

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

# ماشین‌های الکتریکی DC

رشته الکتروتکنیک

زمینه صنعت

شاخه آموزش فنی و حرفه‌ای

شماره درس ۲۱۳۴

ترکمانی، امیرحسین	۶۲۱
ماشین‌های الکتریکی DC / مؤلف: امیرحسین ترکمانی. - تهران: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی	۳۱
ایران، ۱۳۹۱.	۱۴۶ م
۲۳۴ص. : مصور. - (آموزش فنی و حرفه‌ای؛ شماره درس ۲۱۳۴)	۱۳۹۱
متون درسی رشته الکتروتکنیک، زمینه صنعت.	
برنامه‌ریزی و نظارت، بررسی و تصویب محتوا: کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی رشته الکتروتکنیک دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش وزارت آموزش و پرورش.	
۱. ماشین‌آلات برقی. ۲. برق - جریان مستقیم. الف. ترکمانی، امیرحسین. ب. ایران. وزارت آموزش و پرورش. کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی رشته الکتروتکنیک. ج. عنوان. د. فروست.	

## همکاران محترم و دانش‌آموزان عزیز:

پیشنهادها و نظرهای خود را درباره محتوای این کتاب به نشانی: تهران - صندوق پستی شماره ۴۸۷۴/۱۵ دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش، ارسال فرمایند.

info@tvoccd.sch.ir

پیام‌نگار (ایمیل)

www.tvoccd.sch.ir

وب‌گاه (وب‌سایت)

پیام‌نگار (ایمیل) کمیسیون تخصصی رشته الکتروتکنیک tech@tvoccd.sch.ir

جدول هدف محتوای کتاب ماشین‌های الکتریکی DC در سال ۱۳۸۸ با توجه به فناوری‌های جدید، نیازهای جامعه و درخواست هنرآموزان و گروه‌های آموزشی سراسر کشور و تایید کمیسیون تخصصی رشته الکتروتکنیک، مورد بازنگری و اصلاحات کلی قرار گرفت و سپس در سال ۱۳۹۱ به طور کامل تألیف مجدد شد.

### وزارت آموزش و پرورش

### سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف: دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش

عنوان و کد کتاب: ماشین‌های الکتریکی DC - ۴۹۰/۱

شماره درس: ۲۱۳۴

مؤلف: امیرحسین ترکمانی

ویراستار فنی: محمد حیدری

آماده‌سازی و نظارت بر چاپ و توزیع: اداره کل چاپ و توزیع کتاب‌های درسی

تهران: خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)

تلفن: ۸۸۸۳۱۱۶۱-۹ - ۸۸۳۰۹۲۶۶ - ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹ - صندوق پستی: ۸۸۳۰۹۲۶۶

وب‌سایت: www.chap.sch.ir

رسمی و تصویرسازی رایانه‌ای: محمد سیاحی

صفحه آرا: محمد سیاحی

طراح جلد: حامد موسوی

ناشر: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران

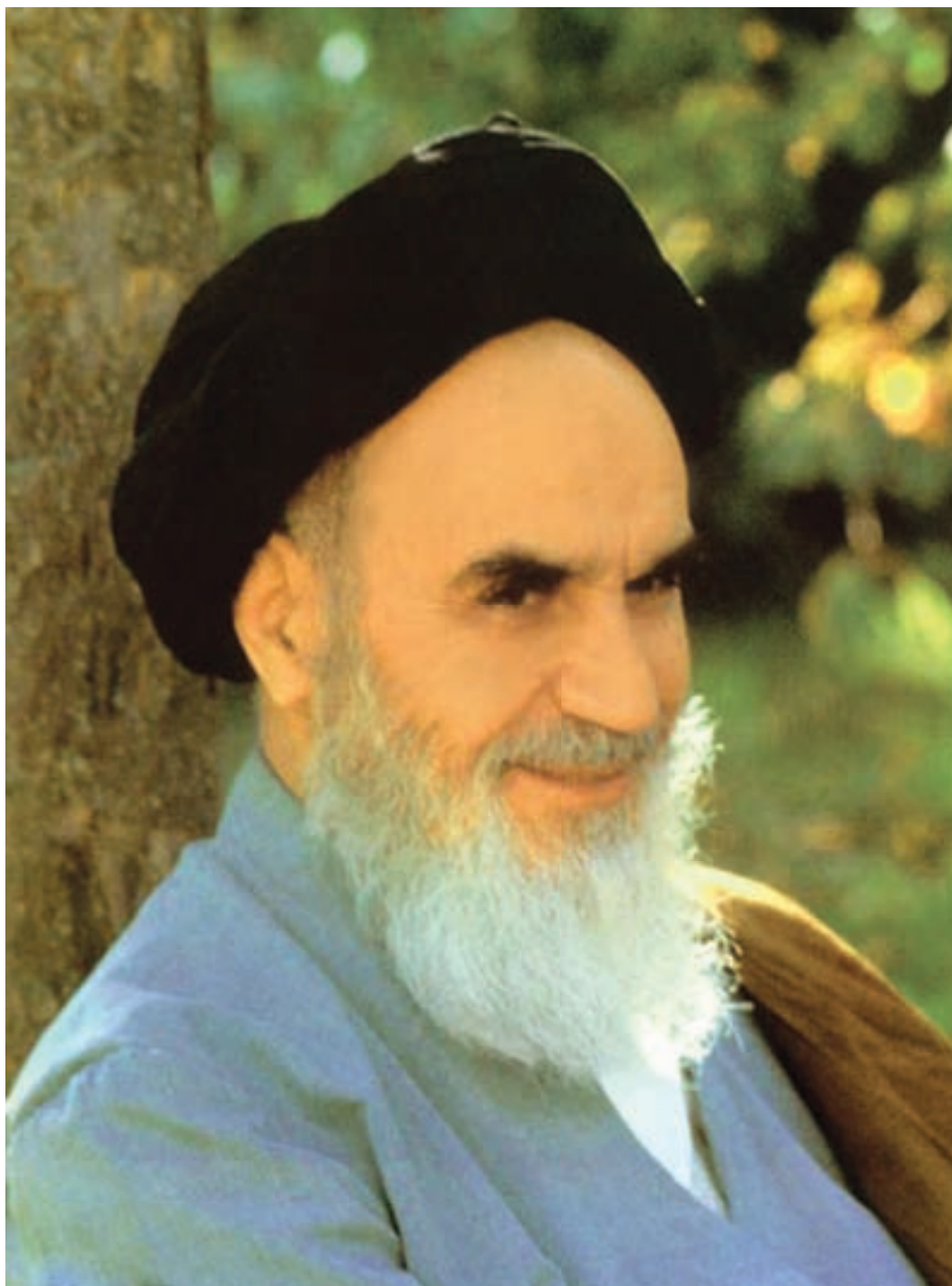
تهران - کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج - خیابان ۶۱ (داروپخش)

تلفن ۵-۴۴۹۸۵۱۶۱ - ۴۴۹۸۵۱۶۰ - ۱۳۴۴۵/۶۸۴ - صندوق پستی

چاپخانه: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»

سال انتشار و نوبت چاپ: چاپ اول ۱۳۹۱

حق چاپ محفوظ است.



شما عزیزان کوشش کنید که از این وابستگی بیرون آیید و احتیاجات کشور خودتان را برآورده سازید، از نیروی انسانی ایمانی خودتان غافل نباشید و از اتکای به اجانب بپرهیزید.

امام خمینی «قدس سره الشریف»

## فهرست

<p>۱۲ - ۱ - ضریب نفوذ مغناطیسی ..... ۲۴</p> <p>۱۳ - ۱ - ضریب نفوذ مغناطیسی سیم‌پیچ با هسته فرومغناطیس ..... ۲۶</p> <p>۱۴ - ۱ - نواحی منحنی مغناطیسی مواد فرومغناطیس ..... ۲۹</p> <p>۱۵ - ۱ - ضریب نفوذ مغناطیسی سیم‌پیچ بدون هسته در خلاء ..... ۳۰</p> <p>۱۶ - ۱ - ضریب نفوذ مغناطیسی نسبی ..... ۳۲</p> <p>پرسش ۴ - ۱ ..... ۳۳</p> <p>تمرین ۴ - ۱ ..... ۳۴</p> <p>۱ - ۱۶ - ۱ - مواد دیامغناطیس ..... ۳۵</p> <p>۲ - ۱۶ - ۱ - مواد پارامغناطیس ..... ۳۵</p> <p>۳ - ۱۶ - ۱ - مواد فرومغناطیسی ..... ۳۵</p> <p>۱۷ - ۱ - حلقه هستیزیس ..... ۳۶</p> <p>پرسش ۵ - ۱ ..... ۴۰</p> <p>۱۸ - ۱ - مدارهای مغناطیسی ..... ۴۰</p> <p>۱۹ - ۱ - مدار مغناطیسی با شکاف هوایی ..... ۴۴</p> <p>پرسش ۶ - ۱ ..... ۴۷</p> <p>تمرین ۶ - ۱ ..... ۴۷</p> <p>۲۰ - ۱ - قانون نیروی محرکه مغناطیسی ..... ۴۸</p> <p>تمرین ۷ - ۱ ..... ۵۰</p> <p><b>فصل دوم - مبانی ماشین‌های الکتریکی جریان مستقیم ..... ۵۲</b></p> <p>هدف‌های رفتاری ..... ۵۲</p> <p>مقدمه ..... ۵۴</p> <p>۱ - ۲ - طبقه‌بندی ماشین‌های الکتریکی ..... ۵۵</p> <p>۲ - ۲ - قانون القای الکترومغناطیسی فاراده ..... ۵۵</p>	<p><b>فصل اول - الکترومغناطیس ..... ۹</b></p> <p>هدف‌های رفتاری ..... ۹</p> <p>مقدمه ..... ۱۰</p> <p>۱ - ۱ - میدان مغناطیسی ..... ۱۱</p> <p>۲ - ۱ - فوران مغناطیسی ..... ۱۲</p> <p>۳ - ۱ - چگالی فوران مغناطیسی ..... ۱۴</p> <p>پرسش ۱ - ۱ ..... ۱۶</p> <p>تمرین ۱ - ۱ ..... ۱۶</p> <p>۴ - ۱ - میدان مغناطیسی اطراف هادی حامل جریان الکتریکی ..... ۱۶</p> <p>۵ - ۱ - جهت میدان الکترو مغناطیسی اطراف هادی حامل جریان الکتریکی ..... ۱۷</p> <p>۶ - ۱ - چگالی فوران مغناطیسی اطراف یک هادی حامل جریان الکتریکی ..... ۱۸</p> <p>۷ - ۱ - مقدار چگالی فوران مغناطیسی اطراف هادی حامل جریان الکتریکی ..... ۱۸</p> <p>۸ - ۱ - میدان مغناطیسی سیم‌پیچ حامل جریان الکتریکی ..... ۱۹</p> <p>۹ - ۱ - جهت میدان الکترو مغناطیسی سیم‌پیچ حامل جریان الکتریکی ..... ۲۰</p> <p>پرسش ۲ - ۱ ..... ۲۱</p> <p>تمرین ۲ - ۱ ..... ۲۲</p> <p>۱۰ - ۱ - نیروی محرکه مغناطیسی سیم‌پیچ حامل جریان الکتریکی ..... ۲۲</p> <p>۱۱ - ۱ - شدت میدان مغناطیسی ..... ۲۲</p> <p>پرسش ۳ - ۱ ..... ۲۴</p> <p>تمرین ۳ - ۱ ..... ۲۴</p>
---	--

تمرین ۱۰ - ۲	۱۱۸	۲ - ۳ - قانون لنز	۶۰
۱۶ - ۲ - عکس‌العمل آرمیچر	۱۱۹	۲ - ۴ - قانون دست راست	۶۲
۱۷ - ۲ - روش‌های مقابله با عکس‌العمل آرمیچر	۱۲۱	پرسش ۱ - ۲	۶۳
پرسش ۱۱ - ۲	۱۲۳	۲ - ۵ - ژنراتورهای جریان مستقیم	۶۴
۱۸ - ۲ - کموتاسیون	۱۲۴	پرسش ۲ - ۲	۶۶
پرسش ۱۲ - ۲	۱۲۷	پرسش ۳ - ۲	۷۷
<b>فصل سوم - ژنراتورهای جریان مستقیم</b>	<b>۱۲۸</b>	۲ - ۶ - نیروی مغناطیسی وارد بر هادی حامل جریان الکتریکی	۷۸
هدف‌های رفتاری	۱۲۸	۲ - ۷ - قانون دست چپ	۷۹
مقدمه	۱۲۹	۲ - ۸ - گشتاور نیروی مغناطیسی وارد بر حلقه حامل جریان	۸۰
۱ - ۳ - پخش توان و تلفات در ژنراتورهای جریان مستقیم	۱۳۰	پرسش ۴ - ۲	۸۲
تمرین ۱ - ۳	۱۳۰	تمرین ۴ - ۲	۸۲
۲ - ۳ - تلفات کل ژنراتورهای جریان مستقیم	۱۳۲	۲ - ۹ - موتورهای جریان مستقیم	۸۲
۳ - ۳ - بازده ژنراتورهای جریان مستقیم	۱۳۳	پرسش ۵ - ۲	۸۸
پرسش ۱ - ۳	۱۳۴	۱۰ - ۲ - ساختمان ماشین‌های جریان مستقیم	۸۸
تمرین ۱ - ۳	۱۳۴	پرسش ۶ - ۲	۹۳
۴ - ۳ - علامت اختصاری و مدار الکتریکی معادل ژنراتور جریان مستقیم	۱۳۵	۱۱ - ۲ - سیم‌پیچی آرمیچر ماشین‌های جریان مستقیم	۹۴
جریان مستقیم	۱۳۵	۱۲ - ۲ - روش‌های ترسیم سیم‌پیچی آرمیچر	۹۵
۵ - ۳ - مشخصات ژنراتورهای جریان مستقیم	۱۳۶	۱۳ - ۲ - گام‌های سیم‌پیچی آرمیچر	۹۸
پرسش ۲ - ۳	۱۳۷	پرسش ۷ - ۲	۱۰۰
۶ - ۳ - طبقه‌بندی ژنراتورهای جریان مستقیم	۱۳۷	تمرین ۷ - ۲	۱۰۰
۷ - ۳ - ژنراتور جریان مستقیم با تحریک مستقل	۱۳۸	۱۴ - ۲ - روش‌های سیم‌پیچی آرمیچر	۱۰۱
۸ - ۳ - راه‌اندازی ژنراتور تحریک مستقل	۱۳۹	پرسش ۸ - ۲	۱۰۷
۹ - ۳ - مدار الکتریکی معادل ژنراتور تحریک مستقل	۱۳۹	تمرین ۸ - ۲	۱۰۷
پرسش ۳ - ۳	۱۴۲	پرسش ۹ - ۲	۱۱۳
تمرین ۲ - ۳	۱۴۳	تمرین ۹ - ۲	۱۱۳
۱۰ - ۳ - منحنی مشخصه بی‌باری ژنراتور تحریک مستقل	۱۴۳	۱۵ - ۲ - کمیت‌های الکتریکی سیم‌پیچی آرمیچر	۱۱۳
۱۱ - ۳ - منحنی مشخصه بارداري ژنراتور تحریک مستقل	۱۴۳		
۱۴۷			

۱۷۲ ..... شنت کوتاه

۲۸ - ۳ - مدار الکتریکی معادل ژنراتور کمپوند نقصانی

۱۷۴ ..... ۱۹ - ۳ - راه‌اندازی و شرایط راه‌اندازی ژنراتور کمپوند

۱۷۴ ..... ۳۰ - ۳ - بهره‌برداری از ژنراتور کمپوند اضافی

۳۱ - ۳ - بهره‌برداری از ژنراتور کمپوند نقصانی

۱۷۵ ..... پرسش ۹ - ۳

تمرین ۸ - ۳

۱۷۶ ..... ۳۲ - ۳ - منحنی مشخصه بارداری ژنراتور کمپوند اضافی

۱۷۶ ..... ۳۳ - ۳ - کاربرد ژنراتور کمپوند اضافی

۳۴ - ۳ - منحنی مشخصه بارداری ژنراتور کمپوند نقصانی

۱۷۸ ..... ۳۵ - ۳ - کاربرد ژنراتور کمپوند نقصانی

پرسش ۱۰ - ۳

۳۶ - ۳ - تنظیم ولتاژ ژنراتورهای جریان مستقیم

پرسش ۱۲ - ۳

**فصل چهارم - موتورهای جریان مستقیم ..... ۱۸۳**

۱۸۳ ..... هدف‌های رفتاری

۱۸۴ ..... مقدمه

۱ - ۴ - پخش توان و تلفات در موتورهای جریان مستقیم

۱۸۵ ..... ۲ - ۴ - تلفات کل موتورهای جریان مستقیم

۳ - ۴ - بازده موتورهای جریان مستقیم

۴ - ۴ - گشتاور موتورهای جریان مستقیم

پرسش ۱ - ۴

تمرین ۱ - ۴

۵ - ۴ - پدیده مهار گسستگی در موتورهای جریان

۱۲ - ۳ - کاربرد ژنراتور تحریک مستقل

پرسش ۴ - ۳

تمرین ۳ - ۳

۱۳ - ۳ - ژنراتور جریان مستقیم با تحریک شنت

۱۴ - ۳ - راه‌اندازی ژنراتور شنت

۱۵ - ۳ - مدار الکتریکی معادل ژنراتور شنت

پرسش ۵ - ۳

تمرین ۴ - ۳

۱۶ - ۳ - منحنی مشخصه بی‌باری ژنراتور شنت

۱۷ - ۳ - منحنی مشخصه بارداری ژنراتور شنت

۱۸ - ۳ - کاربرد ژنراتور شنت

پرسش ۶ - ۳

تمرین ۵ - ۳

۱۹ - ۳ - ژنراتورهای جریان مستقیم با تحریک سری

۲۰ - ۳ - راه‌اندازی ژنراتور سری

۲۱ - ۳ - مدار الکتریکی معادل ژنراتور سری

پرسش ۷ - ۳

تمرین ۶ - ۳

۲۲ - ۳ - منحنی مشخصه بی‌باری ژنراتور سری

۲۳ - ۳ - منحنی مشخصه بارداری ژنراتور تحریک سری

۲۴ - ۳ - کاربرد ژنراتور سری

پرسش ۸ - ۳

تمرین ۷ - ۳

۲۵ - ۳ - ژنراتورهای جریان مستقیم با تحریک کمپوند

۲۶ - ۳ - مدار الکتریکی معادل ژنراتور کمپوند اضافی با شنت بلند

۲۷ - ۳ - مدار الکتریکی معادل ژنراتور کمپوند اضافی با

۲۳۰	.....	مستقیم	۱۹۱
۲۳۲	.....	علامت اختصاری و مدار الکتریکی معادل موتورهای	۴ - ۶
۲۳۴	.....	جریان مستقیم	۱۹۱
		مشخصات موتورهای جریان مستقیم	۴ - ۷
		پرسش	۴ - ۲
		تمرین	۴ - ۲
		طبقه‌بندی موتورهای جریان مستقیم	۴ - ۸
		موتورهای جریان مستقیم با آهن‌ربای دائم	۴ - ۹
		پرسش	۴ - ۳
		موتورهای جریان مستقیم با تحریک مستقل	۴ - ۱۰
			۱۹۶
		تمرین	۴ - ۳
		پرسش	۴ - ۴
		موتورهای جریان مستقیم با تحریک شنت	۴ - ۱۱
		تمرین	۴ - ۴
		پرسش	۴ - ۵
		موتورهای جریان مستقیم با تحریک سری	۴ - ۱۲
		تمرین	۴ - ۵
		پرسش	۴ - ۶
		موتورهای جریان مستقیم با تحریک کمپوند	۴ - ۱۳
			۲۱۳
		تمرین	۴ - ۶
		پرسش	۴ - ۷
		راه‌اندازی موتورهای جریان مستقیم	۴ - ۱۴
		پرسش	۴ - ۸
		کنترل سرعت موتورهای جریان مستقیم	۴ - ۱۵
		پرسش	۴ - ۹
		تغییر جهت گردش موتورهای جریان مستقیم	۴ - ۱۶
			۲۲۸

## مقدمه مولف

ماشین‌های الکتریکی نقش ارزنده‌ای در زندگی بشر و گرداندن چرخ صنعت ایفا می‌کنند. هدف اصلی این کتاب ایجاد پایه‌ای قوی در اصول بنیادی ماشین‌های الکتریکی جریان مستقیم مبتنی بر شواهد فیزیکی و روش‌های تحلیل مدار الکتریکی معادل ماشین است.

تسلط بر مطالب ارائه شده اساس درک بسیاری از کاربردهای واقعی ماشین‌های الکتریکی را فراهم می‌سازد؛ هر تکنسین برق در کارهای صنعتی خود با ماشین‌های الکتریکی سر و کار خواهد داشت به طوری که یا می‌بایست ماشین‌های الکتریکی را راه‌اندازی کند یا تعمیرات آن‌ها را انجام دهد. از این رو این درس اهمیت ویژه‌ای دارد.

در ضمن در فصل‌های سوم و چهارم آزمایش‌های ماشین‌های الکتریکی جریان مستقیم ارائه شده است تا هنرجویان در انجام آن‌ها در دوره‌های کاردانی دچار مشکل نشوند. در پایان بر خود لازم می‌دانم از زحمات اعضای کمیسیون تخصصی رشته برق تشکر نمایم. هم‌چنین از رهنمودهای اساتید محترم آقایان دکتر مطیع بیرجندی، مهندس حیدری، مهندس عراقی و مهندس خدادادی کمال تشکر و سپاسگزاری را داشته باشم.

مولف