

# فهرست مطالب

مقدمه ..... ۸

فصل اول: مبانی برق ..... ۹

۱-۱ آشنایی با الکتریسیته ..... ۱۰

۱-۲ مبانی تحلیل مدارهای الکتریکی ..... ۱۰

۱-۲-۱ جریان الکتریکی ..... ۱۰

۱-۲-۲ ولتاژ الکتریکی ..... ۱۱

۱-۲-۳ مقاومت الکتریکی ..... ۱۲

۱-۲-۴ قانون اهم ..... ۱۵

۱-۲-۵ اتصال المان‌ها ..... ۱۶

۱-۲-۶ کار و توان الکتریکی ..... ۱۷

۱-۲-۷ محاسبه هزینه برق ..... ۲۰

۱-۳ عناصر ذخیره‌کننده انرژی ..... ۲۱

۱-۳-۱ سلف ..... ۲۱

۱-۳-۲ خازن ..... ۲۲

۱-۴ تحلیل مدارهای جریان متناوب (AC) ..... ۲۳

۱-۴-۱ مشخصات یک شکل موج سینوسی ..... ۲۳

۱-۴-۲ تحلیل مدارهای جریان متناوب (AC) ..... ۲۵

۱-۴-۳ توان در جریان متناوب تکفاز ..... ۲۸

۱-۵ شبکه‌های سه‌فاز ..... ۳۲

۱-۵-۱ مفاهیم مقدماتی ..... ۳۲

۱-۵-۲ مفاهیم موردنیاز در تحلیل شبکه‌های سه‌فاز ..... ۳۳

۱-۵-۳ انواع اتصال‌ها در شبکه‌های قدرت سه‌فاز ..... ۳۳

۱-۵-۴ توان در مدارهای سه‌فاز متعادل ..... ۳۵

۱-۶ پریونت کردن کمیت‌ها ..... ۳۷

۱-۶-۱ تعریف و روابط ..... ۳۷

۱-۶-۲ تغییر مبنا در مقادیر پریونیت ..... ۳۸

فصل دوم: ماشین‌های الکتریکی ..... ۴۰

۱-۲ مبانی الکترومغناطیس ..... ۴۱

۱-۲-۱ انواع کمیت‌ها در مدار مغناطیسی ..... ۴۱



|    |                                                                         |
|----|-------------------------------------------------------------------------|
| ۴۱ | ۲- ۱- مواد فرومغناطیس                                                   |
| ۴۲ | ۲- ۱- مشخصه داخلی هسته                                                  |
| ۴۳ | ۲- ۱- مقاومت مغناطیسی (رلوکتانس)                                        |
| ۴۴ | ۲- ۱- ولتاژ القا شده در سیم‌پیچ                                         |
| ۴۴ | ۲- ۱- اندوکتانس                                                         |
| ۴۴ | ۲- ۱- تلفات هسته                                                        |
| ۴۶ | ۲- ۱- انرژی                                                             |
| ۴۷ | ۲- ۱- نیرو و ولتاژ                                                      |
| ۴۸ | ۲- ۲- ماشین‌های جریان مستقیم (DC)                                       |
| ۴۸ | ۲- ۲- ساختمان ماشین‌های DC                                              |
| ۴۸ | ۲- ۲- سیم‌پیچی آرمیچر                                                   |
| ۴۹ | ۲- ۲- مقاومت‌ها                                                         |
| ۴۹ | ۲- ۲- تحلیل ماشین                                                       |
| ۴۹ | ۲- ۲- کموتاتور (جابه‌جاکننده)                                           |
| ۵۰ | ۲- ۲- عکس‌العمل آرمیچر                                                  |
| ۵۱ | ۲- ۲- مولد (ژنراتور)های DC                                              |
| ۵۵ | ۲- ۲- موتورهای DC                                                       |
| ۶۲ | ۲- ۳- ترانسفورماتور                                                     |
| ۶۳ | ۲- ۳- ترانسفورماتور تک‌فاز ایده‌آل                                      |
| ۶۵ | ۲- ۳- ترانسفورماتور تک‌فاز واقعی                                        |
| ۶۶ | ۲- ۳- پارامترهای ترانسفورماتور و تعیین آن‌ها (آزمایش‌های ترانسفورماتور) |
| ۶۸ | ۲- ۳- بازده (بهره یا راندمان)                                           |
| ۶۹ | ۲- ۳- تلفات                                                             |
| ۷۰ | ۲- ۳- موازی کردن ترانسفورماتورها                                        |
| ۷۱ | ۲- ۳- ترانسفورماتورهای تک‌فاز خاص                                       |
| ۷۳ | ۲- ۳- ترانسفورماتورهای سه‌فاز                                           |
| ۷۷ | ۲- ۳- سیستم خنک‌کننده ترانسفورماتور                                     |
| ۷۸ | ۲- ۳- تپ‌چنجر                                                           |
| ۷۸ | ۲- ۳- اتاق ترانسفورماتور                                                |
| ۷۹ | ۲- ۴- ماشین‌های القایی (آسنکرون)                                        |
| ۷۹ | ۲- ۴- ساختمان ماشین‌های القایی سه‌فاز                                   |
| ۸۰ | ۲- ۴- میدان مغناطیسی دوار (گردان)                                       |
| ۸۲ | ۲- ۴- لغزش در ماشین‌های القایی                                          |
| ۸۴ | ۲- ۴- مدار معادل ماشین القایی                                           |
| ۸۶ | ۲- ۴- گشتاور در ماشین‌های القایی                                        |
| ۸۷ | ۲- ۴- راه‌اندازی موتورهای القایی                                        |
| ۹۲ | ۲- ۴- روش‌های مختلف کنترل سرعت                                          |
| ۹۴ | ۲- ۴- رفتار ژنراتوری ماشین القایی                                       |
| ۹۴ | ۲- ۴- تلفات و راندمان در ماشین‌های القایی                               |
| ۹۸ | ۲- ۴- پارامترهای مدار معادل موتور القایی                                |
| ۹۹ | ۲- ۴- مدار فرمان موتور القایی                                           |



|     |                                     |
|-----|-------------------------------------|
| ۱۰۰ | ۲- ۴- ۱۲ سوالات متفرقه.....         |
| ۱۰۰ | ۲- ۵ ماشین‌های سنکرون.....          |
| ۱۰۰ | ۲- ۵- ۱ ژنراتور سنکرون.....         |
| ۱۰۵ | ۲- ۵- ۲ موتور سنکرون.....           |
| ۱۰۹ | ۲- ۶ موتورهای تک‌فاز.....           |
| ۱۰۹ | ۲- ۶- ۱ موتورهای القایی تک‌فاز..... |
| ۱۱۳ | ۲- ۶- ۲ موتور یونیورسال.....        |

## ۱۱۴ فصل سوم: تولید و نیروگاه.....

|     |                                                            |
|-----|------------------------------------------------------------|
| ۱۱۵ | ۳- ۱ انواع نیروگاه‌های برق.....                            |
| ۱۱۵ | ۳- ۱- ۱ نیروگاه بخار.....                                  |
| ۱۱۶ | ۳- ۱- ۲ نیروگاه گازی.....                                  |
| ۱۱۸ | ۳- ۱- ۳ نیروگاه سیکل ترکیبی.....                           |
| ۱۱۹ | ۳- ۱- ۴ نیروگاه هسته‌ای (اتمی).....                        |
| ۱۱۹ | ۳- ۱- ۵ نیروگاه آبی.....                                   |
| ۱۲۰ | ۳- ۱- ۶ نیروگاه بادی.....                                  |
| ۱۲۱ | ۳- ۱- ۷ سایر نیروگاه‌ها.....                               |
| ۱۲۳ | ۳- ۱- ۸ جمع بندی.....                                      |
| ۱۲۳ | ۳- ۲ ژنراتور نیروگاه.....                                  |
| ۱۲۵ | ۳- ۳ دیزل ژنراتور.....                                     |
| ۱۲۶ | ۳- ۳- ۱ موازی‌سازی.....                                    |
| ۱۲۷ | ۳- ۳- ۲ وضعیت کارکرد.....                                  |
| ۱۲۸ | ۳- ۳- ۳ تعیین قدرت دیزل ژنراتور.....                       |
| ۱۲۸ | ۳- ۳- ۴ مخزن سوخت دیزل ژنراتور.....                        |
| ۱۲۸ | ۳- ۳- ۵ دسته‌بندی دیزل ژنراتورها با توجه به نوع موتور..... |
| ۱۲۹ | ۳- ۳- ۶ دسته‌بندی دیزل ژنراتورها با توجه به نوع سوخت.....  |

## ۱۳۰ فصل چهارم: انتقال و پست.....

|     |                                               |
|-----|-----------------------------------------------|
| ۱۳۱ | ۴- ۱- ۱ کلیدهای فشار قوی.....                 |
| ۱۳۱ | ۴- ۱- ۲ سکسیونر.....                          |
| ۱۳۱ | ۴- ۱- ۳ سکسیونر قابل قطع زیر بار.....         |
| ۱۳۲ | ۴- ۱- ۴ کلید قدرت (دژنکتور).....              |
| ۱۳۵ | ۴- ۲ پست‌های قدرت.....                        |
| ۱۳۵ | ۴- ۲- ۱ طراحی پست.....                        |
| ۱۳۶ | ۴- ۲- ۲ استاندارد ولتاژ برق.....              |
| ۱۳۸ | ۴- ۲- ۳ دسته‌بندی پست‌ها (از نظر مالکیت)..... |
| ۱۴۴ | ۴- ۳ انواع رله و کاربرد آن‌ها.....            |
| ۱۴۴ | ۴- ۳- ۱ رله دیستانس.....                      |
| ۱۴۴ | ۴- ۳- ۲ رله بوخهلتس (بوخهلتز).....            |
| ۱۴۶ | ۴- ۳- ۳ رله اولیه (پرایمر).....               |
| ۱۴۶ | ۴- ۳- ۴ رله ثانویه (زکوندر).....              |



- ۴-۳-۵ رله دیفرانسیل ..... ۱۴۶
- ۴-۳-۶ سایر تجهیزات و مفاهیم مرتبط با خطوط انتقال ..... ۱۴۷

## فصل پنجم: توزیع ..... ۱۴۹

- ۵-۱ سیم و کابل ..... ۱۵۰
- ۵-۱-۱ مشخصه‌ها و اصول نام‌گذاری ..... ۱۵۰
- ۵-۱-۲ دسته‌بندی کابل‌ها ..... ۱۵۲
- ۵-۱-۳ سیم‌ها و کابل‌های پرکاربرد ..... ۱۵۳
- ۵-۱-۴ تلفات کابل ..... ۱۵۵
- ۵-۲ شبکه‌های توزیع زمینی ..... ۱۵۵
- ۵-۲-۱ عمق دفن کابل ..... ۱۵۵
- ۵-۲-۲ مسیر عبور کابل ..... ۱۵۶
- ۵-۳ شبکه‌های توزیع هوایی ..... ۱۵۸
- ۵-۳-۱ تجهیزات شبکه توزیع هوایی ..... ۱۵۸
- ۵-۳-۲ حریم خطوط فشار قوی و فشار متوسط ..... ۱۵۹
- ۵-۴ حفاظت الکتریکی تاسیسات (تجهیزات حفاظت و کنترل) ..... ۱۶۱
- ۵-۴-۱ کلیدهای تابلوهای ولتاژ پایین (LV) ..... ۱۶۱
- ۵-۴-۲ کلیدهای خودکار (اتوماتیک) ..... ۱۶۲
- ۵-۴-۳ کلید حفاظت موتوری (MPCB) ..... ۱۶۵
- ۵-۴-۴ کلیدهای خودکار مینیاتوری (MCB) ..... ۱۶۵
- ۵-۴-۵ فیوز ..... ۱۶۸
- ۵-۴-۶ کلیدهای مغناطیسی (کنتاکتور) ..... ۱۷۰
- ۵-۴-۷ رله حرارتی (بیمتال) ..... ۱۷۱
- ۵-۴-۸ کلید جریان باقیمانده (RCD) ..... ۱۷۲
- ۵-۵ ساختمان و طراحی تابلوی LV ..... ۱۷۴
- ۵-۵-۱ درجه حفاظت تجهیزات و تابلو (IPxy) ..... ۱۷۶
- ۵-۵-۲ شینه تابلو ..... ۱۷۷
- ۵-۵-۳ مکان نصب تابلو ..... ۱۷۸

## فصل ششم: تاسیسات الکتریکی ..... ۱۸۰

- ۶-۱ توان و بار مصرفی ..... ۱۸۱
- ۶-۱-۱ ضریب همزمانی ..... ۱۸۱
- ۶-۱-۲ اشعاب مشترکان ..... ۱۸۱
- ۶-۲ سیستم ارتینگ و حفاظت شبکه ..... ۱۸۳
- ۶-۲-۱ مفهوم ..... ۱۸۳
- ۶-۲-۲ انواع سیستم ارتینگ ..... ۱۸۴
- ۶-۲-۳ انواع سیستم TN ..... ۱۸۸
- ۶-۲-۴ المانهای مؤثر در سیستم زمین ..... ۱۹۰
- ۶-۲-۵ اتصال زمین مکرر ..... ۱۹۳
- ۶-۲-۶ حفاظت در برابر اضافه ولتاژ ناشی از آثار صاعقه ..... ۱۹۴
- ۶-۳ تاسیسات جریان ضعیف ..... ۱۹۶



|     |                                                |
|-----|------------------------------------------------|
| ۱۹۶ | ۶- ۳- ۱ کلیات.....                             |
| ۱۹۷ | ۶- ۳- ۲ سیستم اعلام حریق.....                  |
| ۲۰۱ | ۶- ۳- ۳ سیستم صوتی یا پیام‌رسانی یا پجینگ..... |
| ۲۰۴ | ۶- ۴- ۴ سطح مقطع کابل و افت ولتاژ.....         |
| ۲۰۴ | ۶- ۴- ۱ محاسبه سطح مقطع کابل.....              |
| ۲۰۵ | ۶- ۴- ۲ افت ولتاژ هادی.....                    |
| ۲۰۸ | ۶- ۵ جبران‌سازی توان راکتیو.....               |
| ۲۱۵ | ۶- ۶ پله‌برقی و پیاده رو متحرک.....            |
| ۲۲۰ | ۶- ۷ روشنایی.....                              |
| ۲۲۰ | ۶- ۷- ۱ اصطلاحات روشنایی.....                  |
| ۲۲۱ | ۶- ۷- ۲ محاسبات طراحی روشنایی.....             |
| ۲۲۴ | ۶- ۷- ۳ استاندارد روشنایی داخلی.....           |
| ۲۲۵ | ۶- ۸ ایمنی در برق.....                         |