

# «به نام آن که هستی نام از او یافت»

## مبانی مهندسی برق (جلد اول)

مؤلفین

مهندس محمد جواد کسایی (مدرس دانشگاه آزاد اسلامی واحد زرندیه)

مهندس اکبر فخری (مدرس دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه)



سرشناسه: کسای، محمدجواد، - ۱۳۶۴  
عنوان و نام پدیدآور: مبانی مهندسی برق/مؤلفین محمدجواد کسای، اکبر فخری.  
مشخصات نشر: ساوه: آفاق کلام، ۱۳۹۰.  
مشخصات ظاهری: ۲۰۶ص: مصور، جدول، نمودار.  
شابک: 978-600-91866-1-7  
موضوع: برق -- مهندسی  
شناخته افزوده فخری، اکبر، - ۱۳۶۲  
رده بندی کنگره: TK/۱۴۶ ک ۲۵م ۱۳۹۰  
رده بندی دیویی: ۶۲۱/۳  
شماره کتابشناسی ملی: ۲۵۶۱۲۲۷

فهرست نویسی پیش از انتشار: انتشارات آفاق کلام

#### شناسنامه کتاب

- عنوان: مبانی مهندسی برق
- مؤلفان: محمد جواد کسای، اکبر فخری
- ویراستار: حبیب رضا کاکائی مطلق
- طراح جلد: سجاد دادفر
- ناشر: انتشارات آفاق کلام
- چاپخانه: الفبا
- نوبت چاپ: اول
- شمارگان: ۱۰۰۰
- قیمت: ۵۰۰۰۰ ریال
- مرکز پخش: انتشارات آفاق کلام ① ۲۵۵ ۲۲۲۱۵۱۷

ISBN:978-600-91866-1-7

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۹۱۸۶۶-۱-۷

تمامی حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به مؤلفین بوده و تکثیر از آن به هر نحو (کلی و جزئی) ممنوع است و متخلفان تحت پیگرد قانونی قرار خواهند گرفت.

---

## پیشگفتار

---

حمد و سپاس ایزد منان را که با الطاف خود این توفیق را به ما ارزانی داشت تا بتوانیم در انجام رسالتی که بر عهده داریم که همانا ارتقای سطح علمی دانشجویان عزیز می باشد موثر واقع شویم.

کتابی را که پیش رو دارید، حاصل ماه ها تلاش می باشد و نکته ای است که اینک به زیور طبع آراسته شده و در اختیار شما دانشجویان عزیز قرار گرفته است.

ویژگی بارز کتاب حاضر که آن را از سایر کتب مشابه متمایز می کند، تلاش فراوان در شرح و بسط مسائل و ارائه نکات و مثال های سودمندی است که برای درک بهتر مفاهیم در آن بکار رفته است که با توجه به انبوه مطالب از پرداختن به نکات حاشیه ای خودداری شده و برای پرهیز از حجم بالا، کتاب در دو جلد به چاپ رسیده است.

این کتاب می تواند به عنوان یکی از مراجع دروس مبانی مهندسی برق و کاربرد برق و الکترونیک در مقطع کارشناسی و دروس تحلیل مدارهای الکتریکی، ماشین های الکتریکی جریان مستقیم (DC)، ماشین های الکتریکی جریان متناوب (AC) و الکترونیک عمومی در مقطع کاردانی و همچنین دیگر علاقمندان مورد استفاده قرار گیرد.

جلد اول این کتاب در پنج فصل تهیه و تدوین گردیده که در فصل اول مدارهای الکتریکی، فصل دوم مبانی الکترومغناطیس، فصل سوم مبانی ماشین های الکتریکی جریان مستقیم، فصل چهارم مولدهای الکتریکی جریان مستقیم و فصل پنجم موتورهای الکتریکی

جریان مستقیم مورد بحث و بررسی قرار می گیرد ضمن آنکه در پایان هر فصل، مجموعه ای از مسائل مناسب آن فصل نیز ارائه شده است.

از آنجایی که این کتاب نیز مانند هر مجموعه ی دیگری عاری از عیب و نقص نیست از این رو از تمامی اساتید و دانشجویان عزیز تقاضا داریم که با ارائه نظرات و پیشنهادات ارزنده خود ما را در بهبود کار و انجام هرچه بهتر وظیفه ای که بر عهده گرفته ایم یاری نمایند.

در خاتمه شایسته است از جناب آقای مهندس غلامرضا عزیزی که علاوه بر پذیرفتن مسئولیت نشر این کتاب، همکاری صمیمانه ای نیز در مراحل مختلف آماده سازی این کتاب داشته اند تشکر نموده و همچنین از اساتید گرانقدر جناب دکتر مجید گندمکار و دکتر جواد نیکوکار که همواره راهنما و مشوق اینجانبان بوده اند، صمیمانه تشکر نماییم.

Kasaei.Fakhri@gmail.com

مؤلفین  
زمستان ۱۳۹۰

## فصل اول: مدارهای الکتریکی

|                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------|----|
| ۱-۱ مفاهیم اولیه                                             | ۲  |
| ۱-۱-۱ جریان مستقیم (DC)                                      | ۲  |
| ۱-۱-۲ جریان متناوب (AC)                                      | ۲  |
| ۱-۱-۳ مفهوم جریان الکتریکی                                   | ۲  |
| ۱-۱-۴ مفهوم ولتاژ                                            | ۲  |
| ۱-۱-۵ مفهوم توان الکتریکی                                    | ۳  |
| ۱-۱-۶ مشخصات جریان متناوب                                    | ۳  |
| ۱-۱-۷ مفهوم مقاومت الکتریکی                                  | ۸  |
| ۱-۱-۸ بررسی مدارهای اهمی                                     | ۸  |
| ۱-۱-۹ بررسی مدارهای سلنی                                     | ۱۳ |
| ۱-۱-۱۰ بررسی مدارهای خازنی                                   | ۱۶ |
| ۲-۱ قانون اهم                                                | ۱۸ |
| ۲-۱-۱ تقسیم ولتاژ بین دو مقاومت سری                          | ۲۰ |
| ۲-۲-۱ تقسیم جریان بین دو مقاومت موازی                        | ۲۱ |
| ۳-۱ قانون ولتاژ کیر شیف                                      | ۲۴ |
| ۴-۱ قانون جریان کیر شیف                                      | ۲۵ |
| ۵-۱ عناصر مدار                                               | ۲۷ |
| ۶-۱ تحلیل مدار به روش مش                                     | ۲۸ |
| ۷-۱ تحلیل مدار به روش گره                                    | ۳۲ |
| ۸-۱ جمع آثار در مدارهای مقاومی                               | ۳۶ |
| ۹-۱ قضیه تونن و نورتن                                        | ۳۹ |
| ۹-۱-۱ معادل تونن مدارهای الکتریکی                            | ۴۰ |
| ۹-۱-۲ معادل نورتن مدارهای الکتریکی                           | ۴۲ |
| ۹-۱-۳ تبدیل معادل تونن به نورتن و بالعکس                     | ۴۴ |
| ۱۰-۱ مدارهای مرتبه اول                                       | ۴۴ |
| ۱۱-۱ مدار خطی تغییر ناپذیر با زمان مرتبه اول، پاسخ ورودی صفر | ۴۵ |

| صفحه | عنوان                                                     |
|------|-----------------------------------------------------------|
| ۴۵   | ۱-۱۱-۱ مدار RC (مقاومت - خازن)                            |
| ۵۰   | ۲-۱۱-۱ مدار RL (مقاومت - سلف)                             |
| ۵۲   | ۱۲-۱ مدار خطی تغییر پذیر با زمان مرتبه اول، پاسخ حالت صفر |
| ۵۲   | ۱-۱۲-۱ ورودی جریان ثابت                                   |
| ۵۸   | ۲-۱۲-۱ ورودی سینوسی                                       |
| ۶۱   | ۱۳-۱ پاسخ کامل: حالت گذرا و حالت دائمی                    |
| ۶۱   | ۱-۱۳-۱ پاسخ کامل                                          |
| ۶۳   | ۲-۱۳-۱ حالت گذرا و دائم                                   |
| ۶۴   | ۱۴-۱ پاسخ پله                                             |
| ۶۵   | ۱۵-۱ پاسخ ضربه                                            |
| ۶۸   | ۱۶-۱ پاسخ های پله و ضربه برای مدارهای ساده                |
| ۷۲   | مسائل                                                     |
|      | فصل دوم: مبانی الکترومغناطیس                              |
| ۸۴   | ۱-۲ مقدمه                                                 |
| ۸۴   | ۲-۲ میدان مغناطیسی اطراف سیم حامل جریان                   |
| ۸۶   | ۳-۲ میدان مغناطیسی سیم حامل جریان                         |
| ۸۸   | ۴-۲ کمیت های مغناطیسی                                     |
| ۸۸   | ۱-۴-۲ نیروی محرکه مغناطیسی ( $\mathcal{E}$ )              |
| ۸۸   | ۲-۴-۲ شدت میدان مغناطیسی ( $H$ )                          |
| ۸۸   | ۳-۴-۲ شار مغناطیسی ( $\Phi$ )                             |
| ۸۹   | ۴-۴-۲ چگالی شار مغناطیسی ( $B$ )                          |
| ۸۹   | ۵-۴-۲ ضریب نفوذ مغناطیسی ( $\mu$ )                        |
| ۹۰   | ۵-۲ منحنی مغناطیسی شوندگی                                 |
| ۹۲   | ۱-۵-۲ پس ماند مغناطیسی                                    |
| ۹۴   | ۶-۲ مدار مغناطیسی                                         |
| ۹۵   | ۱-۶-۲ مقاومت مغناطیسی                                     |
| ۹۵   | ۲-۶-۲ بررسی مدارهای مغناطیسی                              |

|                                                     |                                                          |     |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-----|
| ۳-۶-۲                                               | تحلیل مدارهای مغناطیسی به کمک قانون نیروی محرکه مغناطیسی | ۹۷  |
| ۷-۲                                                 | نیروی لورنس                                              | ۱۰۰ |
| ۸-۲                                                 | پدیده القاء                                              | ۱۰۲ |
| ۱-۸-۲                                               | القاء از طریق حرکت                                       | ۱۰۲ |
| ۲-۸-۲                                               | تعیین جهت جریان القایی                                   | ۱۰۳ |
| ۳-۸-۲                                               | القاء از طریق تغییرات شار                                | ۱۰۴ |
| ۴-۸-۲                                               | قانون لور                                                | ۱۰۴ |
| ۵-۸-۲                                               | جریان های القایی گردابی (فوکو)                           | ۱۰۵ |
| ۶-۸-۲                                               | خود القایی                                               | ۱۰۶ |
| ۹-۲                                                 | انرژی ذخیره شده در میدان مغناطیسی                        | ۱۰۷ |
| ۱۰۸                                                 | مسائل                                                    | ۱۰۸ |
| فصل سوم: مبانی ماشین های الکتریکی جریان مستقیم (DC) |                                                          |     |
| ۱-۳                                                 | مقدمه                                                    | ۱۱۱ |
| ۲-۳                                                 | مولد ساده جریان مستقیم                                   | ۱۱۲ |
| ۱-۲-۳                                               | ساختمان و شرح کار                                        | ۱۱۲ |
| ۲-۲-۳                                               | یکسوسازی در مولد DC                                      | ۱۱۷ |
| ۳-۲-۳                                               | چگونگی تغییر پلاریته و افزایش دامنه ولتاژ در مولد        | ۱۱۹ |
| ۳-۳                                                 | موتور ساده جریان مستقیم (DC)                             | ۱۱۹ |
| ۱-۳-۳                                               | نحوه ایجاد گشتاور در موتور ساده                          | ۱۲۰ |
| ۲-۳-۳                                               | عوامل موثر بر ایجاد گشتاور در موتور ساده (DC)            | ۱۲۰ |
| ۳-۳-۳                                               | معایب موتور ساده بدون کموتاتور                           | ۱۲۱ |
| ۴-۳-۳                                               | امکان حرکت دورانی مداوم توسط کموتاتور                    | ۱۲۳ |
| ۵-۳-۳                                               | تغییر جهت در موتور ساده DC                               | ۱۲۶ |
| ۴-۳                                                 | ساختمان ماشین های جریان مستقیم (DC)                      | ۱۲۷ |
| ۱-۴-۳                                               | اجزای ساکن (استاتور) ماشینهای جریان مستقیم               | ۱۲۸ |
| ۲-۴-۳                                               | قسمت گردان یا آرمیچر                                     | ۱۳۰ |
| ۳-۴-۳                                               | جاروبک و جاروبک نگهدار                                   | ۱۳۱ |

| صفحه | عنوان                                                   |
|------|---------------------------------------------------------|
| ۱۳۲  | ۳-۵ سیم پیچی آرمیچر                                     |
| ۱۳۴  | ۳-۵-۱ سیم پیچی حلقوی                                    |
| ۱۳۶  | ۳-۵-۲ سیم پیچی موجی                                     |
| ۱۳۸  | ۳-۶ عکس العمل آرمیچر                                    |
| ۱۳۹  | ۳-۶-۱ ایجاد میدان عرضی آرمیچر                           |
| ۱۴۰  | ۳-۶-۲ تعدیل میدان عرضی توسط قطب کمکی                    |
| ۱۴۱  | ۳-۶-۳ سیم پیچی جبرانگر                                  |
| ۱۴۲  | ۳-۶-۴ پدیده ی کموتاسیون در ماشینهای جریان مستقیم        |
| ۱۴۲  | ۳-۷ معادلات ولتاژ آرمیچر در ماشین DC                    |
| ۱۴۵  | ۳-۸ گشتاور تولیدی در آرمیچر ماشینهای جریان مستقیم واقعی |
| ۱۴۷  | ۳-۹ توان و راندمان در ماشینهای جریان مستقیم             |
| ۱۴۹  | مسائل                                                   |
|      | فصل چهارم: مولدهای الکتریکی جریان مستقیم                |
| ۱۵۱  | ۴-۱ مقدمه                                               |
| ۱۵۱  | ۴-۲ طبقه بندی مولدهای جریان مستقیم                      |
| ۱۵۲  | ۴-۲-۱ مولدهای تحریک مستقل                               |
| ۱۵۳  | ۴-۲-۲ مولدهای خود تحریک                                 |
| ۱۵۶  | ۴-۳ مشخصات اصلی مولدهای جریان مستقیم                    |
| ۱۵۷  | ۴-۳-۱ مشخصه مولد با تحریک مستقل                         |
| ۱۶۰  | ۴-۳-۲ مولد شنت یا موازی                                 |
| ۱۶۲  | ۴-۳-۳ مولد سری                                          |
| ۱۶۴  | ۴-۳-۴ مولد کمپوند                                       |
| ۱۶۷  | ۴-۴ توان و راندمان در ماشینهای جریان مستقیم             |
| ۱۶۸  | ۴-۴-۱ تلفات توان در ماشینهای DC                         |
| ۱۷۴  | مسائل                                                   |
|      | فصل پنجم: موتورهای الکتریکی جریان مستقیم                |
| ۱۷۸  | ۵-۱ مقدمه                                               |

| صفحه | عنوان                                                |
|------|------------------------------------------------------|
| ۱۷۹  | ۲-۵ کمتهای موتورهای جریان مستقیم                     |
| ۱۷۹  | ۱-۲-۵ گشتاور                                         |
| ۱۸۰  | ۲-۲-۵ گشتاور الکترومغناطیسی و گشتاور مفید            |
| ۱۸۱  | ۳-۵ مشخصه های موتور جریان مستقیم                     |
| ۱۸۱  | ۱-۳-۵ مشخصه الکترومغناطیسی                           |
| ۱۸۱  | ۲-۳-۵ مشخصه الکترومکانیکی                            |
| ۱۸۱  | ۳-۳-۵ مشخصه گشتاور-دور                               |
| ۱۸۱  | ۴-۵ تنظیم سرعت در موتورهای جریان مستقیم              |
| ۱۸۲  | ۵-۵ انواع موتورهای جریان مستقیم                      |
| ۱۸۲  | ۱-۵-۵ موتور تحریک مستقل و موتور شنت                  |
| ۱۸۶  | ۲-۵-۵ موتور سری                                      |
| ۱۹۰  | ۳-۵-۵ موتور کمبوند                                   |
| ۱۹۲  | ۶-۵ روش های کنترل دور موتور جریان مستقیم             |
| ۱۹۳  | ۱-۶-۵ کنترل سرعت موتور DC از طریق تغییر مقدار فوران  |
| ۱۹۴  | ۲-۶-۵ کنترل سرعت موتور DC از طریق کنترل ولتاژ آرمیچر |
| ۱۹۶  | ۷-۵ روشهای ترمز موتورهای جریان مستقیم                |
| ۱۹۶  | ۱-۷-۵ ترمز دینامیکی                                  |
| ۱۹۷  | ۲-۷-۵ ترمز با جریان مخالف                            |
| ۱۹۸  | ۳-۷-۵ ترمز مولدی                                     |
| ۱۹۸  | ۸-۵ توان و راندمان در موتورهای جریان مستقیم          |
| ۱۹۹  | ۱-۸-۵ تلفات توان در موتورهای DC                      |
| ۲۰۲  | مسائل                                                |
|      | منابع                                                |
| ۲۰۶  | منابع فارسی                                          |
| ۲۰۶  | منابع انگلیسی                                        |