به منظور تسریع در آموزش و درهم تنیدگی IT و ICT در برنامه‌ی آموزشی توصیه می‌شود هنرآموزان محترم از نرم‌افزارهای مرتبط با موضوع درسی این کتاب استفاده نمایند.

پیش‌گفتار

کتاب تکنولوژی و کارگاه سیم‌پیچی به ارزش ۲/۵ واحد و به مدت ۶ ساعت در هفته با استفاده از کتاب‌های تجربه شده در هنرستان تهیه و تنظیم شده است. هدف از آموزش این کتاب، ایجاد مهارت‌های موردنیاز نظری و عملی در زمینه‌ی ترانس‌پیچی، موتورپیچی است. از هنرجویان و همکاران عزیز تقاضا می‌شود کارهای عملی ارائه شده در این کتاب را به‌طور دقیق اجرا کنند و در مواقع ضروری و متناسب با نیاز، کار عملی دیگری را که بتواند اهداف رفتاری را پوشش دهد، جایگزین سازند. در خاتمه توصیه می‌شود قبل از شروع هر موضوع کاری، اهداف رفتاری آن مبحث مورد توجه دقیق قرار گیرد.

هدف کلی

انجام محاسبه و اجرای عملی سیم‌پیچی ترانسفورماتورهای تک فاز، تجدید سیم‌پیچی موتورهای تک‌فاز و سه‌فاز.

فصل اوّل

ساعات آموزش		
نظری	عملی	جمع
۱	ـ	۱

اجزای ترانسفورماتور

هدف‌های رفتاری: از هنرجو انتظار می‌رود در پایان این فصل بتواند :

۱ــ قسمت‌های مختلف ترانسفورماتور را نام ببرد.

۲ــ انواع هسته‌ی ترانسفورماتور را شرح دهد.

۳ــ انواع سیم‌پیچی ترانسفورماتور را شرح دهد.

۱ــ اجزای ترانسفورماتور

مقدمه

با اصول مقدماتی و ساختمان ترانسفورماتورها در درس ماشین‌های الکتریکی آشنا می‌شوید. باید توجه داشته باشید که به‌علت تلفات و مسائل اقتصادی و عوامل دیگر که در طراحی و ساختمان ترانسفورماتورها مؤثرند، نمی‌توان به‌سادگی از فرمول‌هایی که تا به‌حال ارائه شده است برای ساختن ترانسفورماتور استفاده کرد. بنابراین، در این‌جا به بررسی ساختمان و محاسبه‌ی عملی ترانسفورماتورهای کوچک می‌پردازیم.

لازم به تذکر است که ترانسفورماتورها را با توجه به کاربرد و خصوصیات آن‌ها به سه دسته کوچک، متوسط و بزرگ دسته‌بندی می‌کنند.

ساختن ترانسفورماتورهای بزرگ و متوسط به‌دلیل مسائل حفاظتی و عایق‌بندی و امکانات موجود، کار ساده‌ای نیست. لذا در این بخش ما فقط ترانسفورماتورهای کوچک (تا قدرت ۳/۵ کیلو ولت‌آمپر و ولتاژ تا ۳۸۰ ولت) را بررسی خواهیم کرد.

موارد استفاده‌ی این ترانسفورماتورها امروزه بسیار زیاد است ؛ مثلاً در یکسوسازها، مصرف‌کننده‌های کم قدرت که به‌ولتاژ کم وصل می‌شوند، وسایل الکترونیکی، اسباب‌بازی‌ها و... از این ترانسفورماتورها استفاده می‌شود.

برای ساختن ترانسفورماتورهای کوچک، اجزای آن مانند ورقه‌های آهن، سیم و قرقره را به‌سادگی می‌توان تهیه کرد.

برای محاسبه و ساخت یک ترانسفورماتور می‌توان با استفاده از عوامل و روابط موجود، مجهولات مطلوب را محاسبه کرد. علاوه براین برای ترانسفورماتورهای مشخص و استاندارد شده نیز جداول یا منحنی‌هایی وجود دارد که به‌سادگی می‌توان از روی آن‌ها مجهولات را به‌دست آورد.

در این‌جا به بررسی هریک از این روش‌ها برای ساختن یک ترانسفورماتور یک فاز می‌پردازیم.

اجزای تشکیل دهنده‌ی یک ترانسفورماتور به‌شرح زیر است :

۱ــ ۱ــ هسته‌ی ترانسفورماتور

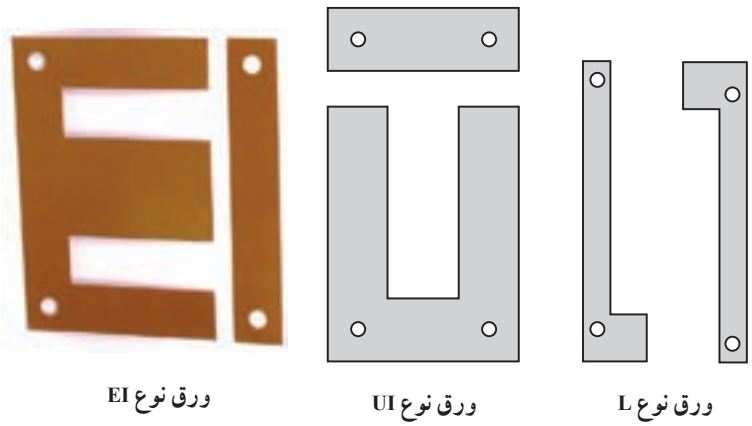
هسته‌ی ترانسفورماتور متشکل از ورقه‌های نازک است که سطح آن‌ها با توجه به قدرت ترانسفورماتور محاسبه می‌شود.

برای کم کردن تلفات آهنی، هسته‌ی ترانسفورماتور را نمی‌توان به‌طور یک‌پارچه ساخت. بلکه معمولاً آن‌ها را از ورقه‌های نازک فلزی که نسبت به یک‌دیگر عایق‌اند، می‌سازند.

این ورقه‌ها از آهن بدون پسماند (ورق دینامو‌بلش) با آلیاژی از سیلیسیم (حداکثر ۴/۵ درصد) که دارای قابلیت هدایت الکتریکی کم و قابلیت هدایت مغناطیسی زیاد است ساخته می‌شوند. در اثر زیاد شدن مقدار سیلیسیم، ورقه‌های دینامو‌بلش شکننده می‌شود. برای عایق کردن ورق‌های ترانسفورماتور، قبلاً از یک کاغذ نازک مخصوص که در یک سمت این ورقه چسبانده می‌شد، استفاده می‌کردند اما امروزه بدین منظور در هنگام ساختن و نورد این ورقه‌ها یک لایه‌ی نازک اکسید، فسفات یا سیلیکات به‌ضخامت ۲ تا ۲۰ میکرون به‌عنوان عایق در روی آن‌ها می‌مالند و با آن روی ورقه‌ها را می‌پوشانند. علاوه‌بر این، از لاک مخصوص نیز برای عایق کردن یک طرف ورقه‌ها استفاده می‌شود.

ورقه‌های ترانسفورماتور دارای یک لایه عایق هستند ؛ بنابراین، درموقع محاسبه‌ی سطح مقطع هسته باید سطح آهن خالص را منظور کرد.

ورقه‌های ترانسفورماتور را به ضخامت‌های ۰/۳۵ و ۰/۵ میلی‌متر و در اندازه‌های استاندارد به شکل‌های مختلف می‌سازند. چند نمونه از ورقه‌ها در شکل‌های ۱ــ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱ــ۱ ــ انواع ورق‌های دینامو‌بلش

معمولی‌ترین ورقه‌های استاندارد شده به شکل EI است که اندازه‌های آن در جدول‌های ۴ــ۲ و ۵ــ۲ داده شده است.

ورقه‌های ترانسفورماتور به فرم EI را به علت دورریز کم‌تر برای استانداردهای بالا نیز درست می‌کنند.

این ورقه‌ها را باید در داخل قرقره به‌طور متناوب از دو طرف جا زد تا بدین‌ترتیب فاصله‌ی هوایی درنتیجه، تلفات پراکندگی کم شود.

باید دقت کرد که سطح عایق شده‌ی ورقه‌های ترانسفورماتور همگی در یک جهت باشند (مثلاً همه به‌طرف بالا).

علاوه‌بر این، تا حد امکان نباید در داخل قرقره فضای خالی باقی بماند. لازم است ورقه‌ها با فشار داخل قرقره جای بگیرند تا از ارتعاش و صدا کردن آن‌ها نیز جلوگیری شود.

۲ــ۱ــ سیم‌پیچ ترانسفورماتور

معمولاً برای سیم‌پیچ اولیه و ثانویه‌ی ترانسفورماتور از هادی‌های مسی با عایق (روپوش) لاکی استفاده می‌کنند. این هادی‌ها با سطح مقطع گرد و در اندازه‌های استاندارد وجود دارند و با قطر مشخص می‌شوند. در ترانسفورماتورهای پرقدرت

از هادی‌های مسی که به‌صورت تسمه هستند، استفاده می‌شود. ابعاد این‌گونه هادی‌ها نیز استاندارد است.

سیم‌پیچ ترانسفورماتورهای کوچک برروی قرقره در طبقات مختلف پیچیده می‌شود. به‌طوری که در شکل ۲ــ۱ نشان داده شده است، ابتدای طبقه‌ی اول (حلقه‌ی شماره‌ی ۱) و انتهای طبقه‌ی دوم (حلقه‌ی شماره‌ی ۲۲) روی یک‌دیگر قرار گرفته‌اند و بیش‌ترین ولتاژ را نسبت به یک‌دیگر دارند ؛ در صورتی که ولتاژ بین دو سیم روی‌هم قرار گرفته در نقاط دیگر این دو طبقه، کم‌تر از این مقدار است. درمورد سایر طبقات نیز همین حالت صدق می‌کند (مثلاً حلقه‌های شماره‌ی ۱۲ و ۳۳).

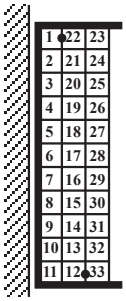
درصورتی که ماکزیمم ولتاژ بین دو حلقه بیش از ۲۵ ولت باشد، باید بین طبقات عایق قرار داد. بین سیم‌های مجزا از یک‌دیگر ــ مثلاً سیم‌پیچ‌های اولیه و ثانویه ــ نیز حتماً باید عایق قرار گیرد. در روی آخرین لایه نیز باید نوار عایق پیچیده شود و مشخصات ترانسفورماتور برروی این لایه ثبت گردد.

برای استفاده از حداکثر فضای قرقره، سیم‌ها تا حدّ ممکن باید پهلوی یک‌دیگر پیچیده شوند و بین آن‌ها فضای خالی نباشد.

چگالی جریان که برای ترانسفورماتورهای تا توان ۴KVA انتخاب می‌شود، بین $1A/mm^2$ تا $4A/mm^2$ است.

سر سیم‌پیچ‌ها را باید به‌وسیله‌ی روکش‌های عایق (وارنیش یا ماکارونی) از سوراخ‌های قرقره خارج کرد تا بدین ترتیب سیم‌ها قطع (خصوصاً در سیم‌های نازک و لایه‌های اول) یا زخمی نشوند. یک طرف این روکش‌ها باید در داخل قرقره زیر سیم‌پیچ قرار گیرد و خوب محکم شود. علاوه‌بر این، بهتر است رنگ روکش‌ها نیز متفاوت باشد تا در ترانسفورماتورهای دارای چندین سیم‌پیچ، به‌راحتی بتوان سر هر سیم‌پیچ را مشخص کرد.

بعد از اتمام سیم‌پیچی یا تعمیر سیم‌پیچ‌های ترانسفورماتور باید آن‌ها را با ولتاژهای بالاتر از ولتاژ نامی خودشان برای کنترل و کسب اطمینان از سالم بودن عایق بین بدنه و سیم‌پیچ اولیه، بدنه و سیم‌پیچ ثانویه و هم‌چنین سیم‌پیچ اولیه و سیم‌پیچ ثانویه آزمایش



شکل ۲ــ۱ــ نقاط پتانسیل زیاد

کرد. جدول ۱ــ۱ مقدار ولتاژ آزمایش را نشان می دهد.

۳ــ ۱ــ قرقره‌ی ترانسفورماتور

برای حفاظت و نگهداری از سیم‌پیچ‌های ترانسفورماتور ــ خصوصاً در ترانسفورماتورهای کوچک ــ باید از قرقره استفاده کرد.

جنس قرقره باید از مواد عایق باشد. قرقره را معمولاً از کاغذ عایق سخت (برش‌مان)، فیبرهای استخوانی یا مواد ترموپلاستیک می‌سازند. قرقره‌هایی که از جنس ترموپلاستیک هستند معمولاً یک تکه ساخته می‌شوند ولی برای ساختن قرقره‌های دیگر باید آن‌ها را در چند قطعه ساخت و سپس برروی یک‌دیگر سوار کرد.

برروی دیوارهای قرقره باید سوراخ یا شکافی ایجاد کرد تا سر سیم‌پیچ‌ها از آن‌ها خارج شوند.

اندازه‌ی قرقره باید با اندازه‌ی ورقه‌های ترانسفورماتور متناسب باشد و سیم‌پیچ نیز طوری برروی آن پیچیده شود که از لبه‌های قرقره مقداری پایین‌تر قرار گیرد تا هنگام جا زدن ورقه‌های ترانسفورماتور، لایه‌ی رویی سیم‌پیچ صدمه نبیند.

اندازه‌ی قرقره‌های ترانسفورماتور نیز استاندارد شده است اما می‌توان در تمام موارد با توجه به نیاز، قرقره‌ی مناسب را طراحی کرد و ساخت.

جدول ۱ــ۱ــ ولتاژ آزمایش برای ترانسفورماتورهای کوچک

ولتاژ آزمایش عایق به‌مدت یک دقیقه برای ولتاژهای نامی :				حفاظت از نظر عایق برای
۱۰۰۰V	۵۰۰V	۲۵۰V	۴۲V	درجات I و II
۳۰۰۰	۲۵۰۰	۱۵۰۰	۱۰۰۰	سیم‌پیچ اولیه با بدنه
				سیم‌پیچ ثانویه با بدنه
فقط برای حفاظت درجه‌ی I				سیم‌پیچ ثانویه با سیم‌پیچ اولیه
برای آزمایش مجدد با ۸۰ درصد ولتاژ آزمایش، آزمایش شود.				
درجه I ــ ترانسفورماتورهای دارای سیم حفاظ				
درجه II ــ ترانسفورماتور ولتاژ کم				