

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 تک فاز و سه فاز.

| ساعات آموزش |      |      |
|-------------|------|------|
| جمع         | عملی | نظری |
| ۱           | -    | ۱    |

## اجزای ترانسفورماتور

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

- ۱- قسمت‌های مختلف ترانسفورماتور را نام ببرد.
- ۲- انواع هسته‌ی ترانسفورماتور را شرح دهد.
- ۳- انواع سیم‌پیچی ترانسفورماتور را شرح دهد.

### ۱- اجزای ترانسفورماتور

#### مقدمه

موارد استفاده‌ی این ترانسفورماتورها امروزه بسیار زیاد است؛ مثلاً در یکسوسازها، مصرف‌کننده‌های کم قدرت که به ولتاژ 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 به سادگی می‌توان تهیه کرد.

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

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

اجزای تشکیل دهنده‌ی یک ترانسفورماتور به شرح زیر است :

با اصول مقدماتی و ساختمان ترانسفورماتورها در درس ماشین‌های الکتریکی آشنا می‌شوید. باید توجه داشته باشید که به علت تلفات و مسائل اقتصادی و عوامل دیگر که در طراحی و ساختمان ترانسفورماتورها مؤثرند، نمی‌توان به سادگی از فرمول‌هایی که تا به حال ارائه شده است برای ساختن ترانسفورماتور استفاده کرد. بنابراین، در این جا 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 به دلیل 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.

## ۱-۱- هسته‌ی ترانسفورماتور

می‌شد، استفاده می‌کردند اما امروزه بدین منظور در هنگام ساختن و نورد این ورقه‌ها یک لایه‌ی نازک اکسید، فسفات یا سیلیکات به ضخامت 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.

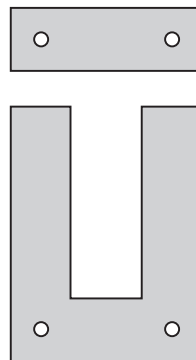
ورقه‌های ترانسفورماتور دارای یک لایه عایق هستند؛ بنابراین، درموقع محاسبه‌ی سطح مقطع هسته باید سطح آهن خالص را منظور کرد.

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 ۱-۱ نشان داده شده است.

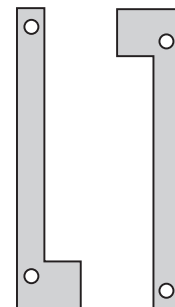
هسته‌ی ترانسفورماتور متشکل از ورقه‌های نازک است که سطح آن‌ها با توجه به قدرت ترانسفورماتور محاسبه می‌شود. برای کم کردن تلفات آهنی، هسته‌ی ترانسفورماتور را نمی‌توان به‌طور یک‌پارچه ساخت. بلکه معمولاً آن‌ها را از ورقه‌های نازک فلزی که نسبت به یک‌دیگر عایق‌اند، می‌سازند. این ورقه‌ها از آهن بدون پسماند (ورق 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



ورق نوع EI



ورق نوع UI



ورق نوع L

شکل ۱-۱- انواع ورق‌های دیناموبلش

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.

## ۱-۲- سیم پیچ 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 پر قدرت

معمولی‌ترین ورقه‌های استاندارد شده به شکل EI است که اندازه‌های آن در جدول‌های ۲-۴ و ۲-۵ 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 بدین ترتیب فاصله‌ی هوایی در نتیجه، تلفات پراکندگی کم شود.

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

|    |    |    |
|----|----|----|
| 1  | 22 | 23 |
| 2  | 21 | 24 |
| 3  | 20 | 25 |
| 4  | 19 | 26 |
| 5  | 18 | 27 |
| 6  | 17 | 28 |
| 7  | 16 | 29 |
| 8  | 15 | 30 |
| 9  | 14 | 31 |
| 10 | 13 | 32 |
| 11 | 12 | 33 |

شکل ۱-۲-۱ نقاط پتانسیل زیاد

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

### ۳-۱-۱ قرقه‌ی ترانسفورماتور

برای حفاظت و نگهداری از سیم پیچ‌های ترانسفورماتور - خصوصاً در ترانسفورماتورهای کوچک - باید از قرقه استفاده کرد.

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

بر روی دیوارهای قرقه باید سوراخ یا شکافی ایجاد کرد تا سر سیم پیچ‌ها از آن‌ها خارج شوند.

اندازه‌ی قرقه باید با اندازه‌ی ورقه‌های ترانسفورماتور متناسب باشد و سیم پیچ نیز طوری بر روی آن پیچیده شود که از لبه‌های قرقه مقداری پایین‌تر قرار گیرد تا هنگام جازدن ورقه‌های ترانسفورماتور، لایه‌ی رویی سیم پیچ صدمه نبیند.

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

از هادی‌های مسی که به صورت تسمه هستند، استفاده می‌شود. ابعاد این گونه هادی‌ها نیز استاندارد است.

سیم پیچ ترانسفورماتورهای کوچک بر روی قرقه در طبقات مختلف پیچیده می‌شود. به طوری که در شکل ۱-۲ 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 روی هم قرار گرفته در نقاط دیگر این دو طبقه، کم‌تر از این مقدار است. در مورد سایر طبقات نیز همین حالت صدق می‌کند (مثلاً حلقه‌های شماره‌ی ۱۲ و ۳۳).

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

برای استفاده از حداکثر فضای قرقه، سیم‌ها تا حد ممکن باید پهلوئی یک‌دیگر پیچیده شوند و بین آن‌ها فضای خالی نباشد. چگالی جریان که برای ترانسفورماتورهای تا توان ۴ KVA انتخاب می‌شود، بین  $1 A/mm^2$  تا  $4 A/mm^2$  است.

سر سیم پیچ‌ها را باید به وسیله‌ی روکش‌های عایق (وارنیش یا ماکارونی) از سوراخ‌های قرقه خارج کرد تا بدین ترتیب سیم‌ها قطع (خصوصاً در سیم‌های نازک و لایه‌های اول) یا زخمی نشوند. یک طرف این روکش‌ها باید در داخل قرقه زیر سیم پیچ قرار گیرد و خوب محکم شود. علاوه بر این، بهتر است رنگ روکش‌ها نیز متفاوت باشد تا در ترانسفورماتورهای دارای چندین سیم پیچ، به راحتی بتوان سر هر سیم پیچ را مشخص کرد.

بعد از اتمام سیم پیچی یا تعمیر سیم پیچ‌های ترانسفورماتور باید آن‌ها را با ولتاژهای بالاتر از ولتاژ نامی خودشان برای کنترل و کسب اطمینان از سالم بودن عایق بین بدنه و سیم پیچ اولیه، بدنه و سیم پیچ ثانویه و هم چنین سیم پیچ اولیه و سیم پیچ ثانویه آزمایش

جدول ۱-۱- ولتاژ آزمایش برای ترانسفورماتورهای کوچک

| ولتاژ آزمایش عایق به مدت یک دقیقه برای ولتاژهای نامی : | ۴۲ <sup>v</sup> | ۲۵۰ <sup>v</sup> | ۵۰۰ <sup>v</sup> | ۱۰۰۰ <sup>v</sup> |
|--|-----------------|------------------|------------------|-------------------|
| حفاظت از نظر عایق برای درجات I و II                    |                 |                  |                  |                   |
| سیم پیچ اولیه با بدنه                                  | ۱۰۰۰            | ۱۵۰۰             | ۲۵۰۰             | ۳۰۰۰              |
| سیم پیچ ثانویه با بدنه                                 |                 |                  |                  |                   |
| سیم پیچ ثانویه با سیم پیچ اولیه                        |                 |                  |                  |                   |
| فقط برای حفاظت درجه ی I                                |                 |                  |                  |                   |
| برای آزمایش مجدد با ۸۰ درصد ولتاژ آزمایش، آزمایش شود.  |                 |                  |                  |                   |
| درجه I – ترانسفورماتورهای دارای سیم حفاظ               |                 |                  |                  |                   |
| درجه II – ترانسفورماتور ولتاژ کم                       |                 |                  |                  |                   |