

کارگاه تخصصی ترانسفورماتور





فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۱	طراحی ترانسفورماتور يك فاز.....
۲۹	آزمایشهای ترانسفورماتور يك فاز.....
۳۳	مواد الكتریکی.....
۳۵	خواص مواد عایق.....
۳۷	عایقهای مورد استفاده در ترانسفورماتور.....
۴۰	مواد هادی.....
۴۱	حفاظت و کنترل ترانسفورماتور.....
۴۷	عایقهای چینی یا ایزولاتورها.....
۴۸	رنگ ترانسفورماتور.....
۴۸	خنك کردن ترانسفورماتورهای توزیع.....
۴۸	تپ چنجر.....
۵۰	دستگاه تصفیه روغن.....
۵۱	دستگاه تست روغن.....
۵۲	اجزای تشکیل دهنده ترانسفورماتور.....
۵۳	دستور العمل کارگاهی جهت تعمیر ترانسفورماتور.....
۵۳	هسته ترانسفورماتور.....
۵۴	سیم پیچ ترانسفورماتور.....
۵۸	طرز کار تپ چنجر.....
۶۰	اتصالات سیم های خروجی.....
۶۲	بوئینگ ترانسفورماتور.....
۶۲	عایق بندی ترانسفورماتور.....
۶۵	خشك کردن ترانسفورماتور.....
۶۵	تعمیرات ترانسفورماتور.....



POWEREN.IR

PowerEn.ir

- ۶۵..... عیب یابی ترانسفورماتور
- ۶۷..... سیم پیچی ترانسفورماتور
- ۶۸..... قالب سازی و عایق کاری ترانسفورماتور
- ۶۹..... رطوبت گیری و خشک کردن ترانسفورماتور
- ۷۱..... آزمایشهای ترانسفورماتور

برای احسن ترانسفورماتور، مشخصات مضبوط آن باید معلوم باشد بطوریکه از مشخصات زائد عبور ندهد.
تقسیم می‌نمائیم:

- اول: مشخصاتی که باید توسط سفارش دهنده به طراح داده شود.
- دوم: مشخصاتی که باید از روی اطلاعات اولیه، توسط طراح محاسبه گردد.
- سوم: مشخصات عملی قسمتهای مختلف ترانسفورماتور که باید توسط طراح با استفاده از مناسب ترین اجناس و مواد اولیه، موجود بکمک مشخصات آنها انتخاب گردیده، به قسمت تولید کننده جهت ساختن ترانسفورماتور داده شود.

این سه دسته مشخصات عبارتند از:

۱- مشخصات دسته اول:

- الف: ولتاژ یا ولتاژهای ورودی به ترانسفورماتور (V_{11} و V_{12} و ... و V_{1M})
- ب: ولتاژ یا ولتاژهای خروجی که ترانسفورماتور باید جهت استفاده در ثانویه تولید نماید.
(V_{21} و V_{22} و ... و V_{2M})
- ج: قدرت ظاهری ترانسفورماتور بر حسب VA.
- د: ضریب بهره (راندمان)
- ه: اطلاعات لازم راجع به چگونگی کاربرد ترانسفورماتور بمنظور برآورد هدف های سفارش دهنده و رعایت صرفه جوئی اقتصادی.

۲- مشخصات دسته دوم عبارتند از:

- الف: سطح مقطع هسته ترانسفورماتور.
 - ب: دوربرولت سیم پیچهای ترانسفورماتور.
 - ج: تعداد دورسیم پیچ اولیه.
 - د: تعداد دورسیم پیچ ثانویه. (باتوجه به افت ولتاژ داخلی ترانسفورماتور).
 - ه: قطرسیم های ثانویه.
 - و: قطر سیم های اولیه (باتوجه به افت قدرت داخلی ترانسفورماتور).
- #### ۳- مشخصات دسته سوم عبارتند از:

- الف: مقدار هادی لازم برای سیم پیچهای اولیه و ثانویه با ذکر قطر و وزن سیم با در نظر گرفتن ملاحظات اقتصادی.
- ب: ابعاد هسته ترانسفورماتور با ذکر تعداد و وزن و اندازه ورق ها حفاظ و ابعاد سیمین ها و حجم اشغال شده توسط عایقها و هادیها در دور ستون.
- ج: نوع و مقدار عایقهای مورد استفاده در ترانسفورماتور.

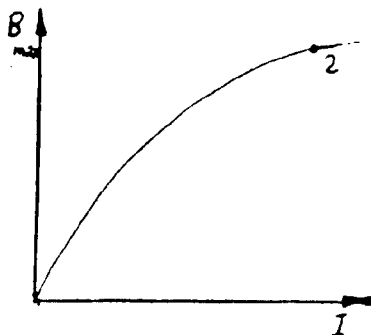
اکنون بدینصورت فسمینای مذکور در فوق میرداریم :

۲- الف : هند ترانسفورماتور، مدار معیاطسی جهت عبور قور - مساند برای محاسبه، سطح مقطع مدار معیاطسی ترانسفورماتور از فرمول زیر استفاده میشود :

$$S = \frac{C \sqrt{VA}}{2}$$

که در آن S سطح مقطع خالص هسته بر حسب سانتیمتر مربع (cm) و VA قدرت ظاهری ترانسفورماتور بر حسب ولت آمپر است .

C ضریبی است که به جنس هسته و نقطه، کار انتخاب شده، ترانسفورماتور بستگی دارد . اصولاً " نقطه، کار ترانسفورماتورها را طوری انتخاب میکنند که در ناحیه، قور منحنی هیستریزس (قسمت ۲) قرار بگیرد .



لذا باید ضریب C را بهترینی اختیار کرد که نقطه، کار ترانسفورماتور در ناحیه، مذکور واقع شود .

معمولاً عدد $C = 1/2$ برای محاسبه، سطح مقطع هسته های ترانسفورماتور بکار میرود . اما در ترانسفورماتورهای کوچک (مانند ترانسفورماتورهای مدارهای الکترونیک) $C = 1$ یا $C = 0.8$ مورد استفاده قرار میگیرد .

هسته، ترانسفورماتور جهت کاهش تلفات فوکو از ورق هایی ساخته میشود که در کنار یکدیگر چیده شده، مجموعاً " هسته را تشکیل

میدهند . روی ورق ها لایه، نازکی از عایق الکتریکی پوشیده شده است تا مانع عبور جریان فوکو از ورقی به ورق دیگر گردد . لذا سطح مقطع حقیقی هسته بخاطر ضخامت لایه های عایق کم میشود و لازمست که در عمل سطح مقطع واقعی هسته بیشتر از سطح مقطع محاسبه شده توسط رابطه، مذکور در صفحه، قبل در نظر گرفته شود تا جبران کاهش سطح مقطع بعمل آید .

ضخامت لایه، عایقی روی ورق ها باندازه ای است که بیشتر از ۱۰ درصد سطح مقطع هسته را اشغال نمیکند . بنابراین کفایت که برای محاسبه، سطح مقطع عملی هسته ۱۰ درصد به مقدار آن اضافه نماییم .

$$S' = 1/1.1 C \sqrt{VA}$$

۲- ب : محاسبه، دور برولت سیم پیچهای ترانسفورماتور :

در تئوری ترانسفورماتور ملاحظه کردیم که :

$$eff = \frac{2 \pi}{\sqrt{2}} \text{ INSE max}$$

$$\frac{E_{1ff}}{N_1} = \frac{E_{2eff}}{N_2} = 4/44 \text{ PSB max}$$

$\frac{N}{E}$ رادور برولت می‌باشد که یکی از مشخصه های مهم ترانسفورماتور بوده، مقدار آن برای هر دو طرف اولیه و ثانویه یکسان است.

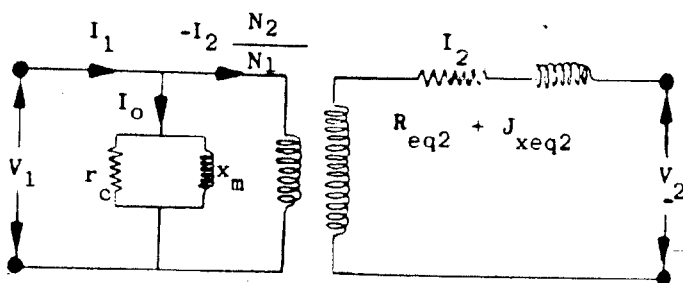
$$a = \frac{N_1}{E_1} = \frac{N_2}{E_2} = \frac{1}{\frac{2}{\sqrt{2}} fSBmax}$$

فرکانس شبکه عددی ثابت است ($f = 50 \text{ HZ}$)
 در ورقه های هسته، ترانسفورماتور معمولی، قسمت ۲ منحنی هیستریزس حدوداً بین ۱ و ۱/۵ تسلا (یا $\frac{Wb}{m^2}$) می‌باشد و معمولاً "نقطه کار هسته را ۱/۲ تسلا انتخاب میکنند. بنابراین در رابطه بالا، مقدار دور برولت (a) تابعی از $\frac{1}{S}$ می‌باشد و با قرار دادن مقدار S در آن، دور برولت را بدست می‌آوریم.

۲- ج: محاسبه تعداد دورسیم پیچ اولیه:

برای محاسبه تعداد دورسیم پیچ اولیه، فرض میکنیم که $V_1 = E_1$ یعنی از مدار معادل تقریبی ترانسفورماتور استفاده می‌نمائیم، و افت ولتاژ روی امپدانس سری ترانسفورماتور را رویهم بصورت $Z_{eq2} I_2$ در ثانویه بحساب

می‌آوریم.



بنابراین تعداد دور اولیه عبارتست از:

$$N_1 = aV_1$$

اگر دورسیم پیچ اولیه ترانسفورماتور دویاچند سر، برای اعمال ولتاژهای مختلف وجود داشته باشد، تعداد دور

برای هر ولتاژ شماره m عبارت خواهد بود از: $n = aV_1 m$

۲- د: محاسبه تعداد دورسیم پیچ ثانویه:

$$V_2 = E_2 - Z_{eq2} I_2 \quad \text{در مدار معادل ترانسفورماتور داریم:}$$

یعنی میزان افت ولتاژ ترانسفورماتور بستگی به امپدانس داخلی سری آن و جریانی که از ترانسفورماتور کشیده میشود، دارد. لذا تابعی از قدرت ترانسفورماتور میباشد درصت افت ولتاژ ترانسفورماتورهای معمولی را بطور تقریبی محاسبه نموده، در جداولی برحسب قدرت ترانسفورماتور مرتب کرده اند:

افت ولتاژ را از جدول پیدا کرده، آنرا به ولتاژ نامی مورد نیاز می‌افزائیم، سپس نیروی محرکه الکتریکی

بدست آمده را در مشخصه دور برولت ضرب کرده، تعداد دورسیم پیچ ثانویه را بدست می‌آوریم.

$$N_2 = aV_2 (1 + \Delta V\%)$$

اگر در نابود حد برداشته باشیم، تعداد دور هر سیم پنج عبارت خواهد بود از:

$$N_{2m} = aV_{2m} (1 + \Delta V \%)$$

۲- د: محاسبه قطر سیم های بوبین ثانویه:

برای محاسبه قطر سیم باید شدت جریان آن را داشته باشیم. در صورتیکه جریان ثانویه داده شود و بجای آن قدرت ترانسفورماتور توسط سفارش دهنده مشخص گردد، با تقسیم قدرت ظاهری بر ولتاژ ثانویه، جریان آنرا بدست می آوریم.

میدانیم که در اثر عبور جریان از سیم پیچها، حرارت تولید میشود و این حرارت باید دور گردد و هر چه هادی بهتر تهویه شود، جریان بیشتری میتوان از آن کشید. واضحست که هر قدر تعداد هادی های بسته شده روی یک قرقره ترانسفورماتور کمتر باشد، تهویه آن بهتر خواهد بود.

و برعکس هر قدر قدرت ترانسفورماتور بیشتر باشد، یا جریان هادیها و یا تعداد دورهای سیم پیچ بیشتر خواهد بود و در نتیجه تهویه آن مشکلتر بوده، حداکثر جریان مجاز هادی ها کمتر خواهد گردید. با توجه به توضیحاتی که داده شد، جریانی که میتوان از سیمی با سطح مقطع معین عبور داد بقدرت ترانسفورماتور و نحوه تهویه آن بستگی پیدا میکند.

- تعریف: جریانی را که از واحد سطح مقطع یک هادی عبور میکند، چگالی جریان مینامند.

$$J = \frac{I}{A} \text{ جریان سیم}$$

چگالی جریان
سطح مقطع سیم

چگالی جریان مجاز را با آزادی قدرت ترانسفورماتور در جدول یا منحنی های نشان داده، مورد استفاده قرار میدهند. بنابراین چگالی مناسب بوبینها را با توجه به قدرت ترانسفورماتور انتخاب نموده، با تقسیم جریان ثانویه بر آن، سطح مقطع هادی مورد نیاز بدست می آید.

در صورتیکه ثانویه دارای چند سیم پیچ باشد، سطح مقطع هر قسمت بهمین روش تعیین میشود.

$$A_2 = \frac{I_2}{J}$$

۲- و: محاسبه قطر هادی بوبین اولیه ترانسفورماتور:

برای محاسبه جریان سیم پیچ اولیه، در صورتیکه راندمان و قدرت خروجی ترانسفورماتور معلوم باشد، از رابطه $I_1 = \frac{V_2 I_2}{V_1 \cdot \eta}$ استفاده می نمائیم.

میتوان نخست با صرف نظر از افت انرژی داخلی ترانسفورماتور، جریان اولیه را تقسیم قدرت خروجی ترانسفورماتور بر ولتاژ طرف اول بدست آورده، سپس قطر سیم انتخاب شده را قدری بزرگتر از مقدار لازم در نظر بگیریم. در صورتیکه دقت محاسبه مورد نظر نباشد، میتوان عیناً " هادی را مطابق با جریان حاصل از تقسیم قدرت خروجی بر ولتاژ اولیه انتخاب کنیم.

۱- اکنون با فرض جریان اولیه و حکالی جریان مناسب با توجه به قدرت و ولتاژ ترانسفورماتور

$$A_1 = \frac{I_1}{J}$$

۳- الف: تعیین مقدار هادی لازم برای سیم پیچهای اولیه و ثانویه در قسمت قمل، طریقه محاسبه تعداد دور و قطر سیم بوسینهای لولپیه با ولتاژ اولیه را ذکر کردیم قطر سیم محاسبه شده استاندارد نمیباشد و لذا باید با مراعده به جدول قطر سیم های استاندارد موجود نزدیکترین سیم را به مقدار محاسبه شده انتخاب کنیم.

اکنون با توجه به تعداد دور و قطر سیم و ابعاد هسته عایقهای بکار رفته، طول سیم لازم برای سیم پیچی اولیه و ثانویه را تعیین می‌نمائیم. معمولاً قیمت هادی بر حسب واحد وزن آن داده میشود.

۳- ب: تعیین ابعاد هسته ترانسفورماتور و مقدار ورق مغناطیسی لازم: طریقه محاسبه سطح مقطع هسته ذکر شد. اکنون باید شکل جیدن و اتصال ورقهای هسته برای تشکیل مدار مغناطیسی معین گردد.

ابعاد ستون ها و یوغهای هسته ترانسفورماتور و فاصله بین ستونها بنحوی باید تعیین شود که در میان آنها جای کافی برای قرار گرفتن سیم پیچها و عایقهای لازم وجود داشته باشد. باین جهت لازم است که حجم اشغال شده توسط هادیها و عایقهای مربوطه محاسبه گردد تعداد هادی در واحد سطح رامیتوان با محاسبه با استفاده از جداول پیدا کرد.

هسته باید بنحوی طراحی شود که اگر مقطع آن مستطیلی است، طول و عرض آن حتی الامکان به یکدیگر نزدیک باشد.

زیرا در اینصورت هم دوران پراکندگی کمتر است و هم حجم کمتری را اشغال می‌نماید و نیز نیروهای برشی وارد بردور بوبین یکسان خواهد بود.

۳- ج: نوع و مقدار عایقهای مورد استفاده در ترانسفورماتور:

مقدار عایق مصرف شده بستگی مستقیم با ولتاژهای ترانسفورماتور و در نتیجه قدرت آن دارد. حجم عایق استفاده شده در ترانسفورماتور های کوچک تا قدرت یک کیلو ولت آمپر در حدود ۳۵ درصد حجم هادی هاست.

مثال:

ترانسفورماتوری خشک مورد نیاز است که ولتاژ اولیه آن ۲۲۰ ولت بوده، ولتاژ ثانویه آن با جریان ۴ آمپر، ۲۵ ولت باشد. ($\eta = 85\%$ راندمان). اندوکسیون ماکزیمم ۱/۲ تسلا در نظر گرفته شود. فرکانس = ۵۰ هرتز.

الف: مشخصاتی که توسط سفارش دهنده داده شده است.

$$V_1 = 220 \text{ Volt}$$

$$V_2 = 25 \text{ Volt}$$

$$V_A = 25 \times 4 = 100 \text{ ترانسفورماتور } 100$$

ب: محاسباتی که توسط طراح باید محاسبه شود، عبارتند از:

سطح مقطع هسته ترانسفورماتور، دوربرولت سیم بیجها، تعداد دورسیم بیجهای اولیه و ثانویه قطر سیم.

$$S = 1/2 \sqrt{VA}$$

- محاسبه سطح مقطع حقیقی هسته ترانسفورماتور:

$$S = 1/2 \sqrt{VA}$$

$$S = 1/2 \sqrt{100} = 1/2 \times 10 = 12 \text{ cm}^2$$

- محاسبه سطح مقطع ظاهری هسته ترانسفورماتور:

$$S' = 1/1 S = 12/2 \text{ cm}^2$$

- محاسبه " دوربرولت ":

$$a = \frac{1}{4/44 f_{SBmax}}$$

$$a = \frac{10^4}{4/44 \times 50 \times 12 \times 1/2} = 2/84 \frac{\text{دور}}{\text{ولت}}$$

- محاسبه تعداد دورهای اولیه:

$$N_1 = aV_1 = 2/84 \times 220 = 625 \text{ دور}$$

- محاسبه تعداد دورهای ثانویه:

نخست باید افت ولتاژ ترانسفورماتور را داشته باشیم. باین منظور میتوان از جدولی که تهیه شده، مثل جدول مقابل استفاده نمود. از جدول مقابل، بازای قدرت ظاهری ۱۰۰ ولت آمپر، درصدافت ولتاژ ۹٪ میباشد.

قدرت ترانس برحسب VA	درصدافت ولتاژ ۷%
۵	۲۰
۱۰	۱۷
۲۵	۱۵
۵۰	۱۲
۷۵	۱۰
۱۰۰	۹
۱۵۰	۸
۲۰۰	۷/۵
۳۰۰	۷
۴۰۰	۶/۵
۵۰۰	۶

$$V_{O2} = V_2 + V_2 \times 3 \Delta V = 1,09 V_2$$

$$V_{O2} = 25 \times 1,09 = 27,25 \text{ Volt}$$

$$N_2 = aV_{O2} = 2/84 \times 27,25 = 78 \text{ دور}$$

— محاسبه فترسیم های اولیه و ثانویه : آمپر

$$I_1 = \frac{V_2 I_2}{V_1 \xi} = \frac{25 \times 4}{220 \times 0,80} = 0,57$$

$$I_2 = 4 \text{ آمپر}$$

لازمست که باتوجه به قدرت ترانسفورماتور ، چگالی جریان را درسیم پیچهای ترانسفورماتور بیدانائیم .

بدین منظور جداولی تهیه شده است که نمونه آن بصورت مقابل

میباشد . ازاین جدول ، چگالی جریان سیم پیچهای ترانسفورماتور

۱۰۰ ولت آمپر مفروض را ۳ آمپر بر میلیمتر مربع در نظر میگیریم .

$$J = \frac{I}{A}$$

سطح مقطع سیم

قدرت ترانسفورماتور بر حسب ولت آمپر	چگالی جریان بر حسب $\frac{A}{mm^2}$
۵۰ تا ۱۰۰	۴
۱۰۰ تا ۲۰۰	۳/۵
۲۰۰ تا ۳۰۰	۳
۳۰۰ تا ۵۰۰	۲/۵
۵۰۰ تا ۱۰۰۰	۲

$$A_1 = \frac{0,57}{3} = 0,19 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = \frac{4}{3} = 1,33 \text{ mm}^2$$

سطح مقطع های بدست آمده استاندارد نیست و باید به کمک جدول ۱۰ سیم های استاندارد موجود، انتخاب
مانیم به کمک جدول قطر سیم های انتخاب شده جهت سیم بیچی اولیه و ثانویه عبارت خواهد بود از:

$$A_1 = 0.19 \text{ mm}^2 \quad d_1 = 0.5 \text{ mm}$$

$$A_2 = 1.22 \text{ mm}^2 \quad d_2 = 1.3 \text{ mm}$$

انتخاب هسته مناسب جهت ترانسفورماتور:

نخست باید سطح اشغال شده توسط هادی های اولیه و ثانویه را محاسبه کنیم.

بدین منظور از جدول ۱۰ مشخصات سیم ها استفاده می کنیم.

مطابق جدول ۱۰ جدول ۱۱: مسوی ۶۲۵ دور و ۱۰ مساوی ۷۸ دور است تا وجود بد نظر سم ها خواهیم داشت

هادی cm^2

۱ ۳۰۰

$$x_1 = 625 \Rightarrow x_1 = 2/0.8 \text{ cm}^2$$

سطح مقطع اشغال شده توسط سیم بیج اولیه

هادی cm^2

۱ ۴۵

$$x_2 = 78 \Rightarrow x_2 = 1/72 \text{ cm}^2$$

سطح مقطع اشغال شده توسط سیم بیج ثانویه

$$x_1 + x_2 = 2/0.8 + 1/72 = 3/81$$

مجموع فضای اشغال شده توسط سیم بیجها

با توجه باینکه ورق مورد دسترس از نوع EI میباشد با مراجعه به جدول ۹ تعداد مورد نظر را انتخاب میکنیم.

$$t.c \gg x_1 + x_2 \text{ باید}$$

$$t.c \gg 2/0.8 + 1/72 \Rightarrow t.c \gg 3/81 \text{ cm}^2$$

و جذر $S = 13/2$ یعنی $S = 3/62 = \sqrt{13/2}$ به $a = 3/5$ نزدیکتر است لذا نمونه آهن شماره ۷ انتخاب گردید.

$$a = 3/5 \text{ cm}$$

$$a \cdot b = 13/2 = 3/5 b \quad b = \frac{132}{25} \text{ cm}$$

چنانچه ضخامت هر ورق آهن برابر ۰/۵ میلیمتر باشد تعداد کل ورقهای آهن برابر است با:

$$\text{تعداد ورقها} = \frac{132}{\frac{35}{0.5} \times 10} = 75/42 \quad \text{ورق ۷۶}$$

بدن سال بیشتر در ساخت مواد برای ورق های هسته و هسته های نواری برش دار ، اکنون انواع مختلف این ورق ها و نوارها بسیار زیاد شده است . مهمترین آنها اکنون ورق ها و نوارهای دینامو که سرد نورد شده اند میباشد که با کریستالهای با نظم و با کریستالهای بی نظم در یک ورق یا نوارهای گرم نورد شده در حال حاضر هموز وجود دارند . در استفاده از آهن سیلیسیم دار کم افت با کریستالهای منظم برای ورقهای هسته (نه برای هسته های نواری برش دار) جهت مغناطیسی عرضی برای شارژ مغناطیسی بکار برده میشود .

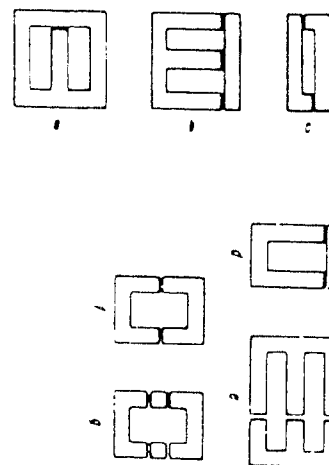
هسته ها را از ورق هایی که بصورت لایه لایه روی هم قرار داده میشوند میسازند. به علت افت جریان فوکو ، هسته ها را ورقه ورقه میسازند و بین آنها را بوسیله اکسیداسیون یا کاغذ عایق می پوشانند و یا اینکه از ورق های عایق شده استفاده میکنند . فاصله هوایی که هنگام ساخت ترانسفورماتور بوجود می آید ، بوسیله متناوب قرار دادن ورق ها بر روی یکدیگر عملاً " از بین می رود ضخامت ورق در ترانسفورماتورهای کوچک اغلب ۰/۳۵ میلیمتر میباشد .

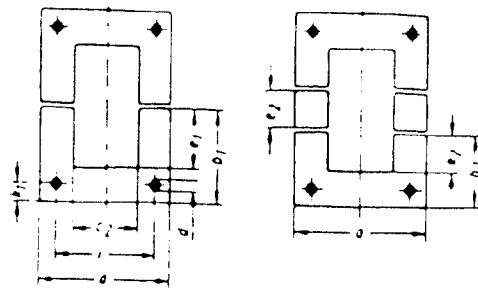
انواع فرم هسته ها :

انواع بسیار زیادی از فرم برش هسته ها وجود دارد ، از قبیل فرم های E, EI, M, L, U, I, E با هسته های از ورق EE و هسته های بهم چسبیده EK و ورق های هسته ای ED (شکل ۱) .
 از میان انواع گوناگون ورق ها ، ورق M بیشتر بکار برده میشود زیرا دارای کمترین پراکندگی شار میباشد . در هسته های M ، فاصله هوایی عملاً " وجود ندارد . با قرار دادن ورق ها بصورت متناوب در خلاف جهت یکدیگر ، مدار مغناطیسی ترانسفورماتور بسته خواهد شد . امروزه از سایر انواع هسته ها ، از قبیل هسته های نواری برش دار نیز بسیار زیاد استفاده میشود . ولی در این موارد قیمت مواد افزایش می یابد .

در جدول ۱ معرفی استانداردهای DIN برای تمام فرم های هسته که در حال حاضر معتبر میباشد آمده است . در اینجا به جدول استاندارد DIN ۴۱۳۰۲ قسمت ۱ از نوامبر ۱۹۷۶ اشاره شده است ، که بسیار مهم میباشد .

DIN	تاریخ	شرح
41 302	Teil 1 November 1976	ورق هسته ، اندازه ها
41 302	Teil 2 November 1973	درز هسته ، شرایط نسج می
41 309	Teil 1 November 1973	هسته نواری برش دار ، استاندارد اتحاد جماهیر شوروی
41 309	Teil 2 August 1973	هسته نواری برش دار ، شرایط نسج می
41 309	Teil 3 Dezember 1974	هسته نواری برش دار ، شرایط نسج می
41 310	Teil 1 E Dezember 1977	رابطه ها ، برش ها ، کوچک ها ، سوراخ ها ، استاندارد اتحاد جماهیر شوروی
41 310	Teil 2 E Dezember 1977	رابطه ها ، برش ها ، کوچک ها ، سوراخ ها ، شرایط نسج می
42 311	E November 1976	هسته نواری برش دار ، اندازه ها

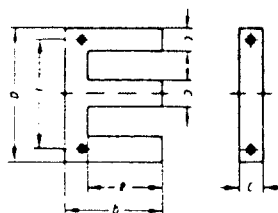




شکل ۴: ابعاد ورقهای بایرش UH و UB برطبق DIN ۴۱۳۰۲

Typ انواع	a	b ₁	b ₂	c ₁	c ₂	d	e ₁	e ₂	k ₁	ملاحظات
30	30	25	20	10	10	3.5	15	10	20	0.1
39	39	32.5	26	13	13	3.5	19.5	13	26	6.5
48	48	40	32	16	16	4.5	24	16	32	8
60	60	50	40	20	20	4.5	30	20	40	10
75	75	62.5	50	25	25	5.5	37.5	25	50	12.5
UA 90	90	75	60	30	30	7.8	45	30	60	15
UB 114	114	95	76	38	38	11	57	38	76	18
132	132	110	88	44	44	11	66	44	88	22
150	150	125	100	50	50	11	75	50	100	25
168	168	140	112	56	56	11	84	56	112	28
180	180	150	120	60	60	11	90	60	120	30
210	210	175	140	70	70	15	105	70	140	35
240	240	200	160	80	80	15	120	80	160	40

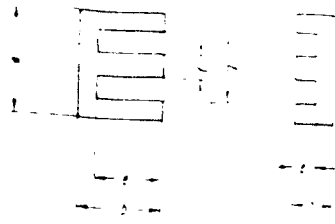
جدول ۴: ورقهای بایرش UA و UB



شکل ۵: ابعاد ورقهای بایرش 3UI، همچنین قابل استفاده برای 3U برطبق VDE ۰۴۱۱

Typ	a	b	c	e	i
3UI 30	50	40	10	30	40
3UI 39	65	52	13	39	52
3UI 48	80	64	16	48	64
3UI 60	100	80	20	60	80
3UI 75	125	100	25	75	100
3UI 90	150	120	30	90	120
3UI 114	150	152	38	114	152
3UI 132	200	176	44	132	176
3UI 150	250	200	50	150	200
3UI 168	280	224	56	168	224
3UI 180	300	240	60	180	240
3UI 210	350	280	70	210	280
3UI 240	400	320	80	240	320

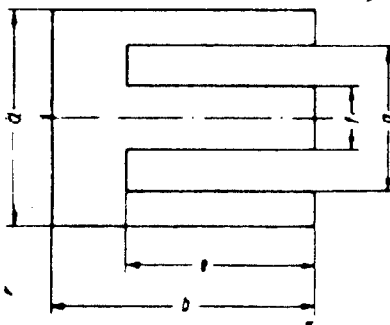
جدول ۵: ورق های 3UI



شکل ۵: ابعاد ورقهای سائرش EE بر طبق DIN ۴۱۳۰۲

ملاحظات بر روی شکل	a	b	c	f	g	مقادیر استاندارد
EE 8 E 8 x 2,5 E 8 x 5,5	8	2,5 5,5	1,3 4,3	2,4	5,6	
EE 10 E 10 x 3 E 10 x 7	10	3 7	1,5 5,5	3	7	
EE 12,6 E 12,6 x 4 E 12,6 x 8,6	12,6	4 8,6	2,1 6,7	3,8	9,8	0,1 b 0,35
EE 16 E 16 x 5 E 16 x 11	16	5 11	2,6 8,6	4,8	11,2	
EE 20 E 20 x 6 E 20 x 14	20	6 14	3 11	6	14	
EE 25 E 25 x 8 E 25 x 17	25	8 17	4,2 13,2	7,6	17,4	
EE 32 E 32 x 10 E 32 x 22	32	10 22	5,2 17,2	9,8	22,4	
EE 40 E 40 x 12 E 40 x 28	40	12 28	6 22	12	28	

جدول ۶: ورق های سائرش EE بر طبق DIN ۴۱۳۰۲



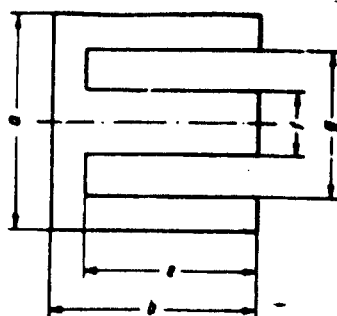
شکل ۷: ابعاد ورق های سائرش ED بر طبق DIN ۴۱۳۰۲

Typ	a	b	c	f	g	مقادیر استاندارد
ED 8	8	11	8,3	2,4	5,6	
ED 10	10	13	10	3	7	
ED 12,6	12,6	17	12,9	3,8	9,8	0,1 b 0,35
ED 16	16	21	16,1	4,8	11,2	
ED 20	20	26	20	6	14	
ED 25	25	33	25,2	7,6	17,4	
ED 32	32	42	32,2	9,8	22,4	

جدول ۷: ورق های سائرش ED

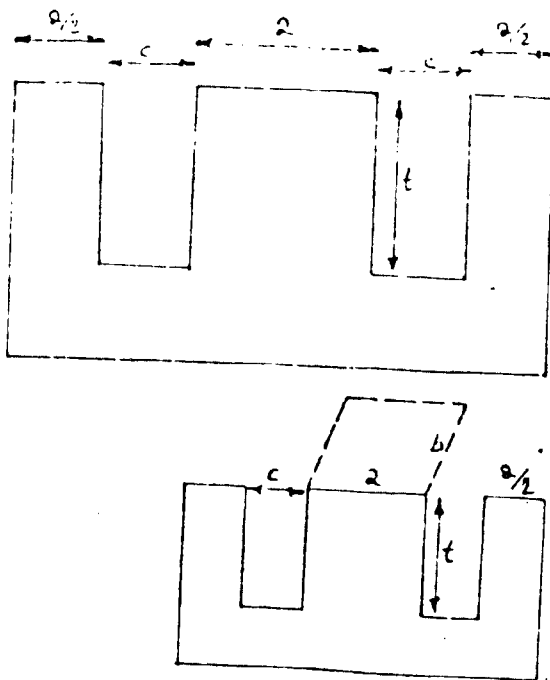
Typ	a	b	c	d	e	f
E 5	5	5	5.8	2.4	6.5	
E 10	10	10	8.5	3	7	
E 12.5	12.5	12.5	10.7	3.5	8.8	0.1
E 16	16	16	13.6	4.4	11.2	0.1
E 20	20	20	17	5	14	0.15
E 25	25	25	21.2	6.5	17.4	
E 32	32	32	27.2	8.6	22.4	
E 40	40	40	34	11	28	

جدول ۸: ابعاد ورقهای با برش E بر طبق ۴۱۳۰۲ DIN



شکل ۸: ابعاد ورقهای با برش E بر طبق ۴۱۳۰۲ DIN

شماره	بافت	جای	د	د	د
۱	۱/۲	۰/۸	۲/۱	۱/۲۸	۱/۲۸
۲	۱/۹	۰/۹	۲/۸	۳/۳۲	۳/۳۲
۳	۲/۲	۱/۱	۳/۱	۳/۳۲	۳/۳۲
۴	۲/۱۵	۱/۲	۴/۲	۵/۸۸	۵/۸۸
۵	۲/۹	۲/۲	۵/۵	۱۲/۲	۱۲/۲
۶	۳/۲	۱/۶	۴/۷	۷/۵۲	۷/۵۲
۷	۳/۵	۱/۷	۵/۲	۸/۸۲	۸/۸۲
۸	۴	۲	۷	۱۲	۱۲
۹	۴/۵	۲/۲	۶/۱	۱۳/۴۲	۱۳/۴۲
۱۰	۴/۵	۲/۲	۹/۵	۲/۹	۲/۹
۱۱	۵/۵	۲/۲	۱۳/۵	۵/۲/۵	۵/۲/۵



جدول ۹: ورق های با برش E

شکل ۹: ابعاد ورق با برش E

هسته های نواری برش دار:

پراکندگی خطوط میدان مغناطیسی در ترانسفورماتورهای شبکه، در دستگاه های بسیار حساس، مثلاً تقویت کننده های میکروولت یا اسیلوسکوپ ها، مشکلات زیادی را ایجاد میکند. حتی قراردادن حفاظ مغناطیسی بر روی ترانسفورماتور نیز کمک موثری نمیکند. در اینجا باید منبع اخلاخل کننده را از بین برد.

هسته های نواری برش دار با دو ضلع متقارن، دارای پراکندگی شار بسیار کم میباشد. هسته های نواری

برش دار در استاندارد ۴۱۳۰۹ DIN قرار دارند.

در این استاندارد یک فصل اختصاصی به هسته های نواری برش دار داده شده است. طریقه مونتاژ

هسته های نواری برش دار کاملاً با مونتاژ هسته های ورقه ای متفاوت است. این هسته ها علاوه بر شار پراکندگی

کم، دارای وزن کم و ابعاد کوچک نیز میباشد. ابعاد این هسته ها به اندازه ای است که میتوان از قرقره های

سیم پیچ طبق استاندارد ۴۱۳۰۵...۴۱۳۰۳ DIN استفاده کرد.

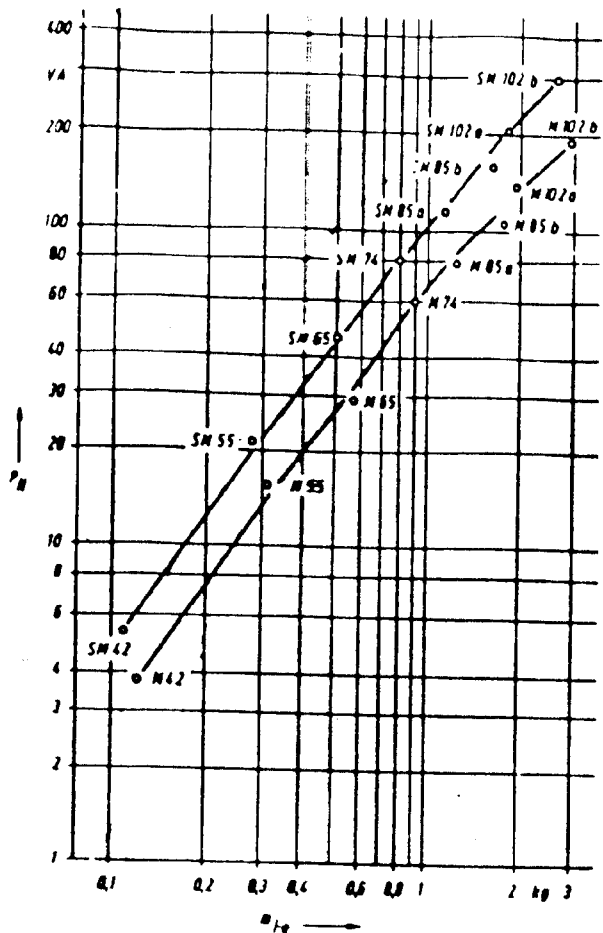
هسته های نواری برش دار را بوسیله نوارهای فلزی بهم می بندند.

مقادیر عددی در استاندارد ۴۱۳۰۹ DIN عبارتند از: افت های ویژه در هسته به مقدار W/kg ۲/۲ در

چگالی شار مغناطیسی به مقدار $1/7$ تسلا و توان دواته ویژه به مقدار $137QV/kg$.

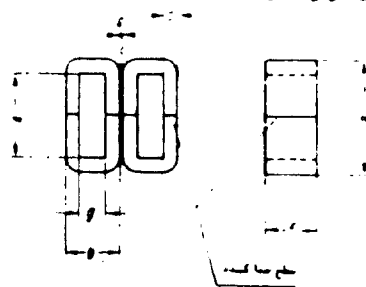
علائمی که از طرف سازندگان برای مواد گرانبیتم ویژه منحصر میشود. تراپویرم (Trafoperm)

یا هیپریم (Hyperm) میباشد.

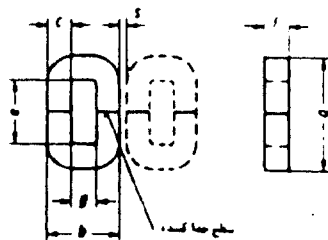


شکل ۹: توان نامی (PN) در هسته های نواری برش در از سری SM در مقایسه با هسته های ورقه ای از سری M در تابعی از وزن آنها (mFe).

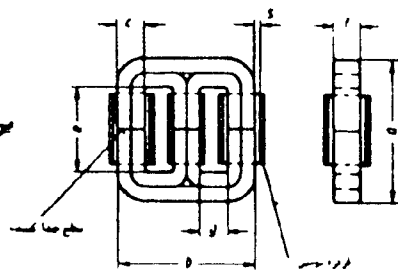
ابعاد هسته های نواری
برش دار. برای هسته های نوع SM
و SE مقیاس دو برابر و برای نوع SU
از مقیاس یک برابر.



ابعاد هسته های نواری
برش دار نوع SG



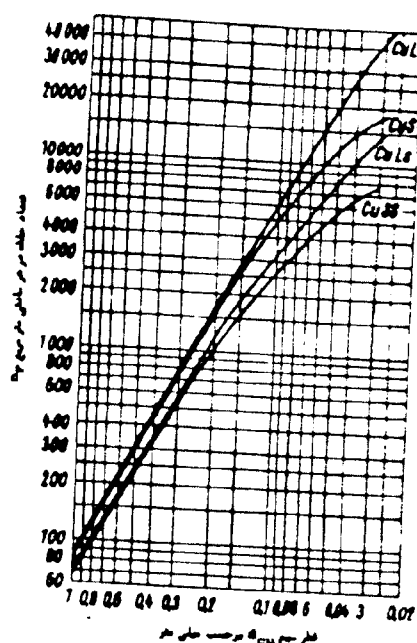
ابعاد هسته های نواری
برش دار نوع S3U



سه د و انواع سه بجه - رر سوزمانورهای تکفاز

برای سیم بجهها از سه لاک دار مسی (Cu1) استفاده منود در جدول ۹ ابعاد و منحصات سیمهای - مسی که مورد استعمال ریادی دارند آورده شده است در این جدول این مقادیر داده شده اند . قطرسم (قطر نامی) dcu ، قطر سیم-سختنویق لاکندار dcu1 برای سیم های لاکی مسی معمولی ، سطح مقطع سیم q cu وزن باره هر متر طول Gcu ، مقاومت باره هر متر طول Rcu تعداد حلقه هائیکه میتوان در یک سانیمتر مربع جای داد n۴ ، همچنین حداکثر شدت جریان مجاز I₂₅₅ و I_{1,0} برای چگالی جریان های ۲/۵۵ و ۱ آمپر بر میلی متر مربع .

از روی شکل ۱۳ میتوان تعداد حلقه هائیکه در یک سانتی متر مربع جای میگیرند برای سیمهای مسی با عایقهای متفاوت از قبیل ابریشم لاکی ، ابریشم و ابریشم دوپل بدست آورد .



منحنی برای بدست آوردن تعداد حلقه ها در هر سانتی متر مربع برای سیم های مختلف .

شکل ۱۳

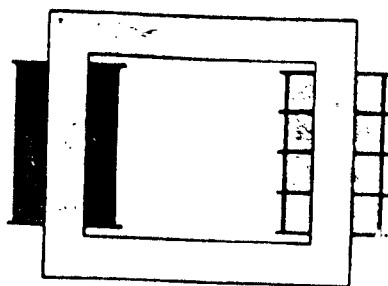
قطر - dCu mm	قطر سیم لاک نار dCuL mm	سطح مقطع سیم FCu mm ² ۹	مساحت به ارا هر متر طول GCu p/m	مقاومت به ارا هر متر طول RCu Ω/m	تعداد حلقه در هر Cm ² nP cm ⁻²	مقاومت جریان در S = 2,55 A/mm ² I2,55 mA ^۹		قطر سیم dCo mm	قطر سیم لاک نار dCuL mm	سطح مقطع سیم FCu mm ² ۹	مساحت به ارا هر متر طول GCu p/m	مقاومت به ارا هر متر طول RCu Ω/m	تعداد حلقه در هر Cm ² nP cm ⁻²	مقاومت جریان در S = 1,00 A/mm ² I1,00 mA ^۹	
						S = 2,55 I2,55 mA ^۹	S = 1 I1,00 mA ^۹								
1,43	0,46	145·10 ⁻⁴	1,342	0,1209	390	370	143								
1,44	0,47	152	1,403	0,1154	380	387	152	0,05	0,062	20·10 ⁻⁴	0,019	9,1	20 000	5	
1,45	0,48	159	1,480	0,1103	370	403	159	0,06	0,075	28	0,027	6,31	13 000	7	
1,46	0,49	166	1,540	0,1054	350	423	166	0,07	0,085	39	0,037	4,64	11 000	10	
1,47	0,50	173	1,610	0,1012	330	442	174	0,08	0,095	50	0,048	3,55	9 000	13	
1,48	0,51	181	1,680	0,0979	320	461	181	0,09	0,108	64	0,060	2,76	7 000	16	
1,49	0,52	189	1,750	0,0931	310	480	188	0,10	0,115	75	0,074	2,22	6 000	20	
1,50	0,533	196	1,830	0,0894	300	500	196	0,11	0,13	95	0,083	1,84	5 000	24	
1,51	0,545	204	1,900	0,0859	290	520	204	0,12	0,14	113	0,105	1,55	4 400	29	7
1,52	0,555	212	1,970	0,0826	280	541	212	0,13	0,15	133	0,120	1,32	3 600	34	1
1,53	0,565	221	2,043	0,0796	265	562	221	0,14	0,16	154	0,143	1,14	3 200	39	1
1,54	0,575	229	2,118	0,0766	255	583	228	0,15	0,17	177	0,164	0,99	2 800	45	1
1,55	0,59	238	2,200	0,0738	250	605	237	0,16	0,18	211	0,186	0,87	2 500	51	2
1,56	0,60	246	2,275	0,0713	240	627	246	0,17	0,19	227	0,210	0,772	2 250	58	2
1,57	0,61	255	2,355	0,0688	230	650	255	0,18	0,20	254	0,233	0,680	2 000	65	2
1,58	0,62	264	2,435	0,0664	225	673	264	0,19	0,21	284	0,260	0,627	1 800	72	2
1,59	0,63	273	2,53	0,0642	220	696	274	0,20	0,22	314	0,289	0,557	1 650	80	3
1,60	0,64	283	2,62	0,0621	210	720	283	0,21	0,23	346	0,330	0,507	1 500	88	3
1,65	0,69	334	2,97	0,0526	180	843	332	0,22	0,24	38·10 ⁻⁴	0,350	0,460	1 400	97	3
1,70	0,74	385	3,43	0,0455	160	980	384	0,23	0,25	42	0,390	0,422	1 300	106	4
1,75	0,79	444	3,95	0,0395	140	1125	442	0,24	0,26	45	0,425	0,388	1 200	116	4
1,80	0,84	504	4,48	0,0348	120	1280	502	0,25	0,27	49	0,460	0,357	1 100	125	4
1,85	0,90	570	5,07	0,0308	110	1445	566	0,26	0,285	53	0,495	0,330	1 000	135	5
1,90	0,95	636	5,66	0,0275	100	1620	636	0,27	0,295	57	0,533	0,306	950	145	5
1,95	1,00	711	6,34	0,0246	90	1805	709	0,28	0,305	62	0,571	0,283	870	157	6
2,00	1,05	786	7,00	0,0223	83	2000	785	0,29	0,315	66	0,612	0,266	800	168	6
2,10	1,16	951	8,49	0,0184	67	2420	950	0,30	0,33	71	0,645	0,248	770	180	7
2,20	1,26	1131	10,09	0,0155	55	2880	1130	0,31	0,34	75	0,696	0,232	720	192	7
2,30	1,36	1329	11,81	0,0132	45	3380	1330	0,32	0,35	80	0,740	0,218	690	205	8
2,40	1,46	1540	13,70	0,0114	40	3920	1540	0,33	0,36	86	0,786	0,2051	650	218	8
2,50	1,56	1770	15,73	0,0099	33	4500	1760	0,34	0,37	91	0,835	0,1932	600	231	9
2,60	1,66	2015	17,91	0,0087	28	5120	2010	0,35	0,38	96	0,890	0,1824	580	245	9
2,70	1,76	2275	20,20	0,0077	24	5780	2270	0,36	0,39	102	0,940	0,1724	540	259	100
2,75	1,81	2365	21,50	0,0073	20	6125	2400	0,37	0,40	108	0,994	0,1632	520	274	100
2,80	1,86	2545	22,65	0,0069	17	6480	2540	0,38	0,41	113	1,046	0,1547	500	289	113
2,90	1,96	2840	25,13	0,0062	14	7220	2840	0,39	0,42	120	1,102	0,1469	475	304	120
3,00	2,07	3142	28,00	0,0056	12	8000	3140	0,40	0,43	126	1,160	0,1396	450	320	125
								0,41	0,44	132	1,220	0,1329	430	336	132
								0,42	0,45	139	1,278	0,1266	420	353	139

این جدول بر مبنای استاندارد IEC 60287-1-1 تهیه شده است. مقادیر جدول بر حسب جلی آب در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد است.

جدول شماره ۱۰

سیم پیچهای متداول در ترانسفورماتورهای تک فاز عمدتاً به دو نوع میباشد سوسی و زرهی .

بر حسب سوزگی و ولتاژ سیم پیچی ترانسفورماتورو فواصل بین آنها می باشد یکی پس از دیگری عایق نموند .



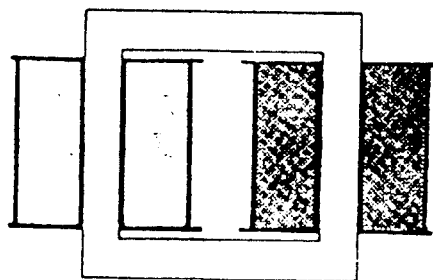
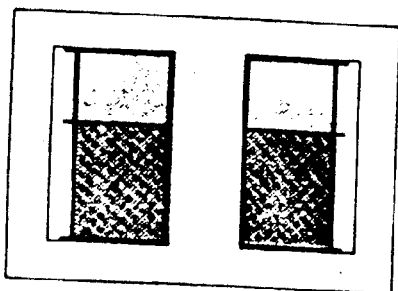
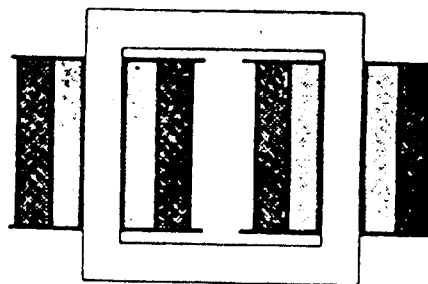
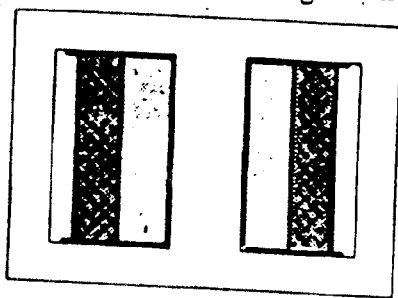
شکل ۱۴ - سیم پیچی استوانه ای و دیسکی ترانسفورماتور

ولتاژهای اتصال کوتاه کوچک در میدانهای پراکنده کوچک حاصل میشوند. در ترانسفورماتورهای زرهی ، هنگامیکه

سیم پیچی ها بر روی یکدیگر پیچیده شوند ، ولتاژهای اتصال کوتاه کوچک ظاهر میشوند شکل ۱۵ - الف .

سیم پیچی های استوانه ای در ترانسفورماتور زرهی ، (شکل ۱۵ - الف) در ترانسفورماتورهای هسته ای

باتعبیه نمودن سیم پیچی اولیه و ثانویه روی قرقره های مجزا (شکل ۱۵ - ب نشان داده شده است) .



شکل ۱۵ - الف

ترتیبات سیم پیچی ترانسفورماتورهای زرهی

ترتیبات سیم پیچی ترانسفورماتورهای هسته ای

با وجودیکه سیم هایی که برای سیم پیچی بکار میروند دارای عایق میباشند با این حال برای عایق کردن لایه ها یا سیم پیچ ها لازم است که از عایق های نواری شکل نیز استفاده شود در ترانسفورماتورهای معمولی از کاغذ لاک دار یا از پارچه لاک دار استفاده میشود (در کارگاه ترانسفورماتور مجتمع سزین منظور از کاغذ کابسل نلغ استفاده میکنند) .

به تازگی مسئله صرفه جویی درجا و افزایش ایمنی برای ورق های عایق مورد توجه زیادی واقع شده و برای سازندگان ترانسفورماتور، مساله ضایعات مواد عایق مهم است. با وجود این امر هنگامیکه کاغذ عایق بر روی سیم پیچ قرار داده شود، در اینصورت چون حلقه سیم انتهایی هر لایه با لایه قبلی در تماس می باشد و به این ترتیب اثر عایقی کاغذ از بین می رود. لذا برای جلوگیری از این امر، نوار عایق را کمی پهن تر از قرقره بوبین و سیم پیچ انتخاب میکنند وکناره های آن را طوری برش میدهند که یک لبه اضافی بوجود آید به این ترتیب لبه اضافی طوری بر روی دیواره قرقره بوبین قرار میگیرد که سیم نتواند با قرقره بوبین ولایه مجا^د تماس پیدا کند در جدول ۱۰ مشخصات مهم کاغذهای اعلا، با قطر از ۰/۰۲ تا ۰/۲ میلی متر آورده شده است. ولتاژ استحکام الکتریکی و مقاومت عبوری بعد از ۴۸ ساعت قراردادن در مکانی با رطوبت ۶۵٪ اندازه گیری شده است.

بعضی از مشخصات کاغذهای اعلا:

ضخامت mm	مقدار در هر متر مربع g/m ²	ولتاژ شکست kV	مقاومت نامبر ^۱ MΩ
0,02	27	1,0	10 ^۴
0,03	44	1,4	
0,04	50	2,3	
0,05	63	2,5	
0,06	76	2,8	
0,08	98	3,8	
0,10	122	4,5	
0,15	176	6,0	
0,20	230	7,5	

بعضی از مشخصات نخ های ابریشمی اعلا:

ضخامت mm	مقدار در هر متر مربع g/m ²	ولتاژ شکست kV	مقاومت نامبر ^۱ MΩ
0,06	73	3,0	10 ^۴
0,08	97	3,5	
0,10	113	4,0	
0,12	145	4,5	
0,14	160	5,5	
0,16	170	6,0	

بعضی از مشخصات کاغذهای لات دار دیفوترم:

ضخامت mm	مقدار در هر متر مربع g/m ²	ولتاژ شکست kV	مقاومت نامبر ^۱ MΩ
0,04	30	2,5	10 ^۴
0,05	63	2,8	
0,06	76	3,5	
0,08	98	4,5	
0,10	122	5,0	

جدول ۱۰

۱۰ بعد از ۴۸ ساعت قرار دادن در مکانی با رطوبت ۶۵٪

لاک عایق : درلاک

براسفورماتورها را باید با عوطه ور نمودن درلاک عایق ، درمقابل رطوبت محافظت نمود .
 ولی باید توجه داشت که هر نوع سیم لاک دار را بستوان سیم لاک عایق آغشته
 نمود در جدول ۱۰ به جدول شماره ۱۰ عایق آورده شده است باید توجه نمود که برای عوطه ور نمودن سیم بیخ
 در داخل لاک ، باید لاک که بر روی سیم کشیده شده است از جرمی پاک نمود .
 در جدول ۱۱ بعضی از مشخصات لاک های عایق که بوسیله اعداد از ۱ تا ۵ مشخص شده اند ، آورده شده
 است . مفهوم اعداد عبارتند از : ۵ = کم ، ۴ = به حد کافی ، ۳ = خوب ، ۲ = عالی ، ۱ = بسیار
 خوب . اعداد پنج رقمی در ستون دوم شماره ساخت لاک میباشد .

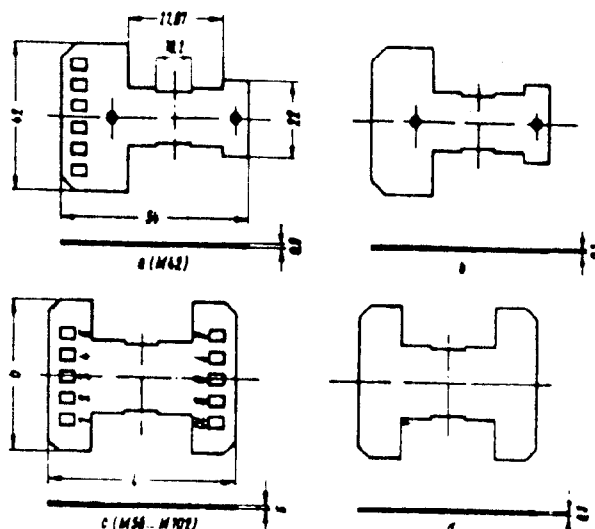
لاک های عایق برای ترانسفورماتورها :

نوع لاک نام	شماره	مشخصات					مقاوم در مقابل	نوع رزین	نوع سیم	نوع سیم	نوع سیم	نوع سیم	قابلیت تطبیق با										
		شکل	رنگ	بوی	چسبندگی	انعقاد							درجه حرارت	درجه حرارت	درجه حرارت	درجه حرارت	درجه حرارت	درجه حرارت	درجه حرارت	درجه حرارت	درجه حرارت		
سیم سبز	10 505	ja	زرد	سبز	4	5	3	4	3	3	3	5	5	12/24	5/10	2/4	014	A, E	ja	ja	ja	—	
سیم سبز	10 553	nem	زرد	سبز	3	3	2	3	3	3	3	4	4	24/36	18/24	12/18	015	A, E	ja	ja	ja	—	
سیم گیسر مالات	11 458	nein	زرد	زرد روشن	3	3	2	3	4	4	5	2	5	24/36	18/24	12/18	025	A, E	nein	ja	ja	—	
سیم گیسر مالات	11 604	ja	زرد	زرد روشن	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5/6	1/2		050	A, E	ja	ja	ja	—	
سیم سیاه	11 642	nein	زرد	زرد روشن	2	4	3	2	4	4	4	2	4				013	B	nein	ja	ja	ja	
سیم سیاه - روغن	12 390	nein	زرد	قهوه ای	2	3	2	2	2	2	3	1	2		4/8	1/4		020	B	nein	ja	ja	ja
	12 405	nein	زرد	قهوه ای	3	2	2	2	3	3	3	2	2		12/18	8/12		021	B	ja	ja	ja	ja
	12 476	nein	زرد	زرد روشن	2	3	2	2	1	1	3	2	2			8/12	5	025	B	nein	ja	ja	ja
	12 524																011						
	12 500	nein	زرد	قهوه ای	3	2	2	2	3	3	3	2	2		8/12	4/6		029	B	nein	ja	ja	ja
	12 517	nein	زرد	قهوه ای	3	3	2	2	2	2	2	2	2		8/12	4/6		036	B	nein	ja	ja	ja
سیم اپوکسید سبز	15 558	nein		قهوه ای	1	3	2	1	1	2	3	2	2				5	048	F	nein	ja	ja	ja

اتصال و هدایت جریان :

ترانسفورماتورها و بیجک ها از قسمت هایی تشکیل شده اند که در بخش های قبلی توضیح داده شده است .
 قسمت هایی که توضیح داده شده عبارتند از : لوله های عایق لاک دار (لوله های وارنیش) برای عایقکاری
 سیم های ورود و خروج ، ترسالات های لحیم کاری ، سطحهای اتصال و حفاظ های ترانسفورماتور .
 میتوان به جای قراردادن ترمینال لحیم کاری بر روی قاب از قرقره بوبین استفاده کرد بطوریکه صفحه ترمینسالات

لحیم کاری جزا نبر قابل انعکس از فرقه بوبین ناند بخصوص که فرقه بوبین شکل فوطی ساحتی شده ناسد . در شکل ۱۶ طریقه شخم نمودن صفحه ترمینال لحیم کاری و یک صفحه عایق منعلو به آن برای فرسرد بوبین هائیکه بر طبق DIN ۴۱۳۰۴ قسمت ۳ ساخته شده اند برای هسته های ۵۵ M تا ۱۰۲ M ، نشان داده است . در اینجا در هر دو طرف فرقه بوبین در نظر گرفته شده است . در همین شکل میتوان ابعاد یک صفحه ترمینال لحیم کاری برای فرقه بوبین M ۴۲ را مشاهده نمود در اینجا ترمینال لحیم کاری در یک طرف فرقه بوبین در نظر گرفته شده است .



شکل ۱۶: ترمینال های لحیم کاری و صفحات عایق بر طبق DIN 41304 قسمت 3

شکل ۱۶: ترمینال های لحیم کاری و صفحات عایق بر طبق DIN 41304 قسمت ۳

باید توجه نمود که انتهای سیم پیچها همیشه به ترمینال لحیم کاری وصل نمیشوند . بلکه ترانسفورماتورهای نیز ساخته میشوند که انتهای سیم پیچ آنها آزاد است و یاسرهای سیم پیچ اولیه راه خارج هدایت میکنند تا اینکه از لحیم کاری تمام سیم ها در یک مکان جلوگیری بعمل آید .

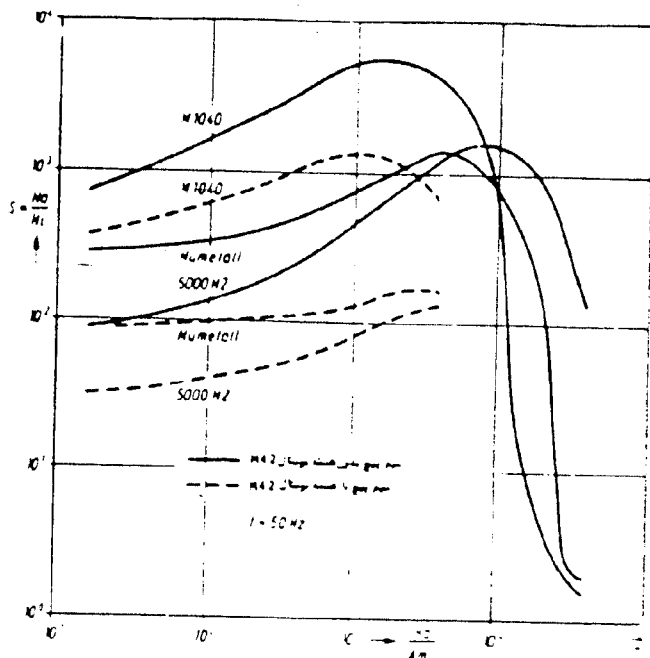
حفاظ مغناطیسی (جلوگیری از پراکندگی خطوط میدان مغناطیسی) :

ترانسفورماتورهای منبع تغذیه و پیچک ها در حالات استثنائی دارای حفاظ نیز میباشد ، در دستگاههای حساس ، به خصوص در دستگاههای اندازه گیری الکترونیکی و تقویت کننده ها لازم است که ترانسفورماتورها دارای حفاظ مغناطیسی نیز باشند حفاظ های مغناطیسی قابله ای و مکعبی دو نوع از این حفاظ هستند .

برای ترانسفورماتورهای منبع تغذیه حفاظ های مغناطیسی مکعبی شکل ، معمول میباشد حفاظ های مغناطیسی بشکل فوطی ساخته میشوند زیرا به این ترتیب مدار مغناطیسی بسته ای بوجود می آید که هیچ خطوط پراکنده ای نمیتواند از آن عبور کند جنس حفاظ ها معمولاً " از پرمنورم - Permenorm - مومنال - Mu-Metal -

مهمترین مقدار، ضریب حفاظ میباشد که از قسم میدان مغناطیسی داخلی، به شدت میدان مغناطیسی خارجی بستگی بیاید این ضریب در تابعی از شدت میدان خارجی در شکل ۱۷ آورده شده است.

حفاظ هایی نرم سلیندر بیرونی وجود دارد که برای مثال، برای هسته های ورقه ای سری M و هسته های بواری برش دار سری SM، بکار میروند. این نوع حفاظ ها دارای علامت مشخصه RB نامحدود مربوط به هسته آن میباشد به عنوان مثال در RB حفاظ های مکعبی نکل و مومی نکل دارای علامت QB میباشد به عنوان مثال در جدول ۱۲ مقادیر میانگین برای ورقه های حفاظ آورده شده است از آن جاییکه این نوع حفاظ ها خیلی گران میباشد، باید در جاییکه بسیار ضروری به نظری رسد بکار روند حالت ساده تر به این ترتیب است که تا حد امکان ترانسفورماتور از سایر قسمت ها دورنگه داشته شوند زیرا شدت میدان مغناطیسی پراکنده با افزایش فاصله شدیداً کاهش می یابد. همچنین قرار دادن ترانسفورماتور بر روی قسمت آهنی (شاسی) میتواند کمک زیادی به عنوان حفاظ مغناطیسی کند.



شکل ۱۷: ضریب حفاظ $S = \frac{H_a}{H_i}$ در تابعی از شدت میدان H_a

جدول ۱۲: خصوصیات مواد بک برای حفاظ مغناطیسی بکار می روند

نوع	ضریب		چگالی تار	شدت میدان کوبه بندی	اندکسین اشباع	مرجه حرارت کوبی	مقاومت الکتریکی مخصوص
	محدوده برای شروع	محدوده برای واکوبرم					
		H_{max}	Γ	A_{cm}	Γ	$^{\circ}C$	$\Omega \text{ mm}^2 \text{ m}^{-1}$
Munitall	25000	60000	0.30	0.028	0.80	400	0.55
Vacoperm 100	40000	100000	0.25	0.012	0.78	400	0.6
Permnorm 5000 H 3	5000	35000	0.50	0.08	1.55	450	0.35
Magnetrein-elsen R 3	600	10000	0.60	0.32	2.15	770	0.11
Vaciflux 50	1000	12000	1.50	1.1	2.35	950	0.35

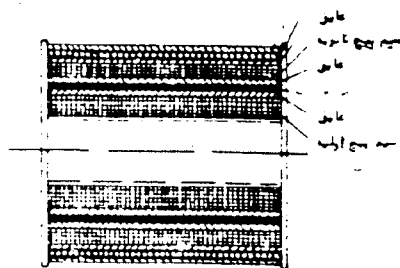
همچنین باید ترتیب قرارگرفتن ترانسفورماتور نیز مورد توجه قرارگیرد ، و همچنین باید با توجه به پراکندگی میدان ، نوع هسته ترانسفورماتور را انتخاب کرد ، زیرا درهسته های سواری برش دار ، پراکندگی خطوط میدان کمر از هسته های ورقه ای میباشد راه حل عملی برای دستگاههای حساس به میدان های پراکنده نگار بسردن ترانسفورماتورهای با هسته حلقوی که عملاً " بدون پراکندگی میدان میباشد ، است .

منعلقات برای هسته های ورقه ای :

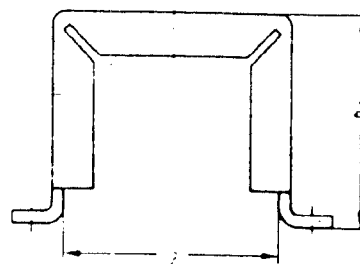
از سال ۱۹۷۷ استاندارد کاملی برای منعلقات (قسمتهای 'صافی) ترانسفورماتورها داده شده است که چند تا از آنها در شکلها آمده است . برای هسته EI میتوان از کلاهک (شکل ۱۹) جهت محکم کردن هسته ها استفاده کرد که به فرم های H_1 تا H_3 وجود دارد .

در شکل ۱۸ فرم H_1 آن نشان داده شده است سوراخ بلندی که در نوع های دیگر وجود دارد در این فرم به صورت شکاف میباشد .

در شکل ۲۰ نبشی محکم کننده که به فرم L ساخته میشود نشان داده شده است ، از این نوع محکم کننده ها فقط برای هسته های بابرش EI ۱۴۲ تا EI ۲۳۱ همچنین برای M ۵۵ ، M ۶۵ ، M ۷۴ ، M ۸۵ ، M ۱۰۲ استفاده میشود ۲۱ نوع از این محکم کننده ها وجود دارد این قطعه ها میتوانند ۶۳ اندازه مختلف داشته باشد که به فرم D در اندازه های یک تا ۱۶ در شکل ۲۱ نشان داده شده است سایر اندازه ها دارای سوراخ های گرد ، بیشتر دو سوراخ و سوراخ های گرد و غیرگرد ، برای محکم کردن میباشد .

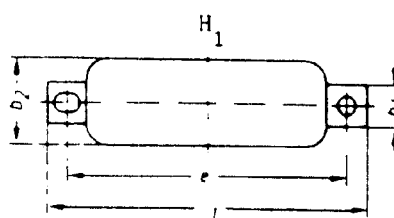
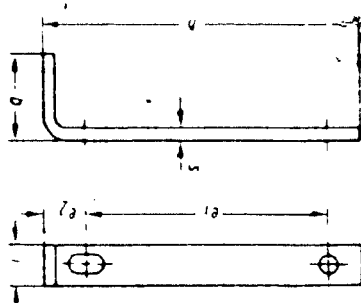


مقطع سیم پیچ های یک ترانسفورماتور منبع تغذیه

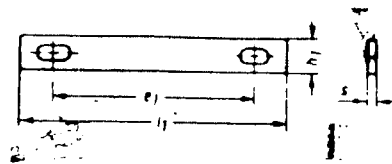


شکل ۱۸

شکل ۱۹: کلاهک محکم کننده برای هسته های EI



H₁



شکل ۲۰: نبشی محکم کننده بفرم L برای هسته های M ، EI و UI

شکل ۲۰

شکل ۲۱: قطعه فنار دهنده بفرم D برای هسته های EI ، UI و 3UI

دستورالعمل کارگرمی - حد بر ستون و بردهای تک در قدرت پائین :

پس از محاسبات و طراحی بر ستون و بردهای تک فار و گردآوری اطلاعات لازم بدکار عملی و - - -
براستفاده ستون می برداریم . ابتدا ابزار مورد نیاز را تهیه می نمایم این ابزار عبارتند از :

۱ - میر کارگاهی - گیره رومی - آره جوب بریا آهن بر - اسر دست - دم باریک سیم چین - پیچ
کونسی بزرگ و کوچک - متر - میکرومتر - سوهان جوب ساف - هویه برقی - دستگاه سیم پیچ - جکس پلاستیکی ،
دریل برقی - منه در اندازه های مختلف .

۲ - مواد مورد نیاز :

تخته چوبی - فیبر استخوانی - سیم لاکی - لوله های وارنیش - کاغذ کابل تلفن (عایق) چسب وارنیش
نوار چسب - لچیم (قلع) - روغن لچیم - سیم افشان تک رشته ای -

۳ - اطلاعات لازم :

عبارتند از :

A - ابعاد قرقره ترانسفورماتور

B - ابعاد قالب چوبی داخل قرقره ترانسفورماتور

C - نوع هسته (ورق) مورد نیاز

D - اندازه قطر سیم های اولیه و ثانویه

E - تعداد دورهای سیم پیچی اولیه و ثانویه .

F - چگونگی خارج کردن سرهای خروجی سیم بیچینا و محل سوراخ کردن سرهای خروجی روی قالب .

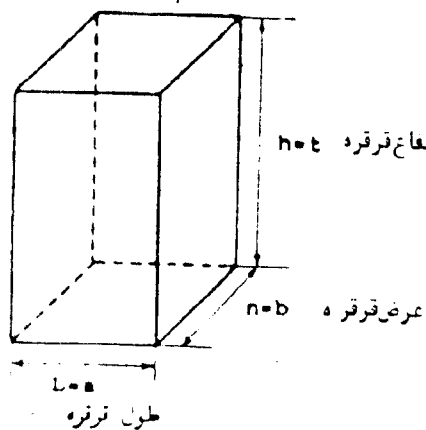
G - اندازه عایق ها .

مراحل کار :

ابتدا قرقره ترانسفورماتور مورد نیاز را میسازیم :

چگونگی ساخت قرقره ترانسفورماتورهای معمولی :

باتوجه باینکه در کارگاه ترانسفورماتور مجتمع معمولاً از ورق های EI استفاده میشود لذا مبنای محاسبات قرقره ها
نیز طبق آن انجام میگردد اصولاً " مقطع قرقره ترانسفورماتورهای معمولی بصورت مربع مستطیل ساخته میشود و
حسب آن از فیبرهای استخوانی یا مقوا و یا آلایزهای مختلف پلاستیکی است ، اصول تهیه قرقره بر مبنای محاسبات
زیر میباشد :

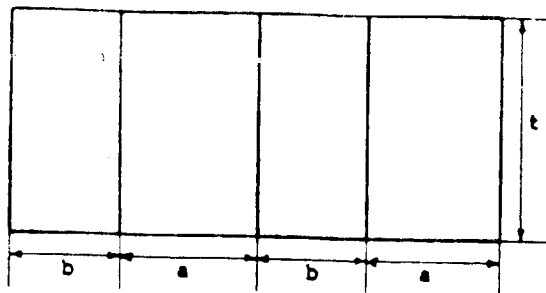


۱ - ارتفاع قرقره باید به اندازه مقدار (t) هسته محاسبه شود .

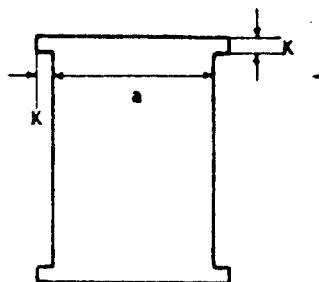
۲ - طول قرقره باید با اندازه مقدار (a) در نظر گرفته شود . ارتفاع قرقره $h=t$

۳ - عرض قرقره باید با اندازه مقدار (b) محاسبه گردد .

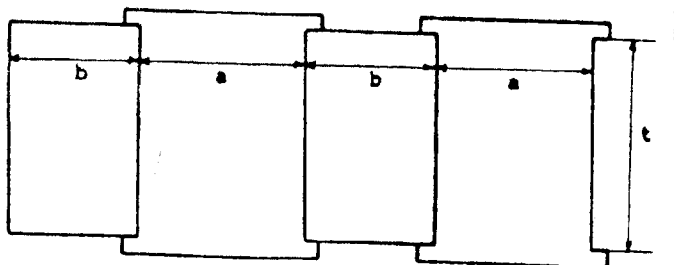
با توجه شکل ملاحظه می‌شود که یکت مستطیل فوق را نسبت باند به روی کاغذ نرم گسرده رسم نمود و بعد آنرا ساخت .



چون همیشه سعی میشود در فرقره های ترانسفورماتور جهت اتصال آنها به یکدیگر از میخ یا پیچ استفاده نشود، در نتیجه باید به کمک لبه دار کردن ، آنها را به یکدیگر متصل شود .
برای اینکار سعی میشود لبه هایی در روی قسمت (a) بصورت شکل زیر ایجاد نمائیم .

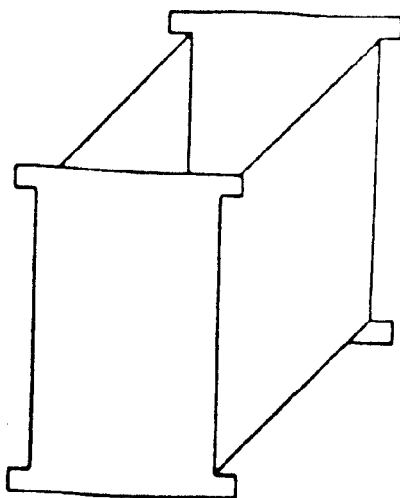


و مقدار لبه K بستگی به جنس فرقره و متناسب با ابعاد آن انتخاب میشود ، و معمولاً " برابر یا ۵/۰ سانتیمتر میباشد در نتیجه شکل قبل بصورت زیر تغییر خواهد یافت :



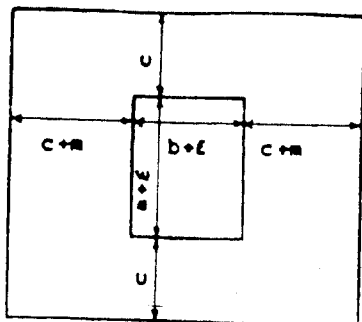
در مورد فرقره های معمولی خطوط عمودی را کمک حافظه‌ای محسوس خط انداخذ و از آن سمت کندرا سا

سوده و فرم یک مکعب مستطیل درمی آوریم شکل زیر بدست می آید:



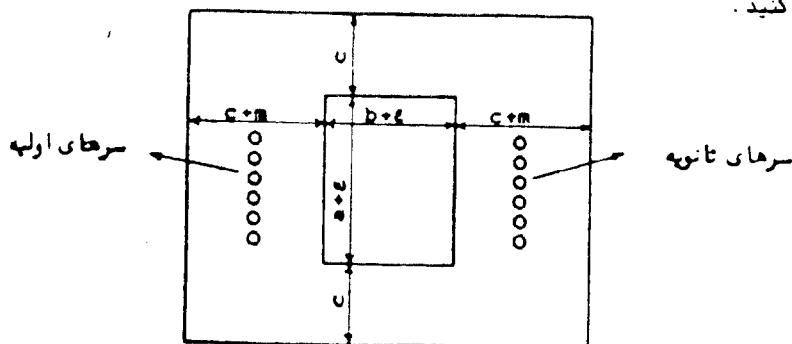
حال جهت نگهداری سیم ها در فرقره و محکم تر شدن فرقره ها می باید دودربوش برای فرقره بصورت شکل زیر

تهیه نمود:



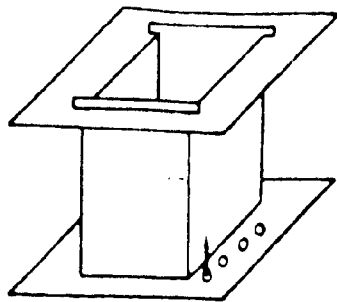
$e =$ ضخامت مقوا یا فایبر

اگر به نامگذاری ابعاد شکل دقت کنید ملاحظه میشود که باید در قسمت سوراخ وسط مقطع S حابگیرد بنا براین باید جای کافی جهت پهنای a و طول (b) وجود داشته باشد. ضمناً چون هادیها و عایقها و خود فرقره باید در فاصله هوایی بین دوازو قرار گیرد از طرفین به اندازه مقدار C باید مقوا یا فایبر در نظر گرفته شود. از طرفی چون اصولاً سرهای اولیه و ثانویه را بر روی درپوشها درمی آوریم متناسب با تعداد این سرها میتوان طرفهای دیگر درپوشها را اضافه تر گرفت یعنی (c + m) و مقدار متناسب با پهنای لازم جهت سرهای اولیه و ثانویه میباشد. بشکل زیر دقت کنید:



در مورد فرقره های فبرری هم به همین صورت ولی در دو قطعه جداگانه (a) و در دو قطعه جداگانه (b)

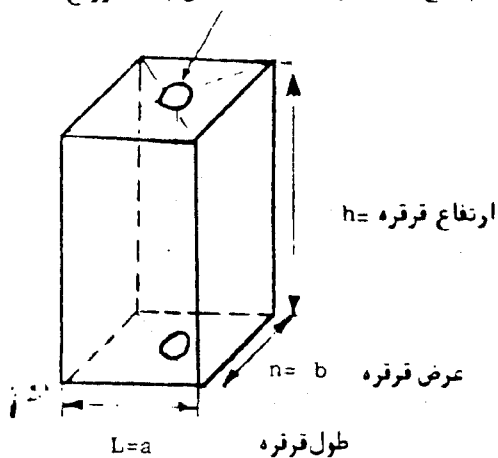
و دو قطعه جداگانه در بوش نهجه شده و مونتاژ میگردند .



و به این ترتیب فرقره آماده میشود .

ساخت قالب چوبی جهت فرقره ترانسفورماتور :

بعد از ساخت فرقره ، قالب چوبی جهت قرار دادن در وسط فرقره بطوریکه بتوان توسط آن فرقره را روی دستگاه سیم بیچی سوار کرد ، ساخته میشود بدین منظور قطعه چوبی با بعداد طول و عرض فرقره و با ارتفاع $2 \pm 2 \text{ cm}$ از هر طرف انتخاب و درست کرده تا در داخل فرقره قرار گیرد و در وسط این قالب چوبی سوراخی به اندازه قطر میله (محور) دستگاه سیم بیچ در جهت ارتفاع ایجاد کرده تا در روی دستگاه سیم بیچ نصب شود . محل ایجاد سوراخ

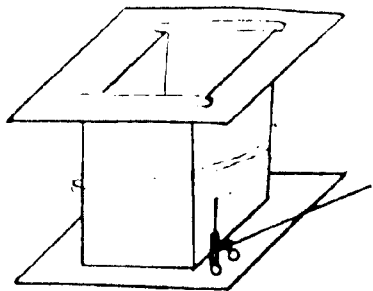


بعد از مونتاژ فرقره ترانسفورماتور و گذاشتن قالب چوبی در وسط آن فرقره آماده سیم بیچی میشود ابتدا باید

فرقره را عایق گذاری کرد برای اینکار ابتدا لبه های تیز فرقره را با یک سوهان نرم مقداری سائیده تا باعث شکستن و یاپارگی سیم و عایق قالب نشود بعد از این مرحله از کاغذ کابل تلفن روی فرقره رومی بوشانیم لازم به تذکر است جهت چسباندن لبه های عایق ها که روی هم میافتد میتوان از مایع چسب وارنیش استفاده کرد (طول و عرض و ارتفاع فرقره در این عایق بندی باید کاملا پوشیده شود) .

بعد از مرحله عایق گذاری اولیه شروع به پیچیدن سیم بیچ های اولیه مینمائیم در اینجا سرهای سیم بیچ ها همانطوریکه قبلا هم توضیح داده شد بوسیله یک رشته سیم افشان متناسب به بیرون از سوراخ فرقره آورده میشود

در سبب حجم کاری به سه سری اصلی اتصال با سه سبب و در ضمن سه سبب و سبب اتصال با سه سبب می‌باشد. در ادامه نحوه تولید و آزمون فراتر می‌گردد.



سیم افشان که به سیم اصلی اتصال و لحیم می‌شود.

بعد از اتمام سیم پیچی اولیه عایق اصلی یعنی عایق بین اولیه و ثانویه را جاگذاری می‌نمائیم باز باید توجه داشت که عایق مزبور طول و عرض و ارتفاع و تمامی سیم پیچ را بپوشاند. در مرحله بعدی سیم پیچی ثانویه انجام می‌گیرد که مرحله نهائی سیم پیچی میباشد بعد از اتمام این مرحله عایقکاری نهائی ترانسفورماتور بر روی سیم پیچ ثانویه انجام میشود.

بعد از اتمام مرحله کار عملی بر روی ترانسفورماتور آزمایشات مختلفی روی آن انجام میشود که در اینجا بدو آن‌ها می‌پردازیم:

آزمایش ترانسفورماتورهای تکفاز

۱- آزمایش عایق:

ترانسفورماتورها و چوک‌ها را باید قبل از سوار کردن در دستگاه، حتماً "آزمایش کرد". اولین مرحله آزمایشها، آزمایش عایقها میباشد. آزمایش عایق در ساده ترین حالت، بایک دستگاه مگر انجام میگردد. هر سیم پیچ را باید نسبت به سیم پیچ دیگر و نسبت به هسته آزمایش نمود، که آیا عبور جریان وجود دارد یا نه. البته طبیعی است که مقاومت مابین سیم پیچها و بدنه باید بی نهایت باشد.

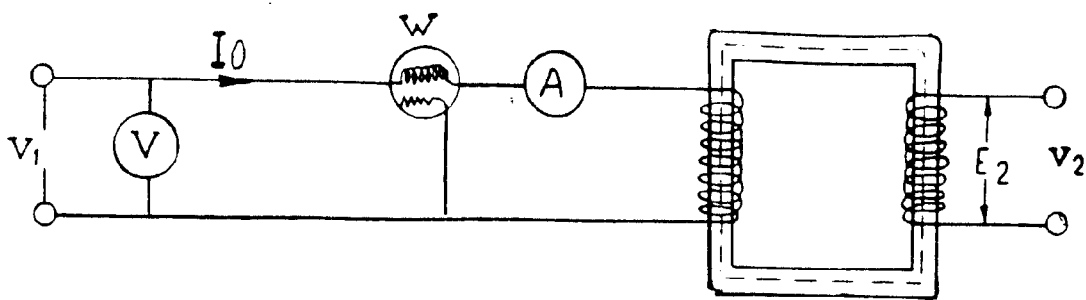
هر چه ولتاژی که بکار میرود بیشتر باشد، آزمایش نیر مطمئن تر خواهد بود.

۲- آزمایش مقاومت اهمی سیم پیچها:

هر سیم پیچ را باید با اهم متر، از نظر مقاومت اهمی و اتصال سیم پیچ به بدنه و سایر سیم پیچها، آزمایش کرد. اغلب با این عمل میتوان مقدار مقاومت سیم پیچ را که در آزمایش بدست آمده است با مقاومت محاسبه شده سیم پیچ مقایسه کرد. برای محاسبه مقاومت سیم پیچ، طول متوسط حلقه‌ها، تعداد حلقه‌ها، قطر سیم و مقاومت مخصوص مس لازم است:

طول متوسط حلقه ۵۰ سانتی متر وضعیت سیم پیچ دارد و نباید آنرا با طول متوسط حلقه‌های یک چوک که به تنهایی در داخل یک هسته قرار دارد اشتباه گرفت.

منظور از آرمس بی محاسبه است بی باری یا افت هسته است و این جریان بی باری I_0 برای محاسبه X_0 و R_0 لازم می‌باشد. در آرمس بی باری یکی از سیم پیچ‌های ترانسفورماتور را که مناسب باشد معمولاً "سیم پیچ ولتاژ بالا" را باز می‌کند و دیگری به یک منبع ولتاژ متناوب وصل می‌شود و یک واتمتر W و یک ولتمتر V و آمپر متر A را در سیم پیچ ولتاژ کم یعنی در شکل ذیل سیم پیچ اولیه وصل می‌کنند. به کمک منبع تعدده یکساز برده شده در اولیه یک فلو در هسته بوجود آمده و بنابراین افت آهن بوسیله واتمتر قرائت می‌شود.



شکل ۲۲

چون جریان بی باری اولیه I_0 (بوسیله آمپر متر اندازه گیری شده) کم است (معمولاً ۲ تا ۱۰ درصد جریان بار) افت مسی در اولیه قابل صرف نظر و در ثانویه صفر است (چون مدار ثانویه باز است) بنابراین واتمتر عملاً "افت هسته" را تحت شرایط بی باری نشان می‌دهد (که برای تمام بارها یکسان است). باید توجه شود که مقدار I_0 خیلی کم است.

بعضی وقتها یک ولتمتر با مقاومت زیاد در ثانویه می‌بندند، قرائت ولتمتر نیروی محرکه القایی را در سیم پیچ ثانویه نشان می‌دهد این عمل برای پیدا کردن ضریب تبدیل K به ما کمک می‌کند.

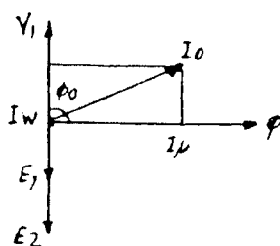
دیاگرام برداری بی باری در شکل ۲۳ نشان داده شده است اگر W قرائت واتمتر باشد (در شکل ۲۳) پس:

$$W = V_1 I_0 \cos \theta_0$$

$$\cos \phi_0 = \frac{W}{V_1 I_0} \quad I_\mu = I_0 \sin \phi_0 \quad I_c = I_0 \cos \phi_0$$

$$R_c = \frac{V_1}{I_c}$$

$$X_m = \frac{V_1}{I_\mu}$$



شکل ۲۳

از آن جاییکه عملاً " تمام جریان صرف تحریک مدار میشود (موقعیکه ترانسفورماتور بی بار است یعنی $I_o = I_r$)
 و ولتاژ یک درامپدانس پراکندگی اولیه افت پیدا میکند کم است پس بنابراین ادیتانس تحریک Y_o ترانسفورماتور
 بوسیله این رابطه محاسبه میشود:

$$I_o = V_1 Y_o \quad Y_o = \frac{V_1}{I_o}$$

$$W = V_1^2 G_o \quad \text{یا} \quad G_o = \frac{W}{V_1^2} \quad \text{بوسیله} \quad G_o \quad \text{تحریک} \quad \text{بوسیله}$$

$$\text{و سوسیتانس از رابطه} \quad B_o = \sqrt{Y_o^2 - G_o^2} \quad \text{بدست میآید.}$$

جدا کردن تلفات هسته:

افت هسته یک ترانسفورماتور به فرکانس و چگالی فوران ماگزیم موقعیکه حجم و ضخامت لایه های هسته
 معلوم باشد بستگی دارد. افت هسته از دو قسمت افت هیستریزس $W_h = K_h B_{m2}^2 x F$ که بوسیله رابطه تجربی
 اشتن متن داده میشود و افت جریان گردابی $W_e = \frac{Q}{K_F} B^2 F^2$ که Q مقداری ثابت است و افت کلی بوسیله W_1
 داده میشود.

$W_1 = W_h + W_e$ اگر از دو رابطه تجربی فوق یکسان استفاده کنیم باید قادر باشیم که ثابت های K_h و K_F را پیدا
 کنیم تا افت های هیستریزس و جریان گردابی بطور جداگانه قابل محاسبه باشند.

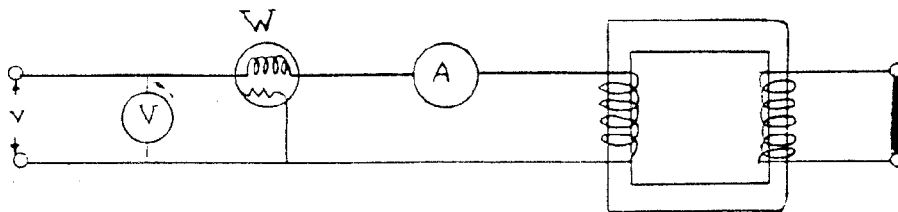
آزمایش اتصال کوتاه یا آزمایش محاسبه امپدانس ترانسفورماتور:

این آزمایش برای محاسبه پارامترهای زیر است:

- ۱- امپدانس معادل (Z_{eq1} و Z_{eq2}) راکتانس پراکندگی (x_{e1} و x_{e2}) و مقاومت (R_1 و R_2) ترانسفورماتور.
- ۲- افت مسی در بار کامل (و در هر بار دلخواه و مطلوب) این افت برای محاسبه بازده (راندمان) ترانسفورماتور
 است.
- ۳- با داشتن Z_1 یا Z_2 ، افت و ولتاژ کلی در ترانسفورماتور از دیدگاه اولیه یا ثانویه قابل محاسبه میباشد و بد کمک
 آنها درصد تنظیم ترانسفورماتور بدست میآید.

در این آزمایش معمولاً " یک سیم پیچ (سیم پیچ ولتاژ کم) بوسیله یک هادی (یا بوسیله یک آمپر متر که در

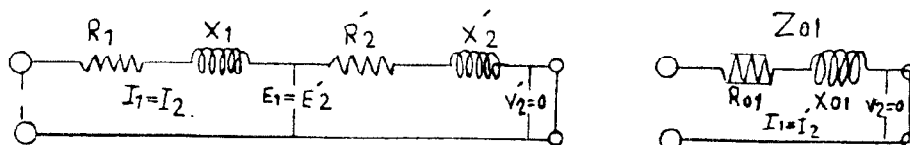
ضمن جریان را نیز اندازه گیری میکند) اتصال کوتاه میشود (طبق شکل ۴-۲) .



ولتاژ کمی (معمولاً ۵ تا ۱۰٪ ولتاژ نامی اولیه) با فرکانس نامی مسیح (اگر چه برای اجتناب از بی لاینست) در

اولیه بکاربرده میشود و تا زمانیکه جریان به مقدار بار کامل در اولیه و ثانویه میرسد این ولتاژ با احتیاط افزایش داده میشود (این جریانهها بوسیله آمیتر نشان داده میشود).

از آنجائیکه، در این آزمایش ولتاژ بکاربرده شده درصد کمی از ولتاژ نامی است بنابراین فوران ϕ تولید شده درصد کمی از مقدار فوران نامی است. افت های هسته با توجه به اینکه قرائت وات متر مسی در بار کامل یا افت $R_1 I^2$ را برای تمام ترانسفورماتور اعم از اولیه و ثانویه نشان میدهد، کم است. مدار معادل ترانسفورماتور تحت شرایط اتصال کوتاه در شکل (۲۵) نشان داده شده است.



بنابراین

$$Z_{1eq} = \frac{V_{sc}}{I_1}$$

اگر V_{sc} ولتاژ لازم برای ایجاد بار ارزیابی شده باشد پس:

$$W = I_1^2 R_{o1} \quad R_{o1} = \frac{W}{I_1^2} \quad X_{o1} = \sqrt{Z_{o1}^2 - R_{o1}^2}$$

ولتاژهای اتصال کوتاه ترانسفورماتورها

ولتاژ اتصال کوتاه بر حسب درصد	ترانسفورماتور
زیر ۱	ترانسفورماتور ولتاژ
۱ تا ۴	ترانسفورماتور سه فاز
۱۰	ترانسفورماتور جدا کننده
۲۰	ترانسفورماتور اسباب بازی
۴۰	ترانسفورماتور زنگ اخبار
۷۰	ترانسفورماتور آزمایش
۱۰۰	ترانسفورماتور جرقه زن

مرحله نهایی ساخت ترانسفورماتور:

بعد از آزمایشات لازم بر روی ترانسفورماتور در صورتیکه از هر لحاظ دارای شرایط قابل قبول باشد، ترانسفورماتور را در ظرفی که از مایع وارنیش پر گردیده است فرومی برند تا مایع وارنیش در تمامی لایه ها نفوذ کند و بعد آنرا در کوره حرارتی با حرارت حداکثر ۹۵ سانتی گراد خشک میکنند.

مواد الکتریکی :

مواد الکتریکی ضروری ترین مواد مورد استفاده در ترانسفورمورها هستند . مواد الکتریکی را به سه دسته مواد عایق ، مواد هادی و مواد مغناطیسی تقسیم میکنند . موادهادی و مواد مغناطیسی را مواد اکتیو (فعال) می نامند .

مواد عایق :

موادی هستند که برای عایق کردن قسمت های برقدار دستگاه های الکتریکی از یکدیگر و با قسمتهای زمین نده کنار میروند . لذا این مواد باید خواص معینی را دارا باشند :

چهار مشخصه اصلی مواد عایقی عبارتست از :

- ۱- قابلیت هدایت الکتریکی (یا بعکس مقاومت الکتریکی) .
- ۲- تلفات دی الکتریک
- ۳- ضریب نفوذ الکتریکی
- ۴- ولتاژ شکست عایق

حال به تشریح این چهار مشخصه می پردازیم :

۱- قابلیت هدایت الکتریکی : در عایقها ، برخلاف هادی ها ، قابلیت هدایت الکتریکی باید بسیار ضعیف باشد . این مشخصه با ضریبی بنام مقاومت بویژه (P) بیان میشود ، که واحد آن اهم - سانتیمتر است . در هادی ها این ضریب از ۱۰ تا ۱۰^{-۶} اهم سانتیمتر است ، و در عایقها مقاومت ویژه از ۱۰ تا ۱۰^{۲۰} اهم سانتیمتر بایشتر میباشد . هرچه مقاومت الکتریکی عایق بیشتر باشد ، کیفیت آن بالاتر خواهد بود .

در ساخت و تعمیر ترانسفورماتور ، یکی از راههای ارزیابی کیفیت عایق ، اندازه گیری مقاومت اهمی آنست . این امر با اعمال یک ولتاژ بالای مستقیم (D.C) به عایق صورت میگیرد .

با بکار بردن این ولتاژ ، جریان خیلی کوچکی از میان عایق عبور میکند که آنرا جریان نفوذی یا پراکندگی یا نشتی (Leakage) یا جریان هدایت می نامند . مقدار این جریان به مقاومت الکتریکی عایق ترانسفورماتور بستگی دارد . از تقسیم ولتاژ اعمالی به جریان نشتی ، مقاومت الکتریکی عایق (Rins) بر حسب مگا اهم اندازه گیری میشود . اعمال ولتاژ و اندازه گیری جریان حاصله ، بوسیله ابزاری بنام نگاهم یا میگر (Megger) صورت میگیرد .

میگرها از یک زنر اتور جریان مستقیم یا یک ترانسفورماتور بایکسوکننده تشکیل شده اند که دارای دستگاه اندازه گیری جریان نیز میباشد . صفحه آنها بر حسب مگا اهم مدرج شده است . ولتاژ میگر ممکنست ۱۰۰۰ یا ۲۵۰۰ یا ۵۰۰۰ ولت (بسته به اندازه ترانسفورماتور) باشد .

مقاومت عایقی به خواص ماده عایق بستگی دارد . علاوه بر آن دمای بالا و رطوبت ، مقاومت عایقی شدیداً کم میکند و در نتیجه جریان Leakage را می افزاید و کیفیت عایق را پائین می آورد . مقاومت عایقی بعطت کثافت سطحی عایق نیز کم میشود .

بیشتر مواد عایقی مورد استفاده در ترانسفورماتور قابلیت جذب رطوبت زیادی از هوا دارند .

اورداد رطوبت در عایق ، تلفات دی الکتریک آنرا شدت بالا میبرد . بنابراین ضریب تلفات یک مشخصه مهم برای در یافت میزان رطوبت عایق است . بالا بودن ضریب تلفات عایق یک ترانسفورماتور علاوه بر ضحیح کردن رطوبت یا کثافت در عایق آن ، کیفیت پائین روغن ترانسفورماتور را نیز نشان میدهد .

۳- ضریب نفوذ الکتریکی (Permittivity) :

هرگاه یک عایق ولتاژ اعمال شود ، میدان الکتریکی در آن ایجاد میگردد و در آنرا آن ، بارهای الکتریکی لایه خارجی مولکولهای عایق تغییر مکان میدهند . بارهای مثبت در جهت میدان و بارهای منفی در خلاف جهت آن جابجا میشوند و مراکز بارهای الکتریکی مثبت و منفی تشکیل میگردد . اگر ولتاژ برداشته شود ، عکس این عمل صورت گرفته ، تغییر مکان بارها در عایق از بین خواهد رفت . پدیده جابجائی الاستیک بارهای الکتریکی در عایق ، تحت اثر نیروهای میدان الکتریکی پولاریزاسیون عایقی (dielectric Polarization) نامیده میشود . پولاریزاسیون از لحاظ مقدار با ضریبی بنام پرمیٹیویته نسبی (relative Permittivity) نشان داده میشود که آنرا با حرف یونانی ϵ مشخص میکنند .

هرچه پولاریزاسیون در یک عایق بزرگتر باشد ، ظرفیت خازنی عایق بیشتر بوده ، قابلیت آن برای ذخیره کردن بارهای الکتریکی زیاد خواهد بود . مثلاً " اگر دو خازن دارای ابعاد هندسی یکسان باشند ، اما در یکی از آنها هوای ($\epsilon_r \approx 1$) بعنوان عایق و در دیگری کاغذ ($\epsilon_r \approx 3$) باین منظور استفاده شده باشد ، ظرفیت خازن کاغذی ، تقریباً ۳ برابر ظرفیت خازن هوایی است . $\frac{PF}{m} = 8/85 =$ پرمیٹیویته " خلا " $\epsilon_0 = 1/00006$ هوا $C = \epsilon \frac{A}{d}$ و $\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r$ ضریب نفوذ یک عایق به درجه حرارت و فرکانس ولتاژ اعمال شده بستگی دارد .

در دمای $20^\circ C$ و فرکانس ۵۰ هرتز ، ضریب نفوذ الکتریکی نسبی مواد عایقی مورد استعمال در ترانسفورماتور از ۲ الی ۸ میباشد .

شدت میدان الکتریکی در یک عایق بطور عکس با پرمیٹیویته آن متناسب است . $D = \epsilon E$ لذا در هنگام انتخاب مواد عایقی که بصورت سری تحت ولتاژ قرار میگیرند ، بایستی سعی شود که ضریب نفوذ عایقهای سری حتی المقدور بهم نزدیک باشد . این امر پخش میدان الکتریکی یکنواخت را در یک عایق مرکب تضمین میکند . در صورتیکه پرمیٹیویته وضخامت اجزاء عایقی بطور صحیح انتخاب نشود ممکنست قدرت تحمل الکتریکی عایق کاهش یافته ، باعث از بین رفتن عایق شود .

ولتاژ شکست عایق :

اگر ولتاژ به یک ماده عایقی اعمال شود و بتدریج اضافه گردد ، در ولتاژ معینی کیفیت عایق بسرعت پائین آمده ، بدنال آن شکست الکتریکی پیش می آید . در نتیجه ، شکست الکتریکی ، مقاومت عایقی بسرعت افت میکند و یک اتصال کوتاه بین قسمتهای حامل اختلاف پتانسیل ایجاد میکند . شکست عایق در ترانسفورماتورهای

باطرفیت بزرگ، صنایع سنگی راکمخمره، نافوس الکتریکی و دوت مسنهای فلزی و گاهی انفجار ناسک ترانسفورماتور میباشد دربردارد. ولتاژی که در آن شکست عایق رخ میدهد، ولتاژ شکست نامده میشود که با V_{br} نشان داده میشود و بر حسب کیلوولت بیان میگردد.

حداقل شدت میدان الکتریکی که شکست عایق را همراه خواهد داشت بصورت ولتاژ شکست در واحد ضخامت عایق بیان میشود.

$$E_{br} = \frac{V_{br}}{w}$$

$$E_{br} = \frac{KV}{mm} \quad \text{حمل عایقی بر حسب}$$

$$V_{br} = KV \quad \text{ولتاژ شکست بر حسب}$$

$$w = mm \quad \text{ضخامت عایق بر حسب}$$

ولتاژ شکست عایق یکی از مشخصات اصلی عایق است. در مواد عایقی مورد استفاده در ترانسفورماتور ولتاژ شکست از ۵ تا ۹۰ کیلوولت بر میلیمتر در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد میباشد.

خواص دیگر مواد عایقی:

برای آنکه عایق مورد استفاده بتواند بصورت طولانی و قابل اطمینان عمل کند، لازم است خواص هین دیگری را نیز بجز خواص الکتریکی ذکر شده دارا باشد. مهمترین این خواص عبارتند از: پایداری حرارتی، مقاومت مکانیکی، الاستیسیته و قابلیت ارتجاع، مقاومت روغنی، مقاومت شیمیائی و مقاومت در مقابل رطوبت.

در میان موارد فوق، بلحاظ اهمیت به ذکر مورد پایداری حرارتی می پردازیم:

هر نوع عایق خاصی، درجه حرارت معینی را برای مدت طولانی میتواند تحمل کند. لذا باید درجه حرارت کار عایق در انتخاب نوع آن مورد نظر باشد.

در عمل مواد عایقی الکتریکی راه هفت دسته تقسیم میکنند که در هر دسته حداکثر دمای که عایق مزبور میتواند برای مدت طولانی تحمل کند مشخص شده است.

رده بندی عایقهای مورد استفاده در ترانسفورماتورهای، ماشینهای الکتریکی و کلیدها:

رده بندی عایق	در استاندارد روسی	A	E	B	F	H	C
دمای مجاز کار عایق	۹۰ ^C	۱۰۵ ^C	۱۲۰ ^C	۱۳۰ ^C	۱۵۵ ^C	۱۸۰ ^C	بالا تر از ۱۸۰ ^C

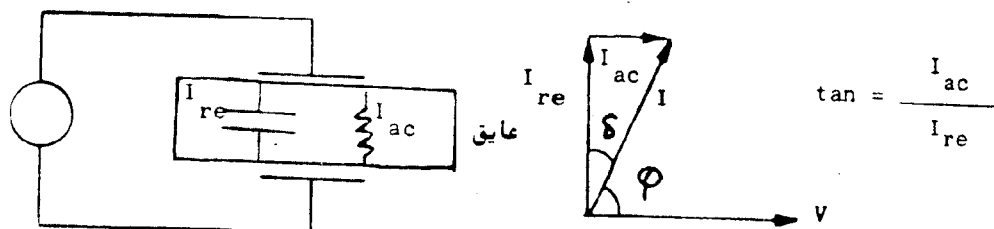
سایر این مقدار ساحت یا تعمیر براسفورماتور باید تا حدی آن خشک نبود که این کار مقاومت عایقی را تا حد زیادی بالا ببرد. مواد عایقی باید مقاومت الکتریکی بالایی را دارا بوده، در مقابل رطوبت مقاوم باشند. با اندازه گیری مداوم مقاومت عایقی در حین خشک کردن، میزان رطوبت عایق ونحوه کم شدن آن مشخص میشود.

۲- تلفات دی الکتریک :

یک عایق وقتی در میدان الکتریکی متغیری که بوسیله اعمال یک ولتاژ متغیر به آن ایجاد گردیده، قرار بگیرد، مقداری از انرژی الکتریکی را از منبع جذب و بصورت حرارت تلف می نماید. این تلفات انرژی، تلفات دی الکتریک نامیده میشود. تلفات دی الکتریک را میتوان بطور مستقیم با واتنتر اندازه گیری نمود و یا بوسیله فرمول $P = V^2 \omega \tan \delta$ مورد محاسبه قرار داد.

(P قدرت تلف شده در عایق بر حسب وات - V ولتاژ اعمال شده بر حسب ولت - فرکانس زاویه ای که فرکانس ولتاژ اعمال شده است بر حسب رادیان بر ثانیه $\frac{\omega}{\text{sec}}$)

ظرفیت عایق بر حسب فاراد -F و $\tan \delta$ ضریب تلفات دی الکتریک یا Loss tangent) با ثابت بودن ولتاژ، فرکانس و ظرفیت خازنی عایق، تلفات قدرت در عایق به ضریب بستگی دارد. توضیحاتی راجع به $\tan \delta$: وقتی یک ولتاژ متناوب V به عایق اعمال شود، یک جریان I از میان آن میگذرد که دو مولفه دارد. یکی مولفه خازنی (I_{re}) و دیگری مولفه حقیقی (I_{ac}) . زاویه بین I و I_{re} را که متمم زاویه فاز است، با δ نشان داده، آنرا زاویه تلفات دی الکتریکی مینامند.



تمرین: با توجه به مطالب ذکر شده، رابطه $P = V^2 \omega \tan \delta$ را اثبات کنید.

ضریب تلفات یک عایق مفروض بستگی به درجه حرارت و فرکانس ولتاژ اعمال شده دارد. با ثابت بودن سایر عوامل، هر قدر $\tan \delta$ بزرگتر باشد، تلفات دی الکتریک بیشتر خواهد بود و بعبارت دیگر کیفیت عایق پائین تر است.

$$\tan \delta \% = \frac{I_{ac}}{I_{re}} \cdot 100 \%$$

بصورت درصد بیان میشود.

در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد و فرکانس ۵۰ هرتز، ضریب تلفات مواد عایق مورد استفاده در ترانسفورماتور از ۰/۵ تا ۲ درصد است.

۲-۱-۲ : عایقهای مورد استفاده در ساختمان ترانسفورماتور

الف : کاغذهای عایق

این کاغذها از خمیر مشرده شده به رنگ قهوه‌ای روشن ساخته میشوند و بسته به نوع و مورد استفاده شان دارای انواع مختلف میباشد که تعدادی از آنها عبارتند از :

۱- کاغذ کابل :

از این نوع کاغذ که به عرض و ضخامتهای مختلف ساخته میشود استفاده زیادی در ترانسفورماتور بعمل می‌آید و ولتاژ شکست کاغذ کابل حنک در حدود ۶ تا ۹ KV/mm و هنگامیکه به روغن آغشته میشود به ۷۰ تا ۹۰ KV/mm میرسد ضریب نفوذ الکتریکی نسبی آن ۲/۲ تا ۲/۷ و وزن مخصوص آن ۰/۸ گرم بر سانتی متر مکعب میباشد . توانائی تحمل ولتاژ بالا و مقاومت مکانیکی کافی آن باعث شده که از آن در موارد عایق کردن سیم ها ، لایه کویل ها سربندی ها و دیگر نقاط داخل سیم بیج ها استفاده شود . مقاومت آن در برابر حرارت روغن نیز بسالا میباشد .

۲- کاغذ کابل تلفن

این نوع کاغذ از جنس کاغذ کابل ولی با ضخامت کمتری است و استفاده آن در عایق روی سیمها و بیس لایه ها میباشد . ضخامت آن در حدود ۰/۵ میلی متر بوده و در عایق بندی سیمها بکار میرود دارای الاستیسیته و قابلیت شکل پذیری و جین پذیری خوبی میباشد و تا ۷۰٪ قابلیت کش آمدن دارد .

۳- برس بورد :

این عایق از خمیر سفید نشده کاغذ ساخته میشود . برس بورد در ترکیب با روغن ترانسفورماتور یکی از عایقهای اصلی مورد استفاده در ترانسفورماتورهای با ولتاژ بالا را بوجود می‌آورد . این عایق از نظر حرارتی در کلاس A بوده و ولتاژ قابل تحمل آن بسته به ضخامتش از ۷ تا ۱۵ KV/mm در مواد ۳۰ تا ۵۵ KV/mm در روغن گرم ($90^{\circ}C$) میباشد ضریب نفوذ الکتریکی آن ۴/۲ تا ۴/۵ و وزن مخصوص آن ۱ گرم بر سانتی متر مکعب میباشد . برس بورد دارای مقاومت مکانیکی زیاد ، انقباض کم ، مقاومت حرارتی خوب و از قابلیت مقاومت در برابر تخلیه الکتریکی سطحی نسبتاً بالایی برخوردار میباشد (Creeping discharge) .

ب : پارچه ها و الیاف نساجی شده آغشته به وارنیش :

نوار پارچه ای : از جنس پنبه بوده و در ترانسفورماتورهای روغنی استفاده فراوان دارد به ضخامت ۰/۲۵ تا ۰/۴۵ و عرضهای ۱۰ تا ۶ میلی متر بصورت فرقره و کلاف ساخته میشود . این نوارها در بستن سیمهای خروجی حیث اتصال به تاپ چنجر و محکم کردن حلقه های لایه آخر سیم بیج بکار میرود .

ج : جب عایق :

صورت پودر میباشد که پس از ترکیب با آب حوشان (ممتظر) بصورت ذایع در می‌آید و حیثت جسابدن عناصر عایق ترانسفورماتور استفاده میشود که پس از خشک کردن ترانسفورماتور بصورت لایه ای محکم عناصر عایق را در بر

میگردد.

لوله های کتدی موسیک : ارفرم در دین ورفهای کاغذ کامل بوجود می آید که لایه لایه بوده و بین لایه ها رزین موسیک آغشته شده و تحت پرسی قرار میگیرد در نتیجه لایه های کاغذ به یکدیگر جسیده و در انتها در داخل کوره قرار میگیرند تا تبدیل به لوله ها پیلیدرهای سخت با مقاومت بالایی بشوند . در هوا و روغن میتوان از آنها استفاده نمود .

این لوله ها جهت عایق کردن سرسیمها ، بیج های هسته و همچنین جهت ساخت میله های عایق تب چنجر استفاده میشود قطر داخلی لوله ها از ۱۰ تا ۸ میلیمتر و طولهای ۲۰۰ میلیمتر به بالا ساخته میشوند .

ه : روغن ترانسفورماتور :

روغن ترانسفورماتوریکی از مشقات تقطیر نفت میباشد ، دردستگاههای روغنی و ترانسفورماتور ها از این روغن بعنوان عایق و خنک کننده (منتقل کننده حرارت) استفاده میشود . روغن ترانسفورماتور بایستی عاری از رطوبت ، و فضولات مکانیکی باشد چون باعث پائین آوردن مشخصه دی الکتریک آن میشوند رطوبت و اجسام خارجی و اضافی باعث نزول مقاومت الکتریکی روغن نیز می شود . اصطلاحاً " به روغن تمیز و تصفیه شده و رطوبت زدا شده روغن خشک گفته میشود ، مخلوط کردن روغنهای یا مشخصات ناهمگون مناسب نبوده لذا مشخصات مختلفی از روغن ترانسفورماتور تعریف شده و اندازه گیری میشود مشخصات اصلی روغن ترانسفورماتور خشک در جدول زیر آورده شده است :

وزن مخصوص	در ۲۰ °C	۰/۸۴ تا ۰/۸۹	گرم بر سانتی متر مکعب
عدد اسیدی	حداکثر	۰/۰۲ تا ۰/۰۵	میلی گرم بتاس بر گرم
نقطه انجماد	حداکثر	-۴۵ °C	
نقطه اشتعال	حداقل	۱۳۵ الی ۱۵۰ °C	(بسته به نوع روغن)
ویسکوزیته	در ۲۰ °C حداکثر	۳۰ CST	(بسته به نوع روغن)
	در ۵۰ °C حداکثر	۹/۶ CST	
ضریب تلفات دی الکتریک	در ۲۰ °C حداکثر	۰/۲ الی ۰/۳	
ضریب تلفات دی الکتریک	در ۷۰ °C حداکثر	۱/۵ الی ۲/۵	
ضریب نفوذ الکتریکی	در ۲۰ °C حداکثر	۲/۱ الی ۲/۴	
ولتاژ قابل تحمل	در ۲۰ °C	۵۰ هرتز	۱۵ الی ۲۰ کیلوولت بر میلی متر
مقاومت حجمی	در ۲۰ °C	۱۴ الی ۱۵	اهم بر سانتیمتر

خشک کردن عایق ترانسفورماتور :

نظر باینکه عایقهای مورد استفاده در ترانسفورماتور رطوبت را آسانی جذب میکند و وجود رطوبت در عایق کیفیت آن را پائین می آورد لذا باید عایق ترانسفورماتور را رطوبت زدایی نمود که به این عمل خشک کردن ترانسفورماتور گفته میشود .

برای اینکار باید عایق را گرم نمود که در نتیجه این عمل باعث منتقل شدن رطوبت از عایق به محیط خارج میگردد .

هر قدر که فشار بخار آب در خارج عایق کمتر از داخل آن باشد بخار آب زودتر به خارج انتقال می یابد پس برای خشک کردن عایق دو عمل باید انجام شود .

الف : گرم کردن عایق

ب : پائین آوردن فشار بخار آب در خارج عایق که این امر با ایجاد خلاء در پیرامون عایق صورت میگیرد .
در ترانسفورماتورهای قدرت پائین (تا ولتاژ ۳۵ کیلوولت) پس از تعمیر معمولاً برای خشک کردن از خلاء استفاده نمینود . چون در ترانسفورماتور عایق ها از کلاس A میباشد لذا دمای سیم بیج ها در حین خشک کردن از ۹۵ الی ۱۰۵ درجه سانتیگراد نباید تجاوز نماید .



- مواد هادی به دو نوع با هدایت بالا که برای ساحس سیم و سیم پیچ و شمن بکار میرود و با مقاومت بالا که برای محدود کردن جریان الکتریکی و ایجاد حرارت استعمال میشود تقسیم میگردد .
- در ترانسفورماتور هادی های با هدایت بالا مورد استفاده قرار میگیرد . مواد با هدایت بالا باید دارای منحنات زیر باشند تا در ساحس سیم پیچ ترانسفورماتور مورد استفاده فرار نگیرند .
- ۱- حداکثر هدایت ممکن .
 - ۲- حداقل ضریب ازدیاد مقاومت حرارتی .
 - ۳- مقاومت مکانیکی و کنشی و قابلیت انعطاف بالا
 - ۴- قابلیت نورد شدن و کشیدن .
 - ۵- قابلیت جوشکاری و لحیم کاری خوب به نحوی که محل اتصال محکم (از لحاظ مکانیکی) و کم مقاومت (از لحاظ الکتریکی) .
 - ۶- مقاومت کافی در مقابل فساد .

مس :

براستفاده ترین هادی الکتریکی مس است . هدایت الکتریکی آن بالا است $\rho = 1/7 \times 10^{-4}$ بسیار چکش خوار و نرم است و قابل ریخته گری کوبیدن نورد و کشیدن میباشد ، میتوان آن را سادگی لحیم کاری و جوشکاری نمود . از اکسیداسیون و فساد مصون است ، جرم مخصوص مس $8/9 \text{ gr/cm}^3$ میباشد . مس بعد از نقره دارای کمترین مقاومت مخصوص در بین هادیها است .

آلومینیوم :

هادی مورد استفاده بعد از مس آلومینیوم است قیمت آن از مس ارزانتر و وزن آن سبکتر میباشد .

جرم مخصوص آلومینیوم $2/7 \text{ gr/cm}^3$ میباشد یعنی $3/3$ برابر کمتر از مس است .

هدایت الکتریکی آن کمتر از مس است $\rho = 2/9 \times 10^{-4}$.

اگر محاسبه کنیم میبینیم که با طول مساوی دوهادی که یکی از جنس مس و دیگری از آلومینیوم باشد اگر بخواهیم افت توان مقاومتی روی دوهادی یکسان باشد لازم است که سطح مقطع هادی آلومینیومی ۶۰٪ بیشتر از سطح مقطع هادی مسی در نظر گرفته شود . هدایت حرارتی آلومینیوم نیز در حدود نصف هدایت حرارتی مس میباشد و لذا بیشتر گرم میشود .

مقاومت مکانیکی و کششی آلومینیوم کمتر از مس است و لذا ساختن سیم آلومینیومی به قطرهای کم عملی نیست .

در شرایط معمولی یک قشر نازک اکسید آلومینیوم (Al_2O_3) روی سطح آلومینیوم خالص رامی پوشاند و بدلیل نقطه ذوب بالای پوشش اکسیدی آلومینیوم (حدود 2000°C) لحیم کاری و جوش کاری سیم آلومینیوم با سانی ممکن نیست .

عایق روی سیم :

۱ - پوشش لاکي : این پوشش از یک لایه نازک لاک ناصحات بین ۲۵٪ تا ۷۵٪ میلیمتر تشکیل شده که با کشیدن سیم از داخل محلول لاک و سپس عبور آن از داخل محفظه گرم بدست می آید این لایه لاکي سفید ، ارتجاعی با استقامت عایقی بالا است (در حدود ۵ کیلوولت-سنت) . درجه سنجی آن ۰.۴۸ درجه سانتیگراد ذوب میشود . سایر عایقهای سیم عبارتند از : پوشش کاغذی که در سیم های گرد با قطر نسبتاً بالا و در شمش ها بکار میرود .

حفاظت و کنترل در ترانسفورماتورها :

ترانسفورماتورها را میتوان در مقابل اتصال کوتاه ترانسفورماتور از زیاد درجه حرارت کار ترانسفورماتور کنترل و حفاظت نمود .

خشک کن تنفسی نوع سیلیکاژل :

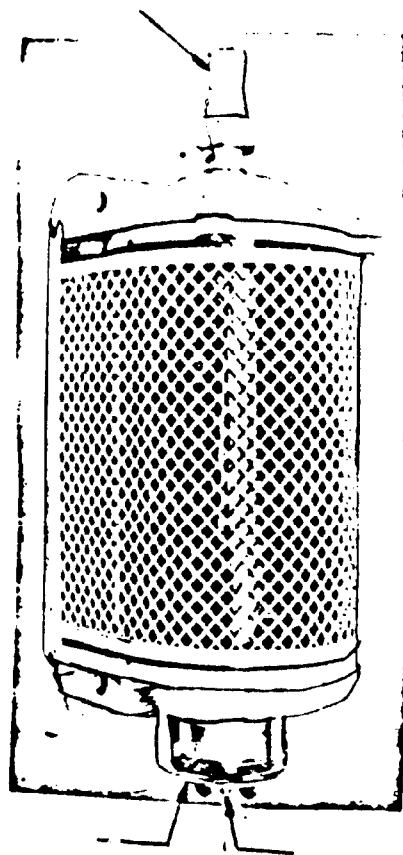
خشک کن های تنفسی نوع سیلیکاژل برای خشک کردن هوایی که بداخل ترانسفورماتورها کشیده میشود مورد استفاده قرار میگیرد عمل تنفسی (مکش هوا) زمانیکه بارویادمای ترانس کاهش پیدا میکند صورت میگیرد . عمل خشک کردن در این نوع خشک کن ها توسط دانه های سیلیکاژل انجام میگیرد که این دانه ها قادرند در حدود ۲۰ درصد از وزن خود را آب جذب نمایند . در حالت خشک و فعال دانه های سیلیکاژل آبی میباشد ولی همچنانکه توسط رطوبت اشباع میشود به رنگ صورتی تغییر میکند .

هوا از زیر خشک کن که دارای یک توری هوا جهت جلوگیری از ورود حشرات و ذرات گرد و غبار میباشد عبور کرده و به سیلیکاژل میرسد پس از خشک شدن از طریق مجرای وسط و لوله ای که به بالای این دستگاه متصل است عبور نموده و به بالای مخزن ذخیره روغن میرسد چون این دستگاه از طریق مجرای زیر آن دائماً با هوای در ارتباط است به مرور زمان در اثر این ارتباط (حتی در مواقعی که عمل تنفس صورت نمیگیرد سیلیکاژل رطوبت هوا را جذب می نماید .

از این رو نوع بزرگتر آنها به یک روغن گیر که در زیر خشک کن قرار دارد مجهز است در مواقعی که ترانسس می خواهد تنفس کند با فشاری که به سطح روغن ایجاد میشود و مجرای هوا باز شده و هوا بداخل سیلیکاژل جریان پیدا میکند .

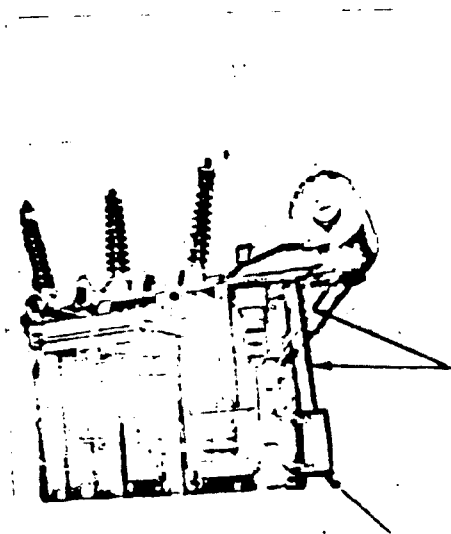
باید دقت نمود که این نوع خشک کن ها در حالت عمودی نصب شوند تا روغن داخل آن روی ماده سیلیکاژل ریخته نشود در غیر این صورت روغن باعث از بین رفتن ژل میشود .

محل اتصال لوله تنفسی



روغن گیر

محل خروج و ورود هوا



لوله تنفسی

دستگاه سیلیکاژل

احیاء ژل :

سیلیکاژلی را که رطوبت جذب نموده است میتوان احیاء یا خشک نمود و زمان و دفعات احیاء بستگی به رطوبت هوا و تغییر بارگیری دارد و حدود و زمان بین دو احیاء ۶ تا ۱۲ ماه میباشد .

برای احیاء مجدد ژل مرطوب را بر روی یک صفحه که روی اجاق تهویه قرار دارد میریزند و با درجه حرارت ۱۱۰ تا ۱۳۰ درجه سانتیگراد بعد از ۸ تا ۱۰ ساعت حرارت میدهند تا زلها رنگ آبی خود را بدست آورند در صورتیکه دما از ۳۰۰ درجه تجاوز نماید ژل ها سیاه رنگ خواهد شد و در موقع استفاده دیگر ، رنگ آبی خود را باز نخواهد یافت و با جذب رطوبت قهوه ای رنگ خواهد شد . با اینوصف دمای اضافی و تغییر رنگ همراه با آن ظرفیت جذب رطوبت این ماده را کاهش نمیدهد وقت شود که در مدت احیاء سیلیکاژل ، ترانس بدون سیلیکاژل نباشد .

رله بوخهلتنس :

یکی از مهمترین وسایل حفاظت ترانسفورماتور رله گازی بوخهلتنس میباشد که در ترانسفورماتور و در مسیبر تانک و مخزن انبساط نصب میشود این وسیله جهت حفاظت ترانسفورماتور در مقابل اتصال کوتاه و عیب هایی که

بناز به آن دارد که تراستور ماسور از بریار قطع خود بکار میرود . انواع زیادی از رله های کاری بوجهلس مورد استفاده قرار میگیرد ما در اینجا به بررسی یک نوع از این رله ها که ساده ترین آنها سیر می باشد به نام رله سه SOS میپردازیم .

ساختار داخلی و طرز کار :

رله از محفظه ای سسته که در داخل آن دو کلید حیوه ای یکی جهت آلارم و دیگری مرحله تریب می باشد تشکیل یافته و در محفظه خارجی آن کساکهای اتصال نونده و شیر خارج نونده گاز و فاصله ساز (Spacer) نصب گردیده است .

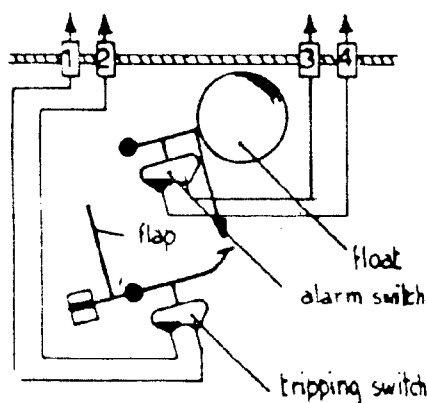
شروع راه اندازی :

کلاهک محافظ مدار را باز کنید (پیچ آن را باز کنید) دکمه فشاری نصب شده روی پوشش رله بررسی کنید (جک کنید) و فاصله ساز (Spacer) نصب شده جهت جلوگیری از کار کردن وسائل سیگنال دهنده در زمان حمل و نقل را بردارید . شیرها کننده (Releasecock) را باز کنید تا اینکه رله بتواند برآز روغن شود . مراحل پر شدن ، همچنین حرکت آزاد و مسائل سیگنال دهنده را میتوان از طریق دریچه بازرسی تحت نظر و مورد بررسی قرار دارد .

– بعد از پر شدن کامل رله از روغن شیرها کننده (Releasecock) را دوباره ببندید . سیم کنسی رله باید طبق نقشه فوق انجام گیرد .

کنتاکتهای الکتریکی :

این کنتاکتها از دو کنتاکت معمولاً " باز و جدا از هم تشکیل شده اند . نوع کنتاکت ها از نوع حیوه ای یکی از کنتاکتها برای آلارم است و دومی برای تریب ولتاژ مورد نیاز که ۲۴۰ V + ۲۴ A.C یا D.C جریان اسمی



برای کنتاکت ها در حالت بسته ۵ آمپر است .

سیگنالها :
کنتاکت ۱ و ۲ تریب
کنتاکت ۳ و ۴ آلارم
در حالت تجمع (تراکم) گاز : آلارم عمل میکند .
در حالت ادامه تولید و تراکم گاز : تریب عمل میکند .
در حالت حرکت سریع و ناگهانی روغن : تریب عمل میکند
عملیاتی که باید انجام داد بعد از عمل کردن تریب :

یک مقدار گاز نمونه از طریق شیرها کننده (Releasecock) بردارید و با استفاده دستگاههای مخصوص آنرا

تجزیه و تحلیل نمائید .

رنگ مواد رسوبی ایجاد شده در لوله آزمایش دستگاه تجزیه و تحلیل کننده تعیین کننده نوع اشکال و عیبها

موجود در تراستور ماسور میباشد .

- کارسی بووی رنگ است
- کار سفید گونه زنده معمولاً " غیرمحترق است
- کار سنگین وزرد رنگ میباشد
- کار خاکسری یا سیاه رنگ و آتشگیر است
- در روغن هوای معمولی نمود کرده است .
- حرارت زیاد به مواد عایق مانند کاغذ اثر نموده است .
- حرقه روی چوب انجام گرفته است .
- روغن تحریبه نده است .

بذکر : در کلیه موارد مذکور ترانسفورماتور را باید تعمیر کرد تا اینکه از افزایش خرابی جلوگیری نمود .
 ممکن است در زمان برگردن روغن ترانسفورماتور یا در زمان راه اندازی ترانسفورماتور هوا در ترانسفورماتور باشد .
 در حالت های مشابه سیگنال آلارم بطور موقتی عمل میکند .
 چنانچه به علت کم بودن روغن ترانسفورماتور در مخزن مدار تریپ عمل کند قبل از راه اندازی مجدد مخزن را پرازر روغن کنید .

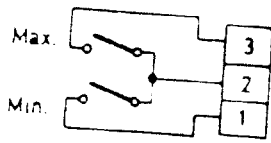
ترمو متر :

این وسیله که جهت کنترل درجه حرارت کار ترانسفورماتور بر روی آن نصب میشود از سه عقربه مختلف تشکیل شده است حداکثر درجه حرارت کار ترانسفورماتور توسط عقربه تنظیم شونده بر روی ترمومتر تنظیم میشود و عقربه ای که گردش آن بر اساس حرارت انتقال دهنده ترمومتر میباشد در صورت ازدیاد حرارت ترانسفورماتور دو کنتاکت که به این دو عقربه وصل میباشد جریان را برقرار کرده و سیستم هشدار دهنده بکار می افتد : عقربه سوم برای کنترل و بررسی حرارت ترانسفورماتور در شبانه روز میباشد این عقربه همیشه در بالاترین درجه حرارت کار ترانسفورماتور می ایستد . از ترمومتر میتوان جهت تریپ و آلارم استفاده کرد .

وسيله سنجش سطح روغن ترانس :

وسيله ای که کار سنجش روغن را انجام میدهد یک طرح شاور است که حرکت آن از طریق یک بازو و یک محور افقی بیک مغناطیس دائمی منتقل میشود . این مغناطیس دائم در یک محفظه که در مقابل روغن مخزن و بقیه اجزاء موجود در قسمت نشان دهنده آب بندی شده و یک مغناطیس دائم دیگری را که بر روی محور عقربه نشان دهنده قرار دارد . به عمل و امیدارد یک پوسته مقاوم در مقابل روغن بین دو مغناطیس موجود است .

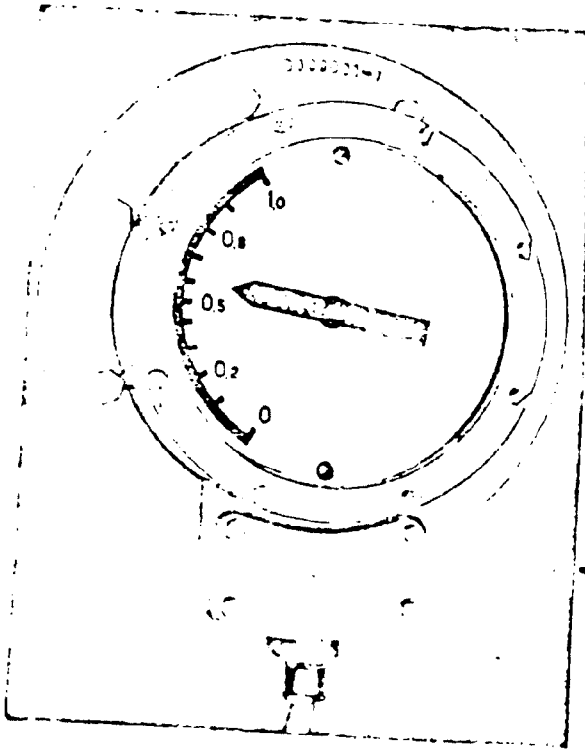
نشان دهنده سطح روغن دارای یک فلانچ و واشر برای نصب بر روی دیواره مخزن توسط پیچ میباشد .
 درجه بندی بر روی صفحه فلزی قرار گرفته و بوسیله یک شیشه محافظت میشود . درجه بندی به ۱۰ قسمت تقسیم میشود . هر قسمت از آن $\frac{1}{10}$ حجم مخزن را بین کمترین و بیشترین سطح روغن مجاز نشان میدهد . وسیله سنجش معمولاً " دارای دو کنتاکت جهت سیگنال از نوع میکروسویچ است که توسط یک بادامک که بر روی محور عقربه قرار دارد تحریک میشوند . یکی از این کنتاکتها زمانیکه عقربه صفر را نشان میدهد و دیگری زمانیکه عقربه $\frac{1}{10}$ را نشان میدهد توسط بادامک بسته میشود . جعبه ترمینال در زیر محفظه نشان دهنده قرار دارد و برای کنتاکتهای سیگنال ، که یکی از آنها برای هردو مشترک است میباشد .



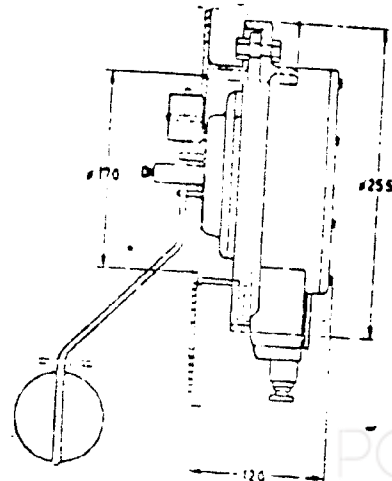
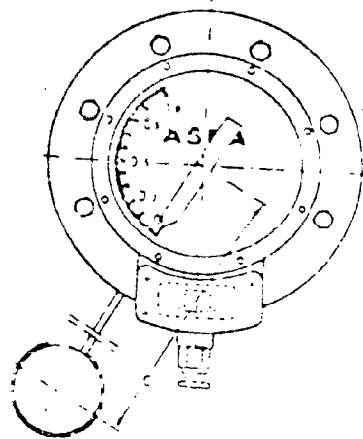
نشان دهنده
سطح روغن

کنتاکتهای سیمکال :

محل قرارگرفتن نشان دهنده سطح روغن در ترانسفورمر



نماهای مختلفی از نشان دهنده سطح روغن :

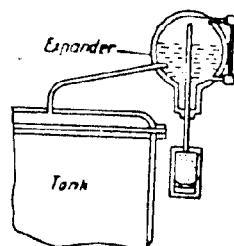


محسن :

محسن تراسفورماتور از فولاد سوردی ساخته میشود ، تراسفورماتورها نسبت به قدرت ، گرمای حاصله و - استحکام مکانیکی موردلرزم دارای مخزن از ورقهای صاف مخزن کنگره ای ویا مخزن لوله ای میباشد ، قسمت تحتانی مخزن محکمتر از سایر نقاط آن ساخته شده و ناسی مجهز به جرحهای مختلف است . مخزن در نزدیکی رمین دارای شیرخلیه روغن بوده و درزروی درپوش دارای قرارگاه حرارت سنخ است . اتصال تراسفورماتور به زمین توسط دوپیچ M12 یکی درپائین مخزن طرف فشار ضعیف و دیگری سرروی درپوش صورت میگیرد .

منبع انبساط :

در تراسفورماتورهای استاندارد (VDE 0532) آلمان و IEC769 (بین المللی تا قدرت اسمی ۲۵۰ کیلوولت آمپر منبع انبساط در طول و در طرف فشار ضعیف قرار دارد ، از قدرت اسمی ۲۵۰ کیلوولت آمپر به بالا گره تراسفورماتور از طرف فشار قوی نگاه کنیم درست راست و در عرض قرار دارد . درجه روغن نوا بر روی جداره منبع انبساط قرار میگیرد و جهت نشان دادن سطح روغن دارای علامتات مشخصی در ۲۰ + و ۲۰ - درجه سانتیگراد میباشد . بر روی جداره منبع انبساط امکان نصب یک دستگاه رطوبتگیر هوا وجود دارد .

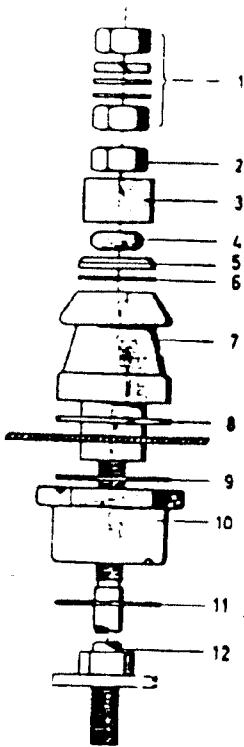


لوله انفجار :

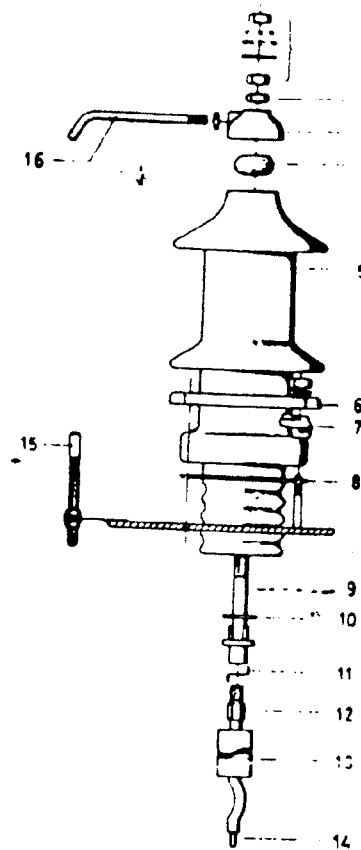
چون در تراسفورماتور امکان اتصالی وجود دارد و این موضوع باعث تولید گاز زیادی در اثر سوختن دی الکتریک میباشد که ممکن است تراسفورماتور را منفجر نماید ، برای خروج این گازها ویا احياناً " روغن زیاد در این زمان از لوله انفجار استفاده میشود . لوله انفجار یک لوله ای به قطر ۵ الی ۱۰ اینچ بوده که درب آن به وسیله ورق بسیار نازک بسته شده و در موقع فشار بیش از حد درب آن می ترکد و بدین ترتیب از منفجر شدن تراسفورماتور جلوگیری به عمل میآید . لوله انفجار باید در محل مناسب با رعایت فواصل مقرر ها در روی تانک در نظر گرفته شود .

غابفهای حسی با ایرولاتورها :

خروجی سیم پیچی فشارقوی (H.V) و فشار ضعیف (L.V) در ترانسفورماتورهای بیش سیمی برای ولتاژهای تا ۳۵ کیلوولت از ایرولاتورهای پرسن برار هوا یا روغن استفاده میشود .
معمولاً در داخل مقره ها قطعات فیبری در اطراف سرهای خروجی نصب میشود . این عمل بیشتر برای جلوگیری از حرارت زیاد و بوجود آوردن خاصیت جاری ناروخته خاصیت سلفی براسفورماتور و کاهش آلودگی و نیاز تا حدودی میباشد .



- ۱- قطعات اتصال خارجی
- ۲- مهره
- ۳- کلاهک برنجی
- ۴- واشر بندی
- ۵- جسم عایق
- ۶- فلانچ
- ۷- قطعه فشار دهنده
- ۸- واشر باریک
- ۹- میله اتصال
- ۱۰- قطعه میانی
- ۱۱- واشر خاردار
- ۱۲- پیچ واصل
- ۱۳- لوله عایق
- ۱۴- سیم اتصال عایق بندی شده
- ۱۵- شاخک جرعه زن تحتانی
- ۱۶- شاخک جرعه زن فوقانی



مقره گذر جهت حداکثر ۲۵۰ میر طبق DIN ۴۲۵۳۰

مقره گذر طبق DIN ۴۲۵۳۱
برای حداکثر ۱۰۰ میر مجهز به قطعات اتصال
طبق DIN ۴۲۳۸

۱۲- میله اتصال

- ۶- واشر باریک
- ۷- قسمت فوقانی جسم عایق
- ۸- واشر باریک
- ۹- واشر باریک
- ۱۰- قسمت تحتانی جسم عایق
- ۱۱- واشر باریک

- ۱- قطعات اتصال خارجی
- ۲- مهره
- ۳- حلقه برنجی
- ۴- واشر آب بندی
- ۵- واشر فلزی
- واشرهای ضد روغن :

این واشرها که جهت آب بندی در ترانسفورماتور نگار میروند کاربرد آن در زیر ایرولاتورها و سن تانک با قسمت بالایی ترانسفورماتور میباشد در مواقعی هم از واشر کلکتیو نیز استفاده میشود .

رسک :

ترانسفورماتورها علاوه بر رنگ صدرنگ دوبار (آستری و برداحنی) رنگ میشوند اگر ترانسفورماتور جهت نصب در هوای آزاد باشد ، دوبار آستری رنگ میشود ترانسفورماتورها معمولا " بارنگ خاکستری مایل به سبز تحویل میگرددند .

خنک کردن ترانسفورماتورهای توزیع :

در ترانسفورماتورهای توزیع خنک کردن از طریق گردش روغن بطور طبیعی انجام میگردد و هوایی که سه سطح تانک ترانسفورماتور برچورد میکند باعث خنک شدن روغن آن میشود . (ONAN) .
ترانسفورماتورهایی که تا قدرت 30 KVA ساخته میشوند بدنه آن دارای سطح صاف میباشد .
ترانسفورماتورهایی که تا قدرت 3000 KVA ساخته میشوند از طرف های مجهز به لوله های جانبی (رادیاتور) مجهز میباشد که عموما " مقطع این لوله ها حدود 5 میلیمتر ساخته میشوند .

تاپ چنجر :

یکی از مهمترین نکات در تولید و توزیع انرژی الکتریکی ثابت نگاه داشتن ولتاژ و فرکانس برای مصرف کننده میباشد . عمل تثبیت فرکانس در نیروگاه انجام میگردد و عمل تنظیم و تثبیت ولتاژ میتواند در هر مرحله از تولید ، انتقال و توزیع انجام پذیرد . تغییرات ولتاژ برابر تغییرات بار صورت میگردد که مقدار این تغییرات در ساعات مختلف روز و فصول مختلف فرق میکند .

کنترل ولتاژ ترانسفورماتورها معمولا " توسط تغییر نسبت تبدیل ترانسفورماتور انجام میشود بدین ترتیب که تعداد دور اولیه با ثانویه ترانسفورماتور تغییر کرده و در نتیجه ولتاژ خروجی تغییر میکند و وسیله ای که اینکار را در ترانسفورماتور انجام میدهد به تاپ چنجر معروف میباشد ، عمل تغییر تعداد دور معمولا " روی سیم پیچ فشار قوی ترانسفورماتور انجام میشود .

تاپ چنجر از نظر عمل و وصل به دودسته قابل قطع زیر بار و غیر قابل قطع زیر بار

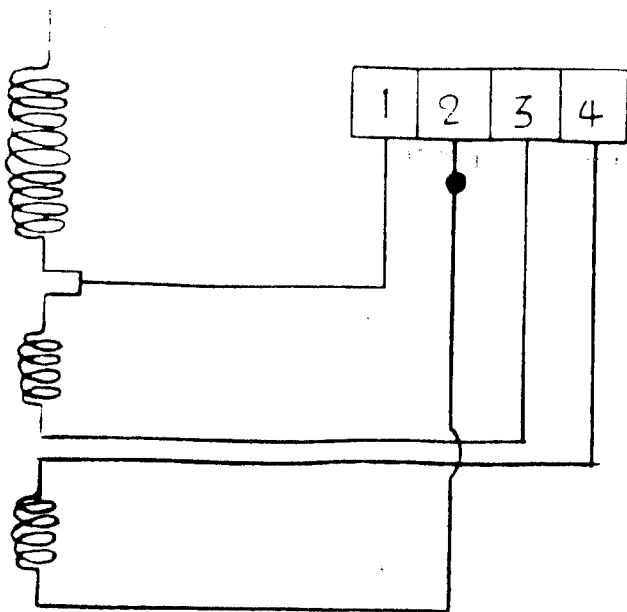
تقسیم میشوند . عمل کنترل هم میتواند توسط دست یا بطور اتوماتیک توسط فرمان گرفتن از دور انجام گیرد .

تاپ چنجرهای off-Load :

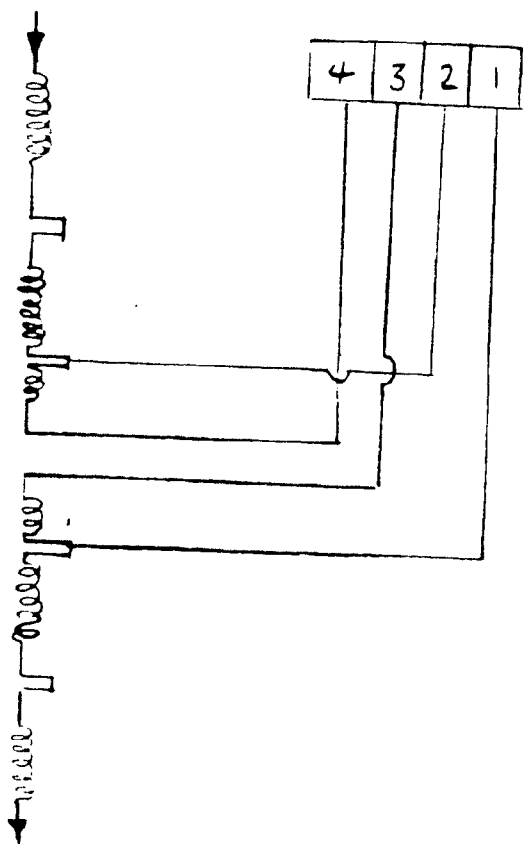
این تاپ چنجرها در ترانسفورماتورهای توزیع مورد استفاده قرار میگیرد و همواره بایستی هنگامی تغییر داده شوند که ولتاژ از روی ترانسفورماتور برداشته شده است در غیر این صورت باعث ایجاد جرقه و صدمه در ترانسفورماتور خواهد گردید .

کلا " نحوه خروج سرهای سیم پیچ جهت تاپ چنجر در سه نوع سیم پیچ متداول در ترانسفورماتورهای توزیع وجود دارد که از طرف فشار قوی وصل میشود در اینجا به ذکر آنها با شکل مربوطه می پردازیم .

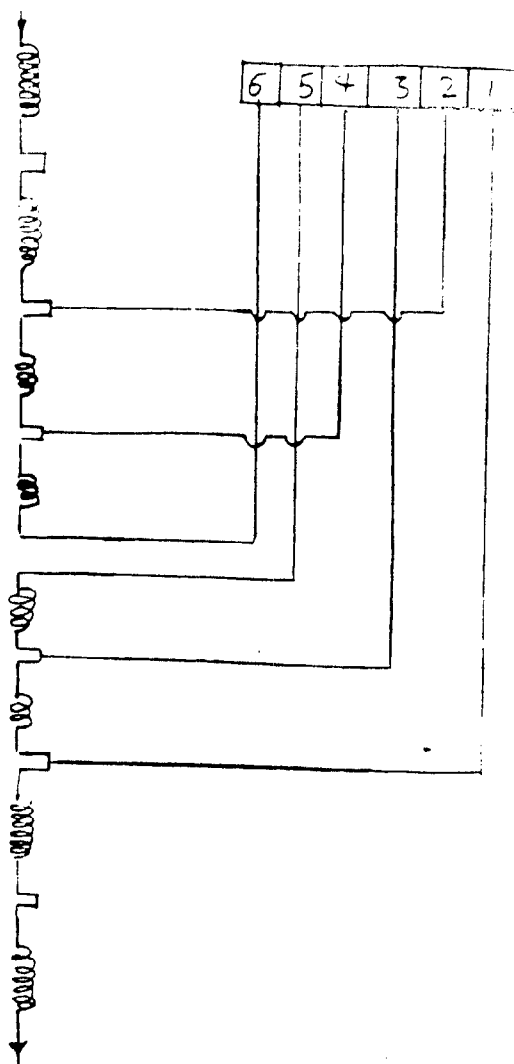
الف : درسیم پیچ اسوانه ی ۱ تاپ جنجر دارای سه حالت (:



ب : درسیم پیچ دیسکی نابسته (تاپ جنجر دارای سه حالت) :



ج : در سه بیج دستی رایبوسه ایا ححر درای سخ حالت (:



دستگاه تصفیه روغن :

همانطور که قبلاً ذکر شد روغن ترانسفورماتور که یکی از مهمترین مواد عایقی ترانسفورماتور میباشد که باید دارای مشخصات استاندارد که برای این نوع روغن تعیین میشود را دارا باشد .
این روغن اگر کیفیت خود را از دست داده باشد باید توسط دستگاه تصفیه روغن احیاء شود .
این دستگاه از نظر کلی روغن را در دو مرحله تصفیه و احیاء میکند ، روغن را رطوبت زدائی کرده و در مرحله بعدی آن را عاری از فضولات مکانیکی می نماید .

روغن را در منبع دو جداره ای که جدار وسطی آن توسط روغن غیر قابل اشتعال و ثابتی که جهت گرم کردن جدار خود آن توسط المنت حرارتی گرم شده و روغن مورد نظر را روی آن جداره سیرکوله کرده و این عمل باعث

کرم شدن روغن تحت بصبه شده و توسط پمپ وکیوم Vacuum Pump رطوبت آن حذف و خارج می‌شود. و این روغن رطوبت ردا شده از فیلترهای بسیار حساس که در این دستگاه تعبیه شده عبور داده می‌شود و فصولات مکانیکی آن توسط این فیلترها گرفته می‌شود.

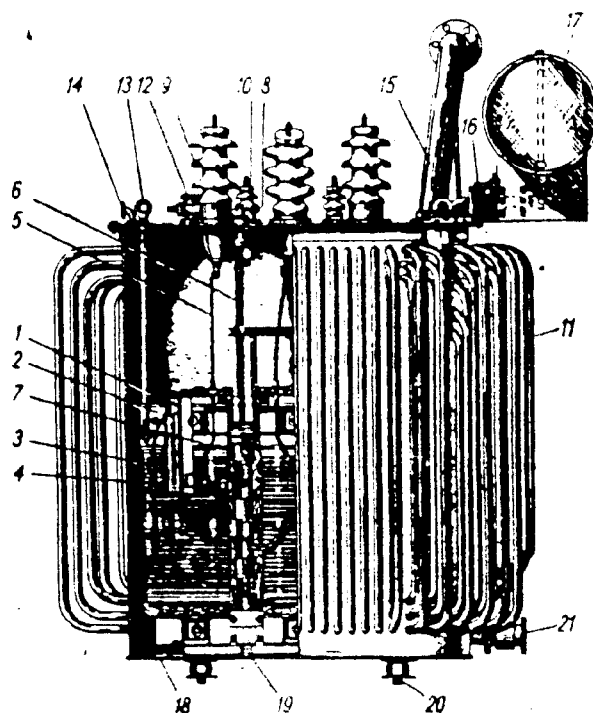
دستگاه تست روغن :

روغن تصفیه شده از نظر ولتاژ شکست باید تحت آزمایش قرار گیرد به این منظور جهت تست روغن در دستگاهی که ساختمان داخلی آن عبارت از یک ترانسفورماتور امراپده اتوماتیک که ولتاژ را بتدریج و با ازای KV بالا میبرد استفاده می‌شود.

روغن مورد نظر را در داخل ظرف نمونه برداری که در داخل آن دو الکترود (گوی) که ولتاژ را اعمال میکند قرار داده شده، و ولتاژ بتدریج بالا می‌رود. در ولتاژ شکست این روغن ولتاژ دو الکترود اتصال کوتاه شده و مقدار قطع می‌شود و مقدار ولتاژ شکست در روی دستگاه ثبت می‌شود اینکار در ۶ بار انجام شده و در تست هفتم معدل آزمایش بر روی دستگاه ثبت می‌شود این معدل (ولتاژ شکست) باید با مقدار استاندارد و مطابقت داشته باشد اگر نتیجه آزمایش رضایت بخش نباشد تصفیه باید دوباره انجام گیرد.

قابل تذکر است که در روغن ترانسفورماتور غیر از آزمایش استقامت الکتریکی آزمایش شیمیائی نیز بایسد انجام گیرد که مشخصات شیمیائی آن نیز تعیین شود که این آزمایش در آزمایشگاه شیمی باید انجام گیرد.

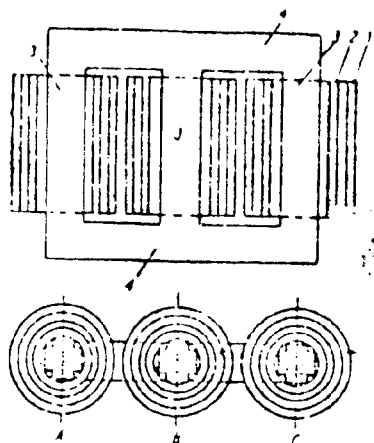
- ۱- مدار مغناطیسی از نوع ورقه ای
- ۲- تیر آهن کوچک بنکسل که بدنه مغناطیسی را تشکیل داده است.
- ۳- سیم بنجی فشار ضعیف
- ۴- سیم بنجی فشار قوی
- ۵- سرگرفته شده از فشار قوی
- ۶- سرگرفته شده از فشار ضعیف
- ۷- کموتاتور سه تایی سرهای رگلاتور فشار قوی
- ۸- فرمان کموتاتور
- ۹- ایزولاتور فشار قوی
- ۱۰- ایزولاتور فشار ضعیف
- ۱۱- ظرف با رادیاتور.
- ۱۲- شیرجهت برگردن روغن .
- ۱۳- حلقه برای بلند کردن قسمت فعال
- ۱۴- سرچینی برای اتصال بست تخلیه
- ۱۵- لوله اطمینان جهت تخلیه گاز
- ۱۶- رله بوخپلتس
- ۱۷- مخزن روغن
- ۱۸- بست آهنی عایق شده ته ظرف ترانسفورماتور
- ۱۹- لولای اتصال عمودی که تیر آهن های فشارنده بنکسل که بدنه مغناطیسی را بهم محکم میکند .
- ۲۰- چرخ
- ۲۱- شیرتخلیه



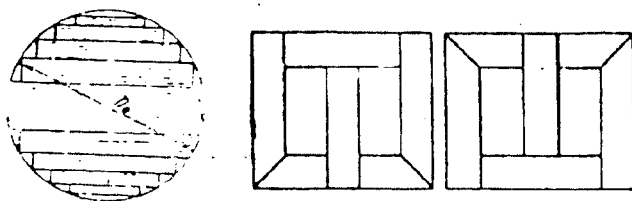
در کارگاه ترانسفورماتور محصل آمورسی و بیرومسی سهد عباسور نارسانی و مرتب ترانسفورماتورهای تعمیری در قسمتهای مختلفی انجام میگردد که معافاً " مورد بحث قرار خواهد گرفت .
قبل از اینکه به کارگاه برویم با انواع ترانسفورماتورها از لحاظ شکل هندسی و سیم پیچ آشنا مینویم .

هسته :

هسته ترانسفورماتور که مدار مغناطیسی فلوی ناشی از جریان مغناطیسی سیم پیچ ها را تشکیل میدهد از جنس ورق فولاد الکتریکی به ضخامت های مختلف میباشد . هسته ترانسفورماتور دارای دو قسمت ستون و یوغ است که در روی ستونها سیم پیچ ها سوار میشوند و یوغ وظیفه بستن مدار مغناطیسی ستون ها را عهده دار میباشد .

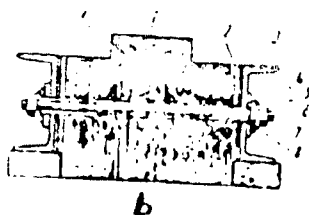


ضخامت ورقهای الکتریکی که هسته را تشکیل میدهند $0/35$ یا $0/5$ میلیمتر میباشد . نحوه چیدن هسته ها بر روی هم نقش مهمی در مقدار رلوکتانس مدار مغناطیسی و فوران های پراکندگی ترانسفورماتور دارد .
سطح مقطع هسته ترانسفورماتورها را بصورت دایره دندانه دار میسازند . بدین نحو که هسته مجموعه ای از قطعات ورق به عرضهای مختلف را تشکیل میدهد . شکل زیر یک نمونه از مقطع هسته دایره ای شکل را نشان میدهد .



روش چیدن ورقهای ترانسفورماتور

اتصال و محکم کردن هسته ها به یکدیگر بدین نحو است که در نقاط مختلف هسته سوراخهایی ایجاد میگردد (به این عمل پانچ کردن ورق می گویند و هسته توسط پیچ و مهره که از داخل این سوراخها عبور میکند محکم میشود . در کلیه موارد فوق پیچ ها و بست ها باستی از هسته عایق بشود تا از ایجاد جریانهای گرداسی و تلفات ناشی از آن جلوگیری عمل آید .



نحوه اتصال ورقهای هسته ترانسفورماتور

۱- اتصال توسط پیچ و مهره درمیانه ستون

۲- اتصال توسط پیچ و مهره در محل بوغ

در هنگام کار ترانسفورماتور هسته و دیگر قطعات فلزی تحت میدان الکتریکی قوی قرار میگیرد و لذا باردار میشوند و اختلاف پتانسیل ناشی از ایجاد بارهای مختلف در نقاط مختلف میتواند تولید جرقه بنماید. لذا جهت جلوگیری از این امر هسته و بستهای آن توسط صفحات نازک مسی زمین میشوند.

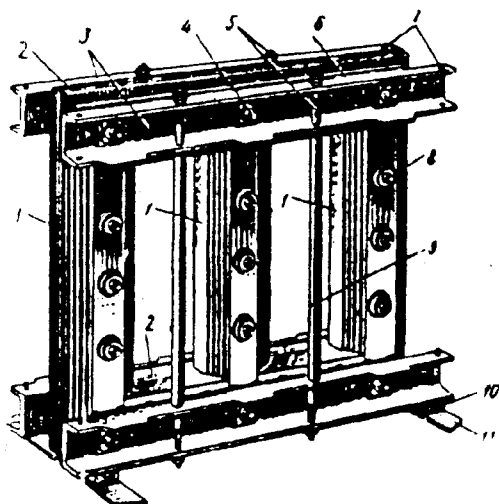
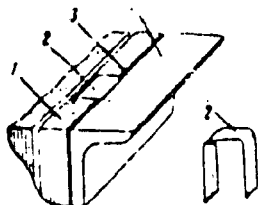
زمین کردن هسته ترانسفورماتور

۲- گیره بوغ

۳- عایق

۲- نوار مسی

۱- هسته



یک هسته کامل شده ترانسفورماتور سه فاز

۲- بوغ

۱- ستون

۸ و ۲- پیچ و مهره بست بوغ و ستون

۳- بست های بوغ

۶- عایق پرس خورد

۵- میله

۴- محل نصب حلقه جهت بلند کردن هسته از داخل تانک

۹- عایق لوله ای روی میله

۱۱- ورق فولادی

۱۰- قطعه چوب

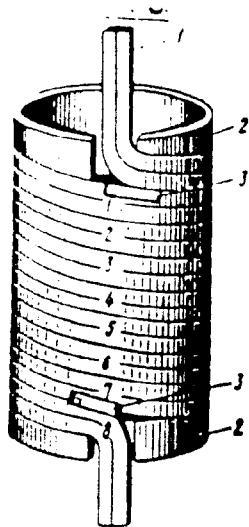
سیم پیچ ترانسفورماتور:

سیم پیچ ترانسفورماتورهای روغنی از جنس مسی میباشد. سیم هایی که در فشار قوی مورد استفاده قرار میگیرند، معمولاً از نوع لاکمی میباشد و سیم فشار ضعیف با عایق کاغذی میباشد که در اندازه های مختلف

مصرف منبسط . در تراسترمانور سیم بیج فشار ضعیف معمولاً در زیر سیم بیج فشار قوی قرار میگیرد و از یکدیگر توسط سیلندر عایق جدا میشوند .

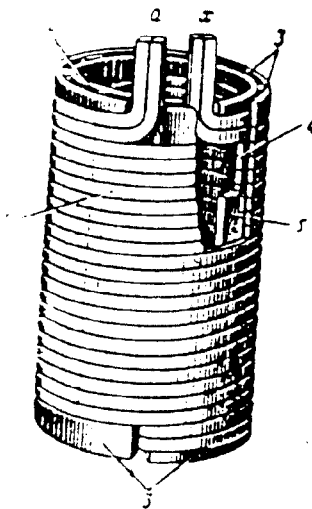
سیم بیج فشار ضعیف در تراسترمانورهای توزیع معمولاً به دو نوع زیر میباشد :

نوع اول :



- سیم بیجی یک لایه استوانه ای
- ۱- هادی سیم بیج
 - ۲- قطعه انتهای سیم بیج
 - ۳- عایق U شکل که در محل انحنای سیم بیج سوار میشود .

در این نوع سیم بیجی میتوان از یک هادی یا چند هادی بصورت موازی استفاده کرده و سیم بیج را بوجود آورد . در این نوع سیم بیج از قطعات (2) جهت استوانه ای کردن دو طرف سیم بیجی استفاده میشود که از نظر محکم ساختن سیم بیج ، دوسرانهائی توسط نوار یا آنها بسته میشوند .



- سیم بیجی دو لایه استوانه ای
- ۱- لایه خارجی
 - ۲- ناحیه خالی جهت عبور روغن
 - ۳- قطعه انتهای سیم بیج
 - ۴- لایه داخلی
 - ۵- چوب پانیبر عایق

نوع دوم :

در این نوع سیم بیجی نیز میتوان از یک یا چند هادی موازی باهم استفاده نمود . بین دو لایه یک صفحه خالی جهت ورود روغن و بهتر خنک کردن سیم بیج ایجاد میگردد .

سیم پیچی دیسکی مداوم :

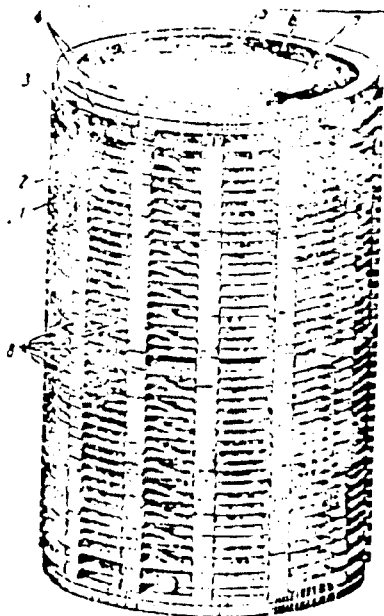
- ۱- دیسک
- ۲- فاصله حالی افقی جهت عبور روغن
- ۳- نطفات برس بوردس دیسک ها
- ۴- حلقه های غایق جهت محکم کردن سیم پیچها
- ۵- فاصله حالی عمودی
- ۶- میل جویی عمودی جهت ایجاد فاصله حالی دوائی
- ۷- سیلندر غایق
- ۸- سرهای خروجی جهت تاپ چنجر

این نوع سیم پیچی از چندین سری دیسک های مسطح سری شده بایکدیگر تشکیل شده است . این دیسکها بطور عمودی درروی هم واقع شده ودربین آنها فاصله خالی جهت عبور روغن تعبیه گردیده هر دیسک از چندین دور هادی شمشی بوجود آمده است که هادی مربوط میتواند از یک رشته هادی و یا از چندین هادی موازی تشکیل شده باشد .

این نوع سیم پیچی باین دلیل به دیسکی مداوم معروف گردیده که تکنیک ساخت سیم پیچی بنحوی است که هیچگونه قطع شدگی دربین دودیسک پشت سرهم بوجود نمی آید . جهت ایجاد فواصل خالی در بین دیسکها از عایقهای برس بورد که در شکل مشاهده میگردد استفاده میشود .

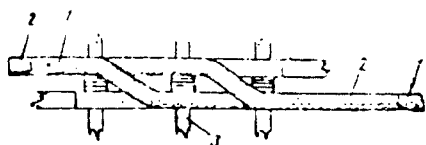
در این نوع سیم پیچی چنانچه از چند هادی موازی باهم استفاده میشود جهت جلوگیری از ایجاد اختلاف امپدانس در بین هادیهای موازی ، هادیها درمحل عبور از دیسکی به دیسک دیگر جای خود را بترتیب عوض میکنند .

از این نوع سیم پیچی جهت استفاده در فشار ضعیف و قوی ترانسفورماتور های با قدرت بالا استفاده میشود .

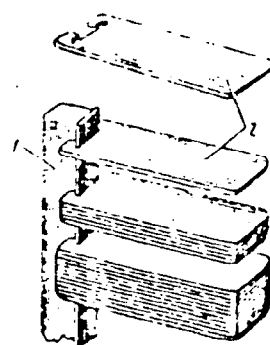


- سیم پیچی دیسکی مداوم

- ۱- دیسک
- ۲- فاصله حالی افقی جهت عبور روغن
- ۳- نطفات برس بورد بین دیسک ها
- ۴- حلقه های غایق جهت محکم کردن سیم پیچ
- ۵- فاصله حالی عمودی
- ۶- میل جویی عمودی جهت ایجاد فاصله حالی عمودی
- ۷- سیلندر غایق
- ۸- سرهای خروجی جهت تاپ چنجر



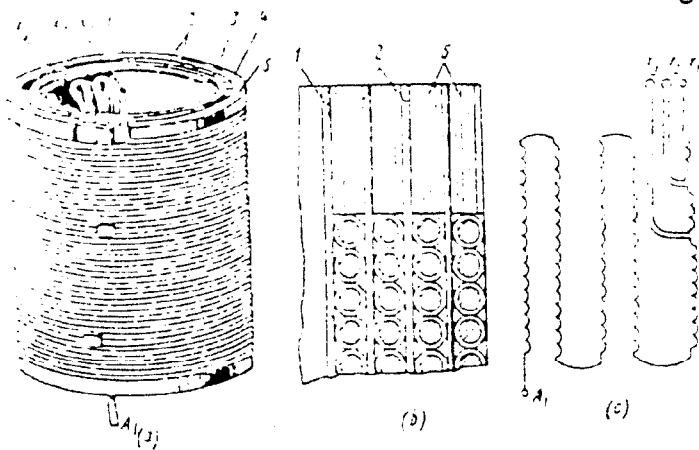
- تغییر موقعیت هادیهای موازی
- ۱- هادی روکه به زیر می رود
 - ۲- هادی زیر که به رو می آید
 - ۳- نوار عایق



آلانات عایق برس بورد

- دیسک ها

سیم بیجی نامرئی نیز در زیر سطوح مابوهای سورج در سه نوع مورد استفاده قرار میگیرد.
نوع اول: سیم بیجی چند لایه استوانه ای.



a- شمای خارجی

b- عایق بندی استثنائی سیم بیجی

c- دیاگرام سیم بیجی باشد مخروطی برای تاپ چنجر

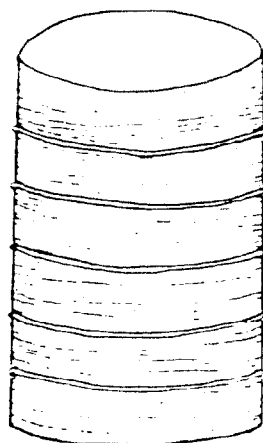
۱- سیلندر عایق داخلی ۲- لایه های عایق بین سیم بیجی ها ۳- فاصله خالی جهت عبور روغن

۴- فضا تایق جهت ایجاد فاصله خالی ۵- لایه های برش خورد استثنائی

در این نوع سیم بیجی از سیم های با مقطع گرد استفاده میشود. اولین لایه سیم بیجی بر روی یک سیلندر کاغذی فشرده پیچیده میگردد و سپس بر روی آن یک لایه کاغذ کابل کشیده شده ولایه دوم سیم بیجی روی آن پیچیده میشود و اینکار تا انتها ادامه پیدا میکند.

ضخامت عایق بین لایه ها معمولاً ۰/۱۵ تا ۰/۲۵ میلیمتر و طول آن حدود ۱۲ میلیمتر بیشتر از خود سیم بیجی در نظر گرفته میشود. چنانچه به فاصله خالی جهت عبور روغن و بهتر خنک کردن سیم بیجی احتیاج باشد. سیم بیجی به دو قسمت تقسیم شده و بین آن دو یک فاصله خالی (۳) توسط قطعات چوب عایق (۴) ایجاد میشود.

نوع دوم: سیم بیجی چند لایه بوبینی



در آن نوع سیم پیچی از سه های نامنطق گرد استاده مسود بدن بوسه کد کل سه بیج از بعد ای بوسه سری نده با کدیگر شکل گردیده و هر بوسه یک سه بیج اسوانه ای حید لایه ای مساند. حید این نوع سیم پیچی تعمیر و عیب باسی ساده تر آن نسبت به سیم پیچی حید لایه ای اسوانه ای مساند.

تاب چنجر:

کنترل ولتاژ ترانسفورماتورها معمولاً " توسط تغییر نسبت تبدیل ترانسفورماتور انجام میشود بدین ترتیب که تعداد دور اولیه یا ثانویه ترانسفورماتور تغییر کرده در نتیجه ولتاژ خروجی تغییر میکند وسیله ای که اینکار را در ترانسفورماتور انجام میدهد به تاب چنجر معروف میباشد. در عمل تغییر تعداد دور ترانسفورماتورهای توزیع فقط روی سیم پیچ فشار قوی انجام میگردد. این امر بدلیل کمی جریان در سیم پیچ فشار قوی و نازک بوده هادیها است که اتصال را آسان میکند.

تاب چنجر از نظر عمل قطع و وصل به دودسته قابل قطع زیر بار on load و غیر قابل قطع بی بار (Off load) تقسیم میشوند که در ترانسفورماتورهای توزیع نوع غیر قابل قطع آن استفاده میشود و همواره بایستی هنگامی تغییر داده شوند که ولتاژ از روی ترانسفورماتور برداشته شده باشد. در غیر این صورت

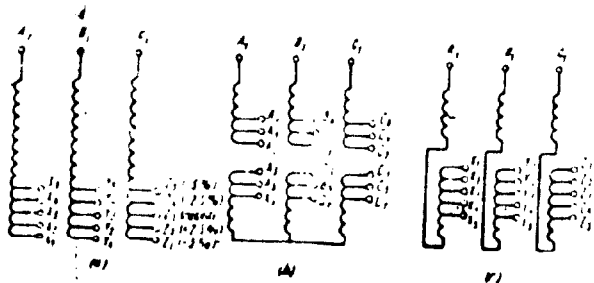
باعث ایجاد حرور و سدمه در سرفورماتور خواهد گردید.

نحوه خروج سرهای سیم پیچ جهت تاب چنجر به سه دسته زیر تقسیم سدی میشود:

الف: روشی که تغییر سرهای اتصال در اسهای سیم پیچ، انجام میشود.

ب: روشی که تغییر سرهای اتصال در وسط سیم پیچ انجام میشود.

ج: روشی که تغییر سرهای اتصال در وسط کویل و انتهای سیم پیچ انجام میشود.

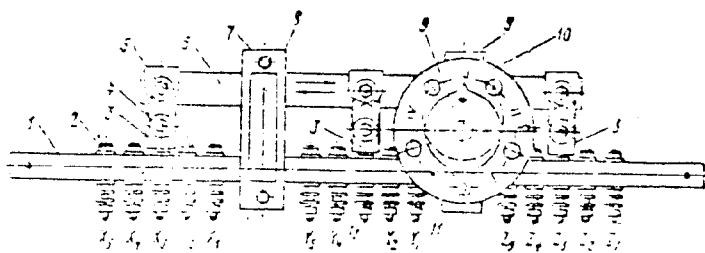


نحوه خروج سرهای اتصال برای تاب چنجر

ساختمان تاب چنجر غیر قابل قطع زیر بار:

یک نمونه تاب چنجر که جهت کار در نقطه ستاره بکار میرود دیده میشود که دارای ۵ پله میباشد توسط تیغه

اهرم شماره (۹) محور ۶ حرکت کرده و نقطه ستاره را عوض میکند.



۵ یک نمونه تاب چنجر

۱- لوله عایق

۴- فنر

۷- پیچ و مهره

۱۰- صفحه نشان دهنده برفیعت تاب چنجر

۲- کنتاكت ثابت

۵- پیچ و مهره

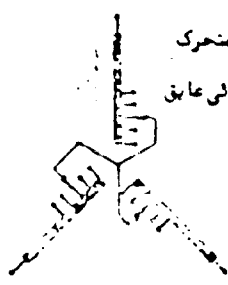
۸- نگهدارنده محور کنتوشی

۱۱- نفل کننده اهرم

۳- کنتاكت متحرک

۶- محور کنتوشی عایق

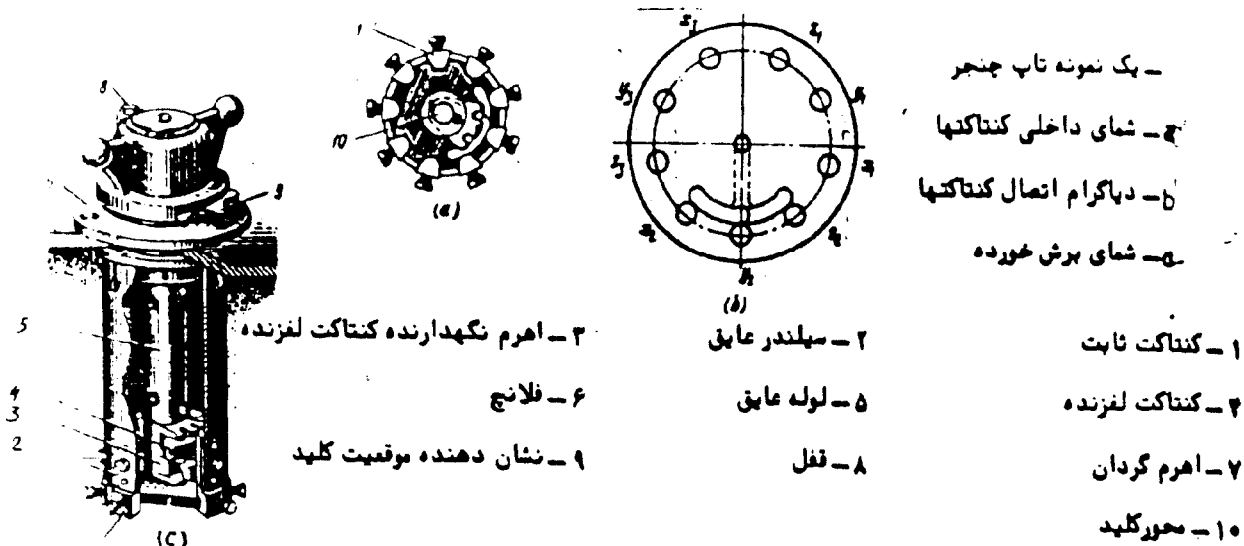
۹- اهرم



۵- دیاگرام اتصال

شکل دیاگرام اتصال

در شکل یک نمونه دایره ناپ جیجر دنده مشود که این یکی سز در نقطه ستاره کار میکند این ناپ جیجر دارای ۹ کنتاکت ثابت مساوند که توسط محورگردان وسط در هر مرحله ۳ کنتاکت را اتصال کوتاه میکند در نتیجه ۳ بله برای تعبیر ولتاژ بدست میآید و در هر مرحله اهرم وسط ۱۲۰ درجه گردش می نماید .



سرسیم ها :

سرسیم ها هادیهای متنوعی هستند که جهت اتصال سیم پیچها به یکدیگر ، ترمینال پوشینگ ، ناپ جیجر و دیگر اتصالات داخلی ترانسفورماتور بکار میروند . برای سرسیم ها از هادیهای مسی با مقطع گرد یا مستطیل و کابلهای انعطاف پذیر استفاده میشود .

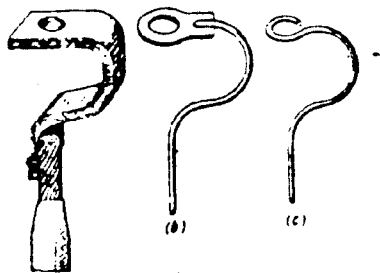
سرسیمهای ترانسفورماتور ۲۰ کیلوولت دارای عایق کاغذ کابل و درولتاژهای بیشتر عایق لوله ای و پارچه وارنیش زده شده یا کاغذ کرب میباشد .

نکته مهم در نصب سرسیمهای ترانسفورماتور دقت در فاصله بین سرسیم ها و نزدیکترین قطعات زمین شده و سایر سرسیم ها و سایر سیم پیچ ها میباشد ، جدول زیر فواصل استاندارد بین سرسیم ها و قطعات زمین شده ترانسفورماتور را نشان میدهد که این فواصل به ولتاژ کار ترانسفورماتور شکل سرسیم ها و ضخامت عایق آنها بستگی دارد .

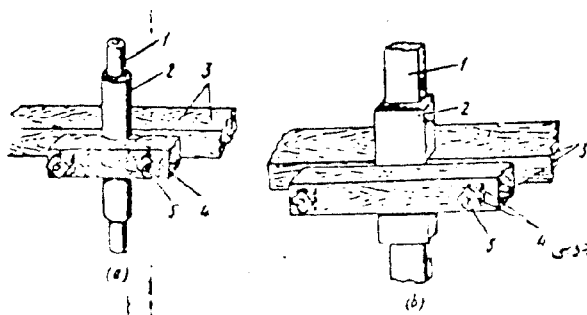
ولتاژ ترانسفورماتور	فاصله بکطرف مابقی سرسیم	فاصله ناطقه زاویه دار زمین شده	فاصله ناطقه صاف زمین شده
6 KV	2 mm	10 mm	10 mm
10	2	12	10
20	3	25	21

جدول - فاصله مجاز بین سرسیم و قسمتهای زمین شده ترانسفورماتورروغنی

سرسیم هایی که به ترمینال بوشینگ یا اتصالات تاپ چنجر متصل میشوند ، بایستی بشکل خمیده باشند و یادارای یک اتصال قابل ارتجاع نواری باشند تا در برابر نیروهای دینامیکی ناشی از جریانهای اتصال کوتاه و یادر عملیات نصب و مونتاژ مقاومت لازم را داشته باشند شکل پائین چند نوع از سرسیم ها را نشان میدهد .



هنگامیکه جریان از سرسیم های نزدیک بهم عبور میکند نیروهای مکانیکی با آنها وارد میشود بدین نحو که چنانچه جریان در آنها هم جهت باشد نیروی وارده در جهت جذب آنها و چنانچه جهت جریان در خلاف هم باشد نیروی وارده در جهت دفع آنها خواهد بود . این نیرو در حالت اتصال کوتاه شدیداً افزایش می یابد . همچنین سرسیم های با سطح مقطع بالا دارای حرم زیادی نیز میباشد . باتوجه به موارد فوق برای حفاظت سرسیم ها از باره شدن و حرکت کردن بایستی آنها را در مکانی ثابت و محکم نمود . لذا سرسیم ها توسط گیره های چوبی بسته شده و به یوغ محکم میشوند در شکل ذیل دو نوع شمای ثابت کردن سرسیم نشان داده شده



است . - ثابت کردن سرسیم توسط بست چوبی

1- سرسیم با مقطع گرد

2- بست چوبی

3- شایق چوبی

4- بست چوبی

5- پیچ و مهره

سوسنگ ترانسفورماتور :

سیم پیچ های ترانسفورماتور توسط سوسنگ به مدار خارجی اتصال می یابد . سوسنگ عبارت است از یک هادی که از میان عایق پرتلان عبور کرده است و در روی درپوش فوقانی و یا بعضی مواقع در یکی از دیواره های ترانسفورماتور نصب میگردد .

یک سوسونیک در داخل تانک قرار داده و سربالایی آن در بالای درپوش واقع میشود و هر دو سر آن دارای پیچ و مهره و کابل نوح جهت اتصال سوسیم ها میباشد . شکل و اندازه سوسونیک بستگی به کلاس ولتاژ ، نوع استفاده از ترانسفورماتور (داخلی یا خارجی) و جریان نامی ترانسفورماتور دارد .

عایق بندی ترانسفورماتور :

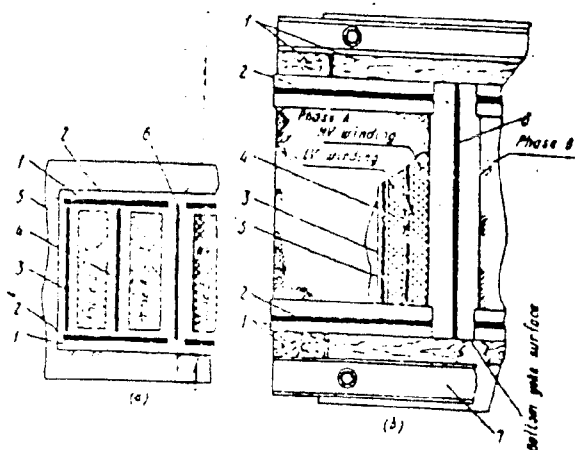
سیم پیچ ها و کلیه قطعاتی که از ترانسفورماتور که با جریان الکتریسیته در رابطه هستند بایستی نسبت به یک دیگر و نسبت به بدنه عایق شوند ، عایق بندی ترانسفورماتورهای روغنی به دو قسمت داخلی و خارجی تقسیم میشود .

عایق بندی داخلی :

این عایق بندی به سه قسمت عایق بندی اصلی یا بزرگ سیم پیچ ها ، عایق بندی فرعی یا کوچک سیم پیچها و عایق بندی قطعات تاپ جنجر و سرهای اتصال منقسم میشود .

الف - عایق بندی اصلی سیم پیچ ها :

این عایق بندی عبارت است عایق کاری سیم پیچ ها نسبت به هم و نسبت به قسمتهای زمین شده مانند هسته و تانک .



a - دیاگرام عایق بندی فاز A

1- نحوه استقرار عایق ها در داخل ترانسفورماتور

1 - عایق انتهایی کویل

2 - عایق بوغ

3 و 4 - سیلندر عایق

5 - هسته

6 - صفحه عایق پرس بورد

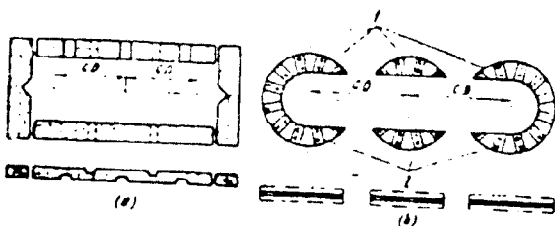
7 - بست بوغ

- سیم بیج فارصمف توسط یک لایه روغن و یک اسواه غایق از همه جدا میشود . همجنس یک اسواه غایق ۲ لایه روغن دو سیم بیج HV و LV را از یکدیگر جدا میسازد .

صخامت استواه های غایق که از جنس کاغذ فنزده شده میباشد (پرسی بورذ) سنگی به کلاس ولنساز سیم بیج ها دارد و بین ۱/۵ تا ۲/۵ میلیمتر میباشد .

بین دو سیم بیج HV دو فار مختلف سیر یک لایه سیر به صخامت ۲ تا سلسر بکار میرود که به طریقی سه بوغ های ترانسفورماتور متصل شده بانوسط سله های عمودی خود محکم اساده اند . سیم بیج ها همجنس از بوغ های بالا و پائین غایق بندی میشوند .

شکل زپل یکی از این غایقها را نشان میدهد که عبارت است از یک لایه کاغذ فنزده به صخامت ۲ تا ۳ میلیمتر دروسط و چند تکه دیگر غایق که در رو و زبر آن نصب میشوند . بین این غایق و بوغ یک لایه غایق دیگر بکار میرود که در شکل دیده میشود .

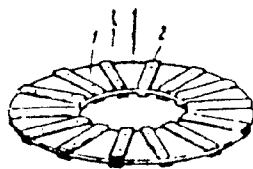


- در نوع غایق انتهائی کویل ۵ و ۶

۱- سطح پرسی بورذ ۲- قطعات پرسی بورذ

CO فاصله بین مرکز دو ستون میباشد .

در ترانسفورماتورهای با قدرت پائین این غایق ها از جنس چوب بوده که شکافهایی در آن بوجود آورده اند تا روغن بتواند کاملاً در داخل سیم بیج ها نفوذ کند و سرسیم های داخلی از آنها بیرون آورده میشوند . شکل



غایق بندی فرعی سیم بیج ها :

این غایق بندی شامل غایق بندی بین حلقه ها ، بین کویل ها و بین لایه ها میباشد .

غایق بندی بین کویل ها توسط یک لایه روغن ایجاد میشود که فاصله لازم بین دو کویل همجوار توسط قطعات

غایق بوجود می آید . صخامت این لایه روغن برای ترانسفورماتورهای تا ۳۵ کیلوولت ۵ میلیمتر میباشد .

در سیم بیجی نوع دولایه ای غایق بین دولایه توسط یک لایه روغن تامین میشود که معمولاً ۵ میلیمتر صخامت

غایق بندی بین لایه ها برای سیم بیجی نوع چند لایه ای بوسیله کاغذ کایل تلفن تامین میشود .

برای ایجاد درجه غایق مناسب نسبت به تخلیه سطحی روغن در سروه کویل ها بایستی ارتفاع غایق های

بین لایه ها در سروه کویل ها حداقل ۱۲ میلیمتر بیشتر از ارتفاع خود کویل باشد .

عایق بندی وسایل باط حنحر و سرهای اتصال :

جهت عایق بندی قطعات باط حنحر و سرهای اتصال از باطک و دیگر قسمتهای رصن شده براسفور ماسور از عایق های حامد و لایه های روغن استفاده میشود . عایق لازم بین این قسمتها و بنده بسگی به شکل اسن قطعات دارد . برای قطعات راویه دار این عایق بیشتر از قطعات صاف و مدور مناسب در جدول زیر محد از اس عایق کاری درج گردیده است .

ولتاژ کار ترانسفورماتور	حداقل فاصله روغن بین سر اتصال و بدنه تانک	ضخامت عایق سرهای اتصال
۶-۱۰ KV	۱۰ mm	۲ mm
۱۵-۳۵	۲۰-۴۰	۲-۴

عایق بندی خارجی :

این عایق بندی عبارت است از عایق بندی هوایی بین قسمتهای برقدار بوشینگ و قسمتهای زمین شده ترانسفورماتور و همچنین بین بوشینگ های مختلف ، ضوابط این عایق بندی براساس استاندارد فاصله تخلیه الکتریکی در هوا انتخاب میگردد .

تست و تصفیه روغن ترانسفورماتور :

جهت احیا و تصفیه روغن ترانسفورماتور از دستگاه تصفیه روغن استفاده میشود .

اصولا " روغن ترانسفورماتور را جهت پیدا کردن مشخصات شیمیائی و الکتریکی آن تحت آزمایشهای مختلف قرار میدهند . روغن ترانسفورماتور های تعمیری را جهت رطوبت زدایی و حداسازی فضولات مکانیکی تصفیه میکنند .

دستگاه تصفیه روغن بنحویکه در زیر شرح داده میشود عمل میکند . مخزن انبساط گرم کننده روغن با روغن انتقال دهنده حرارت برمیخورد . این روغن ، نوعی روغن ترانسفورماتور است که درجه حرارت انتقال آن ۲۱۵ درجه سانتیگراد میباشد .

بعد از اینکه درجه حرارت این روغن به ۹۰-۸۰ درجه سانتیگراد برسد روغن به مخزن خلاء که پیرامون مخزن انبساط قرار دارد هدایت میشود . سیستم ایجاد خلاء (Vacuum Tank) باعث خارج کردن هوا و خشک شدن مخزن خلاء میشود .

درجه حرارت روغن انتقال دهنده حرارت تا ۱۰۰ درجه سانتیگراد بالا برده میشود و در نتیجه دمای روغن تحت تصفیه تا ۶۰ درجه سانتیگراد ازدیاد می یابد .

بعد از مرحله رطوبت زدایی روغن از فیلترهای حساس عبور داده میشود تا فضولات مکانیکی آن جدا شود و در پایان عمل تصفیه ، روغن را تحت آزمایش ولتاژ شکست قرار میدهند . در صورت بائین بودن عدد ولتاژ شکست این روغن را دوباره تصفیه میکنند تا ولتاژ شکست آن به عدد قابل قبولی برسد .

بعد از پخش شدن و سه بجه باسی آن را خشک نمود. عمل فیزیکی خشک کردن بدین صورت است که سده حرارت داخل عایق باعث میشود که رطوبت موجود در آن به سمت سطح عایق انتقال پیدا کرده و از آن سده محیط اطراف خود منتقل شود. حرکت رطوبت در داخل عایق بخاطر اختلاف درجه حرارت لایه های عایق میباشد که در آنرا این اختلاف است. رطوبت از لایه های گرمتر بطرف لایه های خنکتر حرکت می نماید. و سه حاضر این اختلاف درجه حرارت، فشار بخار آب در روی سطح عایق پائین تر از لایه های خارجی عایق میشود. لذا رطوبت از نقاط با فشار بالاتر به نقاط با فشار پایین تر حرکت می نماید. به این دلیل در هنگام خشک کردن لازم است که فشار بخار آب در محیط اطراف ترانسفورماتور پایین آورده شود تا عمل رطوبت زدایی سریعتر انجام گیرد.

بنابراین عمل خشک کردن از دو قسمت اصلی گرم کردن و ایجاد خلأ در کوره خشک کن یا تانک ترانسفورماتور تشکیل میگردد. در ترانسفورماتورهای تا ولتاژ ۳۵ کیلوولت که مورد تعمیر واقع میشوند در حین خشک کردن لرومی به ایجاد خلأ نمیباشد.

روشهای خشک کردن بدون خلأ:

بسته به نوع وسائل تعمیرگاه روشهای مختلفی جهت خشک کردن ترانسفورماتور معمول میباشد که عبارتند از:

- ۱- خشک کردن بطریق القایی
- ۲- خشک کردن در کوره
- ۳- خشک کردن در داخل روغن
- ۴- عبور جریان هوای گرم از داخل تانک
- ۵- گردش روغن گرم از داخل ترانسفورماتور

تعمیرات ترانسفورماتور:

حال که با انواع ترانسفورماتورهای توزیع آشنا شدیم به کارگاه ترانسفورماتور مجتمع آموزشی و پژوهشی شهید عباسپور میرویم تا نحوه تعمیرات و بازسازی ترانسفورماتور را بیاموزیم. ابزارآلات مورد نیاز جهت تعمیرات عبارتند از: آچارهای بکس، رینگ، تخت، انواع پیچ گوهی، انبردست، دم باریک، سیم چین، جکشن فتری و پلاستیکی، میکرومتر، متر، حرثقیل سکوی تعمیر - مانعین سیم پیچ.

مرحله اول:

تعیین یابی ترانسفورماتور:

ابتدا ترانسفورماتور را در قسمت تعیین یابی اولیه که آزمایشهای ولتاژ سکت روغن - مقاومت اهمسی سه بجه - ردن مکر - سست تبدیل در آن انجام میگردد مورد آزمایش قرار میدهم.

پس از سحش گردن تموت ترانسفورماتور، در قسمت ناحیه روشن توسط سیم کشیده، روشن بر سلفور مورد
به یک مسج ۳۰۰۰ لسنری هدایت میکنم تا از آنجا به دستگاه تصفیه روشن برده و تصفیه گردد پس از تصفیه
روشن توسط دستگاه به مسج ۳۰۰۰ لسنری دیگری که در کارگاه وجود دارد هدایت میگردد تا در موقع نیاز استفاده
شود.

بعد از این مرحله ترانسفورماتوره قسمت دموماساز (باز کردن) منتقل و در کنار سکوی تعمیر فرار داده شده ،
در این قسمت درپوش و مخزن اسماط از تانک ترانسفورماتور جدا میگردد .

برای اینکار اقدام به باز کردن پیچ ومهره های تانک و درپوش می نمائیم . چون پیچ ومهره ها را در هنگام
بستن به یک اندازه وبافتار یکسان محکم میکنند ، در موقع باز کردن نیز این نکات باید رعایت شود .

پس از باز شدن کلیه ، پیچ ومهره های اتصال تانک و درپوش ، قسمت فعال ترانسفورماتور (Active
Part) را توسط دو حلقه (گیوه) که در بالای درپوش وجود دارد از تانک بیرون آورده ، آن را روی سکوی
تعمیر قرار میدهیم وتانک ترانسفورماتور را جهت تمیز و خشک کردن به قسمت مربوطه منتقل می نمائیم .

اکنون قسمت فعال آماده ، تفکیک میباشد لذا قطعات مورد نظر را جدا نموده ، مورد تعمیر قرار میدهیم .

در صورتیکه به سیم پیچ ها آسیبی وارد شده باشد ، ابتدا تاب چنجر وسرهای اتصال آن به سیم پیچ ها را
جدا میکنیم . این عمل توسط هویه برقی ودستگاه جوش استیلین انجام میگردد وبازوب کردن لحیم یا جوش ،
سرهای اتصال آزاد میشود . سپس تاب چنجر را جدا نموده ، آن را جهت بازدید وسرویس به قسمت مربوطه
منتقل می نمائیم .

جدا نمودن سرهای اتصال فشار ضعیف باید بادستگاه جوش استیلین انجام میگردد .

مرحله ، بعد ، باز کردن بوغ بالای ترانسفورماتور است . بوغ توسط دو نگهدارنده ، جانبی محکم میگردد .
این نگهدارنده ها معمولا " بصورت الوار چوبی است وجدیدا " از نوع آهنی آن بصورت ناودانی استفاده
میشود . محکم شدن بوغ به نگهدارنده ها توسط پیچ ومهره هایی که از وسط ورق ها عبور میکند انجام میگردد .
ابتدا باید اقدام به باز کردن این پیچ ومهره ها بنمائیم ، باین کار نگهدارنده جدا میشود . بعد از جدا کردن
نگهدارنده ورق های بوغ هسته ترانسفورماتور را بطوریکه ترتیب اندازه های ورق ها به هم نخورد جدا و در -
گوشه ای روی هم می چینیم .

بعد از این عمل عایق های بین ستون ها وهسته را جدا ومورد بازدید قرار میدهیم ودر صورت نداشتن عیب
به کناری میگذاریم . قسمتی که عایق ها را در آن محل قرار میدهیم باید عاری از رطوبت وفضولات مکانیکی
باشد .

پس عایق های بین ستونیا راکه معمولا " از جنس برس بورد میباشد جدا میکنیم . بعد از این مرحله با توجه
باینکه کدام یک از سیم پیچ های فشار قوی بافتار ضعیف ویا هردو نیاز به سیم پیچی وتعمیر داشته باشند
اقدام به جدا کردن آن ها می نمائیم . ابتدا با توجه باینکه سیم بجنی فشار قوی در روی فشار ضعیف قرار دارد
سیم پیچ فشار قوی را از سون جدا میکنیم وبعد عایق بین فشار قوی وفشار ضعیف راکه معمولا " استوانه ای شکل

میشود جدا می نمائیم .

حال اگر سیم بیجی فشارضعیف بر معیوب باشد متوانیم آن را خارج و عایق های سس حسه و سیم بیج فشارضعیف را جدا نمائیم .

سیم بیجی :

در قسمت سیم بیجی باتوجه به نوع سیم بیج که فشار قوی و یا فشارضعیف باشد اردودستگاه با قدرت های مختلف استفاده میشود .

جهت سیم بیجی فشارقوی در کارگاه مجتمع اریک مانس سیم بیج استفاده میشود . این مانس از سبک الکتروموتور سه فاز و گیرکس که تعویض دوره های آن بوسیله سمد انجام میگردد و توسط کلید چپ گرد راست کرده این موتور میتواند در دو جهت حرکت کند تشکیل میگردد . سرعت گردشی این مانس حداکثر بیست و دو دور در دقیقه میباشد .

سیم بیج فشارقوی رازوی محور گردنده ماشین سوار کرده و موتور را در جهت عکس بکار انداخته و اقدام به شمارش تعداد دور سیم بیجی می نمائیم . تعداد دور بازنده از روی شماره اندازی که در انتهای محور گردنده ماشین قرار دارد خوانده میشود .

دقت در شمارش تعداد دور هر لایه و عایق گذاری بین لایه های سیم بیج و نحوه اتصالات و سرهای خروجی جهت تاپ چنجر نکاتی است که در موقع باز کردن و شمارش سیم بیج حتماً باید رعایت شود .

معیوب بودن سیم بیج فشارضعیف ترانسفورماتور توسط بازدید ظاهری و کنترل کیفیت عایق صورت میگردد . در صورتیکه نیار به ترمیم جزئی عایق های سیم بیج باشد توسط کاغذ کابل تلفن این عمل انجام میگردد .

در مواردی که سیم بیجی فشارضعیف طوری آسیب دیده باشد که نتوان آن را با ترمیم جزئی اصلاح کرد نیاز به آن میباشد که مجدداً "سیم بیجی گردد . باتوجه باینکه در سیم بیجی فشارضعیف هادی ها معمولاً " بصورت شمش است . طبعاً جهت پیچیدن آن نیاز به ماشین سیم بیج با گشتاور قوی میباشد . در این موارد سیم های فشارضعیف که با عایق کاغذی میباشد در اندازه مورد نظر تهیه و بر روی ماشین سیم بیج سوار میگردد و سپس مبادرت به پیچیدن آن مینمائیم . دور گردش این ماشین حداکثر ۱۲ دور در دقیقه است .

لازم به تذکر است که قالب چوبی جهت پیچیدن سیم بیج فشارضعیف به اندازه قطر داخلی کویل فشارضعیف اندازه گیری و ساخته میشود و از میان این قالب در جهت طول ، سوراخی به قطر محور ماشین سیم بیج ایجاد میگردد تا بتواند بر روی ماشین قرار داده شود .

جهت پیچیدن سیم بیج فشارقوی از نوع استوانه ای ابتدا سیم بیج فشارضعیف رازوی محسور ماشین سیم بیج فشارقوی سوار کرده و پس از گذاشتن عایق بین فشار قوی و فشارضعیف که پرس خورد استوانه ای شکل میباشد اقدام به سیم بیجی طرف فشارقوی می نمائیم (حداکثر که قبلاً گفته شد دقت در سیم بیجی مستلزم داشتن اطلاعات اولیه ای میباشد که در موقع باز کردن سیم بیج یادداشت و ثبت گردیده است) . بنابراین سیم بیج فشارقوی را پیچیده و مجموعه دو سیم بیج فشارضعیف و فشارقوی را در کبازی قرار میدهیم تا در مرحله مونتاژ مورد نصب قرارگیرد . در مورد سیم بیجی فشارقوی (نوع دیسکی) نخست بطور جداگانه به پیچیدن

آن اقدام کرده و بعداً " در مرحله نوساز آن را روی سیم بچ فنارصمد سوار میکنیم .

در هنگام سیم بچی جهت جسادن عناصر غایق به هم از نوعی حسب مخصوص که بنوعی نموده ای در- ترانسفورماتور دارد استفاده میشود . این حسب که بصورت بودر میباید در ترکیب با آب بظرف در حرارت ۹۰ درجه سانتیگراد به میزان معین طوری که بصورت مایع در بیاید بدست آمده و در محفظه های درسند نگهداری و مورد استفاده قرار میگیرد .

قالب سازی و عایق کاری در ترانسفورماتورهای توزیع :

عایق هایی که در ترانسفورماتور آسیب می بینند باید ترمیم و تعویض گردند . در ترانسفورماتورهای کسه سیم بچی فشار قوی آنها از نوع دیسکی ناپیوسته میباشد ، در صورت احتیاج به سیم بچی مجدد لازم است که برای آن قالب ساخته شود ، برای اینکار باید اول ابعاد قالب سیم بچی آسیب دیده را بطور دقیق اندازه گیری نمود و سپس نسبت به درست کردن قالب مورد نظر که باید دقیقاً " ابعاد آن مطابق قالب اول باشد اقدام کرد .

در مواردی که عایق های کاغذی بصورت لایه ای در سیم بچی استوانه ای (فشار قوی) مورد استفاده قرار میگیرد چنانچه نیازه تعویض باشد کاغذ را در اندازه های لازم بریده تالایه های سیم بچی را ببوشاند .

عایقهایی که در ردیف عایقهای اصلی و فرعی نامیده میشوند چنانچه آسیب دیده باشند اقدام به تعویض آنها طبق اندازه عایق معیوب می نمائیم .

در عایق بندی بین کویل ها و همچنین در سیم بچ نوع دولایه ای فاصله ای توسط قطعات غایق ایحاد میگردد تا روغن بتواند ضمن حرکت و گردش در آن مسیر جهت خنک کردن و عایقی بهتر عمل کند ، این قطعات عایق بصورت چوب های چهار گوش که با فاصله های معین بر روی یک صفحه کاغذ کابل جاسانده میشوند و در جهت طول استوانه ای کویل ، مورد استفاده قرار میگیرد . اگر قطعات مورد اشاره معیوب باشند میتوان دوباره آن را به کمک چوب های چهار گوش (چوب فشرده) خود ترانسفورماتور مورد نظر که بر روی کاغذ کابل جدید قرار داده میشود ساخت .

بعد از ساخت و ترمیم قالب و عایقها و سیم بچی ترانسفورماتور ، سیم بچیها آماده جازدن در هسته و - مراحل مونتاژ نهایی میشوند .

قبل از مونتاژ باید کلیه قطعاتی را که در هنگام دمونتاژ از ترانسفورماتور باز گردیده مورد سرویس و بازدید قرار دهیم ، تاپ چنجر یکی از این قطعات میباشد که با کنترل صحت کار چرخ دنده های تعویض کنتاکت ، (در بعضی ترانسفورماتورها قسمت تعویض کنتاکتها توسط تسمه (سیم) فولادی انجام میگردد . قطر کنتاکتها ، تمیزی سطح آنها ، و نحوه اتصال سیم ها به تپ چنجر مورد سرویس قرار میگردد . (در بعضی از ترانسفورماتورها برای تعویض کنتاکتها بجای چرخ دنده از تسمه (سیم) فولادی استفاده میشود بعد از این مرحله سیم بچیها را بر روی هسته با توجه به نحوه عایق کاری جاگذاری می نمائیم ورقه های بوغ بالا را قتل از جیدن توسط پارچه ای تمیز و غاری از روغن و فضولات مکانیکی میکنیم سپس این ورقه ها را به ترتیب

اندازه می‌گردد. در این نسبت از سیم‌ها باید دقت کامل بعمل آید.

عدادر همه حسی بیخ و مهره های نگهدارنده بیخ را ناردید و بعد از قرار دادن نگهدارنده بیخ در ظرف اقدام به محکم کردن بیخ و مهره های مربوطه می‌نمائیم سپس تاپ جنجر را در محل خود نصب و سیم های اتصالات تاپ جنجر را به آرنج وصل می‌کنیم. اتصال سیم ها به یکدیگر در طرف فشارقوی توسط لحیم کاری وسیله هیویه برقی یا جوشکاری کار انجام می‌گردد. ماده ای که جهت لحیم کاری مورد استفاده قرار می‌گیرد به دوسوع زیر میباشد:

۱- ماده لحیم کاری با ۴۰٪ قلع ، ۵۸٪ سرب و ۲٪ آنتیموان که برای لحیم کاری سیمهای مقطع کم بکار می‌روند (نقطه ذوب ۲۳۵ درجه سانتیگراد) .

۲- ماده لحیم کاری با ۳۰٪ قلع ، ۶۸٪ سرب و ۲٪ آنتیموان که برای لحیم کاری سیمها و قطعات سی بکار می‌روند (نقطه ذوب ۲۴۵ درجه سانتیگراد) .

در بعضی از ترانسفورماتور اتصالات فشارقوی را جوش نقره می‌دهند که توسط دستگاه جوشکاری (اکسی استیلن) انجام می‌گیرد.

در سیم بیچی فشار ضعیف اتصالات توسط جوش نقره انجام می‌گردد. جوش نقره از نظر هدایت الکتریکی بهترین نوع در جوشکاری میباشد. قبل از اینکه اقدام به خشک نمودن ترانسفورماتور بنمائیم، برای اینکه مطمئن شویم که نسبت تبدیل و مقاومت اهمی سیم بیچها صحیح میباشد میتوانیم این دو آزمایش را انجام دهیم تا چنانچه ایرادی وجود داشته باشد آن را رفع نمائیم.

خشک کردن ترانسفورماتور:

در کارگاه ترانسفورماتور مجتمع از کوره حرارتی که منبع حرارتی آن المنت های الکتریکی به قدرت ۱۵ کیلو وات میباشد استفاده میشود که میتوان دو ترانسفورماتور را جهت خشک کردن بطور همزمان در آن قرارداد. گازهای ایجاد شده توسط لوله دودکش از بالای کوره خارج می‌گردد و همواره دوترمو متر درجه حرارت قسمت بالا و پائین کوره را اندازه گیری میکنند در ضمن ترمومتری که مجهز به کنتاکتهای فرمان میباشد در حد حرارت کوره را کنترل میکند.

باید توجه داشت که عمل خشک کردن فقط روی قسمت فعال ترانسفورماتور قبل از قرارداد آن در داخل تانک انجام می‌گیرد.

درجه حرارت مجاز جهت سیم بیخ ها در حین عمل رطوبت زدایی آن ۹۵ الی ۱۰۵ درجه میباشد و بالاسر بردن آن باعث خرابی عایقها خواهد شد. عمل خشک کردن حدود ۱۲ ساعت بطول می‌آید.

عمل خشک کردن با استفاده از مدحنی مشخصه ای که تغییر مقاومت عایقی را بر حسب زمان در درجه حرارت متغیر نشان میدهد انجام میشود. در ابتدای عمل خشک کردن مقاومت عایقی سریعاً نزول کرده و تا مدت ۵ الی ۸ ساعت ثابت باقی میماند و پس از آن که آرامی رطوبت از آن روده شود مقاومت عایقی بالا رفته و در پایان عمل به مقدار مشخص خود که متناسب با نوع ترانسفورماتور میباشد میرسد. چنانکه در دیاگرام مقاومت

مقاومت عایقی در بالا ترین درجه حرارت ثابت نامی باید عمل کافی بوده و با سلی جانند سنجیدگی لازم است که در حین عمل خشک کردن مقاومت عایقی توسط سکر ۱۰۰۰ تا ۲۵۰۰ ولتی اندازه گیری شود.

چون در حین عمل خشک کردن احتمال بروز آتش سوزی مبرود لذا انجام موارد ذیل ضروری است :

- ۱- قسمت فعال ترانسفورماتور درجه گام عملی به آنکه که در زیر ولت بر زمین گردد.
- ۲- کلیه سیم های مورد استفاده در عملیات نباید دارای عایق خوب و مناسب باشد.
- ۳- علامات احصاری جهت توجه دیگران در محل انجام عملیات نصب گردد.
- ۴- اتاقی که در آن عمل خشک کردن انجام میگردد بایستی مرتباً تهویه شود و مجهز به وسائل اطفاء آتش باشد.
- ۵- هیچگونه آتش و جرقه در محل انجام کار نبایستی تولید گردد.
- ۶- اپراتور دستگاه نبایستی لحظه ای محل کار را ترک نماید.
- ۷- استفاده از گرم کننده های الکتریکی با سیم های حرارتی با جهت انجام عمل خشک کردن ممنوع است.

سوار کردن ترانسفورماتور بعد از عمل خشک کردن :

بعد از عمل خشک کردن قسمت فعال ترانسفورماتور در داخل تانک قرارداده و بیج و مهره های در پوش تانک را محکم میکنیم .

پس هنگامیکه دجه حرارت سیم بیج تا حدود ۷۵ درجه سانتیگراد برسد روغن را تزریق میکنیم سپس جهت نفوذ روغن در عایق های ترانسفورماتور چند ساعتی صبر میکنیم فاصله زمانی تزریق روغن تا آزمایشات پس از ظرفیت و نوع عایق ترانسفورماتور بستگی دارد ، پس از گذشت این مدت ترانسفورماتور را جهت آزمایشات نهایی به قسمت آزمایشگاه انتقال میدهم .

آزمایشهای ترانسفورماتور ۲۵ کلوولت در کارگاه تعمیر ترانسفورماتور مجتمع :

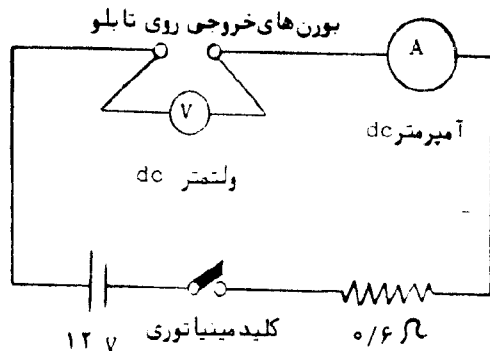
- ۱- آزمایش اندازه گیری مقاومت اهمی سیم بیجها .
 - ۲- آزمایش نسبت تبدیل ترانسفورماتور
 - ۳- آزمایش گروه برداری ترانسفورماتور
 - ۴- آزمایش عایقی سن سده و سیم بیجها نامبر .
 - ۵- آزمایش عایقی کوچک ناهرکاس ۱۵۰ هرتر .
 - ۶- آزمایش عایقی بزرگ ۱/۵ تا ۲ برابر ولتاژ نامی .
 - ۷- آزمایش بی باری
 - ۸- آزمایش اتصال کوتاه
 - ۹- آزمایش ولتاژ شکست روغن .
- سه آزمایش ۱ و ۲ و ۴ قبل و بعد از تعمیرات انجام میشود . آزمایشهای ۳ و ۵ و ۶ و ۷ و ۸ بعد از تعمیرات ، پس از برگردن ترانسفورماتور از روغن انجام میگردد ، زیرا در این آزمایشها خطر انهدام عایق و گرم شدن سیم بیج و سوختن آن وجود دارد .
- آزمایش روغن ترانسفورماتور قبل از و بعد از تصفیه صورت میگیرد .
- اصولا " آزمایشهای ۱ و ۲ و ۳ باید بعد از تعمیرات و قبل از روغن زدن انجام شود تا در صورت وجود عیب در تعداد دور و نحوه اتصالات سیم بیجها ، بتوان آنرا با سانی اصلاح نمود . و در ضمن در این آزمایشها نیازی بد وجود روغن در ترانسفورماتور نیست .
- در آزمایش ۴ وجود یا عدم وجود روغن تفاوتی ندارد .

۱- تست مقاومت اهمی سیم بیجها :

الف - هدف : پس از تعمیر ، نالی آزمایش می فهمیم که آیا تعداد دورسیم بیجیده شده ، درست بوده و برسدی و اتصالات سیم بیج درست انجام شده یاخیر . البته چون در اینجا تعمیر مطرح است وند ناحی ، لذا برابر بودن مقاومت اهمی سیم بیج بد نامهم است نامقادیر آنها ، البته در صورتیکه جدول مقاومتهای اهمی سیم بیجها ارکارخانه صادره درست باشد ، مقایسه مقادیر بدست آمده لازم است .

ب - روش : این تست را با اهم سر سیر مینوان انجام داد . ولی خصوص در مورد سیم بیج فشار ضعیف بعلت پایین بودن مقاومت بهتر است از اهم متر استفاده نشود ، مگر آنکدام این کار یکمک پل و تستون صورت گیرد . لذا با اعمال ولتاژ ۵۰ و اندازه گیری جریان حاصل این امر صورت میگیرد . البته مدار مورد استفاده بیشتر روی سیم بیج فشار ضعیف جواب میدهد ، زیرا مقاومت سیم بیج فشار قوی در حدود چند اهم است و آمپر متر موجود جریان حاصله در آنرا نمیتواند بطور دقیق نشان دهد .

ج - نحوه آزمایش در مجتمع : در اینجا از یک آمپر متر و یک باطری ۱۲ ولت اتومبیل و یک ولت متر استفاده میشود . مدار آزمایش شکل زیر است :



علت گذاشتن مقاومت ۰/۶ آنستکه جریان از ۲۵ آمپر تجاوز نکند . این امر بعلت محدودیت Range آمپر متر موجود و حالتی شدن باطری و عدم احتیاج به جریان بالاست .

لذا در هنگام اندازه گیری مقاومت اهمی سیم بیجهای فشار قوی ، از میلی آمپر رومیزی استفاده می نمائیم .

نتیجه آزمایش :

پس از یادداشت ولتاژ و آمپر مدار و تقسیم آن ها برهم ، مقاومت اهمی سیم بیجها بدست می آید . در مورد فشار قوی چون سرنول درست نیست ، لذا مقاومت اهمی هر دو فاز رویهم بدست می آید که از سه معادله مربوطه مقاومت هر سیم بیج حساب میشود .

$$R_{\text{mea}} = \frac{R_V (R_U + R_W)}{R_V + R_U + R_W}$$

مقاومت اندازه گیری شده

در مورد سیم بیج فشار ضعیف که سرنول درست است ، مقاومت اهمی بطور مجزا بدست می آید .

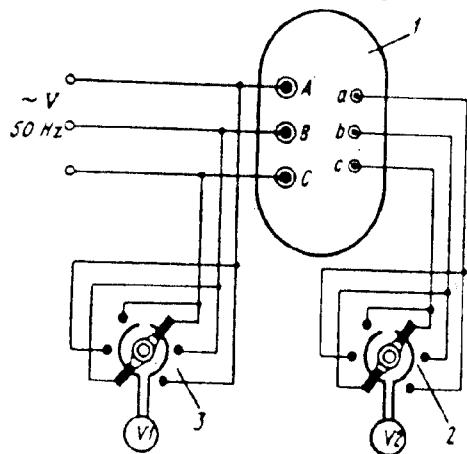
اعداد استاندارد کد پست سازمانی (انرژی براسفول) داده شده شرح زیر --

قدرت KVA	۳۱۵	۲۵۰	۲۰۰	۱۶۰	۱۲۵	۱۰۰	۵۰
مقاومت اهمی سم بیج فشارقوی (اهم)	۲۶/۷	۴۰/۲	۱۳/۵	۱۸/۴	۲۸/۴	۳۷/۶	۹۶/۳
مقاومت اهمی سم بیج فشار ضعیف (اهم)	۰/۰۰۳۲	۰/۰۰۴۱	۰/۰۰۵۹	۰/۰۰۸۱	۰/۰۰۹۳	۰/۰۱۲۳	۰/۰۲۶۹

۲- آزمایش نسبت تبدیل

الف - هدف: نظریاتیکه بدکست درحین سیم پیچی تعداد دورهای کمتر یا بیشتری سحیده شود و نسبت تبدیل نادرست بدست آید، لذا این آزمایش را با ولتاژ کم (از ۲۰ ولتاژ نامی به بالا) انجام میدهم. این آزمایش میتواند از طرف فشار قوی یا فشار ضعیف انجام شود.

ب - روش: در کارگاه تعمیر ترانسفورماتور مجتمع، از برق متناوب سه فاز ۸ ولت برای این آزمایش استفاده میشود.



شکل مدار آزمایش

در اینصورت اگر ۸ ولت از طرف فشار ضعیف داده شود و از طرف فشار قوی ۴۰۰ ولت خوانده شود، نسبت تبدیل صحیح خواهد بود.

این آزمایش در حالات مختلف تپ چتجر باید انجام شود.

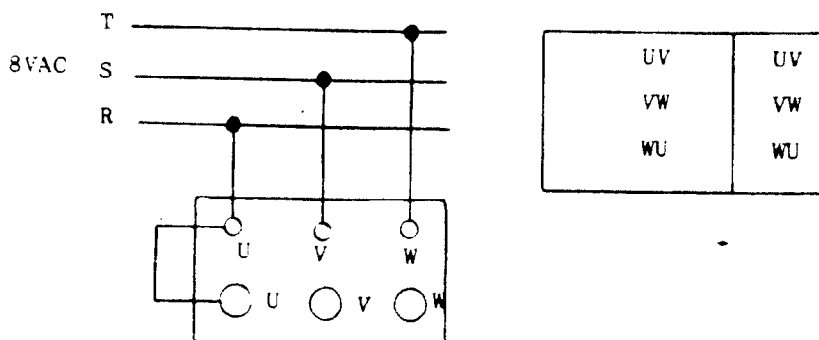
ج - نتیجه: آزمایش: اختلاف نسبت تبدیل اندازه گیری شده از مقدار طراحی شده تا یک درصد قابل قبول است و اختلاف مجاز نسبت تبدیل دو فاز مختلف بایکدیگر تا ۲٪ میباشد.

۲- آزمایش گروه برداری ترانسفورماتور:

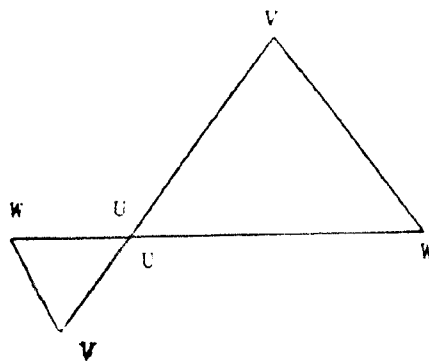
الف - هدف: ممکنست درحین تعمیر درستن سرهای اتصال اشنباه پیش آمده ، گروه برداری مورد نظر در ترانسفورماتور بدست نیاید . لذا با این آزمایش صحت اتصالات وگروه برداری بدست آمده را آزمایش مینمائیم .

ب - روش: درکارگاه ، ازتابلوی آزمایش ۲ جهت انجام این آزمایش استفاده میشود . نخست دیاگرام برداری گروه اتصال مورد نظر را بر روی کاغذ رسم می‌نمائیم . سپس سرفار U فشارضعیف را به سرهمان فاز T از فشار قوی متصل می‌نمائیم . ترانسفورماتور را با ولتاژ ۸ ولت از طرف فشارضعیف تغذیه میکنیم . سپس ولتاژ سرهای مختلف اولیه و ثانویه را با یکدیگر اندازه گیری نموده با مقادیر روی دیاگرام مقایسه می‌نمائیم . در صورت تطبیق ، گروه برداری صحیح میباشد .

ولتاژهای اندازه گیری شده



مثال برای گروه Dd6 :



۴- آزمایش مقاومت عایقی بین سیم بچها و بدنه با مگا اهم متر (مگر) :

الف- هدف : هرچه رطوبت عایق کمتر باشد ، مقاومت اهمی آن بالا است . بنابراین لازمت که تفاوت اهمی عایق اندازه گیری شود . این مقاومت نباید از حد معین کمتر باشد . اندازه گیری مقاومت عایق به نسبتا مارا قادر میسازد که کیفیت عایق را که بطور عمده نشاندهنده میزان خشک بودن آن از رطوبت است بسنجیم بلکه این امر عیوب عایق و عایقکاری را نیز آشکار میکند .

ب- روش : دستگاه مگر شامل یک مولد ولتاژ dc است که در نتیجه اعمال این ولتاژ به عایق ، جریان ناشی (Leakage current) ضعیفی از عایق عبور میکند که بکمک یک میلی آمپر اندازه گیری میشود . هر چه جریان بیشتر باشد مقاومت عایقی کمتر است . از تقسیم ولتاژ اعمال شده بر جریان ناشی مقاومت بر حسب مگا اهم بدست می آید .

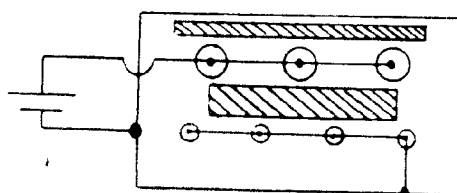
منبع ولتاژ dc مگر میتواند یک زراتور dc که بادیست یا گرداننده ، موتوری می چرخد بوده یا از یک مجموعه ترانسفورماتور و پل یکسو کننده تشکیل شده باشد . در تعمیر ترانسفورماتور از مگر ۱۰۰۰ ولتی جهت اندازه گیری مقاومت ترانسفورماتورهای خشک تا ولتاژ ۱ کیلوولت و ترانسفورماتورهای روغنی تا ولتاژ ۱۰ کیلو ولت و از مگر ۲۵۰۰ ولتی جهت ترانسفورماتورهای با ولتاژ بالاتر استفاده شود .

ج- نحوه آزمایش در مجتمع :

ولتاژ ۲۲۰ ولت توسط یک ترانسفورماتور تکفاز به ولتاژ ۲۵۰۰ ولت تبدیل و سپس بکمک یک پل یکسو کننده تبدیل به ولتاژ dc میشود . این ولتاژ dc توسط وصل سیم رابط به ترمینالهای ترانسفورماتور به عایق اعمال و جریان آن اندازه گیری میشود . برای هر ترانسفورماتور این سه آزمایش باید انجام شود (در هر سه آزمایش باید بدنه ترانسفورماتور زمین شده باشد) :

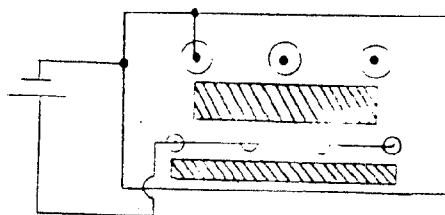
۱- بین سیم پیچ فشار قوی و بدنه ترانسفورماتور در حالیکه سیم پیچ فشار ضعیف به بدنه وصل شده است .

H. V. _____ (tank , L. V.)



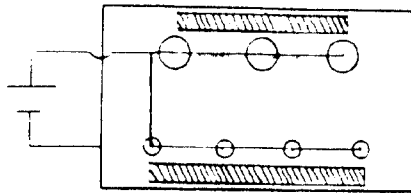
۲- بین سیم پیچ فشار ضعیف و بدنه ترانسفورماتور در حالیکه سیم پیچ فشار قوی به بدنه وصل شده است .

L. V. _____ (tank , H. V.)



۳- سیم پیچ های ترانسفند و توی سرورپیم و سندا

(R.V. و L.V.) _____ tank

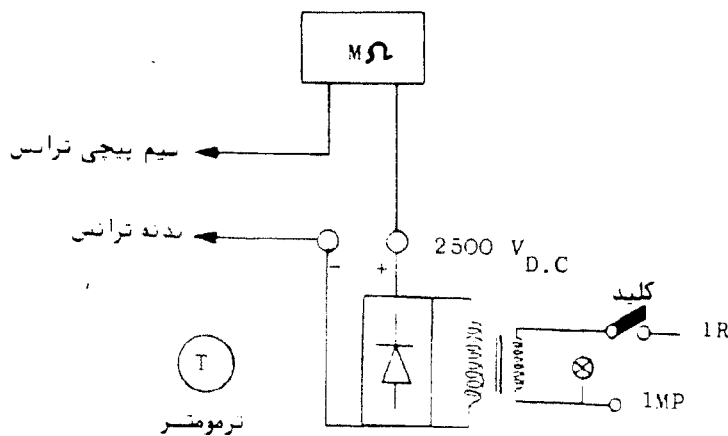


مقاومتهای اندازه گیری شده باید با جداول سازنده مورد مقایسه قرارگیرد ، اگر این جداول موجود نباشد ، باید با مقادیر استاندارد مقایسه کرد . برای ترانسفورماتورهای روغنی بیست کیلوولت میتوان از جدول تقریبی زیر استفاده نمود :

R_G بر حسب $M\Omega$

درجه حرارت سیم پیچ	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰
ولتاژ ترانسفورماتورها ۳۵ کیلوولت	۴۵۰	۳۰۰	۲۰۰	۱۳۰	۹۰	۶۰	۴۰

شکل نابلو آزمایش :



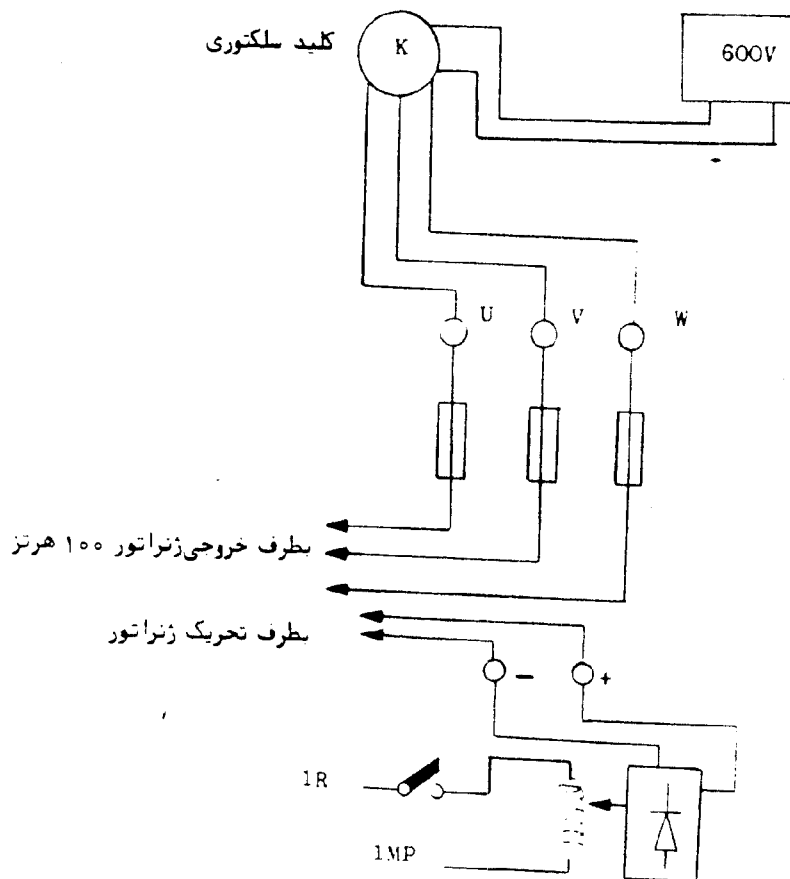
د- آزمایش عایقی کوچک (ولتاژ القاشی) با فرکانس دو برابر (۱۰۰ هرتز) :

الف- هدف : عایق بندی داخلی سیم پیچهای ترانسفورماتور (عایق بین حلقه ها ولایدها و کویل ها) را عایق فرعی می نامند . مقاربت این عایق در مقابل اعمال ولتاژ بالا بوسیله این آزمایش سنجیده میشود .

ت - روس (فرانس آزمایش و ساز ساز) - معمری زاگد از صفر تا حدود ۱۰ برابر ولتاژ نامی (برای سوره جود) معمری (ظهور مداوم و یکساخت افزایش می نابد) - در طرف فشار ضعف ترا سفور ماتور اعمال منکتم ، طرف فشار قوی باز است .

نوسط ترا سفور ماتور متعیر سهولتی به وجود می آید و در این زمان معمری را تغییر داده و ولتاژ اعمال شده سه ترا سفور ماتور از صفر تا ۶۰۰ ولت می افزایش و سپس اعمال ولتاژ ۶۰۰ ولت را مدت یک دقیقه ادامه میدهیم و سپس دوباره ولتاژ را کم کرده به صفر میرسانیم . علت استفاده از فرکانس بالا آنستکه با اعمال ولتاژ بالا با فرکانس اسمی ، هسته به اشباع رفته و ولتاژ بالا عیناً " بطرف ثانویه القا" نخواهد شد و با دوبرابر کردن فرکانس از اشباع شدن هسته در این آزمایش جلوگیری میشود .

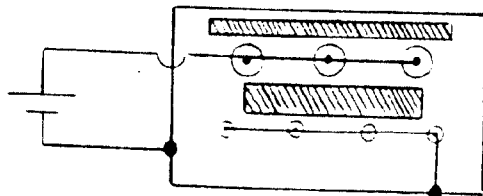
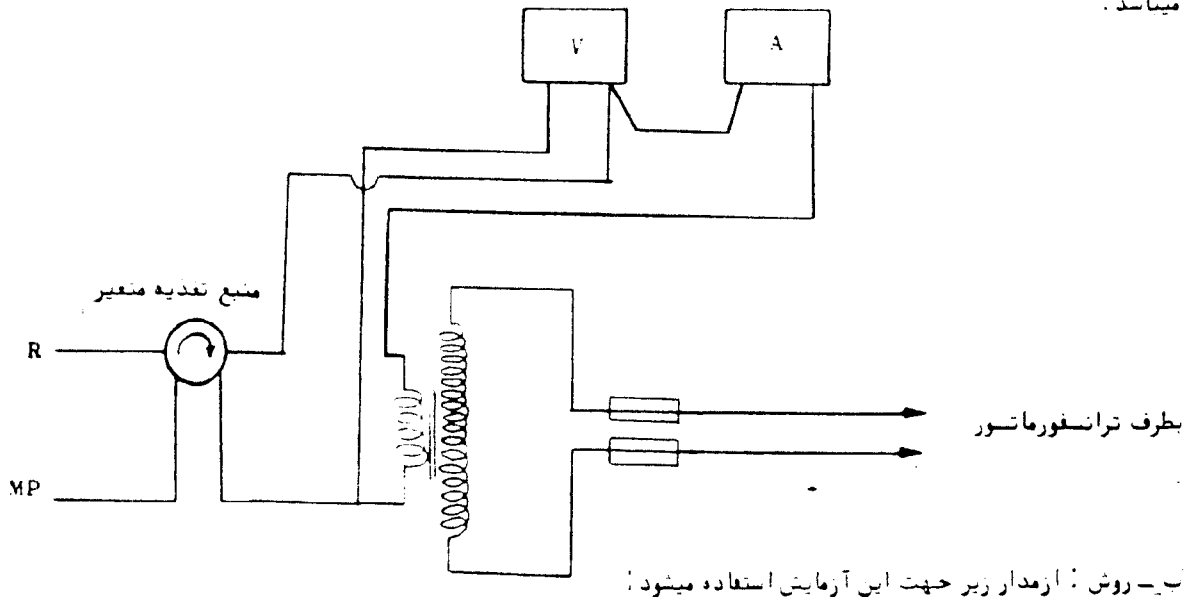
در صورتیکه به منبع تغذیه با فرکانس دو بل دستری نباشد میتوان از منبع تغذیه با فرکانس ۵۰ هرتز استفاده کرد . در این حالت از دیاد ولتاژ تا ۱۳۰ درصد ولتاژ نامی برای ترا سفور ماتورهایی که بدون Clamping stud هسته و تا ۱۱۵ درصد ولتاژ نامی برای ترا سفور ماتورهایی که دارای clamping stud میباشد محساز است .



ج - نتیجه آزمایش : اگر در طول آزمایش گاز و دودی از ترا سفور ماتور بلند نشود و صدائی شنیده نگردد و حرکت ناگهانی در عقربه لوازم اندازه گیری مشاهده نشود ، نتیجه آزمایش مثبت خواهد بود ، یک صدای زنگ دار نشان میدهد که در روغن شکست الکتریکی بوجود آمده است و یک صدای گرنده ، شکست الکتریکی را در عایق حامد نشان میدهد .

۶- آزمایش عایق اصلی ترانسفورماتور بوسیله اعمال ولتاژ ۱/۵ تا ۲ برابر ولتاژ نامی :

الف - هدف : عایق بندی اصلی ترانسفورماتور عبارتست از عایق بین سیم پیچهای فشار قوی و فشار ضعیف نسبت به یکدیگر و نسبت به هسته و تانک . و بین سیم پیچ فشار قوی ۲ فاز مختلف .
مقاومت عایق اصلی ترانسفورماتور بوسیله اعمال ولتاژ بالا طبق جدول زیر مورد امتحان قرار میگیرد .
در مورد ترانسفورماتورهای تعمیراتی ولتاژ اعمال شده ۱۰ درصد پائین تر از ولتاژهای مذکور در جدول میبایند .



ولتاژ کار ترانسفورماتور	۰/۷	۳	۶	۱۰	۱۵	۲۰	۶۳	۱۱۰
ترانسفورماتوروغنی	۵	۱۸	۲۵	۳۵	۴۵	۵۵	۱۲۵	۲۰۰

سد فاز سیم پیچ مورد آزمایش در فشار قوی به یکدیگر و در فشار ضعیف نیز به یکدیگر اتصال کوتاه میشوند .
ترصنال های ثانویه ترانسفورماتور افزاینده ولتاژ را نخست بطرف فشار قوی ترانسفورماتور مورد آزمایش متصل میکنیم و در اینحال طرف فشار ضعیف را به بدنه متصل نموده بدنه را زمین میزنیم . ولتاژ را اندر سنج ارضی

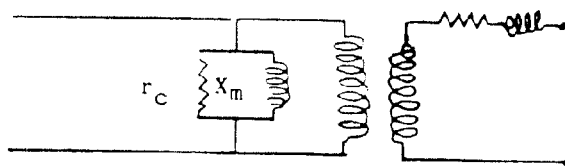
ناوف لازم بطور ممد وکسواحت امر بش مدهبم . آمبرمر حرمان بی باری نراسفورمانور وحرمان حارسی
عنوری از نراسفورمانور نشان میدهند . نراسفورمانور زیرولناز آرمایش بعدت یکدقیقه میماند .
عین همین آرمایش را از طرف فشار صمف نیز با اعمال ولناز مذکور انجام مدهبم .
ج - نتیجه : اگر در طول ۱ دقیقه اعمال ولناز بالا کاهنی در ولناز ولتئمتر و افزایش در حرمان آمبر مر دیده
شود وارد اخل نراسفورمانور صدای ناشی از تخلیه الکتریکی شنیده نگردد . نتیجه آرمایش مثبت است .

۷- آزمایش بی‌باری و بارگیری تلفات بی‌باری و جریان بی‌باری :

الف - هدف آزمایش : اگر در حین تعمیرات ، مدار مغناطیسی (هسته تراانسفورماتور) بطور صحیح بسته نشود ، جریان بی‌باری بالا خواهد رفت . لذا برای اندازه‌گیری تلفات هسته و جریان بی‌باری هسته و تشخیص صحیح بودن هسته جسی از این آزمایش استفاده می‌شود .

ب - روش و نتیجه آزمایش :

در کارگاه تراانسفورماتور مجتمع بطرف فشار ضعیف تراانسفورماتور مورد آزمایش ولتاژ ۴۰۰ ولت سه فاز داده شده ، یکمک سه آمپر متر و ۳ وات متر و ۲ ولنمتر ، ولتاژهای اولیه و ثانویه و جریان بی‌باری اولیه و توان آکبوس مصرف شده در تراانسفورماتور اندازه‌گیری می‌شود و با مقادیر طراحی شده تراانسفورماتور مورد مقایسه قسراار می‌گردد .



مقادیر شاخه موازی مدار معادل تراانسفورماتور

یعنی r_c و X_m در این آزمایش اندازه‌گیری و

محاسبه می‌شوند .

نحوه محاسبه بخش مربوط به تراانسفورماتورهای تکفاز کوچک این جزوه بیان گردید .

اعداد استاندارد مربوط به تراانسفورماتورهای ۲۰ کیلوولت ساخت ایران تراانسفو :

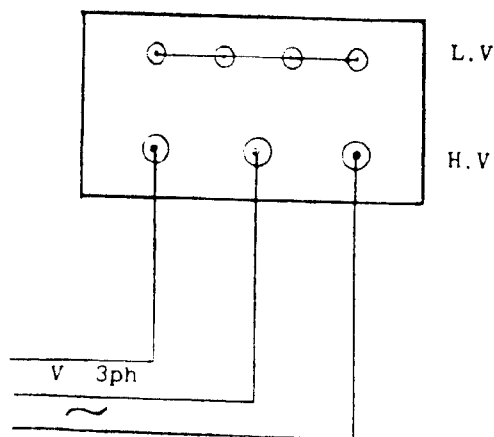
۳۱۵	۲۵۰	۲۰۰	۱۶۰	۱۲۵	۱۰۰	۵۰	قدرت (KVA)
۷۲۰	۶۱۰	۵۷۰	۴۸۰	۴۰۰	۳۴۰	۲۱۰	تلفات بی‌باری (وات)

۸- آزمایش اتصال کوتاه و عیب‌یابی ترانسفورماتور

الف - هدف: به‌کسب درحین انجام تعمیرات، هادی‌ها بطور صحیح پیچیده شوند یا در هادی‌های مواری قطع‌شدگی ایجاد شده‌اند یا سطح مقطع هادی‌ها بطور غلط اسباب شده‌اند و نهایتاً "انصافالات سیم بیچها بد باشد که اینگونه اشکالات باعث بالا رفتن مقاومت سیم بیچهای ترانسفورماتور میگردد و بالنتیجه تلفات مسی ترانسفورماتور افزایش می‌یابد.

همچنین اگر عملت ایجاد اشکالات، میزان فلوی براکندگی زیاد شود این امر رآکتانس سری ترانسفورماتور را افزایش میدهد.

د - لذا یکک آزمایش اتصال کوتاه مقاومت اهمی و رآکتانس سری ترانسفورماتور محاسبه شده، با مقادیر استاندارد مقایسه میگرددند.



شکل مدار

ب - روش آزمایش: در کارگاه ترانسفورماتور مجتمع طرف فشار ضعیف اتصال کوتاه شده، از طرف فشار قوی ولتاژ اتصال کوتاه یا کسری از آن اعمال میشود. در هر صورت جریان سیم بیچها در این آزمایش نباید از ۲۵٪ جریان نامی کمتر باشد. معمولاً جداول، موجود مقادیر طراحی شده ترانسفورماتور را در دمای ۷۵ درجه سانتیگراد نشان میدهند. لذا درجه حرارت سیم بیچها درحین آزمایش باید یادداشت و نتیجه آزمایش تصحیح شود.

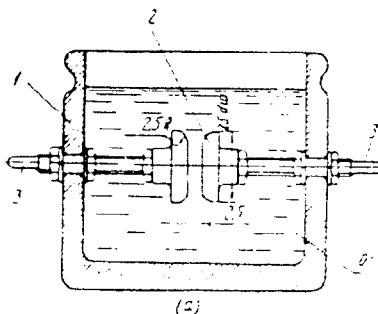
فرمولهای مربوط به محاسبه Z_{eq} و R_{eq} و X_{eq} (مقادیر امپدانس و مقاومت و رآکتانس ترانسفورماتور) در بخش مربوط به ترانسفورماتورهای تکفاز کوچک همین جزوه ذکر شده است.

الف - هدف : روغن ترانسفورماتور قبل از ریختن بداخل تانک باید مورد آزمایش قرارگیرد . بکسی از آزمایشهای مربوط به روغن که در کارگاه مجتمع انجام میشود آزمایش ولتاژ شکست است . کمک این آزمایش مقاومت روغن در مقابل اعمال ولتاژ بالاستحییده میشود .

ب - روش : روغن مورد آرماس را در محفظه نیشه ای دستگاه آزمایش ریخته شدت ۲۰ دقیقه صبر میکنیم تا حبابهای هوای آن بندریج خارج شده . سپس درب محفظه راسنه الکترودهای ۳ (در شکل زیر) راسه منبع ولتاژ AC متغیر متصل میکنیم و ولتاژ را بالا برده ، تا شکست الکتریکی در روغن انجام شود . این عمل باید حدود ۶ بار انجام شده ، معدل پنج بار آخر ، ولتاژ شکست را بماندهد . این ولتاژ باید جدول ذیل مطابقت داشته باشد . فاصله دو الکترود ۲/۵ میلیمتر انتخاب میشود . چنانچه نمونه برداری روغن در زمستان انجام بگیرد ، باید ظرف روغن به درجه حرارت متعادل اتاق رسانده و سپس آزمایش شود . در ضمن ظرف مزبور باید کاملاً " خشک بوده ، قبلاً " باروغن مورد آزمایش چند بار شسته و خالی گردد .

ولتاژ نامی ترانسفورماتور (کیلوولت)	تا ۱۵ کیلوولت	۱۵ الی ۳۵ کیلوولت
روغن خشک و تازه	۲۵	۳۰
روغن ترانسفورماتور کارکرده	۲۰	۲۵

جدول ولتاژ شکست استاندارد روغن ترانسفورماتور بر حسب (KV/mm)



شکل ۲

