شرکت ملی صنایع پتروشیمی

شرکت ره آوران فنون پتروشیمی

(سهامی خاص)

ترانسفورماتورهای روغنی

و تجهیزات مربوطه

مهندس عابدی

شهریور ۱۳۸۴

wwww.owrang.net

goftoman.owrang.net

فهرست مطالب

فصل اول : ساختمان ترانسفورماتور

۱-۱- مقدمه 2

۱-۲- انواع ترانسفورماتورها ۳

۱-۳- ساختمان ترانسفورماتور های روغنی .....

۱-۳-۱- هسته ۵

۱-۳-۲- سیم پیچ یا بوبین ۶

۱-۳-۳- تپ چنجر ۹

۱-۳- - تانک روغن ۱۱

۱-۳-۵- باک روغن ۱۱

۱-۳-۶- لولهٔ انفجار ۱۱

۱-۳-۷- چرخها ۱۲

۱-۳-۸- شیر ها و واشرهای ترانسفورماتور ۱۲

۱-۳-۹- بوشینگها ۱۲

۱-۳-۱۰- پلاک مشخصات ترانسفورماتور ۱۳

۱- - وسایل حفاظتی و متعلقات ترانسفورماتور های قدرت ۱۳

۱- -۱- رله بوخهولتز دو شناوری ۱۴

۱- -۱-۱-مشخص کردن نوع گاز موجود در رله های بوخهولتز ۱۵

۱- -۱-۲-نگهداری رله های بوخهولتز ۱۷

۱- -۲- ترمومتر عقربه ای ۱۷

۱- -۲-۱-محاسبه حرارت گرمترین نقطه ترانسفورماتور ۱۸

۱- -۲-۲-اندازه گیری حرارت سیم پیچی ۲۰

۱- -۳- نشانگر مغناطیسی سطح روغن ۲۱

۱- - - رله فشار ناگهانی ۲۲

۱- -۵- وسایل رطوبت گیر ۲۳

فصل دوم : هسته و سیم پیچهای ترانسفورماتور

۲-۱- جنس هسته ۲۷

۲-۲- مشخصات فولاد مغناطیسی CGO ۲۹

۲-۳- مشخصات فولادمغناطیسی CGO با کنردهی مغناطیسی افزایش یافته (HIB) ۳۱

۲- - تکنیک های رج بندی هسته ۳۳

۲-۵- ترانسفورماتور های با هسته فولاد بی شکل ۳۶
۲-۶- ساختار و ترکیب فولاد مغناطیسی بی شکل ۳۷
۲-۷- تولید فلزات بی شکل ۳۸
۲-۸- تولید هسته هایی با جنس فولاد بی شکل ۳۸
۲-۹- سیم پیچ ها ۰
۲-۹-۱- انواع سیم پیچ ۰
۲-۱۰- جنس سیم پیچ ۳

فصل سوم : روغن ترانسفورماتور

۳-۱- مقدمه ۷
۳-۲- مشخصات روغن ترانسفورماتور ۷
۳-۳- ضریب تلفات ۸
۳- - اندیس پولاریز اسیون ۹
۳-۵- معیار خنثی بودن روغن ۹
۳-۶- مقاومت عایقی ۹
۳-۷- علل تخریب روغن ۵۰
۳-۸- تست های پیشنهادی روغن ۵۰
۳-۸-۱- تست میزان رطوبت ۵۰
۳-۸-۲- تست Ponification ۵۱
۳-۸-۳- تست نقطه انجماد ۵۱
۳-۸- - تست نقطه اشتعال ۵۲
۳-۸-۵- تست ویسکوزیته ۵۲
۳-۸-۶- تست میزان رسوب های موجود در روغن ۵۲
۳-۹- عمر روغن ترانس ۵۳
۳-۱۰- میزان مجاز مقاومت اهمی ۵۳
۳-۱۱- مشخصات روغنهای عایقی ترانسفورماتور ۵۴
۳-۱۲- روش پر کردن تانک روغن ترانسفورماتور ۵۵

owrang.net

فصل چهارم :سیستم خنک سازی ترانسفورماتور

-۱- طرز خنک کردن ترانسفورماتورها ۵۷

-۱-۱- ترانسفورماتور خشک با خنک کننده طبیعی ۵۷

-۱-۲- ترانسفورماتور خشک با خنک کننده مصنوعی ۵۸

-۱-۳- ترانسفورماتور روغنی با خنک کننده طبیعی ۵۸

-۱- - ترانسفورماتور روغنی با خنک کننده مصنوعی ۵۹

فصل پنجم : نگهداری و تعمیرات ترانسفورماتور

۵-۱- تأثیر افزایش بار روی عمر ترانس ۶۶

۵-۲- روشهای پیشنهادی برای بازدید ونگهداری ترانسفورماتورها ۶۶

۵-۳- عللی که باعث خرابی یا سوختن ترانس ها می شوند ۶۸

۵- - دسته بندی کلی اشکالات ترانس ها ۶۹

owrang.net
goftoman.owrang.net

فصل اول
ساختمان ترانسفورماتور

owrang.net

goftoman.owrang.net

owrang.net

اهداف آموزشی فصل اول :

۱- آشنایی با ساختمان ترانسفورماتور و اجزای آن

۲- شناخت انواع ترانسفورماتور

- آشنایی با عملکرد تپ چنجر

٤- آشنایی با وظایف بوشینگها، شیرها و لوله انفجار

۵- آشنایی با وسایل حفاظتی ترانسفورماتور از قبیل رله بوخهولتز

۶- آشنایی با وظایف محفظه سیلیکاژل

۱-۱- مقدمه

ترانسفورماتور وسیله ای است که انرژی الکتریکی را در یک سیستم جریان متناوب از یک مدار به مداردیگر انتقال می دهدومی تواندولتاژکم را به ولتاژ زیاد وبالعکس تبدیل نماید.ترانسفورماتور امروزه یکی از وسایل لازم وحیاتی در سیستم های الکتریکی وهمچنین سیستم های تبدیل انرژی میباشد واز دو بخش اصلی زیر تشکیل می گردد:

- ✓ هسته که از ورقه های نازک فولادی ساخته می شود.
- ✓ دو یا چند سیم پیچ که در ترانسفورماتور های معمولی با هم رابطه مغناطیسی ودر اتو ترانسفور ماتور ها با یکدیگر رابطه الکتریکی ومغناطیسی دارند.

آن بخش از سیم پیچی که از مدار الکتریکی انرژی میگیرد سیم پیچ اولیه وبخش دیگر که از آن انرژی گرفته می شود سیم پیچ ثانویه نامیده می شود.
سیم پیچ متصل به مدار با ولتاژ زیاد به سیم پیچ فشار قوی(H.V) وسیم پیچی که به مدار با ولتاژ کم اتصال می یابد به سیم پیچ فشار ضعیف (L.V)معروف است.

ترانسفورماتوری که ولتاژسیم پیچ ثانویه اش از ولتاژ اولیه آن کمتر باشد ترانسفور ماتور کاهنده وآنکه ولتاژ ثانویه اش از ولتاژ اولیه بیشتر باشد ترانسفورماتور افزاینده نامیده می شود.
اگر یکی از دو سیم پیچ ترانسفورماتور مثلاً اولیه به منبع ولتاژ متناوب وصل شود، شار (فلوی) متناوبی تولید خواهد شد که دامنه اش نسبت مستقیم با ولتاژ دو سر سیم پیچ اولیه وتعداد دور های اولیه دارد. شار تولید شده ،سیم پیچ ثانویه را نیز دور زده وولتاژی در آن القاءمی نماید که مقدار آن به تعداد دور های سیم پیچ ثانویه بستگی دارد. واضح است که ترانسفور ماتور ها فقط با وجود شار های متقابل که هر دو سیم پیچ را دور می زنند کار می کنند.
این شار مغناطیسی از مواد فرو مغناطیسی با قابلیت نفوذ مغناطیسی (پرمابیلیته) زیاد به مراتب بهترازسایرموادعبور می نمایند واز اینرو ست که هسته ترانسفور ماتور ها از آهن فرومغناطیس ساخته می شوند. برای جلوگیری ازاثرتخریبی هوا و بهبود شرایط خنک شدن ترانسفورماتورهای با قدرت زیاد، معمولاً هسته وسیم پیچهای آن در مخزن پر از روغن قرار می گیرد.به این نوع ترانسفورماتورها ، روغنی وآنهایی که توسط هوا خنک می شوند ترانسفورماتور های خشک گفته می شود.

۱-۲- انواع ترانسفورماتورها

ترانسفورماتورها از نظر نوع کاربرد به چند نوع اصلی زیر تقسیم بندی می شوند:

۱- ترانسفورماتورهای قدرت برای انتقال وتوزیع انرژی الکتریسیته.
۲- ترانسفورماتورهای قدرت که برای مقاصدخاص مثل کوره ها ،یکسو کننده ها و واحدهای جوشکاری بکار می روند.
۳- ترانسفورماتورهایی که برای تنظیم ولتاژ در شبکه های توزیع بکار می روند.
٤- اتو ترانسفورماتورها جهت تبدیل ولتاژ با نسبت کم وراه اندازی موتورهای القایی.
۵- ترانسفورماتورهای اندازه گیری.

ترانسفورماتورها از نظر تعداد سیم پیچ،تعداد فازونوع خنک کنندگی نیز به انواع مختلفی تقسیم میشوند ولی از دید یک کارشناس نگهداری وتعمیرات، تقسیماتی که بر اساس نوع خنک کنندگی انجام می شود دارای اهمیت بیشتری است. این نوع تقسیم بندی در فصل ٤ به تفصیل مورد بحث قرار خواهد گرفت.

owrang.net

۱-۳- ساختمان ترانسفورماتور های روغنی

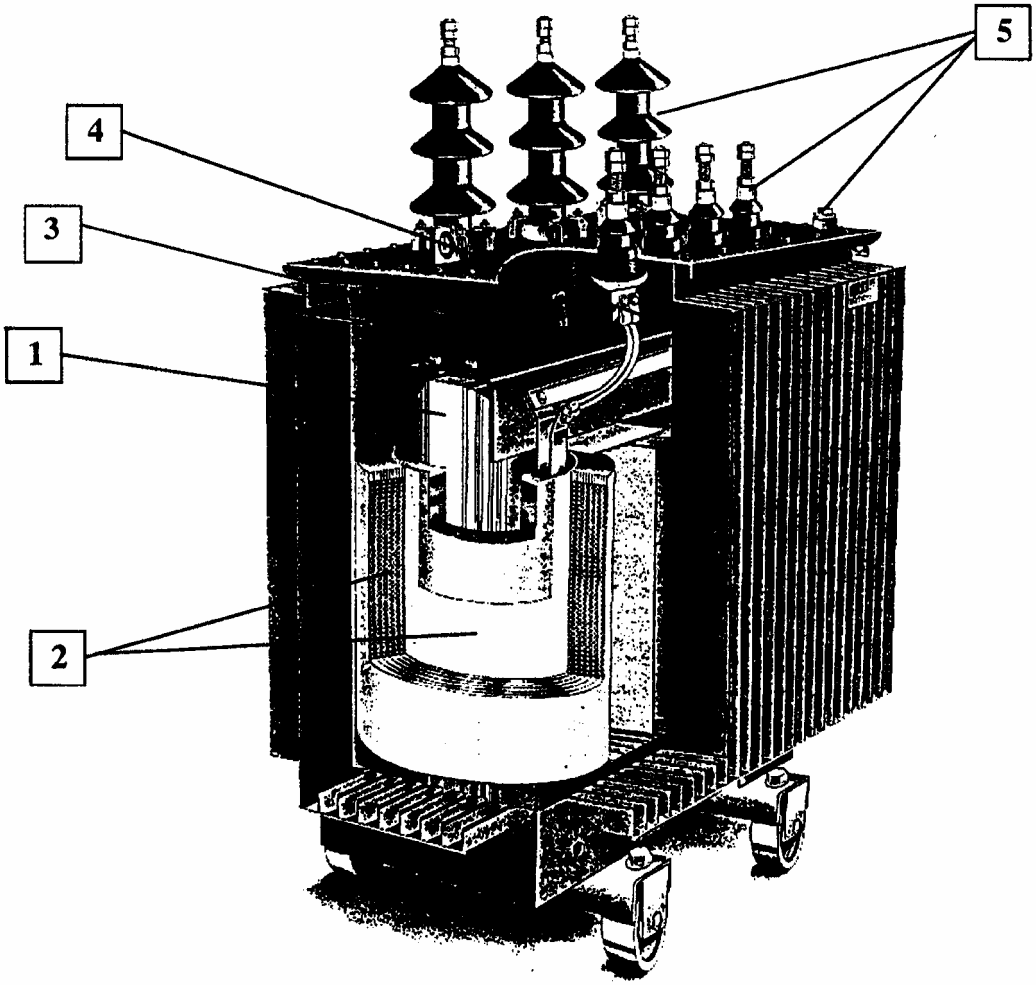
اگر چه اصول کار تمام ترانسفورماتورهای ولتاژ یکسان است ولی در ترانسفورماتورهای بزرگ بعلت ولتاژ بالا وعبور جریان زیاد از آنها ،هسته وسیم پیچها بشدت گرم می شوند وامکان بروز خسارت واز کار افتادن ترانسفورماتور وجود دارد ،از اینرو اینگونه ترانسفور ماتورها با وسایل ایمنی مجهز می گردند وساختمان آنها پیچیده تر از ترانسفور ماتورهای خشک با قدرت کم می باشد. با بررسی ساختمان ترانسفورماتورهای روغنی با قدرت زیاد، دیگر احتیاجی به تشریح ترانسفورماتورهای کوچک نمی باشد. قسمتهای مختلف این نوع ترانسفورماتور که در شکل (۱) نشان داده شده است عبارتند از :

۱- هسته یا مدار مغناطیسی
۲- سیم پیچ ها
۳- سیال عایق کننده و خنک کننده (روغن معدنی)
٤- مخزن ترانسفورماتور با اجزای خنک کننده
۵- متعلقات

متعلقات یک ترانسفورماتور قدرت نیز شامل موارد زیر است:

۱- مقره ها
۲- سیستم های خنک کننده مانند فن یا پمپ
۳- تپ چنجر
٤- تانک ذخیره روغن
۵- پلاک مشخصات ترانسفورماتور
۶- ترمومتر (برای روغن وسیم پیچ)
۷- نشان دهنده سطح روغن
۸- نشان دهنده جریان روغن (برای ترانس های نوع OF)
۹- رله جریان روغن(برای ترانس های نوع OF)
۱۰- رله بوخهلتز
۱۱- جعبه تر مینالهاوکنتا کتهای ترمو ستات و رله بوخهولتز
۱۲- پیچ ارت بدنه
۱۳- شاخک های برق گیر
۱٤- چرخها

owrang.net



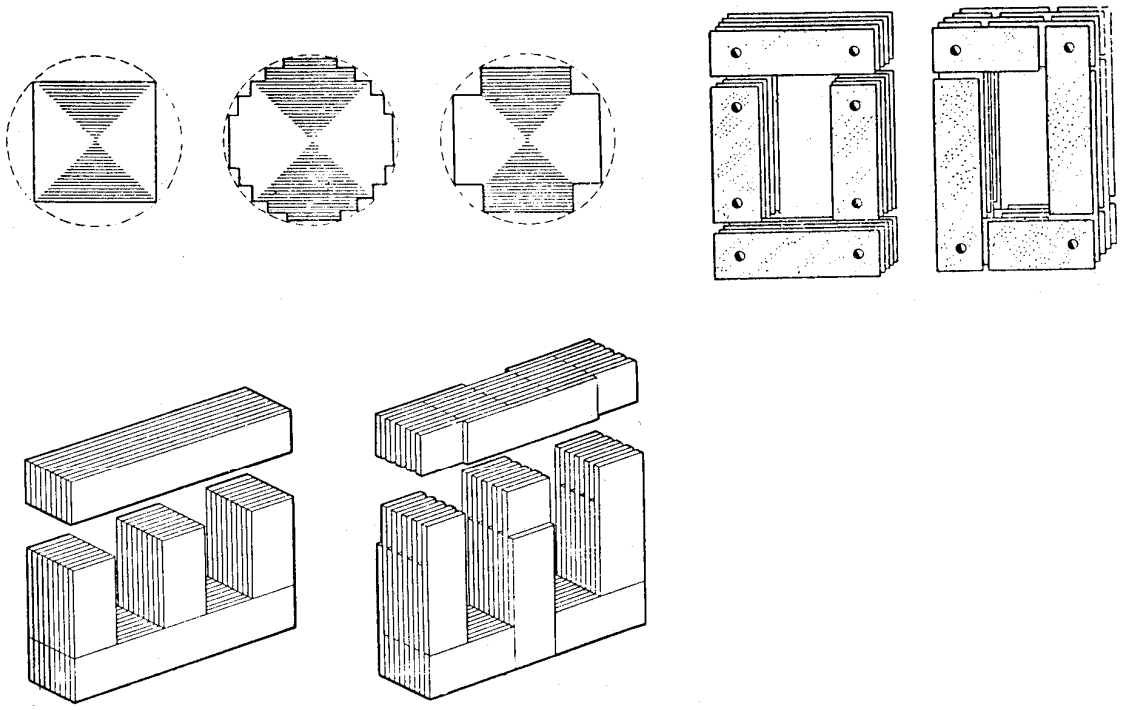
شکل (۱)

۱-۳-۱- هسته

هسته ترانسفورماتور در حقیقت مسیری است که کمک می نماید تا شار مغناطیسی بتواند براحتی ازهر دو سیم پیچ عبور کند. هسته از ورقه های فولادی نورد شده به ضخامت /۰تا۰/۵میلیمتر ساخته شده وبرای کاهش تلفات فوکو و هیسترزیس، ورقه ها را با عایق وارنیش یا یک لایه فیلم عایق، از یکدیگر جدا می سازند. هسته ترانسفورماتورهای قدرت معمولاً ساق دار بوده وساقها توسط دو یوغ از بالا وپایین بهم متصل می گردند. ساقها که سیم پیچها روی آنها سوار می شوند معمولاً مانند شکل (۲) دارای مقطع پله ای می باشند که در دایره محصور می شوند.هر چه قدرت ترانسفورماتور زیادتر باشد شماره پله ها وقطر دایره بزرگتر می شود. یوغ هسته نیز دارای سطح مقطع پله ای است. برای اینکه جریان بی باری ترانسفور ماتور وتلفات آهنی کاهش

owrang.net

یابد سطح مقطع یوغ غالباً ۵تا ۱۰درصد بزرگتراز هسته می باشد. نکته لازم بتذکر ،نوسانات هسته می باشد که معمولاً توسط Magnetostriction که با دانسیته فوران تغییر می کند بوجود می آید وتناسب ابعاد هسته وطرح مکانیکی نیز در این امر نقش عمده ای دارد.



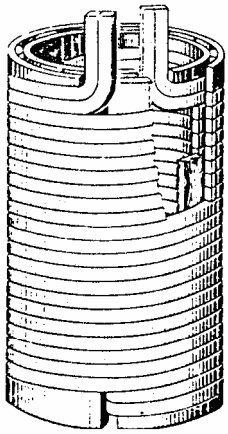
شکل (۲)

۱-۳-۲- سیم پیچ یا بوبین

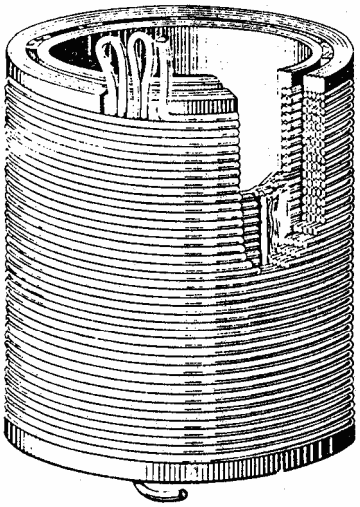
سیم پیچها که بخش اساسی ترانسفورماتور بوده ومدار الکتریکی آن را تشکیل می دهند،از یک هادی مانند مس یا آلومینیوم ویک عایق تشکیل شده اند.معمولاً سیم پیچها ی فشار قوی وفشار ضعیف در روی هسته، متحدالمرکز بوده وسیم پیچ فشار ضعیف روی هسته پیچیده می شود. دلیل این امر آنست که بعلت ولتاژ کمتر، عایق نمودن آن از هسته آسانتر است. موقعی که کلاف بر روی ماشین سیم پیچی کننده قرار می گیرد هر دور از سیم پیچ، مجاور یا روی دور قبلی پیچیده می شود.

موقعی که دورهای سیم پیچ در کنار یکدیگر قرار می گیرند سیم پیچ فرم استوانه ای پیدا نموده وبنام سیم پیچ لایه ای- استوانه ای معروف است ولی در حالت دوم که دورهای سیم پیچ روی دور قبلی پیچیده می شود ،سیم پیچ دیسکی (بشقابی) نامیده می شود. سیم پیچهای دیگر، ترکیبی از دو نوع فوق است. در شکل ( ) انواع این سیم بندیها مشاهده می شود.

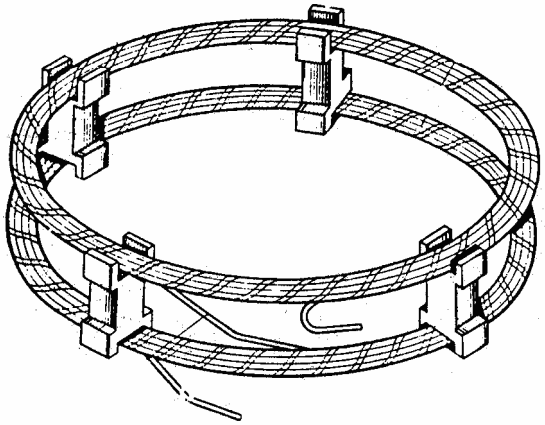
owrang.net



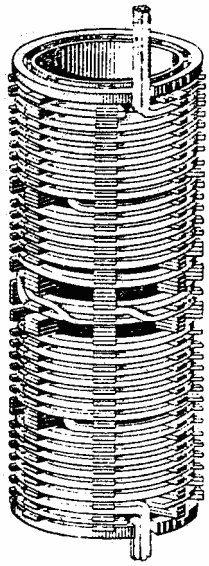
سیم‌پیچی استوانه‌ای دولایه با مفتولهای مستطیلی



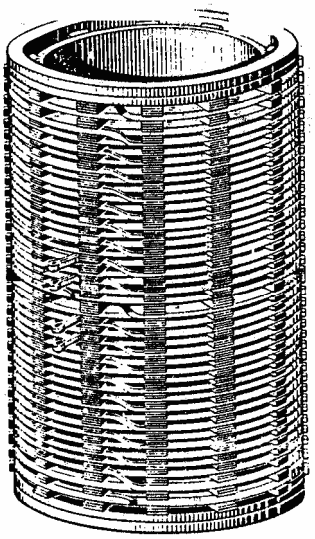
سیم‌پیچ استوانه‌ای چند لایه با مفتولهای گرد



کلاف (کوئیل) دیسکی دوبل



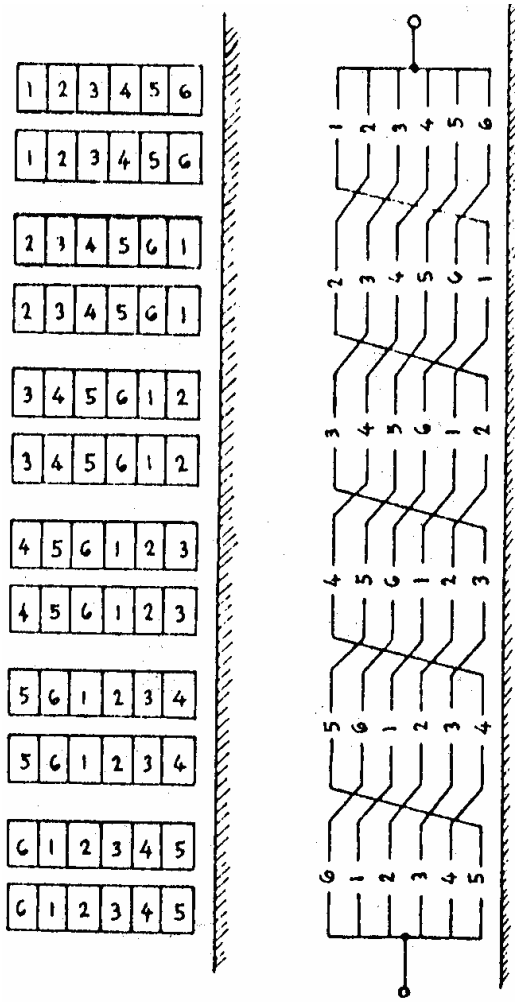
سیم‌پیچ ساده مارپیچی با سه جابجائی (ترانسپوزه)



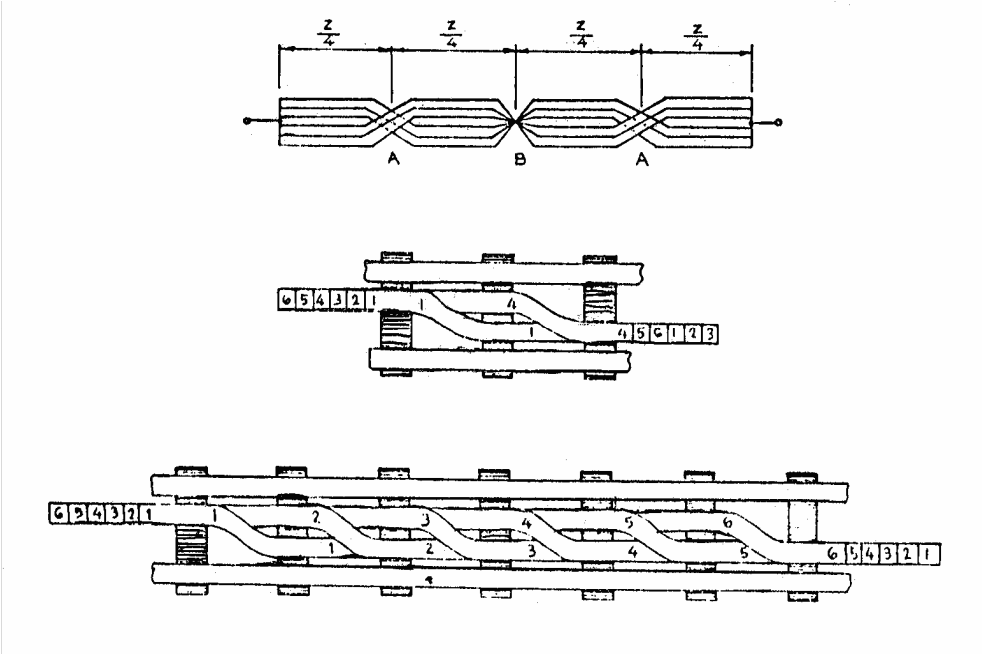
سیم‌پیچ فشارقوی دیسکی با سرهای متعدد (سیم‌پیچ با سروسط)

شکل (۳)

چون بوبین پیچی توسط مفتولهای با سطح مقطع بزرگ کار آسانی نیست واز نظر خنک کردن نیز مناسب نمی باشد، از این رو سیم پیچهای ترانسفورماتور را از چند مفتول که بطور موازی بسته شده اند می سازند وچون هر یک از این مفتولها باید دارای یک موقعیت مشابه نسبت به هسته باشد، لذا مسأله چرخش مفتول در بوبین پیچی مطرح می گردد. هر چه تعداد مفتولهای موازی زیادتر باشد مسأله مشکل تر است بخصوص در سیم پیچ فشار ضعیف که حتی به ده مفتول موازی می رسد. شکل (٤) چگونگی قرار گرفتن وعبور مفتولها از روی یکدیگر وموقعیت آنها را نسبت به هسته نشان می دهد. بطوریکه مشاهده می شود در این بوبین که با شش مفتول موازی پیچیده شده است، در یک دوره گردش کامل، موقعیت تمام مفتولها نسبت به هسته یکسان است. چون حلقه بالای ترانسفورماتور دارای حرارت بیشتری است و باید عرض شیار روغن آن بیشتر باشد وهمچنین در موقع حمل ونقل حلقه های پایینی ، فشارهای زیادتری را تحمل می نمایند ،از این رو از سیم پیچهای مختلف استفاده می شود. مثلاً بوبین ۲۰کیلو ولت از سه نوع سیم پیچ وبوبین ۶۳کیلو ولت از چهار نوع سیم پیچ تشکیل می شود.



شکل (٤- الف)

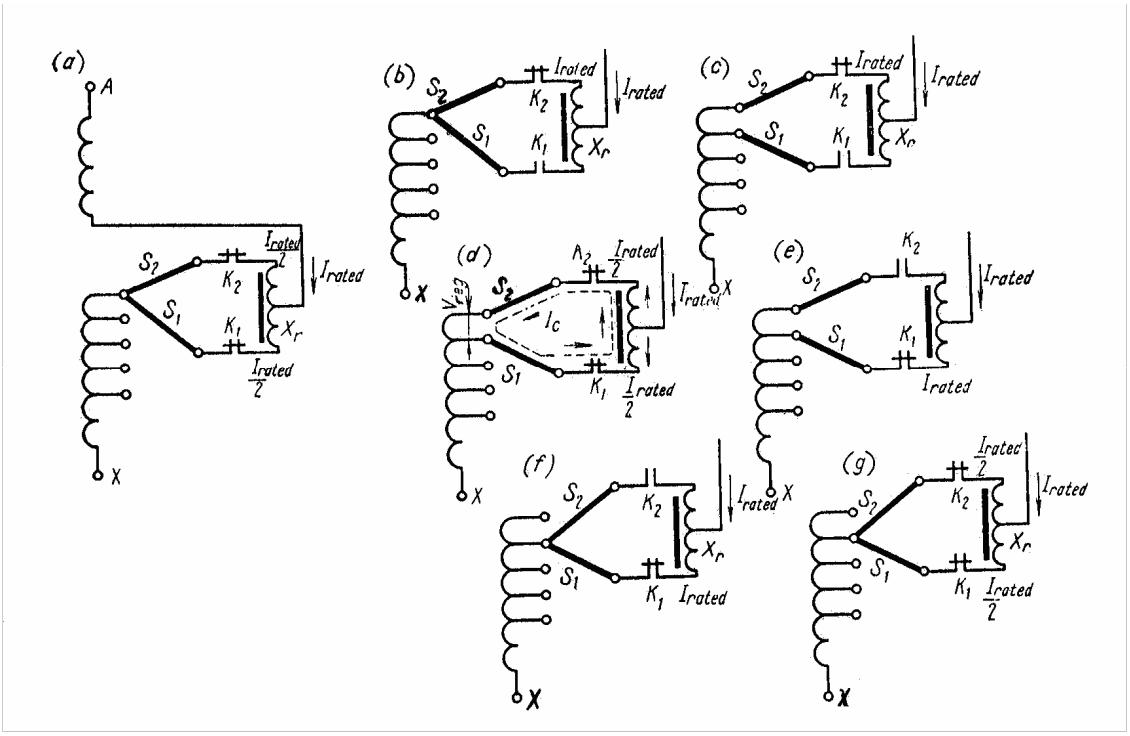


شکل (٤- ب)

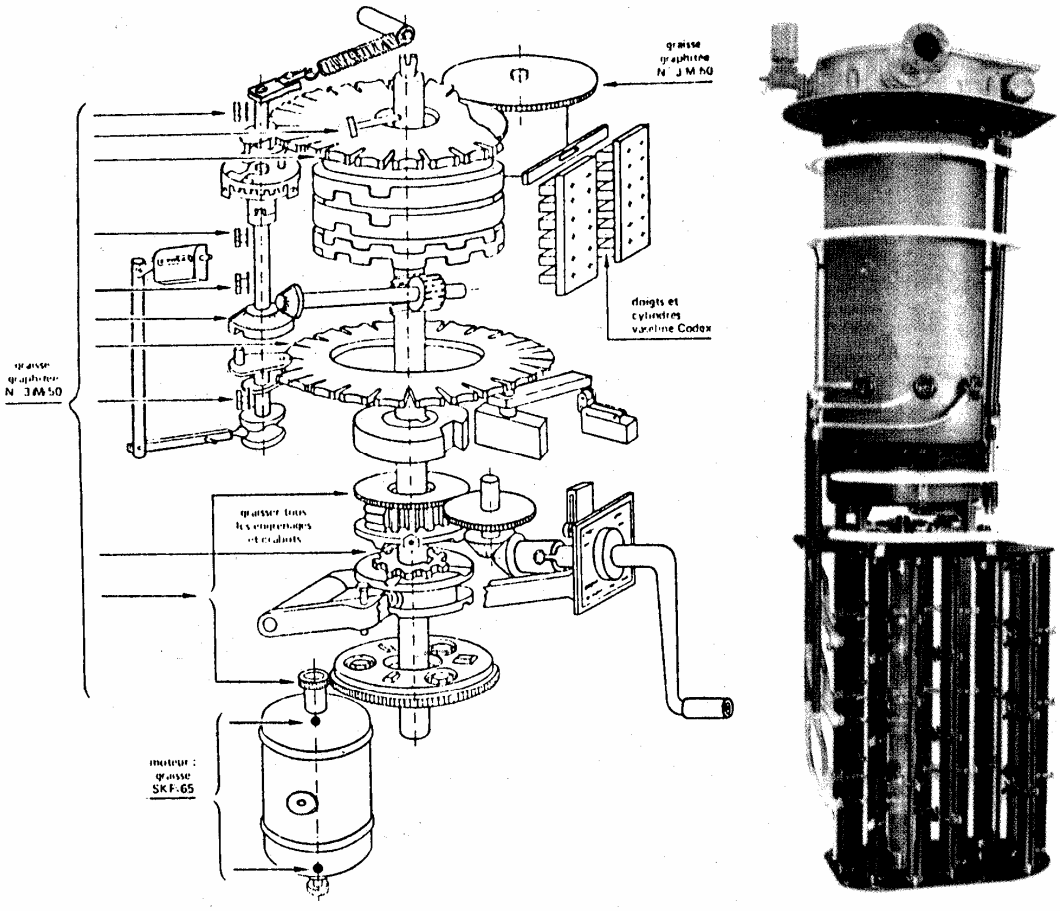
۱-۳-۳- تپ چنجر

عمل تپ چنجر در حقیقت افزایش یا کاهش تعداد دورهای مؤثر سیم پیچ ترانسفورماتور می باشد. استفاده از تپ چنجریا رگولاتور ولتاژ معمول ترین روش کنترل ولتاژ در ترانسفورماتور ی با قدرت زیادمی باشد. تپ چنجرها امروزه با طرح های مختلف موجود می باشند ومعمول ترین آنها شامل راکتورها یا مقاومتهای محدود کننده جریان می باشد. اصول کار یک مدار ساده تپ چنجربا راکتور در شکل (۵) دیده می شود که در آن S2,S1 سوییچ ها و K2,K1 کنتاکتورها و X علامت راکتور می باشد.

تغییر ولتاژ توسط تپ چنجر وجریان حاصله در مدار وقوس های الکتریکی آن امکان سوختگی شدید واز بین رفتن کنتاکتها را بوجود می آورد. وجود قوسهای الکتریکی وحرارت حاصل از آن خود دلیل مجزا نمودن تپ سلکتور وکنتاکتورها از یکدیگر می باشد ضمن آنکه قیمت دستگاه نیز زیاد تر می شود. کنتاکتورها در تانک روغن جداگانه ای قرار می گیرند وبدین ترتیب بدون اینکه کنتاکتها صدمه ببینند قوس الکتریکی نیز از بین می رود. ضمناً بدون باز کردن ترانسفورماتور کنتاکتها می توانند بازرسی شوند وروغن فاسد شده در اثر قوسهای الکتریکی به آسانی تعویض شود. همانطور که در شکل (۶) نشان داده شده است ، سوییچ وکنتاکتورها توسط چرخ دنده وبا موتور الکتریکی عمل می نمایند.


(a)
(b)
(c)
(d)
(e)
(f)
(g)
A
X
S_1
S_2
K_1
K_2
X_r
I_{rated}
$\frac{I_{rated}}{2}$
I_c

شکل (۵)


graisse graphitée N JM 50
doigts et cylindres vaseline Codex
graisse graphitée N JM 50
graisser tous les emmanchages et articulations
moteur : graisse SKF-65

شکل (٦)

۱-۳-۴- تانک روغن

تانک روغن ،مخزن روغنی است که هسته وسیم پیچ های ترانسفورماتور در آن قرار می گیرند. ترانسفورماتورهای روغنی تا ظرفیت 40KVA ممکن است فقط دارای تانک با دیواره های صاف وبدون وسایل خنک کننده اضافی باشند.برای ترانسفورماتورهای بزرگتر، سطح صاف برای از بین بردن حرارت کافی نبوده وبایدوسایل خنک کننده اضافی در آنها تعبیه گردد. در ترانسفورماتورهای تا ظرفیت 1600KVAسطح تانک توسط لوله هایی که از خارج به بدنه تانک جوش می خورند افزایش می یابد. ترانسفورماتورهای از 1000 تا 10,000KVA با تانک ساده از رادیاتورهایی که با اتصالات فلنج به تانک جوش می خورد استفاده می نمایند. در قدرت های بالاتر از 10,000KVA خنک کردن با روغن بطور طبیعی کافی نبوده وباید از جریان هوا وروغن با فشار استفاده شود.

یک تانک شامل یک دیواره ،کف وقاب می باشد. دیواره از صفحات فولادی که به یکدیگر وبه کف تانک جوش خورده اند تشکیل می شود. قاب به بالای دیواره جوش داده می شود وشامل نوار فولادی است که حاوی سوراخ هایی به فواصل مساوی می باشد. یک پوشش (کاور) از ورق فولادی به قاپ پیچ می شود. ضمناً در روی تانک محل هایی برای حمل ونقل ترانسفورماتور در نظر گرفته می شود.

۱-۳-۵- باک روغن

باک روغن یک محفظه فولادی است که بطور افقی روی تانک نصب شده وتوسط یک لوله به آن ارتباط می یابد. این مخزن طوری ساخته می شود که بتوان کف آن را جهت تمیز نمودن ورنگ زدن جدا نمود.باک ها با والو روغن و وسایل رطوبت گیر مجهز می شوند تا بتوان رطوبت هوایی را که در مخزن بعلت کم شدن روغن وجود دارد بر طرف نمایند. در این صورت هوا از طریق یک ماده جذب کننده رطوبت بنام سیلیکاژل عبور نموده ودر حالت خشک وارد باک می شود. والو روغن گرد وخاک را از هوا جدا نموده ومواد جذب کننده را از اثرات رطوبت موجود در محیط محافظت مینماید. در قسمتهای بعد به تفصیل در این مورد بحث خواهد شد.

۱-۳-۶- لولهٔ انفجار

در بعضی مواقع که رله گاز عمل نمی کند،گازهای تولید شده در تانک در اثر سوختن دی الکتریک ممکن است با فشار زیاد تانک را منفجر نماید. همچنین این امر باعث چکه کردن روغن شده و خطر آتش سوزی بوجود می آورد. برای جلوگیری از این اتفاقات، پوشش ترانسفورماتور با یک لوله انفجار که در مجاورت باک روغن سوار است، مجهز می شود.از طریق این لوله ،گازها

وروغنهای اضافی بخارج می ریزد. این لوله با یک دیافراگم شیشه ای که در اثر فشار زیاد می شکند واز ترکیدن تانک جلوگیری می کند، بسته می شود. حفره بالایی این لوله از طریق یک لوله دیگر به قسمت بالایی باک روغن متصل می شود تا از ترکیدن دهانه لوله انفجار توسط فشار حاصل از افزایش درجه حرارت روغن داخل باک جلوگیری شود.
لازم به ذکر است که لوله انفجار معمولاً در ترانسفورماتور های با قدرت 1000KVA و بیشتر تعبیه می شود.

۱-۳-۷- چرخها

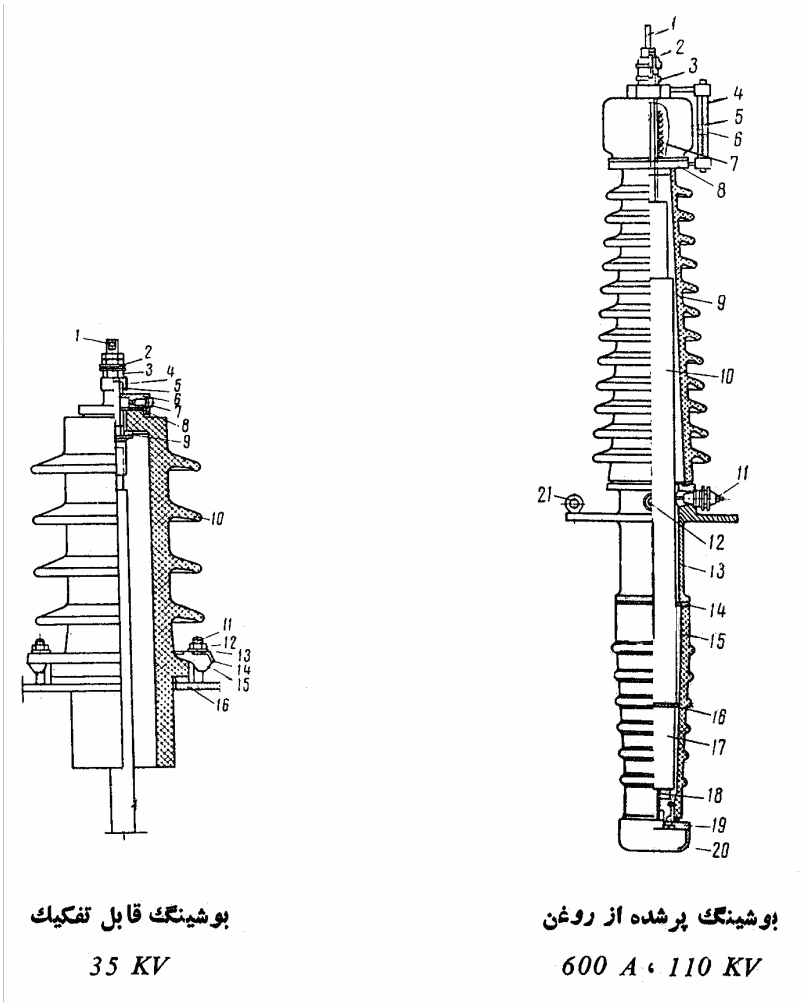
چرخهای ترانسفورماتور ممکن است بصورت تک چرخ ویا چند چرخ بصورت موازی ساخته شود که بستگی به وزن ترانسفورماتور وسفارش دریافت شده دارد. البته فاصله بین چرخها استاندارد بوده واصولاً در ترانسفورماتورها سعی براین است که چرخها را طوری بسازند که هم در جهت طولی وهم در جهت عرضی ترانسفورماتور قرارگیرند. برای حرکت چرخها معمولاً از بلبرینگ های مخصوص بین یک الی سه عدد درهر چرخ استفاده می شود. در مواردی که ترانسفورماتور خیلی سنگین باشد از چرخ استفاده نمی شود.

۱-۳-۸- شیر ها و واشرهای ترانسفورماتور

واشر ها معمولاً از لاستیک نسوز وضد روغن جهت ارتباط قطعات مختلف ترانسفورماتور ساخته می شوند.در موقع مونتاژ نباید این واشرها را بیش از حد معمول تحت فشار قرار داد.
شیرها نیز برای ارتباط رادیاتورها به بدنه ونمونه برداری روغن در طبقات پایین،بالا ووسط ترانسفورماتور،ارتباط تانک به رله بوخهلتز وباک، و تخلیه وپر کردن روغن در نظر گرفته می شود. این شیرها معمولاً از نوع کشویی می باشد.

۱-۳-۹- بوشینگها

بوشینگها بر اساس مقدار ولتاژ وجریان در اندازه های مختلف ساخته می شوند. نکته مهم در اتصال بوشینگها این است که باید کاملاً آب بندی شده ومحلی برای خروج روغن نداشته باشند. چون بوشینگها از چینی ساخته می شوند،درحمل ونقل آنها باید دقت کافی بعمل آید. در شکل (۷) یک برش عمودی از بوشینگ دیده می شود. در این شکل واشرهای مربوط به جلوگیری از نشت روغن ونفوذ آن ،محل اتصال ولایه های مختلف آن دیده می شود.



شکل (۷)

۱-۳-۱۰-پلاک مشخصات ترانسفورماتور

این پلاک که بر روی ترانسفورماتور نصب می شود معمولاً دارای مشخصاتی از قبیل نوع ترانسفورماتور،شماره سریال ترانسفورماتور،سال مونتاژ، تعداد فازها، گروه ترانسفورماتور، فرکانس ،نوع خنک کردن، قدرت اسمی، جریان اسمی، وزن کل، وزن روغن و، دیا گرام سیم پیچی می باشد.

۱-۴- وسایل حفاظتی و متعلقات ترانسفورماتور های قدرت

ترانسفورماتورهاعلاوه بررله ها معمولاً به تجهیزات حفاظتی دیگری مانند نشان دهنده های حرارتی ، رله های بوخهولتز وسیستم رطوبت زدایی(محفظه سیلیکاژل) مجهز می شوند. این دستگاهها ترانسفورماتوررا در مقابل افزایش بار، ورود رطوبت وگردوغبار به داخل روغن وفالت های داخلی محافظت می نمایند. با توجه به اینکه المانهای فوق جزیی از ترانسفورماتور

ومهمتر آنکه از اجزای حفاظتی ترانسفورماتور هستند لذا بایستی آنها را در برنامه های نگهداری منظور نمود.

۱-۴-۱- رله بوخهولتز دو شناوری[1]

ترانسهای روغنی معمولاً به رله های فعال شونده باگازکه به رله های بوخهولتزمعروف شده اند مجهز می گردند. رله بوخهولتزکه در شکل (۸- الف) نشان داده شده است در مجرای ارتباطی بین تانک و مخزن قرار داشته و مانند شکل (۹) شامل یک محفظه روغن از فولاد ریختگی ودو المان عمل کننده برای آلارم وقطع هستند. المان بالایی سیستم آلارم را فعال می کند در حالیکه المان پایینی در هنگام اتفاقات درونی روغن باعث تحریک کلید قطع ترانس شده وترانس را ازمدار خارج می نماید. هر یک از المانها دارای محفظه آلومینیومی سبک وخالی (بصورت فلوتر) بوده که می تواند حول یک محور چرخش نماید.یک کلید جیوه ای روی بازوی فلوتر نصب شده که در هنگام ورود گاز به داخل محفظه روغن فعال می شود.

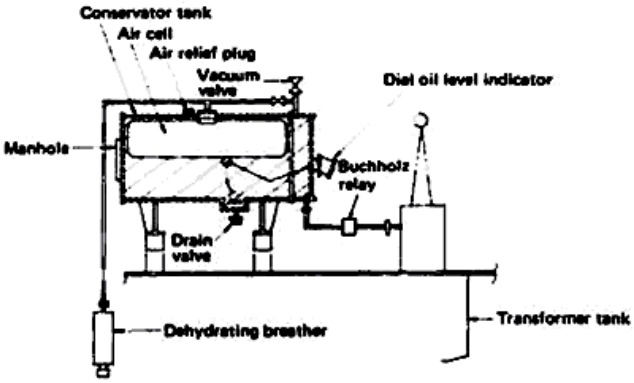
اگر میزان گاز کم باشد المان بالایی فعال شده وسیگنال آلارم را ارسال می نمایدواگر شدت اتصال کوتاه بیشتر باشد میزان گاز ایجاد شده بیشتر شده وباعث تحریک المان پایینی وخارج شدن ترانس از شبکه می گردد. علاوه بر این، یک شیر جهت برداشتن نمونه گاز وتخلیه آن پس از حصول اطمینان از رفع اشکال ویک دکمه فشاری مکانیکی جهت شبیه سازی فالت وتست سوییچ های آلارم وقطع در قسمت بالای رله نصب گردیده است. ضمناً در حالتیکه نشت روغن در ترانس وجود داشته باشد محفظه رله از روغن تخلیه شده وباعث قطع ترانس می شود.

رله های بوخهولتز می توانند باعث تشخیص اشکالات، قبل از صدمه رسیدن به ترانس گردند. که این امر مستلزم دقت نظر وسرعت در عملکرد پس از رخدادن اتفاق است.

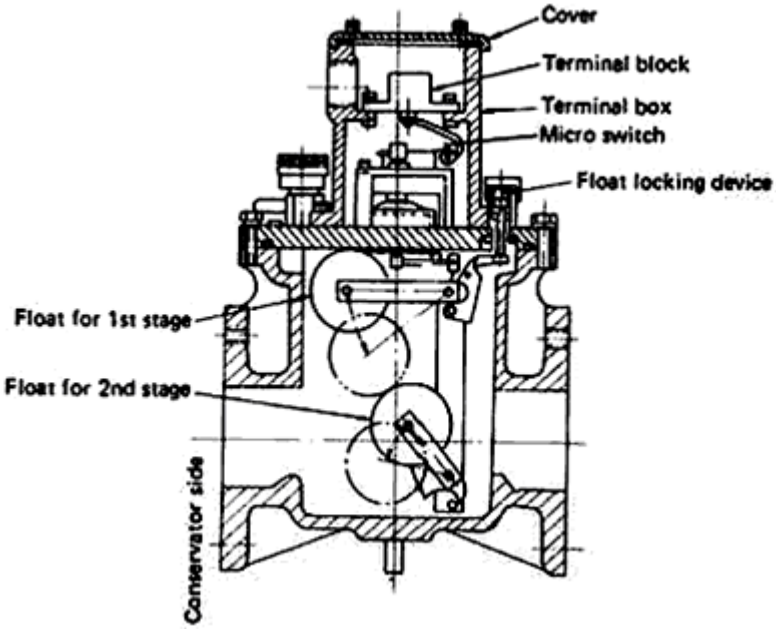
اشکالاتی را که رله بوخهولتز می تواند آشکار نماید بشرح زیر است :

۱- اتصال کوتاه بین تیغه های هسته ترانس.
۲- ایجاد جرقه بر اثر شل بودن ترمینالهای داخلی.
۳- اتصال بدنه یا اتصال زمین در داخل ترانس.
٤- اتصال کوتاه بین حلقه های سیم پیچ.
۵- ایجاد شکست الکتریکی در مقره ها وعایق سیم پیچها.

1- Double-float Buchholz relay



شکل (۸- الف)



شکل (۸- ب) : ساختمان داخلی رله بوخهولتز

۱-۴-۱-۱- مشخص کردن نوع گاز موجود در رله های بوخهولتز

در رله های بوخهولتز از طریق رنگ گاز جمع شده در محفظه می توان به نوع اشکال پی برد. از آنجاییکه گاز تولید شده در مدت زمان بسیار کوتاهی رنگ خود را از دست می دهد، باید بدون از دست دادن وقت، اقدامات لازم جهت شناسایی نوع گاز انجام گیرد.

جدول (۱) نوع اشکال را بر حسب رنگ گاز موجود در محفظه رله مشخص می نماید.

میزان گاز موجود در محفظه نشان دهنده شدت فالت است در حالیکه قابلیت اشتعال گاز می تواند در دستیابی به نوع عیب ما را یاری نماید.

روش پیشنهادی برای تست قابلیت اشتعال گاز وتعیین نوع عیب پس از تجزیه شیمیایی آن بشرح زیر است:

ابتدا توسط سرنگ مقداری از گاز را از طریق شیر تخلیه گاز بیرون کشیده وبا شعله تست می کنیم ، قابلیت اشتعال گاز نشان دهنده تجزیه شدن عایق ویا وجود بخار روغن در آن می باشد. گازی که در محفظه رله جمع می شودمی تواند برای تعیین وجود استیلن ،هیدروژن ومنو اکسید کربن مورد آزمایش قرار گیرد. البته گاز استیلن بشدت قابل حل در روغن است وممکن است نتوانیم گاز موجود در محفظه آن را شناسایی کنیم ولی بهر حال وجود هیدروژن ومنو اکسید کربن می تواند کمک خوبی برای تحلیل اشکالات باشد. معایب اشاره شده در ذیل مواردی است که توسط تجزیه گاز می تواند مشخص گردد:

- عدم وجود منواکسید کربن وهیدروژن نشانگر وجود هوا است .در چنین حالتی پس از تعیین منشاءِ ورود هوا واز بین بردن آن می توان ترانس را مجدداً زیر بار برد.
- وجود هیدروژن به تنهایی نشان دهنده وجود اشکال در روغن است.
- وجود هیدروژن به همراه منو اکسیدکربن نشان دهنده شکست الکتریکی در عایق سیم پیچی وروغن می باشد.

جدول (۱)

نوع عیب /نوع گاز	رنگ گاز داخل محفظه
هوا	بیرنگ
تجزیه کاغذ یا عایق پارچه ای	سفید
تجزیه چوب	زرد
افزایش شدید دمای روغن	خاکستری
تجزیه روغن براثر جرقه الکتریکی	سیاه

۱-۴-۱-۲- نگهداری رله های بوخهولتز

رله های بوخهولتز بایستی حداقل سالی یکبار مورد تست وبررسی دقیق قرار گیرند.بدین منظور ابتدا باید قسمت های مکانیکی رله بررسی شده واز صحت کارکردآن اطمینان حاصل شود. سپس باید کلید های جیوه ای را چک نموده ودر صورت خراب بودن جایگزین نماییم. برای تست نهایی این رله ها باید از تزریق گاز نیتروژن ویا هوای خشک یعنی هوایی که رطوبت آن کاملاً گرفته شده باشد استفاده شود. پس از تزریق گاز، نتایج بدست آمده بایستی حتماً ثبت ونگهداری شود.

۱-۴-۲- ترمومتر عقربه ای[1]

عمر ترانسفورماتور وابسته به عمرعایق آن است وعمر عایق نیز بستگی به میزان حرارتی دارد که ترانسفورماتورتحت آن کار می کند.بنابراین لازم است همواره حرارت ترانسفورماتور مخصوصاً در مورد ترانسفورماتور های قدرت مورد نظارت واقع گردد. از این رو سیستم هایی برای نشان دادن دما بر روی ترانسفورماتور نصب شده تا مسئول نگهداری ترانسفورماتور ضمن ثبت اطلاعات آن بطور دائم درمواقع موردنیازبتواند اقدامات لازم راجهت نگهداری ترانسفورماتور انجام دهد.

برای اندازه گیری حرارت ترانسفورماتور از ترمومتر استفاده می شود که سنسور آن در داخل روغن قرار گرفته ونشان دهنده عقربه ای آن خارج از تانک و روی بدنه نصب می گردد. یک نوع از این ترمومترها در شکل (۹) نشان داده شده است.

معمولاً نشان دهنده دارای دو عقربه به رنگهای قرمز وسیاه می باشد. عقربه سیاه علاوه بر نشان دادن حرارت روغن ،عقربه قرمز را هم با خود حرکت می دهد (البته فقط در جهت بالا رفتن). هنگامیکه حرارت ترانسفورماتور پایین می آید عقربه سیاه برای نشان دادن حرارت واقعی شروع به پایین آمدن می کند در حالیکه عقربه قرمز برای ثبت بالا ترین میزان حرارت تجربه شده توسط ترانسفورماتور در محل خود باقی می ماند. دو کنتاکت آلارم وقطع نیز برای نشان دهنده درنظرگرفته شده که هنگام رسیدن حرارت به حد از پیش تعیین شده وارد عمل شده و سیگنالهای آلارم یا قطع را برای سیستم کنترل ترانسفورماتور ارسال می نماید.

1- Dial-type Contact Thermometer

شکل (۹)

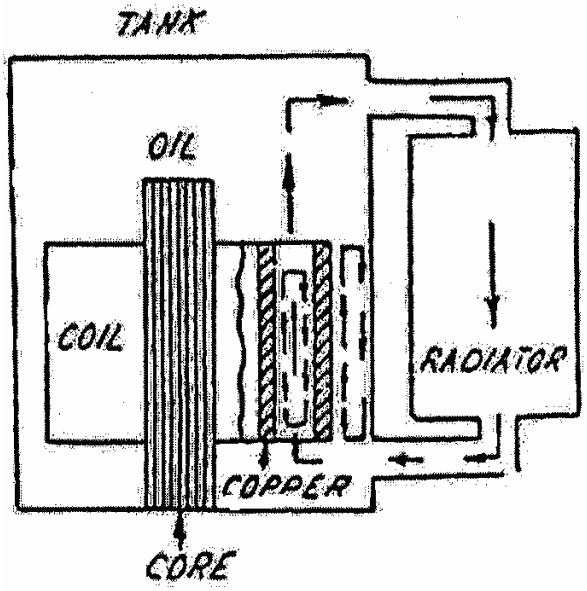
۱-۴-۲-۱- محاسبه حرارت گرمترین نقطه ترانسفورماتور

نیاز اصلی درکارکرد صحیح یک ترانسفورماتور آنست که بدانیم درهنگام کار ترانسفورماتور، دمای گرمترین نقطه آن از حد مجاز تجاوز نخواهد کرد. از اینرو بایستی مطمئن شد که وقتی ترانسفورماتور تحت بار نامی است ودمای محیط به ماکزیمم مقدار خود می رسد، حرارت گرمترین نقطه ترانسفورماتور از میزان مجاز آن تجاوز نمی نماید.

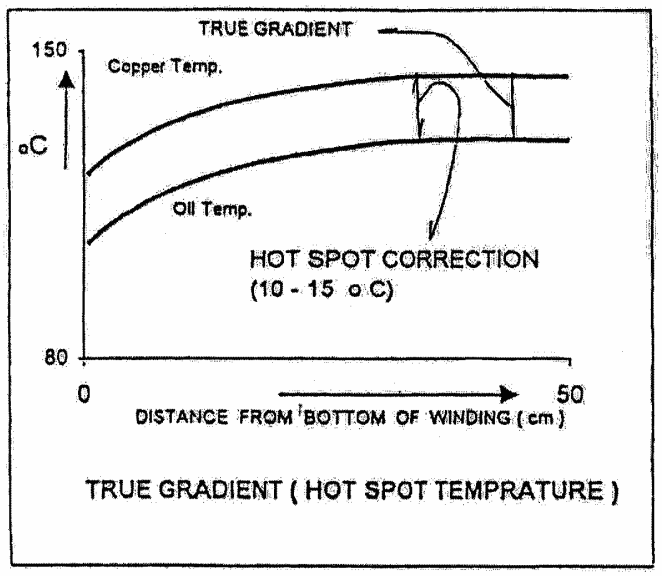
منابع ایجاد حرارت در ترانسفورماتور دو گونه است : یکی تلفات آهنی ودیگری تلفات مسی ،تلفات آهنی دارای نرخ ثابتی است وبنابر این نرخ حرارت تولید شده توسط آن نیز مقدار ثابتی است. ولی تلفات مس بستگی به میزان بار ترانسفورماتور دارد. با توجه به این که ضریب حرارتی مس، عایق، روغن، وبدنه ترانسفورماتور با یکدیگر متفاوت است ،قبل از اینکه سیستم به تعادل حرارتی برسد حرارت مس به شدت بالارفته است.بنابراین ترمومترداخل روغن نمی تواند تصویر صحیحی از دمایی که سیم پیچ تجربه کرده ارایه نماید. یک افزایش شدید وناگهانی در بار ترانسفورماتورممکن است دمای سیم پیچ را تا حد خطرناکی بالا ببرد وروغن نمی تواند بسرعت در مقابل آن عکس العملی داشته باشد. بنابر این جهت حصول اطمینان از عملکرد مطمئن در بارگذاری ترانسفورماتور لازم است دمای سیم پیچی اندازه گیری شود.

عمر ترانسفورماتور تابع میزان متوسط حرارت نیست بلکه بالا ترین درجه حرارت است که عمرترانسفورماتور را تعیین می نماید. به همین دلیل در درست داشتن دمای داغ ترین نقطه ترانسفورماتور امری ضروری است. ساده ترین راه اندازه گیری ، قرار دادن یک ترموکوپل در در داغ ترین نقطه سیم پیچی است ولی عموماً این روش بکار گرفته نمی شود چون بدست

آوردن محل داغ ترین نقطه، کار بسیار مشکلی است. بعلت وجود مشکلات عملی در تعیین محل گرمترین نقطه، موسسه AIEE برای ترانسفورماتور های روغنی با سیستم خنک کننده طبیعی استانداردی را برای اصلاح مقدار متوسط دمای سیم پیچی به میزان $10^{\circ}C$ جهت بدست آوردن حرارت داغ ترین نقطه پیشنهاد کرده است. مطابق تعریف این استاندارد، دمای گرمترین نقطه ترانسفورماتوردربارکامل عبارتست ازمیزان متوسط دمای سیم پیچی در بارکامل باضافه $10^{\circ}C$. درصورتی که یک روش دقیق موجود نباشد ،دمای گرمترین نقطه را میتوان ازگرادیان حقیقی یا True Gradient محاسبه نمود.گرادیان حقیقی بعنوان اختلاف دمای بین گرمترین نقطه مس و گرمترین نقطه روغن همجوار تعریف می شود.شکل (۱۰)نحوه چرخش روغن در ترانسفورماتور و شکل (۱۱)گرادیان حقیقی را نشان می دهند.



شکل (۱۰)



شکل (۱۱)

باتوجه به اینکه گرمترین نقطه مس همواره در همسایگی گرمترین نقطه روغن قرار دارد، بنابراین اگر گرادیان حقیقی درهرمیزان بارترانسفورماتور به بالا ترین حرارت در همان میزان باراضافه شود، دمای گرمترین نقطه مس بدست خواهد آمد. برای اکثر ترانسفورماتورها گرادیان حقیقی برای میزان باری که تداوم آن یک ساعت یا بیشتر باشد از رابطه زیر بدست می آید:

$$G_2 = G_1(\frac{W_1}{W_2})K$$

جایی که G_1 گرادیان حرارتی متناظر با تلفات حرارتی W_1 و G_2 گرادیان حقیقی متناظر با تلفات حرارتی W_2 میباشد. K یک ثابت عددی است که برای ترانسفورماتور های جدید مقداری برابر ۰/۸ تا ۱ دارد. اگر تغییرات مقاومت الکتریکی مس در رنج حرارتی موجود قابل اغماض باشد میتوان رابطه را به صورت زیر نوشت:

$$G_2 = G1(\frac{L_1}{L_2})K_1$$

جایی که G_1 گرادیان حقیقی متناظر با بار موجود ترانسفورماتور و L_1 و G_2 گرادیان حرارتی متناظر بابار قبلی ترانسفورماتور L_1 میباشد. K_1 یک ثابت عددی است که برای ترانسفورماتور های جدید مقداری برابر ۱/۶ تا ۲ دارد.

۱-۴-۲-۲- اندازه گیری حرارت سیم پیچی

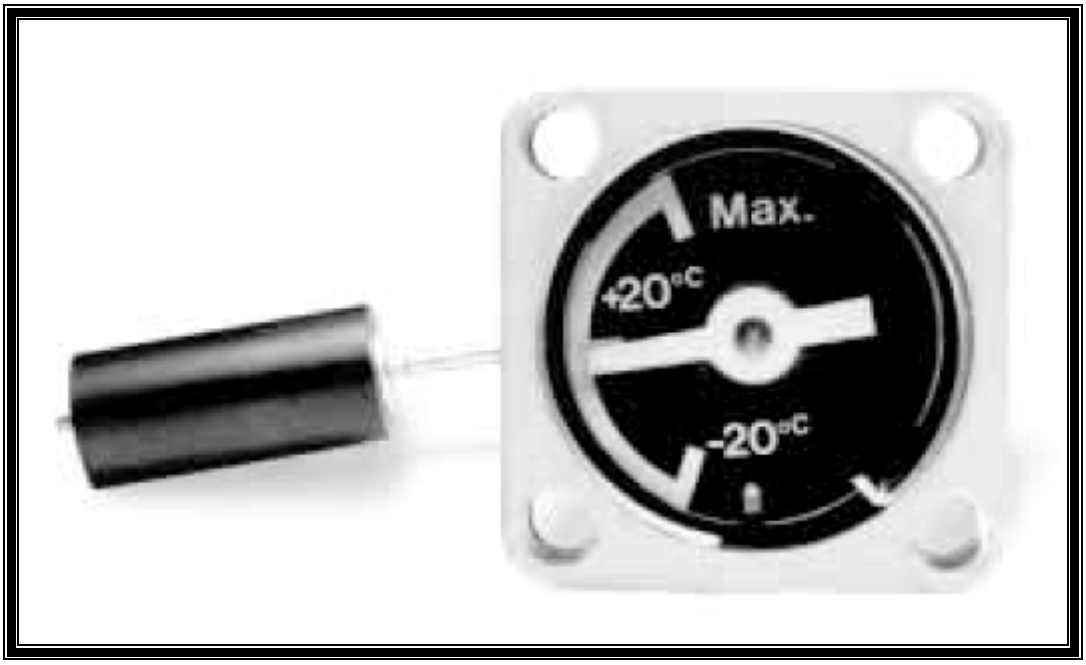
روش های مختلفی برای اندازه گیری دمای سیم پیچی ترانسفورماتور وجود دارد. در یکی از این روش ها یک مقاومت با مقدار معین را بین کویل ها در گرمترین نقطه تخمینی قرار می دهند. از آنجاییکه مقاومت المان در یک دمای خاص مشخص است، از روی تغییرات اهمی مقاومت در بارهای مختلف تغییرات میزان حرارت محاسبه می شود. بعلت مشکلات موجود در تخمین وتعیین داغ ترین نقطه سیم پیچی ،مبنای تغییرات مجاز حرارتی را ،اختلاف بین میانگین افزایش حرارت ترانسفورماتور با درجه حرارت تعریف شده محیط، قرار می دهند. این اختلاف دما توسط روشهای اندازه گیری مقاومت قابل دستیابی است. افزایش حرارت مجاز برای ترانسفورماتور های روغنی در جدول (۲) نشان داده شده است.

جدول (۲)

افزایش دمای مجاز (oC)	نوع ترانس
۶۰	ONAN
۶۵	OFAF
۶۰	ONAF
۶۰	ONW
۶۵	OFAF
۷۵	OFW

۱-۴-۳- نشانگر مغناطیسی سطح روغن[1]

این دستگاه که در شکل (۱۲) نشان داده شده است موقعیت شناور مخزن را به طور مغناطیسی انتقال داده و نشان می دهد و دارای کنتاکتهای آلارم جهت نشان دادن سطح پایین و بالای روغن می باشد.



شکل (۱۲)

1- Magnetic oil-level indicator

۱-۴-۴- رله فشار ناگهانی[1]

این رله که درشکل(۱۳)نشان داده شده است هنگامیکه فشارروغن به $0.35-0.7 Kg/cm^2$ می رسد به طور اتوماتیک عمل نموده و روغن اضافی را تا رسیدن فشار روغن به مقدار نرمال از ترانسفورماتور خارج می سازد.

شکل (۱۳)

1- pressure relief device

۱-۴-۵- وسایل رطوبت گیر[1]

وجود رطوبت درروغن باعث کاهش استقامت الکتریکی آن می گردد. به همین علت بایدمطمئن شدکه روغن عاری ازرطوبت وگردوغباراست.تانک ذخیره روغن ترانسفورماتور در قسمت بالای ترانسفورماتور نصب می شود وطراحی آن طوری است که سطح تماس روغن با هوا به حداقل برسد. قسمت داخلی تانک ذخیره روغن توسط یک لوله به محفظه تنفس یعنی محفظه شیشه ای حاوی سیلیکاژل وصل شده است. وجود سیلیکاژل باعث می شود که وقتی ترانسفورماتور بعلت تغییرات حرارتی وانبساط وانقباض روغن عمل تنفس را انجام می دهد، رطوبت موجوددرهوا توسط سیلیکاژل جذب شده واز ورودآن به داخل روغن ترانسفورماتور جلوگیری شود.

در موقع حمل ونقل ترانسفورماتور بهتر است محفظه سیلیکاژل روی آن نصب شده باشد ولی بهرحال اگر این قسمت بطور جداگانه بسته بندی شده باشد بایستی پس از رسیدن به مقصد در اولین فرصت نسبت به نصب آن اقدام گردد.

رنگ سیلیکاژل معمولاً آبی است ولی در اثر جذب رطوبت رنگ آن بنفش وسپس صورتی میشود. رنگ صورتی نشان دهنده حالت اشباع کامل سیلیکاژل است ودر این حالت وجود سیلیکاژل کاملاً بی تأثیر است بنابراین در چنین حالتی باید نسبت به تعویض ویا احیای آن اقدام گردد. در شکل (١٤) قسمت های مختلف دو نوع محفظه سیلیکاژل نشان داده شده است.

شکل (١٤)

1- Dehydrating breather

برای شارژ مجدد سیلیکاژل باید به ترتیب زیر عمل شود:

۱- محفظه توسط پیچ خروسکی بالای آن باز و جدا می شود.

۲- ظرف سیلیکاژل را بدقت در محل خودش قرار داده وآن را تا حد مشخص شده پر می کنیم.

۳- پس از اتمام کار، محفظه را طوری در محل خود نصب می کنیم که قسمت شیشه ای آن جهت بازدید سیلیکاژل روبه بیرون قرار گیرد.

٤- پس از نصب کامل محفظه باید اجازه داد روغن به داخل آن جریان پیدا کند تا حدی که از سوراخ پیچ پایینی سر ریز نماید. سپس این پیچ را محکم می کنیم.

جهت احیای سیلیکاژل، آنرا در کوره های آزمایشگاهی حرارت می دهند. این عمل باید تا زمانی که رنگ سیلیکاژل به حالت اولیه برنگشته است ادامه پیدا کند. ضمناً حرارت کوره نبایستی از ۱۵۰ درجه سانتیگراد تجاوز نماید. در ترانسفورماتور های کوچک وقتی تانک ذخیره روغن ومحفظه سیلیکاژل نصب نشده باشد از شیرهای اتوماتیک تخلیه گاز[1] استفاده می شود. در ترانسفورماتور های قدرت بزرگ نیز دریچه تخلیه خاصی جهت جلوگیری از انفجار در هنگام بروز اتصال کوتاه شدیدنصب شده که بصورت دیا فراگمی از باکلیت ، میکا، شیشه ،ویا صفحه های نازک مسی تشکیل شده است. در هنگام افزایش فشار داخلی تانک براثر ایجاد گاز های ناشی از اتصال کوتاه الکتریکی این دیافراگم شکسته شده وگاز تخلیه می گردد. در اینگونه ترانسفورماتور های پرقدرت وفاقد تانک ذخیره روغن برای استفاده از رله بوخهولتز، دیا فراگم کاغذی دیگری در مسیر رله بوخ هولتزنصب شده تاگازقبل از جمع شدن درمحفظه خروجی اضطراری، وارد رله بوخهولتز گردد. در چنین مواردی پس از افزایش فشار داخلی از حد۵ پاسکال این دیافراگم شکسته شده وگاز وارد محفظه دیافراگم خروجی می شود.

1- Pressure relief valve

پرسشهای فصل اول :

۱- انواع ترانسفورماتور را نام ببرید.

۲- اجزای یک ترانس را نام ببرید.

۳- انواع سیم پیچی در ترانس را نام ببرید.

٤- عملکرد تپ چنجر را تشریح نمایید.

۵- وظیفه لوله انفجار در ترانس چیست؟

۶- وظیفه بوشینگ در ترانس چیست؟

۷- رله بوخهولتز برای چه در ترانس به کار می رود؟

۸- در ترانس اندازه گیری دمای سیم پیچ چگونه انجام می شود؟

فصل دوم

هسته و سیم پیچهای ترانسفورماتور

اهداف آموزشی فصل دوم :

۱- آشنایی با هسته های ترانسفورماتور و عناصر تشکیل دهنده آن
۲- شناخت فولاد مغناطیسی CGO و مشخصات آن
۳- آشنایی با هسته های بی شکل
٤- آشنایی با انواع سیم پیچ ها و جنس مواد تشکیل دهنده آن

۲-۱- جنس هسته

هسته ترانسفورماتور های مدرن همیشه با فولاد مغناطیسی که عناصر آن با نورد سرد در یک جهت قرارداده شده است ساخته می شود. این نوع فولاد را با CGO نشان می دهند که مخفف cold rolled grain oriented می باشد.

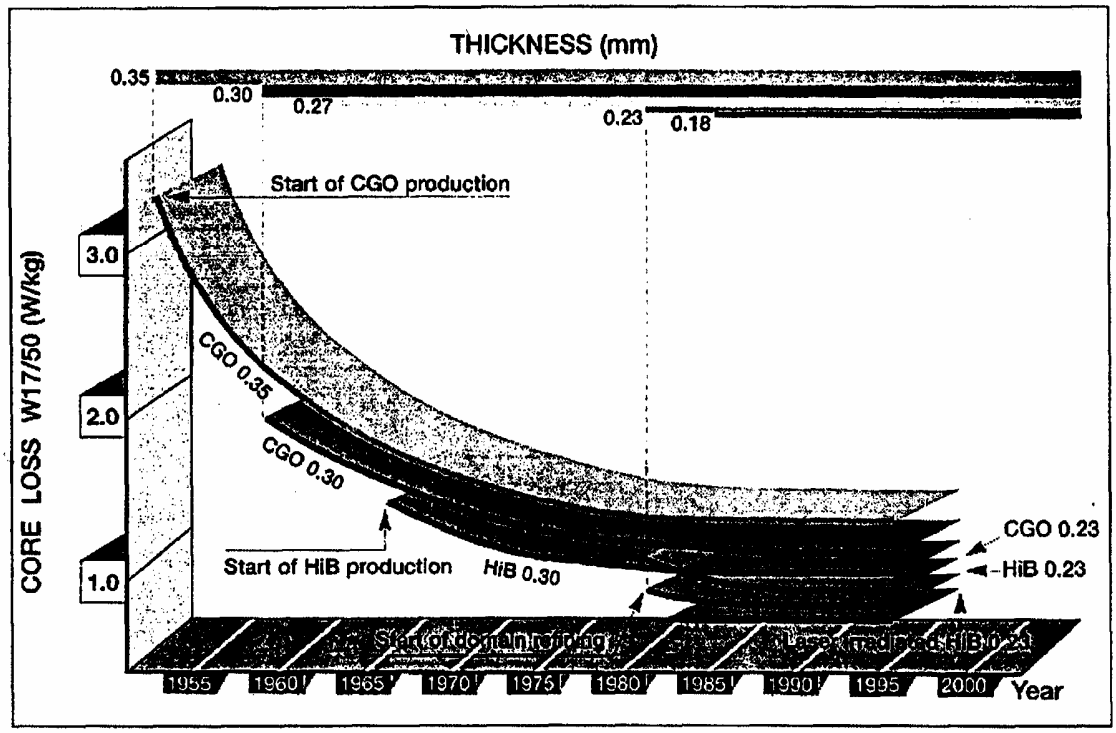
در شکل (۱۵) سیر تکاملی تولید فولاد مغناطیسی از تاریخ تولید فولاد CGO نشان داده شده است. فولاد مغناطیسی CGO یک آلیاژ آهن- سیلیسیوم با حدود ۳٪ سیلیکون می باشد. این مقدار سیلیکون هدایت الکتریکی هسته را کاهش داده و باعث می شود تلفات جریان گردابی کاهش یابد.

فرایند نورد سرد با تبلور مجدد فولاد، باعث بوجود آمدن فولادی با یکنواختی بسیار زیاد (anisotropic) می شود. این فرایند با موازی کردن ذرات در جهت نورد سرد، مغناطیس شوندگی فولاد را سهل تر می سازد.

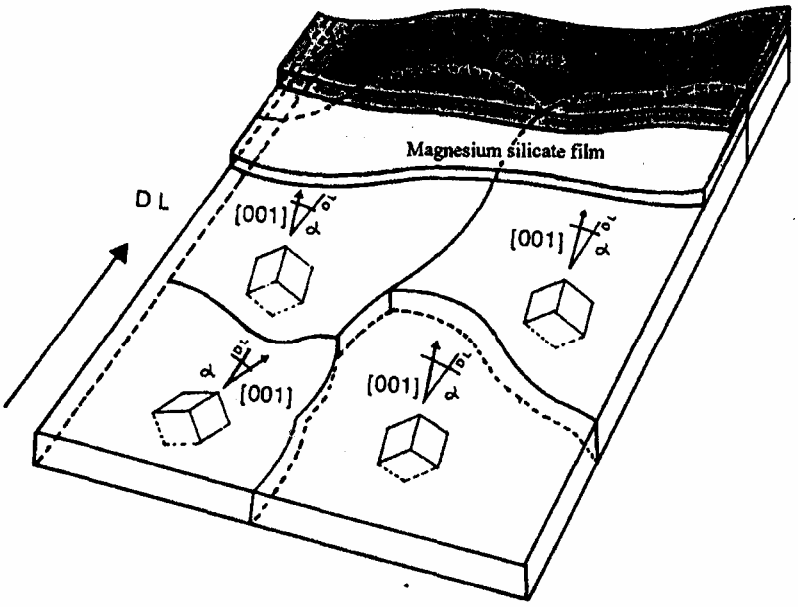
شکل (۱۶) همراستایی ذرات با جهت نورد و شکل (۱۷) تأثیریکنواختی را روی خواص مغناطیسی فولاد نشان می دهد.

صفحات فولادی که در ساخت هسته از آن استفاده می شود در دو انتها توسط دو نوع پوشش عایق شده است. یکی لایه سیلیکات منیزیم است که در طول فرایند خنک سازی شکل گرفته و برای هسته های پیچ خورده[1] کافی می باشد. دیگری لایه فسفات است که CARLITE نیزنامیده می شود و برای هسته های لایه ایی[2] ضروری است.

1- wound core
2- Stacked

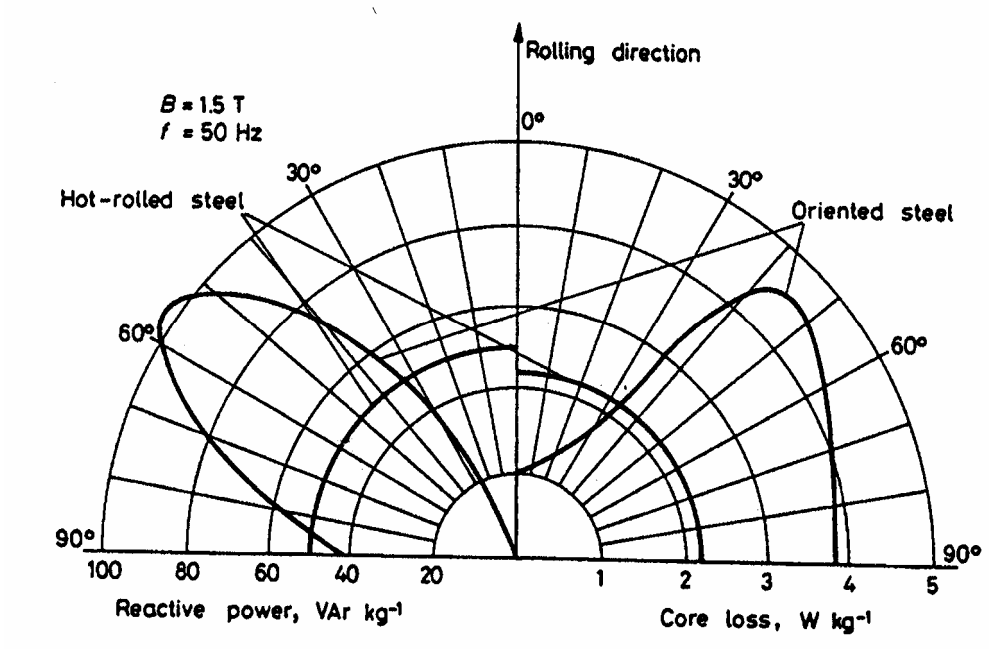


شکل (۱۵)



α : angle between grain direction [001] and RD rolling direction

شکل (۱۶)

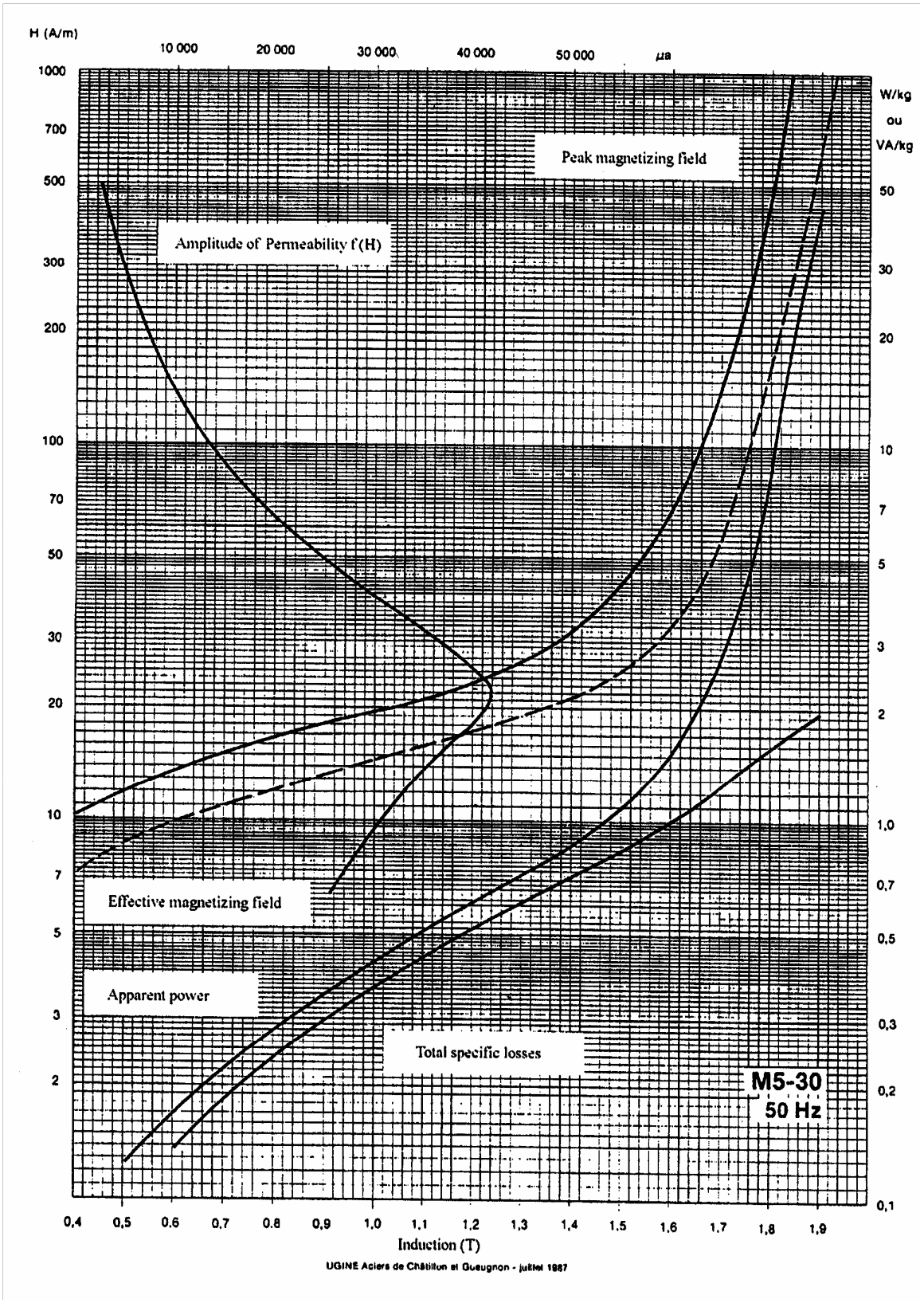


شکل (۱۷)

۲-۲- مشخصات فولاد مغناطیسی CGO

در فولادCGO زاویه انحراف متوسط دانه های مغناطیسی از جهت ایده آل (یعنی α)، در حدود ۶ تا ۷ درجه و قطر متوسط این دانه های مغناطیسی در حدود ۲ تا ۳ میلیمتر می باشد. این مشخصات در میزان تلفات فوکوی هسته اهمیت بسیار زیادی دارد چون دانه های کوچکتر باعث ایجاد تلفات کمتر می شود.

به عنوان نمونه مشخصه های فولاد M5X-0.30 در شکل (۱۸) نشان داده شده است. در جدول (۳) نیز مشخصات چند نوع فولاد جهت مقایسه آورده شده است.


H (A/m)
10 000
20 000
30 000
40 000
50 000
μa
1000
700
500
300
200
100
70
50
30
20
10
7
5
3
2
W/kg
ou
VA/kg
50
30
20
10
7
5
3
2
1,0
0,7
0,5
0,3
0,2
0,1
Peak magnetizing field
Amplitude of Permeability f'(H)
Effective magnetizing field
Apparent power
Total specific losses
M5-30
50 Hz
0,4
0,5
0,6
0,7
0,8
0,9
1,0
1,1
1,2
1,3
1,4
1,5
1,6
1,7
1,8
1,9
Induction (T)
UGINE Aciers de Châtillon et Gueugnon - juillet 1987

شکل (۱۸)

جدول (۳)

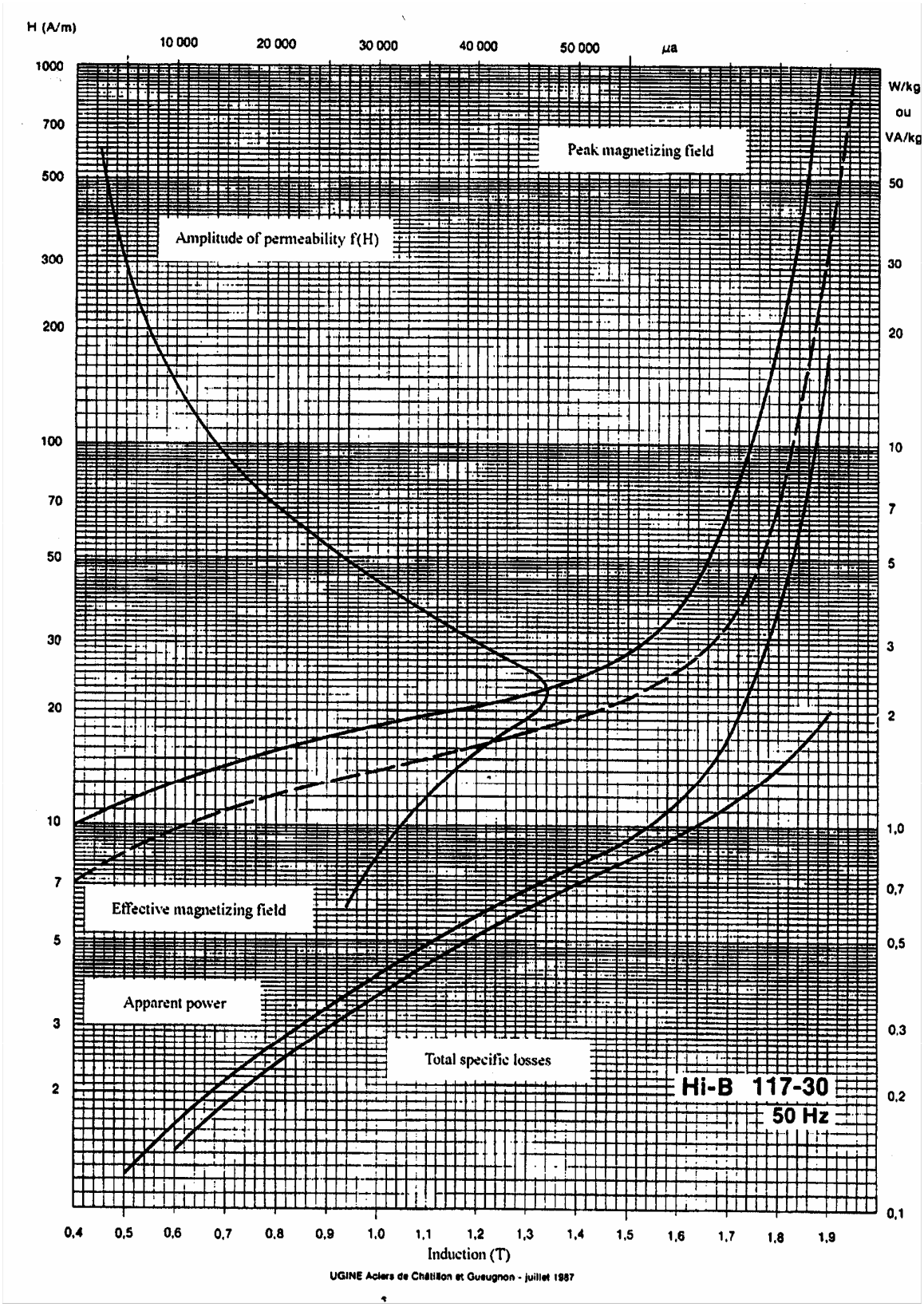
نوع	ضخامت برحسب میلیمتر	ماکزیمم تلفات کل برحسب W/KG		ماکزیمم چگالی شار مغناطیسی برای H=800A/M بر حسب T	ماکزیمم ضریب رج بندی
		1.7T	1.5T		
080-23-N5	0.23	-	0.80	1.75	0.945
089-27-N5	0.27	1.40	0.89	1.75	0.950
097-30-N5	0.30	1.50	0.97	1.75	0.955
111-35-N5	0.35	1.65	1.11	1.75	0.960

۲-۳- مشخصات فولادمغناطیسی CGO با گذردهی مغناطیسی افزایش یافته (HIB)

در این نوع فولاد زاویه انحراف متوسط(α) بین دانه های مغناطیسی و جهت ایده آل در حدود۳ درجه وقطرمتوسط دانه های مغناطیسی درحدود۱۵ تا۲۰ میلیمتر می باشد. فولاد HIB دارای پوشش مخصوصی است که باعث ایجادیک فشارسطحی درحدود۳ تا ۵ نیوتن بر میلیمتر مربع در جهت نورد می شود. این فشار تأثیر بسزایی در تلفات هسته و تغییر شکل مغناطیسی آن دارد.کاهش تغییر شکل مغناطیسی باعث کاهش سطح توان صوتی در حدود db(A)٤تا ۲ می شود.

دانه های مغناطیسی با اندازه بزرگترنیزباعث ایجاد مقدار زیادی تلفات غیرعادی میشود. باایجاد فشارهای سطحی محلی، عمود بر جهت نورد فولاد توسط لیزر، پلاسما یا فرایند شیمیایی می توان تلفات را از ۵٪ تا ۱۰٪ نسبت به HIB معمولی کاهش داد. با این وجود بعد از این پروسه جریان بی باری به دلیل کاهش پرمابیلیتی فولاد افزایش می یابد.

مشخصه های چند نوع فولادHIB به عنوان نمونه درجدول (٤) خلاصه شده است که منحنی های مربوط به فولاد MZH-0.30 در شکل (۱۹) نشان داده شده است.


H (A/m)
10 000
20 000
30 000
40 000
50 000
μa
1000
700
500
300
200
100
70
50
30
20
10
7
5
3
2
W/kg
ou
VA/kg
50
30
20
10
7
5
3
2
1,0
0,7
0,5
0,3
0,2
0,1
Peak magnetizing field
Amplitude of permeability f(H)
Effective magnetizing field
Apparent power
Total specific losses
Hi-B 117-30
50 Hz
0,4
0,5
0,6
0,7
0,8
0,9
1,0
1,1
1,2
1,3
1,4
1,5
1,6
1,7
1,8
1,9
Induction (T)
UGINE Aciers de Châtillon et Gueugnon - juillet 1987

شکل (۱۹)

جدول (٤)

نوع	ضخامت برحسب میلیمتر	ماکزیمم تلفات کل برحسب W/KG در چگالی شار 1.7T	ماکزیمم چگالی شار مغناطیسی برای H=800A/M بر حسب T	ماکزیمم ضریب رج بندی
103-27-P5	0.27	1.03	1.85	0.950
105-30-P5	0.30	1.05	1.85	0.955
111-30-P5	0.30	1.11	1.85	0.955
117-30-P5	0.30	1.17	1.85	0.955
125-35-P5	0.35	1.25	1.85	0.960
135-35-P5	0.35	1.35	1.85	0.960

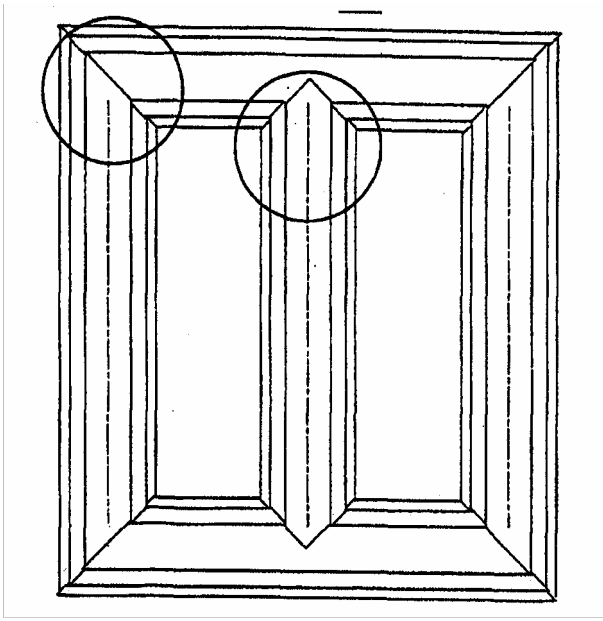
۲-۴- تکنیک های رج بندی هسته[1]

در یک ترانسفورماتور اثرات مرزی در محل اتصال ستونها به هسته که در شکل (۲۰) نشان داده شده است باید از نقطه نظر تلفات مورد توجه و بررسی قرارگیرد. تلفات بی باری و جریان بی باری در ترانس را نمی توان مستقیماً از مشخصه هایی که سازنده فولاد مغناطیسی اندازه گیری می کند به دست آورد.

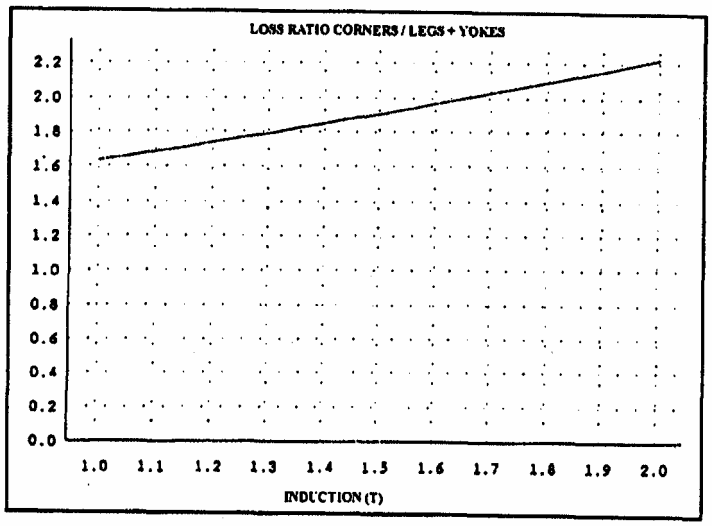
شکل (۲۱) نسبت تلفات تولید شده در نواحی اتصال (نواحی گذار شکل ۲۰) به تلفات تولید شده در ستونها و یوغ را در هسته M5X برای الگوی رج بندی تک پله ای[2] برحسب وات بر کیلوگرم نشان می دهد.

1 -Core Stacking Technigues

2- Single Step – Lap Stacking



شکل(۲۰)

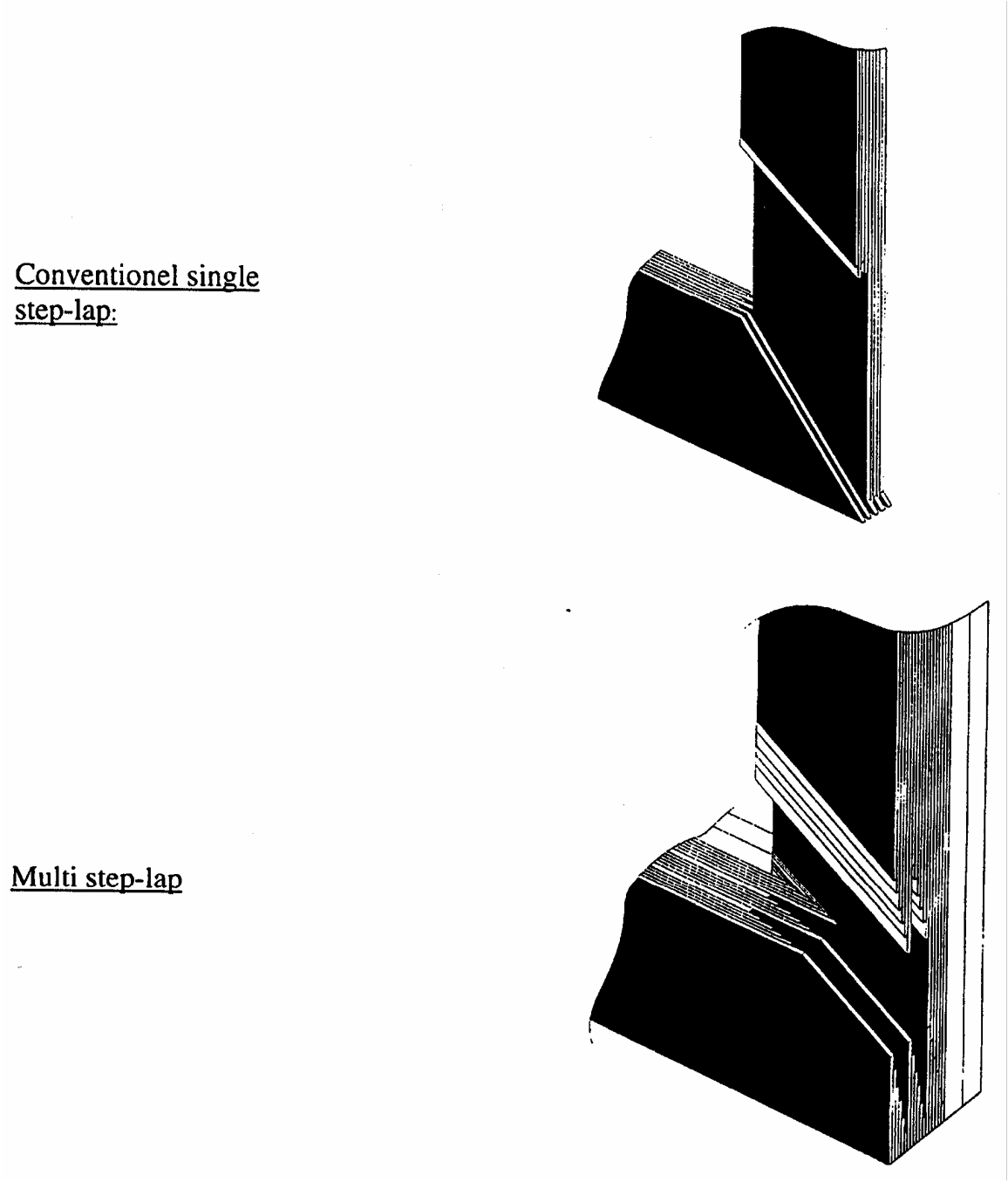


شکل (۲۱)

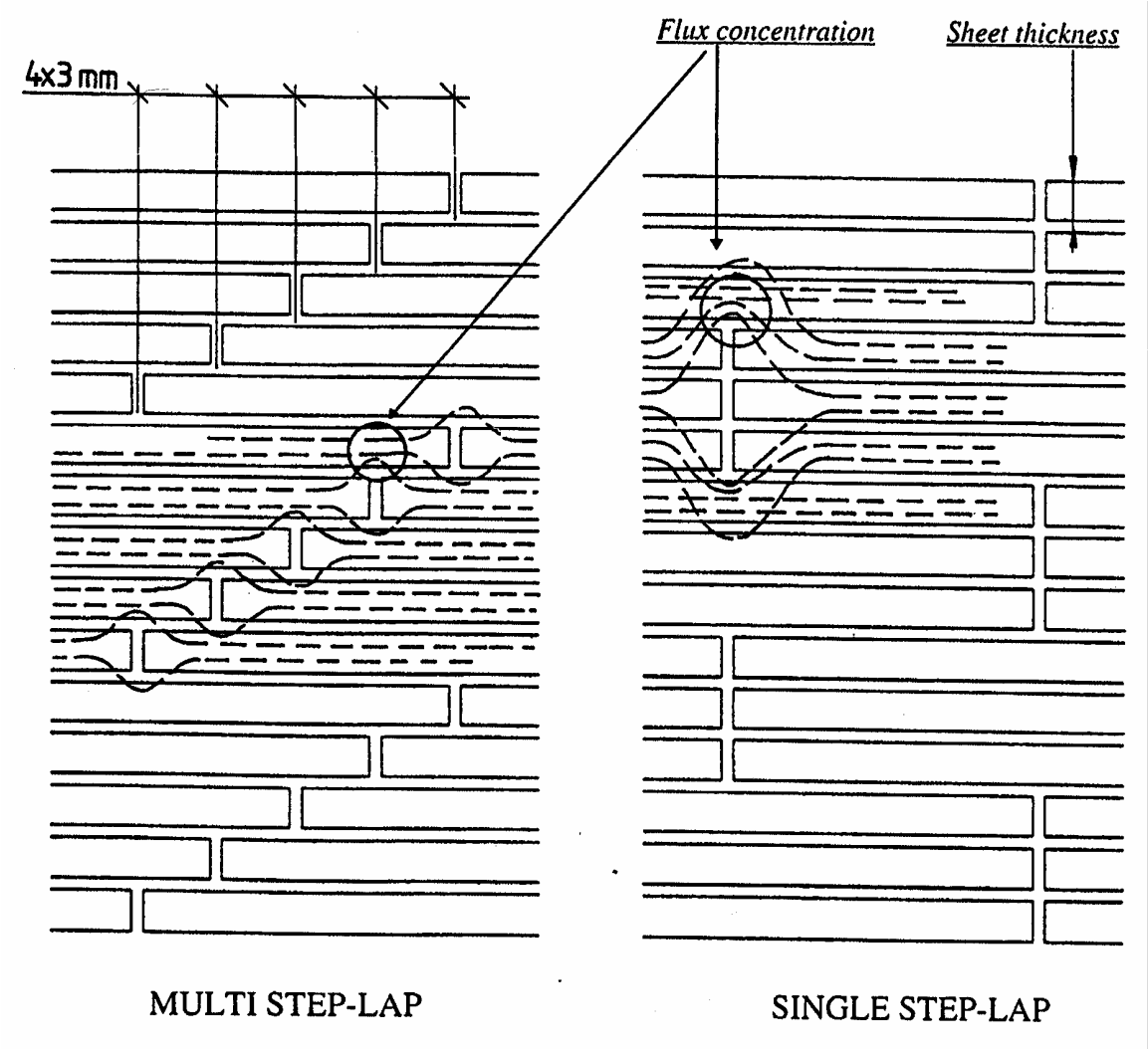
عبورشار درمحل اتصال ستونها ویوغ را می توان با استفاده ازتکنیک رج بندی چند پله ای[1] مطابق شکل (۲۲) تسهیل بخشید. این تکنیک که توسط ماشینهای اتوماتیک انجام می شود تأثیر مطلوبی نیز بر روی صدای تولید شده توسط ترانسفورماتوردارد. در چگالی شارهای ۱/۵ و ۱/۷ تسلا می توان با این تکنیک یک کاهش(dB(A ۵ در سطح توان صوتی ایجاد نمود.

تکنیک رج بندی چند پله ای که در شکل (۲۳) نشان داده شده است تأثیر مطلوب این تکنیک را روی عبور شار مغناطیسی در محل اتصال پایه ها به یوغ نشان می دهد.

1- Multi step – lap stacking



شکل (۲۲)



شکل (۲۳)

۲-۵- ترانسفورماتور های با هسته فولاد بی شکل[1]

راندمان ترانسفورماتور های مدرن نوعاً به 99.8% نیز می رسد ولی با این وجود در یک سیستم توزیع گسترده، توانی که در تمام ترانسفورماتورهای سیستم تلف می شود غیر قابل چشم پوشی است. یکی از انواع این تلفات ، تلفات بی باری است که مستقل از بار است.

پیشرفتهایی که از سال ۱۹۵۰ تاکنون در ساخت فولاد CGO بوجود آمده است (یعنی HIB لیزری → CGO → HIB) منجر به کاهش پیوسته تلفات بی باری شده است.

1- Amorphous Steel

در سالهای اخیر فولاد مغناطیسی بی شکل به فرمی که در مدار مغناطیسی ترانسفورماتور به کار رود به وفور در دسترس قرار گرفته است. استفاده از این نوع فولاد، تلفات بی باری ترانسفورماتور را به اندازه ۳۰٪ از مقدار معمول خود کاهش داده است.

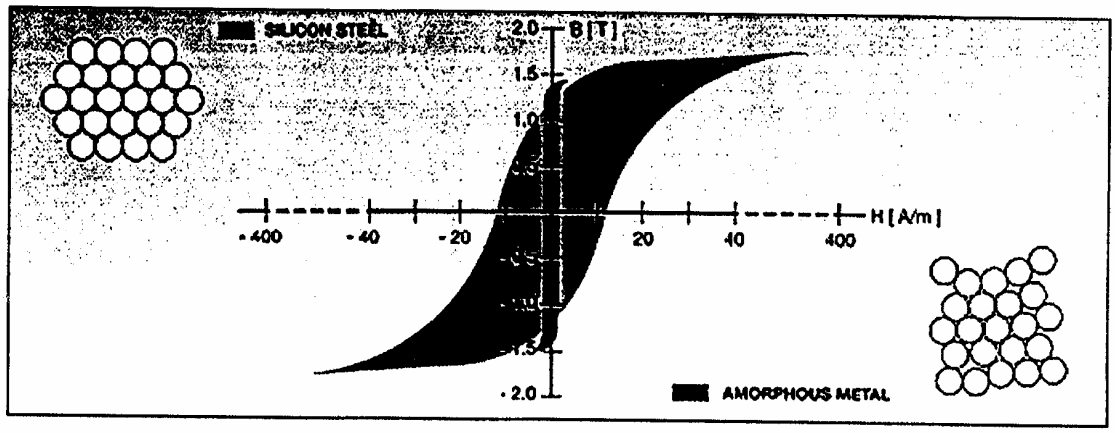
مشکل اصلی که در طراحی ترانسفورماتور هایی با هسته فولاد بی شکل وجود دارد تحمل در برابر اتصال کوتاه است که باید تحت یک آزمایش اتصال کوتاه ویژه اثبات شود.

۲-۶- ساختار و ترکیب فولاد مغناطیسی بی شکل

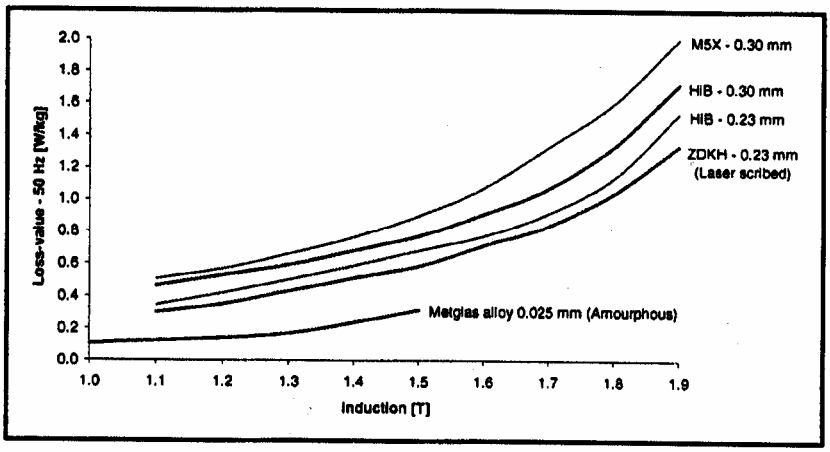
فلزات بی شکل آلیاژهایی باساختارغیرکریستالی هستند.این ساختارباعث ایجادیک مجموعه خواص فیزیکی ویژه می شود که یکی از آنها مشخصه های مغناطیس کنندگی این فلزات است. همانطورکه قبلاً ذکر شد فولاد مغناطیسی معمولی که در هسته ترانسفورماتور مورد استفاده قرار می گیرد، عمدتاً از آهن و حدود ۳٪ سیلیکون تشکیل شده است در حالیکه ترکیب فولاد بی شکل به صورت ۷۸٪ آهن ، ۱۳٪برم و ۹٪ سیلیکون است.

شکل(۲٤) فرم منحنی های هیسترزیس دونوع فولادمغناطیسی بی شکل ونوردسرد معمولی را نشان می دهد. همانطور که در این شکل نشان داده شده است منحنی هیسترزیس فولاد بی شکل کوچکتر از منحنی فولاد نورد سرد معمولی است. بنابراین تلفات هیسترزیس فولاد بی شکل از نورد سرد کمتر است.

در شکل (۲۵) تلفات فولاد مغناطیسی معمولی با فولاد بی شکل مقایسه شده است.



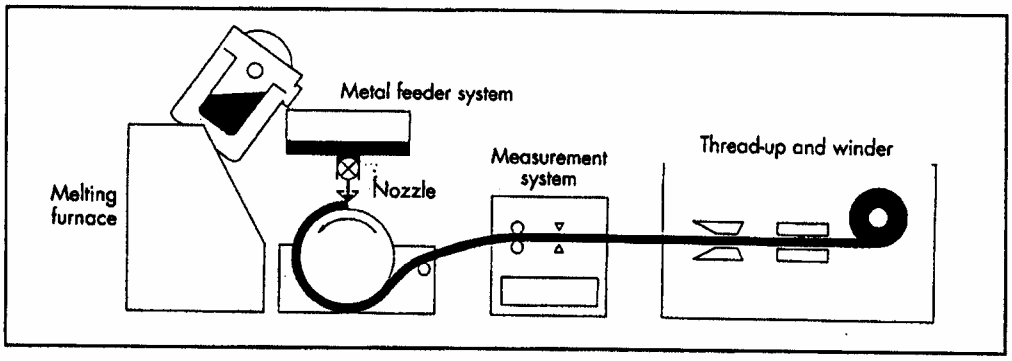
شکل (۲٤)



شکل (۲۵)

۲-۷- تولید فلزات بی شکل

فلزات بی شکل با جامد کردن یک آلیاژ مخصوص در سرعت خنک کردن بسیار زیاد $10^6 K/Sec$ساخته می شوند. با اسپری کردن یک ماده مایع بر روی یک سیلندر خنک شده که با سرعت زیاد می چرخد یک لایه فلزی با ضخامت ۲۵ تا ۳۰ میکرون و پهنای حدود ۲۲۰ mm ایجاد می شود. این فرایند در شکل (۲۶) نشان داده شده است.



شکل (۲۶)

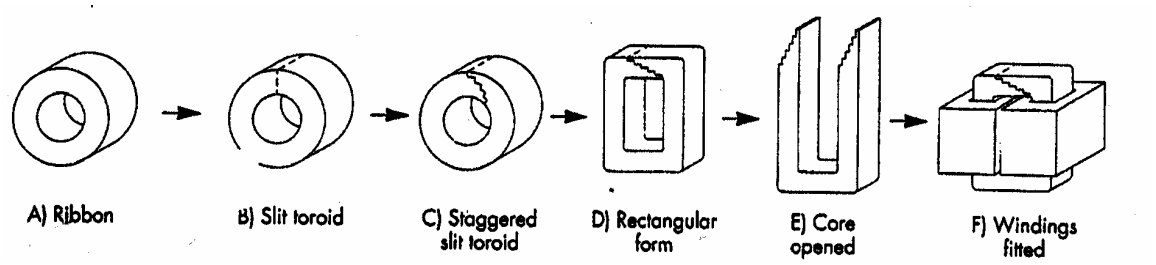
۲-۸- تولید هسته هایی با جنس فولاد بی شکل

لایه های فولاد بی شکل معمولاً بسیار نازک و شکننده بوده و نمی توان آن را مستقیماً در هسته ترانسفورماتوربه کار برد. تلاشهایی که تاکنون برای تولید ورقه هایی باضخامت مناسب انجام شده است از نقطه نظر فنی یا اقتصادی موفقیت آمیز نبوده است.

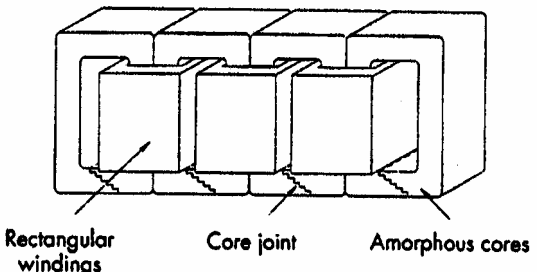
شکل (۲۷) مراحل مختلف ساخت این نوع هسته ها را نشان می دهد. در ابتدا هسته ها به فرم استوانه ای ساخته می شد ولی در حال حاضر هسته ها به شکل مستطیلی ساخته می شود. به منظور جلوگیری از فشارهای مکانیکی که باعث افزایش تلفات مغناطیسی می شود فرایند خنک کردن باید در جو نیتروژنی با دمای ۳۹۰ درجه سانتیگراد و در حضور یک میدان مغناطیسی DC

صورت گیرد این مغناطیس کنندگی باعث ایجاد هم راستایی درساختار مغناطیسی هسته می شود. در مرحله بعدی هسته باز شده و سیم پیچ ها نصب می شود و پس از آن مدار مغناطیسی دوباره بسته می شود.

در شکل (۲۸) هسته ترانسفورماتور ۳ فازی که از چهار هسته تکفاز تشکیل شده است نشان داده شده است.



شکل (۲۷)



شکل (۲۸)

هسته فولاد مغناطیسی بی شکل دارای مقدارچگالی شار اشباعی در حدود1.6Tمی باشد که بسیار کمتر از مقدار چگالی شار اشباع2.05Tمربوط به فولاد مغناطیسی آهن - سیلیسیوم می باشد. این رخداد عمدتاً ناشی از میزان در صد کم آهن در آلیاژ است.

فشارهای پرس بر روی تلفات فلزات بی شکل تأثیرگذاراست. این بدان معناست که این نوع هسته را نمی توان به عنوان نگهدارنده شعاعی برای سیم پیچهای فشار ضعیف در ترانسفورماتور های معمولی بکار برد. طراحی یک نگهدارنده مستقل برای سیم پیچها به دلیل مستطیلی بودن سیم پیچها بسیار مشکل می باشد. سیم پیچ های گرد معمولی را می توان هنگامیکه در معرض نیروهای اتصال کوتاه شعاعی قرار می گیرد به عنوان یک Vacum vessel استوانه ای در نظر گرفت. این نوع سیم پیچها به خاطر شکل استوانه ای آنها بخش عمده ای از نیروی شعاعی را متحمل می شوند. البته سیم پیچ فشار قوی نیز باید به طور مکانیکی نگهداشته شود.

تنها مزیت استفاده از ترانسفورماتور هایی با هسته بی شکل آن است که تلفات بی باری در این نوع ترانسفورماتور ها بسیار پایین است.

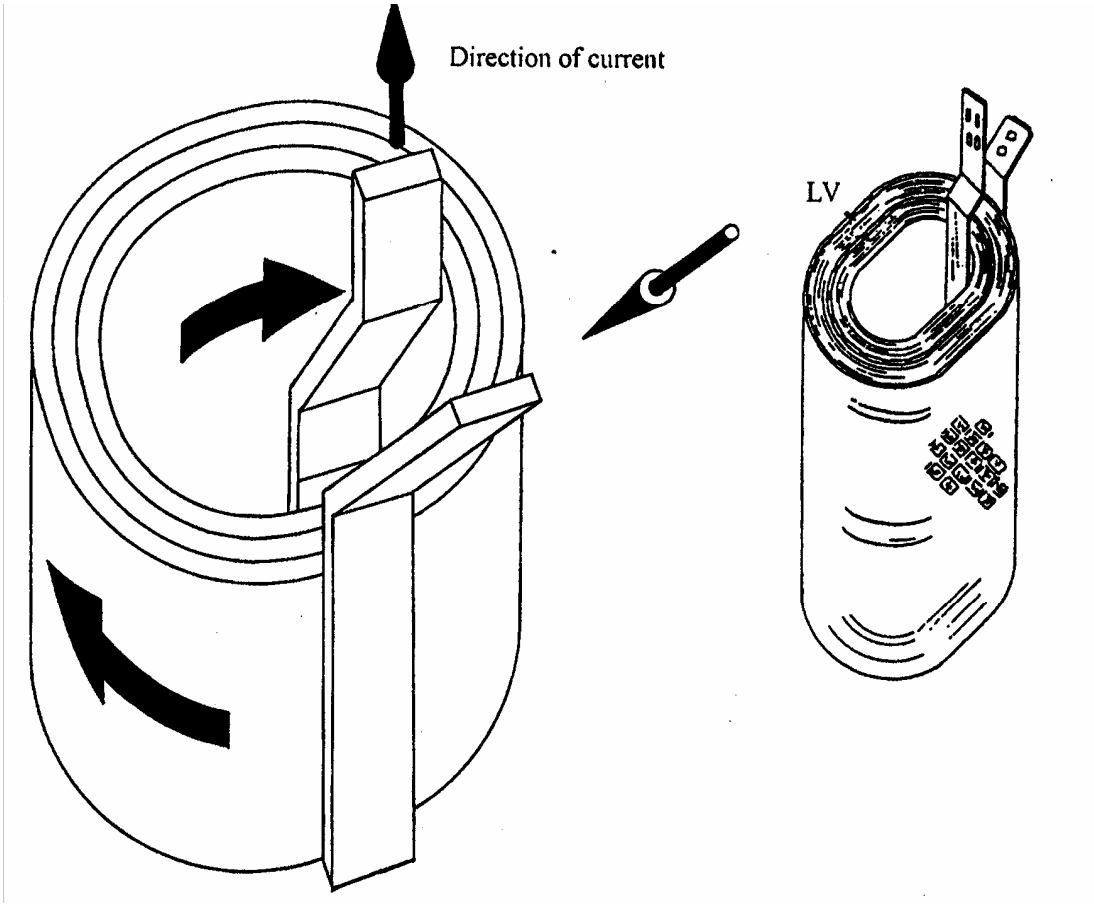
۲-۹- سیم پیچ ها

۲-۹-۱- انواع سیم پیچ

ولتاژهای خطی در ترانسفورماتور های توزیع برای طرف اولیه۱۰تا۳۶ کیلوولت و برای طرف ثانویه۲۳۱ تا ٤۳۳ ولت می باشد. این نسبت ولتاژ بالا نشان از تعداد دور کم سیم پیچ فشار ضعیف و وجود جریانهای نسبتاً بزرگ در این سیم پیچ دارد. این امر مستلزم استفاده از ورقه بعنوان هادی در سیم پیچهای فشار ضعیف است. شکل(۲۹) طرح اصلی یک سیم پیچ ورقه ای را نشان می دهد.

سیم پیچ ورقه ای با یک کاغذ پایدار شده حرارتی عایقکاری شده است. این کار باعث اصلاح مقاومت اتصال کوتاه آن می شود.

فاصله هوایی اصلی و سیم پیچ فشار قوی لایه ای، مستقیماً بر روی سیم پیچ فشار ضعیف پیچیده شده اند. هادی فشار قوی، لعاب دار یا با پوشش کاغذی می باشد و عایقهای درون لایه ای از ورقه های سلولزی با الگوهای لوزی و تثبیت شده حرارتی ساخته شده است.



شکل (۲۹)

درشکل(۳۰) قسمتهای مختلف سیم پیچ لایه ای نشان داده شده است. این قسمتها عبارتند از :

۱- هسته

۲- سیم پیچ ورقه ای فشار ضعیف

۳- سیم پیچ لایه ای فشار قوی

٤- پشتیبانهای بین LV و هسته

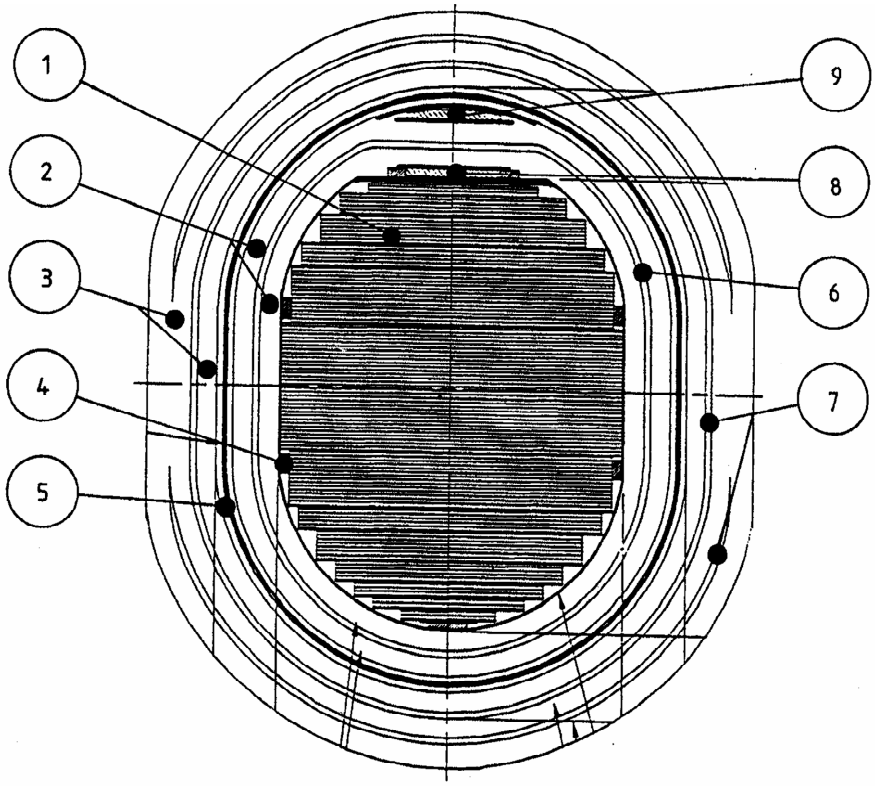
۵- فاصله هوایی اصلی بین HV-LV

۶- کانال خنک کننده در LV

۷- کانال خنک کننده در HV

۸- اتصال ستاره LV (نول)

۹- اتصال خط LV (فاز)



شکل (۳۰) نمای بالایی یک فاز از یک ترانسفورماتور توزیع روغنی

شکل(۳۱) برشی طولی از سیم پیچ یک ترانسفورماتور توزیع روغنی را نشان می دهد.

در این شکل اجزای زیر قابل تشخیص است :

۱-انتهای عایقی سیم پیچ فشار ضعیف

۲-انتهای عایقی سیم پیچ فشار قوی

۳-فاصله هوایی اصلی

٤-سیم پیچ فشار ضعیف ورقه ای

٥- سیم پیچ فشار قوی لایه ای

٦- عایقکاری لایه سیم پیچ فشار ضعیف

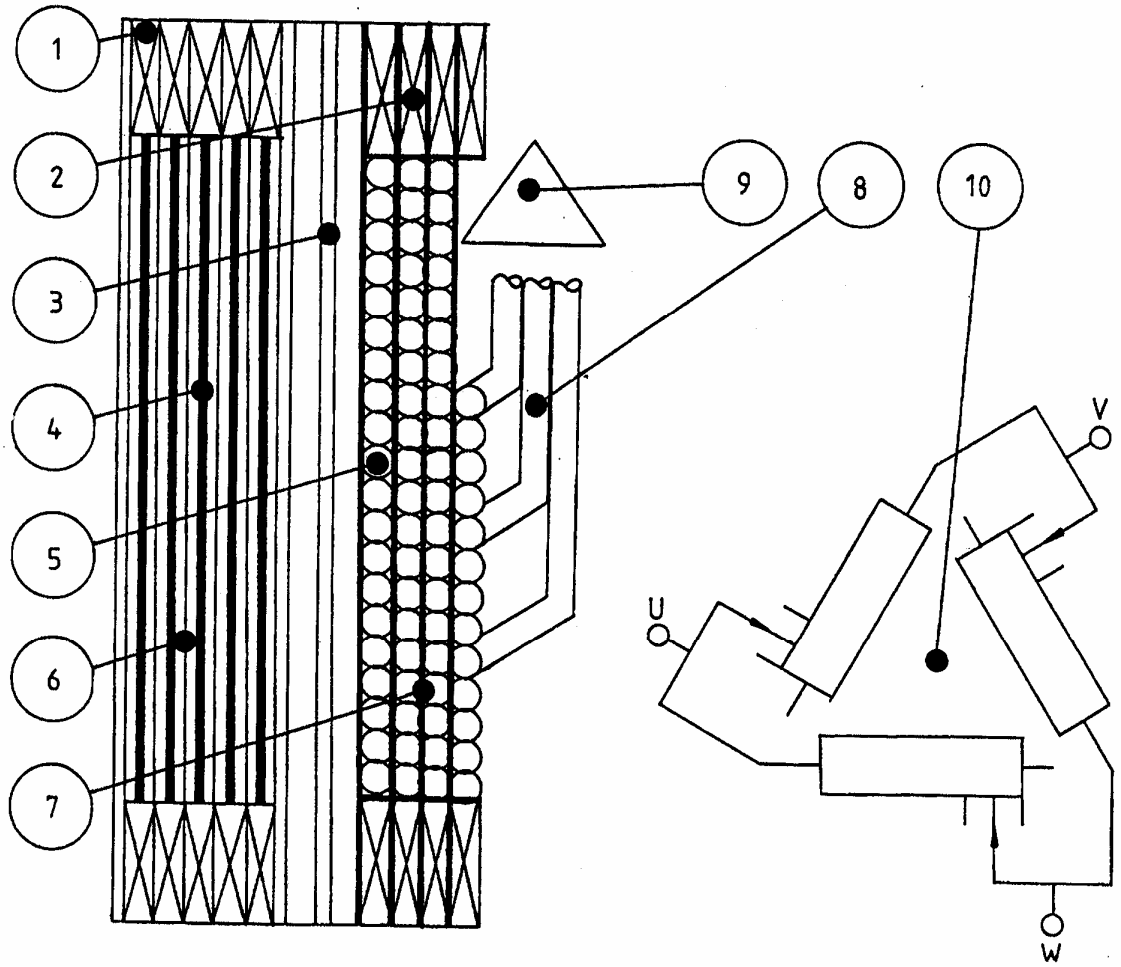
٧- عایق کاری لایه ای سیم پیچ فشار قوی

٨- تپ های سیم پیچ فشار قوی

٩- تپ چنجر

١٠- اتصال مثلث سیم پیچ فشار قوی (دلتا)

لازم به ذکر است که پله های تنظیم در این شکل بصورت نا متقارن قطع (switch off) می شوند. این کار تنها در موردی مجاز است که حداقل یکی از سیم پیچ ها با ورقه پیچیده شده باشد، در غیر این صورت این نوع رگولاسیون موجب پدید آمدن نیروهای محوری زیاد و غیر قابل قبول در سیم پیچهای فشار قوی و ضعیف خواهد شد.



شکل (٣١) برش طولی سیم پیچ های یک ترانسفورماتور توزیع روغنی

۲-۱۰- جنس سیم پیچ

سیم پیچ های ترانسفورماتور ازآلومینیوم الکتروتکنیک خالص(E-ALF7) یامس الکتروتکنیک خالص(E-CUF20) ساخته می شوند. انتخاب جنس سیم پیچ معمولاً به بهینه سازی اقتصادی و تکنیکی طراحی ترانسفورماتور بستگی دارد. برنامه های رایانه ای بهینه سازی، بطور خودکار بهترین مجموعه پارامترهای طراحی را که در جدول (۵) درج شده است برای رسیدن به ترانسفورماتوری که تمامی الزامات تکنیکی را با حداقل هزینه ارضاءِ نماید، انتخاب می کند.

جدول (۵)

پارامترهای طراحی ترانسفورماتور	مشخصه های ترانسفورماتور
جنس سیم پیچ	حرارت حاصل از سیم پیچ ها و روغن
جنس هسته	تلفات بی بار
چگالی های جریان	امپدانس اتصال کوتاه
چگالی شار هسته	جریان بدون بار
فاصله هوایی	سطح نویز
طول سیم پیچ	ابعاد
تعداد دورها	تحمل اتصال کوتاه مکانیکی
	تحمل اتصال کوتاه حرارتی

انتخاب جنس برای مدار مغناطیسی و سیم پیچ ها، تنها یکی از پارامترهای طراحی محسوب می گردد. بر اساس هزینه های امروزی ، آلومینیوم بهترین گزینه برای جنس سیم پیچ در ترانسفورماتور های توزیع بالای 230 KVAمحسوب می گردد. در جدول (۶) ویژگیهای مس و آلومینیم آمده است.

نتیجه گیری کلی در مورد تأثیر این اختلاف ویژگیها برروی طراحی نهایی ترانسفورماتور، بسیار دشوار است.ولی به طور کلی می توان گفت، استفاده از آلومینیوم نتایج زیر را در پی دارد:

- سیم پیچ های سبک تر ولی حجیم تر
- هسته بزرگتر
- ترانسفورماتور بزرگتر

جدول (٦) مقایسه خواص اصلی مس و آلومینیوم

نوع	ویژگی	واحد و نماد	CU	AL
الکتریکی	رسانس الکتریکی در ۲۰ درجه	$\lambda;\quad m/\Omega\quad mm^2$	57	35.4
حرارتی	نقطه ذوب	$^{\circ}C$	1083	658
	دمای ویژه	$c;\quad W\,s/kg^{\circ}C$	385	920
مکانیکی	جرم معین	$\rho;\quad kg/dm^3$	8.9	2.7
	قدرت کشش	N/mm^2	240	100
	0.2حدالاستیک	N/mm^2	60a80	20a40

جدول (۷) چگالی جریان مجاز هر دو جنس هادی و نسبت بین آنها را برای یک زمان قطع اتصال کوتاه ۲ ثانیه ای (tcc) و کلاس حرارتی A نشان می دهد. در این جدول uc همان امپدانس اتصال کوتاه ترانسفورماتور می باشد. این مقادیر بر اساس مشخصه های IEC-76-5 محاسبه شده اند. ثابت مقایسه بین دو ماده در این جدول ،نسبت ماکزیمم چگالی جریان هر دو ماده با توجه به تحمل اتصال کوتاه حرارتی می باشد.

همچنین پارامترهای حرارتی کلاسهای A وB و F بر اساس استانداردهای IEC-726و IEC76-3 در جدول (۸) ارائه گردیده است. پارامترAکلاس حرارتی ترانسفورماتورهای توزیع روغنی وFکلاس حرارتی ترانسفورماتورهای توزیع با قالب رزینی می باشد.

در این جدول ΔT برابر است با متوسط دمای حاصل از سیم پیچ در مقادیر نامی و TK برابر است با متوسط دمای مجاز سیم پیچ قبل از قطع اتصال کوتاه در زمان tcc.

جدول (۷)

UC(٪)	AL (A/MM²)	CU (A/MM²)	**نسبت** AL/CU
4	2.1	3.7	0.568
6	3.1	5.6	0.554

جدول (۸) تعریف کلاسهای حرارتی

کلاس حرارتی	ΔT	T_k at tcc	
		Cu	AL
A	60k	250˚C	200˚C
B	80k	350˚C	200˚C
F	100k	350˚C	200˚C

پرسشهای فصل دوم :

۱- نورد سرد در فولاد چه مزایایی دارد؟

۲- فولاد مغناطیسی با گذر دهی مغناطیسی افزایش یافته چه نوع فولادی است؟

۳- انواع رج بندی در هسته را توضیح دهید.

٤- ترکیب فولاد مغناطیسی بی شکل چگونه است؟

۵- استفاده از آلومینیوم به جای مس در سیم پیچ ترانس چه مزایایی دارد؟

فصل سوم

روغن ترانسفورماتور

اهداف آموزشی فصل سوم:

۱- آشنایی با روغن ترانسفورماتور و خواص و ویژگیهای آن

۲- آشنایی با معیار $\tan\delta$

۳- آشنایی با مفهوم اندیس پلاریزاسیون .

٤- آشنایی با معیارهای خنثی بودن روغن.

۵- شناخت دلایل تخریب روغن

۶- آشنایی با انواع تستهایی که بر روی روغن انجام می گیرد.

۳-۱- مقدمه

روغن ترانس معمولاً بعنوان عایق و واسطه خنک کننده سیم پیچ ترانس مورد استفاده قرار می گیرد. در کلید های فشار قوی نیز روغن به همین منظور استفاده می شود. از آنجاییکه کلید های فشارقوی وترانس ها ازمهمترین سیستم های مورداستفاده در صنایع هستند، نحوه نگهداری از روغن وآگاهی نسبت به وضعیت آن از اهمیت خاصی برخوردار است.

مطابق استاندارد، روغن بایستی از جنس هیدروکربن خالص معدنی باشد که معمولاً از پالایش مناسب نفت خام بدست می آید. روغن ترانس بایستی تمیز ،شفاف وبه اندازه کافی عاری از رطوبت وذرات معلق باشد.

یکی از مزایای عمده روغن ترانس این است که پس از شکست الکتریکی در اثر ایجاد جریان، خاصیت خود ترمیمی داشته ومی تواند شرایط عایقی خود را حفظ نماید. البته این خاصیت محدود بوده وبستگی به میزان انرژی حاصل از Arc دارد بطوریکه اگراین انرژی زیاد باشد حرارت روغن بالا رفته وگاهاً ایجاد شعله وحتی انفجار می نماید. در کلید های فشار قوی در صورت عدم وجود برنامه نگهداری مؤثر ، این امر بسیار محتمل است.

۳-۲- مشخصات روغن ترانسفورماتور

مطابق استاندارد ، ویژگیهای اصلی روغن ترانسفورماتور باید بصورت زیر باشد:

۱-روغن باید تمیز ،شفاف وعاری از ذرات معلق باشد.

۲- دانسیته روغن در حرارت $27^{\circ}C$ بایستی $0.89g/cm^3$ باشد.

۳-نقطه اشتعال روغن بایستی حداقل $140^{\circ}C$ باشد.

٤-نقطه انجماد روغن بایستی حداکثر $-10^{\circ}C$ باشد.

۵-خاصیت اسیدی روغن نباید از میزان $0.03mgKOH/g$ تجاوز نماید.

۶-ولتاژشکست الکتریکی برای روغن تازه و قبل از تصفیه $30KV$ وبرای روغن تصفیه شده $60KV$ می باشد.

۷-تانژانت دلتا یا ضریب تلفات در حرارت $90°C$ بایستی حداکثر 0.005 باشد.

۸-میزان رطوبت مجاز حداکثر $50ppm$ می باشد.

با استفاده ازموارد ذکر شده می توان گفت روغن مناسب، باید دارای ویسکوزیته پایین (رقیق)، نقطه انجماد پایین،میزان رطوبت بسیار پایین ،اسیدیته بسیار پایین ،ضریب تلفات پایین ، مقاومت مخصوص بالا ونقطه اشتعال بالا باشد.

نقطه اشتعال ازاین جهت بایستی بالا باشد که روغن در نقطه اشتعال پایین، سریعتر تبخیر می شود و ممکن است با هوای موجود در بالای تانک، یک ترکیب قابل انفجار بوجود آورد. روغن ترانس باید از نظر شیمیایی پایدار بوده وروی عایق های جامد مورد استفاده وهمچنین رنگ وبدنه ترانسفورماتور تأثیرگذار نباشد. ضمناً از آنجاییکه وجود رطوبت در روغن ترانس باعث پایین آمدن استقامت الکتریکی آن می گردد، این ماده بایستی عاری از هر گونه رطوبت چه بصورت محلول و چه بصورت قطرات معلق در روغن باشد.

ترانس های جدید در شرایط متعارف می توانند سالها بدون اشکال کار کنند ولی شرایط دشوار کاری مانند تنش های حرارتی ،فشارهای الکتریکی وتغییرات نامتعارف بار ترانس، افت تدریجی کیفیت ترانس را اجتناب ناپذیرمی سازد. تداوم تثبیت خواص روغن مستلزم بررسی وتست های منظم روغن می باشد. علاوه بر بازدید های منظم روغن ترانس، اندازه گیری دقیق پارامتر های مختلف فیزیکی، شیمیایی والکتریکی عایقهای جامدومایع مورد استفاده در ترانس، یک امر ضروری است. این تستها می تواند مسئولین بخش نگهداری را جهت انجام کارهای ترمیمی قبل از خرابی های عمده وغیر قابل برگشت که منجر به از کار افتادن ترانس می شوند ،یاری نماید.

۳-۳- ضریب تلفات

ضریب تلفات یا تانژانت دلتا که به آن ضریب افت عایقی نیزگفته می شود ،معیاری است برای تلفات الکتریکیDC,AC هر عایق که در صورت پایین بودن مقدار آن، شکست حرارتی در عایق اتفاق نمی افتد. اندازه گیری ضریب تلفات نیاز به تجهیزات آزمایشگاهی بسیار دقیق دارد.

۳-۴- اندیس پولاریز اسیون

برای حصول اطمینان ازخوب بودن وضعیت روغن،می توان تست های لازم برای اندیس پولاریزاسیون را نیز به عمل آورد. اندیس پولاریزاسیون عبارتست از نسبت مقاومت 10دقیقه به مقاومت 1دقیقه عایق ،به اینصورت که اگر این نسبت 1.5یا بیشتر باشد نشان دهنده وضعیت خوب وشرایط سالم وقابل اعتماد روغن می باشد.

۳-۵- معیار خنثی بودن روغن

معیار خنثی بودن روغن عبارتست از اندازه گیری میزان اسید های آلی یا غیر آلی موجود در روغن که بصورت مقدار میلیگرم KOH مورد نیاز جهت خنثی کردن کل اسید های موجود در یک گرم روغن بیان می گردد. این نشان دهنده مقدار اکسیداسیونی است که به وقوع پیوسته است. این تست می تواند در آزمایشگاه ویا در صورت در دسترس بودن تست کیت مورد نیاز، در محل انجام گردد.

۳-۶- مقاومت عایقی

تست های انجام شده روی روغن تنها نشان دهنده کیفیت روغن ترانس است وکیفیت عایق جامد را بررسی نمی کند. از اینرو برای محاسبه وضعیت الکتریکی کل عایق ترانس، لازم است مقاومت عایقی آن بصورت پریودیک اندازه گیری شود. برای اینکار بهتر است از میگر $1KV$ استفاده شود. در هنگام اندازه گیری مقاومت بایستی ولتاژ بمدت یک دقیقه بین یکی از فاز ها و بدنه اعمال شده وسایر فازها اتصال کوتاه شده وبه نقطه زمین ترانس وصل گردند. مقادیر اندازه گیری شده باید ثبت شده وبا مقادیر ثبت شده قبلی مقایسه گردند. در موقع اندازه گیری مقاومت عایق باید دمای محیط نیز اندازه گیری شده وثبت گردد. در هنگام مقایسه نیز این مطلب باید مورد توجه باشد زیرا مقاومت الکتریکی مواد تحت تأثیر دما قرار دارد. در جدول (۹) ضرایب مورد نیاز جهت اصلاح مقادیر اندازه گیری شده مقاومت عایقی در دماهای مختلف آمده است.

جدول (۹)

دمای محیط (درجه سانتیگراد)	10	20	30	40	50
ضریب تصحیح	1.65	2.6	4.2	6.6	10.5

۳-۷- علل تخریب روغن

هر یک از دلایل زیر می تواند باعث تخریب روغن ترانس شود.

الف) دلایل فیزیکی

روغن ترانس می تواند بعلت وجود ذرات فیبر ،ذرات گردوغبار ،فلزات ،وآب وهمچنین بعلت شرایط بد حمل ونقل ونگهداری، خواص عایقی خود را از دست بدهد.

ب) دلایل شیمیایی

علت اصلی تخریب شیمیایی روغن،اکسیداسیون آنستکه معمولاً براثرعکس العمل هیدروکربورها در مجاورت اکسیژن هوا اتفاق می افتد.پروسه اکسیداسیون معمولاًبصورت یک زنجیره است که شروع آن توسط بالا رفتن حرارت روغن اتفاق می افتد. وجود ذرات فلز خصوصاًمس،کاتالیزور خوبی برای این عمل شیمیایی است.

ج) وجود گاز های مختلف

مشخصات روغن ممکن است براثر جذب گاز هایی که در پروسه تنفس روغن وارد می شوند، تغییر نماید. وجود نقاط گرم وایجاد جرقه نیز باعث ایجاد گاز هایی مانند متان واستیلن می شود. باید توجه داشت که وجود گاز ها نه تنها باعث کاهش مشخصه عایقی روغن می شود بلکه خطر قابلیت اشتعال وانفجار را نیز بوجود می آورد.

۳-۸- تست های پیشنهادی روغن

برای تعیین اینکه آیا روغن مورد استفاده در ترانس کیفیت لازم را دارد یا خیر ،باید در پریود های زمانی مشخص ویا پس از هر حادثه مهم مثل اتصال کوتاه، تست هایی را روی روغن انجام داد. نتایج این تست ها باید به دقت بررسی وثبت گردد. این تست های پیشنهادی به شرح ذیل است :

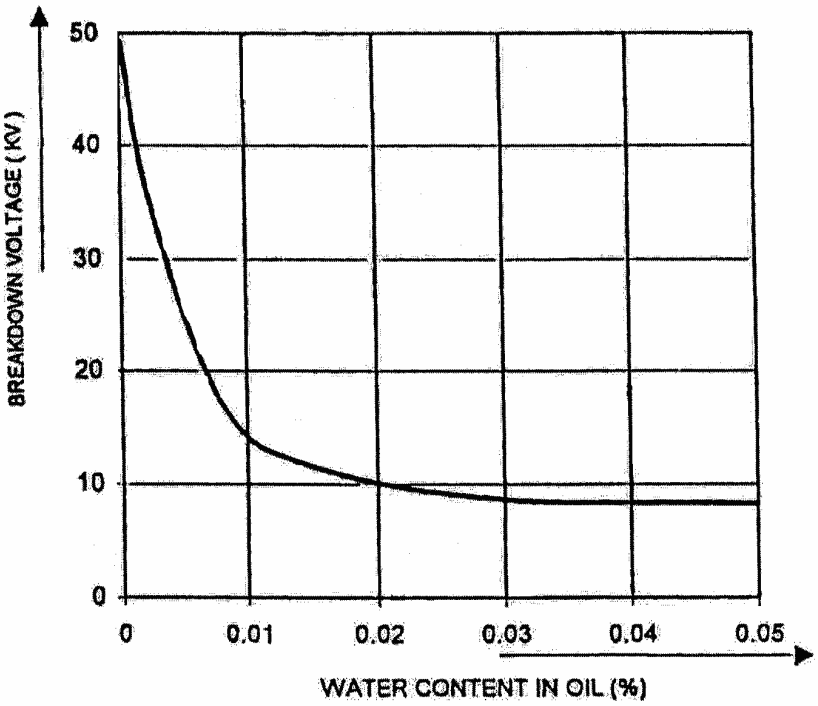
۳-۸-۱- تست میزان رطوبت

وجودآب یا رطوبت باعث کاهش شدیداستقامت الکتریکی روغن می گردد. روغن حتی به مقدار بسیار ناچیزآب نیز حساس است، شکل(۳۲) حساسیت بسیار شدید ولتاژ شکست روغن نسبت به میزان رطوبت موجود درآن را نشان می دهد. توجیه این حساسیت در این حقیقت نهفته است که پرمیتیویته آب (۸۰) بسیار بالاتر از پرمیتیویته روغن(۲/۲) است وذرات بسیار ریز آب موجود در روغن توسط نیروی میدان الکتریکی در جهت خطوط قوا کشیده شده وجذب نوک های تیز

الکترودها می شوند. بعبارت دیگر ذرات بسیار ریز آب یک مسیر هادی روی خطوط قوا از الکترود به بدنه ترانس بوجود می آورند که باعث شکست الکتریکی در ترانس می گردد.

انجام تست میزان رطوبت درکارخانه بسیار ضروری است. در صورت تشخیص وجود رطوبت در روغن باید سریعاً نسبت به تصفیه روغن اقدام شود. ضمناً بایددر نظر داشت که تصفیه روغن بعنوان مکمل تست عایقی بوده ونباید بعنوان جایگزین آن تلقی شود. بعبارت دیگر پس از تصفیه روغن نیز حتماً باید تست آن انجام شود.

برای آگاهی از وجود رطوبت در روغن می توان از روش ساده زیر استفاده نمود. ابتدا مقدار $250ml$ از نمونه روغن را در یک ظرف کاملاً خشک وتمیز ریخته وسپس یک میله فلزی را تا حدی که رنگ آن به سرخی بر نگردد حرارت داده و وارد روغن می کنیم. در صورت وجود رطوبت در روغن، صدای شدید ناشی از جوشش قطرات آب شنیده می شود. برای تعیین دقیق میزان رطوبت از دستگاهی به نام دستگاه کارل فیشر استفاده می شود.



شکل (۳۲)

۳-۸-۲- تست Ponification

این تست وجود یا عدم وجود اکسیژن در روغن را مشخص می نماید.

۳-۸-۳- تست نقطه انجماد

این تست پایین ترین درجه حرارتی را که ترانس می تواند در آن کار کند مشخص می کند.

۳-۸-۴- تست نقطه اشتعال

با توجه به اینکه ترانس ها معمولاً بسیار پایین تر از درجه حرارت نقطه اشتعال کار می کنند، نیازی به انجام این تست نیست. بهر حال در مواردی که ترانس در معرض حرارت های بالا قرار دارد ویا احتمال اتصال کوتاه ترانس وجود دارد بهتر است این تست نیز انجام گیرد.

۳-۸-۵- تست ویسکوزیته

روغن ترانس، هم نقش عایق وهم نقش واسطه خنک کنندگی را دارد. در هنگام کار ترانس، حرارت تولید شده توسط جریان عبوری از سیم ها، از طریق عایق جامد به روغن منتقل شده ونهایتاً این حرارت از طریق بدنه به هوا منتقل شده وتلف می شود.

ظاهراً بالا رفتن حرارت باعث کاهش ویسکوزیته آن شده وراندمان خنک کنندگی روغن را بالا میبرد. ولی باید در نظر داشت که با افزایش حرارت، عمل شیمیایی دیگری نیز در روغن اتفاق می افتدکه ممکن است روی استقامت الکتریکی آن اثرگذاشته ونقطه اشتعال آنرانیز پایین بیاورد. از طرفی تعداد یون های موجود، نشان دهنده کیفیت عایقی است وبالا رفتن حرارت باعث افزایش تعداد یونها ودر نتیجه کاهش اثر عایقی روغن می شود. باید توجه داشت که ویسکوزیته وتلفات دی الکتریک روغن هر دو توابع نمایی از درجه حرارت بوده وبالا رفتن درجه حرارت اگر چه ظاهراً راندمان ختک کنندگی را بالا میبرد ولی نهایتاً به ضرر ترانس است. با توجه به مطالب فوق می توان گفت ویسکوزیته روغن باید در حد خاصی بوده وبا مقادیر استاندارد شده دقیقاً مطابقت نماید.

۳-۸-۶- تست میزان رسوب های موجود در روغن

عمل اکسیداسیون در روغن سبب ایجاد رسوب های غیرقابل حل در روغن می شود که بصورت لجن در ته ظرف روغن جمع می شود. علت تشکیل این رسوبات، تماس روغن با هوا و وجود اسید ومس بعنوان کاتالیزر می باشد. عملکرد ترانس در حرارت های بالا باعث ایجاد اسید، رسوبات وگاز های مختلف می شود. ایجاد رسوبات در روغن علاوه بر کاهش استقامت الکتریکی باعث گرفتگی داکت های خنک کننده وجلوگیری از تبادل حرارتی صحیح و مؤثر در ترانس می گردد.

۳-۹- عمر روغن ترانس

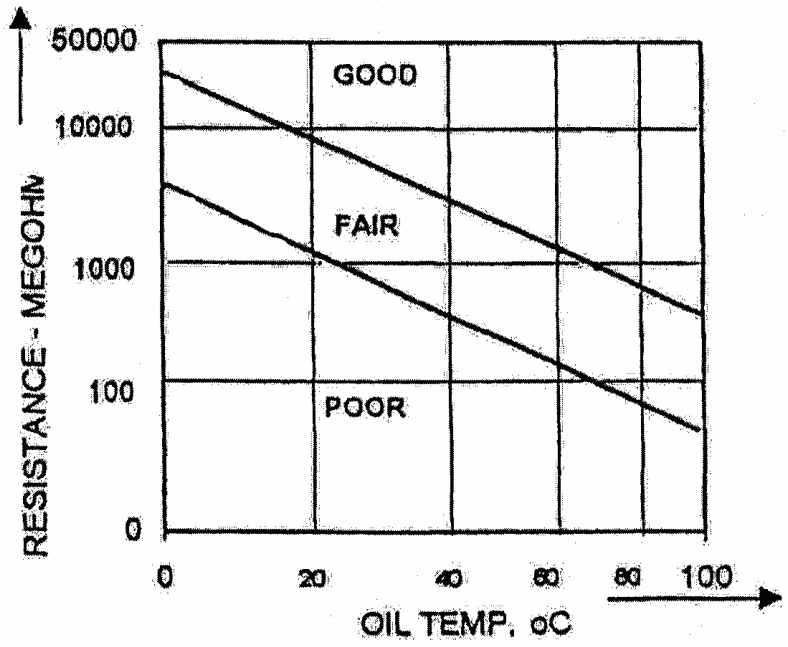
عمرروغن ترانس تحت تأثیر اکسیداسیون ، اسیدها ورسوب های ایجاد شده است. محققانی به نامهای آلدر و کاسگروف[1] پنج نمونه روغن حاوی ماده باز دارنده اکسیداسیون ویک نمونه بدون ماده باز دارنده را در ترانس های قدرت 10KV ودر شرایط شبیه سازی شده کار نرمال،به مدت بیش از ده سال تحت آزمایش قرار دادند. نتایجی که از این تجربه بدست آمد به شرح زیر است:

الف- عمر روغن در تمام ترانس هایی که در مقابل اکسیداسیون حفاظت شده اند معادل عمر عایق جامد است.

ب- وجود اسید ورسوبات مهمترین فاکتور های تأثیر گذار در طول عمر روغن عایق می باشد.

۳-۱۰- میزان مجاز مقاومت اهمی

مطابق استانداردBS-C.P.1009 مقاومت الکتریکی روغن در یک درجه حرارت مشخص نشان دهنده شرایط کلی کیفیت آن می باشد. دیاگرام مقاومت بر حسب دماکه در شکل (۳۳) نشان داده شده است محدوده مجاز مقاومت الکتریکی را مشخص می کند. این مشخصه مبنای تجربی دارد وتا هنگامی که داده های دقیقتری آن را نقض نکند معیار خوبی برای سنجش کیفیت روغن می باشد.



شکل (۳۳)

1- M.Fcosgrove,H.A.Alder

۳-۱۱- مشخصات روغنهای عایقی ترانسفورماتور

همانطور که قبلاً نیز گفته شد، روغنهای عایقی که در اکثر تجهیزات الکتریکی، نیروگاهها وپستهای برق استفاده می شود، دارای سه وظیفه اصلی شامل ایجاد مقاومت عایقی ،تبادل حرارت وحفاظت شیمیایی سطوح فلزات در مقابل اکسیداسیون می باشند. این روغنها در کلید های فشار قوی علاوه بر موارد فوق وظیفه خاموش کردن قوس حاصل از عمل قطع کلید را نیزبعهده دارد.

چون روغن را از نفت خام تهیه می کنند ،لذا مدتی پس از بهره برداری ودر اثر اکسیداسیون ، ترکیبات اسیدی و رسوباتی در آن بوجود می آید. بدین جهت باید از روغنهایی استفاده نمود که دارای مقاومت بیشتر در برابر اکسیداسیون بوده و ترکیبات حاصل از آن به منظور کاهش گرم شدن سیم پیچها وهسته بصورت محلول در روغن باشد نه به صورت رسوب.

این موضوع مستلزم توجه به پایه نفت خام وپروسه تصفیه آن می باشد. از طرف دیگر چون قابلیت عایقی روغن تقریباً بستگی به عدم وجود آلودگی های خارجی از قبیل رطوبت،گردوخاک وناخالصی های دیگر دارد ووجود این عناصر حتی بمقدار خیلی کم ممکن است مقاومت دی الکتریک وخاصیت خنک کنندگی آنرا بطور محسوسی پایین آورد، بدین جهت قبل از ریختن روغن در داخل ترانسفورماتور،ابتدا بایستی داخل آنها را با روغن نو ومناسب شستشو داده وپس از خشک کردن تحت خلاءِ، آنرا با روغنی که قبلاً از دستگاه تصفیه عبور کرده است پر نماییم.

در صورتیکه ترانسفورماتور با روغن از کارخانه سازنده حمل گردد،معمولاً قسمت بالای تانک و چنانچه بدون روغن حمل گرددکل محفظه رابانیتروژن خشک بافشار $0.2Kg/cm^2$ودر دمای $25^\circ C$ پر می کنند که در این حالت میزان فشار گاز باید در مراحل مختلف حمل ونصب کنترل شده تا از ورود هر گونه رطوبت ویا آلودگی های دیگر بداخل ترانسفور ماتور جلوگیری شود.

هنگامیکه روغن برای مدت نسبتاً طولانی مورد بهره برداری قرار گیرد، ممکن است آلودگیهای آن به حدی رسیده با شد که تصفیه فیزیکی باعث زدودن تمام نا خالصی ها نشود. در این هنگام نیاز به تصفیه شیمیایی روغن است تا بتوان تمام نا خالصی ها اعم از محلول وغیر محلول را جدا نمود.

با توجه به مطالب فوق ،لازم است به نحوه پر کردن وسر ریز کردن روغن در ترانسفورماتورها دقت کافی بعمل آید. همچنین بمنظور بهره برداری مطمئن از ترانسفورماتور ها وافزایش طول عمر آن لازم است در فواصل زمانی مشخص، نمونه گیریهایی از روغن انجام تا آزمایشات لازم بر روی آن انجام گیرد.

در گذشته، نمونه گیری از روغن ترانسفورماتور تنها بمنظور تعیین مقاومت دی الکتریک روغن انجام می شد ودر صورت نیاز اقدام به تصفیه فیزیکی روغن می گردید.همچنین جهت بررسی وپی بردن به علت تولید گاز وجمع شدن آن دررله بوخ هلتز به سوزاندن گاز ویا هدایت آن به

داخل تستر شیمیایی اکتفا می گردید تا در اثر تغییرات شیمیایی حاصله در ظروف محتوی نیترات نقره ومحلول نیترات نقره آمونیاکی که با خطای بسیار زیادی همراه بود عیب مشخص گردد.
امروزه با استفاده از دستگاه گاز کروماتوگرافی که نوع ومیزان گاز های موجود در روغن را تعیین می کند می توان به بسیاری از عیوب که در حال تکوین. یا بوقوع پیوستن است پی برد.
با توجه به مراتب فوق ،لازم است علاوه بر انجام آزمایشات دوره ای که مطابق دستور العمل موجود بر روی روغن انجام می شود ،نسبت به انجام آزمایش گاز کروماتوگرافی نیز اقدام گردد.

۳-۱۲- روش پر کردن تانک روغن ترانسفورماتور

در هنگام پر کردن تانک باید بجای لوله لاستیکی از لوله فلزی استفاده شود. چون روغن ترانسفورماتور، سولفور لاستیک را در خود حل کرده واین سولفور بر روی مس سیم پیچ اثر می گذارد. در هنگام پر کردن تانک ابتدا باید تمام مجاری هوا باز باشد وبرای اینکه از هوا دارشدن روغن جلوگیری شود ترانسفورماتور از طریق شیر تخلیه قسمت تحتانی ترانسفورماتور توسط فیلتر پرس، پر می شود. اگر فیلتر پرس بکار برده نشود روغن باید از طریق دو یا چند لایه پارچه پنبه ای با بافت ریز (چیت مانند)که کاملاً تمیز وخشک باشد عبور داده شود. در ترانسفورماتورهایی که دارای باک روغن می باشند باید دقت شود موقعی که سطح روغن به پوشش (کاور)اصلی می رسد میزان عبور روغن کاهش یابد تا فشار روغن داخل تانک باعث ترکیدن دیافراگم لوله انفجار نشود.

پرسشهای فصل سوم :

۱- معیار $\tan\delta$ را توضیح دهید.
۲- اندیس پلاریزاسیون را تعریف کنید.
۳- معیار خنثی بودن روغن را بیان کنید.
٤- علل تخریب روغن را بیان کنید.
۵- تستهایی که بر روی روغن ترانس انجام می گردد را نام ببرید.

فصل چهارم

سیستم خنک سازی ترانسفورماتور

اهداف آموزشی فصل چهارم:

۱- آشنایی با روشهای خنک سازی ترانسفورماتور

۲- آشنایی با انواع ترانسفورماتور ها از نظر نوع سیستم خنک کنندگی

۴-۱- طرز خنک کردن ترانسفورماتورها

حرارتی که در آهن هسته ودر مس سیم پیچ ترانسفورماتور تولید می شود ترانسفورماتور را گرم می کند وباید این حرارت را دفع نمود. در صنعت این کار با روشهای مختلف انجام می شود. ممکن است این حرارت توسط هوا ویا توسط روغن به خارج انتقال یابد. نوع اول در ترانسفورماتورهای خشک ونوع دوم درترانسفورماتورهای روغنی به کار می رود.

گرچه هوا عایق بسیار خوبی است اما قدرت دی الکتریک آن به وضع رطوبت وگردو غبار بستگی دارد که این عوامل، قدرت عایقی آنرا کاهش می دهد. از طرف دیگر اگر در شرایط جوی مناسب نیزبخواهند ترانسفورماتور فشار قوی را با هوا خنک کنند، ابعاد آن بسیار بزرگ می شود که عملاً غیر قابل قبول خواهد بود. از این رو فقط ترانسفورماتورهای ولتاژ کم را با هوای فاقد گردوغبار خنک می کنند. ترانسفورماتورهای خشک را می توان به روش طبیعی یا مصنوعی خنک نمود.

قدرت دی الکتریک روغن ۲/۸ تا۸ است. بنابراین با خنک کردن ترانسفورماتورها توسط روغن میتوان ابعاد عایق بندی ترانس را نسبت به ترانسفورماتورهای خشک، کوچکتر در نظر گرفت. با توجه به اینکه روغن ،سیم پیچها را در خود احاطه می کند، در شکافهای ترانسفورماتور نفوذ کرده و عایق بندی را کامل می نماید. با استفاده از روغن میتوان ترانسفورماتورهای از 220Vتا 440KVوبالاتر راخنک نمود.درترانسهای روغنی ،روغن را در داخل ظرفی ریخته و ترانسفورماتور را در داخل این ظرف قرار می دهند .بدین ترتیب سیم پیچها در داخل این ظرف کاملاً محفوظ است .

ترانسفورماتورهای روغنی را نیز می توان به روش طبیعی یا مصنوعی خنک نمود .

۴-۱-۱- ترانسفورماتور خشک با خنک کننده طبیعی

در این نوع سیستم ، هوای گرم در مجاورت سیم پیچها وهسته ترانسفورماتوربه بالا صعود کرده وهوای سرد جای آن را می گیرد.بدین ترتیب ترانسفورماتور در اثر جریان طبیعی هوا خنک می شود.ازآنجاییکه قدرت خنک کنندگی جریان هوا ضعیف است، لذا قدرت ترانسفورماتورهایی که

به این روش خنک می شوند نباید از ۵۰تا۱۰۰کیلوولت آمپر تجاوز کند. همچنین ولتاژ این ترانسفورماتورها نباید از ۶۰۰ولت بالاتر باشد .اصولاً درترانسفورماتورهای20KVA به بالا ،از خنک کننده روغنی استفاده میشود.

گرچه ترانسفورماتورهای خشک ارزانتر هستند ولی همانگونه که ذکر شد ولتاژ آنها محدود بوده وباید در جای محفوظی قرار داشته باشند .

۴-۱-۲- ترانسفورماتور خشک با خنک کننده مصنوعی

در این روش فن ها جریان هوای زیادی را از روی ترانسفورماتور عبور می دهند. این ترانسفورماتورها با قدرت زیاد و ولتاژ کم ساخته می شوند .کارخانه های سازنده ترانس ، انواع گوناگون این ترانسفورماتورها را می سازند. در بعضی از آنها ،در داخل آهن هسته وسیم پیچها ، مجاری تهویه وجود دارد که جریان هوا از داخل آنها می گذرد. چون این فن ها برای بار عادی ترانسفورماتور حساب شده است، ازاین رو از این ترانسفورماتورها جز برای مدت کوتاهی نمی توان بار اضافه دریافت نمود .هنگامیکه فن تهویه از کار می افتد ،ترانسفورماتور نباید بیش از ۲۰ دقیقه با بار معمولی کار کند وبدین جهت نیاز به مراقبت دائمی دارد .

۴-۱-۳- ترانسفورماتور روغنی با خنک کننده طبیعی

همانطورکه درباره جریان طبیعی هوا ذکر شد ،روغن نیز موقعی که در مجاورت سیم پیچ وبدنه ترانسفورماتورقرار می گیرد گرم شده و بطور طبیعی حرکت می کند. به این ترتیب روغن گرم از مجاور طبقات گرم دور شده وروغن سرد جای آن را می گیرد .روغن گرم در مجاورت جداره مخزن ، سرد شده واین عمل ادامه می یابد .برای آنکه روغن سریعتر سرد شود ،باید سطح خنک کننده را افزایش داد. جهت انجام این کار دیواره های تانک را موجی می سازند و یا پره هایی در این دیواره ها نصب می کنند .کارخانه های انگلیسی ،سطح بدنه ظرف روغن را صاف می سازند و برای افزایش سطح خنک کننده ،لوله هایی تعبیه می کنند که قسمت فوقانی وتحتانی مخزن را بهم وصل می کند.

جریان روغن در داخل ترانسفورماتور از تولید جرقه ها جلوگیری می کند. این ترانسفورماتورها از نظر ایمنی ،نیازمند مراقبتهای زیاد بوده وبرای قدرتهای 15000KVA ساخته می شوند. خاصیت عایق بودن وروانی سیال سبب می شود که ترانسفورماتور به نحو مطلوب خنک شود. بخصوص اینکه روغن نقایص عایق بندی را مرتفع ساخته واز صدای آن تا حد زیادی می کاهد.

چون گرمای ویژه روغن زیاد است، از گرم شدن ترانسفورماتور حتی در بار اضافه ای که بیش از نیم ساعت نیز طول بکشد جلوگیری می کند.

تمام حجم ترانسفورماتور در داخل ظرف روغن قرار می گیرد .در ترانسفورماتورهای بزرگ این ظرف روی چرخهایی نصب شده است که در محل استفاده روی ریل هایی می چرخد وبدین ترتیب حرکت دادن ترانسفورماتور برای بازدید وتعویض روغن آسانتر می شود .

۴-۱-۴- ترانسفورماتور روغنی با خنک کننده مصنوعی

در این نوع سیستم ، برای تقلیل مدار روغن وافزایش سرعت جریان آن ،روغن توسط یک پمپ از قسمت بالای ظرف مکیده وبرای خنک شدن به داخل لوله هایی که در داخل آب سرد قرار دارند فرستاده شده و پس از سرد شدن از قسمت پایین وارد ظرف روغن می گردد .از این رو جدار ظرف روغن صاف است.

این نوع ترانسفورماتورها هیچگاه برای قدرتهای کمتر از500KVA ساخته نمی شوند ومعمولاً قدرت آنهابالاتر از 500KVA است. تراکم جریان در سیم ها را می توان بیشتر از انواع دیگر سیستمهای خنک کننده در نظر گرفت. از این رو حجم ترانسفورماتور بازای قدرتهای مساوی کمتر از انواع دیگر است ولی تحمل آن در برابر بار اضافی کمتر وقابلیت اطمینان آن نیز کمتر است .بدین معنی که اگرجریان آب یاروغن قطع شود ترانسفورماتور بشدت گرم می شود. بنابراین در مسیر جریان آب سوپاپهایی نصب شده که به محض قطع شدن جریان آب، اتصال الکتریکی برقرار نموده وزنگ خطر را به صدا درمی آورد .عیب این نوع ترانسفورماتور رسوب مواد آهکی در لوله هاست که از قدرت خنک کنندگی آن می کاهد.

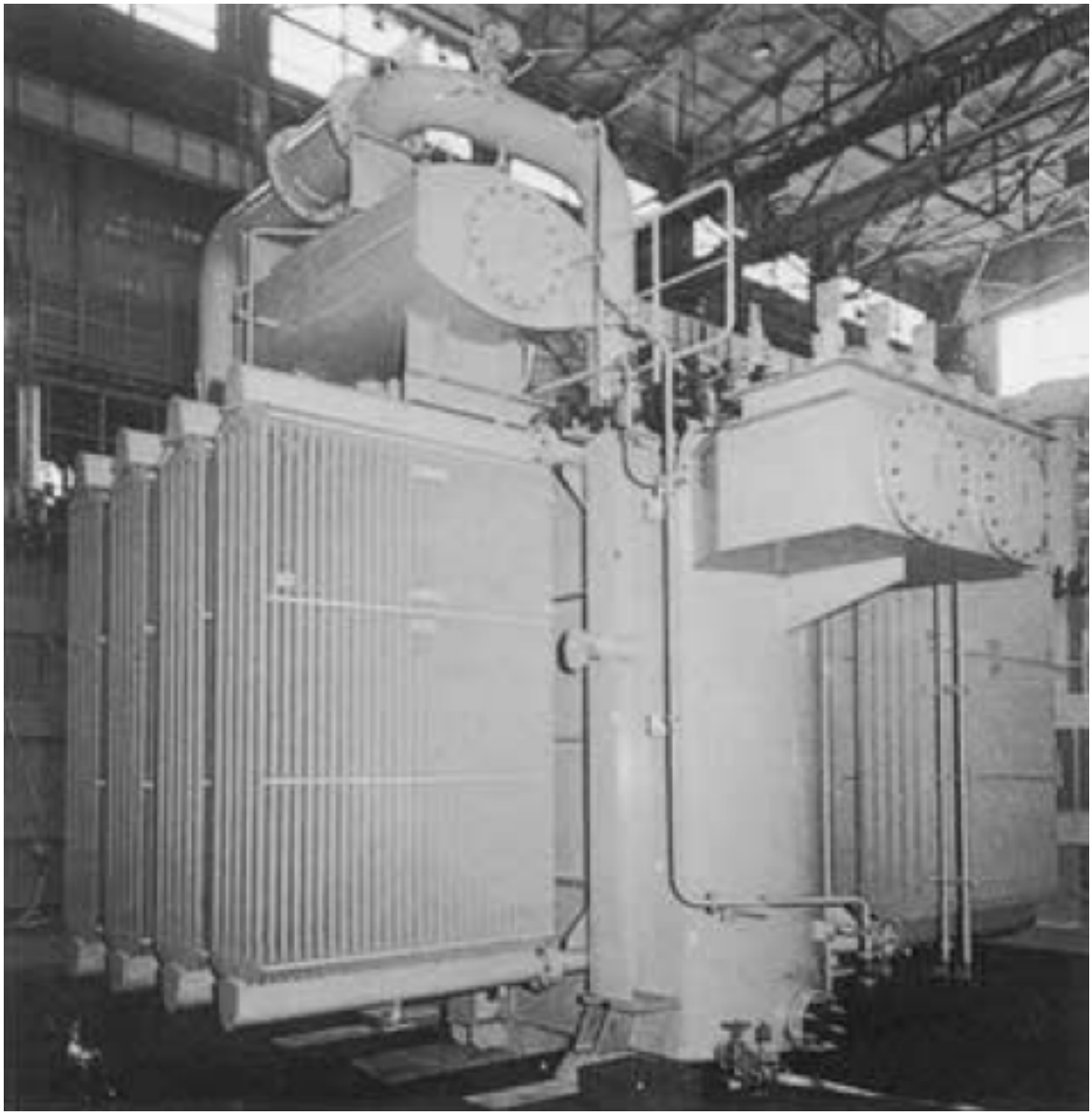
پاک کردن لوله ها مستلزم از کار انداختن ترانسفورماتور است ضمن آنکه امکان ایجاد شکاف ونفوذ آب در روغن نیز در این نوع سیستمها باید در نظر گرفته شود. بدین جهت این نوع ترانسفورماتورها به مراقبت دائمی نیازمند هستند .در مواردی که برای خنک کردن روغن ،آب در دسترس نباشد آنرا باباد خنک می کنند .دراین صورت سطح بدنه ظرف روغن را موجدار می سازند . این نوع ترانسفورماتور موارد استعمال زیادی ندارد.

به طورکلی ترانسفورماتورها رامی توان بر اساس نوع سیستم خنک کنندگی بصورت جدول (۱۰) تقسیم بندی نمود.

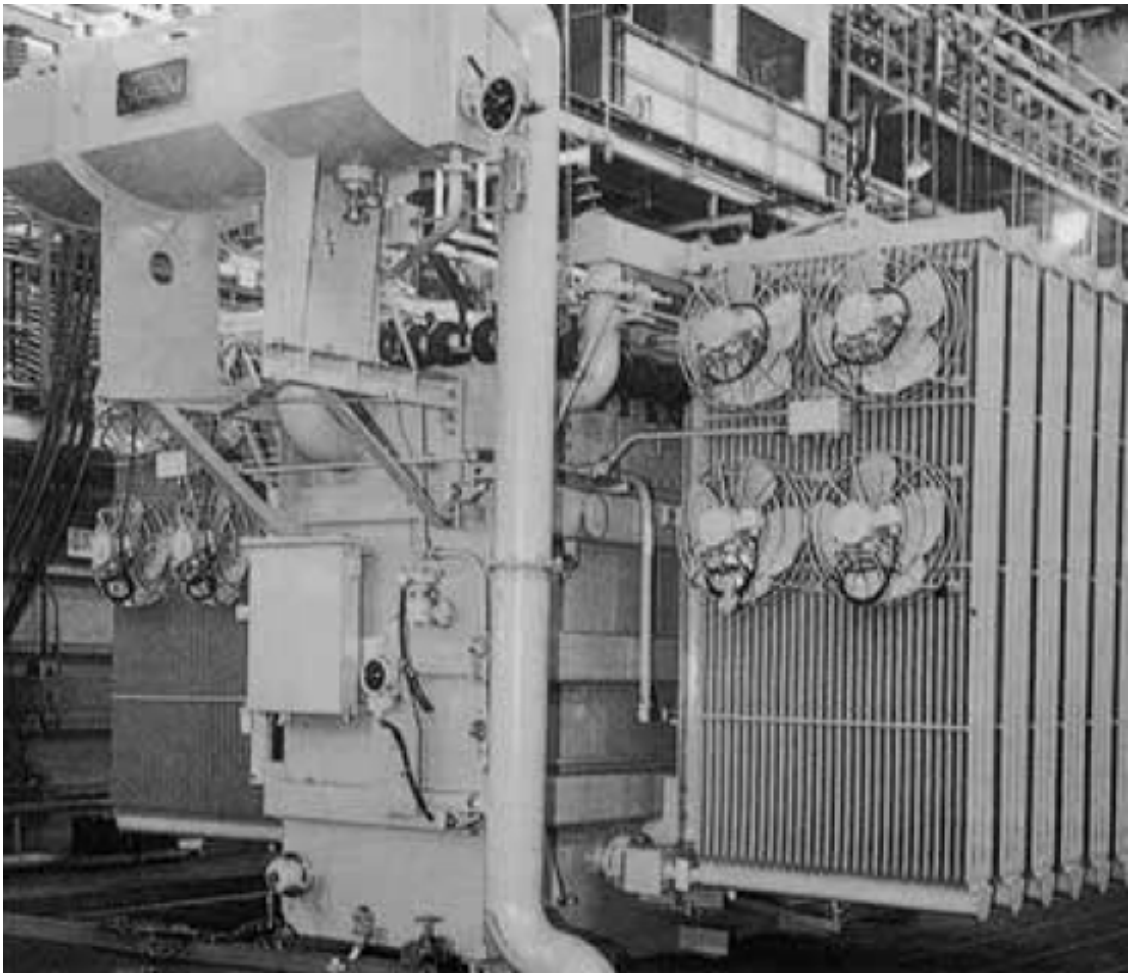
جدول (۱۰)

نوع خنک کنندگی	علامت اختصاری
ترانسهایی که با هوا وبصورت طبیعی خنک می شوند.	AN
ترانسهایی که با هوا توسط فن خنک می شوند.	AF
ترانسهایی که سیم پیچ وبدنه هر دو با هوا بصورت طبیعی خنک می شوند.	ANAN
ترانسهایی که سیم پیچ وهسته بصورت طبیعی وبدنه با فن خنک میشود.	ANAF
ترانسهایی که سیم پیچ وهسته باروغن وبدنه با هوا بصورت طبیعی خنک میشوند.	ONAN
ترانسهایی که سیم پیچ وهسته با گردش طبیعی روغن وبدنه با فن خنک میشوند.	ONAF
ترانسهایی که سیم پیچ وهسته با روغن وبدنه با گردش آب خنک می شوند.	ONWF
ترانسهایی که سیم پیچ وهسته با روغن توسط پمپ وبدنه با هوا وبصورت طبیعی خنک می شوند.	OFAN
ترانسهایی که سیم پیچ وهسته باروغن وسط پمپ وبدنه با غن خنک می شوند.	OFAF
ترانسهایی که سیم پیچ وهسته با روغن توسط پمپ وبدنه توسط گردش آب خنک می شوند.	OFWF

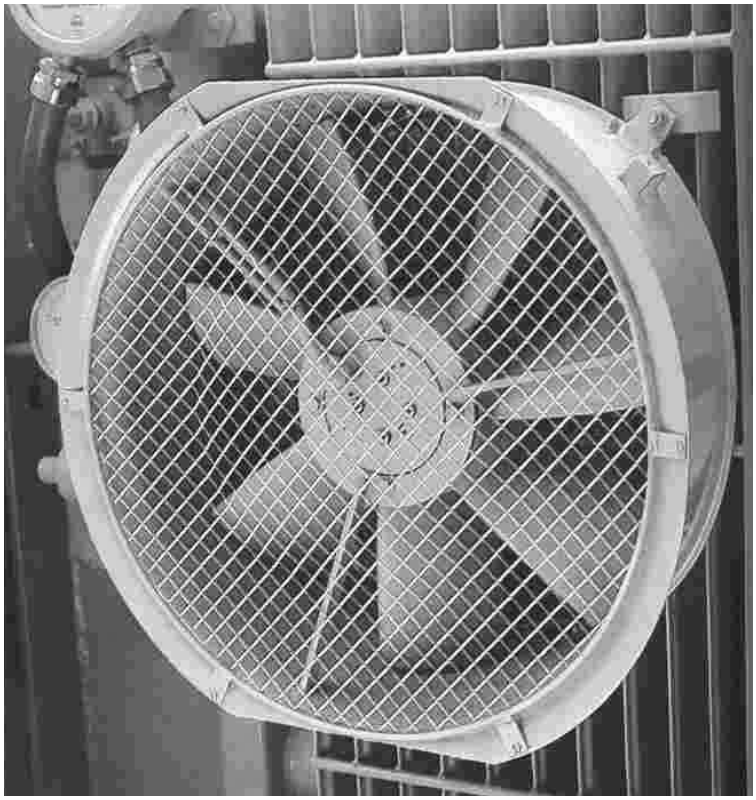
در شکلهای (۳٤) تا (۳۸) انواع سیستمهای خنک کننده ترانس نشان داده شده است.



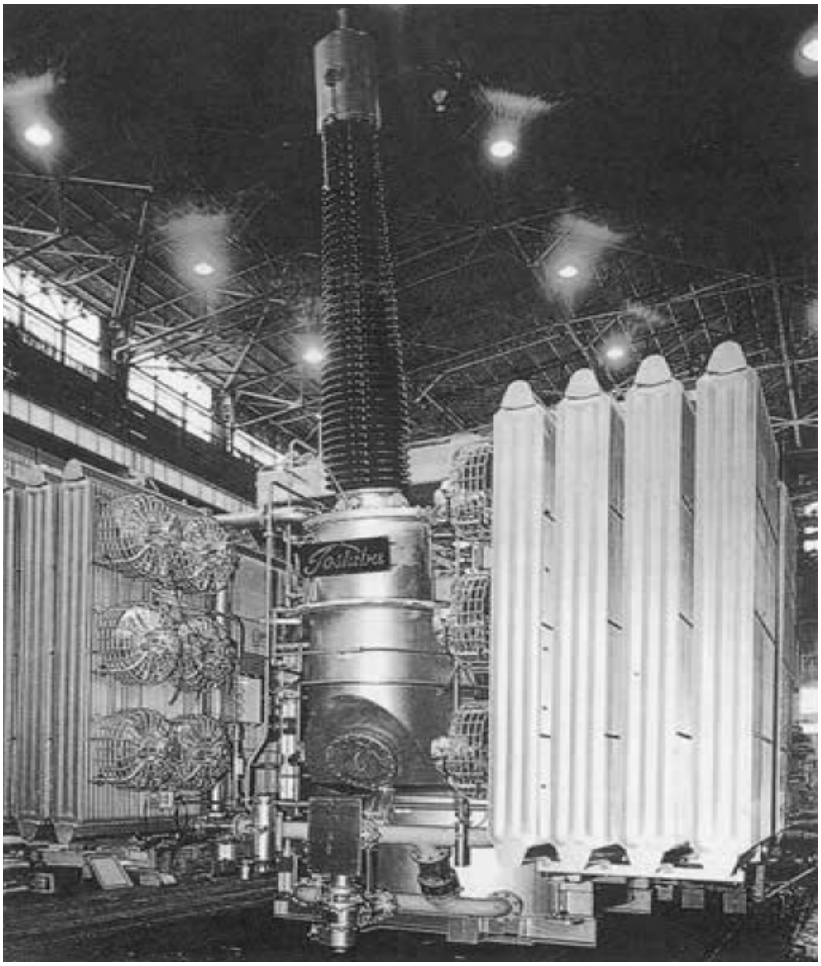
شکل (۳٤) : یک نوع ترانس ONAN



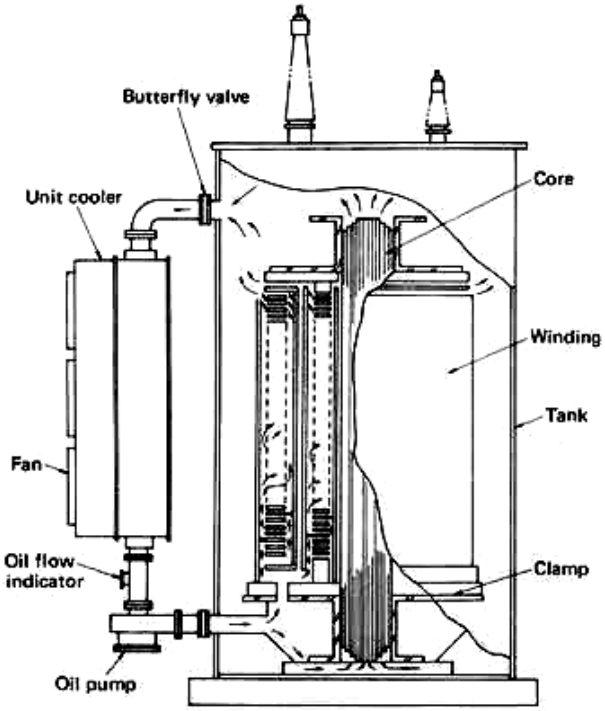
شکل (۳۵) : یک نوع ترانس ONAF



شکل (۳۶) :یک نمونه فن ترانسهای ONAF



شکل (۳۷) : یک نوع ترانس OFAF



شکل (۳۸) : مدار گردش روغن در ترانس OFAF

پرسشهای فصل چهارم :

۱- چرا یک ترانس باید خنک شود؟

۲- انواع ترانس را از نظر نوع سیستم خنک کنندگی نام ببرید.

۳- قدرت ترانسهایی که با جریان طبیعی هوا خنک می شود چه مقدار است؟

٤- در چه ترانسفورماتورهایی از خنک کننده روغنی استفاده می شود؟

۵- چرا سطح خارجی ترانسفورماتورها را به صورت رادیاتوری می سازند؟

۶- در چه توانهایی از ترانسفورماتور، از خنک کننده های روغنی همراه با پمپ روغن استفاده می شود؟

فصل پنجم
نگهداری و تعمیرات ترانسفورماتور

اهداف آموزشی فصل پنجم:

۱- آشنایی با روشهای پیشنهادی برای بازدید و نگهداری ترانسفورماتورهای قدرت و توزیع
۲- آشنایی با دلایل خرابی و سوختن سیم پیچها در ترانسفورماتور
۳- آشنایی با انواع اشکالات ترانسفورماتور

۵-۱- تأثیر افزایش بار روی عمر ترانس

تحمیل بار اضافی روی ترانس مستقیماً روی افزایش دمای سیم پیچ وعایق تأثیرگذار است. عمر عایق ها نسبت معکوس با افزایش حرارت آنها دارد بطوریکه کار کرد ترانس در حرارت ۱۰درجه بالاتر از میزان مجاز، باعث نصف شدن عمر عایق وبعبارتی عمرترانس می گردد.
عایق ها براثر عمر طولانی نیز دچار فرسودگی می شوند. عایق در چنین شرایطی براثر افزایش شدید وناگهانی ولتاژ ویا فشار های الکتریکی ومکانیکی ناشی از اتصال کوتاه ممکن است دچار شکست الکتریکی گردد. برای یک ترانس در شرایطی که دمای محیط از۲۵درجه تجاوز ننماید و بالا ترین میزان حرارت ترانس هم از ۹۵درجه متجاوز نشود عمری معادل ۳۰سال تخمین زده می شود.
باید توجه داشت که نگهداری دمای محیط در دمای زیر ۲۵ درجه امری دشوار بوده واز طرفی طراحی قدرت نامی ترانسفورماتور های قدرت بر اساس ماکزیمم قدرت بار وبدترین شرایط آب وهوایی نیز از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نمی باشد.

۵-۲- روشهای پیشنهادی برای بازدید ونگهداری ترانسفورماتورها

برنامه های بازدید ونگهداری باید طوری تهیه شوند که دقیقاً متناسب با نیاز های ماشین های الکتریکی مورد نظر باشند. بعنوان مثال برنامه بازرسی ترانس های توزیع ،که کمتر مورد مراقبت هستند با برنامه های بازرسی ترانس های قدرت که همواره تحت مراقبت ومحافظت هستند باید کاملاًمتفاوت باشد. روشهای بازدید و نگهداری برای ترانس های قدرت وتوزیع به ترتیب در جداول (۱۱) و (۱۲) داده شده است.

جدول (۱۱) برنامه بازدید ونگهداری ترانس های قدرت

ردیف	شرح	پریود زمانی
۱	جریان بار	هر ساعت
۲	ولتاژ	هر ساعت
۳	حرارت محیط	هرشیفت
٤	حرارت روغن	هر شیفت
۵	حرارت سیم پیچی	در صورت وجود تر مومتر هرساعت
۶	سطح روغن	روزانه
۷	وضعیت سیلیکاژل	ماهیانه (در فصول بارندگی دو بار در ماه)
۸	وضعیت ارتینگ واندازه گیری مقاومت زمین	فصلی
۹	ستینگ رله ها	شش ماهه
۱۰	تست وتنظیم رله ها	سالانه
۱۱	کلید قطع حرارت روغن	فصلی
۱۲	کلید قطع رله بوخهولتز	فصلی
۱۳	کلید های قطع حرارت سیم پیچها	فصلی
١٤	مقاومت عایقی	سالانه
۱۵	استقامت الکتریکی عایق	سالانه
۱۶	تست های شیمیایی روغن	سالانه
۱۷	وضعیت مقره ها	ماهانه
۱۸	وضعیت چاهک های ارت ترانس	ماهانه
۱۹	نظافت کلی ترانس	هفتگی
۲۰	بررسی وضعیت تپ چنجر	شش ماهه
۲۱	تعمیرات اساسی شامل بررسی کامل سیم پیچها	هرسه سال یکبار و بالاتر از $10MW$ هفت سال یکبار
۲۲	آچار کشی وبازرسی ترمینالهای ورودی وخروجی	شش ماهه

جدول (۱۲) برنامه بازدید ونگهداری ترانس های توزیع

ردیف	شرح	پریود زمانی
۱	جریان بار	ماهانه (در ساعات پیک مصرف)
۲	ولتاژ	ماهانه (در ساعات پیک وغیر پیک)
۳	حرارت محیط	ماهانه در گرمترین ساعات روز
٤	حرارت روغن	ساعات پیک وگرمترین ساعات
۵	سطح روغن	ماهانه
۶	وضعیت سیلیکاژل	ماهانه (در فصول بارندگی دوبار درماه)
۷	وضعیت ارتینگ ومقاومت زمین	فصلی
۸	وضعیت فیوزها وستینگ رله ها	شش ماهه
۹	تست وتنظیم رله ها	سالانه
۱۰	مقاومت عایقی	سالانه
۱۱	استقامت الکتریکی عایق	سالانه
۱۲	آچار کشی کلیه اتصالات	شش ماهه
۱۳	وضعیت مقره ها ،تانک ،تپچنجر،ونشت روغن	شش ماهه

۵-۳- عللی که باعث خرابی یا سوختن ترانس ها می شوند

در قسمتهای قبل راجع به روش های بازدید ونگهداری وتست های مختلفی که برای نگهداری صحیح ترانس ها باید انجام گردد مطالبی گفته شد. ترانس های توزیع وقدرت از انواع ماشینهای الکتریکی استاتیک هستند وچنین به نظر می رسد که هیچگاه برایشان اشکالی پیش نمی آید. ترانسفورماتورهای قدرت سایز بالا با توجه به اهمیت زیاد ومحل نصب متناسب (معمولاًدر مراکز نیرو نصب می شوند) مورد توجه بیشتری هستند واز اینرو نرخ اشکالات آنها نیز کم است. ولی ترانس های توزیع وترانسهای قدرت سایزپایین معمولاً از زمان نصب تا هنگام رویداد حادثه به فراموشی سپرده می شوند و نرخ ایجاد اشکال نیز در اینگونه ترانس ها بیشتر است.

بهر حال عللی که می توانند باعث ایجاد اشکال در ترانس ها شود بقرار زیر است:

۱- اضافه بار واتصال کوتاه خارج از ترانس
۲- معایب روی ترمینالها
۳- معایب موجود در سیم پیچی ترانس
٤- اشکالات اولیه ترانس
۵- فالت های سه فاز روی خروجی و درست قبل از رله های حفاظتی
۶- اشکالات روی مقره ها ی فشار قوی
۷- اشکالات عایق ها

اشکالات اولیه آنهایی هستند که قبل از نصب وراه اندازی ترانس موجود بوده اند. این اشکالات جزیی هستند ولی می توانند با گذشت زمان باعث ایجاد اشکالات بزرگتر وحتی سوختن ترانس ها شوند. این اشکالات اولیه معمولاً از انواع زیر هستند:

۱- شل بودن اتصالات الکتریکی داخلی که می توانند باعث ایجاد جرقه های کوچک ومحدود (بعلت وجود روغن)در داخل ترانس بشوند.
۲- اشکالات موجود در سیستم خنک کننده که می تواند باعث ایجاد نقاط گرم در سیم پیچی شود.
۳- عدم تعادل بار در هنگام کار کرد موازی دو ترانس که بعلت ایجاد جریان گردشی باعث گرم کردن بیش از حد ترانس ها خواهد شد.

۵-۴- دسته بندی کلی اشکالات ترانس ها

معایب ترانس ها نیز درست مانند سایر ماشین های الکتریکی به سه گروه زیر تقسیم می شود:

- اشکالات مکانیکی
- اشکالات برقی
- اشکالات میدان مغناطیسی

ترانس ها ممکن است به دلایل مکانیکی زیر دچار اشکال شوند:

۱- ته نشین شدن غبار ولجن در داخل تانک اصلی ودیواره ورادیاتور ها.
۲- سوراخ شدن وتورفتگی در بدنه تانک اصلی ترانس.
۳- خرابی وشکستگی بوشینگها.

٤- بسته شدن مسیر لوله بین تانک ومخزن ذخیره.

۵- خراب شدن واشر های دور تانک وفلنج ها.

۶- زنگ زدگی وپوسیدگی در بدنه ترانس.

معایب برقی نیز که می توانند باعث خرابی واز کار افتادن ترانس ها بشوند به قرار زیر است :

۱- پایین بودن مقاومت عایقی

۲- ایجاد شکست در عایق بین حلقه های سیم پیچها

۳- ایجادشکست در عایق بین سیم پیچها ی اولیه وثانویه

٤- ایجاد شکست در عایق مقره ها یا عایق بین سیم پیچی وهسته ترانس.

اشکالات میدان مغناطیسی نیز به قرار زیر است:

۱- تاب برداشتن یا تو رفتگی در ورقه های ترانسفورماتور.

۲- درست سفت نشدن بازوها ویا قاب هسته.

۳- از بین رفتن لایه عایق روی ورقه ها ویا دچار صدمه شدن آن.

پرسشهای فصل پنجم :

۱- افزایش بار روی عمر ترانس چه تأثیری دارد؟

۲- چه کمیتهایی در ترانسفورماتور باید مورد بازدید دوره ای قرار گیرد؟

۳- عللی که می تواند باعث ایجاد اشکال در ترانسفورماتور گردد را بیان کنید.

٤- اشکالات اولیه در ترانس کدام است؟

۵- اشکالات مکانیکی ترانس را نام ببرید.

۶- اشکالات الکتریکی ترانسفورماتور را نام ببرید.

۷- اشکالات مغناطیسی ترانسفورماتور را نام ببرید.

فهرست مراجع

۱- "ترانسفورماتور" تالیف دکتر سید محمد طالقانی، انتشارات پژوهش، چاپ اول ۱۳۶۲

۲- **Power Transformers by Toshiba co.**

۳- جزوات و کاتالوگهای مربوط به ترانسفورماتور