کتاب پایه آزمون کارشناسی رسمی
رشته برق، الکترونیک و مخابرات

مؤلفان:

دکتر محمود جعفری

مهندس محمد کریمی

نام کتاب: کتاب پایه آزمون کارشناسی رسمی رشته برق، الکترونیک و مخابرات
تألیف: محمود جعفری، محمد کریمی
ناشر: خانه کتاب مهندسین
ویراستار: هاجر کریم
طرح جلد: محسن حاجی‌وند
نوبت چاپ: اول ۱۴۰۲
قطع: رحلی
تیراژ: ۱۰۰۰
قیمت: ۱۵۰,۰۰۰ تومان
شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۹۰۴۵۶-۴-۰

کلیه‌ی حقوق قانونی و مادی و معنوی برای ناشر محفوظ است. هیچ شخص حقیقی یا حقوقی حق تکثیر تمام یا قسمتی از این مجموعه را ندارد.
در صورت مشاهده، تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

فهرست مطالب

مقدمه ۶

فصل اول: معرفی آزمون ۷

۱ – ۱ کلیات ۸

۱ – ۲ تفاوت آزمون‌های کارشناسی رسمی دادگستری، قوه قضاییه و ماده ۲۷ ..... ۸

۱ – ۳ شرایط شرکت ۸

۱ – ۳ – ۱ شرایط عمومی ۸

۱ – ۳ – ۲ شرایط اختصاصی ۹

۱ – ۴ مدارک موردنیاز ۹

۱ – ۵ محاسبه نمره قبولی ۹

۱ – ۶ معیارهای انتخاب رشته ۱۰

۱ – ۷ تفاوت آزمون های کارشناسی رسمی و نظام مهندسی ۱۱

۱ – ۸ رشته های مجاز ۱۱

۱ – ۸ – ۱ رشته برق، الکترونیک و مخابرات ۱۱

۱ – ۸ – ۲ رشته برق، ماشین و تاسیسات کارخانجات ۱۲

۱ – ۸ – ۳ رشته تاسیسات ساختمانی ۱۳

۱ – ۹ سابقه کار ۱۳

۱ – ۱۰ مراحل قبولی ۱۳

۱ – ۱۱ سرفصل‌ها ۱۴

۱ – ۱۱ – ۱ رشته برق، ماشین و تاسیسات کارخانجات ۱۴

۱ – ۱۱ – ۲ رشته تاسیسات ساختمانی ۱۵

۱ – ۱۱ – ۳ رشته برق، الکترونیک و مخابرات ۱۵

۱ – ۱۲ درآمد ۱۶

۱ – ۱۳ شش نکته طلایی ۱۶

۱ – ۱۴ سوالات پرتکرار ۱۷

فصل دوم: مفاهیم برق ۱۹

۲ – ۱ آشنایی با الکتریسیته ۲۰

۲ – ۲ مبانی تحلیل مدارهای الکتریکی ۲۰

۲ – ۲ – ۱ جریان الکتریکی ۲۰

۲ – ۲ – ۲ ولتاژ الکتریکی ۲۱

۲ – ۲ – ۳ مقاومت الکتریکی ۲۲

۲ – ۲ – ۴ قانون اهم ۲۵

۲ – ۲ – ۵ اتصال المان‌ها ۲۵

۲ – ۲ – ۶ کار و توان الکتریکی ۲۷

۲ – ۲ – ۷ محاسبه هزینه برق ۳۰

۲ – ۳ عناصر ذخیره‌کننده‌ی انرژی ۳۱
۲ – ۳ – ۱ سلف ۳۱
۲ – ۳ – ۲ خازن ۳۱
۲ – ۴ تحلیل مدارهای جریان متناوب (AC) ۳۳
۲ – ۴ – ۱ مشخصات یک شکل موج سینوسی ۳۳
۲ – ۴ – ۲ تحلیل مدارهای جریان متناوب (AC) ۳۴
۲ – ۴ – ۳ توان در جریان متناوب تکفاز ۳۷
۲ – ۵ شبکه‌های سه‌فاز ۴۱
۲ – ۵ – ۱ مفاهیم مقدماتی ۴۱
۲ – ۵ – ۲ مفاهیم موردنیاز در تحلیل شبکه‌های سه‌فاز ۴۱
۲ – ۵ – ۳ انواع اتصال‌ها در شبکه‌های قدرت سه‌فاز ۴۲
۲ – ۵ – ۴ توان در مدارهای سه‌فاز متعادل ۴۴
۲ – ۶ پریونت کردن کمیت‌ها ۴۵
۲ – ۶ – ۱ تعریف و روابط ۴۵
۲ – ۶ – ۲ تغییر مبنا در مقادیر پریونیت ۴۷

فصل سوم: مفاهیم الکترونیک و مخابرات ۴۹

3 - 1 قانون اهم ۵۰
3 - 2 عناصر مدار ۵۰
۳ – ۲ – ۱ مقاومت ۵۰
۳ – ۲ – ۲ خازن ۵۱
۳ – ۲ – ۳ سلف ۵۱
3 - 3 منابع ۵۲
۳ – ۳ – ۱ توان ۵۳
۳ – ۳ – ۲ توان متوسط و موثر ۵۴
۳ – ۳ – ۳ اتصال اجزای مدار ۵۵
3 - 4 قوانین کیرشهف ۵۷
۳ – ۴ – ۱ قانون جریان کیرشهف یا KCL ۵۷
2 - 4 - 3 قانون ولتاژ کیرشهف یا KVL ۵۷
۳ – ۵ مدارهای معادل ۶۰
۳ – ۵ – ۱ معادل تونن ۶۰
۳ – ۵ – ۲ معادل نورتن ۶۱
۳ – ۵ – ۳ قضیه انتقال حداکثر توان ۶۲
۳ – ۶ مدارهای مرتبه اول ۶۳
۳ – ۷ آشنایی با موسسات، کمیته ها و سازمان های مخابراتی ۶۷
۳ – ۷ – ۱ موسسه استاندارد ITU ۶۷
۳ – ۷ – ۲ کمیته‌ها و سیستم‌های مخابراتی ۶۸
۳ – ۷ – ۳ وظایف و اختیارات سازمان تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی ۶۸
۳ – ۷ – ۴ سیستم های مخابراتی ۷۰
۳ – ۸ مراکز تلفن ۷۱
۳ – ۸ – ۱ مرکز تلفن الکترونیکی SPC ۷۱
۳ – ۸ – ۲ مزایای مرکز تلفن دیجیتال ۷۲
۳ – ۸ – ۳ مفهوم تکرار یا Redundant ۷۳
۳ – ۸ – ۴ MDF در مخابرات ۷۳
۳ – ۸ – ۵ ترافیک یک مرکز تلفن ۷۴
۳ – ۸ – ۶ دستگاه های بهبود دهنده مکالمه ۷۴

فصل چهارم: پاسخ تشریحی آزمون سال ۹۸ ..... ۷۶

مقدمه

آزمون کارشناسی رسمی یک آزمون سراسری برای انتخاب مهندسین خبره در حوزه مختلف بوده که مهندسین برق نیز می‌توانند در سه رشته این آزمون شرکت کنند. انتشارت خانه کتاب مهندسین بعد از موفقیت چشمگیر در آزمون نظام مهندسی، اکنون با انتشار اولین کتاب خود در حوزه آزمون کارشناسی رسمی، به صورت رسمی و عملی وارد این حوزه می‌شود.

کتاب پیش رو، مفاهیم پایه و اولیه قبولی در آزمون کارشناسی رسمی رشته «برق، الکترونیک و مخابرات» دادگستری و قوه قضاییه بوده که در چهار فصل تدوین شده است:

فصل اول: مفاهیم اولیه معرفی آزمون، سرفصل‌ها، رشته‌های مجاز و بودجه‌بندی آزمون

فصل دوم: مبانی و مفاهیم پایه برق

فصل سوم: مبانی و مفاهیم الکترونیک و مخابرات

فصل چهارم: پاسخ تشریحی آزمون

این آموزش به صورت طبقه بندی شده براساس بررسی سوالات آزمون سه رشته «برق، الکترونیک و مخابرات»، «برق، ماشین و تاسیسات کارخانجات» و «تاسیسات ساختمانی» ارایه شده است. همچنین برای دریافت فایل پی دی اف و آموزش ویدیویی این کتاب، می توانید به اپلیکیشن آکادمی کریمی مراجعه کنید.

app.mohammad-karimi.com

در اینجا فرصت را مغتنم دانسته از همکاری صمیمانه و شبانه‌روزی مدیریت محترم انتشارات خانه کتاب مهندسین که سهم به سزایی در آمادگی داوطلبان برای آزمون¬های نظام مهندسی دارند، تشکر می‌کنیم. با وجود زحمات فراوانی که برای این کتاب کشیده شده است، قطعاً خالی از ایراد نیست؛ لذا از شما می‌خواهیم انتقادات و پیشنهادات خود را مستقیماً با مهندس کریمی در میان بگذارید.

nashr@mohammad-karimi.com

فصل اول

معرفی آزمون

در این فصل می‌خوانیم:

- ✓ کلیات
- ✓ تفاوت آزمون‌های کارشناسی رسمی دادگستری، قوه قضاییه و ماده ۲۷
- ✓ شرایط آزمون
- ✓ مدارک مورد نیاز
- ✓ محاسبه نمره قبولی
- ✓ معیارهای انتخاب رشته
- ✓ تفاوت آزمون‌های کارشناسی رسمی و نظام مهندسی
- ✓ رشته‌های مجاز
- ✓ سابقه کار
- ✓ مراحل قبولی
- ✓ سرفصل‌ها
- ✓ درآمد
- ✓ شش نکته طلائی
- ✓ سوالات پرتکرار

۱ - ۱ کلیات

یکی از آزمون های بسیار مهم برای هر مهندس برق و مکانیکی، شرکت در آزمون کارشناسی رسمی دادگستری و قوه قضاییه بوده که در این فصل، به معرفی کامل آن می پردازیم. در ادامه سرفصل ها و مفاهیمی که در این ویدیوی آموزشی ارایه می شود، مرور خواهد شد.

هدف و مزیت اصلی: هدف یک کارشناس رسمی، دادن نظرات کارشناسی در حوزه تخصصی در مورد دعاوی ارجاع شده از دادگاه است. اصلی ترین مزایای داشتن پروانه کارشناسی رسمی عبارتند از: فعالیت در کل کشور، تنوع موضوعی، زمان بر نبودن، عدم ایجاد مشکل برای شغل و ارتقا شخصیت مهندسی

رشته ها و سرفصل ها: آزمون کارشناسی رسمی برای مهندسین برق و مکانیک، در سه صلاحیت برگزار می شود که عبارت است از:

- آزمون کارشناسی رسمی رشته برق، الکترونیک، مخابرات
- آزمون کارشناسی رسمی رشته برق، ماشین و تاسیسات کارخانجات
- آزمون کارشناسی رسمی رشته تاسیسات ساختمانی

۱ - ۲ تفاوت آزمون‌های کارشناسی رسمی دادگستری، قوه قضاییه و ماده ۲۷

آزمون دادگستری: از آنجایی که از همان ابتدا کارشناسان رسمی خواهان تشکیل یک سازمان مستقل بودند، در سال ۱۳۵۸ مقرراتی تحت عنوان «لایحه قانون مربوط به استقلال کانون کارشناسان رسمی دادگستری» به تصویب شورای انقلاب اسلامی رسید. در این زمان کانون مستقلا روع به کار کرد و از اداره فنی دادگستری جدا شد. در حال حاضر تقریبا ۲۸ استان در کشور دارای کانون های مستقل هستند.

آزمون قوه قضاییه: مرکز کارشناسان رسمی قوه قضاییه بر مبنای ماده ۱۸۷ قانون برنامه سوم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران در سال ۱۳۸۰ تاسیس شد، یعنی تقریبا ۲۰ سال از تاسیس آن می گذرد. این مرکز به علت تسهیل دسترسی مردم به خدمات قضایی و حفظ حقوق آن ها ایجاد شد.

آزمون ماده ۲۷: وزارتخانه ها، مؤسسات دولتی، نهادها، نیروی نظامی و انتظامی، شرکت های دولتی و شهرداری ها می توانند در ارجاع امور کارشناسی با رعایت آیین نامه خاصی که به پیشنهاد مشترک وزارت مسکن و شهرسازی و وزارت دادگستری به تصویب هیأت وزیران می رسد به جای کارشناسان رسمی دادگستری از مهندسان دارای پروانه اشتغال که بوسیله سازمان استان معرفی می شوند استفاده نمایند. خدمات مهندسی کارشناسی شامل کلیه خدمات مهندسی از قبیل طراحی، محاسبه، نظارت، اجرا، بهره برداری، کنترل و بازرسی، آزمایش، متره، برآورد، ارزیابی و تقویم، تشخیص علل خرابی که در چارچوب معیارهای پذیرفته شده تخصصی قابل عرضه بوده و در زمره امور حرفه ای ناشی از پروانه اشتغال موضوع قانون نظام مهندسی و کنترل ساختمان یا عضویت در سازمان استان می‌باشد.

۱ - ۳ شرایط شرکت

۱ - ۳ - ۱ شرایط عمومی

- متدین به دین اسلام یا یکی از اقلیتهای دینی به رسمیت شناخته شده در قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران و وفاداری به نظام مقدس جمهوری اسلامی
- داشتن تابعیت ایرانی
- نداشتن پیشینهٔ کیفری مؤثر
- عدم اعتیاد به مواد مخدر
- نداشتن وابستگی و سابقهٔ عضویت و هواداری در گروه‌های غیرقانونی و مخالف اسلام
- دارا بودن حداقل بیست و پنج سال سن در پایان مهلت ثبت نام
- داشتن معافیت یا کارت پایان خدمت وظیفهٔ عمومی (برای آقایان)

۱ - ۳ - ۲ شرایط اختصاصی

- داشتن دانشنامهٔ کارشناسی یا بالاتر: مقابل رشتهٔ کارشناسی مورد تقاضا، از دانشگاه‌های معتبر داخلی (اعم از دولتی یا غیردولتی)، مورد تأیید وزارت علوم، تحقیقات و فناوری یا وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی یا از دانشگاه‌های خارجی مورد تأیید وزارت علوم، تحقیقات و فناوری یا وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، و داشتن حداقل پنج سال تمام سابقهٔ تجربی مرتبط در رشتهٔ کارشناسی مورد تقاضا، پس از اخذ دانشنامهٔ مذکور تا آخرین روز ثبت نام. رشته های کارشناسی رسمی که داوطلبان با داشتن شرایط یاد شده میتوانند در آن رشته ها ثبت نام کنند.

هرگاه در رشتهٔ کارشناسی مورد تقاضا، دورهٔ تحصیلی مقطع کارشناسی یا بالاتر وجود نداشته باشد، داوطلبان با دارا بودن دانشنامهٔ کارشناسی یا بالاتر در هر رشته و داشتن حداقل پانزده سال تمام سابقهٔ تجربیِ مرتبط در رشتهٔ کارشناسی مورد تقاضا تا آخرین روز ثبت نام، میتوانند در آزمون شرکت کنند. داوطلبان با داشتن دانشنامهٔ کارشناسی یا بالاترِ مرتبط و حداقل پنج سال تمام سابقهٔ تجربی مرتبط با رشتهٔ کارشناسی مورد تقاضا، بعد از اخذ دانشنامه، یا در صورت داشتن دانشنامهٔ کارشناسی یا بالاتر غیر مرتبط و حداقل پانزده سال تمام سابقهٔ تجربی مرتبط تا آخرین روز ثبت نام در رشتهٔ کارشناسی مورد تقاضا، میتوانند در آزمون آنها شرکت کنند، آورده شده است.

۱ - ۴ مدارک موردنیاز

فایل عکس پرسنلی اسکن شده: یک قطعه عکس سه در چهار جدید تمام رخ (بانوان با پوشش اسلامی) با فرمت jpg رنگی و دارای زمینه سفید که برای آپلود در سایت، باید اسکن شده باشد. سایز عکس باید ۲۰۰ در ۳۰۰ پیکسل باشد که حجم این فایل نباید از ۱۵ کیلو بایت کمتر و از ۷۰ کیلو بایت بیشتر باشد. بدیهی است که تصویر داوطلب باید واضح، مشخص، و فاقد اثر مهر، منگنه، و هرگونه لکه باشد و در صورت وجود حاشیه های ضافی اطراف عکس، به صورت کامل باید حذف شود. در صورت ارسال عکسی که فاقد مشخصات یاد شده باشد، یا اگر عکس شخص دیگری به جای عکس داوطلب فرستاده شود، از ادامه انجام مراحل آزمون داوطلب جلوگیری خواهد شد. با توجه به مشکلات به وجود آمده در آزمون های قبلی، ناشی از اشتباه در ارسال عکس داوطلبان، تأکید می شود که علاوه بر کنترل اطلاعات ثبتنامی، حتماً نسبت به کنترل عکس ارسالی دقت نمایید تا اشتباهاً عکس داوطلب دیگری به جای عکس شما ارسال نگردد. بدیهی است که در صورت ارسال عکس اشتباهی از طرف داوطلب، ثبتنام و آزمون داوطلب در هر مرحله که باشد کان لمیکن تلقی میشود.

فایل اسکن شده کارت ملی: عکس اسکن شده کارت ملی با فرمت jpg که حجم آن نباید از ۱۵ کیلو بایت کمتر و از ۷۰ کیلو بایت بیشتر باشد. دقت کنید که هر دو طرف کارت باید اسکن شده و در یک صفحه قرار داده شود.

فایل اسکن شناسنامه: صفحه اول شناسنامه و در صورت داشتن توضیحات، این صفحه توضیحات باید با فرمت jpg که حجم آن نباید از ۳۰ کیلو بایت کمتر و از ۱۳۰ کیلو بایت بیشتر باشد. در صورت اسکن تمامی صفحات، عکسها را در یک صفحه قرار دهید و سپس در سیستم بارگذاری کنید.

فایل اسکن شده گواهی سابقه کار: یک گواهی اشتغال به کار باید تهیه شده و اسکن شود.

فایل اسکن شده دانشنامه کارشناسی یا بالاتر: آخرین مدرک تحصیلی یا گواهی موقت عکسدار فراغت از تحصیل، در فرمت jpg باید آماده شود.

فایل اسکن شده کارت معافیت یا پایان خدمت وظیفه عمومی: این مورد مخصوص آقایان است.

۱ - ۵ محاسبه نمره قبولی

قبلا روال به این صورت بود که در دفترچه راهنمای آزمون کارشناسی رسمی ظرفیت پذیرش برای هر رشته در هر منطقه اعلام می شد و حداقل نمره قبولی ۶۰ درصد بود و معمولا یک و نیم برابر ظرفیت پذیرش نهایی در آزمون کتبی پذیرفته می شود. مجلس شورای اسلامی در شهریور ۱۴۰۰ با در اولویت قرار گرفتن طرح تسهیل صدور برخی مجوزها برای کسب و کار در دستورکار صحن علنی مجلس موافقت کردند. از این رو، ظرفیت پذیرش کارشناس رسمی با معیار ماده ۵ خواهد شد.

ماده ۵: عبارت «براساس نیاز مناطق کشور» از بند (الف) ماده (۷) قانون کانون کارشناسی رسمی دادگستری مصوب ۱۸/۱/۱۳۸۱ حذف شده و دو تبصره به عنوان تبصره های (۱) و (۲) به این بند اضافه می شود:

تبصره ۱- شورای عالی کارشناسان موظف است هرساله از طریق سازمان سنجش آموزش کشور نسبت به برگزاری آزمون کارشناسان رسمی اقدام نماید. داوطلبانی که حداقل هفتاد درصد (۷۰٪) امتیاز میانگین نمرات یک درصد (۱٪) حائزان بالا ترین امتیاز در هر رشته را کسب کنند، به عنوان پذیرفته شده، برای طی مراحل مقتضی به کانون مشاوران رسمی و مرکز وکلا، کارشناسان رسمی و مشاوران خانواده معرفی می شوند. توزیع استانی پذیرفته شدگان بر اساس تقاضا یا امتیاز پذیرفته شدگان می باشد. نظارت بر اجرای این تبصره برعهده وزارت دادگستری است و وزارت مزبور مکلف است درصورت استنکاف کانون شورای عالی از برگزاری آزمون، راساً به برگزاری آن اقدام کند.

تبصره ۲- برای مشمولین بند چ ماده ۸۸ قانون برنامه پنجساله ششم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران (۱۳۹۶-۱۴۰۰) مصوب ۱۴/۱۲/۱۳۹۵ با اصلاحات و الحاقات بعدی نصاب مذکور در تبصره (۱) تا پایان دوره قانون مذکور حداقل شصت درصد (۶۰٪) می باشد.

۱ - ۶ معیارهای انتخاب رشته

رشته های مجاز: اولین نکته ای که در انتخاب رشته آزمون کارشناسی رسمی باید لحاظ شود این است که اساسا رشته تحصیلی داوطلب، مناسب و زیر مجموعه کدام رشته آزمون کارشناسی رسمی است،

منابع و سرفصل ها: آیتم دیگری که در انتخاب رشته بسیار تاثیر گذار است، منابع و سرفصل های رشته کارشناسی رسمی است؛ با توجه به اینکه رشته های کارشناسی رسمی معمولا بین رشته ای محسوب شده و سوالات از منابع مختلف مطرح می شود.

ظرفیت جذب: تا سال ۱۴۰۱، برای پذیرش در آزمون کارشناسی رسمی دادگستری و قوه قضاییه ظرفیت مشخص شده بود اما طبق مصوبه تسهیل صدور مجوزهای کسب و کار، از سال ۱۴۰۲ باید ظرفیت پذیرش برداشته شود که منتظر عملیاتی شدن این قانون هستیم.

گرایش: برای رشته های قدرت، انتقال و توزیع، رشته های تاسیسات ساختمانی و برق، ماشین و تاسیسات کارخانجات بهتر است. برای رشته های الکترونیک، مخابرات، کنترل و ابزار دقیق بهتر است در رشته برق، الکترونیک و مخابرات شرکت کنند.

روحیات فردی: یکی از مسائل مهم دیگر در انتخاب رشته، روحیات فردی و متناسب با نوع رشته است، مثلا رشته ای مانند برق، ماشین و تاسیسات کارخانجات، بیشتر در فضاهای صنعتی و خارج از شهر است.

محل سکونت: در صورتیکه در یک شهر صنعتی زندگی می کنید، بهتر است رشته برق، ماشین و تاسیسات کارخانجات را در الویت قرار دهید و در غیر این صورت، رشته های تاسیسات ساختمانی و الکترونیک و مخابرات، بهتر است.

جنسیت: خانمها بهتر است، در رشته برق، الکترونیک و مخابرات شرکت کنند و آقایون یکی از دو رشته تاسیسات ساختمانی و برق، ماشین و تاسیسات کارخانجات مناسب است.

سابقه کار: در بین رشته های سه گانه، براساس سوابق کاری می توان، رشته ها را اولویت بندی کرد:

- رشته تاسیسات ساختمانی: سوابق کاری مرتبط با طراحی، نظارت و اجرای تاسیسات برقی و مکانیکی مانند برقکاری، تاسیسات جریان ضعیف، ارت و همبندی، داشتن پروانه نظام مهندسی و ...
- رشته برق، ماشین و تاسیسات کارخانجات: سوابق پیمان کاری، کارگاهی، تولیدی و صنعتی بویژه کارخنجات، کارگاه ها بزرگ، صنایع خودروسازی، نفتی و ...
- رشته برق، الکترونیک و مخابرات: سوابق کاری در بخش خدماتی، دولتی و غیرصنعتی مانند ادارات، ارگان ها و وزارت خانه ها

بازار کار: حتما باید تحقیق شود که بعد از گرفتن پروانه کارشناسی رسمی، بازار کار و درآمد کارشناس رسمی چقدر می تواند باشد. به طور کلی، تعداد کارهای تاسیسات ساختمانی از رشته برق، ماشین و تاسیسات کارخانجات بیشتر بوده اما درآمد هر پروژه رشته برق، ماشین و تاسیسات کارخانجات بیشتر است.

۱ - ۷ تفاوت آزمون های کارشناسی رسمی و نظام مهندسی

سرفصل ها: آزمون نظام مهندسی در هفت رشته با سرفصل های مشخص شده از سوی دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان برگزار می شود اما آزمون کارشناسی رسمی، در حدود ۳۰ رشته با سرفصل های متفاوت برگزار شده و این سرفصل ها معمولا بین رشته ای هستند، مثلا در سه رشته زیر سوالات به صورت ترکیب مشخص شده ارایه می شود:

- آزمون کارشناسی رسمی رشته برق، الکترونیک، مخابرات: گرایش های مختلف برق
- آزمون کارشناسی رسمی رشته برق، ماشین و تاسیسات کارخانجات: رشته های برق، مکانیک و صنایع
- آزمون کارشناسی رسمی رشته تاسیسات ساختمانی: رشته های برق و مکانیک

منابع: منابع آزمون نظام مهندسی از سوی دفتر مقررات ملی معرفی می شود و اکثر سوالات از این منابع مطرح می شود، هر چند تعدادی سوال خارج از این منابع نیز طرح می شود اما برای آزمون کارشناسی رسمی هیچ منبع مشخصی وجود نداشته و اساسا منبع ازمون معرفی نمی شود.

سطح سختی: با بررسی و مقایسه سوالات دو آزمون، می توان ادعا کرد که سوالات آزمون کارشناسی رسمی به صورت چشم گیری از سوالات آزمون نظام مهندسی آسان تر است.

رشته های مجاز: همانطور که قبلا اشاره شد، آزمون ها از نظر رشته های مجاز کاملا متفاوت هستند.

سامانه پیامکی: هر دو آزمون دارای سامانه پیامکی اطلاع رسانی اخبار با شماره ۹۰۰۰۲۶۱۷ هستند

- عدد ۱: آزمون نظام مهندسی
- عدد ۷: آزمون کارشناسی رسمی

ظرفیت پذیرش: یکی از تفاوت های مهم این دو آزمون در ظرفیت پذیرش است، آزمون نظام مهندسی ظرفیت پذیرش ندارد اما آزمون کارشناسی رسمی دارای ظرفیت مشخص بوده که براساس نیاز برای هر استان هر سال در دفترچه راهنمای آزمون کارشناسی رسمی، مشخص می شود.

مراحل آزمون: آزمون نظام مهندسی تک مرحله ای بوده و با قبولی در آزمون کتبی، داوطلب می تواند پروانه اشتغال به کار خود را بگیرد اما آزمون کارشناسی رسمی دارای مراحل مختلفی شامل آزمون کتبی، آزمون شفاهی، گزینش و کارآموزی است.

صلاحیت ها: آزمون نظام مهندسی دارای سه صلاحیت طراحی (محاسبه)، نظارت و اجرا بوده اما آزمون کارشناسی رسمی دارای صلاحیت خاصی برای هر رشته نیست.

ارگان برگزاری آزمون: آزمون نظام مهندسی توسط دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان معاونت مسکن و شهرسازی وزارت راه و شهرسازی برگزار می شود اما آزمون کارشناسی رسمی توسط مرکز وکلا، کارشناسان رسمی و مشاوران خانواده قوه قضاییه برگزار می شود. در هر دو آزمون، شرکت کارکنان سازمان سنجش کشور، همکاری می کند.

درآمد: مهمترین تفاوت درآمد کارشناس رسمی و درآمد نظام مهندسی در این است که درآمد کارشناس رسمی همیشه یک درصد مشخصی از موضوع پرونده بوده اما درآمد نظام مهندسی متنسب با نوع پروانه، شهر، نوع ساختمان، پایه و ... متغیر است.

۱ - ۸ رشته های مجاز

اساسا آزمون کارشناسی رسمی برق در سه رشته برگزار می شود که در ادامه به معرفی رشته های تحصیلی مجاز برای شرکت در این آزمون ها می پردازیم.

۱ - ۸ - ۱ رشته برق، الکترونیک و مخابرات

- مهندسی تکنولوژی الکترونیک
- مهندسی تکنولوژی برق ـ قدرت
- مهندسی تکنولوژی مخابرات
- مهندسی تکنولوژی کنترل و ابزار دقیق

- مهندسی الکترومکانیک
- مهندسی برق ـ مخابرات
- مهندسی الکترونیک
- مهندسی مخابرات
- مهندسی کنترل و ابزار دقیق
- مهندسی برق (کلیه گرایش ها)
- مهندسی تکنولوژی مخابرات (کلیه گرایش ها)
- مهندسی تکنولوژی برق (گرایش شبکه های انتقال و توزیع)
- مهندسی فناوری مکاترونیک
- مهندسی مکاترونیک
- مهندسی فناوری برق شبکه های توزیع
- مهندسی فناوری شبکه های انتقال برق
- مهندسی فناوری الکترونیک صنعتی
- مهندسی فناوری ارتباطات و اطلاعات (گرایش های: مخابرات سیار
- مخابرات نوری
- بهره برداری از سیستم های مخابراتی
- مهندسی فناوری کنترل ـ ابزار دقیق

۱ - ۸ - ۲ رشته برق، ماشین و تاسیسات کارخانجات

- مهندسی برق (کلیه گرایش ها)
- مهندسی مکانیک (کلیه گرایش ها)
- مهندسی صنایع (کارشناسی فاقد گرایش)
- مهندسی صنایع (گرایش های: تکنولوژی صنعتی
- تولید صنعتی
- برنامه ریزی و تحلیل سیستم ها
- مهندسی تکنولوژی ساخت و تولید ـ ماشین افزار
- مهندسی فناوری مکانیک ـ ماشین افزار
- مهندسی ساخت و تولید
- مهندسی فناوری مکانیک
- تاسیسات حرارتی و برودتی
- مهندسی مکاترونیک
- مهندسی تکنولوژی برق (گرایش شبکه های انتقال و توزیع)
- مهندسی فناوری مکاترونیک
- مهندسی فناوری شبکه های توزیع برق
- مهندسی فناوری شبکه های انتقال برق
- مهندسی تاسیسات
- مهندسی تکنولوژی (گرایش: مکانیک نیروگاه)

۱ - ۸ - ۳ رشته تاسیسات ساختمانی

- مهندسی الکترومکانیک
- مهندسی مکانیک (کلیه گرایش ها)
- مهندسی برق (کلیه گرایش ها)
- مهندسی تهویه و تبرید
- مهندسی انرژی
- مهندسی فناوری شبکه های توزیع برق
- مهندسی تاسیسات
- مهندسی فناوری مکانیک ـ تاسیسات حرارتی و برودتی
- مهندسی تکنولوژی برق (گرایش شبکه های انتقال و توزیع)
- مهندسی مکاترونیک
- مهندسی فناوری شبکه های توزیع برق

۱ - ۹ سابقه کار

رشته های کارشناسی رسمی که داوطلبان با داشتن دانشنامۀ کارشناسی یا بالاترِ مرتبط و حداقل پنج سال تمام سابقۀ تجربی مرتبط با رشتۀ کارشناسی مورد تقاضا، بعد از اخذ دانشنامه، یا در صورت داشتن دانشنامۀ کارشناسی یا بالاتر غیرمرتبط و حداقل پانزده سال تمام سابقۀ تجربی مرتبط تا آخرین روز ثبتنام در رشتۀ کارشناسی مورد تقاضا، می توانند در آزمون آن‌ها شرکت کنند، آورده شده است. این گواهی صرفا یک برگه است که ادعا می کند داوطلب در یک شرکت یا ارگان سابقه کار مرتباط با رشته آزمون را دارد. نمونه ای از این گواهی، در ادامه آورده شده است:

عنوان شرکت/سازمان
شماره ثبت

تاریخ: -/-/- **شماره نامه:** ----

پیوست: ---

موضوع: گواهی سابقه کار

بدین وسیله بنا به درخواست کتبی مورخ -/-/- گواهی می شود که خانم/آقا ---- به کد ملی ---- از تاریخ -/-/- تا -/-/- به عنوان کارمند/مسئول ---- در این شرکت/سازمان مشغول به کار بوده و مدیریت مجموعه از کیفیت خدمات نامبرده کمال رضایت را داریم.

این گواهی به عنوان سابقه کار صادر و فاقد ارزش قانونی دیگری است.

مهر و امضا مدیریت

۱ - ۱۰ مراحل قبولی

آزمون کتبی: اولین گام، آزمون کتبی و است که به صورت چهارجوابی برگزار خواهد شد، معمولا آزمون شامل ۶۰ پرسش و حدود ۱۱۰ دقیقه زمان است.

آزمون شفاهی و مصاحبه: پس از گذراندن آزمون شفاهی و کسب حد نصاب ۶۰ از ۱۰۰ ، داوطلبان به ترتیب اولویت فضلی جمع ۳۰ ٪ نمره شفاهی و ۷۰ ٪ نمره کتبی و به تعداد ظرفیت اعلام شده در منطقهٔ مورد تقاضا مطابق با جداول دفترچه راهنمای آزمون کارشناسی رسمی برای ادامه مراحل به کمیسیون مادهٔ ۱۳ معرفی خواهند شد.

گزینش: در این مرحله، دو اقدام مهم انجام می شود:

- دریافت عدم سوءپیشینه، اثبات عدم اعتیاد و ...
- تشخیص صلاحیت اولویتهای اخلاقی توسط کمیسیون مادهٔ ۱۳ قانون کانون کارشناسان رسمی دادگستری.

کارآموزی: گذراندن موفقیت آمیز دورهٔ کارآموزی تحت نظر کارشناس راهنما به مدت حداقل یک سال بر اساس نظامنامهٔ کارآموزی و شرکت در دوره های آموزشی، مطالعهٔ قوانین و مقررات مربوط، و شناخت وظایف کارشناسی که کارشناس راهنما یا کانون ذیربط به کارآموز محول می کند.

تذکر: کارآموزی از تاریخ تعیین کارشناس راهنما توسط هیئت مدیرهٔ کانون مربوط آغاز می شود و هرگونه تأخیر غیرموجه بیش از دو ماه موجب بازنگری پذیرش داوطلب خواهد شد.

دریافت پروانه: ادای سوگند و دریافت پروانهٔ کارشناسی با صلاحیتهای تعیین شده.

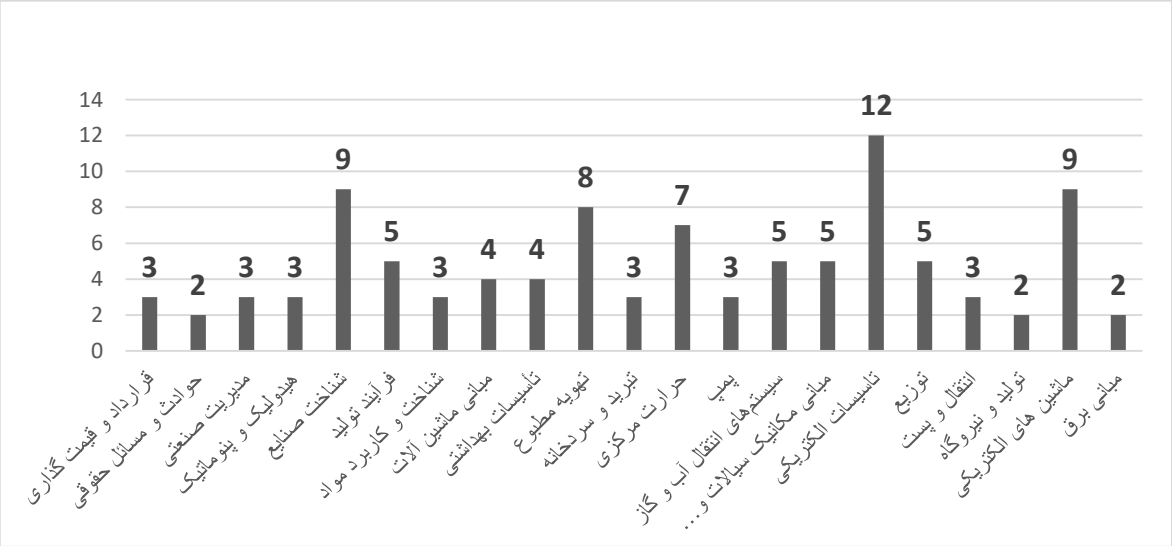
مدت زمان اخذ پروانه: به صورت میانگین، فرایند قبولی در مرحله اول (آزمون کتبی) تا اخذ پروانه حدودا ۳ سال طول می کشد و بعد از اخذ پروانه، فرآیند ارجاع پرونده و درآمدزایی شروع می شود.

۱ - ۱۱ سرفصل‌ها

۱ - ۱۱ - ۱ رشته برق، ماشین و تاسیسات کارخانجات

این رشته، بیشترین سرفصل ها را در آزمون داشته و شامل موارد زیر است:

- برق: مبانی برق، ماشین، تولید و نیروگاه، انتقال، توزیع، تاسیسات.
- مکانیک: مبانی مکانیک سیالات، سیستم انتقال آب و گاز، پمپ، حرارت مرکزی، تبرید و سردخانه، تهویه مطبوع، تأسیسات بهداشتی.
- ماشین آلات و صنایع: شناخت تکنولوژی در صنایع، شناخت و کاربرد فرآیندهای صنعتی، سیستم های هیدرولیک و پنوماتیک، شناخت و کاربرد مواد صنعتی، مدیریت صنعتی (مهندسی صنایع).
- مفاهیم عمومی: قیمت‌گذاری و ارزیابی تجهیزات، کارشناسی حوادث، پیمان و قراردادهای پیمانکاری

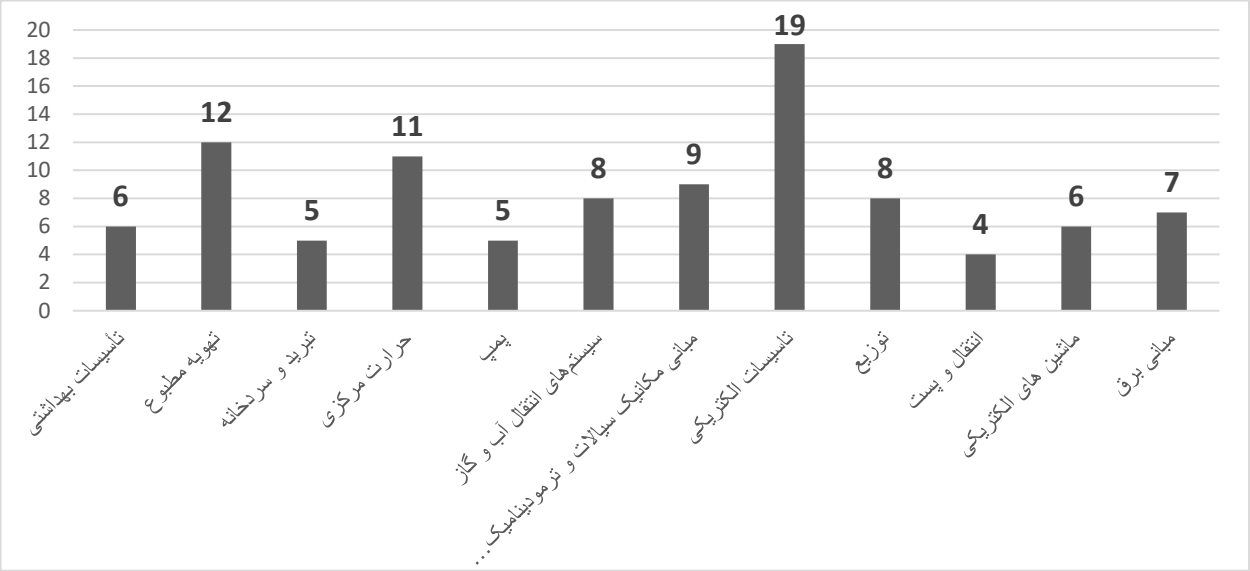


شکل ۱-۱: درصد سوالات در رشته برق، ماشین و تاسیسات کارخانجات

۱ - ۱۱ - ۲ رشته تاسیسات ساختمانی

سرفصل های این رشته عبارت است از:

- برق: مبانی برق، ماشین، تولید و نیروگاه، توزیع، تاسیسات
- مکانیک: مبانی مکانیک سیالات، سیستم انتقال آب و گاز، پمپ، حرارت مرکزی، تبرید و سردخانه، تهویه مطبوع، تأسیسات بهداشتی.

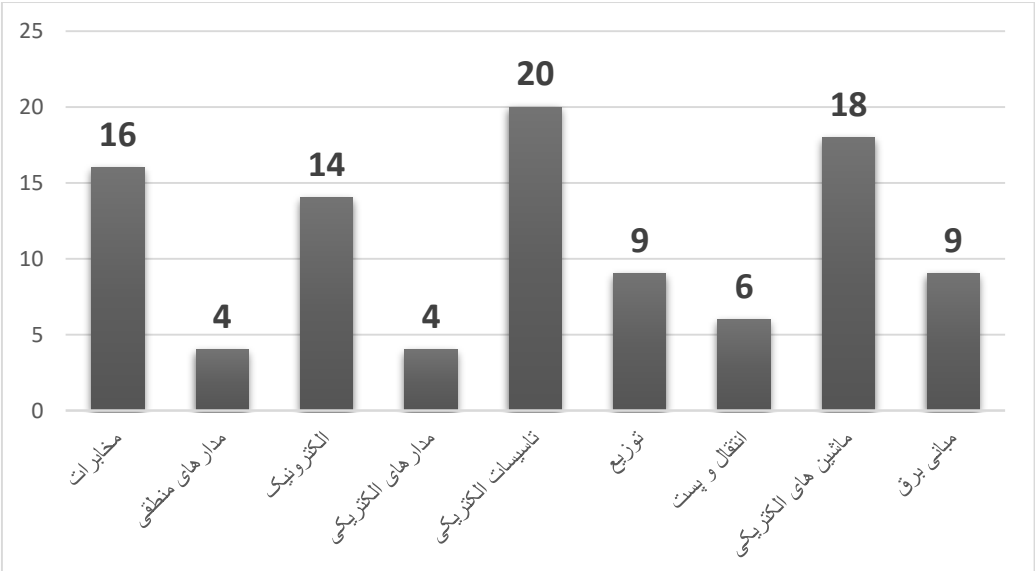


شکل ۱-۲: درصد سوالات در رشته تاسیسات ساختمانی

۱ - ۱۱ - ۳ رشته برق، الکترونیک و مخابرات

سرفصل های این رشته عبارت است از:

- برق: مبانی برق، ماشین، تولید و نیروگاه، انتقال، توزیع، تاسیسات
- الکترونیک و مخابرات: مدار الکتریکی، مدار منطقی، الکترونیک و مخابرات



شکل ۱-۳: درصد سوالات در رشته برق، الکترونیک و مخابرات

۱ - ۱۲ درآمد

فرمول محاسبه: اساسا درآمد کارشناس رسمی همان حق الزحمه ای است که قاضی یا بازپرس در زمان ارجاع پرونده اعلام می کند که بخشی از هزینه های دادرسی بوده و طرفیت دعوا (به تشخیص قاضی) ملزم به پرداخت آن هستند. پس درآمد کل یک کارشناس رسمی در یک به تعداد پرونده های ارجاع شده و هزینه کارشناسی هر کدام بستگی داشته و نمی توان عدد مشخصی برای آن تعیین کرد.

ارجاع کار: پرونده های کارشناسان رسمی از مراجع زیر ارجاع داده می شود:

- مراکز قضایی
- دادگاه ها و شورای حل اختلاف،
- مراکز انتظامی
- تأئید، تشخیص مقدماتی، تضییع حقوق، خسارت
- وزارت خانه ها، ارگان ها، شرکت ها، بانک ها و ... خصوصی و دولتی

مبلغ

تا پنجاه میلیون ریال: مقطوعاً ۳,۰۰۰,۰۰۰ ریال

از پنجاه میلیون و یک ریال تا یکصد و پنجاه میلیون ریال نسبت به مازاد: ۰/۵ درصد

از یکصد و پنجاه میلیون و یک ریال تا دویست و پنجاه میلیون ریال نسبت به مازاد: ۰/۴ درصد

از دویست و پنجاه میلیون و یک ریال تا یک میلیارد ریال نسبت به مازاد: ۰/۳ درصد

از یک میلیارد ریال تا ده میلیارد ریال نسبت به مازاد: ۰/۱۲۵ درصد

از ده میلیارد و یک ریال تا یکصد و پنجاه میلیارد ریال نسبت به مازاد: ۰/۰۶ درصد

از یکصد و پنجاه میلیارد و یک ریال تا پانصد میلیارد ریال نسبت به مازاد: ۰/۰۳ درصد

از پانصد میلیارد و یک ریال تا ششصد و پنجاه میلیارد ریال نسبت به مازاد: ۰/۰۲۵ درصد

از ششصد و پنجاه میلیارد و یک ریال تا یک هزار میلیارد ریال نسبت به مازاد: ۰/۰۱۵ درصد

از یک هزار میلیارد و یک ریال تا سه هزار میلیارد ریال نسبت به مازاد: ۰/۰۱۲ درصد

از یکهزار میلیارد و یک ریال به بالا نسبت به مازاد: ۰/۰۱ درصد

۱ - ۱۳ شش نکته طلایی

جزوه باز: این آزمون، برخلاف آزمون نظام مهندسی، جزوه باز نیست و داوطلب اجازه بردن هیچ جزوه یا کتابی به ازمون ندارد. دقت کنید که بسیاری از داوطلبان در آزمون نظام مهندسی با استفاده از کلیدواژه قبول می شوند که در آزمون کارشناسی رسمی چنین امکانی وجود ندارد.

چند پروانه: آزمون کارشناسی رسمی دادگستری و قوه قضاییه در رشته های متنوعی برگزار می شود، هر فرد صرفا می تواند یک پروانه کارشناسی رسمی داشته باشد. در صورتی که فرد پروانه ای داشته و مجددا در آزمون پروانه دیگر قبول شود، باید پروانه اول خودت را عودت دهد.

محل اخذ پروانه: با توجه به اینکه قبولی در این آزمون، ارتباط مستقیمی با ظرفیت پذیرش دارد، از این رو، محل اخذ پروانه بسیار مهم بوده و فردی می تواند در یک منطقه خاص امتحان دهد که حداقل ۵ سال قبل در استان موردنظر ساکن بوده یا اینکه دوره متوسطه را در آن استان تحصیل کرده باشد.

انتقال: بعد از اخذ پروانه، امکان انتقال از یک منطقه به منطقه دیگر صرفا در صورتی مجاز است که حداقل ۱۰ سال در شهر محل انتخابی فعالیت نماید.

ظرفیت پذیرش: آزمون کارشناسی رسمی، مانند کنکور، دارای ظرفیت پذیرش مشخص بوده که برای هر آزمون در جداول دفترچه راهنمای آزمون کارشناسی رسمی درج می شود و حتما باید حین ثبت نام به این ظرفیت ها دقت شود.

ملاک زمان: در مواردی مانند سابقه کار و ... ملاک بررسی زمان، تاریخ اخذ مدرک کارشناسی است.

۱ - ۱۴ سوالات پرتکرار

چطور از اخبار آزمون مطلع شویم؟

پاسخ) با ارسال عدد ۷ به سامانه پیامکی ۹۰۰۰۲۶۱۷ می توانید رایگان اخبار و اطلاعات آزمون کارشناسی رسمی دادگستری و قوه قضاییه را دریافت کنید.

حداقل و حداکثر مجاز برای شرکت در آزمون چند سال است؟

پاسخ) برای شرکت در ایت آزمون، بازه سنی باید حداقل ۲۵ و حداکثر ۶۵ سال باشد.

آزمون کارشناسی رسمی دادگستری و قوه قضاییه چه فرقی دارند؟

پاسخ) در ابتدا تنها کانون کارشناسان رسمی دادگستری اقدام به جذب کارشناس می کرد. از سال ۱۳۸۰ مرکز کارشناسان رسمی قوه قضاییه هم برای برگزاری این آزمون به موجب قانون صالح شناخته شد. درست است که این آزمون ها توسط دو نهاد مجزا برگزار می شود اما ماهیت کار این کارشناسان به یک صورت می باشد. از نظر حقوق و مزایا هیچ تفاوتی با یکدیگر ندارند و عنوان پروانه ای (پروانه کارشناس رسمی دادگستری) که نهایتا برای آن ها صادر می شود یکسان است.

کارشناسی رسمی ماده ۲۷ چیست؟

پاسخ) جهت ارجاع امور کارشناسی به مهندسان دارای پروانه‌ی اشتغال به‌جای کارشناسان رسمی دادگستری از سوی نهادها، رعایت آیین‌نامه‌ی خاصی الزامی شمرده شده است. این آیین‌نامه‌ی خاص در قالب "آیین‌نامه‌ی اجرایی ماده ۲۷ قانون نظام مهندسی و کنترل ساختمان" در خرداد ماه ۱۳۷۹ تصویب و ابلاغ شد. این آزمون توسط سازمان نظام مهندسی ساختمان برای مهندسین دارای پایه ۱ برگزار می شود.

سابقه کار در این آزمون به چه معناست؟

پاسخ) برای شرکت در آزمون کارشناسی رسمی، نیاز به گواهی سابقه کار مرتبط با رشته مورد نظر در آزمون است اما نیاز به داشتن بیمه و سایر مدارک نبوده و صرف یک گواهی کفایت می کند.

آزمون جزوه باز است یا بسته؟

پاسخ) آزمون کارشناسی رسمی، جزوه بسته است.

آزمون نمره منفی دارد؟

پاسخ) بله، مانند کنکور و آزمون نظام مهندسی، هر سه پاسخ غلط یک پاسخ درست را حذف می کند.

نحوه تعیین افراد بومی چگونه است؟

پاسخ) داوطلب حداقل ۵ سال قبل در استان موردنظر ساکن بوده یا اینکه دوره متوسطه را در آن استان تحصیل کرده باشد.

چطور در آزمون ثبت نام کنیم؟

پاسخ) ثبت نام آزمون کتبی از طریق سایت سازمان سنجش و سایر مراحل قبولی از طریق سایت مرکز وکلا، کارشناسان رسمی و مشاوران خانواده قوه قضاییه انجام می شود.

حد نصاب قبولی چطور محاسبه می شود؟

پاسخ) تا سال ۱۴۰۱، مبنا حداقل نمره ۶۰ درصد بوده اما به نظر می رسد طبق قانون جدید، از سال ۱۴۰۲ داوطلبانی که حداقل هفتاد درصد (۷۰٪) امتیاز میانگین نمرات یک درصد (۱٪) حائزان بالا ترین امتیاز در هر رشته را کسب کنند، به عنوان پذیرفته آزمون کتبی لحاظ خواهند شد.

مصاحبه آزمون به چه صورت است؟

پاسخ) بعد از قبولی در آزمون کتبی، دو مرحله آزمون شفاهی و مصاحبه برگزار می شود که شامل مصاحبه های تخصصی و عقیدتی- سیاسی است.

برای شرکت در آزمون باید پایان خدمت داشت؟

پاسخ) بله، برای آقایان داشتن پایان خدمت یا معافیت دائم اجباری است.

آیا می توان در چند رشته پروانه کارشناسی رسمی داشت؟

پاسخ) خیر، هر فرد صرفا می تواند در یک رشته پروانه کارشناسی رسمی داشته باشد، در صورتیکه در رشته دیگری پذیرفته شد با پروانه اول را عودت دهد.

بهترین رشته برای شرکت در آزمون چه رشته ایست؟

پاسخ) معیارهای مختلفی برای تعیین بهترین رشته وجود دارد از جمله رشته های مجاز، منابع و سرفصل ها، ظرفیت جذب و ...

منابع آزمون چی هست؟

پاسخ) منابع متناسب با رشته متفاوت بوده و به صورت قطعی و رسمی اعلام نمی شود.

آیا داشتن پروانه کارشناسی رسمی شغل محسوب می شود؟

پاسخ) خیر، شغل نبوده و بیمه رد نمی شود و فرد می تواند در کنار شغل اصلی خودش، این پروانه را نیز داشته باشد.

ظرفیت پذیرش در این ازمون چطور است؟

پاسخ) تا سال ۱۴۰۰، برای هر رشته ظرفیت مشخص در دفترچه راهنمای آزمون کارشناسی رسمی اعلام می شد اما طبق قانون تهسیل صدور مجوزهای کسب و کار، قرار است این محدودیت ظرفیت حذف شود.

داشتن پروانه نظام مهندسی بهتر است یا کارشناسی رسمی؟

پاسخ) هر کدام دارای مزایا و معایبی از دید سرفصل، منابع، سطح سختی، رشته های مجاز، ظرفیت پذیرش، مراحل آزمون، صلاحیت ها و درآمد است.

زمان برگزاری آزمون کی هست؟

پاسخ) آزمون باید هر سال برگزار شود، در صورتیکه یک سال برگزار نشد، سال بعد باید دو بار برگزار شود. با عضویت در سامانه پیامکی (ارسال عدد ۷ به ۹۰۰۰۲۶۱۷) می توانید اخبار ثبت نامی و برگزاری را رایگان دریافت کنید.

امکان تغییر رشته وجود دارد؟

پاسخ) خیر و تمام!

نحوه دریافت پروانه توسط اعضای هیات علمی دانشگاه چگونه است؟

پاسخ) اعضای هیات علمی دارای مدرک دکترا در رشته مرتبط و حداقل سابقه تدریس در همان رشته کارشناسی رسمی، از آزمون های کتبی و شفاهی (مصاحبه) معاف بوده و صرفا با گذراندن دوره می توانند، پروانه کارشناسی رسمی خود را دریافت کنند.

آیا برای سهمیه هم در آزمون کارشناسی رسمی وجود دارد؟

پاسخ) شرایط سهمیه در آزمون در دفترچه راهنما قید می شود اما حدودا ۳۰ درصد ظرفیت قبولی مربوط به ایثارگرانی است که حداقل ۷۰ درصد نمره آخرین پذیرفته شده را کسب نموده اند.

فصل دوم

مفاهیم برق

در این فصل می‌خوانیم:

- ✓ آشنایی با الکتریسیته
- ✓ مبانی تحلیل مدارهای الکتریکی
- ✓ عناصر ذخیره‌کننده‌ی انرژی
- ✓ تحلیل مدارهای جریان متناوب (AC)
- ✓ شبکه‌های سه‌فاز
- ✓ پریونت کردن کمیت‌ها

۲ - ۱ آشنایی با الکتریسیته

کوچک‌ترین جزء تشکیل‌دهنده‌ی یک ماده «اتم» نام دارد. ساختار اتم در هر ماده شامل دو قسمت هسته و مدارهای الکترونی است. هسته‌ی هر اتم نیز شامل دو ذره‌ی کوچک به نام‌های پروتون (دارای بار الکتریکی مثبت) و نوترون (خنثی از نظر الکتریکی) است. همچنین مدارهای الکترونی مدارهایی هستند که دور هسته قرار داشته و ذراتی به نام الکترون (دارای بار الکتریکی منفی) بر روی آن‌ها در حال چرخش به دور هسته هستند. تعداد الکترون‌ها و پروتون‌های هر اتم در شرایط عادی (خنثی) با هم برابر است.

پرسش ۱-۲) نوع بار الکترون - پروتون - نوترون به ترتیب کدامند؟ (ق.ب-۸۰ «۶»)

الف) مثبت، منفی، منفی ب) مثبت، منفی، خنثی ج) منفی، مثبت، خنثی د) منفی، مثبت، منفی

پاسخ) با توجه به توضیحات بالا، الکترون دارای بار منفی، پروتون دارای بار مثبت و نوترون خنثی است. گزینه **ج** صحیح است.

---

۲ - ۲ مبانی تحلیل مدارهای الکتریکی

۲ - ۲ - ۱ جریان الکتریکی

به حرکت الکترون‌ها از نقطه‌ای به نقطه‌ی دیگر که معمولا منجر به انجام کار می‌شود، جریان الکتریکی می‌گویند. شدت جریان الکتریکی را با حرف I نشان داده و به صورت مقدار بار الکتریکی جابه‌جا شده (بر حسب کولن) در واحد زمان (بر حسب ثانیه) تعریف می‌شود. این تعریف را می‌توان به‌صورت رابطه‌ی زیر بیان کرد:

$$I = \frac{q}{t} \qquad (۲-۱)$$

یکای مربوط به شدت جریان الکتریکی آمپر بوده و آن را با علامت A نشان می‌دهند.

نکته ۱-۲) علی‌رغم اینکه جریان الکتریکی ناشی از حرکت الکترون‌ها است، جهت آن را طبق قرارداد خلاف جهت حرکت الکترون‌ها (یعنی از پتانسیل مثبت به پتانسیل منفی) در نظر می‌گیرند.

پرسش ۲-۲) کدام رابطه در مورد جریان الکتریکی صحیح است؟ (ق.ب-۸۰ «۲۳»)

الف) $I = U.R$ ب) $I = q \times t$ ج) $I = \frac{q}{t}$ د) $I = \frac{t}{q}$

پاسخ) مقدار بار الکتریکی عبوری (q) در واحد زمان (t) را جریان الکتریکی می‌نامند. گزینه **ج** صحیح است.

پرسش ۳-۲) کدام عبارت در مورد شدت جریان الکتریکی صحیح است؟ (ق.ب-۸۰ «۴۸»)

الف) بارهای ذخیره شده در یک هادی است و واحد آن آمپر است.

ب) الکترون‌های عبوری در یک هادی و واحد آن کولن می‌باشد.

ج) مقدار بار الکتریکی عبوری در یک ثانیه و واحد آن آمپر است.

د) اختلاف بارهای الکتریکی دو سر یک هادی و واحد آن آمپر است.

پاسخ) طبق توضیحات بالا، شدت جریان الکتریکی برابر با مقدار بار الکتریکی جابه‌جا شده (بر حسب کولن) در واحد زمان (بر حسب ثانیه) بوده و واحد آن آمپر است. گزینه **ج** صحیح است.

یکی از پارامترهای مهم در رابطه با جریان الکتریکی، «چگالی»، «تراکم» یا «تکاثف» جریان است. طبق تعریف، مقدار شدت جریان الکتریکی (برحسب آمپر) که از واحد سطح مقطع مشخص (برحسب مترمربع) می‌تواند عبور کند را چگالی جریان نامیده و به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$j = \frac{I}{A} \qquad (۲-۲)$$

نکته ۲-۲) از چگالی جریان در تعیین حداکثر جریان قابل تحمل در سیم‌ها و کابل‌ها استفاده می‌شود.

پرسش ٤-۲) تکاثف جریان عبارتست از (ق.ت-۸۶ «۳۹»)

الف) نسبت مقاومت به سطح مقطع ب) نسبت جریان به سطح مقطع

ج) نسبت آمپر به سطح مقطع د) نسبت ولتاژ به آمپر

پاسخ) تکاثف، همان چگالی است. طبق تعریف چگالی جریان، برابر مقدار جریان عبوری (I) در واحد سطح (A) می‌باشد. گزینه **ب** صحیح است.

۲ - ۲ - ۱ - ۱ اندازه‌گیری جریان الکتریکی

برای اندازه‌گیری جریان الکتریکی در مدار، از وسیله‌ای به نام آمپرمتر که علامت اختصاری آن A است، استفاده می‌شود. آمپرمتر دارای مقاومت داخلی بسیار کوچکی بوده و با توجه به اینکه به صورت سری در مدار قرار داده می‌شود، تاثیری بر روی عملکرد مدار ندارد.

۲ - ۲ - ۲ ولتاژ الکتریکی

نیرویی که با جابه‌جا کردن الکترون‌ها از یک نقطه به نقطه‌ای دیگر، باعث به وجود آمدن جریان الکتریکی در مدار می‌شود، ولتاژ، نیروی محرکه الکتریکی، پتانسیل الکتریکی یا EMF نامیده می‌شود. روش‌های مختلفی برای تولید نیروی محرکه الکتریکی وجود دارند که در اینجا به اختصار با آن‌ها آشنا می‌شویم.

۲ - ۲ - ۲ - ۱ روش‌های تولید نیروی محرکه الکتریکی

الف) اصطکاک یا مالش: در این روش با مالش دو جسم به هم (به عنوان مثال پارچه ابریشمی و میله فلزی)، الکتریسیته ایجاد می‌شود که به آن الکتریسیته ساکن می‌گویند.

ب) فعل و انفعالات شیمیایی: در این روش از واکنش‌های شیمیایی برخی فلزات در محیط شیمیایی استفاده می‌شود. باتری یکی از منابع ایجاد ولتاژ الکتریکی بوده که از این نوع واکنش‌ها برای به‌حرکت در آوردن الکترون‌ها و ایجاد جریان الکتریکی استفاده می‌کنند. به این فعل و انفعالات شیمیایی، فرآیندهای الکتروشیمی نیز گفته می‌شود.

پرسش ۵-۲) باتری‌های الکتریکی بر کدام اساس تولید الکتریسته، کار می‌کنند؟ (ق.ب-۸۰ «۷»)

الف) مغناطیسی ب) شیمیایی ج) پیزو الکتریک د) فتوالکتریک

پاسخ) باتری‌ها براساس واکنش شیمیایی انرژی الکتریکی تولید می‌کنند. گزینه **ب** صحیح است.

ج) فشار مکانیکی: در برخی اجسام با استفاده از ایجاد فشار، می‌توان باعث تجمع بارهای مثبت در یک سمت و بارهای منفی در سمت دیگر شد. این پدیده که از آن با نام «پیزوالکتریک» نیز یاد می‌شود، باعث ایجاد ولتاژ شده و چنانچه مسیر حرکت الکترون‌ها مهیا باشد، جریان الکتریکی بوجود می‌آید مانند میکروفن‌ها.

پرسش ۶-۲) اثر فشاری برای تولید الکتریسیته چه نامیده می‌شود؟ (ق.ب-۹۶ «۶۰»)

الف) پیزوالکتریک ب) فتوالکتریک ج) فتوولتاتیک د) ترموالکتریک

پاسخ) با توجه به توضیحات بالا تولید الکتریسیته با استفاده از اثر فشار را پیزوالکتریک می‌گویند. گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ۷-۲) کدام پدیده امکان تبدیل مستقیم انرژی مکانیکی به انرژی الکتریکی را فراهم می‌کنند.(ق.ب-۸۸ «۲۹»)

الف) فتوالکتریک ب) پیزوالکتریک ج) ترموالکتریک د) موارد **الف** و ب

پاسخ) با استفاده از پدیده پیزوالکتریک، انرژی مکانیکی ناشی از فشار مستقیما به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود. گزینه **ب** صحیح است.

پرسش ۸-۲) در میکروفون‌های کریستالی از کدام خاصیت تولید الکتریسیته استفاده شده است؟ (ق.ب-۸۰ «۳۷»)

الف) مغناطیسی ب) مالش ج) نور د) فشار

پاسخ) در میکروفون‌های کریستالی، بر اساس خاصیت پیزوالکتریک و در اثر برخورد امواج صوتی به دیافراگم و ایجاد فشار بر روی کریستال، ولتاژ و جریان الکتریکی تولید می‌شود. گزینه **د** صحیح است.

د) حرارت: در این روش با حرارت دادن به محل اتصال دو فلز غیریکسان، الکترون‌ها از مدارهای الکترونی آزاد شده و موجب ایجاد ولتاژ در دو سر فلزها می‌شوند. این پدیده را «ترموالکتریک» نامیده و مجموعه‌ی دو فلز را «ترموکوپل» می‌نامند. با اتصال چندین ترموکوپل به هم، می‌توان یک «ترموپیل» (باتری حرارتی) بوجود آورد.

ه) نور: یکی دیگر از روش‌های تولید نیروی محرکه الکتریکی، استفاده از انرژی موجود در نور می‌باشد. در این روش که مبنای عملکرد سلول‌های فتوولتائیک نیز می‌باشد، انرژی نور تابیده‌شده، باعث جابه‌جایی الکترون‌ها از یک صفحه به صفحه‌ای دیگر و ایجاد ولتاژ الکتریکی می‌شود.

و) مغناطیس: از جمله روش‌های دیگری که می‌توان با استفاده از آن تولید انرژی الکتریکی کرد، استفاده از نیروی مغناطیسی می‌باشد. این روش که مبنای عملکرد ماشین‌های الکتریکی است، «الکتریسیته مغناطیسی» نامیده می‌شود.

۲ - ۲ - ۲ - ۲ اندازه‌گیری نیروی محرکه (ولتاژ) الکتریکی

برای اندازه‌گیری ولتاژ از وسیله‌ای به نام ولت‌متر استفاده می‌شود. این وسیله اختلاف پتانسیل بین دو نقطه را اندازه‌گیری می‌کند. ولت‌مترها دارای مقاومت داخلی بسیار بزرگی بوده و با توجه به اینکه به صورت موازی در مدار قرار می‌گیرند، تاثیر بسیار ناچیزی روی عملکرد مدار دارند.

پرسش ۹-۲) با گذاشتن ولت‌متر در یک مدار مقاومت کل مدار: (ق.ب-۸۰ «۲۴»)

الف) به میزان خیلی زیاد بالا می‌آید. ب) به میزان خیلی کم پایین می‌آید.

ج) به میزان خیلی کم افزایش می‌یابد. د) هیچ تغییری نمی‌کند.

پاسخ) مقاومت مدار مورد اندازه‌گیری با ولت‌متر با مقاومت بسیار بزرگی (مقاومت داخلی ولت‌متر) موازی شده و عملا مقدار مقاومت کل، به میزان بسیار ناچیزی کاهش می‌یابد. گزینه **ب** صحیح است.

---

۲ - ۲ - ۳ مقاومت الکتریکی

به مقاومت یک جسم در برابر عبور جریان الکتریکی، «مقاومت الکتریکی» می‌گویند. مقاومت الکتریکی گاهی باعث بروز تلفات و از دست رفتن انرژی شده و گاهی نیز، به صورت یک لامپ موجب ایجاد روشنی و گرما می‌شود. واحد اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی اهم (Ω) بوده و مقدار آن از رابطه‌ی زیر بدست می‌آید:l

$$R = \rho \frac{L}{A} \qquad (۲-۳)$$

در این رابطه، ρ مقاومت ویژه جسم بوده و به جنس ماده وابسته است، L طول برحسب متر و A سطح مقطع برحسب مترمربع می‌باشد. همانطور که مشخص است مقدار مقاومت الکتریکی یک جسم، با طول آن رابطه مستقیم و با سطح مقطع آن رابطه معکوس دارد.

پرسش ۱۰-۲) اگر طول سیم مفتول مسی را سه برابر و قطر آن را یک‌سوم برابر کنید، مقاومت آن چند برابر می‌شود؟ (د.ل-۸۸ «۷»)

الف) ۳ ب) ۹ ج) ۱۸ د) ۲۷

پاسخ) طبق رابطه‌ی فوق، برای دو سیم از یک جنس (ρ یکسان) داریم:

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{l_2}{l_1}\frac{A_1}{A_2}$$

همچنین می‌دانیم که قطر سیم از رابطه روبرو بدست می‌آید:

$$A = \pi r^2 = \pi\left(d/2\right)^2$$

درنتیجه چون سطح مقطع سیم با مجذور شعاع و قطر ارتباط مستقیم دارد:

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{l_2}{l_1}\left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2 = 3\times 3^2 = 27$$

گزینه **د** صحیح است.

پرسش ۱۱-۲) کدام‌یک از شبکه‌های ذیل از نظر الکتریکی معادل شبکه مقابل هستند؟ (ق.ل-۹۶ «۵۲»)

$A_۱ = ۱۵۰^{mm^۲}$	$A_۲ = ۵۰^{mm^۲}$	$A_۳ = ۲۵^{mm^۲}$
$L_۱ = ۳۰m \downarrow$	$L_۲ = ۴۰m \downarrow$	$L_۳ = ۲۰m \downarrow$

الف) $A_۱ = ۱۵۰^{mm^۲}$ $A_۲ = ۵۰^{mm^۲}$ $A_۳ = ۵۰^{mm^۲}$
$L_۱ = ۳۰m \downarrow$ $L_۲ = ۲۰m \downarrow$ $L_۳ = ۴۰m \downarrow$

ب) $A_۱ = ۱۵۰^{mm^۲}$ $A_۲ = ۱۵۰^{mm^۲}$ $A_۳ = ۱۵۰^{mm^۲}$
$L_۱ = ۳۰m \downarrow$ $L_۲ = ۱۲۰m \downarrow$ $L_۳ = ۱۲۰m \downarrow$

ج) $A_۱ = ۱۵۰^{mm^۲}$ $A_۲ = ۴۰^{mm^۲}$ $A_۳ = ۲۰^{mm^۲}$
$L_۱ = ۳۰m \downarrow$ $L_۲ = ۵۰m \downarrow$ $L_۳ = ۲۵m \downarrow$

د) $A_۱ = ۱۵۰^{mm^۲}$ $A_۲ = ۱۰۰^{mm^۲}$ $A_۳ = ۱۵۰^{mm^۲}$
$L_۱ = ۳۰m \downarrow$ $L_۲ = ۸۰m \downarrow$ $L_۳ = ۲۰m \downarrow$

پاسخ) در تصویر فوق، شبکه‌ای شعاعی نمایش داده شده است و بارها در آن به صورت فلش نمایش داده شده‌اند. در این حالت شبکه‌هایی با هم یکسان هستند که مقاومت خطوط در آن‌ها با هم برابر باشد، پس در قسمت‌های مختلف باید حاصل تقسیم طول بر سطح مقطع یکسان باشد، بنابراین گزینه **ب** صحیح است.

پرسش ۱۲-۲) مقاومت الکتریکی یک سیم به کدام یک از عوامل زیر بستگی ندارد؟ (ق.ب-۸۰ «۴۹»)

الف) جنس سیم ب) طول سیم ج) سطح مقطع سیم د) عایق دور سیم

پاسخ) طبق رابطه‌ی بالا، مقدار مقاومت هادی به جنس، طول و سطح مقطع آن وابسته است. گزینه **د** صحیح است.

هدایت الکتریکی پارامتر دیگری است که از معکوس کردن مقاومت الکتریکی بدست می‌آید. این پارامتر را با حرف G نمایش داده و واحد آن mho (مهو) یا زیمنس می‌باشد.

$$G = \frac{1}{R} \qquad (۲-۴)$$

پرسش ۱۳-۲) واحد هدایت الکتریکی چیست؟ (ق.ت-۸۶ «۳۸»)

الف) وات ب) اهم ج) زیمنس د) ولت

پاسخ) با توجه به توضیحات بالا، گزینه **ج** صحیح است.

---

۲ - ۲ - ۳ - ۱ انواع مقاومت‌های الکتریکی

مقاومت‌های الکتریکی شامل دو نوع ثابت و متغیر می‌باشند. در ادامه هریک از انواع این مقاومت‌ها تشریح می‌شوند.

الف) مقاومت‌های ثابت: این نوع مقاومت‌ها دارای مقدار ثابت بوده و این مقدار در شرایط فیزیکی مختلف یا با اعمال تنظیمات دستی، دچار تغییر نمی‌شود. مقادیر این مقاومت‌ها را با روش‌های زیر بر روی آن‌ها مشخص می‌کنند.

الف-۱) استفاده از حروف اختصاری: در این روش مقدار مقاومت به‌همراه تلرانس آن بر روی بدنه نوشته شده یا از حروف اختصاری برای مشخص کردن مقدار تلرانس استفاده می‌شود. در این روش اگر مقدار مقاومت یک عدد صحیح باشد، آن عدد به همراه یکی از حروف M، K یا R بر روی مقاومت درج می‌شود (جدول ۱-۲)). اما چنانچه مقدار مقاومت یک عدد اعشاری باشد، کلمات مذکور به جای ممیز آن عدد، بر روی بدنه نوشته می‌شوند. همچنین در این روش حرف اختصاری دوم به منظور تعیین مقدار تلرانس روی بدنه نوشته می‌شود.

جدول (۲-۱) حروف تعیین ضریب مقدار در مقاومت‌ها

حرف اختصاری اول	معنا
M	مگا اهم
K	کیلو اهم
R	اهم

جدول (۲-۲) حروف اختصاری تلرانس مقاومت‌ها

حرف اختصاری اول	معنا
J	±٪۵
K	±٪۱۰
M	±٪۲۰

پرسش ۱۴-۲) بر روی یک مقاومت (R۲۷J) نوشته شده است. مشخصات این مقاومت عبارتست از: (ق.ب-۸۰ «۹»)

الف) ۲۷ Ω با تلرانس ٪۵±　　ب) ۲/۷ kΩ با تلرانس ٪۱۰±

ج) ۰/۲۷ Ω با تلرانس ٪۵±　　د) ۲۷ kΩ با تلرانس ٪۱۰±

پاسخ) حرف اول، R یعنی اهم و حرف دوم J به معنای تلرانس ۵ درصد است. در محل حرف R یک ممیز می‌زنیم و به صورت ۰/۲۷ در می‌آید. پس مقدار مقاومت ۰/۲۷ اهم با تلرانس ٪۵± است. گزینه **ج** صحیح است.

الف-۲) استفاده از نوارهای رنگی (۴ نواری) در این روش برای تعیین مقدار اهم و تلرانس مقاومت از چهار حلقه (نوار) رنگی بر روی بدنه مقاومت‌ها استفاده می‌شود. در این روش حلقه‌های رنگی اول و دوم معرف ارقام اول و دوم مقدار مقاومت، حلقه سوم نشان‌دهنده ضریب مقدار و حلقه چهارم بیان‌کننده تلرانس مقاومت است.

جدول (۲-۳) تعیین مقدار مقاومت‌ها با استفاده از نوارهای رنگی

رنگ نوار	رقم اول	رقم دوم	ضریب	درصد خطا
سیاه	۰	۰	10^{0}	–
قهوه‌ای	۱	۱	10^{1}	٪۱
قرمز	۲	۲	10^{2}	٪۲
نارنجی	۳	۳	10^{3}	–
زرد	۴	۴	10^{4}	–
سبز	۵	۵	10^{5}	–
آبی	۶	۶	10^{6}	–
بنفش	۷	۷	10^{7}	–
خاکستری	۸	۸	10^{8}	–
سفید	۹	۹	10^{9}	–
طلائی	–	–	10^{-1}	٪۵
نقره‌ای	–	–	10^{-2}	٪۱۰
بی‌رنگ	–	–	–	٪۲۰

به عنوان مثال، رنگ‌ها به ترتیب زرد، بنفش قرمز و طلایی باشد، مقاومت آن ۴/۷ کیلواهم با تلرانس ۵ درصد است.

الف-۳) استفاده از نوارهای رنگی (۵ نواری) در این روش برای تعیین مقدار اهم و تلرانس مقاومت از پنج حلقه (نوار) رنگی بر روی بدنه مقاومت‌ها استفاده می‌شود. در این روش سه نوار اول، دوم و سوم نشان‌دهنده ارقام اول، دوم و سوم مقدار مقاومت، نوار چهارم معرف ضریب مقدار و حلقه پنجم تعیین‌کننده میزان تلرانس مقاومت است. اعداد مشابه حالت ۴ نواری است.

نکته ۳-۲) در صورتی‌که حلقه رنگی مربوط به تلرانس وجود نداشته باشد (بی‌رنگ باشد) مقدار تلرانس ٪۲۰ است.

ب) مقاومت‌های متغیر با توجه به عوامل فیزیکی: مقدار این نوع مقاومت‌ها با توجه به عوامل فیزیکی زیر تغییر می‌کند:

ب-۱) مقاومت‌های متغیر وابسته به دما: مقدار مقاومت در این نوع از مقاومت‌ها که آن‌ها را «ترمیستور» نیز می‌نامند، تابعی از دما می‌باشد. مقاومت‌های وابسته به دما به دو دسته تقسیم‌بندی می‌شوند:

- **NTC:** در این نوع مقاومت‌ها، با افزایش دما مقدار مقاومت کاهش می‌یابد (ضریب α منفی است).
- **PTC:** در این نوع مقاومت‌ها، با افزایش دما مقدار مقاومت افزایش می‌یابد (ضریب α مثبت است).

مقاومت های R_1 و R_2 به ترتیب مقاومت‌های اندازه‌گیری شده در دمای t_1 و t_2 هستند. بنابراین می‌توانیم معادله زیر را بنویسیم:

$$\frac{R_2}{R_1}=\frac{t_0+t_1}{t_0+t_2} \qquad (۲-۵)$$

از معادله قبل می‌توان مقاومت هر ماده‌ای را در دماهای مختلف محاسبه کرد. فرض کنید مقاومت یک فلز را در t_1 اندازه گیری کرده ایم و آن R_1 است .اگر دمای مقاومت صفر یعنی t_0 آن فلز خاص را بدانیم، به راحتی می‌توانیم هر مقاومت مجهول R_2 را در دمای t_2 از معادله بالا محاسبه کنیم.

پرسش ۱۵-۲) مقاومت PTC چگونه مقاومتی است؟ (ق.ب-۸۰ «٤٠»)

الف) مقاومت وابسته به نور است. ب) مقاومت وابسته به حرارت است.

ج) مقاومت وابسته به فشار است. د) مقاومت قابل تنظیم است.

پاسخ) با توجه به توضیحات بالا، PTC ها یکی از انواع مقاومت‌های وابسته به حرارت یا دما هستند. گزینه **ب** صحیح است.

پرسش ۱۶-۲) ترمیستورهای NTC و PTC چگونه مقاومت‌هایی هستند؟ (د.ل-۷۲ «۱۲» تشریحی)

پاسخ) با توجه به توضیحات بالا، این مقاومت‌ها از نوع مقاومت‌های وابسته به دما بوده که مقدار مقاومت PTC با افزایش دما، افزایش یافته و مقدار مقاومت NTC با افزایش دما، کاهش می‌یابد.

ب-۲) مقاومت‌های متغیر وابسته به نور: در این نوع مقاومت‌ها که «فتو رزیستور» یا LDR نیز نامیده می‌شوند، مقدار مقاومت با افزایش شدت نور، کاهش می‌یابد.

ب-۳) مقاومت‌های متغیر وابسته به ولتاژ: این نوع از مقاومت‌ها «واریستور» یا VDR نام داشته و مقدار مقاومت با افزایش ولتاژ اعمال‌شده، کاهش می‌یابد.

۲ - ۲ - ۴ قانون اهم

قانون اهم، قانونی است تجربی که رابطه‌ی میان ولتاژ و جریان در یک مقاومت الکتریکی را به‌صورت زیر بیان می‌کند:

$$V = RI \qquad (۲-۶)$$

V اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت (برحسب ولت) ، R مقدار مقاومت (برحسب اهم) و I مقدار جریان عبوری از مقاومت (برحسب آمپر) می‌باشد.

پرسش ۱۷-۲) رابطه بین ولتاژ، مقاومت و جریان در یک مدار (قانون اهم) عبارتست از: (ق.ت-۸۶ «۳۷»)

الف) $R = EI$ ب) $I = RE$ ج) $E = RI$ د) همه موارد

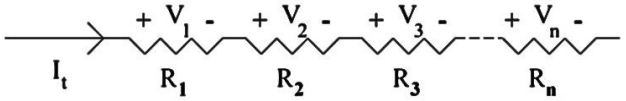
پاسخ) با توجه به قانون اهم، مقدار ولتاژ در یک مقاومت برابر است با حاصل‌ضرب مقدار مقاومت در جریان گذرنده از آن. گزینه **ج** صحیح است.

---

۲ - ۲ - ۵ اتصال المان‌ها

۲ - ۲ - ۵ - ۱ اتصال سری

اتصال سری از اتصال چند المان به صورت پشت سرهم حاصل می‌شود. همانطور که در شکل زیر مشاهده می‌شود، مقدار جریان الکتریکی در المان‌های سری با هم برابر بوده و ولتاژ مجموع، از حاصل‌جمع ولتاژ تک‌تک المان‌ها بدست می‌آید.



شکل (۲-۱) مقاومت‌های سری

$$V_t = V_1 + V_2 + V_3 + ... \qquad (۲-۷)$$

$$I_t = I_1 = I_2 = I_3 = ... \qquad (۲-۸)$$

۲ - ۲ - ۵ - ۲ مقاومت معادل در مدار سری

با توجه به وضعیت ولتاژها و جریان‌ها در اتصال سری چند مقاومت، مقدار مقاومت معادل با استفاده از رابطه‌ی زیر بدست می‌آید:

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3 + ... \qquad (۲-۹)$$

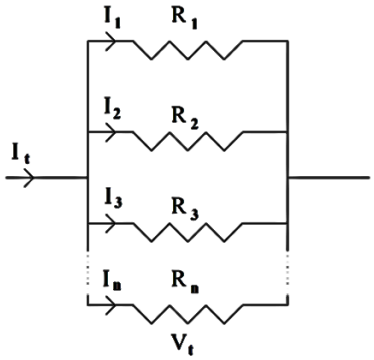
پرسش ۱۸-۲) در یک مدار سری متشکل از سه مقاومت، کدام‌یک از روابط زیر صحیح است؟ (ق.ت-۸۶ «۴۰»)

الف) $I = I_1 + I_2 + I_3$ ب) $V = V_1 = V_2 = V_3$ ج) $V = V_1 + V_2 + V_3$ د) همه موارد

پاسخ) با توجه به توضیحات بالا، مقدار جریان الکتریکی در المان‌های سری با هم برابر بوده و ولتاژ مجموع، از حاصل‌جمع ولتاژ تک‌تک المان‌ها بدست می‌آید. گزینه **ج** صحیح است.

۲ - ۲ - ۵ - ۳ اتصال موازی

اتصال موازی از اتصال چند المان به صورتی که هر دو سر آن‌ها به هم متصل باشد، حاصل می‌شود. همانطور که در شکل زیر مشاهده می‌شود، مقدار ولتاژ الکتریکی در المان‌های موازی با هم برابر بوده و جریان مجموع، از حاصل‌جمع جریان تک‌تک المان‌ها بدست می‌آید.



شکل (۲-۲) اتصال موازی

$$V_t = V_1 = V_2 = V_3 = \dots \qquad (۲-۱۰)$$

$$I_t = I_1 + I_2 + I_3 + \dots \qquad (۲-۱۱)$$

۲ - ۲ - ۵ - ۴ مقاومت معادل در مدار موازی

با توجه به وضعیت ولتاژها و جریان‌ها در اتصال موازی چند مقاومت، مقدار مقاومت معادل با استفاده از رابطه‌ی زیر بدست می‌آید:

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots \qquad (۲-۱۲)$$

نکته ۴-۲) برای دو مقاومت موازی، رابطه‌ی بالا به‌صورت زیر ساده می‌شود:

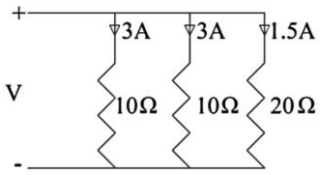
$$R_t = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \qquad (۲-۱۳)$$

نکته ۵-۲) اگر n عدد مقاومت یکسان با مقدار R با هم موازی شوند، مقدار مقاومت کل برابر است با:

$$R_t = \frac{R}{n} \qquad (۲-۱۴)$$

پرسش ۱۹-۲) در شکل زیر ولتاژ کل برابر است با: (ق.ت-۸۶ «۳۶»)

الف) ۶ ولت ب) ۳۰ ولت ج) ۱۵ ولت د) ۱۲ ولت



پاسخ) با توجه به اینکه مقاومت‌ها موازی هستند، ولتاژ آن‌ها برابر است. یعنی داریم:

$V_t = 20\times1.5 = 10\times3 = 6\times5 = 30v$

گزینه **ب** صحیح است.

---

۲ - ۲ - ۶ کار و توان الکتریکی

۲ - ۲ - ۶ - ۱ کار الکتریکی

مقدار انرژی منتقل‌شده از طریق نیرو در یک جابه‌جایی را کار می‌گویند. شاید استفاده از این تعریف در علم مکانیک مناسب‌تر باشد، اما با نگاهی به فرآیند کار الکتریکی، درمی‌یابیم که اصطلاح کار در این مبحث نیز تعریفی مشابه دارد. در واقع هنگامی که یک بار الکتریکی تحت نیروی محرکه (ولتاژ) الکتریکی قرار می‌گیرد، تغییر مکان (جریان) داده و بدین ترتیب کار انجام می‌شود. کار الکتریکی یک کمیت اسکالر با واحد ولت‌آمپرثانیه (وات‌ثانیه) یا ژول بوده و با استفاده از روابط زیر بدست می‌آید:

$$W = VIt = RI^2t = \frac{V^2}{R}t \qquad (۲-۱۵)$$

در رابطه بالا، t مدت زمان (برحسب ثانیه) انجام کار می‌باشد. البته لازم به ذکر است که وات‌ثانیه یا ژول واحد بسیار کوچکی بوده و معمولا واحد کار به‌صورت وات‌ساعت (Wh) یا کیلووات‌ساعت (kWh) بیان می‌شود.

پرسش ۲۰-۲) یک اجاق گاز برقی که با ولتاژ ۲۲۰ ولت و جریان ۵ آمپر کار می‌کند، به مدت ۲ ساعت روشن بوده است. در این صورت کار الکتریکی انجام شده بوسیله اجاق برقی چند کیلووات‌ساعت است؟ (ق.ب-۸۸ «۵»)

الف) ۲/۲ ب) ۲ ج) ۲۲۰۰ د) ۲۲۰

پاسخ) براساس رابطه‌ی کار الکتریکی داریم: $W = VIt = 220\times5\times2 = 2200Wh = 2.2kWh$

گزینه **الف** صحیح است.

نکته ۶-۲) یکی دیگر از واحدهای اندازه‌گیری کار، کالری است. از این واحد جهت بیان گرمای تولیدشده در یک سیم نیز استفاده می‌کنند و اگر جریانی برابر با یک آمپر در مدت زمان یک ثانیه از سیمی به مقاومت یک اهم عبور کند، حرارتی برابر یک کالری در اطراف سیم به وجود می‌آید. رابطه‌ی زیر جهت تبدیل واحدهای وات‌ساعت و کالری استفاده می‌شود.

$$1cal = 1.163\times10^{-3}Wh \qquad (۲-۱۶)$$

پرسش ۲۱-۲) اگر جریان ۱ آمپر که به مدت ۱ ثانیه از مقاومت ۱ اهم عبور کند، گرمایی برابر ۰/۲۳۹ کالری تولید نماید؛ آن‌گاه با دو برابر شدن جریان، گرمای تولید شده بر حسب کالری برابر خواهد شد با: (ق.ب-۸٤ «۶»)

الف) ۱/٤۳٤ ب) ۰/۹۵۶ ج) ۱/۹۷ د) ٤۷/۷

پاسخ) براساس رابطه‌ی کار الکتریکی داریم:

$$W = RI^2t \rightarrow \frac{W_2}{W_1} = \left(\frac{I_2}{I_1}\right)^2 \rightarrow \frac{W_2}{0.239} = \left(\frac{2I_1}{I_1}\right)^2 = 4 \rightarrow W_2 = 4\times0.239 = 0.956J$$

گزینه **ب** صحیح است.

---

۲ - ۲ - ۶ - ۲ فشار

فشار به صورت نیروی وارد شده بر یک سطح تعریف می‌شود. فشار را با حرف P نمایش می‌دهند و واحد آن پاسکال یا نیوتون بر مترمربع است.

$$P = \frac{F}{A} \qquad (۲-۱۷)$$

پرسش ۲۲-۲) کدام‌یک از عبارات زیر نادرست است؟ (د.ت-۷۱ «٤۰»)

الف) یک ژول انرژی برابر است با: ۱/۰ N.m ب) یک وات برابر است با: ۱/۰ J/s

ج) یک پاسکال برابر است با: ۱/۰ N/m^2 د) یک نیوتون برابر است با : شتاب ثقل/۱/۰ kg

پاسخ) طبق تعریف کار، مقدار انرژی منتقل شده از طریق یک نیوتون نیرو در فاصله‌ی یک متر برابر با یک ژول است؛ پس گزینه اول درست است. همچنین واحد انرژی الکتریکی برابر است با یک ژول یا یک وات‌ثانیه؛ پس گزینه دوم نیز درست است. همچنین طبق نکته بالا، یک پاسکال برابر است با یک نیوتون بر مترمربع؛ پس گزینه سوم نیز درست است. یک نیوتون برابر است با «شتاب ثقل×۱/۰ kg» بنابراین گزینه **د** پاسخ مورد نظر است.

این پرسش، مشابه پرسش «۱۲» آزمون "برق، ماشین‌آلات دادگستری" سال ۷۱ می‌باشد.

۲ - ۲ - ۶ - ۳ توان الکتریکی

توان (قدرت)، به معنی کار انجام شده در واحد زمان است و به صورت زیر بدست می‌آید:

$$P = \frac{W}{t} \qquad (۲-۱۸)$$

یکای توان، ژول بر ثانیه می‌باشد. باتوجه به تعریف بالا، مقدار توان الکتریکی را می‌توان به صورت‌های زیر تعریف کرد:

$$P = VI = RI^2 = \frac{V^2}{R} \qquad (۲-۱۹)$$

نکته ۷-۲) طبق بخش یاتاقان در فصل «مبانی ماشین‌آلات صنعتی» در کتاب «مفاهیم صنایع، کارخانجات و ماشین‌آلات صنعتی در آزمون کارشناس رسمی»، ضریب اصطکاک غلتشی بیشتر از ضریب اصطکاک لغزشی می‌باشد

پرسش ۲۳-۲) کدام گزینه نادرست است؟ (د.ب-۸۶ «۴۷»)

الف) ژول واحد انرژی برابر یک نیوتون نیرو در انتقال ۱ متر جابه‌جایی است.

ب) گشتاور برابر کار انجام شده در واحد زمان است.

ج) ضریب اصطکاک لغزشی بیشتر از ضریب اصطکاک غلتشی است.

د) وات واحد توان برای یک ژول کار در واحد زمان است.

پاسخ) طبق تعریف توان، مقدار کار انجام شده در واحد زمان را توان می‌گویند، پس گزینه **ب**، گزینه موردنظر است.

پرسش ۲۴-۲) واحد توان الکتریکی کدام است؟ (ق.ب-۸۸ «۲»)

الف) وات بر ثانیه ب) کیلو وات ساعت ج) ژول د) ژول بر ثانیه

پاسخ) با توجه به توضیحات فوق، واحد توان الکتریکی ژول بر ثانیه است. گزینه **د** صحیح است.

نکته ۸-۲) واحد توان الکتریکی ولت‌آمپر (VA) یا وات (W) می‌با شد. البته این مقدار را با واحد دیگری به نام ا سب بخار (hp) نیز بیان می‌کنند. یک اسب بخار برابر با ۷۴۶ وات است.

پرسش ۲۵-۲) یک اسب بخار معادل چند وات است؟ (ق.ب-۹۳ «۴»)

الف) ۷۴۶ وات ب) ۸۳۶ وات ج) ۷۲۶ وات د) ۸۲۶ وات

پاسخ) با توجه به توضیحات فوق هر اسب بخار معادل ۷۴۶ وات بوده و نزدیک‌ترین پاسخ، گزینه **الف** است. گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ۲۶-۲) ده‌هزار کیلوکالری، معادل چند وات‌ساعت و چند کیلوژول است؟ (د.ت-۸۴ «۱۸»)

الف) ۱۵/۰۰۰ وات‌ساعت و ۲۰/۰۰۰ کیلوژول ب) ۱۱/۶۳۰ وات‌ساعت و ۴۱/۸۶۰ کیلوژول

ج) ۱۸/۳۶۰ وات‌ساعت و ۴۵/۷۵۰ کیلوژول د) ۱۳/۴۵۰ وات‌ساعت و ۲۱/۳۷۰ کیلوژول

پاسخ) طبق رابطه‌ی تبدیل وات‌ساعت به کالری، داریم: $1cal = 1.163\times10^{-3}Wh \rightarrow 10000cal = 11.63Wh$

و هر وات برابر با یک ژول بر ثانیه است. می‌دانیم که هر ساعت معادل ۳۶۰۰ ثانیه است. پس داریم:

$$11.63Wh \times \frac{3600\sec}{1h} = 41860W\sec = 41860J = 41.86KJ$$

گزینه **ب** صحیح است.

پرسش ۲-۲۷) توان الکتریکی مصرف‌کننده‌ای با مقاومت ۱۰ اهم و شدت جریان ۲ آمپر را به‌دست آورید؟ (ق.ت-۸۶ «٤٤»)

الف) ٤٠ ب) ۱۰ ج) ۲۱ د) هیچکدام

پاسخ) طبق رابطه‌ی توان الکتریکی داریم: $P = RI^2 = 10 \times 2^2 = 40W$

گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ۲-۲۸) یک اتوی برقی با ولتاژ ۲۲۰ ولت، جریان ۲/۲ آمپر از شبکه می‌کشد. توان این اتو چند وات است؟ (ق.ب-۸۰ «۲۹»)

الف) ۱۰۰W ب) ۲۲۰۰W ج) ۱۰۰۰W د) ٤٨٤W

پاسخ) طبق رابطه‌ی توان الکتریکی داریم: $P = VI = 220 \times 2.2 = 484W$

گزینه **د** صحیح است.

پرسش ۲-۲۹) مقدار مقاومت یک لامپ رشته‌ای ۶۰W، ۲٤۰V و روشن شده با برق شهر، چند اهم است؟ (ق.ب-۹۹ «۳۲»)

الف) ۹۶۰ ب) ٤٨٠ ج) ۹۶ د) ٤٨

پاسخ) طبق رابطه‌ی توان الکتریکی داریم: $P = \frac{V^2}{R} \rightarrow 60 = \frac{240^2}{R} \rightarrow R = 960\Omega$

گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ۲-۳۰) در انتقال توان ۱۰/۰۰۰ وات، به ترتیب با چه ولتاژ و جریانی، توان تلف شده‌ی کمتری به وجود می‌آید؟ (ق.ب-۸۰ «۱۲»)

الف) ۲/۵۰۰۰ ب) ۵/۲۰۰۰ ج) ۱۰/۱۰۰۰ د) ۲/۵۰۰

پاسخ) با توجه به رابطه $P=RI^2$، مقدار توان تلف‌شده در یک سیم (که مقاومت ثابتی دارد) با مجذور جریان رابطه‌ی مستقیم دارد، پس هرچه جریان کمتر باشد، تلفات کمتر است. گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ۲-۳۱) در اتصالات سیم‌ها، یک اتصال خوب باید: (ق.ب-۸۰ «۳۶»)

الف) از نظر مکانیکی محکم باشد. ب) از نظر الکتریکی دارای مقاومت باشد.

ج) از نظر الکتریکی فاقد مقاومت باشد. د) موارد **الف** و ج

پاسخ) در صورت شل بودن اتصالات، مقدار مقاومت بالا رفته و بنا به رابطه $P=RI^2$، مقدار تلفات (گرما) و احتمال آتش‌سوزی افزایش می‌یابد. گزینه **د** صحیح است.

نکته ۲-۹) راندمان یا بازده یا ضریب بهره، برابر است با مقدار توان یا انرژی خروجی به توان یا انرژی ورودی. یعنی:

$$\eta = \frac{W_{out}}{W_{in}} = \frac{P_{out}}{P_{in}} \qquad (۲-۲۰)$$

نکته ۲-۱۰) به میزان جرم عبوری از یک نقطه از سیستم در واحد زمان «دبی جرمی» گفته می‌شود.

پرسش ۲-۳۲) یک توربین کاملاً عایق با دبی جرمی ۵ کیلوگرم بر ثانیه توان ۱۰۰۰ کیلووات تولید می‌کند. اگر بنا به دلایلی عایق توربین از بین برود ۲۰ کیلوژول بر کیلوگرم حرارت تلف می‌شود. توان توربین در این حالت چند کیلووات است؟ (ق.ب-۸۸ «۳۱»)

الف) ۹۵۰ ب) ۱۰۰۰ ج) ۵۰۰ د) ۹۰۰

پاسخ) در اینجا دبی جرمی ۵ کیلوگرم در هر ثانیه بوده و با توجه به تلفات ۲۰ کیلوژول در هر کیلوگرم، در هر ثانیه ۱۰۰ کیلوژول انرژی تلف می‌شود. یعنی داریم:

$$P_{Loss} = 20\left(\frac{kJ}{kg}\right)\times 5\left(\frac{kg}{s}\right) = 100\left(\frac{kJ}{s}\right) = 100\times 10^3\left(\frac{J}{s}\right)$$

پس توان خروجی در حالت دوم برابر است با:

$$P_{out2} = P_{out1} - P_{Loss} = 1000 - 100 = 900kW$$

گزینه **د** صحیح است.

---

۲ - ۲ - ۷ محاسبه هزینه برق

کنتور، وسیله‌ای است که در محل برق ورودی هر مشترک نصب شده و مقدار انرژی الکتریکی مصرف‌شده را اندازه‌گیری می‌کند. معمولا هزینه‌ی مصرف هر کیلووات‌ساعت انرژی الکتریکی مشخص بوده و در نتیجه، هزینه کل را می‌توان با رابطه‌ی زیر محاسبه کرد:

$$C_t = C\times W \qquad (۲-۲۱)$$

که در این رابطه، W مقدار انرژی مصرفی، C هزینه مصرف هر کیلووات‌ساعت برق و C_t هزینه‌ی کل می‌باشد.

پرسش ۳۳-۲) در کنتوری برای تعیین مقدار توان، مقادیر زیر را در دست داریم. مقدار ثابت کنتور ۶۰۰ = C تعداد دور گردش صفحه کنتور در مدت ۹۰ ثانیه ۳۰ دور بوده است. توان مصرفی کنتور برابر است با: (د.ل-۸٤ «۳»)

الف) ٤ KW ب) ۲ KW ج) ۳ KW د) ۶ KW

پاسخ) ابتدا بایستی میزان انرژی مصرفی را برحسب کیلووات ساعت بدست بیاوریم. با توجه به اینکه هر ساعت معادل ۳۶۰۰ ثانیه می‌باشد، داریم:

$$\frac{90sec}{\text{دور } 30} = \frac{}{\text{دو}30} \rightarrow x = \frac{30\times 3600}{} = 1200,$$

با توجه به اینکه C=۶۰۰ است، داریم:

$$P_{kW} = \frac{1200}{600} = 2kW$$

گزینه **ب** صحیح است.

پرسش ۳٤-۲) هزینه‌ی مصرفی سالیانه‌ی لامپی ٤۰ واتی، در صورتی‌که شبانه‌روز روشن بماند، چند ریال است؟ (هزینه هر کیلووات برق حدود ۲۰۰ ریال می‌باشد) (ق.ب-۸٤ «۵۲»)

الف) ۳۵/۰۰۰ریال ب) ۱٤۰/۰۰۰ریال ج) ۷۰/۰۰۰ ریال د) ۱۷/۵۰۰ ریال

پاسخ) مقدار انرژی مصرف‌شده در یک شبانه‌روز برابر است با:

$$W_d = P\times t = 40\times 24 = 960Wh$$

پس مقدار انرژی ساله برابر است با:

$$W_y = 365\times W_d = 365\times 960 = 350.4kWh$$

حال طبق رابطه‌ی بالا، هزینه کل انرژی به‌ازای ۲۰۰ ریال برای هر کیلووات‌ساعت به صورت زیر به‌دست می‌آید:

$$C_t = C\times W = 200\times 350.4 = 70080Rial$$

گزینه **ج** صحیح است.

پرسش ۳۵-۲) برای تامین گرمای یک ساختمان در زمستان در هر ماه یک تن ذغال سنگ مصرف می شود. اگر همین خانه را به‌وسیله‌ی انرژی الکتریکی گرم کنیم و بهای برق مصرفی از قرار هر کیلووات ساعت ۵ ریال باشد، هزینه مصرف برق را حساب کنید. (در صورتی‌که از احتراق هر کیلو ذغال‌سنگ ٤۰۰۰ کیلوکالری حرارت تولید شود) (د.ت-۷۲ «۲۲»)

پاسخ) طبق رابطه‌ی تبدیل وات‌ساعت به کالری، هر کالری انرژی برابر است با $۱/۱۶۳\times ۱۰^{-۳}$ وات‌ساعت. هر کیلو ذغال‌سنگ نیز ٤۰۰۰ کیلوکالری حرارت تولید می‌نماید. پس داریم:

$$W_E = 4000\times 1000\times 1.163\times 10^{-3} = 4652kWh$$

حال هزینه کل برابر است با:

$$C_t = C\times W = 5\times 4652 = 23260Rial$$

نکته ۱۱-۲) در تعریفی دیگر برای کالری، مقدار گرمای (انرژی) لازم برای اینکه دمای یک گرم آب را از ۱۴/۵ درجه سلسیوس به ۱۵/۵ درجه سلسیوس افزایش یابد را یک کالری (cal) می‌گویند.

پرسش ۳۶-۲) ضریب بهره یک آبگرم‌کن برقی ۹۰٪ می‌باشد و با نیروی محرکه ۱۱۵ ولت، جریان الکتریکی ۶ آمپر از آن می‌گذرد. برای اینکه این آبگرم‌کن برقی، درجه حرارت ٤۵ لیتر آب را از ۲۰ به ۱۰۰ درجه سانتیگراد برساند؛ بهای انرژی الکتریکی مصرفی را از قرار هر کیلووات ساعت ۵ ریال حساب کنید. (د.ت-۷۲ «۲۳» تشریحی)

پاسخ) طبق رابطه‌ی تبدیل وات‌ساعت به کالری، هر کیلوکالری انرژی برابر است با $۱/۱۶۳\times۱۰^{-۳}$کیلووات‌ساعت. تغییرات دما برابر است با:

$$\Delta T = T_2 - T_1 = 100 - 20 = 80^{o}C$$

با توجه به نکته فوق (البته با تقریب)، برای تغییر درجه حرارت ۴۵ لیتر آب (۴۵ کیلوگرم) به میزان ۸۰ درجه سانتیگراد، مقدار انرژی مورد نیاز برابر است با:

$$W = 45000 \times 80 = 3600kcal$$

که این مقدار انرژی، برحسب وات‌ساعت برابر است با:

$$W = 3600 \times 1000 \times 1.163 \times 10^{-3} = 4.2kWh$$

که این مقدار، انرژی خروجی آبگرم‌کن بوده و با توجه به رابطه‌ی راندمان داریم:

$$\eta = \frac{W_{out}}{W_{in}} \rightarrow W_{in} = \frac{W_{out}}{\eta} = \frac{4.2}{0.9} = 4.67$$

حال هزینه کل برابر است با:

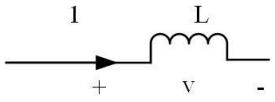
$$C_t = C \times W_{in} = 5 \times 4.67 \times 1000 = 23300Rial$$

---

۲ - ۳ عناصر ذخیره‌کننده‌ی انرژی

۲ - ۳ - ۱ سلف

«سلف» عنصری است که از پیچیدن چند دور سیم مطابق شکل به دور هم یا به دور یک هسته ساخته می‌شود. سلف با اسامی دیگری مانند «خودالقا»، «بوبین» و «چوک» نیز شناخته می‌شود. رابطه‌ی بین ولتاژ و جریان سلف به قرار زیر می‌باشد.



شکل (۲-۳) شکل مداری سلف

$$V = L\frac{di}{dt} \qquad (۲-۲۲)$$

در رابطه‌ی بالا، L را «ضریب خودالقایی» یا «اندوکتانس» می‌نامند. این پارامتر به مشخصات فیزیکی سیم‌پیچ و نوع هسته وابسته بوده و طبق رابطه‌ی زیر بدست می‌آید:

$$L = \mu\frac{N^2A}{l} \qquad (۲-۲۳)$$

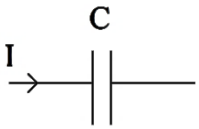
در این رابطه، μ ضریب نفوذپذیری مغناطیسی نام داشته که مقدار آن با توجه به جنس هسته تعیین می‌شود. همچنین N تعداد دور سیم‌پیچ، A سطح مقطع سیم‌پیچ و l طول سیم‌پیچ می‌باشد.

نکته ۱۲-۲) سلف عنصر ذخیره‌کننده‌ی انرژی بوده و چنانچه جریان I از آن عبور کند، انرژی ذخیره شده در آن از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود.

$$W = \frac{1}{2}LI^2 \qquad (۲-۲۴)$$

۲ - ۳ - ۲ خازن

«خازن» عنصری است که برای ذخیره بار الکتریکی در مدار استفاده می‌شود. خازن متشکل از دو صفحه‌ی رسانا بوده که با استفاده از هوا یا یک ماده غیررسانا (دی‌الکتریک) از یکدیگر عایق شده‌اند. توانایی ذخیره بار الکتریکی در یک خازن را «ظرفیت» خازن نامیده و با C نمایش می‌دهند. واحد ظرفیت خازن فاراد است. رابطه‌ی زیر را برای یک خازن می‌توان بیان کرد:



شکل (۲-۴) شکل مداری خازن

$$C = \frac{q}{V} \qquad (۲-۲۵)$$

در این رابطه، q مقدار بار الکتریکی ذخیره‌شده در خازن برحسب کولن، V ولتاژ دو سر خازن برحسب ولت و C ظرفیت خازن برحسب فاراد (F) می‌باشد. لازم به ذکر است که فاراد واحد بسیار بزرگی بوده و در عمل، خازن‌هایی با ظرفیت‌های میکروفاراد و نانوفاراد متداول هستند. ظرفیت خازنی جزو ویژگی‌های ذاتی هر خازن بوده و از رابطه‌ی بعد بدست می‌آید:

$$C = \frac{\varepsilon A}{d} \qquad (۲-۲۶)$$

در این رابطه، ε مقداری ثابت و وابسته به جنس عایق (دی‌الکتریک)، A سطح مقطع صفحات و d فاصله‌ی بین صفحات خازن می‌باشد.

پرسش ۳۷-۲) ظرفیت خازن به کدامیک از موارد زیر بستگی ندارد؟ (ق.ب-۸٤ «۷»)

الف) نوع دی‌الکتریک بین صفحات ب) اندازه و شکل صفحات فلزی

ج) پهنای دی‌الکتریک مابین صفحات د) ولتاژ صفحات دی‌الکتریک

پاسخ) با توجه به رابطه‌ی ظرفیت خازن، مقدار C به جنس دی‌الکتریک، طول بین صفحات و سطح مقطع صفحات وابسته است. گزینه **د** صحیح است.

این پرسش، مشابه پرسش «۶۲» آزمون "تاسیسات ساختمانی قوه قضاییه" سال ۸۴ می‌باشد.

رابطه‌ی ولتاژ و جریان دو سر خازن را می‌توان به‌صورت زیر بیان کرد:

$$I = C\frac{dV}{dt} \qquad (۲-۲۷)$$

همچنین معمولا خازن‌ها در حالتی که خارج از مدار هستند، دشارژ بوده و در هنگام قرار گرفتن در مدار شروع به شارژ شدن می‌کنند. طبیعتا مقدار جریان شارژ خازن در ابتدا حداکثر بوده و رفته‌رفته با توجه به شارژ شدن خازن، این جریان کاهش می‌یابد.

پرسش ۳۸-۲) در لحظه شروع شارژ خازن، جریان آن ..... و ولتاژ آن ..... است. (ق.ب-۹۶ «٤۶»)

الف) صفر – ماکزیمم ب) ماکزیمم- صفر ج) ثابت – ثابت د) نصف ماکزیمم – صفر

پاسخ) در آغاز شارژ، خازن دشارژ می‌باشد. پس طبیعتا ولتاژ آن صفر و جریان عبوری از آن ماکزیمم است و رفته‌رفته با توجه به شارژ شدن خازن، مقدار ولتاژ افزایش و مقدار جریان کاهش می‌یابد. گزینه **ب** صحیح است.

این پرسش، مشابه پرسش «۴۲» آزمون "تاسیسات ساختمانی قوه‌قضائیه" سال ۸۶ می‌باشد.

نکته ۱۳-۲) خازن نیز عنصر ذخیره‌کننده‌ی انرژی بوده و چنانچه ولتاژ دو سر آن V باشد، انرژی زیر در آن ذخیره می‌شود:

$$W = \frac{1}{2}CV^2 \qquad (۲-۲۸)$$

پرسش ۳۹-۲) اگر خازنی را به ولتاژ ۱۰۰ ولت وصل نمائیم، بار ذخیره شده در آن ۰/۰۵ آمپرثانیه خواهد بود. حال چنان‌چه ولتاژ وصل‌شده به خازن را ٤۰۰ ولت نمائیم، انرژی ذخیره‌شده در آن چند ژول است؟ (ق.ب-۸۰ «۸۶»)

الف) ۰/۲ ب) ۱۰ ج) ۲۰ د) ٤۰

پاسخ) ظرفیت خازن یک پارامتر ثابت بوده و مقدار آن به ساختمان خازن وابسته است. با محاسبه ظرفیت براساس مقادیر داده‌شده داریم:

$$C = \frac{q_1}{V_1} = \frac{0.05}{100} = 5\times10^{-4}F$$

حال با تغییر ولتاژ، مقدار انرژی جدید برابر است با:

$$W = \frac{1}{2}CV_2^{\,2} = \frac{1}{2}\times 5\times 10^{-4}\times 400^2 = 40J$$

گزینه **د** صحیح است.

۲ - ۴ تحلیل مدارهای جریان متناوب (AC)

شکل موج AC یا همان «جریان متناوب»، به‌طور دائم در هر نیم‌سیکل بین دو مقدار ماکزیمم مثبت و ماکزیمم منفی تغییر می‌کند. شکل موج سینوسی معروف‌ترین نوع شکل موج‌های متناوب است که در ادامه با برخی ویژگی‌های مهم آن آشنا می‌شویم.

۲ - ۴ - ۱ مشخصات یک شکل موج سینوسی

الف) فرکانس: تعداد سیکل‌ها در واحد زمان (ثانیه) را فرکانس نامیده و از رابطه‌ی زیر حاصل می‌شود. فرکانس را با f نمایش داده و واحد آن برابر با «هرتز» یا Hz می‌باشد.

$$f = \frac{1}{T} \qquad (۲-۲۹)$$

ب) طول موج: به فاصله بین دو قله متوالی از یک موج (یا بین دو نقطه از موج که وضعیت یکسان دارند)، طول موج گفته می‌شود. طول موج را با λ نمایش داده و با توجه به اینکه از جنس طول است، واحد آن متر می‌باشد. رابطه‌ی طول موج با فرکانس در یک شکل موج سینوسی را می‌توان به صورت زیر بیان کرد:

$$\lambda = \frac{C}{f} \qquad (۲-۳۰)$$

که در آن، C سرعت موج بر حسب متر بر ثانیه است.

نکته ۱۴-۲) معمولا مقدار C برابر با سرعت نور، یعنی ۳×۱۰^۸ متر بر ثانیه در نظر گرفته می‌شود.

پرسش ۴۰-۲) اگر فرکانس توربین مادون قرمز و ماوراءِ بنفش از ٤×۱۰^{۱٤} تا ۸×۱۰^{۱٤} هرتز باشد، طیف طول موج آن چقدر است؟ (د.ب-۷۱ «۳٤»)

الف) ۰/۳۷۵ تا ۰/۷۵۰ میکرومتر
ب) ۰/۳۸۵ تا ۰/٤۲۵ میکرومتر
ج) ۱/۲ تا ۱/٤ میلیمتر
د) ٤ تا ۸ سانتیمتر

پاسخ) با توجه به رابطه‌ی طول موج داریم:

$$\lambda_1 = \frac{C}{f_1} = \frac{3\times 10^8}{4\times 10^{14}} = 0.75\times 10^{-6} = 0.75\mu m$$

$$\lambda_2 = \frac{C}{f_2} = \frac{3\times 10^8}{8\times 10^{14}} = 0.375\times 10^{-6} = 0.375\mu m$$

پس طیف طول موج برابر با ۰/۳۷۵ تا ۰/۷۵۰ میکرومتر است. گزینه **الف** صحیح است.

این پرسش، مشابه پرسش «۲۵» آزمون "تاسیسات ساختمانی دادگستری" سال ۷۱ می‌باشد.

ج) مقدار متوسط (ave) میانگین مقادیر دامنه (لحظه‌ای) در یک نیم‌سیکل از یک شکل موج سینوسی را مقدار متوسط می‌گویند. این مقدار با توجه به مقدار ماکزیمم و از رابطه‌ی زیر بدست می‌آید.

$$I_{ave} = \frac{2}{\pi}I_m = 0.635I_m \qquad (۲-۳۱)$$

در رابطه‌ی بالا مقدار I_m همان مقدار پیک یا ماکزیمم در موج سینوسی می‌باشد.

پرسش ۴۱-۲) مقدار متوسط یک جریان سینوسی در طول نصف یک سیکل کدام گزینه است؟ (ق.ت-۹۳ «۸۸»)

الف) $\frac{1}{\pi}I_m$
ب) $\frac{2}{\pi}I_m$
ج) $\sqrt{2}I_m$
د) صفر

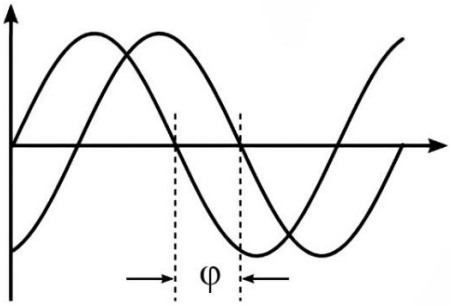
پاسخ) طبق رابطه‌ی ارائه‌شده برای مقدار متوسط، گزینه **ب** صحیح است.

د) مقدار مؤثر (rms) مقدار مؤثر یک موج سینوسی، به این معناست که چنانچه ولتاژ سینوسی را از دو سر مقاومت برداشته و ولتاژی dc برابر با مقدار مؤثر دو سر آن قرار دهیم، مقدار توان مشابهی در مقاومت تلف می‌شود. این مقدار نیز با توجه به مقدار ماکزیمم موج سینوسی و با رابطه‌ی زیر بدست می‌آید.

$$I_{rms} = \frac{1}{\sqrt{2}} I_m = 0.707 I_m \qquad (۲-۳۲)$$

ه) فاز: لحظه یا مکان شروع یک شکل موج سینوسی را فاز می‌گویند.

و) اختلاف فاز: میزان اختلاف بین دو شکل موج در یک نقطه مشابه را اختلاف فاز می‌گویند.



شکل (۲-۵) نمایش برداری دو عدد مختلط A و B

۲ - ۴ - ۲ تحلیل مدارهای جریان متناوب (AC)

به‌منظور تحلیل مدارهای جریان متناوب، نیاز است تا ابتدا با چند مفهوم آشنا شویم.

۲ - ۴ - ۲ - ۱ یادآوری اعداد مختلط

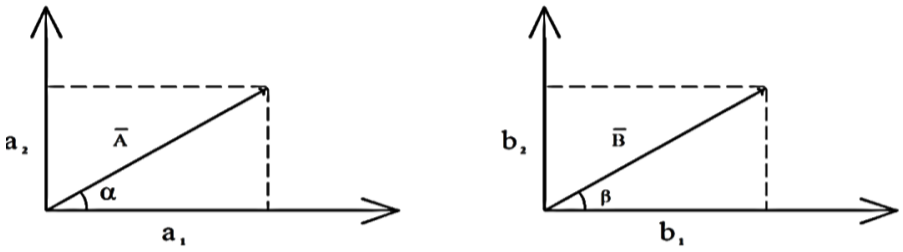
هر عدد مختلط را می‌توان به صورت یک بردار نمایش داد که تصویر این بردار بر روی محور افقی برابر با قسمت حقیقی آن عدد مختلط و تصویر بردار بر روی محور عمودی، برابر با قسمت موهومی می‌باشد. مقدار قراردادی j، مقدار واحد موهومی نام داشته و داریم:

$$j = \sqrt{-1} \qquad (۲-۳۳)$$

حال چنانچه A و B را دو عدد مختلط به صورت‌های مقابل در نظر بگیریم:

$$\vec{A} = a_1 + ja_2 = |\vec{A}| \angle \alpha$$
$$\vec{B} = b_1 + jb_2 = |\vec{B}| \angle \beta$$

نمایش برداری آن‌ها به صورت زیر بوده:



شکل (۲-۶) نمایش برداری دو عدد مختلط A و B

و می‌توان روابط زیر را در مورد آن‌ها نوشت:

الف) یافتن اندازه و زاویه با استفاده از مقادیر حقیقی و موهومی

$$|\vec{A}| = \sqrt{a_1^2 + a_2^2} \qquad (۲-۳۴)$$

$$\alpha = \angle \vec{A} = \tan^{-1} \frac{a_2}{a_1} \qquad (۲-۳۵)$$

ب) یافتن مقادیر حقیقی و موهومی با استفاده از اندازه و زاویه

$$a_1 = |\vec{A}|\cos\alpha \qquad (۲-۳۶)$$

$$a_2 = |\vec{A}|\sin\alpha \qquad (۲-۳۷)$$

ج) جمع و تفریق دو عدد مختلط

$$\vec{A}+\vec{B} = (a_1+b_1)+j(a_2+b_2) \qquad (۲-۳۸)$$

$$\vec{A}-\vec{B} = (a_1-b_1)+j(a_2-b_2) \qquad (۲-۳۹)$$

د) ضرب و تقسیم دو عدد مختلط

$$\vec{A}.\vec{B} = |\vec{A}|.|\vec{B}|\angle(\alpha+\beta) \qquad (۲-۴۰)$$

$$\frac{\vec{A}}{\vec{B}} = \frac{|\vec{A}|}{|\vec{B}|}\angle(\alpha-\beta) \qquad (۲-۴۱)$$

ه) مزدوج مختلط (کانجوگیت)

$$\overrightarrow{A^*} = |\vec{A}|\angle-\alpha = a_1 - ja_2 \qquad (۲-۴۲)$$

در رابطه با مقدار j داریم:

$$\frac{1}{j} = -j \qquad (۲-۴۳)$$

۲ - ۴ - ۲ - ۲ فازور

فازور یکی از ابزارهای تحلیل مدارهای جریان متناوب است. ریشه‌ی تحلیل فازوری نشات گرفته از این موضوع است که هر عدد مختلط، از دو قسمت تشکیل شده است که یکی از آن‌ها ضریبی از cos و دیگری ضریبی از sin است. در اینجا ما به صورت برعکس عمل کرده و یک شکل موج با ضریب cos را برابر با یک مقدار مختلط در نظر می‌گیریم. با تحلیل فازوری می‌توان پاسخ حالت دائمی سینوسی را به دست آورد. فازورها در محاسبات مربوط به امپدانس و توان مختلط نیز استفاده می‌شوند. برای نمایش فازور مربوط به یک شکل موج سینوسی، نیاز به دو پارامتر مقدار موثر (rms) و فاز داریم. چنانچه شکل موجی سینوسی به صورت زیر داشته باشیم:

$$v(t) = v_m\cos(\omega t+\varphi_v) \qquad (۲-۴۴)$$

نمایش فازوری آن به‌صورت زیر می‌باشد.

$$\vec{v} = v_{rms}\angle\varphi_v \qquad (۲-۴۵)$$

که در رابطه‌ی بالا v_{rms} مقدار موثر و φ_v زاویه‌ی فاز شکل موج سینوسی می‌باشد.

۲ - ۴ - ۲ - ۳ صورت‌های مختلف نمایش فازور

همانطور که اشاره شد، فازور یک عدد مختلط است و می‌توان آن را به صورت‌های قطبی و دکارتی نمایش داد.

الف) نمایش قطبی

$$\vec{v} = v_{rms}\angle\varphi_v \qquad (۲-۴۶)$$

$$\vec{v} = v_{rms}e^{j\varphi_v} \qquad (۲-۴۷)$$

ب) نمایش دکارتی

$$\vec{v} = v_{rms}(\cos\varphi_v + j\sin\varphi_v) \qquad (۲-۴۸)$$

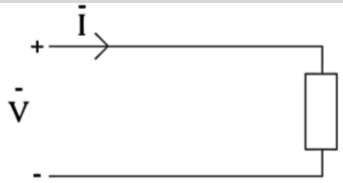
توجه داشته باشیم که مقدار فاز، یک مقدار قراردادی بوده و ممکن است برای یک شکل موج، فازهای مختلفی بیان شود، اما آنچه در بحث فازورها اهمیت دارد، اختلاف زاویه‌ی بین فازورها در یک مجموعه است.

نکته ۱۵-۲) مشتق در حوزه زمان معادل با ضرب $j\omega$ در حوزه‌ی فازور است.

۲ - ۴ - ۲ - ۴ امپدانس

در هر المان، حاصل تقسیم فازور ولتاژ به فازور جریان، امپدانس را مشخص می‌کند. امپدانس را با حرف Z نمایش داده و واحد آن اهم (Ω) می‌باشد. توجه شود که امپدانس نیز از جنس فازور است.

نکته ۱۶-۲) در محاسبه‌ی امپدانس، جریان از قطب مثبت المان به امپدانس وارد می‌شود.



شکل (۲-۷) نمایش امپدانس، ولتاژ و جریان

$$\vec{Z} = \frac{\vec{V}}{\vec{I}} \qquad (۲-۴۹)$$

الف) مقاومت

$$\vec{V} = R\vec{I} \rightarrow \overrightarrow{Z_R} = R \qquad (۲-۵۰)$$

در یک المان مقاومتی، فازورهای ولتاژ و جریان هم‌فاز می‌باشند. (اختلاف فاز V و I صفر است.)

ب) سلف

$$v(t) = L\frac{di}{dt} \rightarrow \vec{V} = L \times j\omega\vec{I} \rightarrow \overrightarrow{Z_L} = j\omega L \qquad (۲-۵۱)$$

در رابطه‌ی بالا مقدار ωL را «راکتانس سلفی» یا «مقاومت سلفی» نامیده و آن را با X_L نمایش می‌دهند. واحد راکتانس سلفی، اهم (Ω) می‌باشد. همچنین در یک المان سلفی، فازور جریان از فازور ولتاژ عقب‌تر (پس‌تر) بوده و به همین خاطر سلف را عنصری پس‌فاز (lag) می‌گویند.

ج) خازن

$$i(t) = C\frac{dv}{dt} \rightarrow \vec{I} = C \times j\omega\vec{V} \rightarrow \vec{V} = \frac{1}{j\omega C}\vec{I} \rightarrow \overrightarrow{Z_C} = \frac{1}{j\omega C} = \frac{-j}{\omega C} \qquad (۲-۵۲)$$

در رابطه‌ی بالا مقدار $1/\omega C$ را «راکتانس خازنی» یا «مقاومت خازنی» نامیده و آن را با X_C نمایش می‌دهند. واحد راکتانس خازنی نیز اهم (Ω) می‌باشد. همچنین در یک المان خازنی، فازور جریان از فازور ولتاژ جلوتر (پیش‌تر) بوده و به همین خاطر خازن را عنصری پیش‌فاز (lead) می‌گویند.

د) محاسبه امپدانس معادل: ازآنجائی‌که، امپدانس نیز دارای واحد اهم است، عملا با مقاومت تفاوتی ندارد. درنتیجه تمام مواردی که در مورد اتصال سری و موازی در بخش "اتصال المان‌ها" ذکر شد، در اینجا نیز صادق است.

پرسش ۴۲-۲) مقاومت سلفی با ضریب خودالقاء و فرکانس به ترتیب نسبت ..... و ..... دارد. (ق.ت-۸۶ «۴۱»)

الف) مستقیم – مستقیم ب) مستقیم – عکس ج) عکس – مستقیم د) عکس – عکس

پاسخ) مقاومت سلفی (X_L)، ضریب خودالقایی (L) و فرکانس (f) دارای رابطه مقابل می‌باشند: $X_L = \omega L = 2\pi fL$

گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ۴۳-۲) یک امپدانس ۳+۴j با یک امپدانس ۲+۶j سری شده‌اند. امپدانس معادل آن چقدر است؟ (ق.ت-۹۳ «۸۹»)

الف) ۱۵<۳۳/۷ ب) ۱۱/۱۸<۶۳/۴ ج) ۳۰+۲۴j د) ۲۴+۶ j

پاسخ) مانند دو مقاومت سری، برای این دو امپدانس داریم: $Z_t = Z_1 + Z_2 = (2+3) + j(6+4) = 5 + j10$

حال با توجه به بخش اعداد مختلط، اندازه و زاویه فاز را بدست می‌آوریم: $|Z_t| = \sqrt{5^2 + 10^2} = 11.18\Omega$

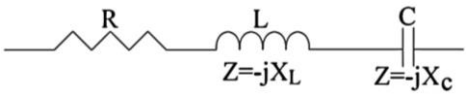
$$\angle Z_t = \tan^{-1}\frac{10}{5} = 63.4^\circ$$

گزینه **ب** صحیح است.

پرسش ٤٤-٢) در یک مدار سری RLC مقاومت ظاهری برابر است با: (ق.ت-۸۶ «٤٣»)

الف) $Z=R+(X_L-X_C)$ ب) $Z=R+(X_C-X_L)$ ج) $Z=R+X_L$ د) $Z=R+X_C$

پاسخ) مدار سری RLC به صورت زیر می‌باشد:



با توجه به روابط امپدانس، برای مقاومت، سلف و خازن داریم:

$$\overrightarrow{Z_t}=\overrightarrow{Z_R}+\overrightarrow{Z_L}+\overrightarrow{Z_C}=R+jX_L-jX_C=R+j\left(X_L-X_C\right)$$

گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ٤٥-٢) یک سیم‌پیچی دارای مقاومت اهمی ۳۰ اهم و مقاومت القائی ٤٠ اهم است و به منبع ۲۵۰ ولت وصل شده است. جریان مدار چند آمپر است؟ (د.ت-۹۰ «۵»)

الف) ۵ ب) ۱۰ ج) ۱۲/۵ د) ۱۵

پاسخ) مقدار امپدانس برابر است با: $|Z|=\sqrt{R^2+X^2}=\sqrt{30^2+40^2}=50\Omega$

حال با توجه به قانون اهم، مقدار جریان برابر است با: $I=\dfrac{V}{|Z|}=\dfrac{250}{50}=5A$

گزینه **الف** صحیح است.

نکته ۱۷-۲) در مدارهایی که هم سلف و هم خازن در آن‌ها حضور دارند، فرکانس خاصی وجود دارد که در آن فرکانس، خروجی در حداکثر مقدار خود قرار می‌گیرد. این فرکانس را «فرکانس رزونانس» یا «فرکانس ت شدید» نامیده و با ا ستفاده از رابطه‌ی زیر بدست می‌آید:

$$j\omega_r L=\frac{1}{j\omega_r C}\rightarrow\omega_r=\frac{1}{\sqrt{LC}}\rightarrow f_r=\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \qquad (۲-۵۳)$$

در فرکانس تشدید، قسمت موهومی امپدانس، صفر و مدار، اهمی خالص خواهد بود.

پرسش ٤٦-٢) در یک مدار RLC فرکانس رزونانس (تشدید) چقدر است؟ (د.ب-۸۸ «۱۸»)

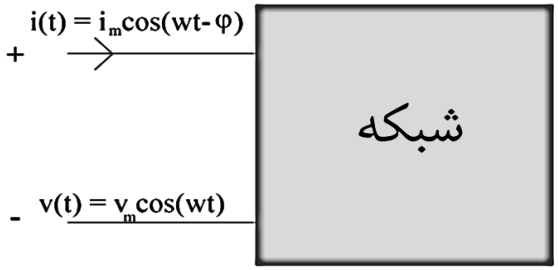
الف) RLC ب) $2(\pi\sqrt{LC})^{-1}$ ج) $(2\pi\sqrt{LC})^2$ د) $(2\pi\sqrt{LC})^{-1}$

پاسخ) با توجه به نکته بالا، گزینه **د** صحیح است.

۲ - ۴ - ۳ توان در جریان متناوب تکفاز

۲ - ۴ - ۳ - ۱ توان لحظه‌ای (توان در حوزه زمان)

مطابق شکل، اگر در یک شبکه پلاریته‌ی ولتاژ و جهت جریان به‌صورت نشان داده شده باشد، توان لحظه‌ای مصرفی برابر است با:



شکل (۲-۸) پلاریته ولتاژ و جریان قراردادی در یک شبکه

$$P(t)=v_{rms}i_{rms}(1+\cos 2\omega t)\cos\varphi+v_{rms}i_{rms}\sin 2\omega t\sin\varphi \qquad (۲-۵۴)$$

رابطه‌ی توان لحظه‌ای در مدارهای متناوب اهمیت چندانی ندارد. بلکه در این مدارها مقادیر توان ظاهری، اکتیو و راکتیو حائز اهمیت فراوان هستند که در ادامه با آن‌ها آشنا می‌شویم.

۲ - ۴ - ۳ - ۲ توان مختلط (توان در حوزه فازور)

«توان مختلط» کلی‌ترین فرم توان در حوزه فازور می‌باشد که به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\vec{S} = \vec{V}\vec{I}^{*} \qquad (۲-۵۵)$$

حالا با توجه به فازورهای ولتاژ و جریان به صورت زیر داریم:

$$\vec{S} = |\vec{V}| \angle \varphi_V \times |\vec{I}| \angle -\varphi_I = |\vec{V}||\vec{I}| \angle (\varphi_V - \varphi_I) \qquad (۲-۵۶)$$

مقدار $\varphi_V - \varphi_I$ را با حرف φ نمایش داده و آن را زاویه‌ی توان می‌نامند.

۲ - ۴ - ۳ - ۳ ارتباط توان‌های اکتیو و راکتیو با توان مختلط

توان مختلط یک عدد مختلط است و از دو بخش حقیقی و موهومی تشکیل می‌شود. قسمت حقیقی آن «توان اکتیو» یا «توان حقیقی» (با واحد Watt) و قسمت موهومی آن «توان راکتیو» یا «توان موهومی» (با واحد VAr) نامیده می‌شود. لازم به ذکر است که اندازه‌ی توان مختلط را «توان ظاهری» نامیده و واحد آن ولت آمپر یا VA می‌باشد.

$$\vec{S} = |\vec{V}||\vec{I}| \angle (\varphi_V - \varphi_I) = |\vec{V}||\vec{I}| \angle (\varphi) = |\vec{V}||\vec{I}| \cos\varphi + j|\vec{V}||\vec{I}| \sin\varphi \qquad (۲-۵۷)$$

الف) توان اکتیو یا حقیقی

$$P = |\vec{V}||\vec{I}| \cos\varphi \qquad (۲-۵۸)$$

ب) توان راکتیو یا موهومی

$$Q = |\vec{V}||\vec{I}| \sin\varphi \qquad (۲-۵۹)$$

ج) توان ظاهری

$$|\vec{S}| = |\vec{V}||\vec{I}| \qquad (۲-۶۰)$$

نکته ۱۸-۲) مقدار توان راکتیو مصرفی در مقاومت، برابر با صفر و در سلف و خازن برابر است با:

$$Q_C = -\frac{V^2}{X_C} \qquad (۲-۶۱)$$

$$Q_L = \frac{V^2}{X_L} \qquad (۲-۶۲)$$

لازم به توضیح است که توان اکتیو در شبکه، توانی است که برای ما کار انجام می‌دهد؛ مانند: روشن کردن انواع لامپ‌ها، به حرکت در آوردن انواع موتورها و ... . به‌عبارت‌دیگر، توان اکتیو شبکه همان توان مفید شبکه است. اما در مقابل توان راکتیو علی‌رغم وجود، کاری انجام نمی‌دهد و موجب اشغال ظرفیت خطوط و ژنراتورهای نیروگاهی می‌گردد (به همین دلیل است که ما دوست داریم مقدار توان راکتیو در شبکه کم باشد و این مساله باعث ایجاد مبحث اصلاح ضریب توان می‌شود؛ که در آینده خواهیم خواند). همچنین توان راکتیو، میزان سلفی یا خازنی بودن یک المان را در شبکه مشخص می‌کند.

۲ - ۴ - ۳ - ۴ ضریب توان

⇆ این بخش با بخش «جبران‌سازی توان راکتیو» در فصل تاسیسات برقی این کتاب، مرتبط است.

به کسینوس زاویه بین فازورهای ولتاژ و جریان، در یک المان، ضریب توان یا P.F گفته می‌شود.

$$PF = \cos\varphi = \cos(\varphi_V - \varphi_I) \qquad (۲-۶۳)$$

هرچه مقدار ضریب توان یک مجموعه به مقدار مطلوب، یعنی عدد یک نزدیکتر باشد، بار از نوع مقاومتی و هرچه مقدار آن به عدد صفر نزدیکتر باشد، بار از نوع سلفی یا خازنی می‌باشد. در واقع ضریب توان معیاری برای آگاهی از میزان توان راکتیو تولیدی

یا مصرفی بار می‌باشد. همانطور که در قسمت‌های قبل گفته شد، توان راکتیو کاری برای ما انجام نمی‌دهد و فقط ظرفیت خطوط را اشغال می‌کند. به همین خاطر است که مقدار یک را مقداری مطلوب برای ضریب توان نامیدیم.

در تعریفی دیگر می‌توان ضریب توان را به صورت مقدار توان حقیقی بر توان ظاهری تعریف کرد.

$$PF = \frac{P}{|\vec{S}|} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} \qquad (۲-۶۴)$$

مقدار ضریب توان مربوط به یک بار را می‌توان به صورت زیر نوشت.

$$PF = \frac{R}{|\vec{Z}|} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X^2}} \qquad (۲-۶۵)$$

نکته ۱۹-۲) از رابطه‌ی مثلثاتی معروف زیر غافل نشویم. برای هر زاویه‌ی θ دلخواه داریم:

$$\sin^2\theta + \cos^2\theta = 1 \qquad (۲-۶۶)$$

پرسش ۴۷-۲) در یک مدار RLC سری با مقاومت ظاهری Z که به ولتاژ متنا سب V و صل ا ست، ضریب توان چقدر است. (د.ب-۸۸ «۴۰»)

الف) Z/R ب) R/Z ج) R/|Z| د) |Z|/R

پاسخ) با توجه به توضیحات بالا، ضریب توان حاصل تقسیم قسمت حقیقی بر اندازهٔ امپدانس است. گزینه **ج** صحیح است.

پرسش ۴۸-۲) ضریب قدرت در شبکه کدام‌یک از گزینه‌های زیر است؟ (د.ل-۹۰ «۱۶»)

الف) کسینوس زاویه بین بردار جریان و ولتاژ ب) نسبت توان ظاهری به توان اکتیو

ج) سینوس زاویه بین بردار جریان و ولتاژ د) نسبت بار اکتیو به راکتیو

پاسخ) طبق تعریف ضریب توان، گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ۴۹-۲) در یک شبکه برق صنعتی با بار متعادل اگر کسینوس‌فی برابر صفر شود، نشان دهنده چیست؟ (ق.ب-۹۳ «۲۵»)

الف) مقاومت اهمی خالص و حداکثر جذب توان راکتیو ب) مقاومت اهمی خالص و حداقل جذب توان راکتیو

ج) مقاومت سلفی خالص و حداکثر جذب توان راکتیو د) مقاومت سلفی خالص و حداقل جذب توان راکتیو

پاسخ) با توجه به تعریف ضریب توان، چنانچه کسینوس‌فی برابر با صفر باشد، یعنی زاویه بین ولتاژ و جریان ۹۰ درجه بوده و بار از نوع سلفی خالص است. در این حالت تمام توان جذب‌شده از نوع راکتیو می‌باشد. گزینه **ج** صحیح است.

پرسش ۵۰-۲) ضریب توان در شبکه ..... (د.ل-۷۱ «۴۴»)

الف) با افزایش بار راکتیو افزایش می‌یابد. ب) با کاهش بار راکتیو افزایش می‌یابد.

ج) با افزایش بار راکتیو ثابت می‌ماند. د) با کاهش بار راکتیو کاهش می‌یابد.

پاسخ) طبق تعریف، با افزایش بار راکتیو، مقدار مخرج (|S|) افزایش یافته در حالیکه صورت (P) ثابت می‌ماند، پس مقدار ضریب توان با توان راکتیو نسبت عکس دارد. گزینه **ب** صحیح است.

این پرسش، مشابه پرسش «۳۱» آزمون "برق، ماشین‌آلات دادگستری" سال ۷۱ و پرسش «۳۷» آزمون "تاسیسات ساختمانی دادگستری" سال ۷۱ می‌باشد.

پرسش ۵۱-۲) برای تعیین ضرایب توان از قرائت کنتورهای اکتیو و راکتیو کدام رابطه صحیح است؟ (د.ل-۷۳ «۶»)

الف) $\tan\varphi = \frac{Q}{P}$ ب) $\tan\varphi = \frac{P}{Q}$ ج) $\tan\varphi = P \times Q$ د) $\tan\varphi = P - Q$

پاسخ) باتوجه به روابط توان اکتیو و راکتیو داریم:

$$P = |\vec{V}||\vec{I}|\cos\varphi$$

$$Q = |\vec{V}||\vec{I}|\sin\varphi$$

پس داریم:

$$\frac{Q}{P} = \tan\varphi$$

گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ۵۲-۲) یک موتور تکفاز 5kw مفروض اســت. این موتور تحت ولتاژ ۲۴۰ ولت ۲۵ آمپر می‌کشــد، ضــریب توان موتور چقدر است؟ (از تلفات صرف‌نظر کنید) (ق.ل-۸۳ «۱۲»)

الف) ۰/۸۲۳ ب) ۰/۹۳۲ ج) ۰/۷۳۳ د) ۰/۹۷۳

پاسخ) طبق رابطه‌ی ضریب توان داریم:

$$PF = \frac{P}{|\vec{S}|} = \frac{5000}{240 \times 25} = 0.82$$

گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ۵۳-۲) یک مدار تک‌فاز دارای توان ۲۰ کیلووات با ضریب توان پس‌فاز ۰/۸ است. مقادیر توان‌های ظاهری (S) و راکتیو (Q) برابر است با: (ق.ت-۹۳ «۹۰»)

الف) $S = ۲۵\ kVA$ و $Q = -۱۵\ kVAr$ ب) $S = ۲۵\ kVA$ و $Q = ۱۵\ kVAr$

ج) $S = ۲۵\ kVA$ و $Q = -۸\ kVAr$ د) $S = ۲۵\ kVA$ و $Q = ۸\ kVAr$

پاسخ) طبق رابطه‌ی ضریب توان داریم:

$$PF = \frac{P}{|\vec{S}|} \rightarrow 0.8 = \frac{20000}{|\vec{S}|} \rightarrow |\vec{S}| = 0.8 \times 20000 = 25000VA$$

همچنین طبق نکته بالا داریم:

$$\sin^2\varphi + \cos^2\varphi = 1 \rightarrow \sin\varphi = \sqrt{1-\cos^2\varphi} \rightarrow \sin\varphi = \sqrt{1-0.8^2} = 0.6$$

پس داریم:

$$Q = |\vec{S}| \sin\varphi = 25000 \times 0.6 = 15000Var$$

با توجه به اینکه ضریب توان پس‌فاز است، نوع بار سلفی و مقدار توان راکتیو مثبت می‌باشد. گزینه **ب** صحیح است.

پرسش ۵۴-۲) در کارخانه‌ای با ترانس ۲۰۰۰ کیلوولت‌آمپر و سینوس زاویه بین ولتاژ و جریان ۰/۸، چه قدرتی بر حسب کیلووات قابل استحصال است؟ (د.ب-۹۵ «۴۰»)

الف) ۱۲۰۰ ب) ۱۳۰۰ ج) ۱۴۰۰ د) ۱۶۰۰

پاسخ) طبق نکته بالا داریم:

$$\sin^2\varphi + \cos^2\varphi = 1 \rightarrow \cos\varphi = \sqrt{1-\sin^2\varphi} \rightarrow \cos\varphi = \sqrt{1-0.8^2} = 0.6$$

پس مقدار توان اکتیو بصورت زیر بدست می‌آید:

$$P = S\cos\varphi = 2000 \times 0.6 = 1200kW$$

گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ۵۵-۲) روی پلاک الکتروموتور جریان متناوبی ولتاژ ۲۲۰ ولت شــدت جریان ۵/۶۸ آمپر و ضــریب توان ۰/۸ قید شده است. توان الکتروموتور چند کیلووات است؟ (ق.ب-۸۰ «۵۲»)

الف) ۱ ب) ۱/۵ ج) ۲ د) ۲/۵

پاسخ) با توجه به رابطه‌ی توان حقیقی داریم:

$$P_{in} = V_T I_L \cos\varphi = 220 \times 5.68 \times 0.8 = 999.68W$$

گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ۵۶-۲) یک آلترناتور یک فازه با اختلاف ســطح ۲۴۰۰ ولت می‌تواند ۱۰۰ آمپر جریان تولید کند. توان نامی این مولد را بر حسب kVA و kW تعیین کنید. (در صورتی‌که ضریب قدرت بار آن ۸۰٪ باشد) (د.ت-۷۲ «۲۱» تشریحی)

پاسخ) مقدار توان ظاهری برابر است با:

$$S = V.I = 2400 \times 100 = 240kVA$$

مقدار توان اکتیو نیز برابر است با:

$$P = S.\cos\varphi = 240 \times 0.8 = 192kW$$

پرسش ۵۷-۲) در صورتی‌که توان موتور ماشین لباسشویی منصوب در آشپزخانه ۱/۵ کیلووات باشد، چند آمپر جریان جهت راه‌اندازی با راندمان ۰/۶ و ضریب توان ۰/۷ مورد نیاز می‌باشد. (ق.ت-۸۶ «۳۳»)

الف) ۳۲/۴۶ ب) ۱۶/۲۳ ج) ۸/۱۱۵ د) ۴/۰۵۷

پاسخ) مقدار توان ورودی برابر است با:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \rightarrow P_{in} = \frac{P_{out}}{\eta} = \frac{1.5}{0.6} = 2.5kW$$

مقدار جریان طبق رابطه روبرو حاصل می‌شود:

$$P = VI\cos\varphi \rightarrow I = \frac{P}{V\cos\varphi} = \frac{2500}{220 \times 0.7} = 16.23A$$

گزینه **ب** صحیح است.

۲ - ۵ شبکه‌های سه‌فاز

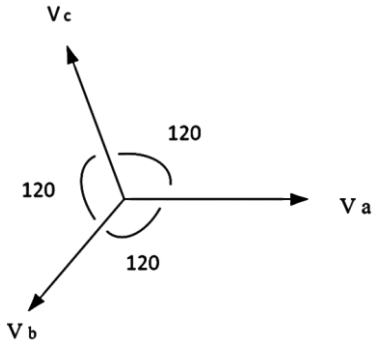
۲ - ۵ - ۱ مفاهیم مقدماتی

۲ - ۵ - ۱ - ۱ سیستم سه‌فاز متقارن

در سیستم سه‌فاز متقارن، کلیه اجزا در هر سه‌فاز (شامل بارها، امپدانس خطوط، منابع تغذیه و ...) از هر نظر یکسان هستند.

۲ - ۵ - ۱ - ۲ مجموعه ولتاژهای متعادل

به مجموعه ولتاژها در یک سیستم سه‌فاز که اندازه‌ی آن‌ها یکسان باشد و با یکدیگر دارای اختلاف فاز 120 درجه باشند، مجموعه ولتاژهای متعادل گفته می‌شود.



شکل (۲-۹) مجموعه ولتاژهای متعادل

مجموعه ولتاژهای متعادل را به صورت سینوسی می‌توان با روابط زیر بیان کرد:

$$\begin{aligned} v_a(t) &= v_m \cos(\omega t) \\ v_b(t) &= v_m \cos(\omega t - 120) \\ v_c(t) &= v_m \cos(\omega t - 240) \end{aligned} \qquad (۲-۶۷)$$

۲ - ۵ - ۱ - ۳ سیستم سه‌فاز متقارن و متعادل

این سیستم دارای سه ویژگی است:
الف) جریان‌های سه‌فاز در تمام نقاط سیستم، متعادل هستند.
ب) ولتاژهای سه‌فاز در تمام نقاط سیستم، متعادل هستند.
ج) ولتاژ در-مراکز اتصالات ستاره، صفر است.

پرسش ۵۸-۲) در شبکه برق سه‌فاز، مداری متعادل نامیده می‌شود که: (د.ب-۷۱ «۳۶»)

الف) ولتاژ فازها باهم برابر باشند. ب) بار هر سه‌فاز باهم برابر باشند.

ج) امپدانس مدار مصرف معادل امپدانس شبکه باشد. د) امپدانس سه‌فاز برابر باشند.

پاسخ) در صورت برابر بودن بارهای شبکه، تعادل آن حفظ می‌شود. گزینه **ب** صحیح است.

این پرسش، مشابه پرسش «۳۲» آزمون "الکترونیک و مخابرات دادگستری" سال ۸۶، پرسش «۲۷» آزمون "تاسیسات ساختمانی دادگستری" سال ۷۱ و پرسش «۲۰» آزمون "الکترونیک و مخابرات دادگستری" سال ۷۱ می‌باشد.

---

۲ - ۵ - ۲ مفاهیم موردنیاز در تحلیل شبکه‌های سه‌فاز

الف) ولتاژ خط: اختلاف ولتاژ بین دو خط از سه خط سیستم سه‌فاز را ولتاژ خط می‌گویند و آن را با v_L یا v_{LL} یا $v_{L\text{-}L}$ نشان می‌دهند (البته برای نشان دادن ولتاژ خط بین دو خط معین، به عنوان مثال خطوط a و b، از v_{ab} نیز استفاده می‌شود).

ب) ولتاژ فاز: به ولتاژ یک نقطه از سیستم سه‌فاز تا نقطه خنثی، ولتاژ فاز می‌گویند و آن را با v_{ph} یا v_{ph-n} نشان می‌دهند (البته برای نشان دادن ولتاژ یک نقطه از یک فاز معین تا نقطه خنثی، به عنوان مثال خط a، از v_{an} نیز استفاده می‌شود).

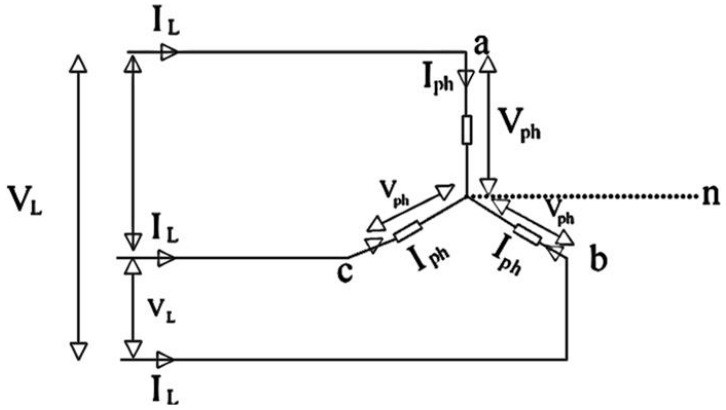
ج) جریان خط: جریان عبوری از هرکدام از خطوط انتقال را جریان خط می‌گویند و آن را با I_L نمایش می‌دهند (البته برای نشان دادن جریان در یک خط معین، به عنوان مثال خط a، از I_{L-a} نیز استفاده می‌شود).

د) جریان فاز: جریان عبوری از هرکدام از امپدانس‌های مصرف‌کننده یا تولیدکننده را جریان فاز می‌گویند و آن را با I_{ph} نمایش می‌دهند (البته برای نشان دادن جریان در یک فاز معین، به عنوان مثال فاز a، از I_{ph-a} نیز استفاده می‌شود).

۲ - ۵ - ۳ انواع اتصال‌ها در شبکه‌های قدرت سه‌فاز

۲ - ۵ - ۳ - ۱ اتصال ستاره

در این نوع اتصال، ولتاژ خط از لحاظ اندازه رادیکال ۳ برابر ولتاژ فاز متناظر با خودش می‌باشد و از لحاظ زاویه °30 از آن جلوتر است. جریان‌های خط و فاز نیز در این نوع اتصال با هم برابر هستند.

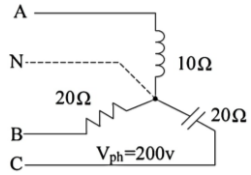


شکل (۲-۱۰) اتصال ستاره

$$\overrightarrow{V_L} = \overrightarrow{V_{ph}} \times \sqrt{3}\angle 30^\circ \qquad (۲-۶۸)$$

$$\overrightarrow{I_L} = \overrightarrow{I_{ph}} \qquad (۲-۶۹)$$

پرسش ۵۹-۲) توان راکتیو شبکه سه فاز شکل داده شده چند VAR است؟ (ق.ل-۸٤ «۲۱»)



الف) ۲۸۲۰ ب) ٤۰۰۰ ج) ۲۰۰۰ د) ۶۰۰۰

پاسخ) در این مدار ولتاژ ۲۰۰V روی هر المان قرار گرفته است. توان راکتیوِ مقاومت برابر صفر، توان راکتیوِ خازن مقداری منفی و توان راکتیوِ سلف مقداری مثبت است. داریم:

$$Q_C = -\frac{V^2}{X_C} = -\frac{200^2}{20} = -2000\text{VAR}$$

$$Q_L = \frac{V^2}{X_L} = \frac{200^2}{10} = 4000\text{VAR}$$

پس در مجموع داریم:

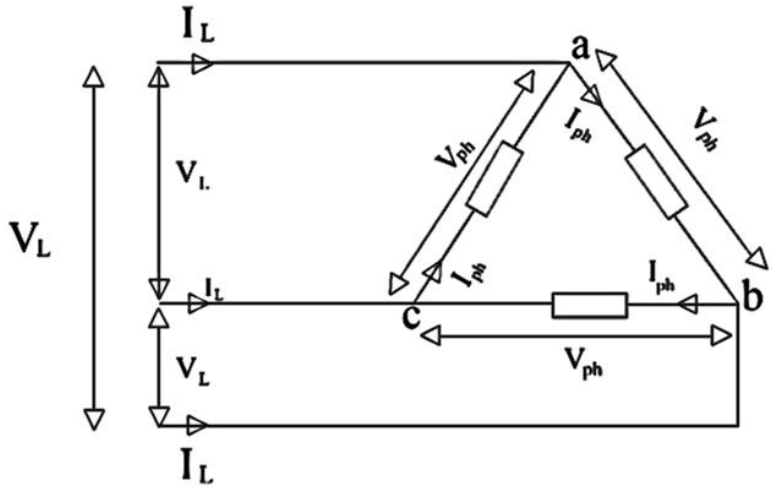
$$Q = Q_L + Q_L = 4000 - 2000 = 2000\text{VAR}$$

گزینه **ج** صحیح است.

---

۲ - ۵ - ۳ - ۲ اتصال مثلث

در این نوع اتصال جریان خط از لحاظ اندازه رادیکال ۳ برابر جریان فاز متناظر با خودش می‌باشد و از لحاظ زاویه 30° از آن عقب‌تر است. ولتاژهای خط و فاز نیز در این نوع اتصال با هم برابر هستند.



شکل (۲-۱۱) اتصال مثلث

$$\overrightarrow{V_L} = \overrightarrow{V_{ph}} \qquad (۲-۷۰)$$

$$\overrightarrow{I_L} = \overrightarrow{I_{ph}} \times \sqrt{3} \angle -30^\circ \qquad (۲-۷۱)$$

پرسش ۶۰-۲) در اتصال ستاره، کدام پاسخ درست است؟ (د.ت-۷۱ «۴۵»)

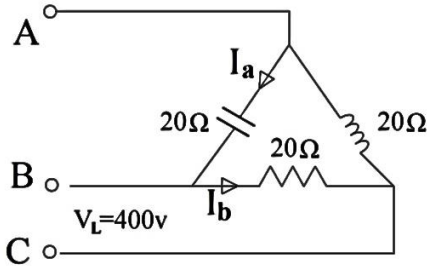
الف) ولتاژ خط با ولتاژ فاز برابر است. ب) جریان خط با جریان فاز برابر است.

ج) جریان خط $\sqrt{3}$ برابر جریان فاز است. د) ولتاژ خط $\frac{1}{\sqrt{3}}$ برابر ولتاژ فاز است.

پاسخ) طبق مطالب ارائه‌شده، در اتصال ستاره جریان‌های خط و فاز با هم برابر هستند. گزینه **ب** صحیح است.

این پرسش، مشابه پرسش «۱۷» آزمون "برق، ماشین‌آلات دادگستری" سال ۷۱، پرسش «۳۰» آزمون "الکترونیک و مخابرات دادگستری" سال ۷۱ و پرسش «۱۴» آزمون "الکترونیک و مخابرات دادگستری" سال ۸۴ می‌باشد.

پرسش ۶۱-۲) در مدار سه فاز شکل داده شده اختلاف فاز جریان‌های I_a و I_b چند درجه است؟ (ق.ل-۸۴ «۲۲»)



الف) ۳۰ ب) ۶۰ ج) ۹۰ د) ۱۲۰

پاسخ) با توجه به موارد بیان شده، V_{AB} و V_{BC} دارای ۱۲۰ درجه اختلاف فاز می‌باشند. از طرفی I_b با V_{BC} هم‌فاز بوده (به‌دلیل وجود مقاومت اهمی خالص) و I_a ۹۰ درجه از V_{AB} جلوتر می‌باشد (به‌دلیل وجود خازن). پس داریم:

$$\angle I_b - \angle I_a = \angle V_{BC} - \left(\angle V_{AB} + 90\right) = \left(\angle V_{BC} - \angle V_{AB}\right) + 90 = -120 + 90 = -30$$

گزینه **الف** صحیح است.

نکته ۲۰-۲) طبق استاندارد NEMA، ضریب نامتعادلی ولتاژ به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$V.U.F\% = \frac{\Delta V_{max}}{V_m} \times 100\% \qquad (۲-۷۲)$$

که در این رابطه، V_m بیانگر میانگین ولتاژهای اندازه‌گیری‌شده بین خطوط و ΔV_{max} بیانگر حداکثر انحراف از میانگین است.

پرسش ۶۲-۲) در یک مصرف‌کننده سه‌فاز، میزان ولتاژهای اندازه‌گیری شده بین R، S و T به شرح زیر است. حداکثر عدم‌تعادل ولتاژ چند درصد است؟ S-T: 472V ،T-R: 458V ،R-S: 444V (د.ل-۸۸ «٤٠»)

الف) ۳/۰۶ ب) ٤/۰۶ ج) ۵/۵ د) ۷/۰۵

پاسخ) با توجه به مقادیر ولتاژهای خطوط، میانگین و حداکثر انحراف از آن‌را محاسبه می‌نمائیم:

$$V_m = \frac{444+458+472}{3} = 458V$$

$$\Delta V_{ST} = |472-458| = 14 \quad , \quad \Delta V_{TR} = |458-458| = 0 \quad , \quad \Delta V_{RS} = |444-458| = 14 \rightarrow \Delta V_{max} = 14V$$

حال طبق تعریف بالا داریم:

$$V.U.F\% = \frac{\Delta V_{max}}{V_m} \times 100\% = \frac{14}{458} \times 100\% = 3.06\%$$

گزینه **الف** صحیح است.

۲ - ۵ - ۴ توان در مدارهای سه‌فاز متعادل

توان در شبکه‌های قدرت سه‌فاز همواره سه برابر توان شبکه‌ی تک‌فاز معادل می‌باشد. این موضوع هیچ ارتباطی با نوع اتصال ستاره یا مثلث ندارد. پس داریم:

$$\overrightarrow{S_{3ph}} = 3 \times \overrightarrow{S_{1ph}} \qquad (۲-۷۳)$$

همچنین در مورد توان‌های اکتیو و راکتیو نیز داریم:

$$\overrightarrow{P_{3ph}} = 3 \times \overrightarrow{P_{1ph}} \qquad (۲-۷۴)$$

$$\overrightarrow{Q_{3ph}} = 3 \times \overrightarrow{Q_{1ph}} \qquad (۲-۷۵)$$

حال برای محاسبه‌ی توان‌ها، چنانچه بخواهیم توان را با استفاده از پارامترهای فاز محاسبه کنیم، داریم:

$$\overrightarrow{P_{3ph}} = 3|\overrightarrow{V_{ph}}||\overrightarrow{I_{ph}}|\cos\varphi \qquad (۲-۷۶)$$

$$\overrightarrow{Q_{3ph}} = 3|\overrightarrow{V_{ph}}||\overrightarrow{I_{ph}}|\sin\varphi \qquad (۲-۷۷)$$

و چنانچه بخواهیم توان را با استفاده از پارامترهای خط محاسبه کنیم، داریم:

$$\overrightarrow{P_{3ph}} = \sqrt{3}|\overrightarrow{V_L}||\overrightarrow{I_L}|\cos\varphi \qquad (۲-۷۸)$$

$$\overrightarrow{Q_{3ph}} = \sqrt{3}|\overrightarrow{V_L}||\overrightarrow{I}|\sin\varphi \qquad (۲-۷۹)$$

نکته ۲۱-۲) توجه داریم که در هر دو رابطه، زاویه φ اختلاف زاویه ولتاژ فاز با جریان فاز (زاویه‌ی توان) و $\cos\varphi$ همان ضریب توان است.

پرسش ۶۳-۲) توان در برق سه‌فاز چند برابر توان برق تک‌فاز است؟ (ق.ب-۸٤«٤۳»)

الف) ۳ برابر ب) ۱/٤ برابر ج) ٤/۷ برابر د) ٤ برابر

پاسخ) با توجه به متن، توان در شبکه‌های قدرت سه‌فاز همواره سه برابر توان شبکه‌ی تک‌فاز معادل می‌باشد. گزینه **الف** صحیح است.

این پرسش، مشابه پرسش «۳۱» آزمون "تاسیسات ساختمانی قوه قضاییه" سال ۸۴ می‌باشد.

پرسش ٦٤-۲) کدام‌یک از جملات زیر صحیح است؟ (ق.ب-۹۳ «۲۲»)

الف) در اتصال مثلث توان موثر یک بار سه‌فاز متعادل، سه‌برابر توان در حالت ستاره است.

ب) در اتصال مثلث توان موثر یک بار سه‌فاز متعادل، برابر توان در حالت ستاره است.

ج) در اتصال ستاره توان موثر یک بار سه‌فاز متعادل، سه برابر توان در حالت مثلث است.

د) هیچ‌کدام

پاسخ) با توجه به توضیحات بالا، مقدار توان به نوع اتصال مرتبط نیست. گزینه **ب** صحیح است.

پرسش ۶۵-۲) جریان عبوری از یک بار سه‌فاز ۳۸۰ ولت، ۵۰ هرتز به قدرت ۱۵ کیلووات چند آمپر است؟ (ضریب توان برابر ۰/۷ در نظر گرفته شود.) (ق.ب-۹۳ «۳۰»)

الف) ۵۶/٤ ب) ۲۸/۲ ج) ۳۳ د) ۱۶/۵

پاسخ) مقادیر ارائه‌شده در صورت سوال، در صورتیکه بیان نشود که مقادیر خط یا فاز هستند، مقادیر خط در نظر گرفته می‌شوند. پس با توجه به روابط توان سه‌فاز داریم:

$$\overrightarrow{P_{3ph}} = \sqrt{3}\,|\overrightarrow{V_L}|\,|\overrightarrow{I_L}|\cos\varphi \rightarrow 15000 = \sqrt{3}\times 380\times|\overrightarrow{I_L}|\times 0.7 \rightarrow |\overrightarrow{I_L}| = 33A$$

گزینه **ج** صحیح است.

نکته ۲۲-۲) مانند موارد ا شاره شده در بخش "کار و توان الکتریکی"، کنتورهای برق کارخانجات مقادیر انرژی اکتیو و راکتیو را برحسب کیلووات‌ساعت و کیلووارساعت اندازه‌گیری می‌کنند.

پرسش ۶۶-۲) عموماً کنتورهای برق اکتیو، راکتیو، آب و گاز در کارخانجات بر حسب واحدهای زیر هستند: (د.ب-۷۹ «۱۱»)

الف) کیلووات‌ساعت، کیلووارساعت، متر مکعب، متر مکعب استاندارد

ب) وات در ماه، وار در ماه، لیتر، متر مکعب

ج) وات در ماه، وار در ماه، لیتر ساعت، متر مکعب

د) وات در روز، وار در روز، لیتر ساعت، متر مکعب ساعت

پاسخ) کنتور درواقع یک انرژی‌سنج است. واحد توان‌های اکتیو و راکتیو به ترتیب وات و وار است. همچنین کنتورهای آب و گاز نیز برحسب حجم و با واحد مترمکعب کار می‌کنند. گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ۶۷-۲) جهت اندازه‌گیری توان اکتیو در یک شبکه سه‌فاز سه سیم غیرمتعادل، به کدام‌یک از پارامترهای زیر شبکه نیاز است؟ (د.ل-۹۵ «۲۰»)

الف) I_R و V_R ب) I_R، V_R، I_S، V_S و I_T ج) I_R، V_R و I_S، V_S و I_T د) I_R، V_{RS} و I_T، V_{ST}

پاسخ) در شبکه غیرمتعادل، روابط بالا حاکم نبوده و بنابراین باید توان تک‌تک فازها را بدست بیاوریم و با هم جمع کنیم. گزینه **ب** صحیح است.

پرسش ۶۸-۲) مجموع توان لحظه‌ای یک مصرف‌کننده سه‌فاز متعادل برابر است با: (ق.ل-۹۳ «۵۸»)

الف) متغیر با زمان است.

ب) سه برابر توان ظاهری مورد نیاز مصرف‌کننده در هر فاز

ج) سه برابر توان اکتیو مورد نیار مصرف‌کننده در هر فاز

د) سه برابر توان راکتیو مورد نیاز مصرف‌کننده در هر فاز

پاسخ) طبق توضیحات بخش توان لحظه‌ای، مجموع توان‌های لحظه‌ای در سه فاز برابر است با:

$$P(t) = P_1(t) + P_2(t) + P_3(t) =$$
$$v_{rms}i_{rms}(1+\cos 2\omega t)\cos\varphi + v_{rms}i_{rms}\sin 2\omega t\sin\varphi +$$
$$v_{rms}i_{rms}(1+\cos(2\omega t - 240))\cos\varphi + v_{rms}i_{rms}\sin(2\omega t - 240)\sin\varphi +$$
$$v_{rms}i_{rms}(1+\cos(2\omega t + 240))\cos\varphi + v_{rms}i_{rms}\sin(2\omega t + 240)\sin\varphi$$

لذا با توجه به اینکه جملات سینوسی و کسینوسی با فازهای صفر، ۲٤۰ و ۲٤۰- همدیگر را خنثی می‌کنند، تنها جملات بدون ضرایب سینوسی و کسینوسی باقی می‌مانند. پس بدست می‌آید: $P(t) = 3v_{rms}i_{rms}\cos\varphi$

که مقدار بدست آمده، سه‌برابر توان اکتیو است. گزینه **ج** صحیح است.

۲ - ۶ پریونت کردن کمیت‌ها

۲ - ۶ - ۱ تعریف و روابط

مقدار پریونیت یک کمیت از رابطه‌ی زیر بدست می‌آید:

$$\text{پریونیت یک کمیت} = \frac{\text{مقدار واقعی آن کمیت}}{\text{مقدار مبنا}} \qquad (۲-۸۰)$$

در واقع هدف از پریونیت کردن مقادیر در مسائل، ساده‌سازی محاسبات به‌واسطه‌ی کوچک شدن اعداد، تشخیص سریع وضعیت سیستم با معنادار شدن اعداد، یکسان شدن روابط سیستم تک‌فاز و سه‌فاز و عدم نیاز به انتقال کمیت‌ها در ترانسفورماتورها است. باید در نظر داشت که مقدار مبنا دو ویژگی مهم دارد.

- عددی حقیقی است؛
- هم دیمانسیون با کمیت موردنظر است.

نکته ۲۳-۲) حقیقی بودن مقدار مبنا سبب می‌شود که در پریونیت کردن مقادیر، زاویه‌ها بدون تغییر باقی بمانند.

در تحلیل سیستم‌های قدرت از چهار کمیت توان (S)، امپدانس (Z)، ولتاژ (V) و جریان (I) استفاده می‌کنیم. به‌طورکلی، برای ولتاژ و توان، مقدار مبنا به‌صورت دلخواه (عموماً برابر با مقدار نامی تجهیزات) انتخاب می‌شود. سپس برای جریان و امپدانس، مقادیر مبنا برحسب ولتاژ و توان مبنا قابل‌محاسبه است. یعنی این چهار کمیت-از یکدیگر مستقل نبوده و چنانچه ۲ مورد از آن‌ها مشخص باشد، ۲ مورد دیگر بدست می‌آیند. چنانچه مقادیر S_b را برای توان مبنا و V_b را برای ولتاژ مبنا در نظر بگیریم، مقادیر مبنا برای امپدانس و جریان با روابط زیر به‌دست می‌آید:

الف) سیستم تک‌فاز

$$I_b = \frac{S_b}{V_b} \qquad (۲-۸۱)$$

$$Z_b = \frac{V_b^2}{S_b} \qquad (۲-۸۲)$$

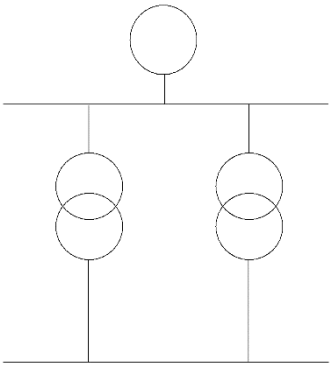
ب) سیستم سه‌فاز

$$I_b = \frac{S_b}{\sqrt{3}V_b} \qquad (۲-۸۳)$$

$$Z_b = \frac{V_b^2}{S_b} \qquad (۲-۸۴)$$

نکته ۲۴-۲) اگر در صورت سوال مقدار ولتاژ یک نقطه ذکر نشود، آن را برابر با ولتاژ نامی (یک پریونیت) در نظر می‌گیریم.

پرسش ۶۹-۲) پ ست تراز سفورماتور یک کارخانه مطابق شکل زیر ا ست (از مقاومت‌ها صرف‌نظر شده است). دامنه جریان اتصال کوتاه سه‌فاز در شین b چقدر است؟ (راکتانس هر ترانس = ۰/۲pu) (ق.ب-۸۱ «۸»)



الف) ۱۰ pu ب) ۵ pu

ج) ۲۰ pu د) ۱ pu

پاسخ) ترانسفورماتورها با هم موازی هستند، پس راکتانس معادل برابر است با:

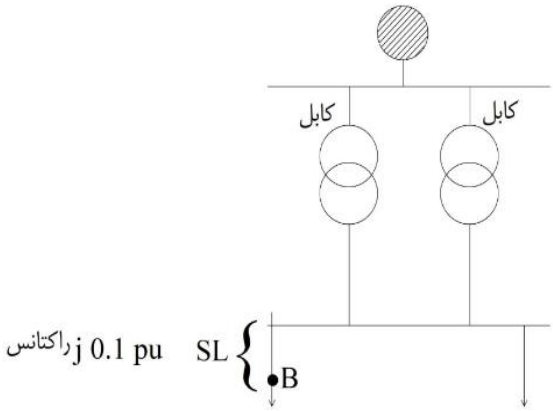
$$X_T = \frac{X}{2} = \frac{0.2}{2} = 0.1pu$$

حال مقدار جریان با تقسیم ولتاژ (که برابر با یک پریونیت است) بر راکتانس مجموع بدست می‌آید:

$$I_{pu} = \frac{V}{X_T} = \frac{1}{0.1} = 10pu$$

گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ۷۰-۲) شـــمای تغذیه‌ی یک کارخانه مطابق شـــکل زیر اســـت (از مقاومت‌ها صرف‌نظر شده است). اگر اتصال کوتاه سه‌فاز در نقطه B رخ دهد، دامنه جریان اتصـال کوتاه سـه‌فاز چقدر اسـت؟ (راکتانس هر کابل = ۰/۱pu و راکتانس هر ترانس = ۰/۱pu) (ق.ب-۸۱ «۹»)



الف) ۱۰ pu　　ب) ۵ pu

ج) ۱ pu　　د) ۲۰ pu

پاسخ) کابل و ترانس به صورت سری هستند؛ پس راکتانس‌شان با هم جمع می‌شود:

$$X = 0.1 + 0.1 = 0.2pu$$

حال مقدار راکتانس کل را با توجه به موازی بودن مجموعه بدست می‌آوریم:

$$X_T = \frac{X}{2} = \frac{0.2}{2} = 0.1pu$$

حال مقدار جریان با تقسیم ولتاژ (که برابر با یک پریونیت است) بر راکتانس مجموع بدست می‌آید:

$$I_{pu} = \frac{V}{X_T} = \frac{1}{0.1} = 10pu$$

گزینه **الف** صحیح است.

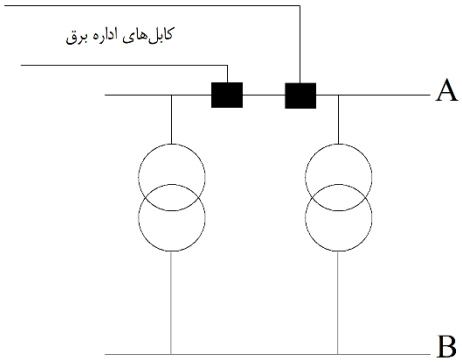
---

۲ - ۶ - ۲ تغییر مبنا در مقادیر پریونیت

گاهی امپدانس یک عنصر از سیستم قدرت در مبنای همان عنصر پریونیت شده هست؛ درحالیکه نیاز است تا جهت استفاده از آن مبنای آن را تغییر بدهیم. این موضوع به این دلیل است که همه‌ی امپدانس‌های یک قسمت از سیستم باید بر حسب امپدانس مبنای آن قسمت بیان شوند، بنابراین باید بتوان امپدانس‌ها را از مبنایی (مبنای قدیم) به مبنای دیگر (مبنای جدید) تبدیل نمود، که این موضوع با استفاده از رابطه‌ی زیر انجام می‌شود:

$$Z_{pu}^{new} = Z_{pu}^{old}\left(\frac{S_{base}^{new}}{S_{base}^{old}}\right)\left(\frac{V_{base}^{old}}{V_{base}^{new}}\right)^2 \qquad (۲-۸۵)$$

پرسش ۷۱-۲) شـــمای تغذیه‌ی یک کارخانه مطابق شـــکل زیر اســـت (از مقاومت‌ها صرف‌نظر شده است). دامنه جریان اتصال‌کوتاه سه‌فاز در شین B چقدر اسـت؟ (دژنکتور= ۲۰kv، راکتانس هر ترانس ۵۰MVA = ۰/۱pu و توان مبنا = ۱۰۰MVA) (ق.ب-۸۱ «۱۰»)



الف) ۲/۵ pu　　ب) ۳ pu　　ج) ۵ pu　　د) ۱۰ pu

پاسخ) با توجه به اینکه راکتانس ترانس‌ها در مبنای توان نامی خود ترانس پریونیت شده است، باید آن‌ها را به توان مبنای شبکه تبدیل کنیم (توجه کنید که مبنای ولتاژ تغییری نکرده است). پس برای هر ترانس داریم:

$$Z_{pu}^{new} = Z_{pu}^{old}\left(\frac{S_{base}^{new}}{S_{base}^{old}}\right)\left(\frac{V_{base}^{old}}{V_{base}^{new}}\right)^2 = 0.1\times\left(\frac{100}{50}\right)\times 1^2 = 0.2pu$$

حال با توجه به اینکه ترانس‌ها با هم موازی هستند، داریم:

$$X_T = \frac{X}{2} = \frac{0.2}{2} = 0.1pu$$

حال مقدار جریان با تقسیم ولتاژ (که برابر با یک پریونیت است) بر راکتانس مجموع بدست می‌آید:

$$I_{pu} = \frac{V}{X_T} = \frac{1}{0.1} = 10pu$$

گزینه **د** صحیح است.

فصل سوم

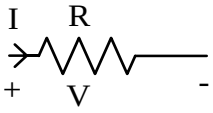
مفاهیم الکترونیک و مخابرات

در این فصل می‌خوانیم:

- ✓ قانون اهم
- ✓ عناصر مدار
- ✓ منابع
- ✓ قوانین کیرشهف
- ✓ مدارهای معادل
- ✓ مدارهای معادل
- ✓ مدارهای مرتبه اول
- ✓ آشنایی با موسسات، کمیته‌ها و سازمان‌های مخابراتی
- ✓ مراکز تلفن

۳ - ۱ قانون اهم

این قانون بیان می‌دارد که نسبت اختلاف پتانسیل (یا افت ولتاژ) بین دو سر یک جسم (مقاومت) به جریان عبوری از آن به شرطی که دما ثابت بماند، مقدار ثابتی است:



شکل (۳-۱) قانون اهم

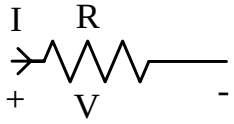
$$V = RI \qquad (۳-۱)$$

که در آن V ولتاژ و I جریان است.

۳ - ۲ عناصر مدار

۳ - ۲ - ۱ مقاومت

مقاومت یک المان دو سر است که رابطه ولتاژ (V) و جریان (I) دو سر آن توسط یک منحنی بیان می‌گردد و معمولاً به سه صورت در مدارات دیده می شود:



شکل (۳-۲) نماد مقاومت همراه با جریان و ولتاژ

الف) خطی و تغییرناپذیر با زمان:

$$V = RI \qquad (۳-۲)$$

به این رابطه قانون اهم نیز گفته می‌شود.

ب) خطی و تغییرپذیر با زمان:

$$V(t) = R(t)I(t) \qquad (۳-۳)$$

ج) غیرخطی:

$$V = f(I) \qquad (۳-۴)$$

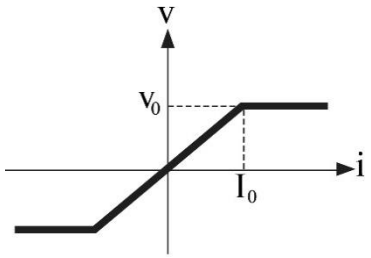
در این صورت، مقاومت در نقطه کار I_o را می‌توان به کمک رابطه $\left.\frac{dV}{dI}\right|_{I_o}$ محاسبه نمود.

نکته ۱-۳) المان‌ها یا عناصر پسیو، تنها می‌توانند انرژی را ذخیره کرده و یا آن را تلف کنند، اما انرژی تولید نمی‌کنند. عناصر پسیو مانند مقاومت، سلف، خازن و ترانسفورماتور برای ساخت مدارهای الکتریکی بسیار اهمیت دارد. این عناصر نیاز به توان الکتریکی راه اندازی ندارند. درمقابل عناصر فعال یا اکتیو مانند ترانزیستور، آپ امپ و مدارهای مجتمع، برای شروع بکار نیازبه مقداری توان الکتریکی دارند.

نکته ۲-۳) مقاومت‌های خطی، مشخصه‌ی ولتاژ-جریان خطی دارند و مشخصه ولتاژ-جریان مقاومت‌های غیرخطی، غیرخطی بوده و تغییرات آنها وابسته به عواملی مانند دما و نور است که شاید غیرخطی باشد.

پرسش ۱-۳) مشخصه $v - i$ یک مقاومت، به صورت شکل زیر است. این مقاومت، کدام ویژگی زیر را ندارد؟ (د.ل-۹۸ «۱۲»)

الف) پسیو ب) دوطرفه ج) غیرخطی د) تغییرپذیر با زمان

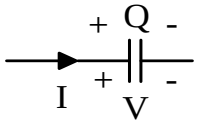


پاسخ) مقاومت یک قطعه الکتریکی پسیو بوده و با توجه به نمودار داده شده چون به ازای مقادیر مثبت و منفی ولتاژ و جریان دارای مقدار است پس دوطرفه می‌باشد(می‌توان از هر دو جهت در مدارهای الکتریکی قرار داد). همچنین نمودار ولتاژ – جریان فقط در قسمتی خطی بوده و مثلا بازای مقادیر بزرگتر از I_0 ثابت است، بنابراین مقاومت غیرخطی است. با ازطرفی توجه به نمودار فوق مقدار مقاومت تابعی از زمان نمی‌باشد. بنابراین، گزینه **د** صحیح است.

---

۳ - ۲ - ۲ خازن

خازن یک المان دوسر است که رابطه بار الکتریکی (Q) و ولتاژ (V) دو سر آن توسط یک منحنی بیان می‌گردد و معمولاً به سه صورت زیر است:



شکل (۳-۳) قانون اهم

الف) خطی و تغییرناپذیر با زمان:

$$Q = CV \qquad (۳-۵)$$

ب) خطی و تغییرپذیر با زمان:

$$Q(t) = C(t)V(t) \qquad (۳-۶)$$

ج) غیرخطی:

$$Q = f(V) \qquad (۳-۷)$$

چون رابطه بین جریان و بار برابر است با:

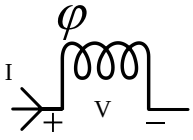
$$I = \frac{dQ}{dt} \qquad (۳-۸)$$

بنابراین

$$I = \frac{dQ}{dt} = \frac{dCV}{dt} = C\frac{dV}{dt} \qquad (۳-۹)$$

۳ - ۲ - ۳ سلف

سلف یک المان دوسر است که رابطه شار الکتریکی (φ) و جریان (I) دو سر آن توسط یک منحنی بیان می‌گردد و معمولاً به سه صورت زیر خواهد بود.



شکل (۳-۴) نماد سلف همراه با جریان و ولتاژ

الف) خطی و تغییرناپذیر با زمان:

$$\varphi = LI \qquad (۳-۱۰)$$

ب) خطی و تغییرپذیر با زمان:

$$\varphi(t) = L(t)I(t) \qquad (۳-۱۱)$$

ج) غیرخطی:

$$\varphi = f(I) \qquad (۳-۱۲)$$

چون رابطه بین ولتاژ و شار برابر است با:

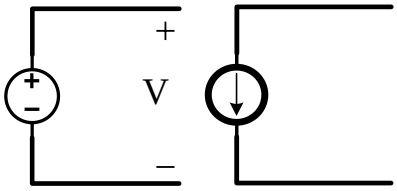
$$V = \frac{d\varphi}{dt} \qquad (۳-۱۳)$$

بنابراین

$$V = \frac{d\varphi}{dt} = \frac{dLI}{dt} = L\frac{dI}{dt} \qquad (۳-۱۴)$$

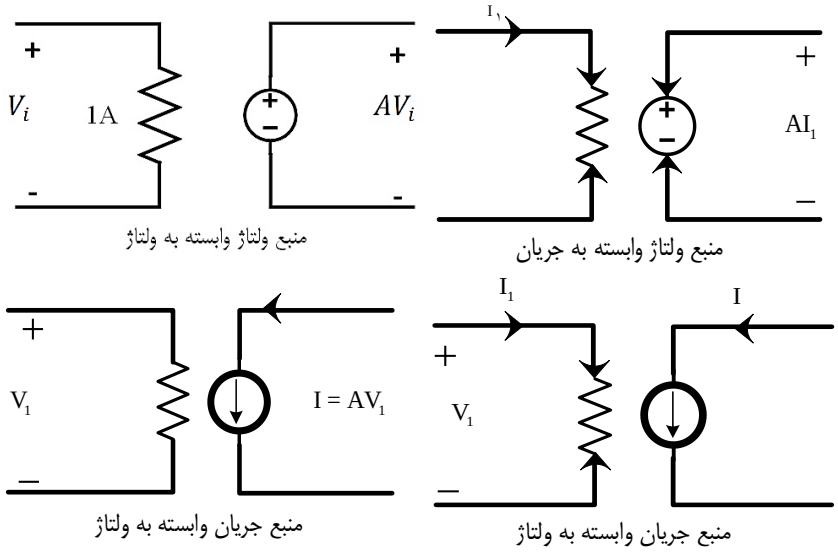
۳ - ۳ منابع

منابع در مدار از نظر نوع به دو دسته منابع جریان و منابع ولتاژ و از نظر مقدار به دو دسته منابع مستقل و منابع وابسته تقسیم می‌شوند.



شکل (۳-۵) منابع جریان و ولتاژ مستقل

منابع مستقل دارای مقدار ثابت بوده و منابع وابسته، ولتاژ یا جریان آنها وابسته به ولتاژ یا جریان شاخه دیگری است. درنتیجه منابع وابسته به چهار صورت موجود می باشند.



شکل (۳-۶) منابع جریان و ولتاژ وابسته

نکته ۳-۳) عنصر سری با منبع جریان و عنصر موازی با منبع ولتاژ را می توان نادیده گرفت.

۳ - ۳ - ۱ توان

توان درهر لحظه به صورت رابطه P(t) = V(t). I(t) تعریف می گردد که به آن توان لحظه ای می گویند. برای سه المان گفته شده محاسبه توان و انرژی به صورت زیر است:

الف) مقاومت

$$P = V.I = RI^2 = \frac{V^2}{R} \qquad (۳-۱۵)$$

ب) خازن

$$P = VI = V(C\frac{dV}{dt}) \qquad (۳-۱۶)$$

$$W = \int_0^t Pdt = \frac{1}{2}C(V^2(t) - V^2(0)) \qquad (۳-۱۷)$$

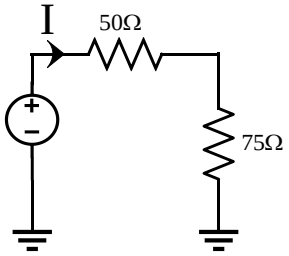
ج) سلف

$$P = VI = (L\frac{dI}{dt})I \qquad (۳-۱۸)$$

$$W = \int_0^t Pdt = \frac{1}{2}L(I^2(t) - I^2(0)) \qquad (۳-۱۹)$$

پرسش ۲-۳) به انتهای یک خط انتقال ۵۰ Ω، امپدانس بار ۷۵ Ω متصل شده است. چند درصد توان در محل بار جذب آن می‌شود؟ (د.ل-۹۰ «٤٤»)

الف) ۷۵ ب) ۲۰ ج) ۸۰ د) ۹۵



پاسخ) توان در مدار مقاومتی برابر است با:

$$P = V.I = RI^2 = \frac{V^2}{R}$$

توان کل مصرف شده در مدار برابر است با:

$$P_{tot} = RI^2 = 50I^2 + 75I^2 = 125I^2 w$$

توان مصرف شده در امپدانس بار برابر است با:

$$P_L = RI^2 = 75I^2 w$$

بنابراین درصد توان جذب شده در محل بار برابر است با:

$$\frac{P_L}{P_{tot}} = \frac{75I^2}{125I^2} = \frac{3}{5} = 0/6 \Rightarrow 60\%$$

پاسخ در گزینه‌ها وجود ندارد.

نکته ۴-۳) توانی که در مدار وجود دارد می تواند به دو صورت مثبت و یا منفی باشد. اگر المان مدار دارای توان مثبت باشد، یک مصرف کننده توان و اگر توان آن منفی باشد یک تولیدکننده توان خواهد بود. به عبارت دیگر، اگر جریان از سر مثبت وارد المان

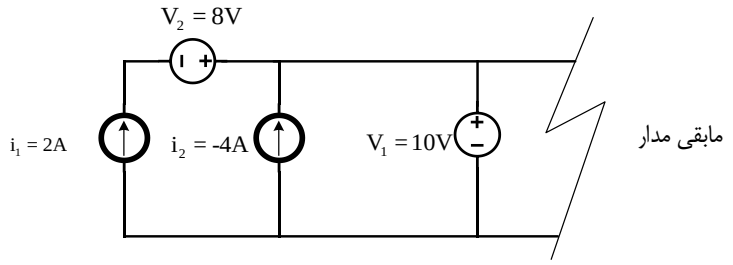
شود، حاصلضرب جریان در ولتاژ یک عدد مثبت بوده و المان توان مصرف می کند. اما اگر جریان از سر مثبت المان خارج شود، حاصلضرب جریان در توان یک عدد منفی بوده و المان، تولیدکننده توان است. المان های دارای توان مثبت مانند مقاومت، سلف و خازن و المان های با توان منفی مانند منابع مستقل می باشند.

ب) المان تولید کننده توان **الف) المان مصرف کننده توان**

شکل (۳-۷) توان مثبت و منفی

پرسش ۳-۳) کدام یک از چهار منبع زیر، در شکل توان جذب می‌کنند؟ (د.ل-۹۸ «۹»)

الف) i_2 **ب)** v_2 **ج)** i_1 **د)** v_1



پاسخ) اگر گره بالایی را در نظر بگیریم، تمامی منابع ۸ ولتی، ۲ آمپری و ۱۰ ولتی به این گره توان تحویل می‌دهند (جریان از سر مثبت آنها خارج می شود)، اما منبع جریان ٤ آمپری از این گره توان تحویل می‌گیرد. (جریان از سر مثبت آن وارد می‌شود.) بنابراین، گزینه **الف** صحیح است.

---

۳ - ۳ - ۲ توان متوسط و موثر

توان متوسط، حاصل انتگرال توان لحظه ای در یک بازه زمانی مشخص می باشد و در توابع متناوب، این زمان، همان تناوب تابع می باشد:

$$P = \frac{1}{t_2 - t_1}\int_{t_1}^{t_2} p(t)\,dt \qquad (۳-۲۰)$$

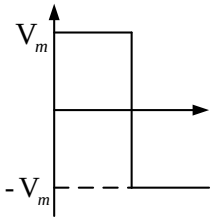
توان موثر مقدار موثر بودن یک منبع در تحویل توان به بار را نشان می دهد که به آن توان rms هم می گویند. مولتی‌مترها، ولتمترها و آمپرمترها، این مقدار را برای یک سیگنال نمایش می‌دهند. مقدار rms سیگنال A که می تواند جریان ، ولتاژ وتوان باشد، از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$A_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_{0}^{T} A(t)^2\,dt} \qquad (۳-۲۱)$$

پرسش ٤-۳) درصورتی‌که یک منبع ولتاژ متناوب با یک شکل موج مربعی متقارن و فرکانس ۵۰ هرتز و دامنه V_m را به یک ولت‌سنج واقعی (True Rms) متصل نماییم، ولتمتر مذکور با پارامتر V_m چه عددی را نشان می‌دهد؟ (د.ل-۹۰ «۱۳»)

الف) $\frac{V_m}{\sqrt{2}}$ **ب)** $\frac{2V_m}{\pi}$ **ج)** V_m **د)** $\frac{V_m}{\pi}$

پاسخ) مطابق نکته فوق، مقدار rms را برای شکل موج مربعی محاسبه می کنیم:



$$V(t)=\begin{cases}V_m & ۰<t<\frac{T}{۲}\\ -V_m & \frac{T}{۲}<t<T\end{cases}$$

$$V_{rms}=\sqrt{\frac{۱}{T}(\int_{۰}^{\frac{T}{۲}}V_m^۲dt+\int_{\frac{T}{۲}}^{T}(-V_m)^۲dt)}=\sqrt{\frac{۱}{T}(V_m^۲(\frac{T}{۲}-۰)+V_m^۲(T-\frac{T}{۲}))}=\sqrt{\frac{۲}{T}(V_m^۲\times\frac{T}{۲})}=V_m$$

گزینه ج صحیح است.

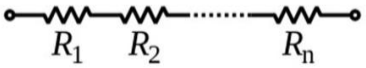
---

۳ - ۳ - ۳ اتصال اجزای مدار

اتصال اجزای مدار به دو صورت سری یا موازی انجام می‌شود. اگر المان ها به صورت پشت سرهم قرار گیرند، به این ترکیب سری و اگر سرهای آنها بهم وصل شود بطوری که ولتاژ دوسر آنها با هم برابر باشند، ترکیب به صورت موازی است. برای اجزای گفته شده اتصالات به صورت زیر می باشند:

۳ - ۳ - ۳ - ۱ مقاومت

الف- اتصال سری



شکل (۳-۸) مقاومت های سری

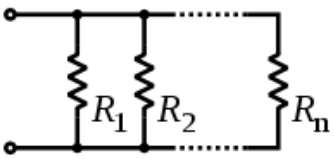
$$R_{eq}=R_۱+R_۲+....+R_n=\sum_{i=۱}^{n}R_i \qquad (۳-۲۲)$$

برای دو مقاومت سری تقسیم ولتاژ به صورت زیر خواهد بود:

$$v_۱=\frac{R_۱}{R_۱+R_۲}v \qquad v_۲=\frac{R_۲}{R_۱+R_۲}v \qquad (۳-۲۳)$$

که v ولتاژ کل و v1 و v2 ولتاژ دوسر مقاومت‌های R1 و R2 می‌باشند.

ب) اتصال موازی



شکل (۳-۹) مقاومت های موازی

$$\frac{۱}{R_{eq}}=\frac{۱}{R_۱}+\frac{۱}{R_۲}+...+\frac{۱}{R_n}=\sum_{i=۱}^{n}\frac{۱}{R_i} \qquad (۳-۲۴)$$

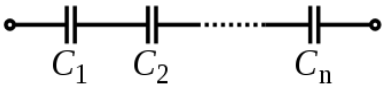
برای دو مقاومت موازی تقسیم جریان به صورت زیر خواهد بود:

$$I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I \qquad I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I \qquad (۳-۲۵)$$

که I ولتاژ کل و I_1 و I2 جریان مقاومت‌های R1 و R2 می‌باشند.

۳ - ۳ - ۳ - ۲ خازن

الف) اتصال سری

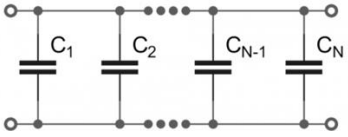


شکل (۳-۱۰) خازن های سری

$$V_{eq}(0^-) = V_1(0^-) + V_2(0^-) + ... + V_n(0^-) = \sum_{n=1}^{n} V_i(0^-) \qquad (۳-۲۶)$$

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + ... + \frac{1}{C_n} \Rightarrow \frac{1}{C_{eq}} = \sum_{n=1}^{n} \frac{1}{C_i} \qquad (۳-۲۷)$$

ب) اتصال موازی



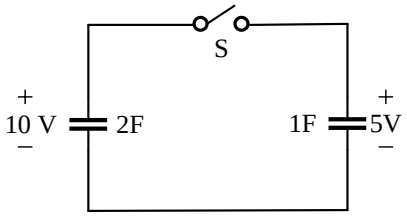
شکل (۳-۱۱) خازن های موازی

$$V_{eq}(0^-) = \frac{\sum_{n=1}^{n} q_i(0^-)}{C_{eq}} = \frac{\sum_{n=1}^{n} C_i V_i(0^-)}{C_{eq}} \qquad (۳-۲۸)$$

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + ... + C_n \Rightarrow C_{eq} = \sum_{n=1}^{n} C_i \qquad (۳-۲۹)$$

پرسش ۵-۳) در مدار شکل مقابل وقتی کلید S بسته می‌شود ولتاژ دو سر خازن‌ها چند ولت می‌شود؟ (د.ل-۸۸ «۱۱»)

الف) ۱/۲ ب) ۳/۱ ج) ٤/۷ د) ۸/۳



پاسخ) این دو خازن به صورت موازی هستند. بنابراین مقدار خازن معادل به صورت زیر است:

$$C_{eq} = \sum_{n=1}^{n} C_i \Rightarrow C_{eq} = 1 + 2 = 3F$$

با استفاده از رابطه مربوط به خازن های موازی، داریم:

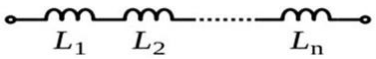
$$V_{eq}(0^-) = \frac{\sum_{n=1}^{n} q_i(0^-)}{C_{eq}} = \frac{\sum_{n=1}^{n} C_i V_i(0^-)}{C_{eq}} \Rightarrow V_{eq}(0^-) = \frac{C_1 V_1(0^-) + C_2 V_2(0^-)}{C_{eq}} = \frac{1 \times 5 + 2 \times 10}{3} = 8/3v$$

گزینه د صحیح است.

---

۳ - ۳ - ۳ - ۳ سلف

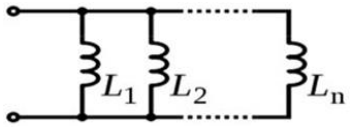
الف) اتصال سری



شکل (۳-۱۲) سلف های سری

$$I_{eq}(0^-) = \frac{\sum_{n=1}^{n} \varphi_i(0^-)}{C_{eq}} = \frac{\sum_{n=1}^{n} L_i I_i(0^-)}{C_{eq}} \qquad (۳-۳۰)$$

$$L_{eq} = L_1 + L_2 + ... + L_n \Rightarrow L_{eq} = \sum_{n=1}^{n} L_i \qquad (۳-۳۱)$$



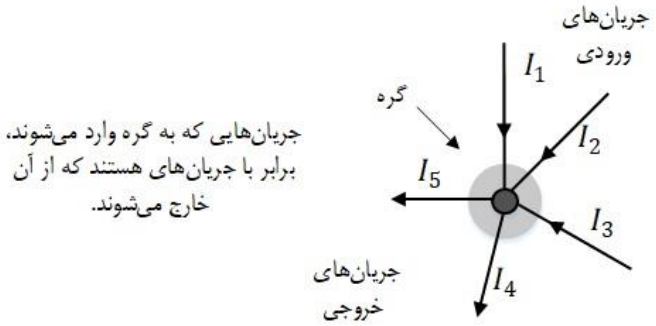
شکل (۳-۱۳) سلف های موازی

$$I_{eq} = \sum_{n=1}^{n} I_i \qquad (۳-۳۲)$$

۳ - ۴ قوانین کیرشهف

۳ - ۴ - ۱ قانون جریان کیرشهف یاKCL

این قانون بیان می‌کند که جریان یا بار الکتریکی وارد شـــده به یک گره، دقیقاً برابر با بار یا جریانی اســـت که از آن خارج می‌شود. به عبارت دیگر، مجموع جبری تمام جریان‌های وارد شده به یک گره باید برابر صفر باشد.



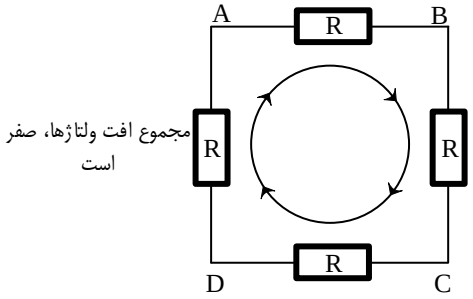
شکل (۳-۱۴) قانون جریان کیرشهف

رابطه جریان برای گره بالا به صورت زیر است:

$$I_1 + I_2 + I_3 - I_4 - I_5 = 0 \qquad (۳-۳۳)$$

۳ - ۴ - ۲ قانون ولتاژ کیرشهف یاKVL

این قانون بیان می‌کند که در هر شبکه حلقه بسته، مجموع کل ولتاژ حلقه برابر با مجموع تمام افت ولتاژهای موجود در آن است. به عبارت دیگر، مجموع تمام ولتاژهای حلقه باید برابر با صفر باشد.

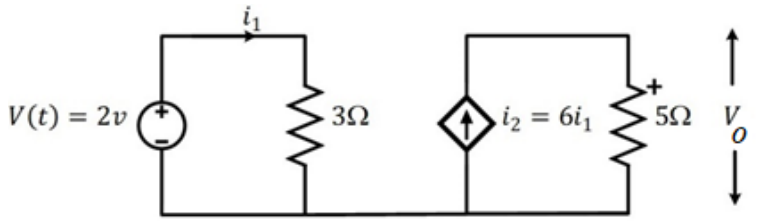


شکل (۳-۱۵) قانون ولتاژ کیرشهف

$$V_{AB}+V_{BC}+V_{CD}+V_{DA}=0 \qquad (۳-۳۴)$$

پرسش ۶-۳) در مدار داده شده، ولتاژ در دو سر مقاومت ۵ اهمی $V_5(t)$ برابر با کدام گزینه است؟ (ق.ل-۸٤ «۲۳»)

الف) ۲۰ ولت ب) ۳۰ ولت ج) ۱۲ ولت د) هیچ کدام



پاسخ) با اعمال KVL در حلقه سمت چپ، خواهیم داشت:

$$\text{KVL: } -۲+۳\Omega\times i_۱=۰\Rightarrow i_۱=\frac{۲}{۳}A$$

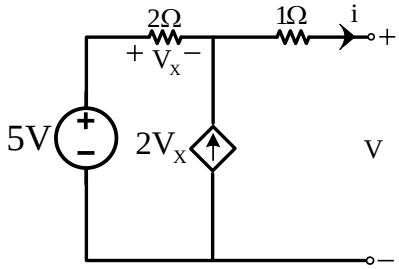
ولتاژ دوسر مقاومت ۵ اهمی برابر است با:

$$V_۵=۵\Omega\times i_۲=۵\Omega\times ۶i_۱=۳۰\times\frac{۲}{۳}=۲۰v$$

گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ۷-۳) در مدار الکتریکی روبه‌رو، رابطه بین v و i کدام است؟ (د.ل-۹۸ «۲»)

الف) $v=۵-\frac{۷}{۵}i$ ب) $v=۵+\frac{۷}{۵}i$ ج) $v=۱۰-\frac{۷}{۵}i$ د) $v=۱۰+\frac{۷}{۵}i$



پاسخ) اگر جریان عبوری از مقاومت ۲ اهمی را i_x درنظر بگیریم، با اعمال KCL در گره بالایی:

$$\text{KCL: } i_x+۲V_x=i\Rightarrow i_x=i-۲V_x$$

از طرفی :

$$V_x=۲i_x\Rightarrow V_x=۲(i-۲V_x)\Rightarrow V_x=\frac{۲}{۵}i$$

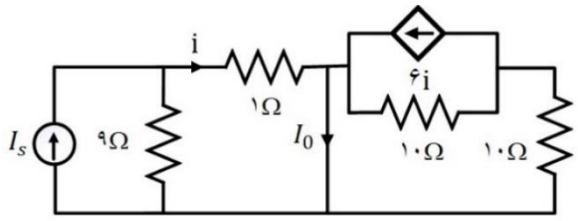
با اعمال KVL در حلقه بیرونی:

$$-۵+V_x+۱\Omega\times i+v=۰\Rightarrow v=۵-V_x-i=۵-\frac{۲}{۵}i-i\Rightarrow v=۵-\frac{۷}{۵}i$$

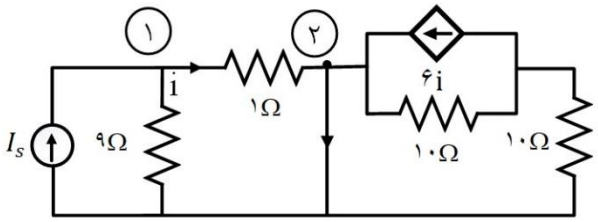
گزینه الف صحیح است.

پرسش ۸-۳) در مدار زیر، نسبت I_o/I_s کدام است؟ (د.ل-۹۸ «٤»)

الف) ۷/۲ ب) ۳/۶ ج)۱/۸ د) ۰/۹



پاسخ) ابتدا برای جریان i در گره ۱ تقسیم جریان می‌نویسیم:



$$i=\frac{۹}{۹+۱}i_s=\frac{۹}{۱۰}i_s$$

با توجه به اینکه جریان 6i بین دو مقاومت ۱۰ اهمی تقسیم می شود،در گره ۲ یک KCL می زنیم:

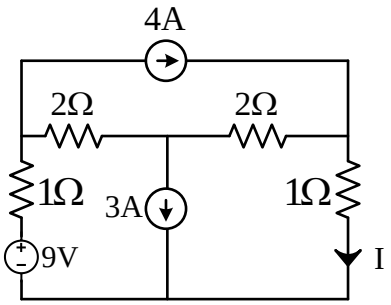
$$i+۶i=۳i+i_o \Rightarrow i_o=۴i$$

حال مقدار i_o را برحسب i_s بدست می آوریم:

$$\begin{cases} i_o=۴\times i=۴\times\frac{۹}{۱۰}i_s \Rightarrow \frac{i_o}{i_s}=\frac{۳۶}{۱۰} \Rightarrow \frac{i_o}{i_s}=۳/۶ \\ i=\frac{۹}{۱۰}i_s \end{cases}$$

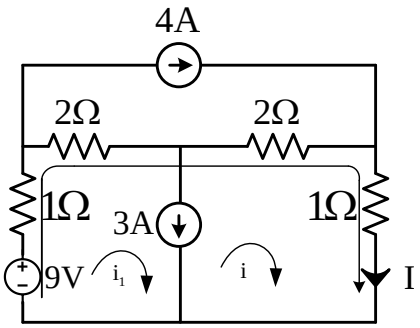
گزینه **ب** صحیح است.

پرسش ۹-۳) در مدار روبه‌رو، مقدار جریان I، چند آمپر است؟ (د.ل-۹۸ «۳»)



الف) ۲ ب) ۱ ج) $\frac{۲۵}{۶}$ د) $\frac{۸}{۳}$

پاسخ) ابتدا مسیر KVL ها را مشخص می کنیم:

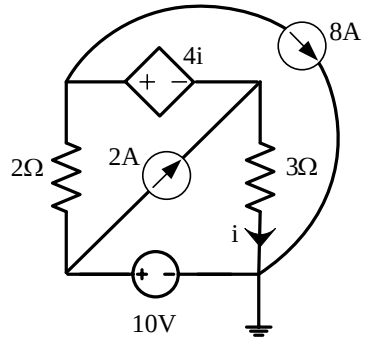


در حلقه بزرگتر، یک KVL زده و تفاوت جریان دو مش را نیز می نویسیم:

$$\begin{cases} -۹ + i_۱ + ۲(i_۱ - ۴) + ۲(I - ۴) + I = ۰ \\ i_۱ - I = ۳ \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} i_۱ + I = \frac{۲۵}{۳} \Rightarrow I = \frac{۸}{۳}^{A} \\ i_۱ - I = ۳ \end{cases}$$

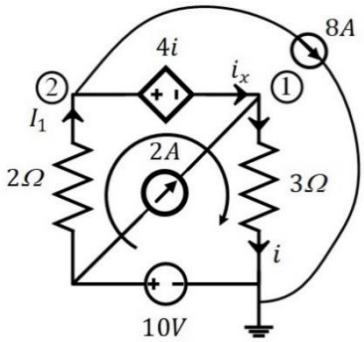
گزینه **د** صحیح است.

پرسش ۱۰-۳) جریان i، چند آمپر است؟ (د.ل-۹۸ «۱۰»)



الف) $-\frac{۱}{۹}$ ب) $-\frac{۲}{۹}$ ج) $-\frac{۱}{۳}$ د) $+\frac{۱}{۳}$

پاسخ) با انجام KCL در گره 1 خواهیم داشت:



$$i_x + 2 = i \Rightarrow i_x = i - 2$$

با انجام KCL در گره 2 خواهیم داشت:

$$I_1 = 8 + i_x = 8 + i - 2 \Rightarrow I_1 = 6 + i$$

حال اگر در حلقه نشان داده شده در شکل یک KVL بزنیم:

$$-۱۰ + ۲I_۱ + ۴i + ۳\Omega \times i = ۰ \Rightarrow -۱۰ + ۲(۶ + i) + ۴i + ۳i = ۰ \Rightarrow i = -\frac{۲}{۹}$$

گزینه **ب** صحیح است.

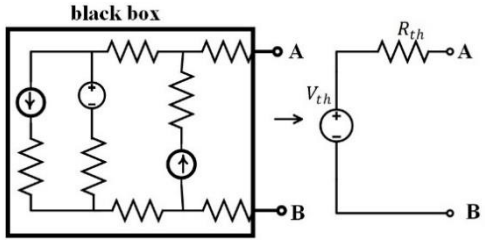
---

۳ - ۵ مدارهای معادل

در برخی موارد، حل مسایل مربوط به مدار با استفاده از مدار معادل بسیار ساده تر خواهد بود. به همین دلیل برخی از این مدارهای معادل، در ذیل توضیح داده می شود.

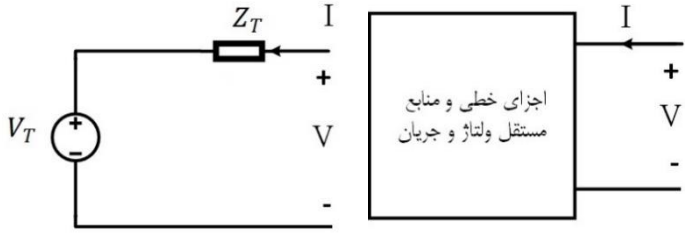
۳ - ۵ - ۱ معادل تونن

اگر شبکه N دارای اجزای خطی و منابع مستقل ولتاژ و جریان باشد، بجای استفاده از شبکه N می‌توان از مدار معادل آن استفاده کرد که کل ولتاژ دیده شده از دو سر در دسترس را با Vth و کل مقاومت دیده شده از آن دو سر را با Rth نمایش می دهند.



شکل (۳-۱۶) مدار معادل تونن

الف) برای محاسبه ولتاژ تونن (V_{th}) ، مدار را اتصال باز درنظر می‌گیریم و ولتاژ V را اندازه می‌گیریم که درواقع همان V_{th} است. برای محاسبه مقاومت تونن (Z_{th}) منابع مستقل مدار را خاموش کرده (منبع ولتاژ، اتصال کوتاه و منبع جریان، مدار باز) و با قرار دادن یک منبع ولتاژ V در دو سر شبکه N، جریان I را محا سبه می‌کنیم و با ا ستفاده از رابطه $Z_{th}= V/I$ ، امپدانس Z_{th} را محاسبه می‌کنیم.



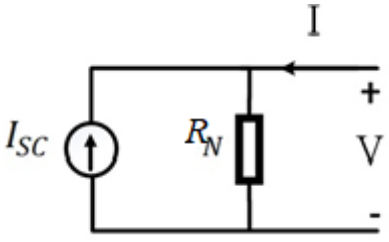
شکل (۳-۱۷) ولتاژ آزمون

$$V = V_{th} + Z_{th} I \qquad (۳-۳۵)$$

ب) روش دیگر برای محاسبه Z_{th} این است که مقاومت دیده شده از دوسر ورودی شبکه N را با روش‌های ساده‌سازی مدار محاسبه کنیم.

۳ - ۵ - ۲ معادل نورتن

می‌توان به جای شبکه N مدل زیر را قرار داد:



شکل (۳-۱۸) مدار معادل نورتن

محاسبه R_N مشابه محاسبه Rth در معادل تونن می‌باشد و برای محاسبه I_N، دوسر شبکه N را اتصال کوتاه کرده و جریان I را اندازه‌گیری می‌کنیم که همان جریان I_N است.

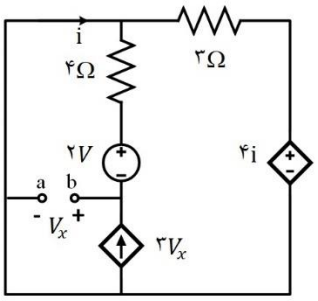
نکته ۵-۳) با توجه به روابط تونن و نورتن:

$$I = \frac{V}{R_N} - I_N \qquad (۳-۳۶)$$

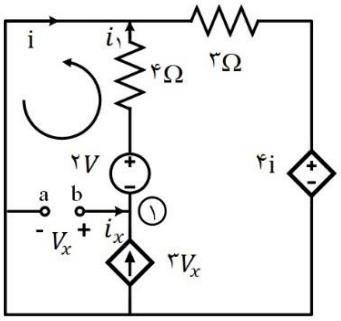
$$R_{th} = R_N \quad , \quad V_{th} = R_N I_N \quad , \quad I_N = V_{th} / R_{th} \qquad (۳-۳۷)$$

پرسش ۱۱-۳) در مدار زیر، مقاومت دیده شده از دو سر a و b، چند اهم است؟ (د.ل-۹۸ «۱۱»)

الف) ۳ ب) ٤- ج) $\frac{۱}{۱۱}$ د) $-\frac{۴}{۱۱}$



پاسخ) با اجرای KCL در گره ۱:



$$i_۱ = i_x + ۳v_x$$

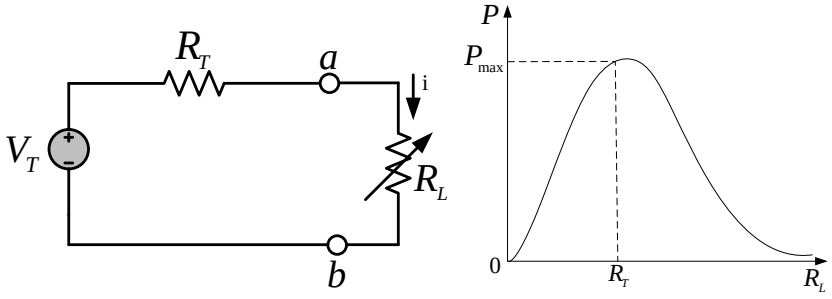
حال اگر در مش نشان داده شده، یک KVL بزنیم:

$$-v_x - ۲ + ۴i_۱ = ۰ \Rightarrow -v_x - ۲ + ۴(i_x + ۳v_x) = ۰ \Rightarrow v_x = -\frac{۴}{۱۱}i_x + \frac{۲}{۱۱}$$

که معادل تونن مدار بدست می‌آید. بنابراین، گزینه د صحیح است.

۳ - ۵ - ۳ قضیه انتقال حداکثر توان

مطابق با این قضـیه، اگر اندازه مقاومت بار، برابر با اندازه مقاومت مدار معادل تونن یا نورتن باشـد، حداکثر مقدار ممکن توان به مقاومت بار خواهد رسید.



شکل (۳-۱۹) مدار و نمودار انتقال حداکثر توان

$$i = \frac{V_T}{R_T + R_L} \qquad (۳-۳۸)$$

$$P = R_L i^۲ \qquad (۳-۳۹)$$

بنابراین توان برابر خواهد بود با:

$$P=\frac{R_L V_T^{۲}}{(R_T+R_L)^{۲}} \qquad (۳-۴۰)$$

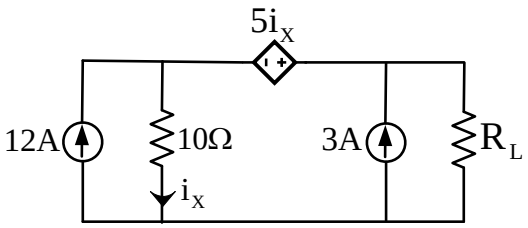
انتقال ماکزیمم توان به بار زمانی اتفاق می‌افتد که $R_T=R_L$ باشد.

$$P=\frac{R_L V_T^{۲}}{(R_L+R_L)^{۲}}=\frac{R_L V_T^{۲}}{۴R_L{}^{۲}}=\frac{V_T^{۲}}{۴R_L} \qquad (۳-۴۱)$$

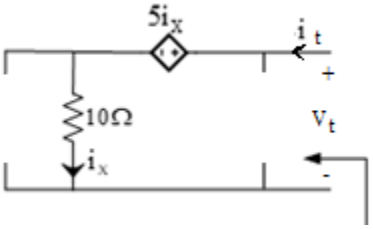
برای هر مقدار مقاومت دیگری، نمی توان به مقدار ماکزیمم توان دست یافت.

پرسش ۱۲-۳) در مدار زیر، R چند اهم باشد تا حداکثر توان به آن انتقال یابد؟ (د.ل-۹۸ «۱۴»)

الف) ۵ ب) ۱۰ ج) ۱۵ د) ۲۰



پاسخ) ابتدا منابع مستقل را صفر کرده و ولتاژ آزمون را به جای مقاومت بار قرار می دهیم. پس شکل زیر را درنظر می گیریم:



حال مقاومت دیده شده را بدست می آوریم. بنابراین در حلقه بدست آمده یک KVL می زنیم:

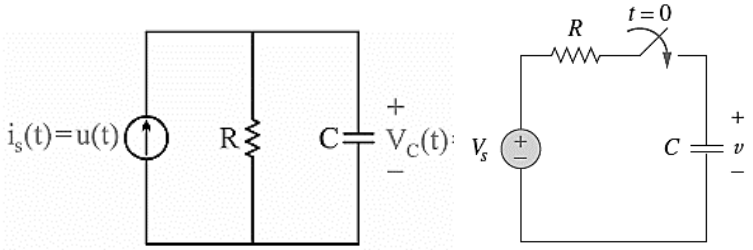
$$\begin{cases} -v_t+۵i_x+۱۰^{\Omega}\times i_x=۰ \Rightarrow v_t=۱۵i_x \\ i_x=i_t \end{cases} \Rightarrow v_t=۱۵i_t$$

با توجه به رابطه بدست آمده، مقدار مقاومت تونن از دید مقاومت بار برابر ۱۵ اهم است که مطابق با قضیه انتقال حداکثر توان، مقدار مقاومت بار باید برابر ۱۵ اهم باشد تا بیشترین مقدار توان را دریافت کند. بنابراین، گزینه ج صحیح است.

---

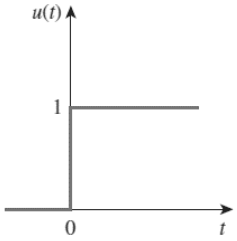
۳ - ۶ مدارهای مرتبه اول

به مدارهای شامل یک عنصر ذخیره کننده انرژی که معمولاً به صورت مدارهای شامل خازن-مقاومت یا سلف-مقاومت است، مدارهای مرتبه اول می‌گویند.



شکل (۳-۲۰) مدار مرتبه اول خازنی

در مدارهای مرتبه اول خطی، تغییرناپذیر بازمان و با ورودی DC (تابع پله) پاسخ کامل از رابطه زیر محاسبه می شود:



شکل (۳-۲۱) تابع پله

$$y(t) = y(\infty) - \left(y(\infty) - y(t_0^+)\right)e^{-(t-t_0)/\tau} \qquad (۳-۴۲)$$

در این رابطه، τ ثابت زمانی مدار است که برای محاسبه آن، ابتدا تمامی منابع مستقل را خاموش کرده و مقاومت دیده شده از دوسرخازن یا سلف را بدست می‌آوریم. سپس در رابطه زیر قرار می‌دهیم:

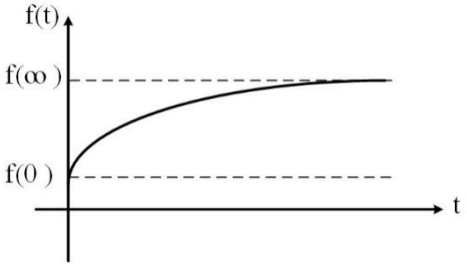
$$\tau = \begin{cases} RC & \text{برای خازن} \\ \dfrac{L}{R} & \text{برای سلف} \end{cases}$$

همچنین در این رابطه داریم:

$y(t_0^+)$ مقدار اولیه سیگنال: برای محاسبه $y(t_0^+)$، بدلیل اینکه ولتاژ دوسر خازن یا جریان گذرنده از سلف نمی‌توانند به طور ناگهانی تغییر کنند، در لحظه $t = t_0$، به جای خازن، منبع ولتاژ مستقل برابر با مقدار اولیه و به جای سلف، منبع جریان مستقل برابر مقدار اولیه قرار داده و $y(t_0^+)$ را بدست می‌آوریم.

$y(\infty)$ مقدار نهایی یا دائمی سیگنال: برای محاسبه $y(\infty)$ یا مقدار سیگنال در حالت دائمی باید به این نکته توجه کنیم که در حالت دائمی خازن به صورت مدار باز و سلف به صورت اتصال کوتاه در می‌آید. بنابراین با قرار دادن این دو مقدار $y(\infty)$ را محاسبه می‌کنیم.

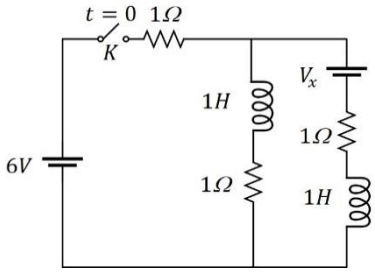
شکل کلی خروجی که می تواند جریان عبوری از مقاومت یا ولتاژ دوسر مقاومت باشد به صورت نمایی زیر خواهد بود:



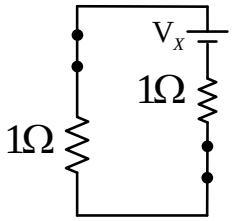
شکل (۳-۲۲) نمودار پاسخ مدار مرتبه اول به تابع پله

پرسش ۱۳-۳) در مدار زیر، کلید K برای مدت طولانی وصل بوده و در لحظه $t = ۰$ قطع می‌شود. اگر بخواهیم در لحظه قطع شدن، جرقه‌ای در کلید زده نشود، مقدار ولتاژ منبع V_x، چند ولت است؟ (د.ل-۹۸ «۵»)

الف) ۲۴ ب) ۱۲ ج) ۶ د) ۳

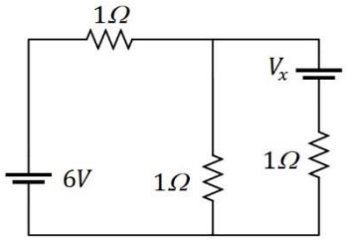


پاسخ) برای اینکه در زمان باز شدن کلید جرقه‌ای نداشته باشیم، باید ولتاژ دوسر کلید با هم برابر باشد. درنتیجه، نباید جریانی از مقاومت سری با منبع عبور کند. از طرفی چون جریان سلف ها درزمان قبل و بعد قطع کلید نباید تغییر ناگهانی داشته باشند بنابراین، در زمان $t = 0^-$ مدار درحالت پایدار بوده وسلف ها در حالت دائمی خود(اتصال کوتاه) قرار می گیرند. درنتیجه مدار در زمان قبل از قطع کلید به شکل زیر خواهد بود:



با اجرای KVL در حلقه شامل دو سلف، خواهیم داشت:

$$\begin{cases} -V_x + I_{L۱} + I_{L۲} = ۰ \\ I_{L۱} = I_{L۲} \end{cases} \Rightarrow -V_x + ۲I_{L۱} = ۰ \Rightarrow I_{L۱} = \frac{V_x}{۲}$$



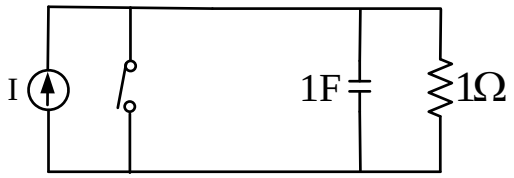
در لحظه صفر چون ولتاژ روی شاخه ها برابر ۶ ولت است، یعنی ولتاژ شاخه وسط هم ۶ ولت می‌باشد:

$$\begin{cases} ۱ \times I_{L۱} = ۶ \\ I_{L۱} = \frac{V_x}{۲} \end{cases} \Rightarrow ۱ \times \frac{V_x}{۲} = ۶ \Rightarrow V_x = ۱۲v$$

گزینه ب صحیح است.

پرسش ۱۴-۳) در مدار زیر، ولتاژ دو سر خازن برای زمان‌های مثبت کدام است؟ (کلید در لحظه $t = ۰$ باز شده است.) (د.ل-۹۸ «۶»)

الف) $I(۱-e^{-t})$ ب) $I(۱+e^{-t})$ ج) $۱-e^{-t}$ د) $-Ie^{-t}$



پاسخ) در این سوال، پاسخ کامل را برای ولتاژ دوسر خازن بدست می‌آوریم که به صورت زیر است:

$$V_C(t) = V_C(\infty) - \left(V_C(\infty) - V_C(t_0^+)\right)e^{-(t-t_0)/\tau}$$

در این مدار $t_0 = 0$ است. برای محاسبه t ابتدا منبع مستقل را صفر کرده (منبع جریان مدار باز می شود)، مقاومت دیده شده از دوسر خازن را بدست می‌آوریم که برابر است با:

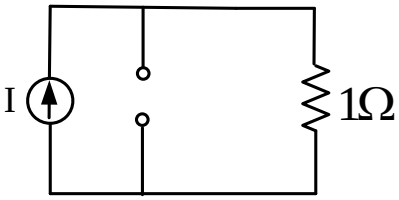
$R = 1\Omega$

بنابراین ثابت زمانی برابر خواهد بود با:

$$\tau = 1\Omega \times 1F = 1s$$

برای محاسبه مقدار اولیه ولتاژ، کلید قبل از زمان صفر بسته بوده، پس منبع جریان، اتصال کوتاه می‌شود و چون مدار به حالت دائمی خود رسیده پس خازن مدار باز می‌شود و $V_C(0^-) = 0$. از طرفی چون ولتاژ دوسر خازن نمی‌تواند تغییر ناگهانی داشته باشد، درنتیجه $V_C(0^+) = V_C(0^-) = 0$.

برای محاسبه مقدار $V_C(\infty)$ ، کلید باز بوده و مدار به حالت ماندگار می‌رسد. شکل زیر را خواهیم داشت:



بنابراین خازن مدار باز بوده و تمام جریان از مقاومت عبور می‌کند:

$V_C(\infty) = 1^{\Omega} \times I = I\ (v)$

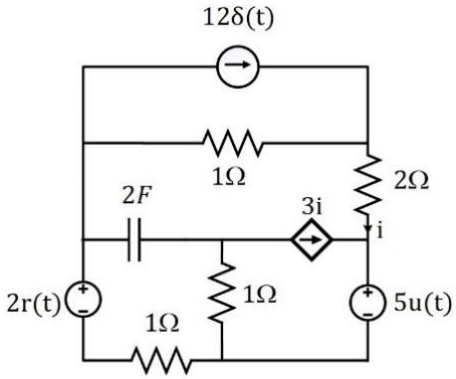
حال مقادیر محاسبه شده را در رابطه زیر جاگذاری کرده و پاسخ کامل مرتبه اول مدار را بدست می‌آوریم:

$$V_C(t) = V_C(\infty) - \left(V_C(\infty) - V_C(t_0^+)\right)e^{-(t-t_0)/\tau} \Rightarrow V_C(t) = I - (I-0)e^{-t} \Rightarrow V_C(t) = I\left(1-e^{-t}\right)$$

گزینه الف صحیح است.

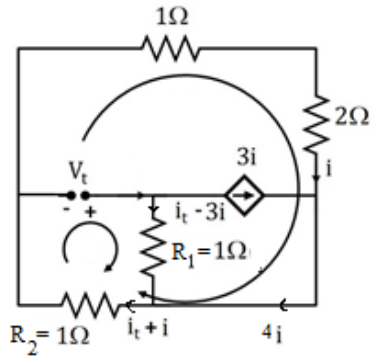
پرسش ۱۵-۳) ثابت زمانی شکل زیر، چند ثانیه است؟ (د.ل-۹۸ «۱۳»)

الف) ۱۰ ب) ۵ ج) ۲/۵ د) ۲



پاسخ) ثابت زمانی مدار فوق چون شامل خازن و مقاومت می‌باشد به صورت τ=RC خواهد بود. با توجه به اینکه فقط یک خازن در مدار داریم فقط لازم است که مقاومت معادل از دید خازن را بدست آوریم.

ابتدا منابع مستقل را صفر قرار داده و منبع ولتاژ تست (v_t) را در محل خازن به مدار وصل می‌کنیم. حال باید رابطه بین v_t و i_t را محاسبه کنیم.



برای این کار ابتدا رابطه بین جریان‌ها را بدست می‌آوریم.

$$I_{R1} = i_t - 3i$$
$$I_{R2} = i_t - 3i + 4i = i_t + i$$

بنابراین در حلقه بزرگ یک KVL می زنیم:

$$1^{\Omega} \times i + 2^{\Omega} \times i + 1^{\Omega} \times (i_t + i) = 0 \Rightarrow i = -\frac{i_t}{4}$$

با اعمال KVL در حلقه کوچک خواهیم داشت:

$$\begin{cases} -v_t + i_t - 3i + i_t + i = 0 \\ i = -\frac{i_t}{4} \end{cases} \Rightarrow v_t = \frac{5}{2} i_t$$

مقدار مقاومت دیده شده از دوسر خازن برابر مقاومت تونن می باشد. بنابراین ثابت زمانی برابر است با:

$$\tau = RC \Rightarrow \tau = \frac{5}{2}\Omega \times 2F = 5s$$

گزینه ب صحیح است.

۳ - ۷ آشنایی با موسسات، کمیته ها و سازمان های مخابراتی

نهادها و سازمان‌های مختلفی در دنیا و ایران در زمینه مخابرات فعالیت دارند. تعدادی از این موسسات شامل موارد زیر می‌باشند:

۳ - ۷ - ۱ موسسه استاندارد ITU

اتحادیه بین‌المللی مخابرات یا ITU (International Telecommunication Union) یک سازمان بین‌المللی وابسته به سازمان ملل متحد است. این اتحادیه دومین اتحادیه قدیمی پس از کمیسیون راین است که در راس تصمیم‌گیری مخابرات جهانی بوده و وظیفه قانون‌گذاری و نیز مدیریت فضای فرکانسی، تدوین استانداردهای تبادل داده و همچنین کمک به رشد و توسعه ارتباطات در سراسر جهان را بر عهده دارد. این اتحادیه سالانه صدها استاندارد جدید و تجدیدنظر شده ارائه می‌دهد که همه موارد از عملکرد شبکه، هسته و باند گسترده تا خدمات نسل آینده را دربر می‌گیرد. مقر این سازمان در ژنو سوئیس است. استانداردهایی که به صورت جهانی پذیرفته شده و مورد توافق می‌باشند و برای عملکرد صحیح شبکه‌های ارتباطی دنیا که به سرعت در حال توسعه هستند، ضروری می باشند. این امر به کلیه کشورها این امکان را می‌دهند تا از دسترسی به ارتباطات سود برده و از آنها برای کاربرد تجاری و پیشرفت های فناوری استفاده کنند.

گروه های مطالعاتی ITU-T ازطریق دفتراستانداردسازی مخابرات (TSB) وظیفه استاندارد نمودن صنعت مخابرات رادرسطح جهانی برعهده دارند.ITU-T قبلاً باعنوان CCITT فعالیت می‌کرد که سابقه آن به سال ۱۸۶۵ می رسد و با پیشنهاد مجمع جهانی استاندارد سازی مخابرات(WTSA) و با تصویب گروه مشورتیTSAG در سال۹۳ تصمیم برتغییر عنوان آن به ITU-T گرفته شد.

وظایف بخش استانداردITU-T مخابرات عبارت است از اجرای اهداف اتحادیه در خصوص استاندارد نمودن مخابرات از طریق بررسی موضوعات فنی عملی و تعرفه ای وتصویب توصیه های مربوط به آنها به منظور استاندارد نمودن مخابرات در سطح جهانی. ITU-T از طریق عضویت آزاد و جهانی و شیوه ای بی طرفانه و مشترک و از طریق برقراری تعادل کلیه اعضاء بر شناسایی بهترین راه حل فنی ممکن که در توصیه های معتبر بین المللی ITU-T ایجاد می شود تأکید دارد.

پرسش ۱۶-۳) چه ارگانی در رأس تصمیم‌گیری مخابرات جهانی است؟(د.ل.۷۲ «۱٤»)

پاسخ) این مطلب در توضیحات فوق آورده شده است.

پرسش ۱۷-۳) کدام مؤسسه استاندارد، برای ارتباط تلفن (سری V) استاندارد وضع کرده است؟ (د.ل-۹۸ «٤۵»)

الف) FCC ب) ATT ج) ITU – T د) IETF

پاسخ) این مطلب در توضیحات فوق آورده شده است. گزینه ج صحیح است.

---

۳ - ۷ - ۲ کمیته‌ها و سیستم‌های مخابراتی

برخی کمیته‌های مخابراتی به صورت زیر می‌باشند:

۳ - ۷ - ۲ - ۱ کمیتهCCITT

کمیته CCITT یا کمیته مشترک تلفن و تلگراف بین‌المللی (Consultative Committee for International Telegraph and Television and Telephone) یک سازمان بین‌المللی است که توسط سازمان ملل متحد تاسیس شده و در زمینه‌ی استانداردهای ارتباطات تلفنی و تلگرافی فعالیت می‌کند. این کمیته در سال ۱۹۵۶ به عنوان یکی از کمیته‌های بخش مشترک ارتباطات الکترونیکی بین‌المللی (ITU) تأسیس شد و در حال حاضر به نام ITU-T شناخته می‌شود. هدف اصلی کمیته CCITT، توسعه‌ی استانداردهایی جهت بهبود کیفیت و کارایی ارتباطات تلفنی و تلگرافی در سراسر جهان است.

پرسش ۱۸-۳) در سیستم مخابراتی CCITT مخفف کدام استاندارد بین المللی است؟ (د.ل-۷۸ «۹»)

پاسخ) این مطلب در توضیحات فوق آورده شده است.

---

۳ - ۷ - ۲ - ۲ کمیته IATA

از کمیته‌های مخابراتی یا[1] TTCs برای تعیین قیمت و توصیف خدمات مخابراتی استفاده می‌شود. این کمیته‌ها مسئول تعیین تعرفه‌های مربوط به پیام‌رسانی و انتقال داده‌ها هستند و همچنین مشخص می‌کنند که چگونه ارتباطات بین شرکت‌های هواپیمایی و سایر نهادها باید صورت پذیرد. این کمیته‌ها که تحت عنوان "کمیته‌های IATA برای مخابرات" شناخته می‌شوند، با تأمین به روز رسانی و توسعه تکنولوژی‌های مخابراتی، به شرکت‌های هواپیمایی کمک می‌کنند تا با استفاده از آخرین فناوری‌های موجود، خدمات بهتری به مشتریان خود ارائه دهند.

پرسش ۱۹-۳) کدام یک از ارگان‌های زیر مرجع تصمیم‌گیری در امر مخابراتی جهان می‌باشند؟ (د.ل-۷۱ «۷»)

الف) CCITT ب) IATA ج) GIET د) IPTC

پاسخ) این مطلب در توضیحات فوق آورده شده است.گزینه الف صحیح است.

---

۳ - ۷ - ۳ وظایف و اختیارات سازمان تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی

- صدور پروانه فعالیت و بهره برداری برای ارائه هرگونه خدمات مخابراتی، پستی و فناوری اطلاعات شامل شرایط، ضوابط و چگونگی جبران خسارات ناشی از عدم اجرای آنها در چارچوب مصوبات کمیسیون.
- تدوین و پیشنهاد استانداردهای ملی مربوط به ارتباطات و فناوری اطلاعات در کشور به مراجع ذیربط و اعمال ا ستانداردها و ضوابط و نظام های کنترل کیفی و تائید نمونه تجهیزات در ارائه خدمات و تو سعه و بهره برداری از شبکه های مخابراتی، پستی و فناوری اطلاعات در کشور.
- تدوین و ارائه پیشنهاد در خصوص تعیین فعالیتها و بهره برداری غیر مجاز پستی، مخابراتی و فناوری اطلاعات، تعیین جریمه در هر مورد و اعلام اعمال آن در چارچوب و مقررات پس از طی مراحل قانونی

---

[1] Telecommunications and Tariff Committees

- تدوین و تنظیم مقررات، آئین نامه ها، جدول های تعرفه و نرخ های کلیه خدمات در بخش های مختلف ارتباطات و فناوری اطلاعات، تعیین کف یا سقف آنها به منظور حصول اطمینان از رقابت سالم و تداوم ارائه خدمات و رشد کیفی آنها برای تصویب کمیسیون در چارچوب قوانین و مقررات.
- وصول مبالغ حق امتیاز صدور پروانه، هزینه استفاده از فرکانس، هزینه جبران خسارت و سایر وجوهی که طبق قوانین و مقررات مربوط به تصویب می رسد و واریز آن به حساب های خزانه.
- نظارت بر عملکرد دارندگان پروانه ها در چارچوب مفاد پروانه های صادر شده و رسیدگی به تخلفات و ملزم نمودن آنان به انجام تعهدات و وظایف از طریق صدور اخطاریه یا لغو موقت یا دائم امتیازها و پروانه های بهره برداری
- تدوین و پیشنهاد دستورالعمل ها و ضوابط مربوط به اتصال متقابل شبکه های مخابراتی و رایانه ای از نظر امنیت، ایمنی اتصالات و تعرفه های آنها به کمیسیون و نظارت بر اعمال صحیح آنها.
- تنظیم، مدیریت و کنترل فضای فرکانسی کشور و تدوین مقررات و تصویب ضوابط و جداول و معیارهای استفاده بهینه از فرکانس و نظارت و حاکمیت بر طیف و جدول ملی فرکانس در چهارچوب قانون وظایف و اختیارات وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات و سایر قوانین و مقررات مربوط.
- تدوین و پیشنهاد دستورالعمل ها به کمیسیون و اعمال مصوبات در موارد ذیل:

الف- چارچوب توافق نامه های درجه و سطح خدمات به منظور شفاف سازی کیفیت خدمات در مقابل هزینه آن در شبکه های پستی، مخابراتی و فناوری اطلاعات

ب- نام گذاری دامنه ها (Domain Names)، تعیین شماره ها و کدها در شبکه های پستی، مخابراتی و فناوری اطلاعات.

پ- حمایت از حقوق استفاده کنندگان خدمات پستی، مخابراتی و فناوری اطلاعات و نظارت مستمر بر اعمال صحیح آنها.

ت- تدوین و پیشنهاد دستورالعمل های لازم به منظور تنظیم روابط ارائه کنندگان خدمات پستی، مخابراتی و فناوری اطلاعات.

ت- پیشنهاد اصلاح و تجدید ساختار بخش به کمیسیون.

ج- حمایت از گسترش حضور و مشارکت بخش غیر دولتی در توسعه فعالیتهای پستی، مخابراتی و فناوری اطلاعات و نظارت مستمر بر اعمال صحیح آنها.

چ-پیشنهاد اصلاح قوانین پستی، مخابراتی و ارتباطی به مراجع ذیصلاح قانونی.

- انجام وظایف و اختیارات وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات مندرج در قانون استفاده از بی سیم های اختصاصی و غیرحرفه ای و اصلاحات بعدی آن و تعهدات بین المللی مرتبط که جمهوری اسلامی ایران براساس قانون ملزم به رعایت آنها می باشد.
- انجام امور تحقیقاتی و ارائه آموزش های تخصصی مرتبط و اطلاع رسانی عمومی در زمینه ارتباطات مجاز رادیویی با استفاده از توانمندی های بخش های دولتی و غیردولتی.
- تهیه و انتشار گزارش های دوره ای از وضعیت و کیفیت ارائه خدمات پستی، مخابراتی و فناوری اطلاعات در کشور و مقایسه تطبیقی آن در منطقه و جهان.
- حمایت از صاحبان صنایع، انجمن ها و اتحادیه های ارائه کنندگان خدمات مخابراتی و ارتباطی و هدایت و راهبری آن.
- انجام امور مرتبط که با رعایت قوانین و مقررات مربوز از طرف وزیر ارتباطات و فناوری اطلاعات ارجاع می گردد.
- نمایندگی، عضویت و حضور در مجامع و اتحادیه های منطقه ای و بین المللی ذیربط به منظور حفظ منافع ملی در چارچوب سیاست های کلی نظام و با رعایت قوانین و مقررات مربوطه.

پرسش ۲۰-۳) کدام نهاد، مسئولیت اجرای تعهدات قید شده در مقاوله نامه و اساسنامه اتحادیه جهانی مخابرات (ITU) را به عهده دارد؟ (د.ل-۹۵ «۴۲»)

الف) شرکت مخابرات ایران **ب) سازمان تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی**

ج) شرکت ارتباطات زیرساخت **د) موارد الف و ج**

پاسخ) این مطلب در توضیحات فوق آورده شده است. گزینه ب صحیح است.

۳ - ۷ - ۴ سیستم های مخابراتی

سیستم‌های مخابراتی شامل شبکه‌های محلی یا جهانی، با سیم، بی سیم و سخت افزار و نرم افزار است که امکان برقراری ارتباط سیستم‌ها با یکدیگر و با کاربررا میسر می نماید.

۳ - ۷ - ۴ - ۱ جدول پهنای باند

در سیستم های مخابراتی broadcasting جدول زیر صادق می باشد:

جدول (۳-۱) باندهای فرکانسی مخابراتی

باند فرکانسی	فرکانس حامل	پهنای باند	نسبت پهنای باند به فرکانس حامل
مخابرات موج بلند رادیویی	100kHz	2kHz	0/02
مخابرات موج کوتاه رادیویی	5MHz	100kHz	0/02
مخابرات باند VHF	100MHz	2MHz	0/02
مخابرات مایکروویو	5GHz	100MHz	0/02
مخابرات امواج میلیمتری	100GHz	2GHz	0/02
مخابرات نوری	5×10^{14}GHz	10^{13}GHz	0/02

پرسش ۲۱-۳) در اکثر سیستم‌های مخابراتی broad casting نسبت پهنای باند به فرکانس حامل تقریباً برابر است با: (ق.ل-۸۳ «٤»)

الف) ۱۰ درصد ب) ۲۰ درصد ج) ۵ درصد د) ۲ درصد

پاسخ) با توجه به جدول داده شده، نسبت پهنای باند به فرکانس حامل ۰/۰۲ یا ۲درصد می باشد.گزینه د صحیح است.

۳ - ۷ - ۴ - ۲ سیستم مخابراتی FEC و کد همینگ

در سیستم های مخابراتی جهت اطمینان از صحت ارسال و دریافت اطلاعات از کد همینگ استفاده می شود. نرخ همینگ نشان دهنده نرخ تصحیح کد همینگ است که از رابطه زیر بدست می آید:

$$R_e = \frac{۲^m - m - ۱}{۲^m - ۱} \qquad (۳-۴۳)$$

که m طول کد همینگ می باشد. هرچه طول کد همینگ یعنی m بیشتر باشد، قدرت تصحیح کد بیشتر می شود. همچنین کدهای همینگ می توانند همزمان ۲ بیت خطا را شناسایی کنند و ۱ بیت خطا را تصحیح نمایند. در نتیجه ارسال مطمئن زمانی رخ می دهد که فاصله همینگ بین رشته بیت فرستنده و گیرنده یک یا کمتر از یک بیت باشد.

پرسش ۲۲-۳) یک سیستم مخابراتی Forward Error Correction=FEC از کد همینگ (Hamming) استفاده می‌کند. کدامیک از عبارت‌های زیر نادرست است؟ (ق.ل-۸۳ «۵»)

الف) این سیستم قدرت تصحیح تمام خطاهای تک‌بیتی را دارد.

ب) این سیستم قدرت تشخیص تمام خطاهای دوبیتی را دارد.

ج) این سیستم همزمان قدرت تصحیح تمام خطاهای تک‌بیتی و تشخیص تمام خطاهای دو بیتی را دارد.

د) با افزایش n (طول کلمه کد) قدرت تصحیح کد افزایش نمی‌یابد.

پاسخ) در بین گزینه ها فقط گزینه د درمورد کد همینگ صحت نداشته بنابراین گزینه موردنظر گزینه د می باشد.

۳ - ۷ - ۴ - ۳ سیگنالینگ یک سیستم مخابرات دیجیتالی

سیگنالینگ یک سیستم مخابرات دیجیتالی مجموعه ای از پیام های ارسالی و دریافتی در یک ارتباط مخابراتی است که از رابطه زیر بدست می آید:

$$T_b = \frac{T}{\log_2^M} \qquad (۳-۴۴)$$

که M تعداد سطح سیگنال بوده و با افزایش M دوره سیگنال یا میزان ارسال و دریافت کاهش یافته اما پهنای باند افزایش می یابد. می یابد. همچنین T_b دوره تناوب سیگنال است.

$$E_{avg} = \frac{۲(M^۲ - ۱)}{۳} E_P \quad \text{PAM باند پایه} \qquad (۳-۴۵)$$

$$E_{avg} = \frac{M^۲ - ۱}{۳} E_P \quad \text{PAM باند هدایتی} \qquad (۳-۴۶)$$

$$\text{PSK: } E_{avg} = \frac{۱}{۲} E_p \qquad (۳-۴۷)$$

$$\text{QAM: } E_{avg} = \frac{M - ۱}{۳} E_P \qquad (۳-۴۸)$$

با افزایش M، توان سیگنال افزایش یافته و با ثابت بودن توان نویز، نسبت سیگنال به نویز افزایش می یابد.

پرسش ۲۳-۳) یک سیستم مخابراتی دیجیتالی از سیگنالینگ M سطحی استفاده می‌کند. با فرض توان ثابت در خروجی فرستنده کدامیک از گزاره‌های زیر صحیح می‌باشد؟ (ق.ل-۸۳ «۶»)

الف) افزایش M باعث کاهش پهنای باند و افزایش خطای P_{bc} می‌شود.

ب) افزایش M باعث افزایش پهنای باند و افزایش احتمال خطای P_{bc} می‌شود.

ج) افزایش M باعث کاهش پهنای باند و افزایش SNR می‌شود.

د) افزایش M باعث افزایش پهنای باند و افزایش SNR می‌شود.

پاسخ) با توجه به رابطه باند هدایتی:

$$E_{avg} = \frac{M - ۱}{۳} E_P$$

با افزایش M، توان سیگنال افزایش یافته و با ثابت بودن توان نویز، نسبت سیگنال به نویز افزایش می یابد.همچنین با افزایش M، پهنای باند هم زیاد می شود. گزینه د صحیح است.

---

۳ - ۸ مراکز تلفن

با پیشرفت تکنولوژی، مراکز تلفن اهمیت ویژه ای یافته به گونه ای که با ورود تلفن همراه به بازار هم از اهمیت آنها کاسته نشده است.

۳ - ۸ - ۱ مرکز تلفن الکترونیکی SPC

کلمه SPC مخفف " Store Program Control " است که به عنوان یک سامانه مدیریت تلفنی برای اتصال و کنترل تماس‌های تلفنی در شبکه های تلفنی مورد استفاده قرار می‌گیرد. عملیاتی که به طور انتخابی در میان مسیرهای مخابراتی عملیات را انتخاب و آزاد کند، سوئیچینگ مخابراتی نامیده می شود. برای ارتباط مستقیم بین n تلفن به تعداد $n(n-1)/2$ سیم ارتباطی احتیاج داریم که در صورت استفاده از یک مرکز تلفن (EX) تعداد سیمهای مورد نیاز برای n مشترک، به n عدد سیم ارتباطی کاهش می یابد. با توجه به مشکلاتی که با افزایش مشترک به وجود می آید و عمدتاً به نحوه ارتباط بین هر دو دستگاه تلفن مربوط می شود، به کارگیری یک مرکز مدیریتی که وظیفه ارتباط بین مشترکین (بین هر دو مشترک) را به عهده گیرد غیر قابل انکار است. به همین منظور از سوییچ های مخابراتی استفاده می شود. در اصطلاحات فنی شبکه‌های تلفن همراه، SPC به

عنوان یک نقطه کنترل مرکزی شناخته می شود که برای اتصال به سیستم‌های دیگر در زیر ساخت شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرد.

انواع سوئیچ های مخابراتی که در مراکز تلفن استفاده می شوند به شرح زیر می باشند:

- سوئیچهای اپراتور: این سوئیچ، نوع اولیه سوئیچ مخابراتی بوده و کاملاً به نیروی انسانی وابسته است. در قسمت پشت تابلوی این سوئیچ تمامی مشترکین متصل بودند و برای برقراری ارتباط بین دو مشترک، اپراتور اتصال را برقرار می کرد. البته این نوع سوئیچ مدت هاست که منسوخ شده و دیگر از آن استفاده نمی شود.
- سوئیچهای دو حرکتی : در این نوع از سوئیچ های مخابراتی، اپراتور حذف شده و از یک زوج سیم متحرک استفاده می شود. این سوئیچ دارای یک موتور است که قابلیت حرکت به صورت ستونی و سطری را دارا ست. در صورت تقاضای اتصال، موتور حرکت کرده به سطر و ستون موردنظر وصل می شود.
- سوئیچ های EMD : در این سوئیچ که مخفف Electro-Magnetic Device است، از یک سلکتور مغناطیسی استفاده می شود که دارای چند سطح و یک عقربه می باشد. عقربه با هرپالس از طرف مشترک شروع به حرکت کرده و از مقدار یک به عدد موردنظر می رسد.
- سوئیچ الکترونیکی : در این نوع سوئیچ از قطعات الکترونیکی که قابلیت قطع و وصل دارند استفاده شده که در واقع نسل اولیه سوئیچ های SPC هستند. این سوئیچ ها شامل حافظه هم می باشند و عملکرد سوئیچ برروی حافظه نوشته می شود.
- سوئیچ دیجیتال : در این نوع سوئیچ از مدارهای مجتمع و ریزپردازنده استفاده شده است که نوع تکامل یافته سوئیچ SPC می باشد. در این سوئیچ بدلیل استفاده از مدارهای مجتمع براحتی از مدار مبدل آنالوگ به دیجیتال هم استفاده شده است که سیگنال وارد شده ابتدا تبدیل به دیجیتال شده، سپس وارد مرکز می شود.
- سوئیچ NGL : نسل سومSPCها هستند و خطوط ارتباطی حذف شده و تنها از طریق ارسال و دریافت اطلاعات ارتباط برقرار می شود.

پرسش ۲۴-۳) مراکز تلفنی الکترونیکی SPC را به اختصار شرح دهید. (د.ل-۸۰ «۷»)

پاسخ) این مطلب در توضیحات فوق آورده شده است.

---

۳ - ۸ - ۲ مزایای مرکز تلفن دیجیتال

مرکز تلفن دیجیتالی، یک سیستم تلفن بسیار پیشرفته است که دارای مزایای زیر است:

- کاهش هزینه: مراکز تلفن دیجیتالی حجم زیادی از ترافیک تلفنی را با استفاده از تکنولوژی VoIP (Voice over Internet Protocol) از طریق شبکه‌های داده‌ای انتقال می‌دهند که موجب کاهش هزینه‌های تلفنی می‌شود.
- گسترش شبکه: با استفاده از مراکز تلفن دیجیتالی، شرکت‌ها و سازمان‌ها قادر خواهند بود تا شبکه تلفنی خود را به راحتی گسترش داده و به تعداد بیشتری کاربر خدمات ارائه نمایند.
- امنیت بالا: مراکز تلفن دیجیتالی، با قابلیت رمزگذاری تماس های تلفنی باعث افزایش امنیت تماس های تلفنی می‌شود.
- قابلیت ارائه خدمات پیشرفته: مراکز تلفن دیجیتالی امکانات پیشرفته‌ای مانند انتقال تماس، فکس‌آنلاین، صندوق پستی صوتی و... را فراهم می‌کنند.
- مدیریت آسان: مراکز تلفن دیجیتالی به شرکت‌ها و سازمان‌ها این امکان را می‌دهند که تماس‌های تلفنی خود را به راحتی مدیریت و کنترل کنند.

پرسش ۲۵-۳) چهار مزیت مرکز تلفن دیجیتالی را نسبت به رله‌ای شرح دهید. (د.ل-۷۷ «۱۸»)

پاسخ) این مطلب در توضیحات فوق آورده شده است

---

۳ - ۸ - ۳ مفهوم تکرار یا Redundant

Redundant به مفهوم تکراری و دوتایی اســت و در مورد منابع تغذیه، تکرار بیانگر وجود بیش از یک منبع تغذیه برای یک سـیسـتم اسـت. با وجود چنین سـیسـتمی، در صـورت خرابی یکی از منابع تغذیه، منبع تغذیه دیگر قادر به تامین نیازهای برقی سیستم خواهد بود. منبع تغذیه Redundant می‌تواند شامل دو یا چند منبع تغذیه باشد که به صورت همزمان کار می‌کنند ولی فقط یکی از آن‌ها برای تامین انرژی مصرفی سیستم استفاده می شود. در صورت خرابی منبع تغذیه فعال، منبع تغذیه دیگر به صورت خودکار جایگزین آن می‌شود. به عبارت دیگر، منبع تغذیه Redundant به عنوان یک سیستم پشتیبانی در صورت بروز خرابی و برقرار نبودن تامین برق، از سوی سیستم اصلی فعال می‌شود و از خاموش ماندن دستگاه جلوگیری می کند.

پرسش ۲۶-۳) در مراکز مخابراتی دیجیتال، مفهوم منبع تغذیه Redundant عبارت است از: (د.ل-۸٤ «۳۳»)

الف) در هنگام خراب شدن منبع تغذیه ارتباط قطع می‌گردد.

ب) در هنگام خراب شدن منبع تغذیه آلارم به صدا درمی‌آید و ارتباط قطع می‌شود.

ج) در هنگام خراب شدن منبع تغذیه ارتباط قطع نمی‌گردد و آلارم به صدا درمی‌آید.

د) در هنگام خراب شدن منبع تغذیه آلارم به صدا درنمی‌آید و ارتباط قطع می‌گردد.

پاسخ) در منبع تغذیه Redundant درصورت خرابی منبع تغذیه فعال، منبع تغذیه دیگر به صورت خودکار جایگزین آن می‌شود. گزینه ج صحیح است.

---

۳ - ۸ - ۴ MDF در مخابرات

به بخش توزیع کننده اصــلی کلیه خطوط ورودی و خروجی در هر مرکز مخابرات محلی MDF(Main Distribution Frame) گفته می شـود که به عنوان رابطی بین مشـترک و مرکز تلفن قرار می گیرد. از این رو تجهیزات داخل یک مرکز را به کابل‌های تجهیزات حامل مشــترک متصــل می‌کند. هر کابلی که خدمات مخابراتی را به خطوط تلفن کاربر اتصــال می‌دهد، در نهایت به یک MDF منتقل می‌شود و از این طریق به تجهیزات داخل انتقال دهنده های محلی توزیع می‌گردد.

شکل (۳-۲۳) تجهیزات MDF

این تجهیز به طور مستقیم برای حفاظت جریان و ولتاژ استفاده نمی شود، با این حال در طراحی و ساختMDF ، ملاحظات ایمنی و حفاظت الکتریکی در نظر گرفته شده تا از خطرات احتمالی به دلیل جریان و ولتاژ بالا جلوگیری شود. مثلاً از قطعات با کیفیت و مطابق با استانداردهای بین المللی استفاده می شود و توصیه می شود که اتصالات الکتریکی و کابل ها به صورت صحیح و رعایت دقیق نکات فنی اجرا شود.

پرسش ۲۷-۳) درنصبMDF مراکز تلفن دیجیتالی جهت حفاظت کدام‌یک از موارد زیر الزامی است؟ (د.ل-۸٤ «۳۰»)

الف) حفاظت جریان و ولتاژ ب) حفاظت جریان

ج) سیستم زمین د) حفاظت ولتاژ

پاسخ) در طراحی و ساختMDF ، ملاحظات ایمنی و حفاظت الکتریکی در نظر گرفته شده تا از خطرات احتمالی به دلیل جریان و ولتاژ بالا جلوگیری شود. گزینه الف صحیح است.

۳ - ۸ - ۵ ترافیک یک مرکز تلفن

مواردی که می بایست در بررسی ترافیک یک مرکز تلفن به آنها توجه داشت به قرار زیر است:

- ترانک : ترانک یک خط ارتباطی یا پیوند است که برای انتقال همزمان چندین سیگنال طراحی شده تا دسترسی شبکه را بین دو نقطه ایجاد کند.
- پورت: در لغت به معنای درگاه بوده و کاربرد اصلی آن نقل و انتقال اطلاعات بین دستگاه ها می باشد. تلفن های آنالوگ برای استفاده از خطوط تلفن شهری، می بایست از پورت‌هایی که روی مرکز تلفن تعبیه شده اند استفاده نمایند.
- ارلانگ (Erlang) : یک واحد اندازه‌گیری است که برای اندازه‌گیری ترافیک تلفنی مورد استفاده قرار می‌گیرد. یک ارلانگ به میانگین تعداد تماس‌های ورودی یا خروجی در یک واحد زمانی خاص (معمولاً یک ساعت) اشاره دارد.

به طور معمول، یک ساعت را به ۳۶۰۰ ثانیه تقسیم کرده و سپس تعداد تماس‌های ورودی یا خروجی را برای آن ساعت می شمارند. برای مثال، اگر در یک ساعت، ۳۶۰۰ تماس ورودی به مرکز تماس یا سیستم تلفنی رسیده باشد، می‌توان گفت که ترافیک تلفنی شما برابر با ۱ ارلانگ است. ارلانگ به عنوان یک معیار مهم در برنامه‌ریزی و مدیریت شبکه‌های تلفنی و مراکز تماس با مشتریان (call center) مورد استفاده قرار می‌گیرد.

- پالس: در مخابرات، پالس به عنوان یک سیگنال الکتریکی یا نوری با شکل موجی ناپیوسته و کوتاه مدت تعریف می‌شود. این پالس‌ها برای انتقال داده‌های دیجیتال به صورت همزمان استفاده می‌شوند و به عنوان یکی از روش‌های ارتباطی در فناوری‌هایی مانند شبکه‌های کامپیوتری، تلفن‌های همراه، رادار، سیستم‌های کنترل خودرو و غیره به کار می‌روند. پالس‌ها به دلیل شکل موجی ناپیوسته، قابلیت حمل اطلاعات بیشتری را نسبت به سیگنال‌های پیوسته دارند.

پرسش ۲۸-۳) واحد سنجش ترافیک یک مرکز تلفن کدام‌یک از موارد زیر است؟ (د.ل-۸٤ «٤۳»)

الف) ترانک ب) پورت ج) ارلانگ د) پالس

پاسخ) یک ارلانگ به میانگین تعداد تماس‌های ورودی یا خروجی در یک واحد زمانی خاص (معمولاً یک ساعت) اشاره دارد. گزینه ج صحیح است.

۳ - ۸ - ۶ دستگاه های بهبود دهنده مکالمه

بعضی از دستگاه هایی که جهت بهبود مکالمه مورد استفاده قرار می گیرند به شرح ذیل می باشند:

- دستگاه Echo Canceller: این دستگاه به طور گسترده در سیستم‌های تلفنی، شبکه‌های ارتباطی و کنفرانس‌های صوتی استفاده می‌شود. این دستگاه‌ها معمولاً در مسیر سیگنال های صوتی قرار می‌گیرند و با استفاده از الگوریتم‌های پیچیده، اکو را تشخیص داده و حذف می‌کنند.
- دستگاه Erlang: دستگاهی است برای اندازه گیری ترافیک که برروی عناصر ارائه دهنده خدمات مانند تلفن یا تجهیزات سوئیچینگ استفاده می شود.
- درجه خدمات یا Grade of Service: ضریبی از تماس‌های دریافتی (ترافیک ورودی) است که می‌توان برای جلوگیری از ازدحام در کانال آن را بلاک کرد. به درجه خدمات، احتمال بلاکینگ یا احتمال از دست دادن (loss) نیز گفته می شود. هر چه مقدار درجه خدمات پایین‌تر باشد، بهتر است و نشان دهنده میزان استفاده پایین از کانال می باشد. اگر درجه خدمات پایین‌تر انتخاب شود، ترافیک بیشتری را می‌توان به همان تعداد کانال‌های ترافیکی اعمال کرد.
- تجمع نسبی یا Relative Congestion :در شبکه های کامپیوتری به مفهوم تجمع نسبی داده های انتقالی در صف انتظار گفته می شود.

پرسش ۲۹-۳) ترافیک تلفنی به وسیله کدام‌یک از تجهیزات زیر اندازه‌گیری می‌شود؟ (د.ل-۹۵ «۲٤»)

الف) Echo Canceller ب) Erlang

ج) Grade of Service د) Relative Congestion

پاسخ) دستگاه ارلانگ برای اندازه گیری ترافیک برروی عناصر ارائه دهنده خدمات مانند تلفن یا تجهیزات سوئیچینگ استفاده می شود. گزینه ب صحیح است.

فصل چهارم

پاسخ تشریحی آزمون سال ۹۸

در این فصل می‌خوانیم:

- ✓ آزمون کارشناسی رسمی دادگستری رشته «برق، الکترونیک و مخابرات» سال ۱۳۹۸
- ✓ پاسخ تشریحی آزمون

پرسش ۱) در خصوص مفهوم فازور در یک مدار الکتریکی، کدام مورد صحیح نیست؟

الف) تابع $\sin \omega t$، دارای فازور است.

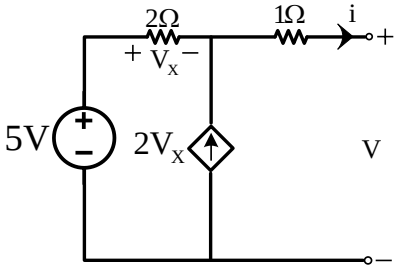
ب) فازور، کمیتی است که حاوی اطلاعات اندازه و فاز است.

ج) عبارت $A = A_m e^{j\omega}$، فازور سیگنال $A_m \cos(\omega t + \varphi)$ است.

د) روابط فازوری، تنها در حالت دائمی سینوسی مدار استفاده می‌شوند.

پاسخ) گزینه های الف، ب و د در خصوص روابط فازوری صحیح است. در مورد گزینه ج، فازور یک سیگنال سینوسی با دامنه (Am) و فاز (ϕ) آن نمایش داده می شود نه با فرکانس زاویه ای (ω). گزینه **ج** صحیح است.

پرسش ۲) در مدار الکتریکی روبه‌رو، رابطه بین v و i کدام است؟



الف) $v = ۵ - \frac{۷}{۵} i$ ب) $v = ۵ + \frac{۷}{۵} i$ ج) $v = ۱۰ - \frac{۷}{۵} i$ د) $v = ۱۰ + \frac{۷}{۵} i$

پاسخ) اگر جریان عبوری از مقاومت ۲ اهمی را i_x درنظر بگیریم، با اعمال KCL در گره بالایی:

$$\text{KCL: } i_x + ۲V_x = i \Rightarrow i_x = i - ۲V_x$$

از طرفی :

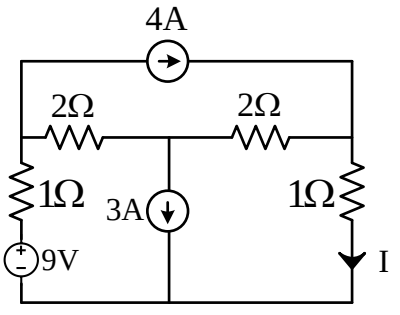
$$V_x = ۲i_x \Rightarrow V_x = ۲(i - ۲V_x) \Rightarrow V_x = \frac{۲}{۵} i$$

با اعمال KVL در حلقه بیرونی:

$$-۵ + V_x + ۱\Omega \times i + v = ۰ \Rightarrow v = ۵ - V_x - i = ۵ - \frac{۲}{۵} i - i \Rightarrow v = ۵ - \frac{۷}{۵} i$$

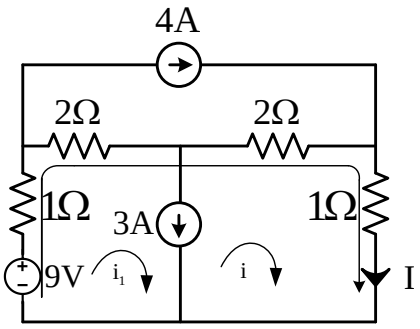
گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ۳) در مدار روبه‌رو، مقدار جریان I، چند آمپر است؟



الف) ۲ ب) ۱ ج) $\frac{۲۵}{۶}$ د) $\frac{۸}{۳}$

پاسخ) ابتدا مسیر KVL ها را مشخص می کنیم:

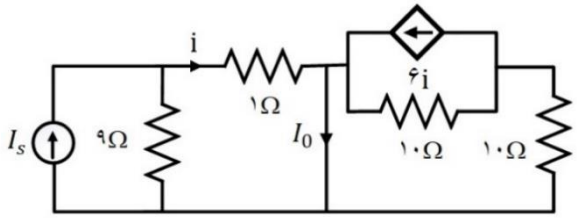


در حلقه بزرگتر، یک KVL زده و تفاوت جریان دو مش را نیز می نویسیم:

$$\begin{cases} -۹+i_۱+۲(i_۱-۴)+۲(I-۴)+I=۰ \\ i_۱-I=۳ \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} i_۱+I=\frac{۲۵}{۳} \Rightarrow I=\frac{۸}{۳}^{A} \\ i_۱-I=۳ \end{cases}$$

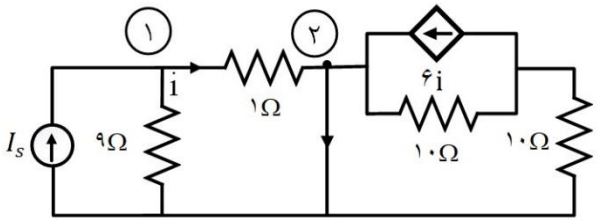
گزینه **د** صحیح است.

پرسش ۴) در مدار زیر، نسبت I_o/I_s کدام است؟



الف) ۷/۲ ب) ۳/۶ ج)۱/۸ د) ۰/۹

پاسخ) ابتدا برای جریان i در گره ۱ تقسیم جریان می‌نویسیم:



$$i=\frac{۹}{۹+۱}i_s=\frac{۹}{۱۰}i_s$$

با توجه به اینکه جریان 6i بین دو مقاومت ۱۰ اهمی تقسیم می شود،در گره ۲ یک KCL می زنیم:

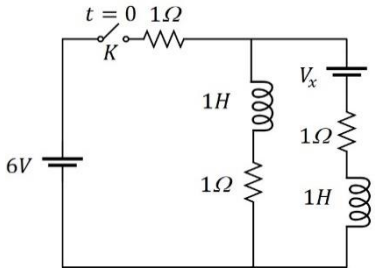
$$i+۶i=۳i+i_o \Rightarrow i_o=۴i$$

حال مقدار i_o را برحسب i_s بدست می آوریم:

$$\begin{cases} i_o=۴\times i=۴\times\frac{۹}{۱۰}i_s \Rightarrow \frac{i_o}{i_s}=\frac{۳۶}{۱۰} \Rightarrow \frac{i_o}{i_s}=۳/۶ \\ i=\frac{۹}{۱۰}i_s \end{cases}$$

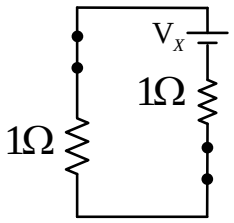
گزینه **ب** صحیح است.

پرسش ۵) در مدار زیر، کلید K برای مدت طولانی وصل بوده و در لحظه t = ۰ قطع می‌شود. اگر بخواهیم در لحظه قطع شدن، جرقه‌ای در کلید زده نشود، مقدار ولتاژ منبع V_x، چند ولت است؟



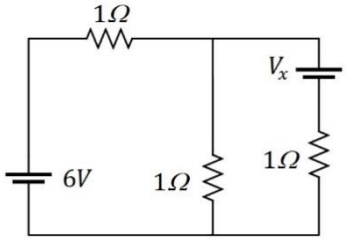
الف) ۲۴ ب) ۱۲ ج) ۶ د) ۳

پاسخ) برای اینکه در زمان باز شدن کلید جرقه‌ای نداشته باشیم، باید ولتاژ دوسر کلید با هم برابر باشد. درنتیجه، نباید جریانی از مقاومت سری با منبع عبور کند. از طرفی چون جریان سلف ها درزمان قبل و بعد قطع کلید نباید تغییر ناگهانی داشته باشند بنابراین، در زمان $t = 0^-$ مدار درحالت پایدار بوده وسلف ها در حالت دائمی خود(اتصال کوتاه) قرار می گیرند. درنتیجه مدار در زمان قبل از قطع کلید به شکل زیر خواهد بود:



با اجرای KVL در حلقه شامل دو سلف، خواهیم داشت:

$$\begin{cases} -V_x + I_{L۱} + I_{L۲} = ۰ \\ I_{L۱} = I_{L۲} \end{cases} \Rightarrow -V_x + ۲I_{L۱} = ۰ \Rightarrow I_{L۱} = \frac{V_x}{۲}$$

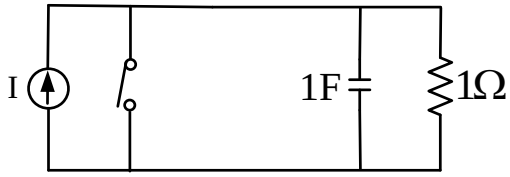


در لحظه صفر چون ولتاژ روی شاخه ها برابر ۶ ولت است، یعنی ولتاژ شاخه وسط هم ۶ ولت می‌باشد:

$$\begin{cases} ۱ \times I_{L۱} = ۶ \\ I_{L۱} = \frac{V_x}{۲} \end{cases} \Rightarrow ۱ \times \frac{V_x}{۲} = ۶ \Rightarrow V_x = ۱۲v$$

گزینه **ب** صحیح است.

پرسش ۶) در مدار زیر، ولتاژ دو سر خازن برای زمان‌های مثبت کدام است؟ (کلید در لحظه $t = ۰$ باز شده است.)



الف) $I(۱-e^{-t})$ ب) $I(۱+e^{-t})$ ج) $۱-e^{-t}$ د) $-Ie^{-t}$

پاسخ) در این سوال، پاسخ کامل را برای ولتاژ دوسر خازن بدست می‌آوریم که به صورت زیر است:

$$V_C(t) = V_C(\infty) - \left(V_C(\infty) - V_C(t_0^+)\right)e^{-(t-t_0)/\tau}$$

در این مدار $t_0 = 0$ است. برای محاسبه t ابتدا منبع مستقل را صفر کرده (منبع جریان مدار باز می شود)، مقاومت دیده شده از دوسر خازن را بدست می‌آوریم که برابر است با:

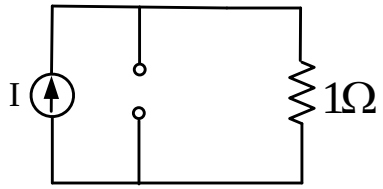
$R = 1\Omega$

بنابراین ثابت زمانی برابر خواهد بود با:

$$\tau = 1\Omega \times 1F = 1s$$

برای محاسبه مقدار اولیه ولتاژ، کلید قبل از زمان صفر بسته بوده، پس منبع جریان، اتصال کوتاه می‌شود و چون مدار به حالت دائمی خود رسیده پس خازن مدار باز می‌شود و $V_C(0-) = 0$. از طرفی چون ولتاژ دوسر خازن نمی‌تواند تغییر ناگهانی داشته باشد، درنتیجه $V_C(0+) = V_C(0-) = 0$.

برای محاسبه مقدار $V_C(\infty)$ ، کلید باز بوده و مدار به حالت ماندگار می‌رسد. شکل زیر را خواهیم داشت:



بنابراین خازن مدار باز بوده و تمام جریان از مقاومت عبور می‌کند:

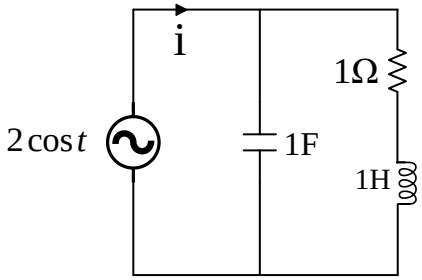
$$V_C(\infty) = 1^{\Omega} \times I = I\ (v)$$

حال مقادیر محاسبه شده را در رابطه زیر جاگذاری کرده و پاسخ کامل مرتبه اول مدار را بدست می‌آوریم:

$$V_C(t) = V_C(\infty) - \left(V_C(\infty) - V_C(t_0^+)\right)e^{-(t-t_0)/\tau} \Rightarrow V_C(t) = I - (I-0)e^{-t} \Rightarrow V_C(t) = I\left(1-e^{-t}\right)$$

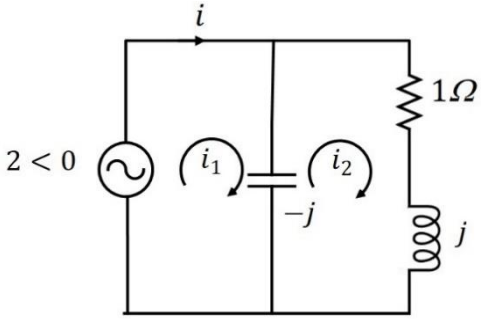
گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ۷) در مدار زیر، در حالت دائمی سینوسی، جریان $i(t)$ کدام است؟



الف) $2\cos t$ ب) $2\sin t$ ج) $\sqrt{2}\cos(t + 45°)$ د) $\sqrt{2}\cos(t - 45°)$

پاسخ) ابتدا مدار معادل را در حالت فازور و با $\omega = 1$ رسم می‌کنیم:



$$X_C = \frac{1}{jC\omega} = \frac{1}{j} = -j\Omega \qquad X_L = jL\omega = j\Omega$$

با اعمال KVL در مش ۱ خواهیم داشت:

$$\begin{cases} -2 - j(i_1 - i_2) = 0 \\ i_1 = i \end{cases} \Rightarrow i_2 = -j2 + i$$

با اعمال KVL در مش ۲ خواهیم داشت:

$$\begin{cases} -j(i_۲ - i_۱) + i_۲ + ji_۲ = ۰ \Rightarrow -ji_۲ + ji_۱ + i_۲ + ji_۲ = ji + i_۲ = ۰ \\ i_۱ = i \\ i_۲ = -j۲ + i \end{cases} \Rightarrow i = \frac{j۲}{۱ + j}$$

برای محاسبه پاسخ در حوزه زمان، می بایست دامنه و فاز فازور i را بدست آوریم:

$$|i| = \frac{|j۲|}{|۱ + j|} = \frac{۲}{\sqrt{۱+۱}} \Rightarrow |i| = \sqrt{۲}$$

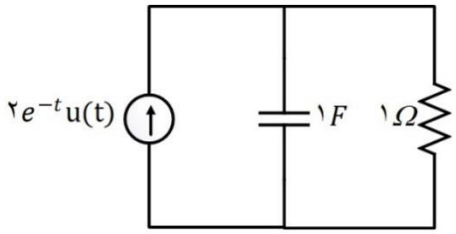
$$\angle i = \angle j۲ - \angle(۱ + j) \Rightarrow \angle i = ۹۰^\circ - (۴۵^\circ) \Rightarrow \angle i = ۴۵^\circ$$

درنتیجه جریان در حوزه زمان برابر است با:

$$i = \sqrt{۲}\cos(t + ۴۵^\circ)$$

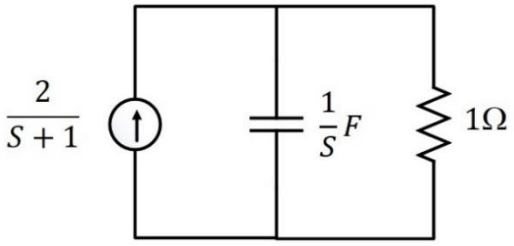
گزینه **ج** صحیح است..

پرسش ۸) در مدار روبه‌رو، ولتاژ دو سر خازن کدام است؟



الف) $e^{-t}u(t)$ ب) $۲e^{-t}u(t)$ ج) $te^{-t}u(t)$ د) $۲te^{-t}u(t)$

پاسخ) ابتدا مدار معادل شکل زیر را در حوزه فرکانس رسم می‌کنیم:



سپس با استفاده از تقسیم جریان، مقدار جریان عبوری از خازن را بدست می‌آوریم:

$$I(s) = \frac{۱}{۱ + \frac{۱}{s}} \times \frac{۲}{s+۱} = \frac{۲s}{(s+۱)^۲}$$

ولتاژ دوسر خازن در حوزه فرکانس برابر است با:

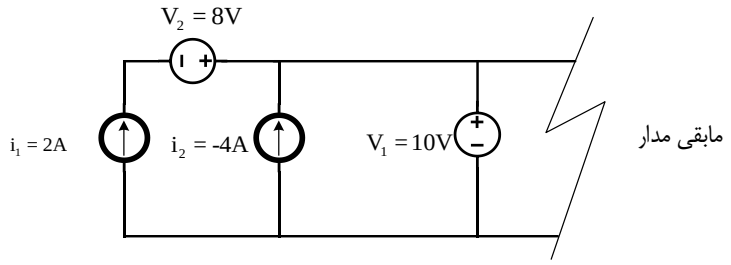
$$\begin{cases} V_c(s) = I(s) \times \frac{۱}{s} \\ I(s) = \frac{۲s}{(s+۱)^۲} \end{cases} \Rightarrow V_c(s) = \frac{۲s}{(s+۱)^۲} \times \frac{۱}{s} \Rightarrow V_c(s) = \frac{۲}{(s+۱)^۲}$$

با استفاده از رابطه عکس تبدیل لاپلاس ولتاژ بدست آمده را به حوزه زمان می‌بریم:

$$\begin{cases} \frac{۱}{s} \to u(t) \\ \frac{۱}{s^۲} \to tu(t) \qquad \Rightarrow V_c(t) = ۲te^{-t}u(t) \\ F(s+a) \to e^{-at} f(t) \end{cases}$$

گزینه **د** صحیح است.

پرسش ۹) کدام یک از چهار منبع زیر، در شکل توان جذب می‌کنند؟

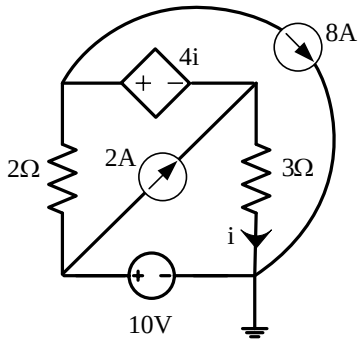


الف) $i_۲$ ب) $v_۲$ ج) $i_۱$ د) $v_۱$

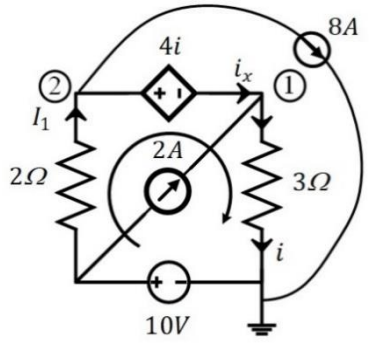
پاسخ) با توجه به اینکه جذب توان مستلزم این است که جریان به سر مثبت منبع وارد شود، تمامی منابع ۸ ولتی، ۲ آمپری و ۱۰ ولتی به گره بالایی توان تحویل می‌دهند (جریان از سر مثبت آنها خارج می شود)، اما منبع جریان ۴ آمپری از این گره توان تحویل می‌گیرد. (جریان از سر مثبت آن وارد می‌شود.) بنابراین، گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ۱۰) جریان i، چند آمپر است؟

الف) $-\frac{۱}{۹}$ ب) $-\frac{۲}{۹}$ ج) $-\frac{۱}{۳}$ د) $+\frac{۱}{۳}$



پاسخ) با انجام KCL در گره 1 خواهیم داشت:



$$i_x + 2 = i \Rightarrow i_x = i - 2$$

با انجام KCL در گره 2 خواهیم داشت:

$$I_1 = 8 + i_x = 8 + i - 2 \Rightarrow I_1 = 6 + i$$

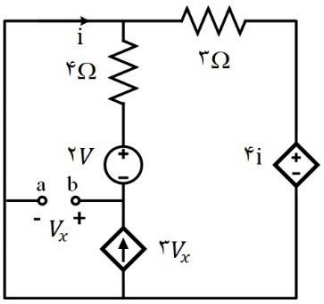
حال اگر در حلقه نشان داده شده در شکل یک KVL بزنیم:

$$-۱۰ + ۲I_۱ + ۴i + ۳\Omega \times i = ۰ \Rightarrow -۱۰ + ۲(۶ + i) + ۴i + ۳i = ۰ \Rightarrow i = -\frac{۲}{۹}$$

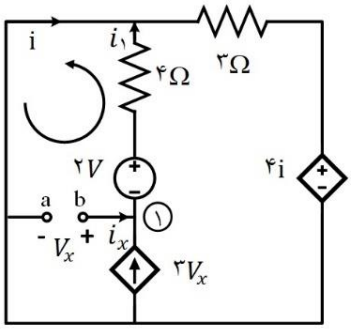
گزینه **ب** صحیح است.

پرسش ۱۱) در مدار زیر، مقاومت دیده شده از دو سر a و b، چند اهم است؟

الف) ۳ ب) ۴- ج) $\frac{۱}{۱۱}$ د) $-\frac{۴}{۱۱}$



پاسخ) با اجرای KCL در گره ۱:



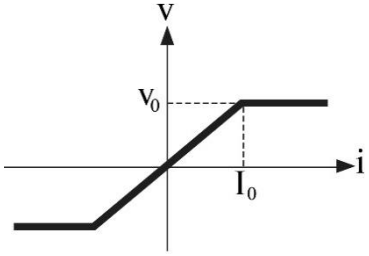
$$i_۱ = i_x + ۳v_x$$

حال اگر در مش نشان داده شده، یک KVL بزنیم:

$$-v_x - ۲ + ۴i_۱ = ۰ \Rightarrow -v_x - ۲ + ۴(i_x + ۳v_x) = ۰ \Rightarrow v_x = -\frac{۴}{۱۱}i_x + \frac{۲}{۱۱}$$

که معادل تونن مدار بدست می‌آید. بنابراین، گزینه **د** صحیح است.

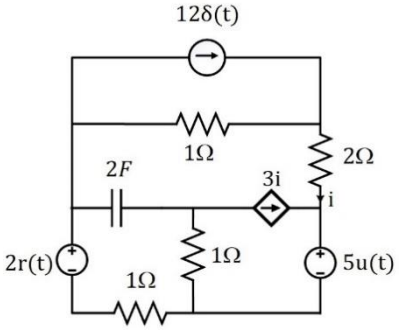
پرسش ۱۲) مشخصه $v - i$ یک مقاومت، به صورت شکل زیر است. این مقاومت، کدام ویژگی زیر را ندارد؟



الف) پسیو ب) دوطرفه ج) غیرخطی د) تغییرپذیر با زمان

پاسخ) مقاومت یک قطعه الکتریکی پسیو (مصرف کننده توان است نه تولید کننده) بوده و با توجه به نمودار داده شده چون به ازای مقادیر مثبت و منفی ولتاژ و جریان دارای مقدار است (می‌توان از هر دو جهت در مدارهای الکتریکی قرار داد)، پس دوطرفه می‌باشد. همچنین نمودار ولتاژ – جریان فقط در قسمتی خطی بوده و مثلا بازای مقادیر بزرگتر از I_0 ثابت است، بنابراین مقاومت غیرخطی است. از طرفی با توجه به نمودار فوق مقدار مقاومت تابعی از زمان نمی‌باشد. بنابراین، گزینه **د** صحیح است.

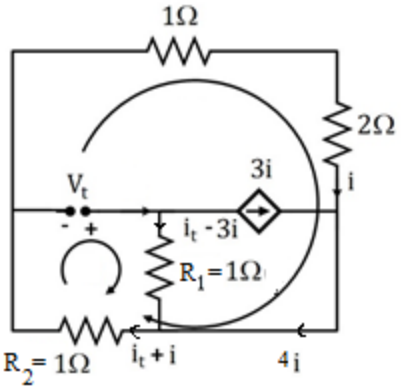
پرسش ۱۳) ثابت زمانی شکل زیر، چند ثانیه است؟



الف) ۱۰ ب) ۵ ج) ۲/۵ د) ۲

پاسخ) ثابت زمانی مدار فوق چون شامل خازن و مقاومت می‌باشد به صورت $\tau=RC$ خواهد بود. با توجه به اینکه فقط یک خازن در مدار داریم فقط لازم است که مقاومت معادل از دید خازن را بدست آوریم.

ابتدا منابع مستقل را صفر قرار داده و منبع ولتاژ تست (V_t) را در محل خازن به مدار وصل می‌کنیم. حال باید رابطه بین V_t و i_t را محاسبه کنیم.



برای این کار ابتدا رابطه بین جریان‌ها را بدست می‌آوریم.

$$I_{R1} = i_t - 3i$$
$$I_{R2} = i_t - 3i + 4i = i_t + i$$

بنابراین در حلقه بزرگ یک KVL می زنیم:

$$1^{\Omega} \times i + 2^{\Omega} \times i + 1^{\Omega} \times (i_t + i) = 0 \Rightarrow i = -\frac{i_t}{4}$$

با اعمال KVL در حلقه کوچک خواهیم داشت:

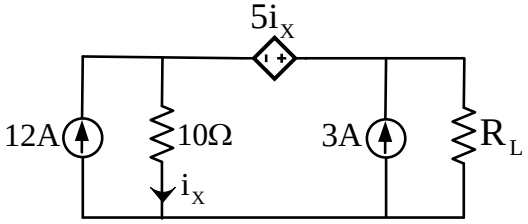
$$\begin{cases} -v_t + i_t - 3i + i_t + i = 0 \\ i = -\frac{i_t}{4} \end{cases} \Rightarrow v_t = \frac{5}{2} i_t$$

مقدار مقاومت دیده شده از دوسر خازن برابر مقاومت تونن می باشد. بنابراین ثابت زمانی برابر است با:

$$\tau = RC \Rightarrow \tau = \frac{۵}{۲}\Omega \times ۲F = ۵s$$

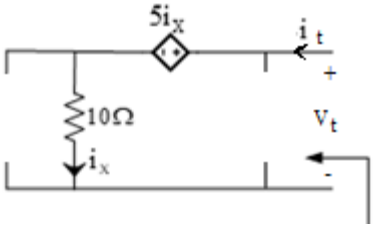
گزینه **ب** صحیح است.

پرسش ۱۴) در مدار زیر، R چند اهم باشد تا حداکثر توان به آن انتقال یابد؟



الف) ۵ ب) ۱۰ ج) ۱۵ د) ۲۰

پاسخ) ابتدا منابع مستقل را صفر کرده و ولتاژ آزمون را به جای مقاومت بار قرار می دهیم. پس شکل زیر را درنظر می گیریم:

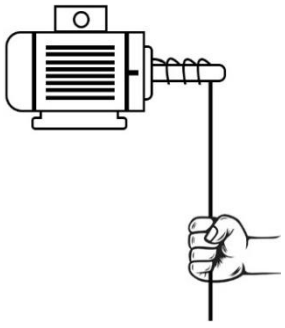


حال مقاومت دیده شده را بدست می آوریم. بنابراین در حلقه بدست آمده یک KVL می زنیم:

$$\begin{cases} -v_t + ۵i_x + ۱۰^{\Omega} \times i_x = ۰ \Rightarrow v_t = ۱۵i_x \\ i_x = i_t \end{cases} \Rightarrow v_t = ۱۵i_t$$

با توجه به رابطه بدست آمده، مقدار مقاومت تونن از دید مقاومت بار برابر ۱۵ اهم است که مطابق با قضیه انتقال حداکثر توان، مقدار مقاومت بار باید برابر ۱۵ اهم باشد تا بیشترین مقدار توان را دریافت کند. بنابراین، گزینه **ج** صحیح است.

پرسش ۱۵) یک موتور تکفاز به برق وصل شده، دچار لرزش می‌شود و حرکت نمی‌کند. به وسیله طناب، مطابق شکل زیر، روتور را چرخانده و موتور روشن شده است. عیب موتور، کدام مورد نمی‌تواند باشد؟



الف) بلبرینگ گریپاژ کرده است. ب) سیم پیچی راه‌انداز ضعیف شده است.

ج) مسیر سیم پیچی راه‌انداز قطع شده است. د) خازن ضعیف شده و یا در مسیر جریان قرار نمی گیرد.

پاسخ) عامل چرخش در موتور القایی سه‌فاز، ایجاد میدان دوار در داخل استاتور می‌باشد. در موتورهای تک‌فاز میدان ضربانی با عبور جریان AC از سیم‌پیچ ایجاد می‌شود؛ که به‌تنهایی قادر به ایجاد حرکت چرخشی نیست. بنابراین برای ساخت موتور القایی تک‌فاز باید بتوان میدان دوار ایجاد کرد. میدان ضربانی موتور تک‌فاز، از دو میدان دوار با اندازه‌های مساوی تشکیل شده است که یکی راست‌گرد و دیگری چپ‌گرد است. با کمک دستگاه راه‌انداز و چرخش روتور در یک جهت، یکی از دو میدان بر دیگری غلبه کرده و باعث می‌شود که روتور در آن جهت بچرخد. به عبارت دیگر، برای ایجاد چرخش در موتورهای القایی تک‌فاز، باید بین

جریان سیم‌پیچ اصلی و سیم‌پیچ کمکی (یا راه‌انداز) آن اختلاف فاز ایجاد نمود. موارد **ب** تا **د** چنانچه رخ داده باشند، حتی با چرخش موتور نیز عمل راه‌اندازی اتفاق نمی‌افتد. گزینه **الف** پاسخ مورد نظر است.

پرسش ۱۶) منظور از عکس‌العمل آرمیچر در ماشین های جریان مستقیم چیست؟

الف) تداخل دو میدان طولی و عرضی مغناطیسی

ب) ایجاد میدان مغناطیسی توسط قطب های اصلی

ج) عمل جابه‌جا شدن جاروبک از یک تیغه به تیغه دیگر

د) جابه‌جایی میدان عرضی آرمیچر توسط میدان طولی قطب ها

پاسخ) «میدان طولی»، میدان مغناطیسی بین دو قطب غیرهمنام بوده و صفحه‌ای که بین این دو قطب (عمود بر میدان طولی) قرار می‌گیرد را «صفحه خنثی» می‌نامند. دلیل این نام‌گذاری این است که چنانچه یک سیم‌پیچ در صفحه مذکور قرار گیرد، هیچ ولتاژی در آن القا نمی‌شود. همچنین، میدان ایجادشده به‌وسیله‌ی سیم‌پیچ‌های اطراف یک هادی را «میدان عرضی» می‌نامند. «عکس‌العمل آرمیچر» در موتور DC، عبارت است از تاثیر میدان‌های طولی و عرضی بر روی هم؛ که باعث جابجایی صفحه خنثی می‌گردد. گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ۱۷) یک موتور الکتریکی ۴ قطب با فرکانس ۶۰ هرتز، ولتاژ ۳۸۰ ولت و لغزش ۵ درصد کار می‌کند. سرعت چرخش روتور، چند RPM است؟

الف) ۱۷۱۰ ب) ۱۶۸۰ ج) ۹۰۰ د) ۸۵۵

پاسخ) ابتدا سرعت سنکرون را بدست می‌آوریم:

$$n_s = \frac{120 f_s}{P} = \frac{120 \times 60}{4} = 1800 rpm$$

پس داریم: $$s = \frac{n_s - n_m}{n_s} \times 100\% = \frac{1800 - n_m}{1800} \times 100\% = 5\% \rightarrow 1800 \times \frac{5}{100} = 1800 - n_m \rightarrow n_m = 1710 rpm$$

گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ۱۸) کدام مورد در خصوص سکسیونر در شبکه برق، صحیح نیست؟

الف) استفاده از اینترلاک مکانیکی و یا الکتریکی، جهت حصول اطمینان از باز بودن سکسیونر در زمان عملکرد تیغه‌های زمین و بالعکس استفاده می‌شود.

ب) سکسیونر، وسیله ای ارتباط دهنده مکانیکی برای هدایت بهتر جریان تجهیزات شبکه است.

ج) به کمک سکسیونر، جریان ترانسفور ماتور های کم قدرت را نمی‌توان قطع کرد.

د) سکسیونر، تجهیزاتی را که فقط زیر ولتاژ هستند، از شبکه جدا می کند.

پاسخ) از سکسیونر قابل قطع زیر بار، در شبکه‌های توزیع استفاده شده و برای قطع جریان نامی مورد استفاده قرار می‌گیرند. مکانیزم عملکرد این نوع سکسیونرها به‌صورت دستی بوده و با استفاده از نیروی فنر، قطع و وصل آن‌ها با سرعت بالایی انجام می‌شود. همچنین سکسیونر قابل قطع زیر بار، برای قطع و وصل کابل‌های خروجی ترانسفورماتورهای کم‌قدرت و شبکه‌های حلقه‌ای و مسدوداستفاده می‌شود. از طرفی، حفاظت از تجهیزات، توسط فیوز سری‌شده با سکسیونر انجام می‌شود و این تجهیز قابلیت قطع جریان خطا را ندارد.

گزینه **ج** صحیح است.

پرسش ۱۹) حریم خطوط ۲۰ و ۶۳ کیلو ولت به صورت زمینی، براساس مصوبه سال ۱۳۹۴ هیئت دولت، به‌ترتیب، چند متر است؟ الف) ۲/۱ و ۱۱/۹ ب) ۲/۱ و ۸ ج) ۳/۵ و ۱۱/۹ د) ۳/۵ و ۹

پاسخ) حریم زمینی برای ولتاژهای مختلف در جدول زیر آورده شده است:

ردیف ولتاژ / ولتاژ حریم	کمتر از ۱۰۰۰ ولت	۱۰۰۰ ولت تا ۲۰ کیلوولت	۳۳ کیلوولت	۶۳ کیلوولت	۱۳۲ کیلوولت	۲۳۰ کیلوولت	۴۰۰ کیلوولت	۷۶۵ کیلوولت
حریم زمینی (a)	۱/۳ متر	۲/۱ متر	۳/۵ متر	۸ متر	۹ متر	۱۱/۹ متر	۱۴ متر	۲۵ متر

پاسخ) طبق جدول فوق، گزینه **ب** صحیح است.

پرسش ۲۰) حداکثر افت ولتاژ در شبکه توزیع فشار متوسط هوایی در مناطق شهری ۲۰ کیلو ولت، چند درصد است؟

الف) ۵ ب) ۴ ج) ۳ د) ۲

پاسخ) حداکثر افت ولتاژ مجاز در شبکه‌های فشار متوسط هوایی، در مناطق شهری ۲٪ و در مناطق روستایی ۴٪ است. گزینه **د** صحیح است.

پرسش ۲۱) در یک سیستم مغناطیسی تک تحریکه، عبارت انرژی ذخیره شده در سیستم به‌صورت $w_f(i,x)=(۱+x)i^{\frac{۳}{۲}}$ است که **i**، جریان سیم پیچی تحریک و x، متغیر مکان است. مقدار نیروی وارد بر قسمت متحرک به ازای جریان ۵ آمپر و x = ۰/۱ متر، برابر با چند نیوتن است؟ (د.ل-۹۸ «۲۱»)

الف) $۲۲\sqrt{۵}$ ب) ۴۵ ج) $۲۵\sqrt{۵}$ د) ۴۰

پاسخ) با توجه به رابطه نیرو برحسب جریان داریم:

$$F=\frac{\partial W_f}{\partial x}=\frac{\partial}{\partial x}(۱+x)i^{\frac{۳}{۲}}=۲(۱+x)i^{\frac{۳}{۲}}$$

حال با قراردادن مقادیر جریان و مکان داریم:

$$F=۲(۱+۰/۱)۵^{\frac{۳}{۲}}=۵۵N$$

گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ۲۲) ولتاژ بی باری یک ژنراتور شنت در سرعت ۶۰۰ RPM، از رابطه $E=\frac{۳۸۴I_f}{۴+I_f}$ به دست می آید که در آن، I_f جریان تحریک است. مقاومت آرمیچر ۰/۲۵ اهم و مقاومت میدان شنت ۵۰ اهم است. این ژنراتور در شرعت ۸۰۰ RPM با جریان آرمیچر ۸۰ آمپر و ولتاژ ترمینال ۲۴۰ ولت، باری را تغذیه می‌کند. در این حالت، با ضرف‌نظر کردن از عکس‌العمل آرمیچر، مقدار مقاوت متغیر در مدار تحریک شنت (R_{adj})، برحسب اهم، کدام است؟

الف) ۱۲ ب) ۱۰ ج) ۹ د) ۸

پاسخ) ابتدا رابطه‌ی ولتاژ داخلی را با توجه به سرعت کاری ماشین اصلاح می‌کنیم. می‌دانیم ولتاژ داخلی با سرعت ماشین رابطه مستقیم دارد؛ درنتیجه:

$$E_a^{800rpm}=E_a^{600rpm}\times\frac{800}{600}=\frac{384I_f}{4+I_f}\times\frac{800}{600}=\frac{512I_f}{4+I_f}$$

سپس با استفاده از روابط مداری حاکم بر ژنراتور شنت، ولتاژ داخلی را محاسبه می‌کنیم:

$$E_a=V_t+R_aI_a=240+(0.25\times80)=260v$$

برای ایجاد ولتاژ ۲۶۰V، مقدار جریان تحریک برابر است با:

$$E_a^{800rpm}=\frac{512I_f}{4+I_f}=260\rightarrow I_f=4.12A$$

و برای این جریان تحریک، مقدار مقاومت تنظیم به‌صورت زیر حاصل می‌شود:

$$I_f=\frac{V_t}{R_f+R_{adj}}\rightarrow 4.12=\frac{240}{50+R_{adj}}\rightarrow R_{adj}=8.2\Omega$$

گزینه **د** صحیح است.

پرسش ۲۳) در یک موتور سری ۲۲۰ ولتی، مجموع مقاومت آرمیچر و مدار تحریک سری ۰/۱ اهم است. این موتور در بار کامل، ۱۲۰ آمپر جریان کشیده و با سرعت ۵۲۰ RPM می‌چرخد. سرعت موتور وقتی که گشتاور بار به ۲۵٪ تقلیل می یابد، برابر با چند RPM است؟ (از اشباع و عکس العمل آرمیچر، صرف نظر شود.)

الف) ۱۰۸۰ ب) ۱۰۷۰ ج) ۱۰۴۰ د) ۱۰۲۰

پاسخ) طبق روابط مداری حاکم بر موتور سری، برای حالت اول (بار کامل) داریم:

$$E_{a1} = V_t - (R_a + R_s) I_{a1} = 220 - (0.1 \times 50) = 215v$$

همچنین با توجه به رابطه‌ی گشتاور برحسب جریان آرمیچر در موتور سری داریم:

$$\tau = k \varphi I_a \xrightarrow{\varphi = N_s I_s = N_s I_a} \tau = k N_s I_a^2$$

پس داریم:

$$\frac{\tau_2}{\tau_1} = \left(\frac{I_{a2}}{I_{a1}}\right)^2 \rightarrow 0.25 = \left(\frac{I_{a2}}{50}\right)^2 \rightarrow I_{a2} = 25A$$

حال با توجه به روابط حاکم بر موتور سری، برای حالت دوم داریم:

$$E_{a2} = V_t - (R_a + R_s) I_{a2} = 220 - (0.1 \times 25) = 217.5v$$

مقدار سرعت با توجه به روابط زیر حاصل می‌شود:

$$\frac{E_{a2}}{E_{a1}} = \frac{\varphi_2}{\varphi_1} \frac{n_2}{n_1} \xrightarrow{\varphi = N_s I_s = N_s I_a} \frac{E_{a2}}{E_{a1}} = \frac{I_{a2}}{I_{a1}} \frac{n_2}{n_1} \rightarrow \frac{217.5}{215} = \frac{25}{50} \frac{n_2}{520} \rightarrow n_2 = 1053rpm$$

گزینه **ب** صحیح است.

پرسش ۲۴) در یک موتور القایی سه‌فاز ۴ قطب که به شبکه ۶۰ هرتز متصل است، گشتاور حداکثر ۵ برابر گشتاور بار کامل و گشتاور راه اندازی ۲ برابر گشتاور بار کامل است. با صرف‌نظر کردن از مقاومت استاتور، لغزش در گشتاور حداکثر، برابر با کدام مورد است؟ ($\sqrt{2} = ۱/۴۱$، $\sqrt{21} = ۴/۵۸$، $\sqrt{3} = ۱/۷۳$)

الف) ۴/۷۹ ب) ۴/۶ ج) ۰/۲۱ د) ۰/۱۵

پاسخ) طبق داده‌های مساله داریم:

$$\frac{\tau_{st}}{\tau_{fl}} = 2 \quad , \quad \frac{\tau_{e_{max}}}{\tau_{fl}} = 5$$

با تقسیم عبارت اول بر دوم داریم:

$$\frac{\tau_{st}}{\tau_{e_{max}}} = 0.4$$

حال طبق نکته بالا و با توجه به اینکه مقدار لغزش در راه‌اندازی برابر با یک است، داریم:

$$\frac{\tau_{st}}{\tau_{e_{max}}} = \frac{2}{\frac{1}{s_{max\,\tau}} + \frac{s_{max\,\tau}}{1}} = 0.4 \rightarrow s_{max\,\tau} = 0.21$$

گزینه **ج** صحیح است.

پرسش ۲۵) توان ورودی یک موتور القایی ۳ فاز، ۸ قطب، ۵۰ هرتز، برابر کیلووات و سرعت آن ۶۷۵ RPM است. تلفات مسی استاتور برابر ۱/۵ کیلووات، تلفات هسته برابر ۰/۵ کیلووات و تلفات مکانیکی (چرخشی) برابر ۱/۲ کیلووات است. توان خروجی خالص موتور، چند کیلووات است؟

الف) ۵۱ ب) ۵۳ ج) ۴۹ د) ۵۰

پاسخ) ابتدا سرعت سنکرون را محاسبه می‌کنیم:

$$n_s = \frac{120 f_s}{P} = \frac{120 \times 50}{8} = 750rpm$$

حال برای لغزش داریم:

$$s=\frac{n_s-n_m}{n_s}=\frac{750-675}{750}=0.1$$

همچنین با توجه به دیاگرام پخش توان در موتور القایی داریم:

$$P_{ag}=P_{in}-P_{cu}^{s}-P_{core}=60-1.5-0.5=58kW$$

با استفاده از لغزش و توان فاصله هوایی، مقدار تلفات روتور را می‌توان محاسبه کرد:

$$P_{cu}^{r}=sP_{ag}=0.1\times 58=5.8kW$$

حال مقدار توان خروجی برابر است با: $P_{out}=P_{ag}-P_{cu}^{r}-P_{mech}=58-5.8-1.2=51kW$

گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ۲۶) در یک ترانسفورماتور تک فاز ۱۲۰ KVA، تلفات آهنی در بار نامی، برابر ۵ کیلووات است. درصد راندمان ماکزیمم که در $\frac{۳}{۴}$ بار نامی رخ می‌دهد، کدام است؟

الف) ۹۲ ب) ۸۵ ج) ۹۵ د) ۹۰

پاسخ) راندمان ماکزیمم در شرایطی رخ می‌دهد که تلفات ثابت (هسته) و متغیر (سیم‌پیچ‌ها) برابر باشند. پس داریم:

$$P_{Loss}=P_{core}+P_{cu}\xrightarrow{P_{cu}=P_{core}=5kW}P_{Loss}=10kW$$

همچنین اشاره شده است که توان خروجی، ۷۵٪ بار نامی است. همچنین توجه داریم که راندمان ماکزیمم در ضریب توان واحد رخ می‌دهد. یعنی داریم: $P_{out}=kS_n\cos\varphi=0.75\times 120\times 1=90kW$

پس:

$$\eta=\frac{P_{out}}{P_{out}+P_{Loss}}=\frac{90}{90+10}=0.9$$

گزینه **د** صحیح است.

پرسش ۲۷) در اتصال یک قطعه الکترونیکی $P-N$، کدام مورد صحیح نیست؟

الف) در اتصال بایاس مستقیم، ولتاژ مثبت به نیمه هادی P و ولتاژ منفی به نیمه هادی N متصل می شود.

ب) عامل ایجاد جریان در قطعه الکترونیکی $P-N$، حامل‌های بار منفی یا همان حفره‌ها هستند.

ج) در اتصال بایاس معکوس، نیمه هادی مقاومت الکتریکی بزرگی از خود نشان می‌دهد.

د) با اعمال ولتاژ معکوس به قطعه الکترونیکی $P-N$، عرض ناحیه تهی افزایش می‌یابد.

پاسخ) گزینه های الف، ج و د در مورد پیوند P-N صحیح می باشد. اما در گزینه ب می بایست به این نکته توجه شود که حفره‌ها، حامل بار مثبت بوده و الکترون‌ها حامل بار منفی می‌باشند. بنابراین، گزینه **ب** صحیح است.

پرسش ۲۸) کدام مورد در خصوص مدارهای الکترونیکی، صحیح نیست؟

الف) از صافی‌های سلفی در خروجی یک‌سوسازها، برای حذف ریپل ولتاژ استفاده می‌شود.

ب) بازده یکسوکننده نیم‌موج، حداکثر ۴۰ درصد و یکسوکننده تمام موج، ۸۰ درصد است.

ج) در مدارات ساده تنظیم‌کننده ولتاژ، معمولاً در خروجی مدار، از دیود زنر استفاده می‌شود.

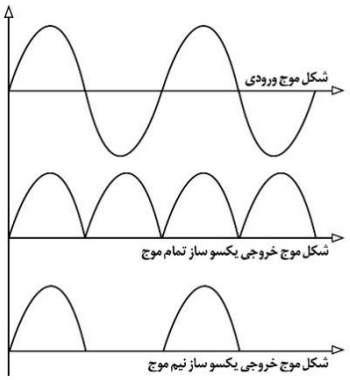
د) با استفاده از یک مدار دو برابر کننده، می‌توان از یک ولتاژ سینوسی با دامنه V_m، یک ولتاژ خروجی DC با دامنه حداکثر $۲V_m$ تولید کرد.

پاسخ) گزینه الف: در خروجی یکسوساز، یک شکل موج DC همراه با ریپل (یک ولتاژ ac با دامنه کم) داریم که برای حذف آن، از صافی خازنی استفاده می کنیم. این صافی درواقع یک فیلتر پایین گذر است که مانع رسیدن فرکانس های بالا به خروجی می شود.

گزینه ب: رابطه توان برای یکسوساز نیم‌موج که از دو دیود تشکیل شده، به صورت زیر است:

$$\eta = \frac{4R_L}{\pi^2(R_L + R_f)} \cong \frac{4}{\pi^2} \cong \%40/5$$

که RL مقدار بار و Rf مقاومت دیود در بایاس مستقیم و مقدار کمی است.

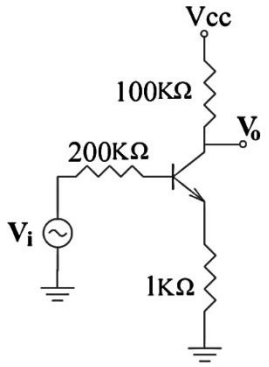


با توجه به شکل، یکسوساز تمام موج که قسمت مثبت شکل موج را عبور داده و قسمت منفی را معکوس می‌کند، دارای توانی دوبرابر توان یکسوساز نیم‌موج می باشد و برابر ۸۰ درصد است.

گزینه ج: دیود زنر در بایاس معکوس تقریباً ولتاژ ثابتی را از خود نشان می‌دهد بنابراین معمولاً در قسمت خروجی تنظیم‌کننده‌های ساده از دیود زنر استفاده می‌شود.

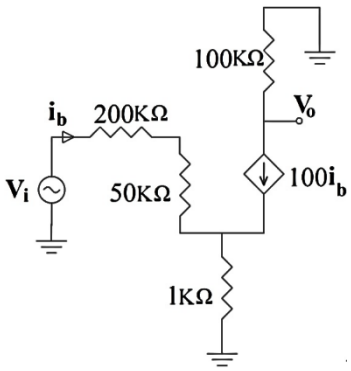
گزینه د: در قسمت دوبرابر کننده ولتاژ داشتیم که با استفاده از مدار دوبرابر کننده ولتاژ می‌توان از یک ولتاژ ورودی سینوسی با دامنه حداکثر V_m یک ولتاژ خروجی DC برابر $2V_m$ تامین نمود. همچنین برای چند برابر کردن ولتاژ می‌توان از این مدارات بهره برد. بنابراین، گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ۲۹) در مدار زیر، V_{cc} = ۱۰، β = ۱۰۰ و h_{ie} = ۵۰ KΩ است. مقدار Vo/Vi کدام است؟



الف) ۲۵ ب) ۲۲ ج) ۲۰ د) ۱۵

پاسخ) با قرار دادن مدل سیگنال کوچک ترانزیستور خواهیم داشت:

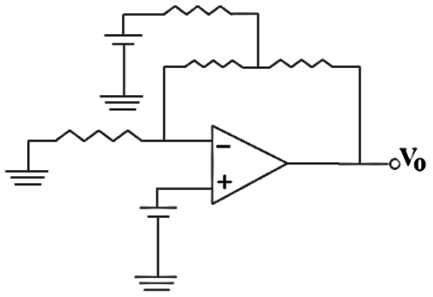


با اعمال KVL در حلقه ورودی و محاسبه ولتاژ خروجی خواهیم داشت:

$$\begin{cases} -V_i + (200^{k\Omega} + 50^{k\Omega}) \times i_b + (1+100) i_b \times 1^{k\Omega} = 0 \Rightarrow V_i = 351 k\Omega i_b \\ V_o = -100k \times 100 i_b \Rightarrow V_o = -10^4 k\Omega i_b \end{cases} \Rightarrow \frac{V_o}{V_i} = -\frac{10^4 k\Omega i_b}{351 k\Omega i_b} = -28/5$$

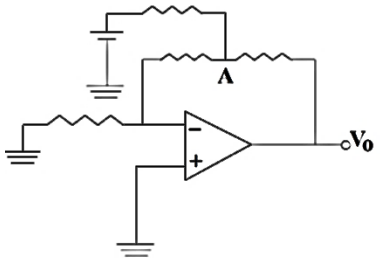
گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ۳۰) در مدار زیر، ولتاژ خروجی کدام است؟ (آمپ‌امپ ایده‌آل فرض می‌شود. همه مقاومت‌ها ۵ کیلواهم و هر دو منبع ولتاژ DC، ۱۰ ولت هستند.)



الف) ۱۰ ب) ۲۰ ج) ۴۰ د) ۵۰

پاسخ) در این مدار هم در پایه منفی و هم در پایه مثبت، منبع ولتاژ داریم، بنابراین ولتاژ خروجی مجموع ولتاژ در حالت تقویت‌کننده مثبت و منفی بوده و از جمع آثار استفاده می کنیم. ولتاژ خروجی ناشی از تقویت‌کننده منفی برابر است با :



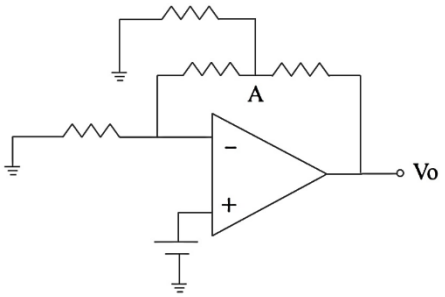
در تقویت‌کننده عملیاتی ایده‌آل، ولتاژ پایه‌های مثبت و منفی با هم برابر هستند، پس با اعمال KCL در پایه منفی خواهیم داشت:

$$V_+ = V_- = 0v \Rightarrow \frac{V_- - 0}{5k} + \frac{V_- - V_A}{5k} = 0 \Rightarrow V_A = 0v$$

حال در نقطه A یک KCL می‌زنیم:

$$\begin{cases} \frac{V_A - 10}{5k} + \frac{V_A - V_-}{5k} + \frac{V_A - V_{O1}}{5k} = 0 \\ V_A = 0v \\ V_- = 0v \end{cases} \Rightarrow V_{O1} = -10v$$

حال مقدار ولتاژ خروجی ناشی از تقویت‌کننده مثبت را محاسبه می‌کنیم:



در تقویت‌کننده عملیاتی ایده‌آل، ولتاژ پایه‌های مثبت و منفی با هم برابر هستند، پس با اعمال KCL در پایه منفی خواهیم داشت:

$$V_+ = V_- = 10v \Rightarrow \frac{V_- - 0}{5k} + \frac{V_- - V_A}{5k} = 0 \Rightarrow V_A = 2V_- = 20v$$

حال در نقطه A یک KCL می‌زنیم:

$$\begin{cases} \frac{V_A-0}{5k}+\frac{V_A-V_-}{5k}+\frac{V_A-V_{O2}}{5k}=0 \\ V_A=20v \\ V_-=10v \end{cases} \Rightarrow V_{O2}=3V_A-V_-=50v$$

ولتاژ خروجی برابر مجموع این دو ولتاژ می‌باشد: $V_O=V_{O1}+V_{O2}=-10+50\Rightarrow V_O=40v$

گزینه **ج** صحیح است.

پرسش ۳۱) مهم‌ترین خصوصیت ترانزیستور دوقطبی با گیت عایق شده (IGBT)، کدام است؟

الف) امپدانس ورودی نسبتاً کمی دارد.

ب) در توان‌های خیلی کم استفاده می‌شود.

ج) در مدارات مخابراتی فرکانس بالا، کاربرد زیادی دارد.

د) قابلیت سوئیچینگ جریان‌های زیاد در مدارات قدرت را دارد.

پاسخ) ترانزیستور دو قطبی با درگاه عایق شده یاIGBT جزو نیمه هادی (ت انزیستور) قدرت است که به عنوان یک سوئیچ الکترونیکی استفاده میشود و در دستگاههای جدید برای بازده بالا و سوئیچینگ سریع استفاده می گردد. گزینه **د** صحیح است.

پرسش ۳۲) کدام مورد، بیشترین مزیت ترانزیستور FET نسبت به ترانزیستور BJT است؟

الف) میزان نویزپذیری ترانزیستور FET خیلی بیشتر از ترانزیستور BJT است.

ب) مقاومت ورودی ترانزیستور FET نسبت به ترانزیستور BJT خیلی بیشتر است.

ج) ترانزیستور FET نسبت به ترانزیستور BJT حساسیت کمتری به تغییرات حرارتی دارد.

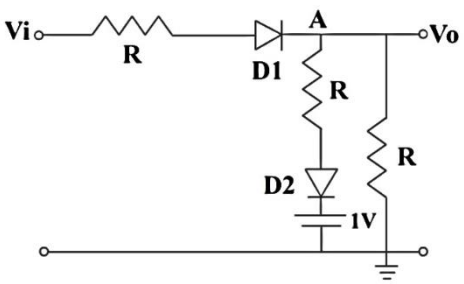
د) ترانزیستور FET نسبت به ترانزیستور BJT، با ولتاژهای خیلی کم به راحتی کار می‌کند.

پاسخ) اگر ترانزیستور FET را با BJT مقایسه کنیم :

- در BJT ولتاژ خروجی توسط جریان کنترل می شود اما در FET جریان خروجی توسط ولتاژ ورودی.
- امپدانس ورودی FET بسیار بالا بوده در حالی که در BJT چنین نیست.
- BJT نویزپذیری بالایی دارد اما در FET نویزپذیری پایین می باشد.
- پایداری دمایی در FET بهتر است که بدلیل کاهش I_{DSS} با افزایش دما می باشد.

گزینه **ب** صحیح است.

پرسش ۳۳) در شکل زیر، با فرض ایده‌آل بودن دیودها، نقاط شکست منحنی Vo/Vi به ازای چه مقادیری از V_i، رخ می‌دهد؟



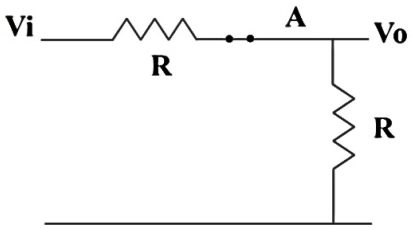
الف) $V_i=۵$ و $V_i=-۱$

ب) $V_i=۵$ و $V_i=۲$

ج) $V_i=۲$ و $V_i=۰$

د) $V_i=۳$ و $V_i=۰$

پاسخ) برای مقادیر منفی هیچ کدام از دیودها روشن نمی شوند. برای مقادیر مثبت ابتدا دیود D_1 روشن شده و مدار معادل به صورت زیر خواهد بود:

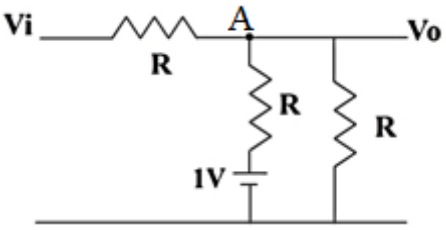


$$V_A = \frac{R}{2R}V_i = \frac{1}{2}V_i$$

تا زمانی که V_A کوچکتر از ۱ ولت باشد (آند دیود D_2 کوچکتر از کاتد آن است)، دیود D_2 خاموش خواهد بود:

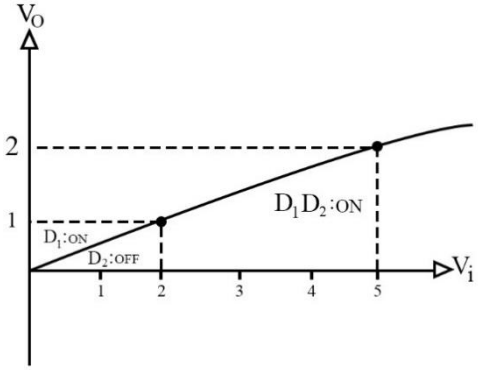
$$V_A = \frac{1}{2}V_i < 1 \Rightarrow V_i < 2v \Rightarrow V_o < 1v$$

حال اگر Vi بزرگتر از ۲ ولت باشد، دیود D2 نیز روشن شده و مدار معادل به صورت زیر خواهد بود:



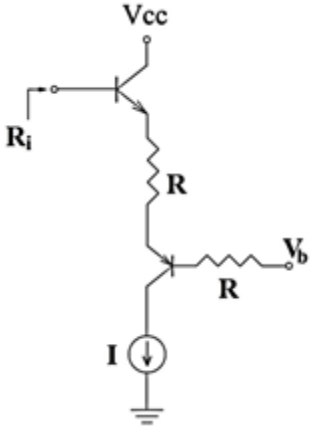
در نقطه A یک KCL می زنیم: $\frac{V_o - V_i}{R} + \frac{V_o - 1}{R} + \frac{V_o}{R} = 0 \Rightarrow V_i = 3V_o - 1 \Rightarrow V_o = \frac{V_i + 1}{3}$

بنابراین نمودار Vo-Vi به صورت زیر است و در دو مقدار صفر و ۲ ولت شکست دارد.



گزینه **ج** صحیح است.

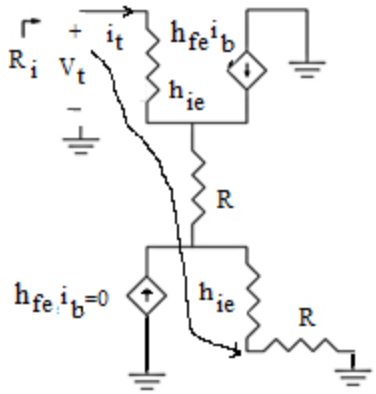
پرسش ۳۴) با فرض ترانزیستورهای یکسان، مقاومت ورودی مدار روبه‌رو، کدام است؟



الف) $(۲ + h_{fe})h_{ie} + (۱ + h_{fe})(۲R)$ ب) $۲h_{ie} + (۲f + h_{fe})R$

ج) $(۲ + h_{fe})(h_{ie} + R)$ د) $۲(h_{ie} + R)$

پاسخ) برای محاسبه مقاومت ورودی، ابتدا معادل ac مدار را رسم می کنیم:



منبع جریان مستقل را مدار باز می کنیم. سپس در ورودی منبع ولتاژ آزمون (V_t) را قرار داده و با محاسبه i_t معادل تونن آن را حساب می‌کنیم. توجه شود که مقدار جریان i_b برای ترانزیستور پایینی برابر صفر می باشد. حال در مسیر نشان داده شده KVL می زنیم:

$$\begin{cases} -V_t + h_{ie}i_t + (2R + h_{ie})(i_t + h_{fe}i_b) = 0 \\ i_b = i_t \end{cases} \Rightarrow V_t = h_{ie}i_t + (2R + h_{ie})(1 + h_{fe})i_t$$

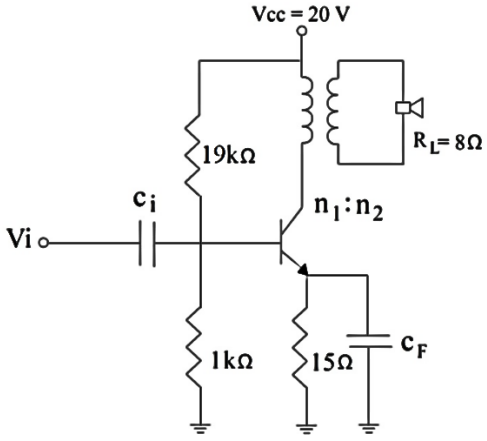
$$\Rightarrow V_t = (h_{ie} + (2R + h_{ie})(1 + h_{fe}))i_t \Rightarrow V_t = (2R + 2Rh_{fe} + h_{ie} + h_{ie} + h_{fe})i_t$$

$$\Rightarrow R_i = \frac{V_t}{i_t} = 2R(1 + h_{fe}) + h_{ie}(2 + h_{fe})$$

گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ۳۵) در تقویت‌کننده به شکل زیر، با فرض $\beta >> ۱$، V_{CEsat} = ۰/۳ V، V_{BE} = ۰/۷ V و راندمان ترانس جهت کسب η_T = ٪۷۵، مقدار n_1/n_2 جهت کسب ماکزیمم توان خروجی کدام است؟

الف) ۸/۷ ب) ۱۱ ج) ۱۳/۶ د) ۲۲



پاسخ) از دید اولیه ترانسفورماتور مقاومت برابر است با (منابع مستقل را خاموش و خازن ها را اتصال کوتاه می‌کنیم):

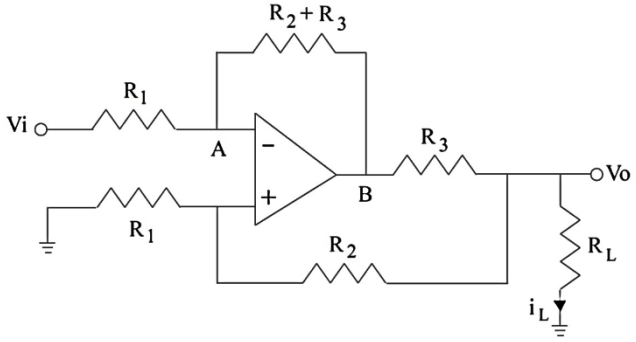
$$R_{out} = 19k \| 1k \Rightarrow R_{out} = 1k$$

با توجه به اینکه بارها مقاومتی هستند:

$$\frac{Z_{out}}{Z_L} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 \Rightarrow \frac{1000}{8} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 \Rightarrow \frac{n_1}{n_2} \simeq 11$$

گزینه **ب** صحیح است.

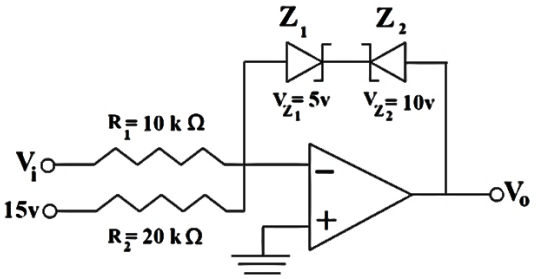
پرسش ۳۶) در مدار زیر، با فرض آپ امپ ایده‌آل، رابطه بین v_i و i_L کدام است؟

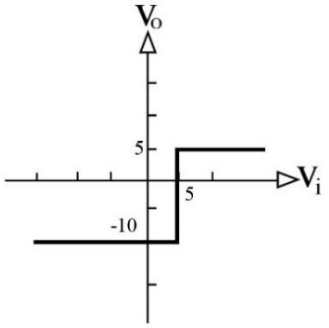


الف) $\frac{i_L}{v_i} = -\frac{R_2}{R_1 R_3}$ ب) $\frac{i_L}{v_i} = -\frac{1}{R_1 + R_3}$ ج) $\frac{i_L}{v_i} = -\frac{R_1 + R_2}{R_1 R_3}$ د) $\frac{i_L}{v_i} = -\frac{R_2 + R_3}{R_1 R_3}$

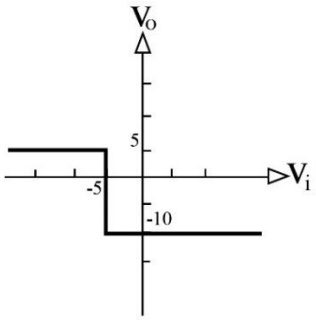
پاسخ) گزینه **د** صحیح است.

پرسش ۳۷) در مدار زیر، با فرض V_Z زنرها برابر صفر، مشخصه Vo/Vi کدام است؟

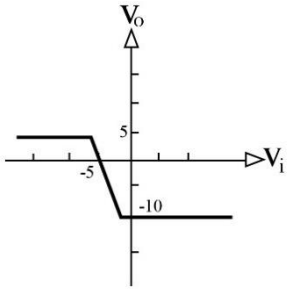




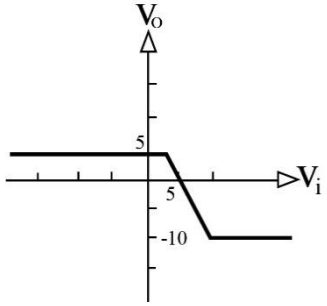
ب)



الف)



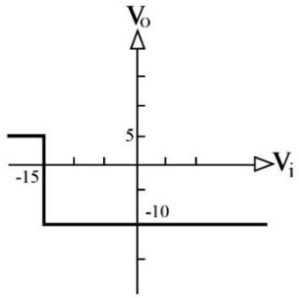
د)



ج)

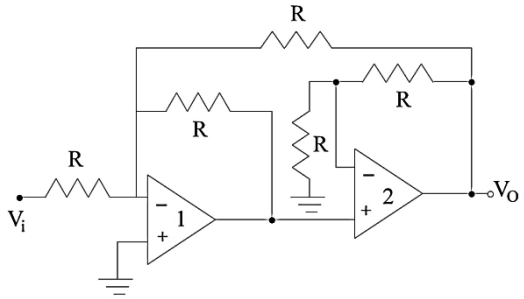
پاسخ) با توجه ورودی به صورت مجموع دو ورودی می باشد که برابر $Vi+15$ است. بنابراین برای مقادیر بزرگتر و کوچکتر از $Vi+15$ بحث می کنیم. همچنین از آنجاییکه مقدار ولتاژ آستانه برابر صفر ($V\gamma=0$) است، برای مقادیر کمتر از $Vi+15$، Z_1 در حالت شکست و Z_2 در حالت مستقیم بایاس می شود و برای مقادیر بیشتر از $Vi+15$، Z_2 در حالت شکست و Z_1 در حالت مستقیم بایاس خواهد شد. بنابراین داریم:

$$V_O=\begin{cases}V_{Z1} & V_i+15<0\\ -V_{Z2} & V_i+15>0\end{cases}\Rightarrow V_O=\begin{cases}5 & V_i<-15\\ -10 & V_i>-15\end{cases}$$



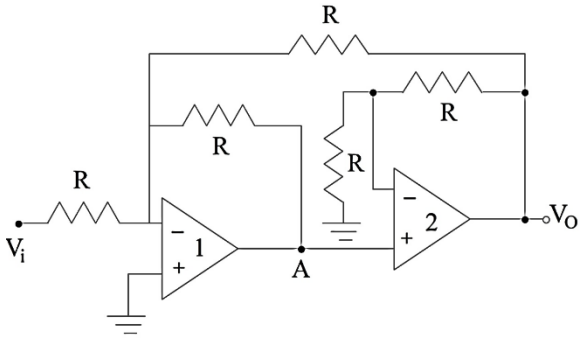
پاسخ صحیح در گزینه‌ها وجود ندارد.

پرسش ۳۸) بهره ولتاژ Vo/Vi در مدار زیر کدام است؟



الف) $-\frac{2}{3}$ ب) $-\frac{3}{2}$ ج) -1 د) -2

پاسخ) برای محاسبه رابطه بین ولتاژ ورودی و خروجی، گره A را درنظر می گیریم :



برای پایه منفی تقویت کننده ۱، یک KCL می زنیم :

$$\frac{0-V_i}{R}+\frac{0-V_A}{R}+\frac{0-V_O}{R}=0\Rightarrow V_i+V_A+V_O=0$$

همچنین رابطه بین VA و VO با توجه به اینکه تقویت کننده شماره۲ به صورت مثبت بایاس شده است داریم :

$$V_O=\left(1+\frac{R}{R}\right)V_A=2V_A$$

ار دو رابطه فوق داریم :

$$\begin{cases}V_O=2V_A\\ V_i+V_A+V_O=0\end{cases}\Rightarrow V_i+\frac{V_O}{2}+V_O=0\Rightarrow\frac{V_O}{V_i}=-\frac{2}{3}$$

گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ۳۹) در سامانه جهانی ارتباطات یا همراه (GSM)، جهت ارتباطات نسل ۴، از باند فرکانسی چند مگاهرتزی، استفاده می‌شود؟

الف) ۸۵۰ ب) ۹۰۰ ج) ۱۷۰۰ د) ۱۸۰۰

پاسخ) نسل ۴ ارتباطات از استاندارد LTE با باند ۱۸۰۰ مگاهرتز را شامل می شود. شبکهGSM نیز در دو فرکانس ۹۰۰ مگاهرتز، ۱۸۰۰ مگاهرتز در آسیا مورد استفاده قرار می‌گیرد. گزینه **د** صحیح است.

پرسش ۴۰) کدام مورد، جزو مراحل تبدیل سیگنال آنالوگ به دیجیتال نیست؟

الف) کوانتیزه‌سازی ب) نمونه‌برداری ج) اسپلیت نمودن د) دیجیتال‌سازی

پاسخ) مراحل تبدیل سیگنال آنالوگ به دیجیتال شامل نمونه برداری، کوانتیزه سازی و دیجیتال سازی است.
گزینه **ج** صحیح است.

پرسش ۴۱) کدام مورد در خصوص تکنولوژی FTTH، صحیح نیست؟

الف) برای هر آپارتمان، یک فیبر اختصاصی single mode از مرکز مخابراتی کشیده می‌شود و سپس از طریق یک ONU، به هر واحد آپارتمان از طریق کابل ۵ CAT، دیتا و صدا انتقال می‌یابد.

ب) برای هر خانه، یک فیبر نوری اختصاصی single mode از مرکز مخابراتی کشیده می‌شود.

ج) قابلیت ایجاد پهنای باند انتقال دیتا تا ۱۰۰۰ مگابیت بر ثانیه را دارا می‌باشد.

د) امکان ارائه دو خط تلفن هم‌زمان بر روی مودم مشترکین وجود دارد.

پاسخ) ساختارهای جدید شبکه برای کاهش هزینه‌ی نصب سرویس‌هایی با پهنای باند بالا طراحی شده‌اند که معمولاً با نام کلی FTTX Fiber To The X) مخفف فیبر به x) شناخته می شوند. این فناوری چون از فیبر نوری استفاده می کند پهنای باند انتقال داده را تا ۱۰۰۰ مگابیت بر ثانیه افزایش می دهد.
سیستم PON اجازه به اشتراک‌گذاری اجزای گران قیمت موردنیاز برای FTTH را می‌دهد. همچنین هر خانه نیاز به یک فیبر singlemode دارد که با کانال زیرزمینی ارتباط داشته یا از طریق هوایی به کابل‌های زیرزمینی شرکت تلفن متصل باشد گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ۴۲) در تکنولوژی کاربردی فیبر نوری،پیگتیل چه کاربردی دارد؟

الف) تقویت و افزایش شدت نور منتشر شده در فیبر نوری، جهت ارسال به فواصل دورتر

ب) افزایش ظرفیت پهنای باند انتقال یافته بر روی فیبر نوری

ج) اتصال فیبر نوری به تجهیزات الکتریکی

د) اتصال دو فیبر نوری به یکدیگر

پاسخ) پیگتیل فیبر نوری کابلی است که در یک انتهای آن کانکتور فیبر نوری قرار دارد و انتهای دیگر آن سربندی نشده است؛ بنابراین از یک سر می تواند به تجهیزات دیگر متصل شود و از سر دیگر فیوژن می شود و دو کابل فیبر نوری از این طریق به یکدیگر متصل می شوند. گزینه **د** صحیح است.

پرسش ۴۳) حداقل نسبت سیگنال به نویز قابل قبول در خطوط انتقال اطلاعات، چند دسی‌بل است؟

الف) ۱۸ ب) ۱۲ ج) ۹ د) ۶

پاسخ) نسبت سیگنال به نویز، نسبت توان سیگنال به توان نویز است، و آن را بر حسب دسی‌بل (dB) بیان می‌کنند. نسبت بالاتر از ۱:۱ (بیشتر از ۰ دسی بل) نشانگر سیگنال بیشتر از نویز است. معمولاً مقدار کمتر از ۱۲ dB نشان‌دهنده مشکل جدی نویز در خطوط انتقال است، مقدار بالاتر از ۲۰ dB رضایت‌بخش و مقدار بالاتر از ۳۰ dB مناسب است.
گزینه **ب** صحیح است.

پرسش ۴۴) مفهوم Handover در شبکه‌های مخابراتی، کدام است؟

الف) روند انتقال یک تماس تلفنی از یک سلول شبکه به سلول دیگر شبکه بدون قطع تماس

ب) روند انتقال یک تماس تلفنی از یک سلول شبکه به اپراتور دیگر در شبکه دیگر

ج) برقراری ارتباط تلفنی از یک مرکز ثابت به سمت مرکز ثابت دیگری

د) برقراری ارتباط تلفنی از یک مرکز ثابت به سمت مرکز سیار

پاسخ) مفهوم Handover، روند انتقال یک تماس تلفنی از یک سلول شبکه به سلول دیگر شبکه بدون قطع تماس می باشد. گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ۴۵) کدام مؤسسه استاندارد، برای ارتباط تلفن (سری V) استاندارد وضع کرده است؟

الف) FCC ب) ATT ج) ITU – T د) IETF

پاسخ) اجرای اهداف اتحادیه در خصوص استاندارد نمودن مخابرات از طریق بررسی موضوعات فنی عملی و تعرفه ای وتصویب توصیه های مربوط به آنها به منظور استاندارد نمودن مخابرات در سطح جهانی. ITU-T از طریق عضویت آزاد و جهانی و شیوه ای بی طرفانه و مشترک است. گزینه **ج** صحیح است.

پرسش ۴۶) محدوده امواج فرکانسی باند UHF، در کدام رنج فرکانسی هستند؟

الف) ۳۰۰۰ – ۳۰۰ گیگاهرتز ب) ۳۰۰ – ۳۰ گیگاهرتز

ج) ۳۰۰۰ – ۳۰۰ مگاهرتز د) ۳۰۰ – ۳۰ مگاهرتز

پاسخ) محدوده فرکانسی برخی باندها در جدول زیر آورده شده است:

نام	فرکانس	طول موج
VHF	تا ۳۰۰ مگاهرتز ۳۰	۱ متر-۱۰ متر
UHF	۳ گیگاهرتز - ۳۰۰ مگاهرتز	۱۰سانتی‌متر-۱متر
SHF	۳۰ گیگاهرتز–۳	۱سانتی‌متر-۱۰سانتی‌متر

با توجه به جدول داده شده گزینه **ج** صحیح است.

پرسش ۴۷) کدام مورد در خصوص شبکه‌های NGN/IMS مخابراتی، صحیح نیست؟

الف) هر نوع شبکه Acccssای که استاندارد باشد و به آن متصل شود را می‌تواند پشتیبانی کند.

ب) شبکه‌ای مبتنی بر IP می‌باشد که هسته اصلی آن، در Soft Switch است.

ج) قابلیت کنترل و برقراری ارتباطات در شبکه‌های TDM را دارد.

د) قابلیت سرویس‌دهی و کنترل شبکه‌های سیار را ندارد.

پاسخ) شبکه‌های NGN/IMS شبکه های موجود مخابراتی شامل سه شبکه مجزا به نام‌های PSTN، شبکه Wireless (Mobile)، شبکه دیتا (PSDN) و شبکه هوشمند (IN) می باشد. ساختار NGN، مبتنی بر IP و خدمات چندگانه است که مدیریت و کنترل واحد دارد و جهت یکپارچه سازی سه شبکه فوق در یک ساختار عمومی Packet-base استفاده می شود. برخی مزایا و خصوصیات اصلی NGN عبارت اند از:

- استفاده از عناصر استاندارد شبکه نظیر Soft Switch، Gateway و Application Server.
- جدا کردن ترافیک راه دور از شبکه TDM و ارسال به صورت بسته بر روی شبکه IP
- ارائه خدمات سیاربه کاربران

گزینه **د** صحیح است.

پرسش ۴۸) سیگنال $x(t) = ۲۰ \text{sinc}^۲ ۴۰۰t$ ورودی مدولاتور حلقوی است. گسترده مقادیر f_c که می‌توان برای این سیگنال به کار برد، کدام است؟

$$V(t) = \frac{۴}{\pi} x(t)\cos\omega_c t - \frac{۴}{۳\pi} x(t)\cos ۳\omega_c t + \frac{۴}{۵\pi} x(t)\cos ۵\omega_c t)$$

الف) $f_c < ۴۰۰$ ب) $f_c > ۴۰۰$ ج) $f_c > ۸۰$ د) $f_c > ۸۰$

پاسخ) خروجی داده شده در سوال به صورت زیر است:

$$V(t) = \frac{4}{\pi} x(t)\cos\omega_c t - \frac{4}{3\pi} x(t)\cos 3\omega_c t + \frac{4}{5\pi} x(t)\cos 5\omega_c t$$

می خواهیم این خروجی را به شکل زیر درآوریم:

$$V(t) = \frac{4}{\pi}\sum_{n=1}^{3}\frac{(-1)^{n-1}}{2n-1}\cos(\omega_c(2n-1)t)x(t)$$

از طرفی سیگنال حامل را می توان به صورت زیر نوشت:

$$c(t) = \frac{4}{\pi}\sum_{n=1}^{3}\frac{(-1)^{n-1}}{2n-1}\cos(\omega_c(2n-1)t)$$

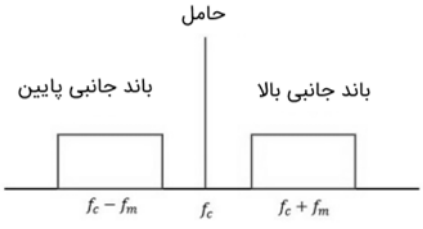
حال اگر ورودی را به صورت شکل و رابطه زیر درنظر بگیریم:

$$\begin{cases} x(t) = 20\sin c^2 400t \\ \sin cx = \dfrac{\sin\pi x}{\pi x} \end{cases} \Rightarrow x(t) = 20\left(\frac{\sin 400\pi x}{400\pi x}\right)^2$$

$$\begin{cases} x(t) = 20\left(\dfrac{\sin 400\pi x}{400\pi x}\right)^2 \\ \sin^2 x = \dfrac{1}{2}(1-\cos 2x) \end{cases} \Rightarrow x(t) = \frac{10}{(400\pi t)^2}(1-\cos 800\pi t) \Rightarrow 2\pi f_m = 800\pi \Rightarrow f_m = 400Hz$$

$$\begin{cases} x(t) = \dfrac{10}{(400\pi t)^2}(1-\cos 800\pi t) \\ V(t) = \dfrac{4}{\pi}\sum_{n=1}^{3}\dfrac{(-1)^{n-1}}{2n-1}\cos(\omega_c(2n-1)t)x(t) \\ V(t) = \dfrac{4}{\pi}x(t)\cos\omega_c t - \dfrac{4}{3\pi}x(t)\cos 3\omega_c t + \dfrac{4}{5\pi}x(t)\cos 5\omega_c t \end{cases}$$

با مقایسه این سه رابطه می توان دریافت که مدولاتور از نوع DSBFC یا حامل کامل باند جانبی مضاعف می باشد.



با توجه به شکل، فرکانس نیز به صورت زیر است:

$$f_{\max} = f_c + f_m \Rightarrow f_{\max} = f_c + 400$$
$$f_{\min} = f_c - f_m \Rightarrow f_{\min} = f_c - 400$$

چون فرکانس صفر نداریم پس حداقل فرکانس بزرگتر از صفر بوده و داریم:

$$f_{\min} > 0 \Rightarrow f_c - 400 > 0 \Rightarrow f_c > 400$$

گزینه **ب** صحیح است.

پرسش ۴۹) یک سیستم مدولاسیون با عنصر غیرخطی، $x_c(t)$ را به صورت زیر، ایجاد کرده است. اگر فرکانس حامل f_c باشد و $v(t) = x(t)$، آنگاه به ازای کدام مقدار از K، می‌توان بدون فیلتر کردن، به مدولاسیون DSB رسید؟

$$x_c(t) = ak^2(v(t) + A\cos\omega_c t)^2 - b(v(t) + A\cos\omega_c t)^2$$

الف) $k = \sqrt{\frac{b}{a}}$ ب) $k = \sqrt{\frac{2b}{a}}$ ج) $k = \sqrt{\frac{b}{2a}}$ د) $k = \sqrt{b}$

پاسخ) برای اینکه بتوان به مدولاسیون DSB دست یافت لازم است که سیگنال حامل حذف شود. بنابراین $x_c(t)=0$ قرار می دهیم:

$$x_c(t) = ak^2(v(t) + A\cos\omega_c t)^2 - b(v(t) + A\cos\omega_c t)^2 = 0$$

$$\Rightarrow (ak^2 - b)(v(t) + A\cos\omega_c t)^2 = 0 \Rightarrow ak^2 - b = 0 \Rightarrow |k| = \sqrt{\frac{b}{a}}$$

گزینه **الف** صحیح است.

پرسش ۵۰) موارد زیر، وظیفه کدام لایه از شبکه‌های انتقال داده است؟

پرسش ۵۰) مشخصات رسانه انتقال – نمایش بیت‌ها – نوع کدبندی – هم‌زمانی بیت‌ها

الف) ترانسپورت ب) پیوند داده ج) شبکه د) فیزیکی

پاسخ) شبکه انتقال برای دریافت و ارسال داده به مراحلی تقسیم بندی می شود که به آنها لایه می گویند. وظایف گفته شده را لایه فیزیکی انجام می دهد. وظیفه اصلی این لایه انتقال بیت ها بر روی کانال مخابراتی است و بدیهی است که این لایه هیچ درکی از محتوای پیام ندارد و تنها چیزی را که تشخیص می دهد و ارسال یا دریافت می کند بیت های صفر و یک هستند.

مواردی که باید در این لایه در نظر گرفت:

- ماهیت فیزیکی خط انتقال (مسی , فیبر نوری , خلاء , الکتروآکوستیک , آب , مایکروویو)
- چگونگی نمایش بیتها در قالب سیگنالی متناسب با کانال
- ظرفیت کانال فیزیکی و نرخ ارسال (channel capacity and Bit Rate)
- نوع مدولاسیون
- چگونگی دکوپلاژ فرستنده و گیرنده با انتقال
- مسائل مکانیکی والکتریکی مانند نوع کابل , باند فرکانسی و نوع رابط کابل (کانکتور)

این لایه هیچ وظیفه ای نسبت به تشخیص و ترمیم خطا ندارد. زیرا در این لایه که ذاتا سخت افزار است مسائل مخابراتی در مبادله بیت ها تجزیه و تحلیل شده و طراحی های لازم انجام می شود. گزینه **د** صحیح است.