۰×۷۰ میلی‌متر به انضمام صفحه فیبری با دو عدد پیچ و مهره خروسکی مسی یا برنجی و تیغه اتصال مسی خواهد بود. شکل ۱۵-۱۰ جزییات یک جعبه اتصال آزمون را نشان می‌دهد.

۱۵-۳-۶ مشخصات هادی‌های سیستم اتصال زمین

۱۵-۳-۶-۱ کلیه هادی‌های مورد مصرف در سیستم اتصال زمین و همچنین تمامی اتصالات و ملحقات مربوط به آن، باید از آلیاژ مسی، ویژه کاربرد در تاسیسات برق ساخته شده باشد.

۱۵-۳-۶-۲ هادی‌های خطوط و شبکه اصلی سیستم اتصال زمین و همچنین خطوط انشعابات اصلی ممکن است از نوع تسمه مسی حلقه‌ای و یا سیم مسی لخت باشد.

۱۵-۳-۶-۳ هادی‌های انشعابی فرعی از خطوط اصلی، که برای اتصال به دستگاه‌ها به کار می‌رود، باید از نوع سیم مسی لخت باشد.

جدول ۱۵-۱: حداقل اندازه و جنس الکترودهای زمین از نظر خوردگی و استقامت مکانیکی برای نصب در خاک

جنس	رویه	شکل	حداقل اندازه				
			قطر میلی متر	سطح مقطع میلی‌مترمربع	ضخامت میلی‌متر	ضخامت روکش یا پوشش	
						مقدارمفرد میکرون	مقدارمتوسط میکرون
فولاد	گالوانیزه داغ[۱] یا ضدزنگ[۱و۲]	تسمه‌ای[۳]		۹۰	۳	۶۳	۷۰
		قطعات		۹۰	۳	۶۳	۷۰
		میله‌گرد برای نصب عمیق	۱۶			۶۳	۷۰
		سیم مدور[۷] برای نصب در سطح	۱۰				۵۰[۵]
		لوله	۲۵		۲	۴۷	۵۵
	پوشش مسی	میله‌گرد برای نصب عمیق	۱۵			۲۰۰۰	
	با روکش مسی الکترولیتی	میله‌گرد برای نصب عمیق	۱۴			۹۰	۱۰۰
مس	لخت[۱]	تسمه‌ای		۵۰	۲		
		سیم مدور[۷] برای نصب در سطح		۲۵[۶]			
		طنابی(بافته‌شده)	۱/۸برای هر رشته سیم	۲۵			
		لوله	۲۰		۲		
	قلع‌اندود	طنابی(بافته‌شده)	۱/۸برای هر رشته سیم	۲۵		۱	۵
	با روکش روی	تسمه‌ای[۴]		۵۰	۲	۲۰	۴۰

(۱) همچنین ممکن است به عنوان الکترود در بتن نیز استفاده شود.
(۲) بدون روکش
(۳) تسمه حلقه‌ای یا شاخه‌ای با لبه‌های مدور
(۴) تسمه با لبه‌های گرد شده
(۵) در حال حاضر روکش با روش (continuous bath- coating) فقط ۵۰ میکرون امکان‌پذیراست
(۶) در موارد تجربی که ریسک آسیب بر اثر خوردگی و صدمات مکانیکی فوق‌العاده کم است می‌توان از ۱۶ میلی‌مترمربع نیز استفاده نمود
(۷) هنگامی یک الکترود زمین نصب در سطح محسوب می‌شود که عمق نصب از ۰/۵ متر متجاوز نباشد.

۱۵-۳-۶-۴ در مواردی که در سیستم اتصال زمین از سیم مسی لخت به طور جداگانه استفاده شده و با سایر هادی‌های الکتریکی در یک پوشش یا حفاظ قرار نمی‌گیرد، به منظور ازدیاد مقاومت مکانیکی، حداقل سطح مقطع آن باید ۱۶ میلی‌مترمربع باشد.

۱۵-۳-۶-۵ استفاده از سیم مسی روپوش‌دار به عنوان هادی اتصال زمین و عبور آن از لوله فلزی به صورت منفرد (در صورتی که با هادی‌های فاز و نول در یک پوشش یا در یک حفاظ قرار نگرفته باشد) مجاز نمی‌باشد.

۱۵-۳-۶-۶ حداقل سطح مقطع هادی‌های اتصال زمین از انواع مسی و آهنی برای نصب در خاک برابر استاندارد IEC 60364-5-54 به شرح جدول ۱۵-۲ خواهد بود.

جدول ۱۵-۲: حداقل سطح مقطع هادی‌های اتصال زمین برای نصب در خاک برابر استاندارد IEC 60364-5-54

شرایط حفاظت در برابر خوردگی	دارای حفاظت مکانیکی نوع هادی (سطح مقطع)	بدون حفاظت مکانیکی نوع هادی (سطح مقطع)
دارای حفاظت	مسی (۲/۵ میلی‌مترمربع) آهنی (۱۰ میلی‌مترمربع)	مسی (۱۶ میلی‌مترمربع) آهنی (۱۶ میلی‌مترمربع)
بدون حفاظت	مسی (۲۵ میلی‌مترمربع) آهنی(۵۰ میلی‌مترمربع)	

۱۵-۳-۶-۷ حداقل سطح مقطع هادی‌های حفاظتی برابر استاندارد IEC 60364-5-54 برابر جدول ۱۵-۳ می‌باشد.

جدول ۱۵-۳: حداقل سطح مقطع هادی‌های حفاظتی برابر استاندارد IEC 60364-5-54

سطح مقطع هادی خط S (میلی‌مترمربع)	حداقل سطح مقطع هادی حفاظتی (میلی‌مترمربع)	
	در صورتی که هادی حفاظتی و هادی خط از یک جنس باشد	در صورتی که هادی حفاظتی و هادی خط از یک جنس نباشد
$S \le ۱۶$	S	$\frac{k_1}{k_2} \times S$
$۱۶ < S \le ۳۵$	۱۶^*	$\frac{k_1}{k_2} \times ۱۶$
$S > ۳۵$	$\frac{S}{۲}^*$	$\frac{k_1}{k_2} \times \frac{S}{۲}$

k_1: مقدار k باید بر حسب جنس هادی و نوع عایق آن برای هادی خط(فاز) از جدول A.54.1 استاندارد IEC 60364-5-54 انتخاب شود.

k_2: مقدار k برای هادی حفاظتی باید بر حسب مورد از جدول‌های A.54.2 تا A.54.6 استاندارد IEC 60364-5-54 انتخاب شود.

* برای هادی مشترک حفاظتی – خنثی (PEN)، کاهش سطح مقطع فقط بر طبق مقررات مربوط به تعیین هادی خنثی در استاندارد IEC 60364-5-54 مجاز است.

۱۵-۳-۶-۸ حداکثر مقاومت مجاز اتصال زمین سیستم‌های مختلف باید به شرح زیر باشد:

الف) سیستم حفاظت در برابر آذرخش: پنج اهم

ب) نقطه نول مولد برق، ترانسفورماتور قدرت و سیم نول شبکه فشار ضعیف: در سیستم TN کل مقاومت الکتریکی مجاز نسبت به جرم کلی زمین نباید از دو (۲) اهم متجاوز باشد، که ممکن است علاوه بر اتصال زمین پست یا نیروگاه، با احداث اتصال زمین‌های مکرر در طول خطوط توزیع یا تقسیم یک سیستم، و وصل هادی نول خطوط یاد شده به زمین، تامین شود. در مواردی که امکان اتصال زمین‌های مکرر وجود ندارد مانند ساختمان‌های بلند باید از روش همبندی اضافی برای هم‌ولتاژکردن کلیه بدنه‌های هادی، قسمت‌های هادی بیگانه و هادی‌های حفاظتی تجهیزاتی که به طور همزمان در دسترس قرار می‌گیرد، استفاده شود. در مناطق خشک، صخره‌ای و سنگلاخی که مقاومت اتصال اتفاقی بین یک هادی فاز و جرم کلی زمین (یا هادی‌های بیگانه که به هادی خنثی یا حفاظتی متصل

نمی‌باشد) از ۷ اهم بیشتر است، حداکثر کل مقاومت مجاز نسبت به جرم کلی زمین در آن منطقه از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$R_B \le R_E \frac{۵۰}{U_0 - ۵۰}$$

R_B = مقاومت کل مجاز جدید (به جای دو اهم) بر حسب اهم
R_E = مقاومت اتفاقی اتصال فاز به زمین (مقدار تجربی آماری)، بر حسب اهم
U_0 = ولتاژ اسمی بین فاز و خنثای سیستم (۲۲۰ ولت در موارد عادی)، بر حسب ولت
۵۰= ولتاژ مجاز تماس، بر حسب ولت

پ) بدنه تابلوها و وسایل و ابزار برقی فشار ضعیف:

I- در صورتی که نول شبکه و بدنه هر کدام از وسایل و دستگاه‌های برقی به طور مستقل و جداگانه زمین شده باشد مقاومت مجاز اتصال زمین (R_s) باید از $\frac{۶۵}{I_A}$ کوچکتر یا مساوی باشد:

$$R_s(\Omega) \le \frac{۶۵(V)}{I_A(A)}$$

به طوری که I_A جریان عملکرد دستگاه حفاظت اضافه جریان برای تاسیسات زمین شده می‌باشد.

II- در صورتی که نول شبکه و سیم هادی بدنه هر کدام از وسایل و دستگاه‌ها از طریق شبکه (Loop) اتصال زمین به یکدیگر مرتبط باشد مقاومت مجاز اتصال زمین (R_L) باید از $\frac{U_E}{I_A}$ کوچکتر یا مساوی باشد.

$$R_L(\Omega) \le \frac{U_E(V)}{I_A(A)}$$

به طوری که U_E ولتاژ بین فاز و نول و جریان I_A همان جریان تعریف‌شده در بند قبلی می‌باشد.

ت) بدنه وسایل و دستگاه‌های فشار متوسط

روش‌های اتصال زمین وسایل و دستگاه‌های فشار متوسط در شکل ۱۵-۱۱ ارایه شده است.

روش I- مقاومت اتصال زمین در این حالت باید از رابطه زیر تعیین شود.

$$R_S(\Omega) \le \frac{۱۲۵(V)}{(A)\text{(جریان باقیمانده نشت زمین+ جریان سیم پیچ)}}$$

روش II- مقاومت اتصال زمین در این حالت باید از رابطه زیر تعیین شود.

$$R_S(\Omega) \le \frac{۱۲۵\,(V)}{(A)\text{ جریان باقیمانده نشت زمین}}$$

روشIII - مقاومت اتصال زمین در این حالت باید از رابطه زیر تعیین شود.

$$R_S(\Omega) \le \frac{۱۲۵(V)}{(A)\text{ جریان نشت زمین}}$$

۱۵-۴ محاسبه تعداد چاه اتصال زمین لازم

۱۵-۴-۱ برای محاسبه تعداد چاه‌های اتصال زمین لازم به منظور به دست‌آوردن مقاومت حداکثر مجاز سیستم اتصال زمین با الکترود مشخص ممکن است از رابطه زیر استفاده شود.

$$R = \frac{۰/۳۶۷\rho}{L} \times \log_{۱۰} \frac{۴L}{D}$$

R = مقاومت هر چاه اتصال زمین بر حسب اهم

ρ = مقاومت مخصوص الکتریکی زمین بر حسب اهم‌سانتی‌متر

D = قطر الکترود موردنظر بر حسب سانتی‌متر

L = طول الکترود مورد نظر بر حسب سانتی‌متر

مثال:

در صورتی که: اهم- سانتی‌متر ρ =۲۵۰

سانتی‌متر D =۱/۶

و سانتی‌متر L =۲۴۴ باشد

$$R = \frac{۰/۳۶۷ \times ۲۵۰}{۲۴۴} \times \log_{۱۰} \frac{۴ \times ۲۴۴}{۱/۶}$$

$$= \frac{۹۱/۷۵}{۲۴۴} \times \log_{۱۰} \frac{۹۷۶}{۱/۶}$$

$$= ۰/۳۷۶ \times \log_{۱۰} ۶۱۰$$

$$= ۰/۳۷۶ \times ۲/۷۸۵۳ = ۱/۰۴۷$$ اهم

در صورتی که مقاومت مجاز سیستم اتصال زمین مورد نظر ۰/۱ اهم باشد با نصب تعداد ۱۰ عدد الکترود به فواصل ۲/۵ متر از یکدیگر و اتصال الکترودها به هم مقاومت موردنظر به دست خواهد آمد:

$$\frac{۱}{R} = \frac{۱}{۱/۰۴۷} \times ۱۰ = \frac{۱۰}{۱/۰۴۷}$$

$$\frac{R}{۱} = \frac{۱/۰۴۷}{۱۰} = ۰/۱۰۴۷$$ اهم

۱۵-۴-۲ برای محاسبه ابعاد و تعداد الکترودهای اتصال زمین مختلف به جدول ۱۵-۴ مراجعه شود.

۱۵-۴-۳ برای محاسبه تعداد چاه‌های اتصال زمین لازم به منظور به دست‌آوردن مقاومت حداکثر مجاز سیستم اتصال زمین با الکترود مشخص ممکن است علاوه بر استفاده از روش مندرج در بند ۱۵-۴-۱، از منحنی‌های ترسیم‌شده در شکل‌های ۱۵-۱۲، ۱۵-۱۳ و ۱۵-۱۴ نیز استفاده شود.

۱۵-۵ همبندی برای هم‌ولتاژکردن

۱۵-۵-۱ به منظور هم‌پتانسیل‌سازی تاسیسات فلزی ساختمان با سیستم اتصال زمین، در هر ساختمان باید یک هادی همبندی اصلی کلیه قسمت‌های زیر را از نظر الکتریکی به یکدیگر متصل نماید.

- هادی حفاظتی اصلی (PE یا PEN)
- هادی خنثی (N)
- لوله‌های اصلی فلزی آب
- لوله‌های اصلی گاز
- لوله‌های قائم (رایزرها) تاسیسات از هر نوع
- قسمت‌های اصلی فلزی ساختمان‌ها، مانند اسکلت فلزی و آرماتورهای بتن مسلح
- الکترودهای اصلی و فرعی اتصال زمین

۱۵-۵-۲ در مواردی که نسبت به کارایی وسایل قطع خودکار مدار (مانند فیوزها و انواع کلیدهای خودکار) در هنگام بروز اتصالی بین فاز و خنثی یا فاز و بدنه، شک وجود داشته باشد باید از همبندی اضافی برای هم‌ولتاژ کردن استفاده شود. این‌گونه همبندی‌ها کلیه قسمت‌های هادی یا فلزی را که به طور همزمان در دسترس قرار دارد، مانند موارد زیر باید دربرگیرد:
- کلیه بدنه‌های هادی دستگاه‌ها، لوازم و غیره که به صورت ثابت نصب شده است.
- قسمت‌های هادی بیگانه از هر نوع
- قسمت‌های اصلی فلزی ساختمان‌ها، مانند اسکلت فلزی و آرماتورهای بتن مسلح (درصورت امکان)
- هادی‌های حفاظتی کلیه وسایل و دستگاه‌های نصب ثابت و هادی‌های حفاظتی پریزها

۱۵-۶ اصول و روش‌های نصب سیستم اتصال زمین

۱۵-۶-۱ نصب الکترودهای اتصال زمین

۱۵-۶-۱-۱ الکترودهای اتصال زمین باید در زمین بکر کوبیده یا دفن شود و عمق آن به قدری باشد که خشک‌شدن یا یخ‌زدگی در فصل‌های مختلف سال اثر قابل‌ملاحظه‌ای بر میزان مقاومت آن نداشته باشد.

۱۵-۶-۱-۲ حداقل عمق کوبیدن یا دفن الکترود اتصال زمین نباید از مقادیر زیر کمتر باشد:
- الکترودهایی که به صورت عمودی دفن یا کوبیده می‌شود: ۲ متر
- الکترودهای تسمه‌ای یا هادی مسی که به صورت افقی نصب می‌شود: ۰/۸متر

۱۵-۶-۱-۳ الکترودهای نوع میله مسی مغز فولادی و یا لوله‌ای قابل کوبیدن، به طوری که در شکل ۱۵-۵ جزییات آن نشان داده شده است، باید به کمک کلاهک مخصوص مستقیما در زمین کوبیده شود.

۱۵-۶-۱-۴ در صورت نیاز به ازدیاد طول الکترود باید پس از کوبیدن طول کامل میله یا لوله اولیه، که دارای نوک فولادی تیز است، در زمین، یک سر میله یا لوله دوم به وسیله بوشن مخصوص به انتهای میله یا لوله اول متصل و سپس با کمک کلاهک مخصوص کوبیدن، که به سر دیگر میله یا لوله دوم وصل می‌شود، بقیه طول الکترود نیز در زمین کوبیده شود.

۱۵-۶-۱-۵ برای نصب الکترودهای نوع لوله‌ای ساده، لوله‌ای پرسی، و یا صفحه مسی تخت و مشبک باید، چاهی با عمق لازم تا رسیدن به رطوبت طبیعی زمین حفر و سپس ته آن تا ارتفاع ۱۵ ا لی ۲۰ سانتی‌متر با مخلوطی از نمک سنگ خرد و سرند شده و خاکه زغال انباشته و تسطیح شود، آنگاه الکترود در داخل چاه قرار داده شده و در اطراف و روی آن تا ارتفاع حدود دو متر با لایه‌هایی از نمک مزبور و خاکه زغال هر یک به ضخامت ۱۵ سانتی‌متر انباشته و فشرده گردد و سپس ارتفاع باقیمانده چاه نیز با خاک سرنده شده لایه به لایه خاکریزی، فشرده و پر شود.

۱۵-۶-۱-۶ چاه حفرشده برای سیستم اتصال زمین باید ویژه نصب الکترود اتصال زمین بوده و برای هیچ منظور دیگری مورد استفاده قرار نگیرد و به همین ترتیب نیز استفاده از دیگر چاهها (مانند آب، فاضلاب و غیره) برای نصب الکترود اتصال زمین مجاز نخواهد بود.

۱۵-۶-۱-۷ جزییات نصب الکترودهای لوله‌ای ساده، لوله‌ای پرسی، و صفحه‌ای در شکل‌های ۱۵-۶ و ۱۵-۷ و ۱۵-۸ نشان داده شده است.

در مواردی که برای اتصال هادی زمین به صفحه مسی از کابلشو مسی پرسی (با پرس هیدرولیک) استفاده می‌شود، کابلشو باید به وسیله دو عدد پیچ مسی همراه با مهره‌های اصلی و قفل‌کننده به صفحه مسی محکم شود و در صورتی که اتصالات به وسیله جوش اکسیژن (لحیم سخت) صورت می‌گیرد باید دقت لازم مبذول گردد تا هادی به کابلشو و نیز کابلشو به صفحه مسی در تمامی سطح تماس به یکدیگر جوشکاری شود و صرفا به جوشکاری پیرامون کابلشو اکتفا نشود.

۱۵-۶-۱-۸ در مواردی که با نصب یک الکترود مقاومت موردنظر حاصل نشده و احتیاج به نصب چندین الکترود باشد اولا فاصله نصب بین هر دو الکترود نباید کمتر از دو برابر طول الکترود (میله‌ای یا لوله‌ای)، یا عمق چاه باشد و ثانیا کلیه الکترودها باید با تسمه مسی ۳ * ۲۵ میلی‌متر به یکدیگر متصل شود.

۱۵-۶-۱-۹ برای سهولت در امر نگهداری و بازرسی سیستم اتصال زمین بعد از نصب و جلوگیری از پوشیده و مفقود شدن محل نصب الکترود، باید در بالای هر الکترود حوضچه‌ای با درپوش مناسب مطابق شکل‌های ۱۵-۵ و ۱۵-۶، ۱۵-۷ و ۱۵-۸ ساخته و نصب شود.

۱۵-۶-۲ نصب جعبه اتصال آزمون

۱۵-۶-۲-۱ برای تسهیل در امر آزمون اندازه‌گیری میزان مقاومت الکتریکی هر الکترود اتصال زمین به طور جداگانه، باید یک جعبه اتصال آزمون برای هر الکترود اتصال زمین پیش‌بینی و نصب شود تا پس از نصب سیستم یا در زمان بهره‌برداری میزان مقاومت آن نسبت به جرم کلی زمین اندازه‌گیری و کنترل شود. (شکل‌های ۱۵-۵، ۱۵-۶، ۱۵-۷، ۱۵-۸ و ۱۵-۱۰)

۱۵-۶-۲-۲ جعبه اتصال آزمون باید در روی سطح نزدیک‌ترین دیوار به الکترود مربوط و در ارتفاع حداقل ۱/۵ متر از کف تمام‌شده زمین نصب و عبارت «هادی برقگیر» همراه با نشانه ⏚ به صورت دائمی بر روی آن حک شود.

۱۵-۶-۲-۳ گرفتن هر گونه انشعاب از هادی‌های اتصالی بین الکترود و جعبه اتصال آزمون به هیچ‌وجه جایز نبوده و کلیه انشعابات و تشکیل حلقه شبکه سیستم اتصال زمین (ground loop) و مانند آن باید پس از جعبه اتصال آزمون انجام شود.

۱۵-۶-۳ نصب هادی‌های اتصال زمین

۱۵-۶-۳-۱ برای اتصال تسمه مسی و یا سیم مسی لخت به الکترود اتصال زمین باید از بست‌ها و کابلشوهای متناسب با نوع الکترود مطابق شکل ۱۵-۴ استفاده شود.

۱۵-۶-۳-۲ هادی‌های شبکه سیستم اتصال زمین اعم از تسمه مسی یا سیم مسی لخت باید حتی‌المقدور به صورت روکار و قابل رویت و دسترسی نصب شود.

۱۵-۶-۳-۳ برای نصب هادی‌های شبکه سیستم اتصال زمین به دیوار، سقف و کف ساختمان و یا در کانال، باید از بست‌های مخصوص از جنس مس یا برنج، که در شکل ۱۴-۱۲ نشان داده شده است، استفاده شود.

۱۵-۶-۳-۴ در مواردی که به علت سنگلاخی بودن زمین کوبیدن الکترود یا حفر چاه امکان‌پذیر نمی‌باشد، ممکن است با نصب تسمه مسی ۳×۲۵ میلی‌متر در عمق ۶۰ تا ۸۰ سانتی‌متری زمین به صورت حلقه یا شبکه و به طول لازم تا حد حصول به حداکثر مقاومت مجاز موردنظر، سیستم اتصال زمین لازم ایجاد شود.

۱۵-۶-۴ آزمون سیستم اتصال زمین

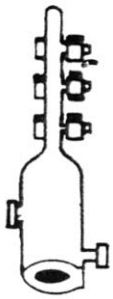
۱۵-۶-۴-۱ برای حصول اطمینان از عدم تجاوز میزان مقاومت الکترودها نسبت به جرم کلی زمین از حداکثر مجاز، مقاومت الکتریکی تمامی الکترودها باید پس از نصب با دستگاه‌های اندازه‌گیری مخصوص و به وسیله افراد کارآزموده دقیقا اندازه‌گیری شود.

۱۵-۶-۴-۲ به منظور حصول اطمینان از ممتد و متصل بودن کابل‌های شبکه سیستم اتصال زمین و نیز کنترل میزان مقاومت مجاز کل آن، تمامی شبکه سیستم مزبور باید پس از اتمام عملیات نصب به وسیله دستگاه‌های ویژه به دقت مورد آزمون و اندازه‌گیری مقاومت قرار گیرد.

۱۵-۶-۴-۳ برای آگاهی از روش آزمون و اندازه‌گیری مقاومت سیستم اتصال زمین و الکترودهای زمین نصب شده به بند ۱۷ از استاندارد BS 7430 نگاه کنید.

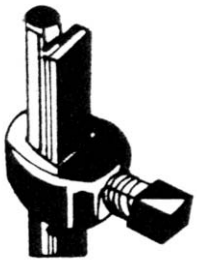
۱۵-۶-۴-۴ هر الکترود یا سیستم اتصال زمین باید دارای شناسنامه‌ای حاوی مشخصات کامل آن شامل نوع و جنس الکترود یا الکترودها و ابعاد لازم، تاریخ احداث، محل استقرار، جنس خاک، مقدار مقاومت اندازه‌گیری شده اولیه و دوره‌های متعاقب، و دیگر اطلاعات ضروری باشد . در اندازه‌گیری‌های دوره‌ای علاوه بر میزان مقاومت و تاریخ باید ساعت اندازه‌گیری، دمای هوا (درجه سلسیوس)، رطوبت نسبی، و مقدار بارندگی ۴۸ ساعت گذشته به میلی‌متر نیز ثبت شود. این شناسنامه باید در اختیار فرد یا افراد و یا تشکیلات بهره‌بردار از سیستم بوده و برای بازرسی در دسترس باشد.

۱۵-۷ شکل‌ها، فرمول‌ها و نشانه‌های ترسیمی



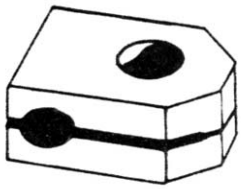
۱

۲

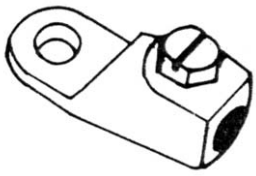


۳

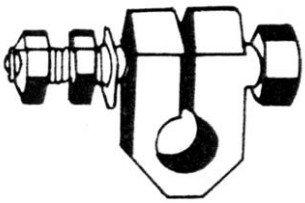
۱ و ۲ و ۳- بست‌های مختلف تسمه به الکترود



۴- بست فشاری



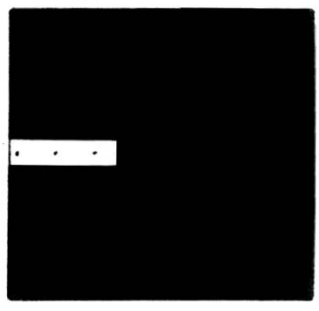
۵- کابلشو پیچی



۶- بست تسمه به الکترود

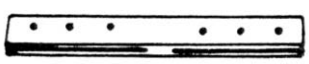
۷- کابلشو فشاری

۸- الکترود اتصال زمین میله مسی مغز فولادی

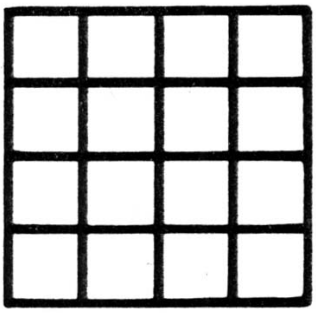


۹- الکترود اتصال زمین از ورق مس ۳×۷۰۰×۷۰۰ میلی‌متر

۱۱- اتصال صفحه الکترود به سیم لخت مسی

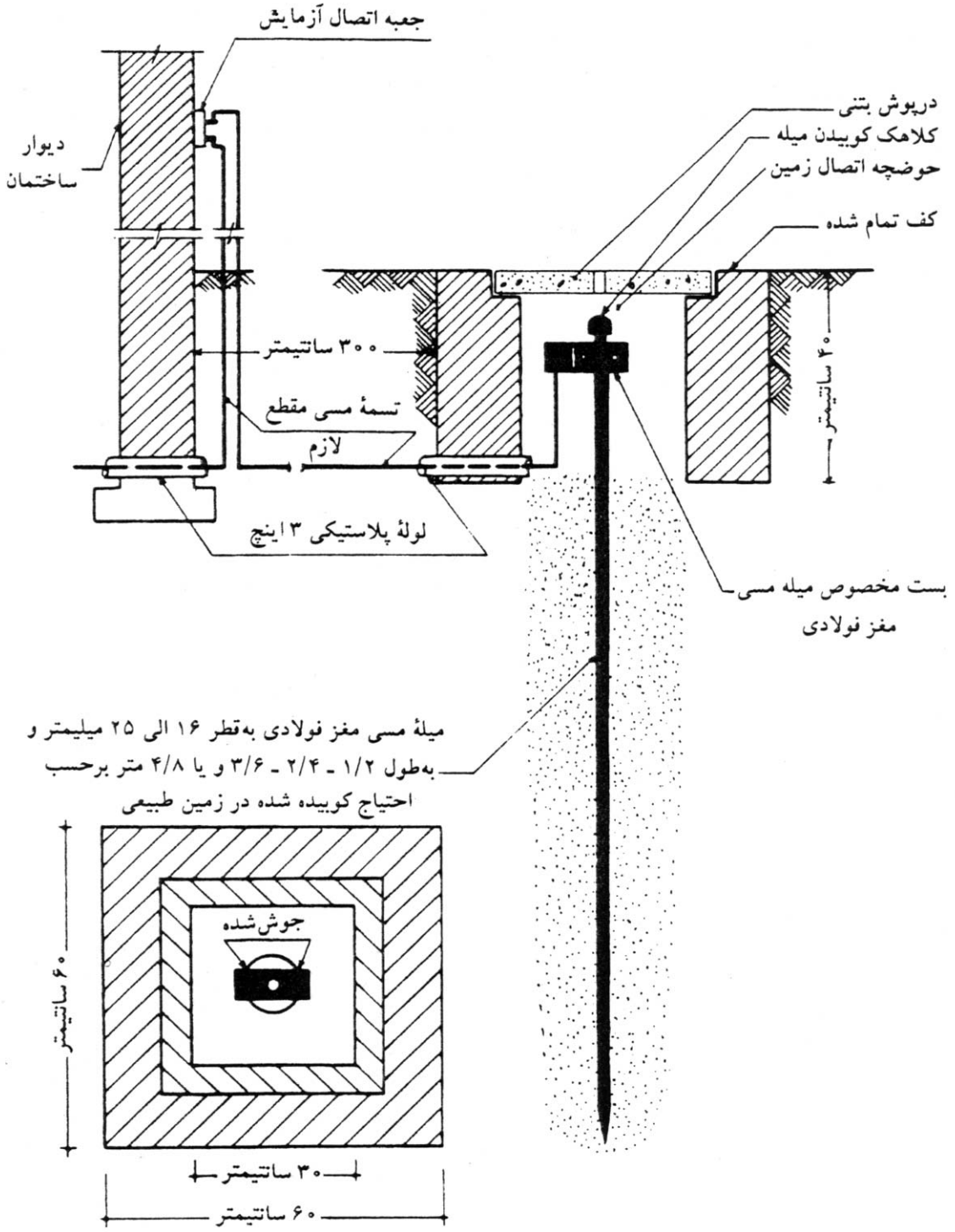


۱۲- اتصال صفحه الکترود به تسمه مسی

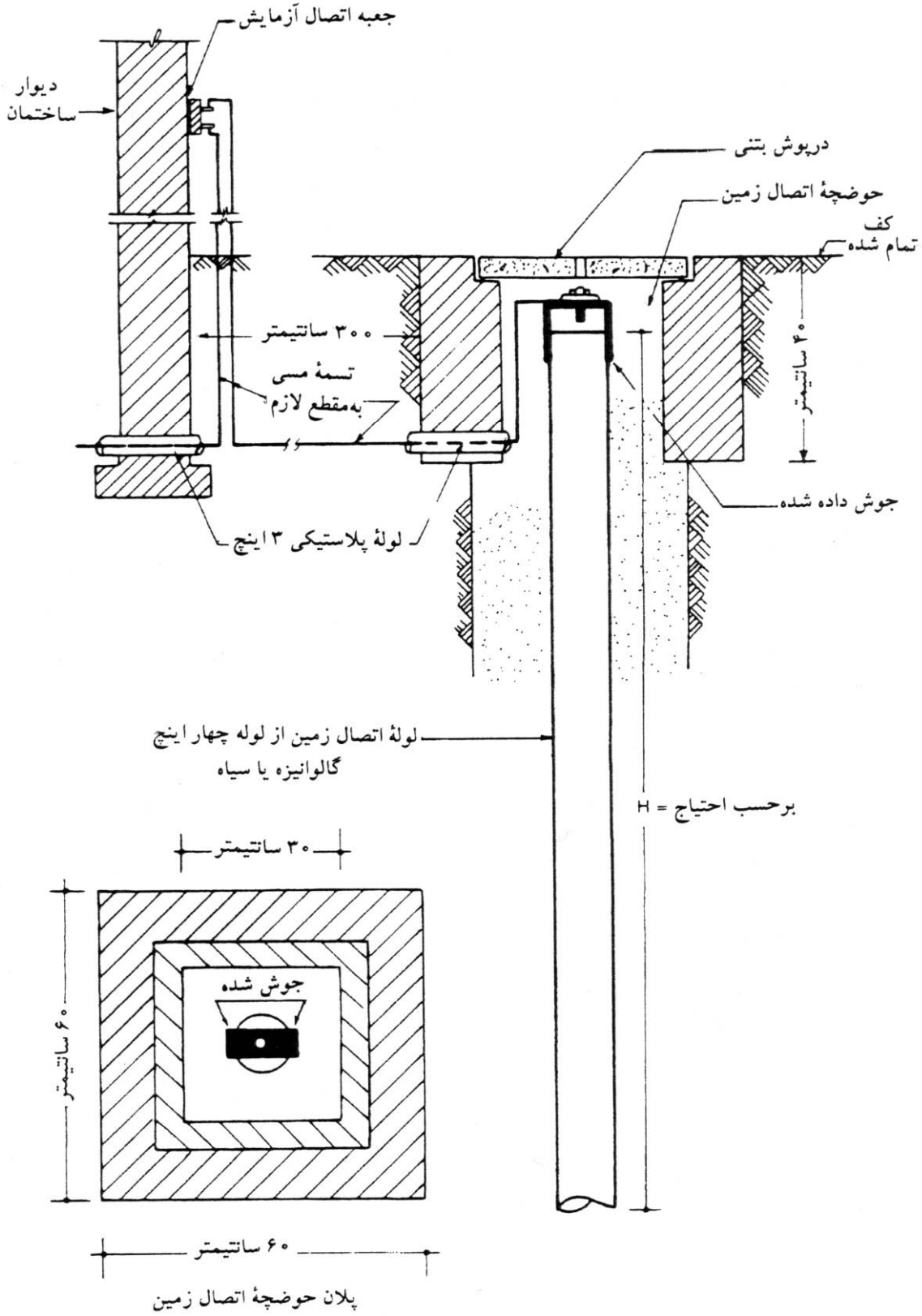


۱۰- الکترود اتصال زمین مشبک ۷۰۰×۷۰۰ میلی‌متر از تسمه مسی ۳×۲۵ میلی‌متر

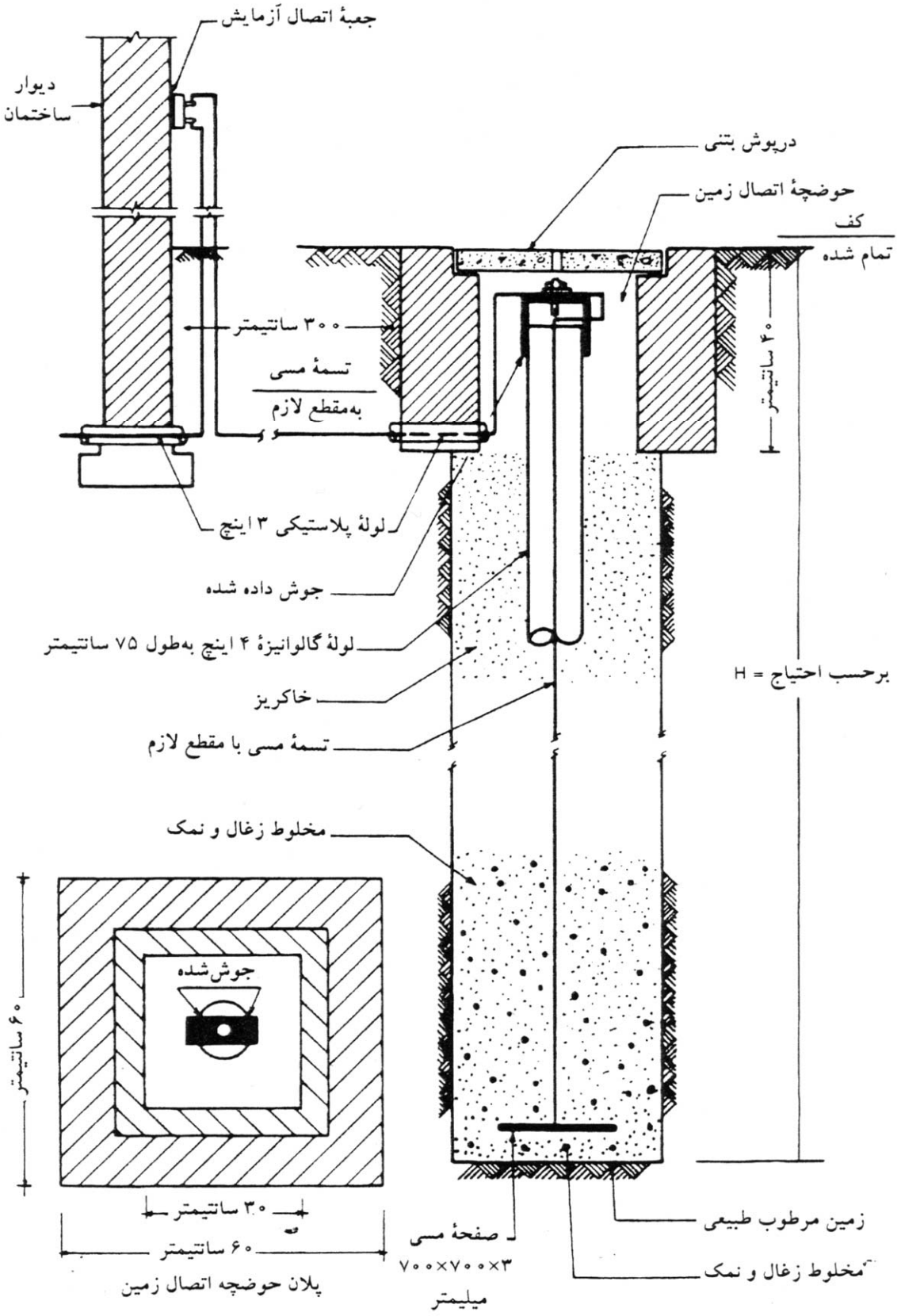
شکل ۱۵-۴: انواع الکترودهای اتصال زمین و بست‌های مربوطه.



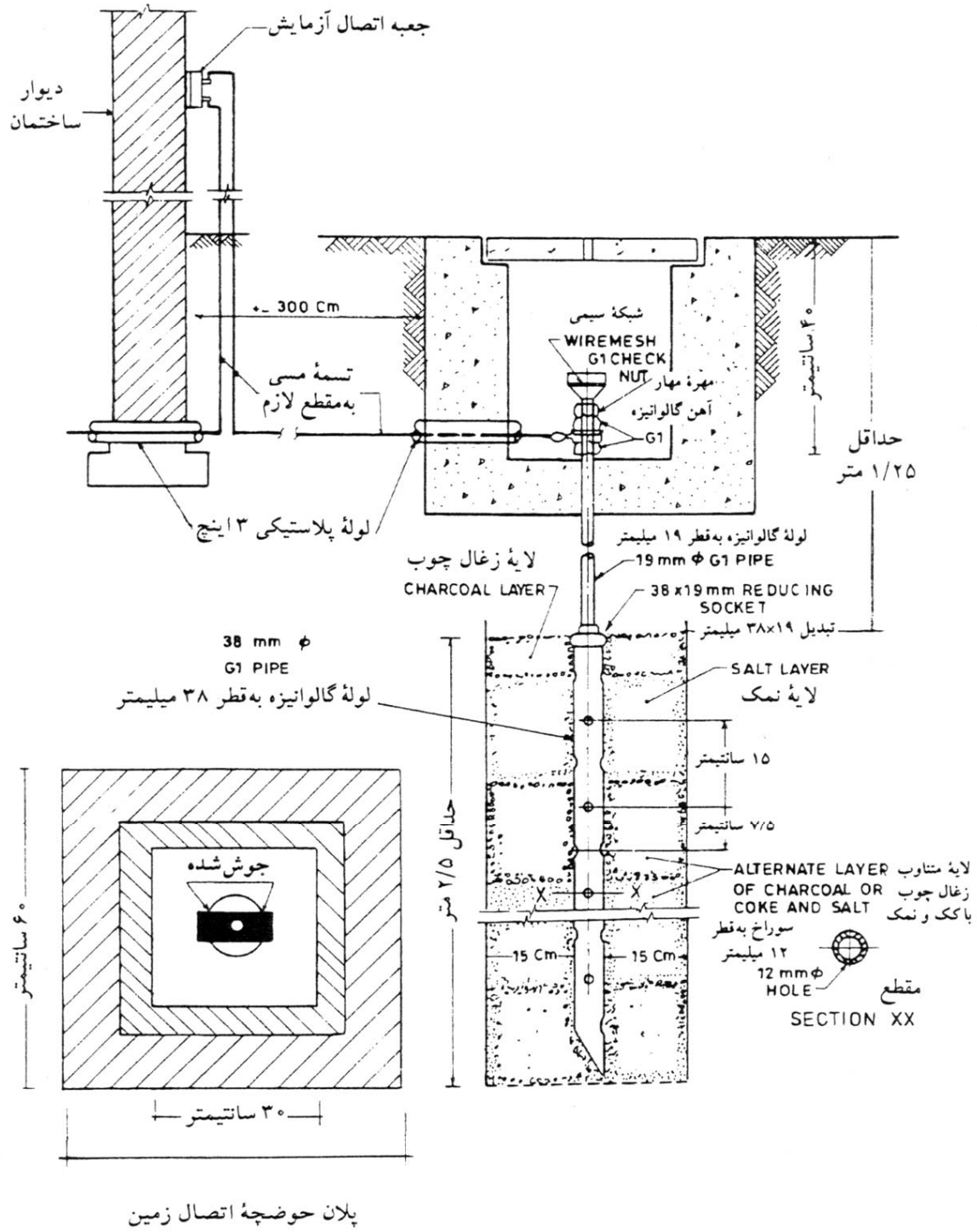
شکل ۱۵-۵: جزئیات نصب سیستم اتصال زمین با الکترود میله مسی مغز فولادی.



شکل ۱۵-۶: جزئیات نصب سیستم اتصال زمین با الکترود لوله‌ای.

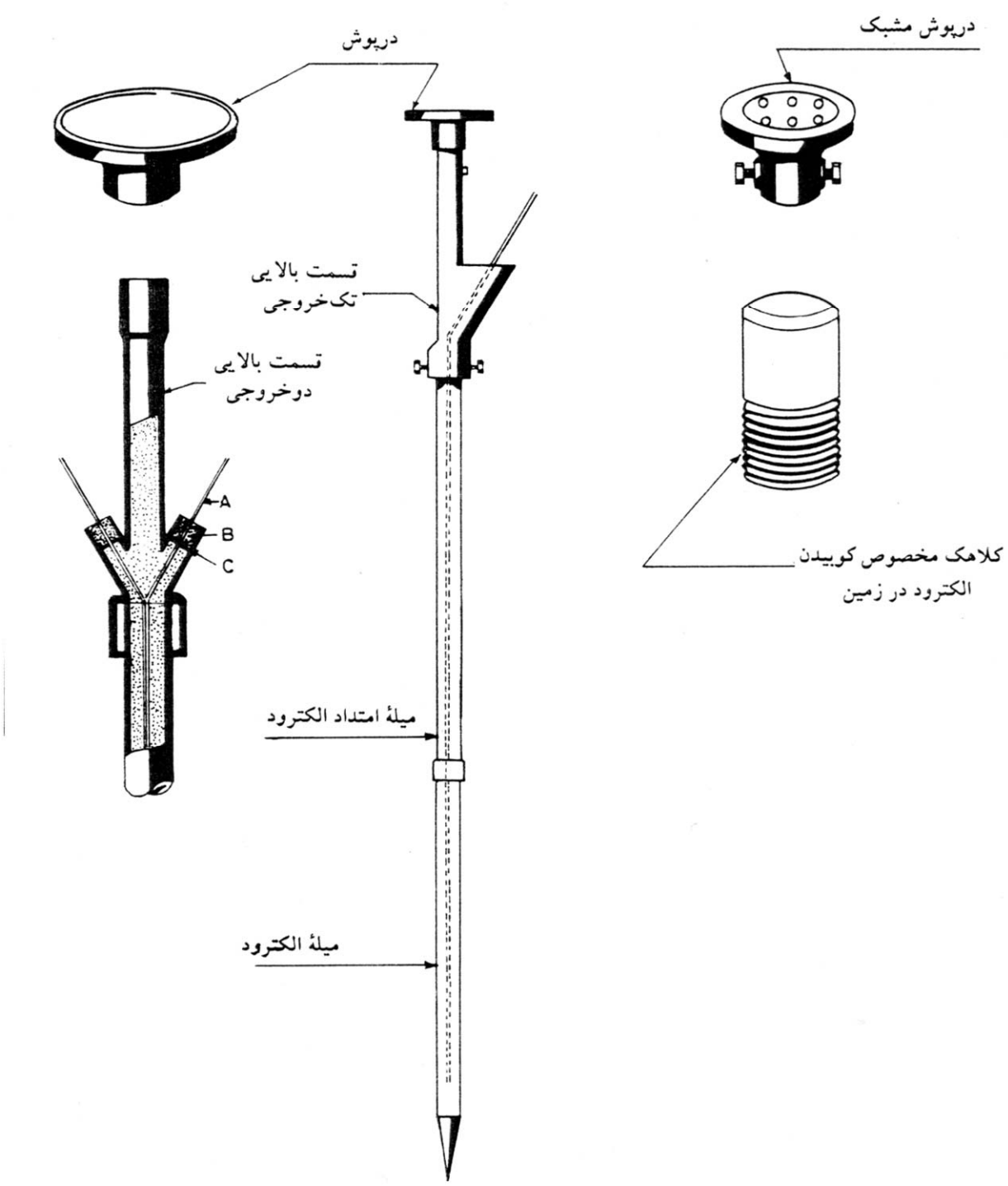


شکل ۱۵-۷: جزئیات نصب سیستم اتصال زمین با الکترود صفحه مسی تخت یا مشبک.

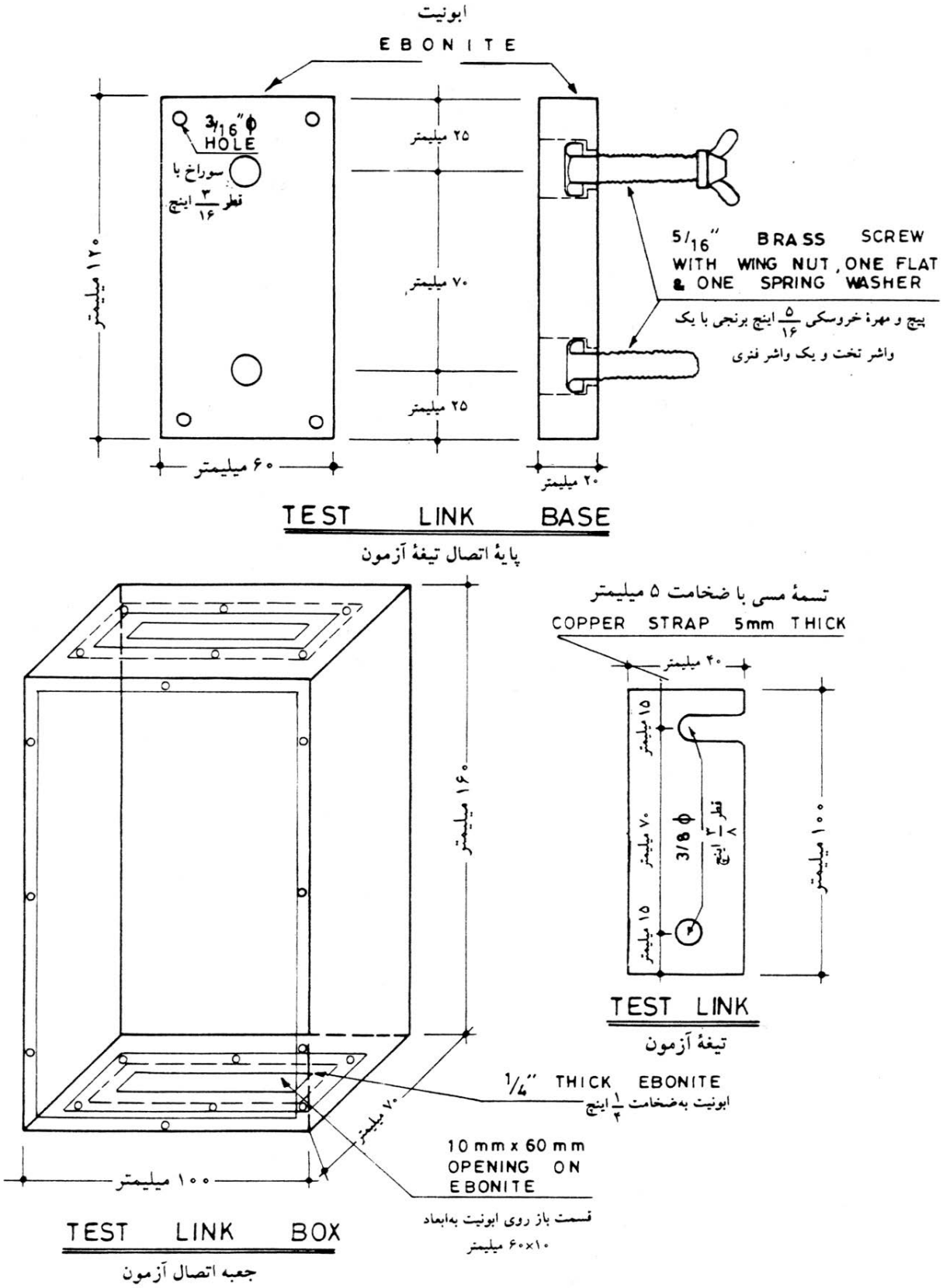


پلان حوضچهٔ اتصال زمین

شکل ۱۵-۸: جزئیات نصب سیستم اتصال زمین با الکترود نوع لوله‌ای پرسی.

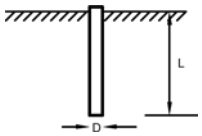
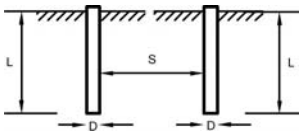
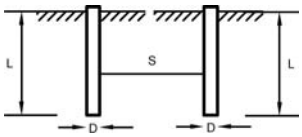
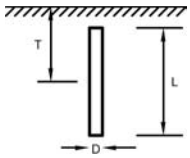
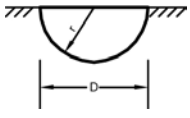
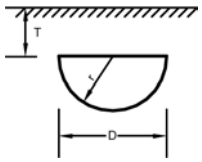


شکل ۱۵-۹: الکترود اتصال زمین- نوع لوله‌ای قابل کوبیدن در زمین.

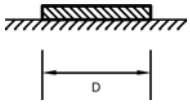
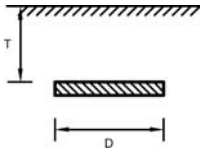
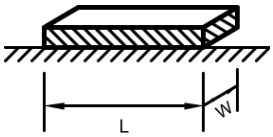
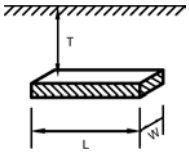
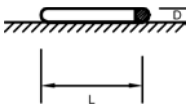
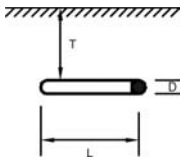


شکل ۱۵-۱۰: جزئیات جعبه آزمون سیستم اتصال زمین.

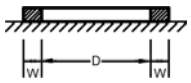
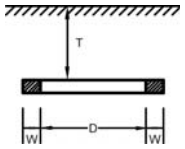
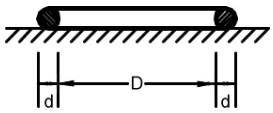
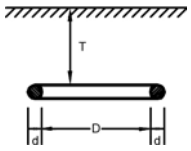
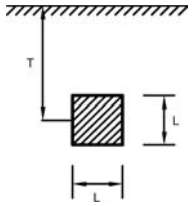
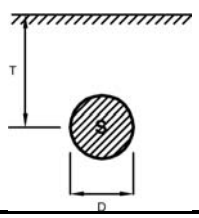
جدول ۱۵-۴-الف: فرمول محاسبه مقاومت الکترودهای مختلف زمینی

الکترود تک میله‌ای یا تک لوله‌ای که انتهای آن در سطح زمین قرار گرفته باشد $R = \frac{\rho}{2\pi L} \quad ln\frac{4L}{D} \quad L \gg \frac{D}{2}$	
الکترود دو میله‌ای یا دو لوله‌ای که انتهای آن در سطح زمین قرار گرفته و فاصله بین آن دو بیشتر از طول الکترود باشد $S > L$ $R = \frac{\rho}{4\pi L}\left[\ln\left(\frac{8L}{D}\right) - 1\right] + \frac{\rho}{4\pi S}(1 - \frac{L^2}{3S^2} + \frac{2L^4}{5S^4} + \cdots)$	
الکترود دو میله‌ای یا دو لوله‌ای که انتهای آن در سطح زمین قرار گرفته و فاصله بین آن دو کمتر از طول الکترود باشد $S < L$ $R = \frac{\rho}{4\pi L}(\ln\frac{8L}{D} + \ln\frac{4L}{S} - 2 + \frac{S}{2L} - \frac{S^2}{16L^2} + \frac{S^4}{512L^4} + \cdots)$	
الکترود تک میله‌ای یا یک لوله‌ای که انتهای آن از سطح زمین پایین‌تر قرار گرفته باشد $L \gg \frac{D}{2} \quad T \ll \frac{L}{4}$ $R = \frac{\rho}{2\pi L}(\ln\frac{2L}{D} + \frac{1}{2}\ln\frac{4T+L}{4T-L})$	
الکترود نیم‌کره، نصب شده هم‌سطح با زمین $R = \frac{\rho}{\pi D} \quad R = \frac{\rho}{2\pi r}$	
الکترود نیم‌کره، نصب شده پایین‌تر از سطح زمین $T \gg r$ $R = \frac{\rho}{2\pi D}(1 + \frac{D}{4T}) \quad R = \frac{\rho}{4\pi r}(1 + \frac{D}{4T})$	

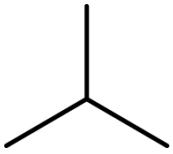
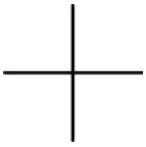
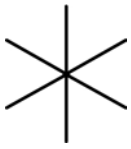
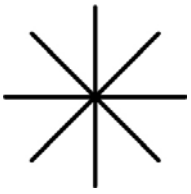
جدول ۱۵-۴-ب: فرمول محاسبه مقاومت الکترودهای مختلف زمینی

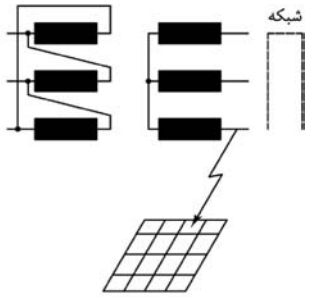
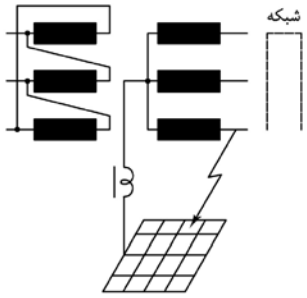
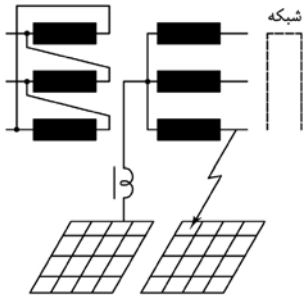
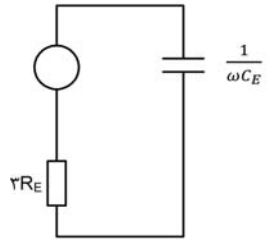
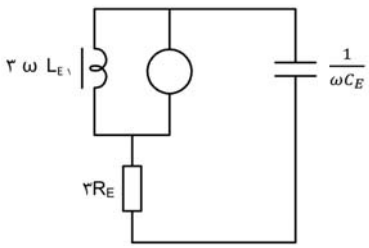
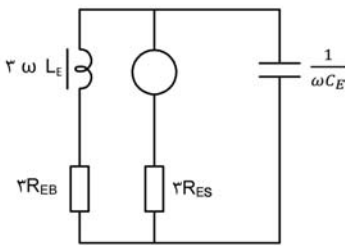
الکترود صفحه دایره‌ای نصب‌شده در سطح خاک $R = \frac{\rho}{2D}$	
الکترود صفحه دایره‌ای، نصب‌شده در زیر خاک $T \gg \frac{D}{2}$ $R = \frac{\rho}{4D}(1 + \frac{2}{\pi} arc\ sin \frac{D}{\sqrt{16T^2+D^2}})$	
الکترود تسمه‌ای، نصب‌شده در سطح خاک در خط مستقیم $L \gg W$ $R = \frac{\rho}{\pi L}(\ln \frac{4L}{W})$	
الکترود تسمه‌ای، نصب‌شده در زیر خاک در خط مستقیم $L \gg W$ $R = \frac{\rho}{2\pi L}(\ln \frac{2L^2}{WT})$ $\quad T \gg \frac{L}{4}$	
الکترود سیم مسی، نصب‌شده در سطح خاک در خط مستقیم $L \gg D$ $R = \frac{\rho}{\pi L}(ln \frac{2L}{D})$	
الکترود سیم مسی، نصب‌شده در زیر خاک در خط مستقیم $T \gg -\quad L \ll \frac{R}{\rho}$ $\pi = \frac{D}{R\rho 2}(\pi \frac{T^r}{R\rho})$	

جدول ۱۵-۴-پ: فرمول محاسبه مقاومت الکترودهای مختلف زمین

	الکترود تسمه‌ای به شکل حلقه، نصب‌شده در سطح خاک $2 \gg D$ $D = \frac{4}{TR\rho}(4\pi\frac{rD4}{T})$
	الکترود تسمه‌ای به شکل حلقه، نصب‌شده در زیر خاک $R \gg 2 \qquad \mathrm{D} \ll \frac{T}{D}$ $2 = \frac{R}{\rho 4^{D}2}(\pi\alpha\frac{r\,c\,s^{\,i}}{n\;D})$
	الکترود سیم مسی به شکل حلقه، نصب‌شده در سطح خاک $\surd \gg 6$ $T = \frac{2}{+^{D}2}(\ln\frac{LD}{W})$
	الکترود سیم مسی به شکل حلقه، نصب‌شده در زیر سطح خاک $R \gg \rho \qquad \pi \ll \frac{L}{4}$ $L = \frac{W}{L\pi^{W}R}(\ln\frac{\rho 2\pi^{L}}{2L})$
	الکترود صفحه مربعی، نصب‌شده به حالت عمودی در زیر خاک $2 > W\overline{T^{T}4L}$ $L = \frac{\rho}{DR\overline{\rho\pi^{L}}}(\frac{l}{n} + 2lD^{-1}\sqrt{\frac{L^{2}}{4T^{2}\pi+L^{2}}})$
	الکترود صفحه دایره‌ای، نصب‌شده به حالت عمودی در زیر خاک $T > \sqrt{S4\pi} \qquad S = \frac{D^{2}\pi}{4}$ $R = \frac{\rho}{4\sqrt{\pi S}}[\frac{\pi}{2} + sin^{-1}\sqrt{\frac{S}{4T^{2}\pi+S}}]$

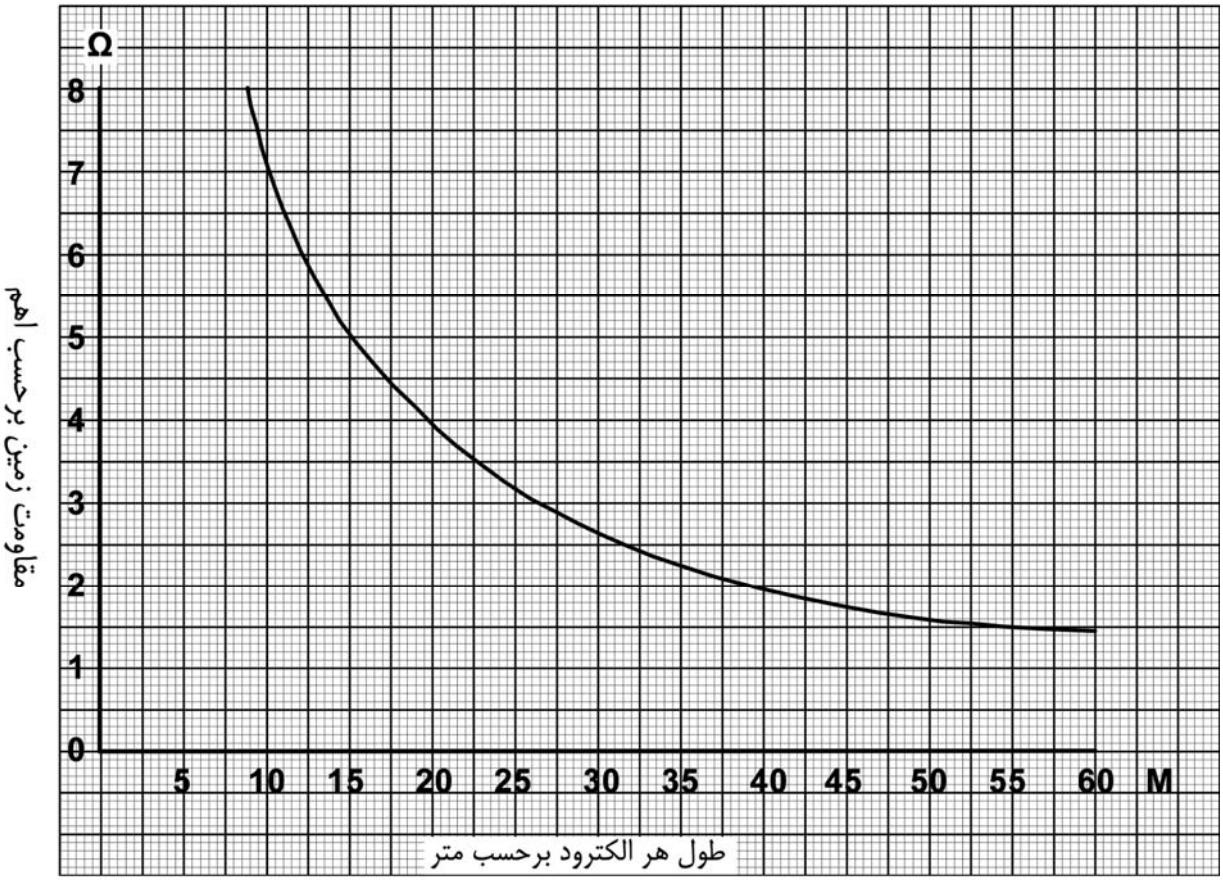
جدول ۱۵-۴-ت: فرمول محاسبه مقاومت الکترودهای مختلف زمینی

	الکترود میله‌ای، به‌شکل راست‌گوشه، به طول بازوی L و شعاع r، نصب‌شده در زیر خاک به عمق T $R = \frac{\rho}{4\pi L}(ln\frac{2L}{r} + ln\frac{2L}{2T} - 0.2373 + 0.2146\frac{2T}{L} + 0.1035\frac{(2T)^2}{L^2} + \cdots)$
	الکترود به‌شکل ستاره با سه بازو و به طول بازوی L و شعاع r، نصب‌شده در زیر خاک به عمق T $R = \frac{\rho}{6\pi L}(ln\frac{2L}{r} + ln\frac{2L}{2T} + 1.071 - 0.209\frac{2T}{L} + 0.237\frac{(2T)^2}{L^2} - 0.054\frac{(2T)^4}{L^4} + \cdots)$
	الکترود به‌شکل ستاره با چهار بازو و به طول بازوی L و شعاع r، نصب‌شده در زیر خاک به عمق T $R = \frac{T}{-LR}(\rho\pi\frac{DR}{\rho} + 2\pi\frac{rT}{rR} + 2.912 - 1.071\frac{\rho 2}{\pi} + 0.645\frac{(DD)^4}{T^R} - 0.145\frac{(\rho 4)^\pi}{r^D} + \cdots)$
	الکترود به‌شکل ستاره با شش بازو و به طول بازوی L و شعاع r، نصب‌شده در زیر خاک به عمق T $4 = \frac{T}{R\rho 2D}(\pi D\frac{2R}{\rho} + 4D\frac{2\pi}{ar} + 6.351 - 3.123\frac{cs}{i} + 1.758\frac{(nD)^{\sqrt{}}}{1^6} - 0.49\frac{(T2)^+}{D^2} + \cdots)$
	الکترود به‌شکل ستاره با هشت بازو و به طول بازوی L و شعاع r، نصب‌شده در زیر خاک به عمق T $L = \frac{D}{WR\rho\pi}(\pi A\frac{LW}{L} + \pi W\frac{R\rho}{2\pi} + 10.98 - 8.51\frac{L2}{L} + 3.26\frac{(2W)^T}{T^L} - 1.17\frac{(4L)^\rho}{D^R} + \cdots)$

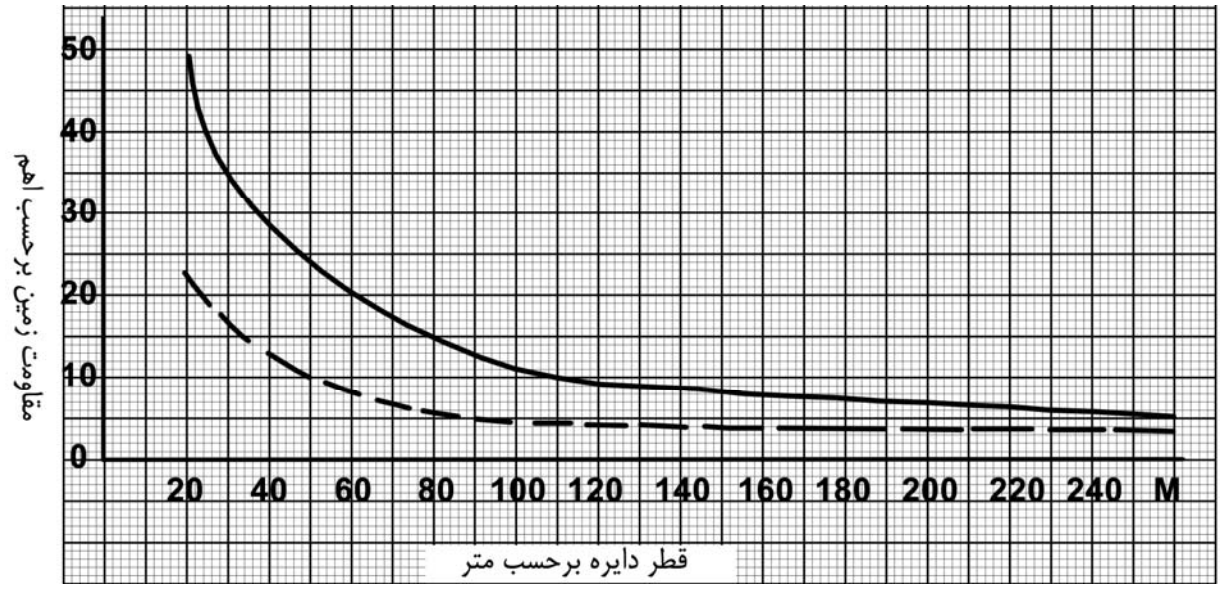
با نقطه نول ایزوله شده	با اتصال زمین تشدیدی (RESONANCE)	
	سیستم اتصال زمین مشترک	سیستم اتصال زمین مجزا
۳	۲	۱
		
		
مدار معادل ساده شده		

R_E = مقاومت الکترود اتصال زمین پست
R_{ES} = مقاومت الکترود اتصال زمین حفاظتی پست (PROTECTIVE EARTHING)
R_{EB} = مقاومت الکترود اتصال زمین سیستم (SYSTEM EARTHING)
L_E = اندوکتانس سیم‌پیچ دستگاه نشت زمین (EARTH LEAKAGE COIL)
C_E = ظرفیت خازنی نسبت به زمین شبکه

شکل ۱۵-۱۱: روش‌های اتصال زمین وسایل و دستگاه‌های فشار متوسط.

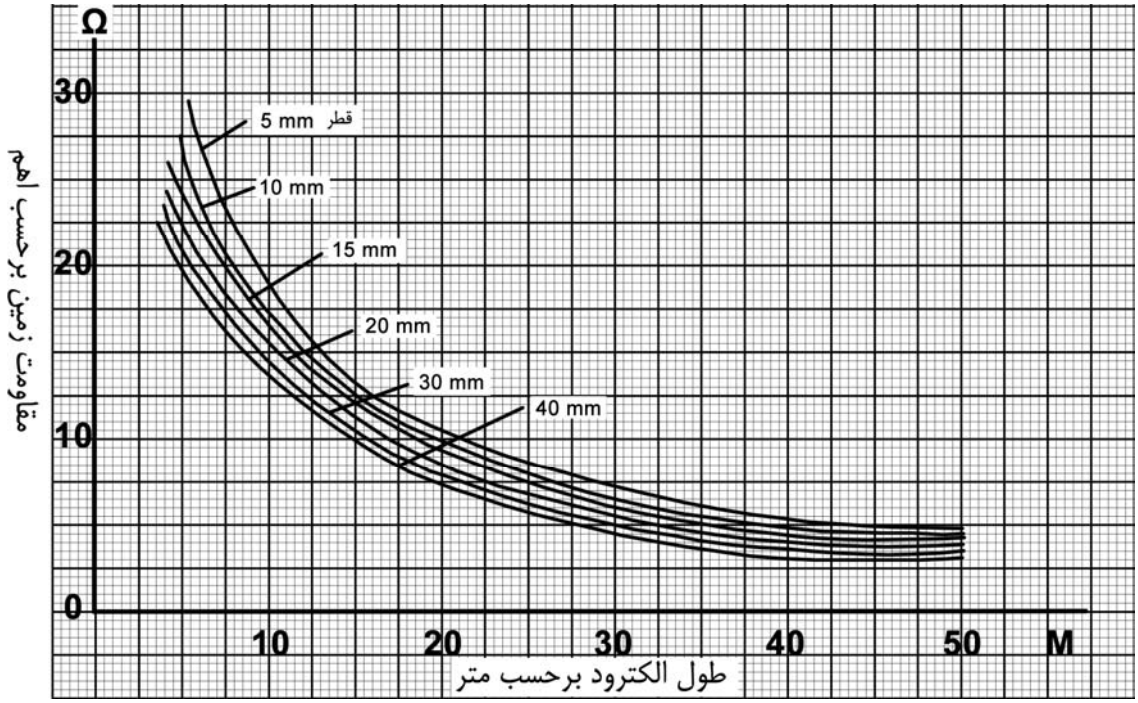


منحنی مقاومت زمین با چهار عدد الکترود به قطر ۲ سانتی‌متر نصب شده به حالت ستاره در زمینی با مقاومت مخصوص ۱۰۰ اهم‌متر



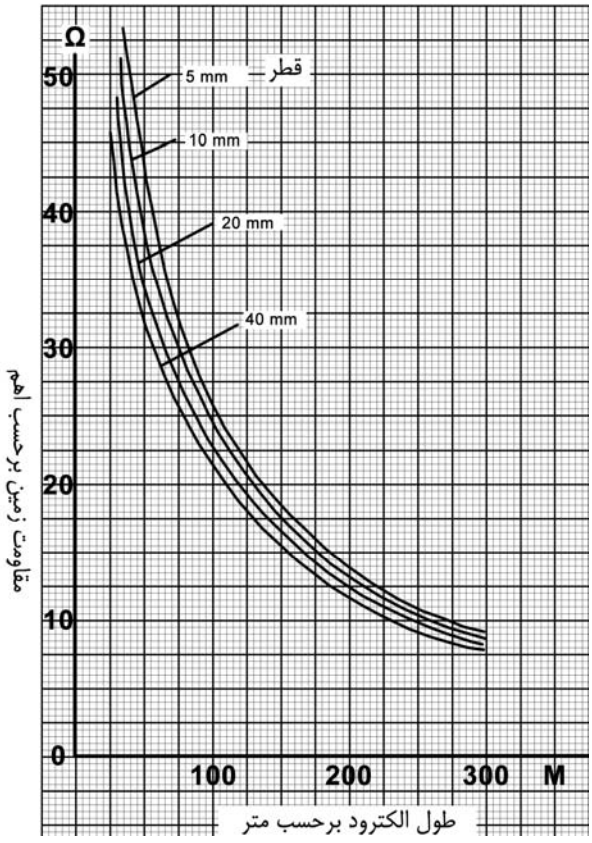
منحنی مقاومت زمین با الکترودی از تسمه مسی لخت به مقطع ۵۰ میلی‌متر نصب شده به شکل دایره در زمینی با مقاومت مخصوص ۱۰۰ اهم‌متر

شکل ۱۵-۱۲



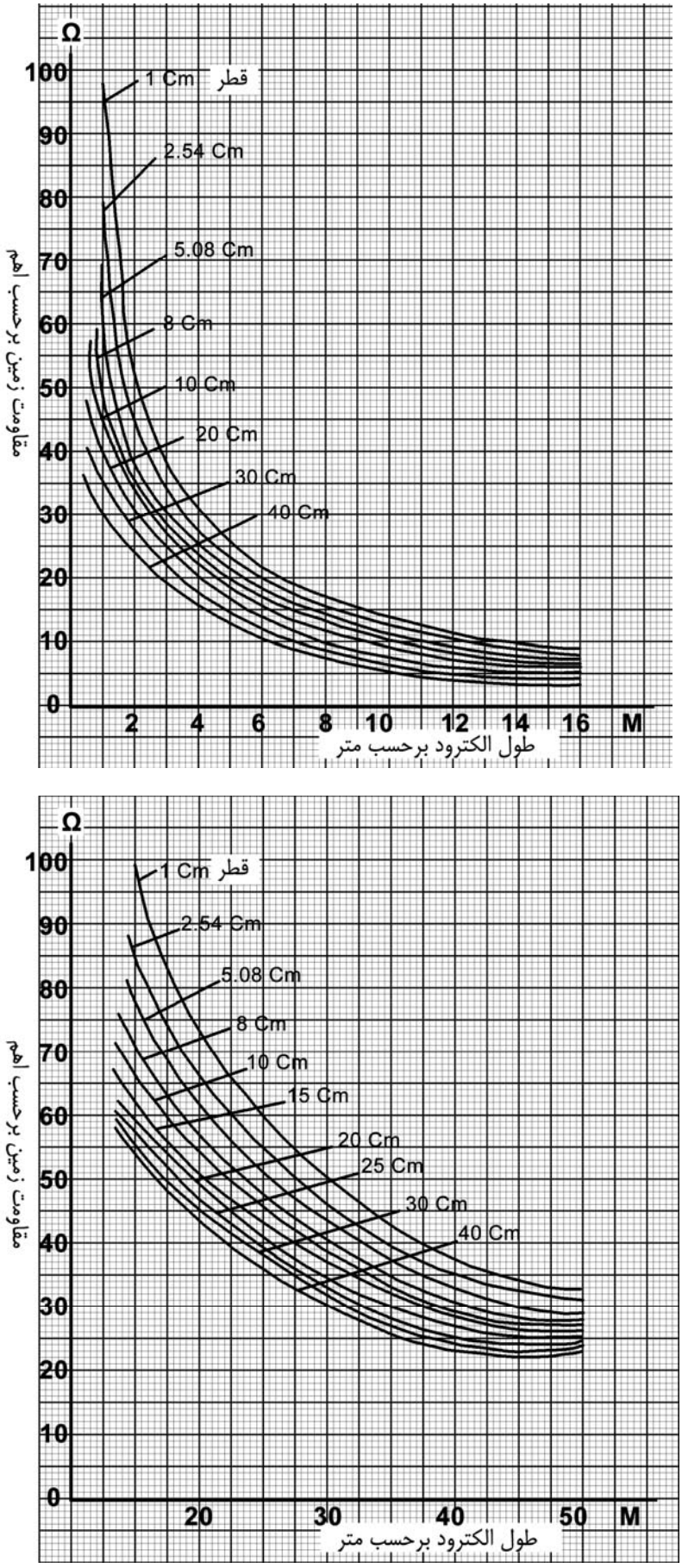
منحنی مقاومت زمین با الکترودی از میله‌گرد مسی لخت با قطرهای مختلف نصب شده در عمق ۵۰ سانتی‌متری زمینی با مقاومت مخصوص ۱۰۰ اهم‌متر

توجه:
به‌جای میله‌گرد مسی لخت می‌توان از تسمه مسی لخت با همان سطح مقطع نیز استفاده نمود.



منحنی مقاومت زمین با الکترودی از میله‌گرد مسی لخت با قطرهای مختلف نصب شده در عمق ۵۰ سانتی‌متری زمینی با مقاومت مخصوص ۱۰۰ اهم‌متر

شکل ۱۵-۱۳



منحنی‌های مقاومت زمین با الکترودی از میله مسی مغز فولادی و یا لوله با قطرهای مختلف کوبیده شده در زمینی با مقاومت مخصوص ۱۰۰ اهم‌متر

شکل ۱۵-۱۴

جدول ۱۵–۵ نشانه‌های ترسیمی الکتریکی برای سیستم‌های برقگیر و اتصال زمین

شرح	نشانه
برقگیر، نوع فرانکلین	
برقگیر، نوع الکترونیک	
اتصال زمین	

پیوست

منابع و استانداردها

مشخصات فنی عمومی و اجرایی

تأسیسات برقی ساختمان

نشریه ۱-۱۱۰ (تجدید نظر دوم)

استانداردهای ملی ایران (ISIRI)		
ردیف	شماره استاندارد	موضوع استاندارد
۱	۴۶۲-۱	مقررات ویژه برای کلیدهای الکترومغناطیسی کنترل از راه دور سیم‌ها و کابل‌ها با عایق پلی‌وینیل کلراید با ولتاژ اسمی تا و خود ۴۵۰/۷۵۰ ولت
۲	۶۰۷-۱	بخش ۱: مقررات عمومی
۳	۶۰۷-۲	بخش ۲: روش‌های آزمون
۴	۶۰۷-۳	بخش ۳: سیم‌ها برای سیم‌کشی نصب ثابت
۵	۶۰۷-۴	بخش ۴: کابل‌ها برای سیم‌کشی نصب ثابت
۶	۶۰۷-۵	بخش ۵: کابل‌ها و بندهای قابل انعطاف
۷	۶۰۷-۶	بخش ۶: کابل‌های بالابر و کابل‌های اتصالات متحرک
۸	۶۳۵-۲-۱	مقررات ویژه دو شاخه‌های فیوزدار
۹	۶۳۵-۲-۳	مقررات ویژه پریزهای کلیددار بدون قفل ایمنی برای نصب ثابت
۱۰	۶۳۵-۲-۵	مقررات ویژه برای تبدیل‌کننده‌ها
۱۱	۶۳۵-۲-۶	مقررات ویژه برای پریزهای کلیددار با قفل ایمنی برای نصب ثابت
۱۲	۶۸۷	لامپ‌های فلورسنت لوله‌ای برای مصارف روشنایی عمومی
۱۳	۷۰۰	بالاست لامپ‌های فلورسنت
۱۴	۱۵۶۰	راه‌اندازهای لامپ‌های فلورسنت
۱۵	۱۹۲۶	سیم‌ها، کابل ها و بندهای قابل انعطاف با عایق‌بندی لاستیکی و هادی‌های گرد و با ولتاژ اسمی تا ۷۵۰ ولت
۱۶	۱۹۲۸-۱	تابلوهای قطع و وصل و فرمان فشارضعیف- قسمت اول: تابلوهایی که آزمون‌های نوعی در مورد آنها یا قسمت‌هایی از آنها انجام شده است.
۱۷	۱۹۲۸-۲	تابلوهای قطع و وصل و فرمان فشار ضعیف- قسمت دوم: مقررات ویژه مجموعه‌های مجرای شینه
۱۸	۱۹۳۶	جریان مجاز هادی‌ها برای تاسیسات الکتریکی ساختمان‌ها
۱۹	۱۹۳۷	آیین‌نامه ایمنی تاسیسات الکتریکی ساختمان‌ها
۲۰	۲۶۱۰	سرپیچ لامپ‌های فلورسنت لوله‌ای و نگهدارنده راه‌اندازها
۲۱	۲۶۲۰	ترانسفورماتورهای قدرت – کلیات
۲۲	۲۶۲۱	ترانسفورماتورهای قدرت- افزایش دما
۲۳	۲۶۲۲	ترانسفورماتورهای قدرت- سطح‌های عایق‌بندی و آزمون‌های دی‌الکتریک
۲۴	۲۶۲۳	ترانسفورماتورهای قدرت- انشعابات و اتصالات
۲۵	۲۶۲۴	ترانسفورماتورهای قدرت- استقامت در برابر اتصال کوتاه
۲۶	۲۷۶۸	ترانسفورماتورهای قدرت- علامت‌گذاری ترمینال‌ها

استانداردهای ملی ایران (ISIRI)		
ردیف	شماره استاندارد	موضوع استاندارد
۲۷	۲۷۰۲	لامپ‌های بخار جیوه با فشار زیاد
۲۸	۲۸۶۸	درجات حفاظت تامین‌شده به وسیله محفظه‌ها
۲۹	۲۹۱۰	مقررات ایمنی و تعویض‌پذیری لامپ‌های روشنایی
۳۰	۳۰۸۳	طبقه‌بندی و علائم مشخصه حباب لامپ‌های روشنایی
۳۱	۳۰۸۴	روش‌های آزمون هادی‌های سیم و کابل
۳۲	۳۱۰۹-۱	فیوزهای ولتاژ ضعیف- قسمت یک، مقررات عمومی
۳۳	۳۱۰۹-۲	فیوزهای ولتاژ ضعیف- قسمت دوم، مقررات تکمیلی
۳۴	۳۱۰۹-۳	فیوزهای ولتاژ ضعیف- قسمت سوم
۳۵	۳۱۲۸-۱	منابع تغذیه پایا با خروجی مستقیم- قسمت اول- اصطلاحات و تعاریف
۳۶	۳۱۲۸-۲	منابع تغذیه پایا با خروجی مستقیم- قسمت دوم- کارایی مقادیر اسمی
۳۷	۳۱۲۸-۳	منابع تغذیه پایا با خروجی مستقیم- قسمت سوم- ترازهای مرجع و اندازه‌گیری تداخل الکترومغناطیسی هدایت‌شده (EMI)
۳۸	۳۱۲۸-۴	منابع تغذیه پایا با خروجی مستقیم- قسمت چهارم- آزمون‌های به غیر از تداخل فرکانس رادیویی
۳۹	۳۱۸۱	روش‌های علامت‌گذاری و شناسایی ترمینال‌های کنتاکتورهای فشارضعیف
۴۰	۳۴۵۰-۱	لوله‌های محافظ برای تاسیسات الکتریکی، قسمت اول: الزامات عمومی
۴۱	۳۴۵۰-۲-۱	مشخصات لوله‌های محافظ برای تاسیسات الکتریکی، قسمت دوم: مشخصات ویژه لوله‌های محافظ- بخش یک: لوله‌های فلزی محافظ
۴۲	۳۴۵۰-۲-۴	مشخصات لوله‌های محافظ برای تاسیسات الکتریکی، قسمت دوم: مشخصات ویژه لوله‌های محافظ- بخش ۴: لوله‌های محافظ خم‌پذیر ارتجاعی از مواد عایقی
۴۳	۳۴۵۵	لوله‌های محافظ برای مصارف الکتریکی: قطر بیرونی لوله‌های محافظ برای تاسیسات الکتریکی و رزوه‌های لوله‌های محافظ و اتصالات مربوط
۴۴	۳۸۹۲	کلیدهای الکترونیکی (مقررات ویژه)
۴۵	۴۱۲۲-۱	قطعات نیمه‌هادی- قطعات مجزا و مدارات مجتمع
۴۶	۴۱۲۲-۲	قطعات نیمه‌هادی – دیودهای یکسوساز
۴۷	۴۸۳۵-۱	مجموعه وسایل قطع و وصل و فرمان فشار ضعیف- قسمت اول: مقررات عمومی
۴۸	۴۸۳۵-۲	مجموعه وسایل قطع و وصل و فرمان فشار ضعیف- قسمت دوم: کلیدهای خودکار
۴۹	۴۸۳۵-۴-۳	مجموعه وسایل قطع و وصل و فرمان فشار ضعیف- قسمت ۴-۳: کنتاکتورها و راه‌اندازهای موتور- کنترل‌کننده‌ها و کنتاکتورهای نوع نیمه‌هادی برای بارهای غیرموتوری جریان متناوب
۵۰	۴۹۶۴-۹	تاسیسات الکتریکی ساختمان‌ها- قسمت پنجم: بخش چهارم- روش‌های اتصال زمین و هادی‌های حفاظتی

استانداردهای ملی ایران (ISIRI)		
ردیف	شماره استاندارد	موضوع استاندارد
۵۱	۵۸۲۰	تابلوهای مورد استفاده در شبکه توزیع- قسمت اول: مبانی تابلوهای فشارضعیف و فشار متوسط
۵۲	۶۱۷۷	ترانسفورماتورهای قدرت- راهنمای کاربرد
۵۳	۶۲۱۸	منابع تغذیه ولتاژ پایین با خروجی برق مستقیم (DC)- ویژگی‌های عملکرد و الزامات ایمنی
۵۴	۷۲۱۳-۱	خازن‌های قدرت موازی از نوع خودترمیم‌کننده برای سیستم‌های AC با ولتاژ اسمی تا و خود ۱۰۰۰ ولت، قسمت اول: کلیات- کارایی، آزمون و مقادیر نامی- مقررات ایمنی- راهنمایی برای نصب و کارکرد
۵۵	۷۲۱۳-۲	خازن‌های موازی از نوع خود ترمیم‌کننده برای سیستم‌های AC با ولتاژ اسمی تا و خود ۱۰۰۰ ولت، قسمت دوم: آزمون کهنگی، آزمون خود ترمیمی و آزمون تخریب

منابع		
ردیف	منبع	موضوع استاندارد
۱	**نشریه شماره ۱۱۰-۲**	مشخصات فنی عمومی و اجرایی تاسیسات برقی کارهای ساختمانی، جلد دوم: تاسیسات برقی جریان ضعیف- معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس‌جمهور، معاونت نظارت راهبردی، دفتر نظام فنی اجرایی
۲	**نشریه شماره ۱۹۵**	مشخصات فنی عمومی و اجرایی روشنایی راههای شهری- سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور- سازمان توانیر
۳	**نشریه شماره ۳۷۴**	مشخصات فنی عمومی و اجرایی خطوط توزیع برق هوایی و کابلی فشار متوسط و فشار ضعیف- سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور- سازمان توانیر
۴	**نشریه شماره ۳۷۵**	مشخصات فنی عمومی و اجرایی پست‌های توزیع هوایی و زمینی ۲۰ و ۳۳ کیلوولت- سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور – سازمان توانیر
۵	**نشریه شماره ۳۹۳**	نقشه‌های جزییات اجرایی تیپ تاسیسات الکتریکی ساختمان- معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس‌جمهور، معاونت نظارت راهبردی، دفتر نظام فنی اجرایی
۶	**استاندارد خطوط هوایی توزیع- جلد دوم**	استاندارد تیرهای بتنی مسلح و پیش‌تنیده- وزارت نیرو- امور برق
۷	**استاندارد خطوط هوایی توزیع- جلد پنجم**	هادی‌ها و مفتول‌های خطوط هوایی توزیع- وزارت نیرو- امور برق
۸	**استاندارد شبکه‌های توزیع نیروی برق**	وزارت نیرو- امور برق
۹	**مقررات ملی ساختمانی ایران، مبحث۱۳**	طرح و اجرای تاسیسات برقی ساختمان‌ها- وزارت مسکن و شهرسازی- دفتر نظامات مهندسی

International Electrotechnical Commission (IEC)		
ردیف	شماره	موضوع
1	60044	Instrument transformers
2	60044–1	**Part 1:** Current transformers
3	60044–2	**Part 2:** Inductive voltage transformers
4	60044–5	**Part 5:** Capacitive voltage transformers
5	60055–1	Paper–insulated metal– sheathed cables for rated voltages up to 18/30 KV (with copper or aluminium conductors and excluding gas–pressure and oil– filled cables) **Part 1:** Tests on cables and their accessories
6	60055–2	**Part 2:** General and Constructional requirements
7	60064	Tungsten filament lamps for domestic and similar general lighting purposes– Performance requirements
8	60076–1	Power transformers– **Part 1:** General
9	60076–2	Power transformers– **Part 2:** Temperature rise
10	60076–3	Power transformers– **Part 3:** Insulation levels, dielectric tests and external clearances in air
11	60076–4	Power transformers– **Part 4:** Guide to the lightning impulse testing– Power transformers and reactors
12	60076–5	Power transformers–**Part 5:** Ability to withstand short circuit
13	60076–8	Power transformers– **Part 8:** Application guide
14	60076–10	Power transformers– **Part 10:** Determination of sound levels
15	60081	Double– capped fluorescent lamps– Performance specifications
16	60119	Recommendations for polycrystalline semiconductor rectifier stacks and equipments
17	60137	Insulated bushings for alternating voltages above 1000V
18	60146	Semiconductor convertors
19	60155	Glow– starters for fluorescent lamps
20	60186	Voltage transformers
21	60188	High– pressure mercury vapour lamps– performance specifications
22	60227–1	Polyvinyl chloride insulated cables of rated voltages up to and including 450/750 v **Part 1:** General requirements
23	60227–2	**Part 2:** Test methods
24	60227–3	**Part 3:** Non– sheathed cables for fixed wiring
25	60227–4	**Part 4:** sheathed cables for fixed wiring
26	60227–5	**Part 5:** Flexible cables (cords)
27	60227–6	**Part 6:** Lift cables and cables for flexible connections
28	60227–7	**Part 7:** Flexible cables screened and unscreened with two or more conductors
29	60233	Tests on hollow insulators for use in electrical equipment
30	60245–1	Rubber insulated cables–Rated voltages up to and including 450/750V– **Part 1:** General requirements
31	60245–2	**Part 2:** Test methods
32	60245–3	**Part 3:** Heat resistant silicone insulated cables
33	60245–4	**Part 4:** Cords and flexible cables

International Electrotechnical Commission (IEC)		
ردیف	شماره	موضوع
34	60245–5	**Part 5:** Lift cables
35	60245–7	**Part 7:** Heat resistant ethylene– vinyl acetate rubber insulated cables
36	60245–8	**Part 8:** cords for applications requiring high flexibility
37	60269–1	Low– voltage fuses– **Part 1:** General requirements
38	60269–2	**Part 2:** Supplementary requirements for fuses for uses by authorized persons (fuses mainly for industrial applications)
39	60269–2–1	**Part 2–1:** Supplementary requirements for fuses for use by authorized persons **sections I to IV:** Examples of types of standardized fuses
40	60269–3	**Part 3:** Supplementary requirements for fuses for use by unskilled persons (fuses mainly for household and similar applications)
41	60269–3–1	**Part 3–1:** Supplementary requirements for fuses for use by unskilled persons (fuses mainly for household and similar applications)– **Sections I to IV:** Example of types of standardized fuses
42	60269–4	**Part 4:** Supplementary requirements for fuse– links for the protection of semiconductor devices
43	60269–4–1	**Part 4–1:** Supplementary requirements for fuse– links for the protection of semiconductor devices– Sections I to III: Examples of types of standardized fuses– link
44	60282–2	Expulsion fuses
45	60287–1–1	Electric cables– Calculations of the current rating **Part 1–1:** Current rating equations (100% load factor) and calculation of losses– General
46	60287–1–2	**Part 1:** Current rating equations (100% load factor) and calculation of losses **Section 2:** Sheath eddy current loss factors for two circuits in flat formation
47	60287–1–3	Current rating equations (100% load factor) and calculation of losses Current sharing between parallel single – core cables and calculation of circulating current losses
48	60287–2–1	**Part 2–1:** Thermal resistance– Calculation of Thermal resistance
49	60287–2–2	Thermal resistance **Section 2:** A method for calculating reduction factors for groups of cables in free air, protected from solar radiation
50	60287–3–1	**Part 3–1:** Sections on operating conditions– Reference operating conditions and selection of cable type
51	60287–3–2	**Part 3:** Sections on operating conditions– **Section 2:** Economic optimization of power cable size
52	60298	A.C metal– enclosed switchgear and control gear for rated voltages above 1 kv and up to and including 52 kv
53	60309–1	Plugs, socket– outlets and couplers for industrial purposes **Part 1:** General requirements
54	60309–2	**Part 2:** Dimentional interchangeability requirements for pin and contact– tub accessories
55	60331–21	Tests for electric cables under fire conditions– Circuit integrity– **Part 21:** procedures and requirements– Cables of rated voltage up to and including 0.6/1.0 kv
56	60335–2–29	Household and similar electrical appliances– Safely– **Part 2–29:** Particular requirements for battery chargers

International Electrotechnical Commission (IEC)		
ردیف	شماره	موضوع
57	**60357**	Tungsten halogen lamps (non– vehicle)–Performance specifications
58	**60364–1**	Electrical installations of buildings– **Part 1:** Fundamental principles, assessment of general characteristics, definitions
59	**60364–5–51**	Electrical installations of buildings– **Part 5–51:** Selection and erection of electrical equipment– Common rules
60	**60364–5–52**	Electrical installation of buildings– **Part 5–52:** Selection and erection of electrical equipment wiring systems
61	**60364–5–54**	**Part 5–54:** Selection and erection of electrical equipment Earthing arrangements, protective conductors, and protective bonding conductors
62	**60400**	Lamp holders for tubular fluorescent lamps and starter holders
63	**60423**	Conduit systems for cable management Outside diameters of conduits for electrical installations ad threads for conduits and fittings
64	**60432–1**	Incandescent lamps Safety specifications **Part 1:** Tungsten filament lamps for domestic and similar general lighting purposes
65	**60432–2**	Incandescent lamps Safety specifications **Part 2:** Tungsten halogen lamps for domestic and similar general lighting purposes
66	**60439–1**	Low– voltage switchgear and controlgear assemblies **Part 1:** Type– tested and partially type– tested assemblies
67	**60439–2**	**Part 2:** Particular requirements for bus bar trunking systems (bus ways)
68	**60439–3**	**Part 3:** Particular requirements for low– voltage switchgear and controlgear assemblies intended to be installed in places where unskilled persons have access for their use– Distribution boards
69	**60439–4**	**Part 4:** Particular requirements for assemblies for construction sites
70	**60439–5**	**Part 5:** Particular requirements for assemblies for power distribution in public networks
71	**60466**	A.C Insulation– enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kv and up to and including 38kv
72	**60478–1**	Stabilized power supplies, d.c. output **Part 1:** Terms and definitions
73	**60478–4**	Stabilized power supplies, d.c. output **Part 4:** Tests other than radio– frequency interference
74	**60478–5**	Stabilized power supplies, d.c. output **Part 5:** Measurement of the magnetic component of the reactive near field
75	**60502–1**	Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kv (U_m=1,2 kv) up to 30 kv (U_m=36 kv) **Part 1:** Cables for rated voltages of 1 kv (U_m=1,2 kv) and 3 kv(U_m=3,6 kv)
76	**60502–2**	Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kv (U_m=1,2 kv) up to 30 kv (U_m=36 kv) **Part 2:** Cables for rated voltages from 6 kv (U_m=7,2 kv) up to 30 kv (U_m=36 kv)

International Electrotechnical Commission (IEC)		
ردیف	شماره	موضوع
77	**60502–4**	Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kv (U_m=1,2 kv) up to 30 kv (U_m=36 kv) **Part 4:** Test requirements on accessories for cables with rated voltages form 6 kv (U_m=7,2 kv) up to 30 kv (U_m=36 kv)
78	**60517**	Gas– insulated metal– enclosed switchgear for rated voltages of 72,5 kv and above
79	**60529**	Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)
80	**60598–1**	Luminaires **Part 1:** General requirements and tests
81	**60598–2–1**	Luminaires **Part 2–1:** Particular requirements **Section one**– Fixed general purpose luminaires
82	**60598–2–2**	Luminaires **Part 2:** Particular requirements **Section 2:** Recessed luminaires
83	**60598–2–3**	Luminaires **Part 2–3:** Particular requirements Luminaires for road and street lighting
84	**60598–2–5**	Luminaires **Part 2–5:** Particular requirements Floodlights
85	**60598–2–6**	Luminaires **Part 2–6:** Particular requirements Luminaires with built–in transformers for filaments lamps
86	**60598–2–17**	Luminaires **Part 2:** Particular requirements Section Seventeen– Luminaires for stage lighting, television, film and photographic studios (outdoor and indoor)
87	**60598–2–18**	Luminaires Part 2: Particular requirements **Section 18:** Luminaires for swimming pools and similar applications
88	**60598–2–22**	Luminaires Part 2: Particular requirements **Section 22**: Luminaires for emergency lighting
89	**60598–2–25**	Luminaires **Part 2–25**: Particular requirements Luminaires for use in clinical areas of hospitals and healthcare buildings
90	**60601–2–41**	Medical electrical equipments **Part 2–41:** Particular requirements for the safely of surgical luminaires and luminaires for diagnosis
91	**60614–1**	Conduits for electrical installations– Specification **Part 1:** General requirements
92	**60614–2–1**	Specification for conduits for electrical installtions **Part 2:** Particular specifications for conduits **Section one**– Metal conduits
93	**60614–2–2**	**Part 2:** Particular specification for conduits **Section two:** Rigid plain conduits of insulating materials
94	**60614–2–3**	**Part 2:** Particular specification for conduits **Section three:** Pliable conduits of insulating materials

International Electrotechnical Commission (IEC)		
ردیف	شماره	موضوع
95	60614–2–4	**Part 2:** Particular specification for conduits **Section four:** Pliable self– recovering conduits of insulating materials
96	60614–2–5	**Part 2:** Particular specification for conduits **Section 5:** Flexible conduits
97	60614–2–6	**Part 2:** Particular specification for conduits **Section 6:** Pliable conduits of metal or composite materials
98	60662	High pressure sodium vapour lamps
99	60669–1	Switches for household and similar fixed– electrical installations **Part 1:** General requirements
100	60669–2–1	**Part 2–1:** Particular requirements– Electronic switches
101	60669–2–2	**Part 2–2:** Particular requirements– Electromagnetic remote– control switches (RCS)
102	60669–2–3	**Part 2–3:** Particular requirements– Time delay switches (TDS)
103	60670	General requirements for enclosures for accessories for household and similar fixed electrical installation
104	60694	Common specifications for high– voltage switchgear and controlgear standards
105	60726	Dry–type power transformers
106	60730–2–7	Automatic electrical controls for household and similar use **Part 2:** Particular requirements for timers and time switches
107	60831–1	Shunt power capacitors of the self– healing type for a.c. systems having a rated voltage up to and including 1000 v **Part 1:** General– Performance, testing and rating Safety requirements– Guide for installation and operation
108	60831–2	Shunt power capacitors of the self– healing type for a.c. systems having a rated voltage up to and including 1000v **Part 2:** Ageing test, self– healing test and destruction test
109	60884–2–1	Plugs and socket– outlets for household and similar purposes **Part 2–1:** Particular requirements for fused plugs
110	60884–2–2	**Part 2–2:** Particular requirements for socket–outlets for appliances
111	60884–2–3	**Part 2–3:** Particular requirements for socket– outlets without interlock for fixed installations
112	60884–2–4	**Part 2–4:** Particular requirements for plugs and socket– outlets for SELV
113	60884–2–5	**Part 2–5:** Particular requirements for adaptors
114	60884–2–6	**Part 2–6:** Particular requirements for switched socket–outlets with interlock for fixed installations
115	60898–1	Electrical accessories Circuit– breakers for over current protection for household and similar installations **Part 1:** Circuit– breakers for a.c. operation
116	60898–2	**Part 2:** Circuit– breakers for a.c and d.c. operation
117	60901	Single– capped fluorescent lamps– Performance specifications
118	60921	Ballasts for tubular fluorescent lamps– Performance requirements
119	60923	Auxiliaries for lamps Ballasts for discharge lamps (excluding tubular fluorescent lamps) Performance requirements

International Electrotechnical Commission (IEC)		
ردیف	شماره	موضوع
120	60927	Auxiliaries for lamps Starting devices (other than glow starters) Performance requirements
121	60947–1	Low– voltage switchgear and controlgear **Part 1:** General rules
122	60947–2	**Part 2:** Circuit– breakers
123	60947–3	**Part 3:** Switches, disconnectors, switch–disconnectors and fuse–combination units
124	60947–4–1	**Part 4–1:** Contactors and motor– starters Electromechanical contactors and motor– starters
125	60947–4–2	**Part 4–2:** Contactors and motor starters AC semiconductor motor controllers and starters
126	60968	Self– ballasted lamps for general lighting services Safety requirements
127	60969	Self– ballasted lamps for general lighting services Performance requirements
128	61024–1	Protection of structures against lightning **Part 1:** General principles
129	61024–1–1	Protection of structures against lightning **Part 1:** General principles **Section 1:** Guide A– Selection of protection levels for lightning protection systems
130	61024–1–2	Protection of structures against lightning **Part 1–2:** General principles Guide B– Design, installation, maintenance and inspection of lightning protection systems
131	61035–1	Specification for conduit fittings for electrical installations **Part 1:** General requirements
132	61035–2–1	**Part 2:** Particular specifications **Section 1:** Metal conduit fittings
133	61035–2–2	**Part 2:** Particular specifications **Section 2:** Conduit fittings of insulating materials
134	61035–2–3	Part 2: Particular specifications **Section 3:** Fittings for flexible conduits of metal, insulating or composite materials and for pliable conduits of metal or composite materials
135	61048	Auxiliaries for lamps Capacitors for use in tubular fluorescent and other discharge lamp circuits General and safety requirements
136	61095	Electromechanical contactors for household and similar purposes
137	61167	Metal halide lamps
138	61195	Double– capped fluorescent lamps Safety specifications
139	61199	Single– capped fluorescent lamps Safety specifications
140	61204	Low– voltage power supply devices, d.c. output Performance characteristics

International Electrotechnical Commission (IEC)		
ردیف	شماره	موضوع
141	**61386–1**	Conduit systems for electrical installations **Part 1:** General requirements
142	**61386–21**	Conduit systems for cable management **Part 21:** Particular requirements Rigid conduit systems
143	**61386–22**	**Part 22:** Particular requirements Pliable conduit systems
144	**61386–23**	**Part 23:** Particular requirements Flexible conduit systems
145	**61459**	Low– voltage fuses Coordination between fuses and contactors/motor– starters Application guide
146	**61662**	Assessment of the risk of damage due to lightning
147	**61950**	Cable management systems Specification for conduit fittings for electrical installations for extra–heavy duty metal conduit
148	**62271–100**	High– voltage switchgear and controlgear **Part 100:** High– voltage alternating– current circuit– breakers
149	**62271–102**	High– voltage switchgear and controlgear **Part 102:** High– voltage alternating current disconnectors and earthing switches

British Standards (BS or BS EN or BS ISO)		
ردیف	شماره	موضوع
1	**BS 144**	Coal tar creosote for wood preservation
2	**BS EN 1011–1**	Welding– Recommendations for welding of metallic materials **Part 1:** General guidance for arc welding, 1998
3	**BS EN 1011–2**	**Part 2:**Arc welding of ferritic steels, 2001
4	**BS EN 1011–4**	**Part 4:**Arc welding of aluminium alloys,2000
5	**BS 1990**	Wood poles for overhead power and telecommunication lines. **Part 1:**Softwood poles
6	**BS 2898**	Wrought aluminium and aluminium alloys for electrical purposes–Bars, extruded round tube and sections.
7	**BS EN 2901**	Filler rods and wires for gas shielded arc welding **Part 4:**Specification for aluminium and aluminium alloys and magnesium alloys
8	**BS ISO 3046–1**	Reciprocating internal combustion engines performance. **Part 1:**Declarations of power, fuel and lubricating oil consumptions, and test methods– Additional requirements for engines for general use,2002
9	**BS ISO 3046–5**	**Part 5:**Torsional vibrations,2001
10	**BS 4533**	**Part 101:**Luminaires: General requirements and tests (F) , 1990

British Standards (BS or BS EN or BS ISO)		
ردیف	شماره	موضوع
11	**BS 4533**	**Section 102.1:**Luminaires: Particular requirements– Specification for fixed general purpose luminaires, 1990
12	**BS 4533**	**Section 102.2:**Luminaires: Particular requirements– Recessed luminaires, 1990
13	**BS 4533**	**Section 102.6:**Luminaires: Particular requirements– Specification for luminaires with built– in transformers for filament lamp, 1990
14	**BS 4533**	**Section 102.22:**Luminaires: Particular requirements– luminaires for emergency lighting, 1999
15	**BS 4533**	**Section 102.51:**Luminaires: Particular requirements– Luminaires with type of protection N, 1990
16	**BS 4533**	**Section 102.55:**Luminaires: Particular requirements– Luminaires for hospitals and health care buildings
17	**BS 4999**	**Part 140:**General requirements for rotating electrical machines– Voltage regulation and parallel operation of A.C. synchronous generators, 1987
18	**BS 5000**	**Part 3:**Rotating electrical machines of particular types or for particular applications– Generators to be deriven by reciprocating internal combustion engines, 1980
19	**BS 5000**	**Part 11:**Rotating electrical machines of particular types or for particular application– Small power electric motors and generators, 1988
20	**BS 5308**	**Part 1:**Instrumentation cables– Specifications for polyethylene insulated cables, 1993
21	**BS 6004**	PVC insulated cables, non– armoured cables for voltages up to and including 450/750v for electric power, lighting and internal wiring, 2002
22	**BS 6327**	Fire protection for reciprocating internal combustion engines
23	**BS 6346**	Specification for 600/1000 volt and 1900/3300 volt armoured electric cables having PVC insulation, 1997
24	**BS 6500**	Electric cables– Flexible cords rated up to 300/500 V, for use with appliances and equipment intended for domestic, office and similar environments, 2000
25	**BS 6622**	Specifications for cables with extruded cross– linked polyethylene or ethylene propylene rubber insulation for rated voltages from 3.8/5.5 kv up to 19/33 kv (E) , 1999
26	**BS 6651**	Code of practice for protection of structures against lightning, 1999
27	**BS ISO 6798**	Reciprocating internal combustion engines– measurement of emitted airborne noise
28	**BS 7430**	Code of practice for earthing, 1998
29	**BS 7540**	Use of cables with a rated voltage not exceeding 450/750 v, 1994
30	**BS 7698**	**Part 1:**Reciprocating internal combustion engine driven alternating current generating sets– Part 1: Specification for application, ratings and performance (ISO 8528–1: 1993)
31	**BS 7698**	**Part 2:**Specification for engine (ISO 8528–2: 1993)

British Standards (BS or BS EN or BS ISO)		
ردیف	شماره	موضوع
32	**BS 7698**	**Part 3:**Specification for alternating current generating sets (ISO 8523–3: 1993)
33	**BS 7698**	**Part 4:**Specification for controlgear and switchgear (ISO 8528–4: 1993)
34	**BS 7698**	**Part 5:**Specification for generating sets (ISO 8528–5: 1993)
35	**BS 7698**	**Part 6:**Test methods (ISO 8528–6: 1993)
36	**BS 7698**	**Part 7:**Technical declarations for specification and design (ISO 8528–7: 1996)
37	**BS 7698**	**Part 8:**Requirements for tests for low– power generating sets (ISO 8528–8: 1995)
38	**BS 7698**	**Part 9:**Measurement and evaluation of mechanical vibrations (ISO 8528–9: 1995)
39	**BS 7698**	**Part 10:**Measurement of airborne noise by the enveloping surface method (ISO 8528–10:1998)
40	**BS 7698 Part 12:**	**Part 12:**Emergency power supply to safety devices, 1999 (ISO 8528–12:1997)
41	**BS 7769**	Calculation of current rating of electric cables, 1997
42	**BS 7870**	LV and MV polymeric insulated cables, 2003
43	**BS 7939**	Smoke security devices– Code of practice for manufacture, installation and maintenance, 1999
44	**BS ISO 8178–3**	**Part 3:**Reciprocating internal combustion engines– Exhaust emission measurements Definitions and methods of measurement of exhaust gas smoke under steady state conditions, 1994
45	**BS EN 13601**	Copper and copper alloys– copper rod, bar and wire for general electrical purposes, 2002
46	**BS EN 45510–2–6**	**Part 2–6:**Guide for procurement of power station equipment Electrical equipment– Generators, 2000
47	**BS EN 60034–22**	**Part 22:**Rotating electrical machines– AC generators for reciprocating internal combustion (RIC) engine driven generating sets

NFPA Standards		
ردیف	شماره	موضوع
1	**NFPA 70**	National Electrical Code, 2005
2	**NFPA 78**	Lightning protection code, 1983

NFC Standards		
ردیف	شماره	موضوع
1	**NFC 17–102**	Lightning protection, protection of structures and open areas against lightning using early streamer emission air terminals, July 1995

VDE Standards		
ردیف	شماره	موضوع
1	**VDE 0100–100**	Emergency escape lighting systems

DIN Standards		
ردیف	شماره	موضوع
1	**DIN 2440**	Specification for seamless and welded so– called "threaded tubes" (also known as gas tubes)
2	**DIN 40500**	Copper for electrical purposes, sheet and strip
3	**DIN 40501**	Aluminium for use in electrical engineering **Part 2:**Tubes, rods, bars and sections
4	**DIN 48200–1**	Copper wires for stranded conductors
5	**DIN 48201–1**	Copper stranded conductors
6	**DIN 48204**	Aluminium conductors, steel reinforced
7	**DIN 49020**	Conduit for electric wiring, screwed steel conduit, plain conduit , couplers

DIN VDE Standards		
ردیف	شماره	موضوع
1	**DIN VDE 0100**	Erection of power installations with nominal voltages up to 1000V
2	**DIN VDE 0100–450**	Protective measure for safety
3	**DIN VDE 0250**	Cables and flexible cords for power installation
4	**DIN VDE 0262**	XLPE insulated and pvc sheathed installation– cables with nominal voltage 0.6/1 kv
5	**DIN VDE 0265**	Cables with plastic – insulated load– Jacket for power installation
6	**DIN VDE 0267**	Halogen– free cables with improved characteristics in case of fire, nominal voltages up to 6 to 30 kv
7	**DIN VDE 0271**	PVC– insulated cables and sheathed power cables for rated voltages up to and including 3.6/6 (7.2) kv
8	**DIN VDE 0276**	Power cables **Part 603:**Distribution cables of rated voltage 0.6/1 kv
9	**DIN VDE 0276**	**Part 604:**Power cables of nominal voltages $U_0/U_{0.6}$ /1 kv with special fire performance for use in power stations
10	**DIN VDE 0276**	**Part 620:**Distribution cables of nominal voltages 3.6 to 20.8/36 kv

DIN VDE Standards		
ردیف	شماره	موضوع
11	**DIN VDE 0276**	Power cables **Part 621:**Medium voltage impregnated paper insulated distribution cables
12	**DIN VDE 0276**	**Part 1000:**Current– Carrying capacity, general , conversion factors
13	**DIN VDE 0278**	Test requirements on accessories for use on power cables of rated voltage from 3.6/6 (7.2) kv up to 36 kv
14	**DIN VDE 0281**	PVC– cables , wires and flexible cords for power installation
15	**DIN VDE 0282**	Rubber cables and flexible cords for power installation
16	**DIN VDE 0298**	**Part 1 to 300:**Application of cables and flexible cords in power installations, Testing, measurement

IPS–M–EL		
ردیف	شماره	موضوع
1	**IPS–M–EL–174(0)**	Material and equipment standard for battery chargers

ANSI/NEMA Standards		
ردیف	شماره	موضوع
1	**ANSI/NEMA PE1–2003**	Uniterruptible power systems (UPS)– Specification and performance verification
2	**ANSI/NEMA PE5–2003**	Utility type battery chargers
3	**ANSI/NEMA PE7–2003**	Communications type battery chargers

ISO Standards		
ردیف	شماره	موضوع
1	**ISO 1459**	Metallic coatings– Protection against corrosion by hot dip galvanizing
2	**ISO 1460**	Metallic coatings– Hot dip galvanized coatings on ferrous materials – Gravimetric determination of the mass per unit area, 1992
3	**ISO 1461**	Hot dip galvanized coatings on fabricated iron and steel articles– Specifications and test method, 1999

خواننده گرامی

دفتر نظام فنی اجرایی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور با گذشت بیش از سی سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر چهارصد عنوان نشریه تخصصی- فنی، در قالب آیین‌نامه، ضابطه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی و مقاله، به صورت تالیف و ترجمه، تهیه و ابلاغ کرده است. نشریه حاضر در راستای موارد یاد شده تهیه شده، تا در راه نیل به توسعه و گسترش علوم در کشور و بهبود فعالیت‌های عمرانی به کار برده شود. فهرست نشریات منتشر شده در سال‌های اخیر در سایت اینترنتی **http://tec.mporg.ir** قابل دستیابی می‌باشد.

دفتر نظام فنی اجرایی

Islamic Republic of Iran
Vice Presidency for Strategic Planning and Supervision

General Technical Specification and Execution Procedures for Electrical Installation of Buildings

Part 1: Low and Medium Voltage Electrical Installations (Revision2)

No: 110-1

Office of Deputy for Strategic Supervision
Bureau of Technical Execution System

2010/2011

این کتاب

با عنوان مشخصات فنی عمومی و اجرایی تأسیسات برقی ساختمان، جلد اول از مجموعه دو جلدی است. در این مجلد سیستم تأسیسات برقی فشار ضعیف و فشار متوسط در پانزده فصل شامل مباحث مربوط به لوله‌کشی و سیم‌کشی، کلید و پریز، سیستم روشنایی، تابلوهای فشار ضعیف و فشار متوسط، کابلهای فشار ضعیف و فشار متوسط، مولدهای برق، ترانسفورماتورهای فشار متوسط، خازن‌های قدرت موازی، منابع تغذیه جریان مستقیم ولتاژ پایین، وسایل شبکه، و نهایتاً سیستم‌های حفاظت در برابر آذرخش و اتصال زمین ارایه شده است.

مطالب مورد بحث در هر فصل مشتمل بر کلیات و تعاریف، استاندارد و مشخصات فنی ساخت، انواع و موارد کاربرد، روشهای محاسباتی، اصول و روشهای نصب، و نشانه‌های ترسیمی تجهیزات و لوازم برقی می‌باشد که همراه با جداول لازم و برخی جزییات شماتیک بیان شده است.