

به نام خدا



الکترو تکنیک (۱)

(اصول الکتریسیته، مغناطیس، دستگاههای اندازه گیری، مدارها و ماشین های الکتریکی)

مؤلف

مهندس محمد حسن افشار

هرگونه چاپ و تکثیر از محتویات این کتاب بدون اجازه کتبی ناشر ممنوع است. متخلفان به موجب قانون حمایت حقوق مؤلفان، مصنفان و هنرمندان تحت پیگرد قانونی قرار می گیرند.

الکتروتکنیک (۱)

مؤلف: مهندس محمد حسن افشار

ناشر: مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران

حروفچینی و صفحه آرای: مجتمع فنی تهران

طرح روی جلد: مجتمع فنی تهران

چاپ: درج عقیق

نوبت چاپ: نهم

تاریخ نشر: ۱۳۹۸

تیراژ: ۶۰ جلد

قیمت: ۷۵۰۰۰۰ ریال

شابک: ۹۶۴-۳۵۴-۲۰۴-۱

شابک دوره: ۹۶۴-۳۵۴-۲۷۵-۰

نشانی واحد فروش: تهران، میدان انقلاب،

خ کارگر جنوبی، روبروی پاساژ مهستان،

پلاک ۱۲۵۱

تلفن: ۲۲۰۸۵۱۱۱-۶۶۴۱۰۰۴۶

فروش اینترنتی:

www.mftbook.ir

www.dibagarantehran.com

www.mftdibagaran.ir

نشانی تلگرام: @mftbook

نشانی اینستاگرام: Dibagaran_publishing

اپلیکشین دیباگران تهران را از سایت های فروشگاه های ما دریافت و نصب نمایید.

سرشناسه: افشار، محمد حسن، ۱۳۲۴-

عنوان و نام پدید آور: الکتروتکنیک / مؤلف محمد حسن افشار

مشخصات نشر: تهران- دیباگران تهران- ۱۳۹۶

مشخصات ظاهری: ۲ ج. مصور. جدول

شابک: ۱-۲۰۴-۳۵۴-۹۶۴ (ج۱)

وضعیت فهرست نویسی: فیبا

یادداشت چاپ سوم و چهارم: ۱۳۹۴ (فیبا)

یادداشت: برق-مهندسی

یادداشت: الکتروتکنیک

یادداشت: ماشین آلات برقی

رده بندی کنگره: ۷ الف ۷ الف / TK ۱۴۶

رده بندی دیویی: ۶۲۱/۳

شماره کتابشناسی ملی: ۱۳۲۱۴-۸۱ م

فهرست مطالب

۱۸ - ۱ قوانین کیرشف	۳۴	۷ - مقدمه ناشر	
۱۹ - ۱ منابع تغذیه	۳۶	۸ - مقدمه مؤلف	
۱۹ - ۱ - ۱ سری بستن باتریها	۳۶		
۱۹ - ۲ - ۱ موازی بستن باتریها	۳۷		
۱۹ - ۳ - ۱ طریقه سری موازی بستن باتریها	۳۸		
۲۰ - ۱ - ۱ انواع جریان در برق	۴۰		
۲۰ - ۱ - ۲ جریان مستقیم (DC)	۴۰		
۲۰ - ۲ - ۱ جریان متناوب (AC)	۴۱		
خلاصه مطالب	۴۸		
پرسشهای چهار گزینه‌ای	۵۱		
مسائل	۵۹		
فصل دوم: اصول مغناطیس و الکترومغناطیس			
۶۳ - ۱ آهنربا چیست و خواص مغناطیسی کدامند؟	۶۳		
۶۳ - ۲ قطبهای مغناطیسی	۶۳		
۶۳ - ۳ خاصیت جذب و دفع آهنرباها	۶۴		
۶۴ - ۲ تئوری مولکولی و پروایونیک	۶۵		
۶۵ - ۲ خطوط نیرو و میدان مغناطیسی	۶۵		
۶۶ - ۲ اشباع مغناطیسی	۶۶		
۶۶ - ۲ اشکال مختلف آهنربا و کاربرد آنها	۶۶		
۶۷ - ۲ طریقه ساختن آهنرباهای مصنوعی	۶۷		
۶۸ - ۲ روشهای از بین بردن خاصیت مغناطیسی	۶۸		
۷۰ - ۲ الکترومغناطیس	۷۰		
۷۰ - ۲ - ۱ قانون دست راست برای یک هادی ...	۷۰		
۷۱ - ۲ - ۱ قانون دست راست برای سیم پیچ	۷۱		
		۹ - فصل اول: اصول و قوانین الکتریسیته ..	
		۱ - ۱ الکتریسیته ساکن	۹
		۲ - ۱ ساختمان اتم	۱۰
		۳ - ۱ تقسیم بندی عناصر در برق	۱۱
		۴ - ۱ الکتریسیته جاری	۱۲
		۵ - ۱ پتانسیل یا نیروی محرکه الکتریکی	۱۲
		۶ - ۱ قانون کولن (کولمب)	۱۳
		۷ - ۱ مقاومت الکتریکی	۱۴
		۷ - ۱ - ۱ تغییر مقاومت با حرارت	۱۴
		۷ - ۲ - ۱ انواع مقاومت	۱۵
		۸ - ۱ شناسایی مقاومتها از روی کد رنگی	۱۵
		۹ - ۱ تعاریف، علایم اختصاری و واحدها	۱۶
		۱۰ - ۱ روشهای تولید الکتریسیته	۱۹
		۱۱ - ۱ اثرات الکتریسیته	۲۱
		۱۲ - ۱ جهت جریان و ولتاژ الکتریکی	۲۳
		۱۳ - ۱ مدار الکتریکی	۲۴
		۱۴ - ۱ قانون اهم	۲۴
		۱۵ - ۱ کار و توان الکتریکی	۲۵
		۱۶ - ۱ واحدها و تبدیل آنها به یکدیگر	۲۵
		۱۷ - ۱ طریقه قرار گرفتن مقاومتها در مدار ...	۲۷
		۱ - ۱۷ - ۱ مدار سری	۲۷
		۲ - ۱۷ - ۱ مدار موازی	۲۸
		۳ - ۱۷ - ۱ مدار گروهی (سری - موازی) ..	۲۹
		۴ - ۱۷ - ۱ اتصال مقاومتها به صورت ستاره مثلث	۳۱

۱۳-۲- میدان مغناطیسی پیرامون دو سیم	۷۲
۱۴-۲- آهنرباهای الکتریکی	۷۳
۱۵-۲- کمیت‌های مغناطیسی	۷۳
۱۶-۲- بررسی سیم پیچ‌های بدون هسته و با هسته آهنی	۷۵
۱۷-۲- منحنی و اشباع مغناطیسی	۷۷
۱-۱۷-۲- پسماند مغناطیسی یا اثر هیستریزیس	۷۸
۱۸-۲- مدارهای مغناطیسی	۷۹
۱-۱۸-۲- مقاومت مغناطیسی	۷۹
۱۹-۲- رابطه فلوی مغناطیسی با نیروی محرکه الکتریکی در جریان متناوب	۸۰
خلاصه مطالب	۸۲
پرسش‌های چهار گزینه‌ای	۸۴
مسائل	۸۷
۱-۷-۳- دستگاه اندازه‌گیری با قاب گردان	۹۷
۲-۷-۳- دستگاه اندازه‌گیری با آهن نرم گردان	۹۸
۳-۷-۳- دستگاه الکترو دینامیکی	۹۸
۴-۷-۳- دستگاه الکترو استاتیکی	۹۹
۵-۷-۳- دستگاه اندازه‌گیری اندوکسیونی	۹۹
۸-۳- اندازه‌گیری کمیت‌های الکتریکی	۱۰۰
۱-۸-۳- دستگاه اندازه‌گیری آمپر متر	۱۰۰
۲-۸-۳- اندازه‌گیری مقاومت اهمی (اهم‌متر)	۱۰۱
۳-۸-۳- اندازه‌گیری جریان (آمپر متر)	۱۰۴
۴-۸-۳- اندازه‌گیری جریان (AC)	۱۰۵
۵-۸-۳- مقاومت داخلی آمپر متر	۱۰۷
۹-۳- اندازه‌گیری ولتاژ (ولت متر)	۱۰۷
۱-۹-۳- مقاومت داخلی ولت متر	۱۰۹
۱۰-۳- اندازه‌گیری توان (وات متر)	۱۱۱
۱۱-۳- دستگاه اندازه‌گیری ضریب توان ($\cos\phi$)	۱۱۲
۱۲-۳- فرکانس متر	۱۱۳
۱۳-۳- دستگاه اندازه‌گیری کار الکتریکی (کنتور)	۱۱۳
۱۴-۳- اسیلوسکوپ	۱۱۵
۱-۱۴-۳- کاربردهای اسیلوسکوپ	۱۱۵
۱۵-۳- آمپر دیجیتال	۱۱۶
خلاصه مطالب	۱۱۷
پرسش‌های چهار گزینه‌ای	۱۱۹
مسائل	۱۲۵

فصل چهارم: المانهای الکتریکی و مدارهای

R - L - C	۱۲۷
۱-۴- مقاومت اهمی	۱۲۷

۱۳-۲- میدان مغناطیسی پیرامون دو سیم	۷۲
۱۴-۲- آهنرباهای الکتریکی	۷۳
۱۵-۲- کمیت‌های مغناطیسی	۷۳
۱۶-۲- بررسی سیم پیچ‌های بدون هسته و با هسته آهنی	۷۵
۱۷-۲- منحنی و اشباع مغناطیسی	۷۷
۱-۱۷-۲- پسماند مغناطیسی یا اثر هیستریزیس	۷۸
۱۸-۲- مدارهای مغناطیسی	۷۹
۱-۱۸-۲- مقاومت مغناطیسی	۷۹
۱۹-۲- رابطه فلوی مغناطیسی با نیروی محرکه الکتریکی در جریان متناوب	۸۰
خلاصه مطالب	۸۲
پرسش‌های چهار گزینه‌ای	۸۴
مسائل	۸۷

فصل سوم: اصول کار و کاربرد

دستگاه‌های اندازه‌گیری	۸۹
۱-۳- مشخصات دستگاه‌های اندازه‌گیری	۸۹
۲-۳- طبقه‌بندی وسایل اندازه‌گیری بر حسب طرز کار	۹۲
۳-۳- خطای اندازه‌گیری	۹۲
۴-۳- کلاس اندازه‌گیری	۹۳
۵-۳- طریقه خواندن صفحه مدرج	۹۳
۶-۳- ساختمان داخلی و اساس کار وسایل اندازه‌گیری	۹۴
۱-۶-۳- دستگاه‌های اندازه‌گیری عقربه‌ای	۹۵
۷-۳- دستگاه‌های اندازه‌گیری از نظر مکانیزم کار	۹۶

فصل پنجم: ماشینهای الکتریکی ۱۷۳

۱- ۵ تولید نیروی محرکه توسط میدان مغناطیسی

..... ۱۷۳

۱- ۱- ۵ القا از طریق حرکت ۱۷۴

۲- ۱- ۵ القا از طریق تغییرات فوران ... ۱۷۵

۲- ۵ جریان فوکو یا جریان گردابی ۱۷۶

۳- ۵ اصول کار مولد جریان مستقیم ۱۷۶

۴- ۵ ساختمان ماشینهای جریان مستقیم .. ۱۷۹

۵- ۵ انواع مولدهای DC ۱۸۱

۶- ۵ موتورهای جریان مستقیم ۱۸۴

۷- ۵ انواع موتورهای DC ۱۸۴

۸- ۵ روشهای راه اندازی موتور DC ۱۸۵

۹- ۵ ماشینهای جریان متناوب ۱۸۶

۱- ۹- ۵ ساختمان مولدهای جریان متناوب

..... ۱۸۶

۲- ۹- ۵ طریقه تولید جریان متناوب سه فاز در

آلترناتور سه فاز ۱۸۷

۳- ۹- ۵ آلترناتور سه فاز با اتصال

ستاره ۱۸۸

۴- ۹- ۵ اتصال مثلث با بار متعادل ۱۹۰

۵- ۹- ۵ محاسبه توانها در اتصال ستاره و

مثلث ۱۹۲

۶- ۹- ۵ ضریب بهره آلترناتورها ۱۹۳

۷- ۹- ۵ طریقه موازی بستن آلترناتورها ۱۹۳

۱۰- ۵ موتورهای جریان متناوب ۱۹۴

۱۱- ۵ موتور آسنکرون (القایی) ۱۹۴

۱- ۱۱- ۵ ساختمان موتورهای القایی .. ۱۹۶

۲- ۱۱- ۵ اساس کار رتور ۱۹۷

۳- ۱۱- ۵ لغزش موتور القایی ۱۹۷

۴- ۱۱- ۵ فرکانس جریان رتور ۱۹۸

۲- ۴ سیم پیچ ۱۲۸

۱- ۲- ۴ کاربرد سیم پیچ در جریان متناوب

..... ۱۳۰

۲- ۲- ۴ توان در مقاومت القایی ۱۳۲

۳- ۲- ۴ انرژی ذخیره شده در سیم پیچ . ۱۳۲

۴- ۲- ۴ طریقه سری - موازی بستن

سیم پیچها ۱۳۳

۳- ۴ خازن ۱۳۵

۱- ۳- ۴ شارژ و دشارژ خازن ۱۳۶

۲- ۳- ۴ ظرفیت خازن ۱۳۷

۳- ۳- ۴ انرژی ذخیره شده در خازن ... ۱۳۸

۴- ۳- ۴ ثابت زمانی ۱۳۸

۵- ۳- ۴ انواع خازنها و طریقه تشخیص آنها از

روی رمز عددی ۱۳۹

۶- ۳- ۴ خازن در جریان متناوب ۱۳۹

۷- ۳- ۴ توان در مقاومت خازنی ۱۴۰

۸- ۳- ۴ طریقه به هم بستن مقاومتهای خازنی

..... ۱۴۱

۴- ۴ مدارهای C - L - R ۱۴۴

۱- ۴- ۴ مدار RL سری ۱۴۴

۲- ۴- ۴ مدار RL موازی ۱۴۶

۳- ۴- ۴ مدار RC سری ۱۴۹

۴- ۴- ۴ مدار RC موازی ۱۵۰

۵- ۴- ۴ مدار LC سری ۱۵۱

۶- ۴- ۴ مدار LC موازی ۱۵۲

۷- ۴- ۴ مدار C - L - R سری ۱۵۴

۸- ۴- ۴ مدار C - L - R موازی ۱۵۶

۵- ۴ مدار C - L - R مختلط ۱۵۸

خلاصه مطالب ۱۵۹

پرسشهای چهار گزینه‌ای ۱۶۱

مسائل ۱۶۸

۱- ۱۴- ۶ ترانسفورماتور قدرت	۲۳۵
۲- ۱۴- ۶ اتو ترانسفورماتور	۲۳۵
۳- ۱۴- ۶ ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری	۲۳۶
۱۵- ۶ ترانسفورماتورهای سه فاز	۲۳۸
۱- ۱۵- ۶ طرز کار ترانسفورماتور سه فاز	۲۳۹
۲- ۱۵- ۶ اتصال متقارن در ترانسفورماتور سه فاز	۲۳۹
۳- ۱۵- ۶ گروه‌های ترانسفورماتور	۲۴۰
۴- ۱۵- ۶ موازی کردن ترانسفورماتورها	۲۴۲
خلاصه مطالب	۲۴۳
پرسشهای چهارگزینه‌ای	۲۴۵
مسائل	۲۴۸
ضمایم	۲۵۱
ضمیمه ۱: پاسخنامه سؤالات چهارگزینه‌ای	۲۵۱
ضمیمه ۲: حل مسائل	۲۶۳
ضمیمه ۳: طریقه یکسوسازی	۲۸۴
منابع و مأخذ	۲۸۸

۵- ۱۱- ۵ کاربرد و روشهای راه‌اندازی موتور آسنکرون	۱۹۹
۶- ۱۱- ۵ ترمز یا متوقف کردن موتورهای القایی	۲۰۳
۷- ۱۱- ۵ تغییر جهت گردش موتورهای آسنکرون سه فاز	۲۰۳
۱۲- ۵ موتور سنکرون	۲۰۴
۱۳- ۵ موتورهای یکفاز	۲۰۵
۱- ۱۳- ۵ انواع و روشهای راه‌اندازی موتورهای یکفاز	۲۰۶
۱۴- ۵ موتور انیورسال	۲۰۸
۱۵- ۵ موتور قطب چاک‌دار	۲۰۹
خلاصه مطالب	۲۱۱
پرسشهای چهارگزینه‌ای	۲۱۳
مسائل	۲۱۹
فصل ششم: ترانسفورماتور	۲۲۳
۱- اهمیت ترانسفورماتور	۲۲۳
۲- ۶ طرز کار ترانسفورماتور	۲۲۴
۳- ۶ ساختمان ترانسفورماتور	۲۲۵
۴- ۶ ترانسفورماتور ایده‌آل	۲۲۶
۵- ۶ روابط ترانسفورماتور	۲۲۶
۶- ۶ روابط امپدانسها	۲۲۷
۷- ۶ ترانسفورماتور واقعی در حالت بی باری	۲۲۸
۸- ۶ ترانسفورماتور واقعی زیر بار	۲۲۹
۹- ۶ مدار معادل ترانسفورماتورها	۲۲۹
۱۰- ۶ ولتاژ اتصال کوتاه	۲۳۱
۱۱- ۶ جریان اتصال کوتاه	۲۳۲
۱۲- ۶ راندمان یا ضریب بهره ترانسفورماتور	۲۳۲
۱۳- ۶ تلفات ترانسفورماتور	۲۳۲
۱۴- ۶ انواع ترانسفورماتور	۲۳۵

مقدمه ناشر

حمد و سپاس ایزد منان را که با الطاف بیکران خود این توفیق را به ما ارزانی داشت تا بتوانیم در راه ارتقای دانش عمومی و فرهنگ این مرز و بوم در زمینه چاپ و نشر کتب علمی بخصوص در علوم کامپیوتر و انفورماتیک گامهایی هر چند کوچک برداشته و در انجام رسالتی که بر عهده داریم مؤثر واقع شویم. گستردگی علوم کامپیوتر و توسعه روزافزون آن، شرایطی را به وجود آورده که هر روز شاهد تحولات اساسی و چشمگیری در سطح جهان هستیم؛ این گسترش و توسعه نیاز به منابع مختلف از جمله کتاب را به عنوان قدیمی ترین و راحت ترین راه دستیابی به اطلاعات و اطلاع رسانی بیش از پیش روشن می نماید. در این راستا و برای نیل به این هدف، واحد انتشارات این مرکز با همکاری جمعی از اساتید، مؤلفان، مترجمان، متخصصان، پژوهشگران، محققان و نیز پرسنل ورزیده و ماهر در زمینه امور نشر در صدد هستند تا با تلاشهای مستمر خود برای رفع کمبودها و نیازهای موجود، منابعی پربار، آسان و با کیفیت مناسب در اختیار علاقه مندان قرار دهند. کتابی که در دست دارید با عنوان «الکتروتکنیک (۱)» از مجموعه کتابهایی است که تهیه و تدوین آن با همت جمعی از همکاران امکان پذیر گشته و شایسته است از یکایک این گرامیان که از مساعدت آنها بهره مند بوده ایم بخصوص آقای مهندس حسن افشار در زمینه تألیف این اثر و همچنین سایر پرسنل این مرکز :

ویراستاری : منیره آبخو

صفحه آرایی و ویرایش کامپیوتری : تهمنه کاشانیان

طراحی روی جلد : شیما صدرا

ترسیم / تهیه تصاویر : نلی آقایی، تهمنه کاشانیان و آقای محمد کافی

امور چاپ و نشر : حیدر شفیعی

ناظر چاپ : کریم براغ

قدردانی نماییم. بدیهی است این تلاشها زمانی مفید خواهند بود که هموطنان عزیز و دانش پژوهان گرامی بذل عنایت فرموده، با ارائه پیشنهادها و انتقادهای خود ما را در بهبود کمی و کیفی کارهای انجام شده راهنمایی نمایند تا بتوانیم در آینده کتابهایی با کیفیت بهتر تقدیم حضورشان نماییم.

مدیر انتشارات

مؤسسه فرهنگی و هنری دیباگران تهران

به نام ایزد یکتا

مقدمه مؤلف

با توجه به بیش از ۲۰ سال تجربه تدریس در مقاطع مختلف تحصیلی رشته برق و پاسخگویی به مخاطبانی که خواهان کتابی بوده‌اند که بتواند مجموع دروس این رشته را در سطوح دیپلم و کاردانی دربرگیرد، با راهنمایی و تشویق جناب آقای مهندس سعید سعادت مدیر عامل مجتمع فنی تهران بر آن شدم کتابی تحت عنوان اصول الکتروتکنیک تهیه گردد تا بتواند جوابگوی نیاز هنرجویان عزیز هنرستانها، خصوصاً رشته کار دانش و دانش پژوهان آزاد این رشته باشد.

لذا امیدوارم این کتاب به طور نسبی بتواند نیاز این عزیزان را برطرف نماید. این کتاب طوری طراحی و برنامه‌ریزی شده که فصل اول و دوم آن تحت عنوان اصول و قوانین الکتریسیته و مغناطیس کتابهای مبانی برق را در بر گرفته و فصلهای بعدی کتاب هر کدام به یکی از دروس اختصاصی پرداخته است، ضمن اینکه در پایان هر فصل، کتاب بر اساس پرسش و پاسخ طرح‌ریزی شده تا دانش‌آموزان عزیز با جواب دادن به پرسشهای چهار گزینه‌ای که ترکیبی از سؤالات طراحی شده و نمونه سؤالات آزمونهای کاردانی پیوسته دانشگاهها در سالهای گذشته می‌باشد و مراجعه به حل تشریحی آنها در آخر کتاب مطالب درسی را راحت‌تر فراگیرند.

مطالعه این کتاب را به عموم هنرجویان عزیز هنرستانها، دانش‌آموزان گرامی شاخه کار دانش و کارآموزان آزاد این رشته توصیه نموده و از صاحب‌نظران گرامی درخواست می‌نمایم با راهنماییهای خود این جانب را در رفع نواقص و کاستیهای کتاب برای چاپهای بعدی یاری نمایند.

در پایان لازم می‌دانم از مدیران محترم مجتمع فنی تهران و تمامی عزیزانی که در نگارش این مجموعه این جانب را یاری نموده‌اند تشکر و قدردانی کنم.

محمدحسن افشار