

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

# ساخت ترانسفورماتور

شاخه: کاردانش

زمینه: صنعت

گروه تحصیلی: برق

رشته مهارتی: ماشین‌های الکتریکی

شماره رشته مهارتی: ۳۲۲-۱۰۱-۱۰-۱

کد رایانه‌ای رشته‌های مهارتی: ۹۹۶۳

نام استاندارد مهارتی مبنا: تعمیر کار ماشین‌های الکتریکی درجه (۲)

کد استاندارد متولی: ۸-۵۳/۴۷/۲/۴

شماره درس: ۹۹۴۴-۹۹۴۵

عراقی، علی	۶۲۱
ساخت ترانسفورماتور/ مؤلف: علی عراقی - تهران: شرکت صنایع آموزشی (وابسته به وزارت آموزش و پرورش)،	۳۱۴/
۱۵۹ص: مصور - (شاخه کاردانش)	س ۴۹۴ ع /
متون درسی شاخه کاردانش، زمینه صنعت، گروه تحصیلی برق، زیر گروه الکتروتکنیک، رشته مهارتی ماشین‌های الکتریکی	۱۳۹۲
برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف: دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش	
ترانسفورماتورها: الف. ایران. وزارت آموزش و پرورش. دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش. ب. عنوان.	

جمهوری اسلامی ایران  
وزارت آموزش و پرورش  
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

همکاران محترم و دانش‌آموزان عزیز:  
پیشنهادهای و نظرات 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.  
پیام نگار (ایمیل) [tvoccd@Roshd.ir](mailto:tvoccd@Roshd.ir)  
وب گاه (وب سایت) [www.tvoccd.medu.ir](http://www.tvoccd.medu.ir)

محتوای این کتاب در سال ۱۳۸۹ برای انطباق با استاندارد مهارت تعمیر کار ماشین‌های الکتریکی درجه (۲)  
کد (۸-۵۳/۴۷/۲/۴) توسط کمیسیون برنامه‌ریزی رشته الکتروتکنیک بازنگری گردید.

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

نام کتاب: ساخت ترانسفورماتور - ۶۰۵

مؤلف: مهندس علی عراقی

ویراستار فنی: مجتبی انصاری پور

صفحه آرا و رسام: سها همایی

آماده‌سازی و نظارت بر چاپ و توزیع: اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی

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

تلفن: ۸۸۸۳۱۱۶۱-۹ دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶ ، کد پستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹

وب سایت: [www.Chap.sch.ir](http://www.Chap.sch.ir)

ناشر: شرکت صنایع آموزشی (وابسته به وزارت آموزش و پرورش): تهران - جاده مخصوص کرج - بعد از کیلومتر ۷ ابتدای

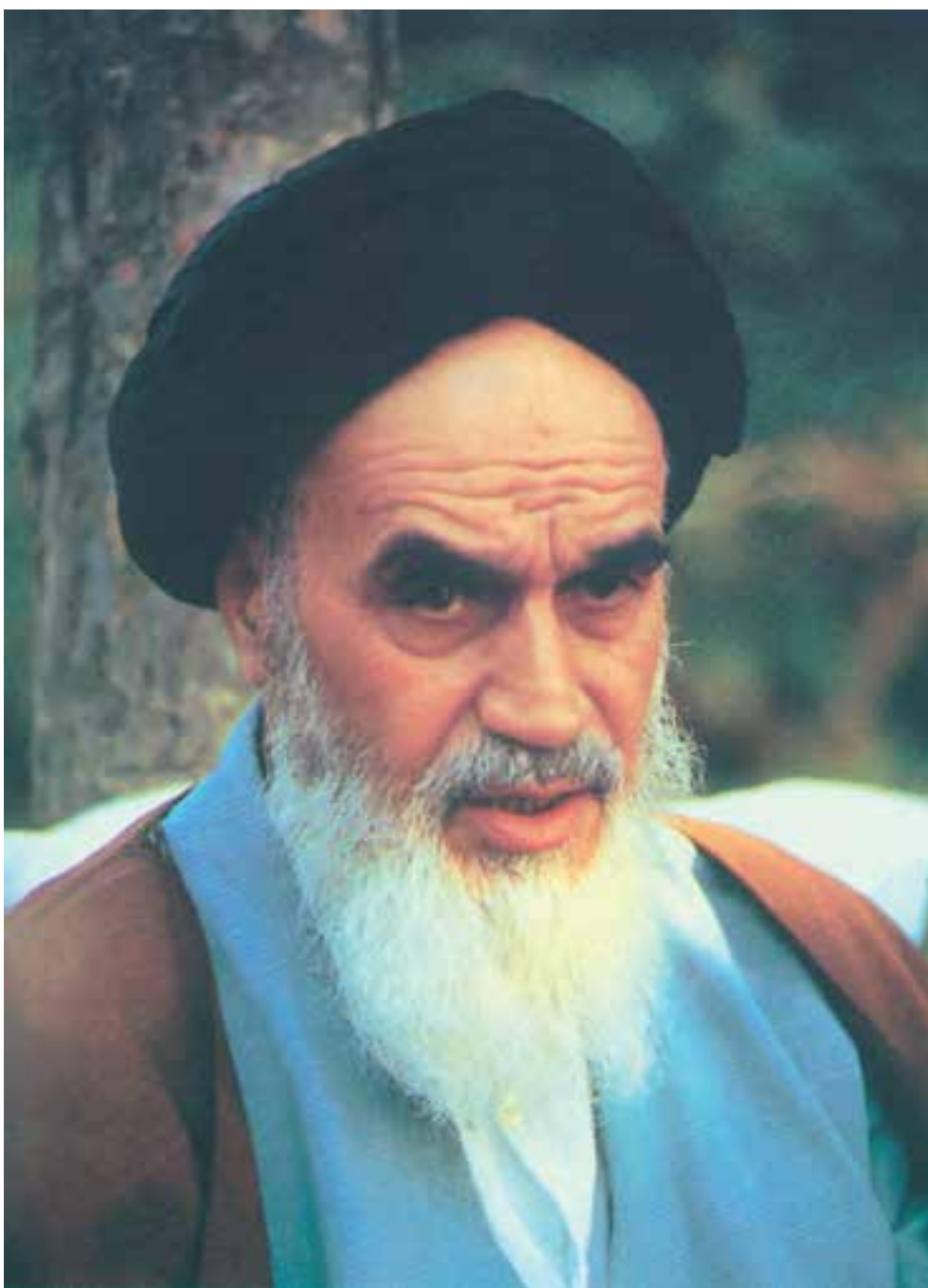
بزرگراه آزادگان به طرف جنوب. تلفن: ۴۴۵۴۵۵۰۵ . دورنگار ۴۴۵۴۵۴۸۸ . صندوق پستی: ۱۳۴۴۵/۳۷۹

چاپ: نادر

سال انتشار و نوبت چاپ: چاپ هشتم ۱۳۹۲

حق چاپ محفوظ است

شابک ۹۶۴-۰۵-۱۲۰۴-۴ ISBN 964-05-1204-4



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 پرهیزید.  
امام خمین "قدس سره الشریف"



## مقدمه‌ای بر چگونگی برنامه ریزی کتاب های پودمانی

برنامه‌ریزی تالیف "پودمان‌های مهارت" یا "کتاب‌های تخصصی شاخه کاردانش" بر مبنای استانداردهای کتاب "مجموعه برنامه‌های درسی رشته‌های مهارتی شاخه کاردانش، مجموعه هشتم" صورت گرفته است. بر این اساس ابتدا توانایی‌های هم خانواده (Harmonic Power) مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است. سپس مجموعه مهارت‌های هم خانواده به صورت واحدهای کار تحت عنوان (Unit) دسته‌بندی می‌شوند. در نهایت واحدهای کار هم خانواده با هم مجدداً دسته‌بندی شده و پودمان مهارتی (Module) را شکل می‌دهند.

دسته‌بندی "توانایی‌ها" و "واحدهای کار" توسط کمیسیون‌های تخصصی با یک نگرش علمی انجام شده است به گونه‌ای که یک سیستم پویا بر برنامه‌ریزی و تالیف پودمان‌های مهارت نظارت دائمی دارد. به منظور آشنایی هر چه بیشتر مربیان، هنرآموزان و هنرجویان شاخه کاردانش و سایر علاقه‌مندان و دست‌اندرکاران آموزش‌های مهارتی با روش تدوین "پودمان‌های مهارت" توصیه می‌شود الگوهای ارائه شده در نمون برگ‌های شماره (۱)، (۲) و (۳) مورد بررسی قرار گیرد. در ارائه دسته‌بندی‌ها، زمان مورد نیاز برای آموزش آنها نیز تعیین می‌گردد با روش مذکور یک "پودمان" به عنوان کتاب درسی مورد تایید وزارت آموزش و پرورش در "شاخه کاردانش" چاپ سپاری می‌شود.

به طور کلی هر استاندارد مهارت به تعدادی پودمان مهارت ( $M_1$  و  $M_2$  و ...) و هر پودمان نیز به تعدادی واحد کار ( $U_1$  و  $U_2$  و ...) و هر واحد کار نیز به تعدادی توانایی ویژه ( $P_1$  و  $P_2$  و ...) تقسیم می‌شوند. نمون برگ شماره (۱) برای دسته‌بندی توانایی‌ها بکار می‌رود. در این نمون برگ مشاهده می‌کنیم که در هر واحد کار چه نوع توانایی‌هایی وجود دارد در نمون برگ شماره (۲) واحدهای کار مرتبط با پودمان و در نمون برگ شماره (۳) اطلاعات کامل مربوط به هر پودمان درج شده است. بدیهی است هنرآموزان و هنرجویان ارجمند شاخه کاردانش و کلیه عزیزانی که در امر توسعه آموزش‌های مهارتی فعالیت دارند، می‌توانند ما را در غنای کیفی پودمان‌ها که برای توسعه آموزش‌های مهارتی تدوین شده است رهنمون و باور باشند.

سازمان پژوهش و برنامه ریزی آموزشی

دفتر برنامه ریزی و تالیف آموزش‌های

فنی و حرفه‌ای و کار دانش

## پیشگفتار

حمد و ستایش پروردگاری را که جای هستی را با آیات و جلوه‌های خویش بیاراست،  
تا صاحبان خرد در آن اندیشه کنند.

### هنرآموزان گرامی و فراگیران عزیز:

کتابی که اینک پیش رو دارید، یکی از کتاب‌های درسی نظام جدید آموزشی در شاخه کاردانش، زمینه صنعت می‌باشد که به کوشش شرکت صنایع آموزشی (وابسته به وزارت آموزش و پرورش) تالیف و چاپ شده است. این شرکت در سال ۱۳۵۴ با هدف طراحی، تولید و تامین تجهیزات کمک آموزشی، آزمایشگاهی و کارگاهی برای تمام مقاطع تحصیلی از (پیش دبستانی تا دانشگاه) تاسیس شده است.

مهم‌ترین رسالت شرکت، حمایت و پشتیبانی همه جانبه از آموزش کشور در جهت تحقق اهداف آموزش و پرورش است در این راستا با بهره‌گیری از آخرین فناوری کشورهای پیشرفته صنعتی بسیاری از تجهیزات آموزشی کلاس‌ها، آزمایشگاه‌ها و کارگاه‌ها را تولید نموده است.

یکی دیگر از خدمات شرکت صنایع آموزشی، همکاری با سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش برای تالیف کتاب‌های درسی است. در تالیف این کتاب‌ها پیشکسوتان و صاحب‌نظران آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و مهارتی در نهایت صمیمیت، این شرکت را یاری داده‌اند تا کتابی آسان، روان و خودآموز تهیه و در اختیار فراگیران عزیز مهارت‌های صنعتی قرار دهند. شیوه نگارش این کتاب منطبق با شیوه آموزش مهارت پودمانی (Modular) یا پیمان‌های می‌باشد. این شیوه آموزش مهارت، هم اکنون در بسیاری از کشورهای پیشرفته صنعتی اجرا می‌شود.

امید است مدیران محترم مراکز آموزشی با تمام توان در جهت اجرای هر چه بهتر این شیوه نوین آموزش و مهارت همت گمارند تا بتوانیم به کلیه اهداف آموزشی کتاب جامه عمل بپوشانیم. با دستیابی به این اهداف آموزشی است که فراگیران عزیز در زمره صنعتگران خلاق و کارآفرین کشور عزیزمان قرار گیرند و نقش عمده‌ای در شکوفایی صنعت و اشتغال زایی ایفا نمایند.

شرکت صنایع آموزشی

واحد تحقیق و توسعه

## مقدمه

تنوع وسایل الکتریکی از قبیل وسایل ارتباطی، مصرف کننده‌های خانگی و وسایل صوتی تصویری سبب شده است برق در زندگی بشر امروزی نقش اساسی داشته باشد و در بسیاری از موارد ادامه حیات با نبود برق با مشکلات عدیده مواجه می‌شود. اکثر وسایل به منظور کاهش خطرات برق گرفتگی، کاهش حجم و صرفه‌جویی اقتصادی در ولتاژهای تغذیه پایین طراحی می‌شوند، چون تولید صنعتی برق در ولتاژهای پایین از لحاظ مسائل انتقال و توزیع و اقتصادی امکان پذیر نیست، لذا یک واسطه الکتریکی لازم است که امکان طراحی هر نوع وسیله را با هر ولتاژ مورد نیاز، برای طراحان فراهم کند و در نهایت آن‌ها را به شبکه تولید صنعتی برق ارتباط دهد. این وسیله با اهمیت، ترانسفورماتور می‌باشد. ترانسفورماتورها قادرند با تغییر در اندازه ولتاژ و جریان الکتریکی، ولتاژ و جریان الکتریکی معینی را ایجاد و ارتباط مصرف‌کننده‌ها را از چند میلی آمپر تا چند مگا آمپر به شبکه برق برقرار کنند. ولتاژهای چند ولت تا هزاران ولت را برای مصرف‌کننده‌ها تامین کنند. وجود ترانسفورماتورها سبب شده است مولدهای انرژی در مکان‌های مناسب با توجه به امکانات تولید از نقطه نظر سوخت و منابع آبی ساخته شوند و انرژی تولیدی آن‌ها با سیم‌های رابط به محل‌های مصرف انتقال داده شوند. با توجه به نقش ترانسفورماتورهای یک فاز و سه فاز در ارتباط مصرف کننده‌ها به شبکه برق، طراحی ترانسفورماتورهای یک فاز تا قدرت ۳ KVA را در این مجموعه مطالعه خواهیم کرد.

اغلب سعی شده است مطالب بیشتر از بعد عملی ارائه شوند بدین منظور از جداول بیشتر استفاده شده است و در مواردی که دانستن تئوری‌ها ضروری به نظر می‌رسید بیشتر به نتایج فرمول‌های مربوطه پرداخته شده است و اثبات آن‌ها را در حد پایین دنبال کرده‌ایم امید است هنجریان با مطالعه این مجموعه در ساخت ترانسفورماتورها، قدم‌های اولیه را بردارند. از آنجایی که هر مجموعه‌ای دور از عیب نمی‌باشد از عزیزان استدعا می‌شود در بهبود و رفع نواقص ما را یاری کنند و نظرات اصلاحی را به دفتر تالیف کتب درسی ارسال نمایند.

با تشکر

مؤلف

## فهرست عناوین

صفحه

عنوان

۱	واحد کار اول: توانایی لحیم کاری روی سیم‌های مسی
۲	پیش آزمون (۱)
۳	۱-۱- لحیم کاری و کاربرد آن
۴	۱-۲- آماده کردن سطوح جهت لحیم کاری
۵	۱-۳- روغن لحیم و پودر نشادر
۶	۱-۴- سیم لحیم و انواع آن
۷	۱-۵- انواع هویه و کاربرد آن‌ها
۹	۱-۶- مواد تمیزکننده شیمیایی
۱۰	۱-۷- تمیز کردن سرهویه
۱۰	۱-۸- ابزارهای مورد نیاز برای اتصال سیم‌ها
۱۱	۱-۹- اصول لحیم کاری روی سیم‌ها یا هویه قلمی و القایی
۱۷	کار عملی (۱)
۱۸	کار عملی (۲)
۱۹	کار عملی (۳)
۱۹	کار عملی (۴)
۲۰	آزمون پایانی (۱)

۲۱	واحد کار دوم: توانایی اندازه‌گیری قطر سیم
۲۲	پیش آزمون (۲)
۲۳	۲-۱- طبقه بندی سیم‌ها
۲۳	۲-۲- چگالی جریان
۲۶	۲-۳- میکرومتر
۲۷	۲-۴- کار عملی (۱)
۲۸	۲-۵- کار عملی (۲)
۲۹	۲-۶- کار عملی (۳)
۳۰	آزمون پایانی (۲)

۳۱	واحد کار سوم: توانایی شناخت و بررسی عملکرد ترانسفورماتورها
۳۲	پیش آزمون (۳)
۳۳	۳-۱- تعریف و کاربرد ترانسفورماتورها
۳۳	۳-۲- ساختمان ترانسفورماتور تک فاز
۳۴	۳-۳- اساس کار ترانسفورماتور



۳۷	۳-۴- ترانسفورماتورهای ایده آل
۳۸	۳-۵- ترانسفورماتورهای حقیقی (واقعی)
۴۰	۳-۶- افت فشار کلی در ترانسفورماتورها
۴۰	۳-۷- تلفات توان در ترانسفورماتورها
۴۱	۳-۸- انواع ترانسفورماتورهای تک فاز
۴۶	۳-۹- پلاک مشخصات ترانسفورماتورهای تک فاز
۴۹	۳-۱۰- ترانسفورماتورهای سه فاز
۵۱	۳-۱۱- ترانسفورماتورهای اندازه گیری
۵۲	۳-۱۲- تشخیص سالم بودن سیم پیچ ها و عایق ترانسفورماتور
۵۴	۳-۱۳- تعیین سیم پیچ فشار ضعیف و سیم پیچ فشارقوی ترانسفورماتور
۵۴	۳-۱۴- موازی کردن ترانسفورماتورها
۵۶	۳-۱۵- نقشه خوانی و نقشه کشی ترانسفورماتور
۶۰	کار عملی (۱)
۶۱	کار عملی (۲)
۶۲	کار عملی (۳)
۶۳	آزمون پایانی (۳)
۶۵	واحد کار چهارم: توانایی سیم پیچی ترانسفورماتورهای تک فاز
۶۶	پیش آزمون (۴)
۶۷	۴-۱- محاسبه ی سطح مقطع هسته
۶۸	۴-۲- ابعاد هسته
۶۹	۴-۳- محاسبه تعداد دور سیم پیچ اولیه و ثانویه
۷۲	۴-۴- تعیین قطر اولیه و ثانویه
۷۲	۴-۵- چگالی جریان (I)
۷۳	۴-۶- تبدیل سیم های یک لایه به چند لا و بالعکس
۷۴	۴-۷- تبدیل سیم سیم مسی به آلومینیومی و بالعکس
۷۴	۴-۸- انتخاب ورق ترانسفورماتورهای تک فاز
۷۵	۴-۹- طراحی قرقره ترانسفورماتور تک فاز
۷۹	۴-۱۰- عایق های به کار رفته در ترانسفورماتور
۸۱	کار عملی (۱): سیم پیچی ترانسفورماتورهای تک فاز
۸۵	۴-۱۱- ترانسفورماتورهای باچند ورودی و خروجی
۸۸	کار عملی (۲)
۸۹	۴-۱۲- سیم پیچی اتو ترانسفورماتورها

۹۲	۱۳-۴- محاسبات عملی ترانسفورماتورهای تک فاز با استفاده از منحنی ها
۹۴	کار عملی (۳)
۱۱۸	کار عملی (۴)
	آزمون پایانی (۴)
۱۱۹	واحد کار پنجم: توانایی شناخت و بکارگیری انواع دستگاه های الکتریکی
۱۲۰	پیش آزمون (۵)
۱۲۱	۱-۵- اندازه گیری و دستگاه های اندازه گیری
۱۲۱	۲-۵- روش ها و مفاهیم اندازه گیری
۱۲۴	۳-۵- مشخصات کلی دستگاه های اندازه گیری عقربه ای
۱۲۷	۴-۵- انواع وسایل اندازه گیری عقربه ای
۱۳۴	۵-۵- اندازه گیری کمیت های الکتریکی
۱۴۲	۶-۵- تلفات ترانسفورماتورها
۱۴۸	کار عملی (۱)
۱۵۰	کار عملی (۲)
۱۵۳	کار عملی (۳)
۱۵۴	کار شماره (۴)
۱۵۵	کار شماره (۵)
۱۵۶	آزمون پایانی (۵)
۱۵۸	پاسخ پیش آزمون ها
۱۵۹	منابع و مآخذ

## هدف کلی پودمان

محاسبه و ساخت ترانسفورماتور و اتو ترانسفورماتورهای تک فاز تا قدرت ۳ KVA

ساعت			عنوان توانایی	شماره توانایی	واحد کار
جمع	عملی	نظری			
۲۱	۹	۳	توانایی لحیم کاری روی سیم‌های مسی	۸	۱
۲	۱	۱	توانایی کار با ابزار و وسایل اندازه‌گیری در سیستم‌های میلیمتری و اینچی (میکرومتر)	۲	۲
۲۲	۷	۱۵	توانایی شناخت و بررسی عملکرد ترانسفورماتورها	۱۳	۳
۶۰	۲۴	۱۸	توانایی سیم پیچی ترانسفورماتورهای تکفاز	۱۴	۴
۳۶	۲۴	۱۲	توانایی شناخت و بکارگیری انواع دستگاههای اندازه‌گیری و الکتریکی	۱۰	۵
			جمع کل		

