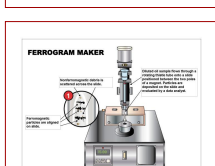
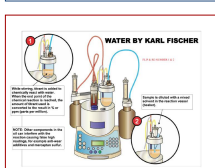
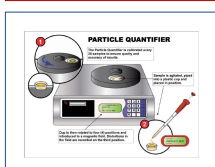
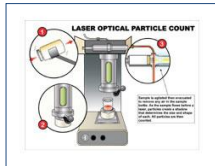
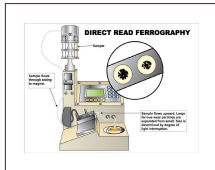
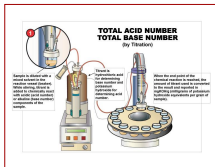


شرکت فنی و مهندسی نوین نت پارس

Technical & Engineering Condition Monitoring Services



خدمات آزمایشگاهی آنالیز روغن سیستم های مکانیکی و ترانسفورماتورها



آدرس : تهران - خیابان شهید بهشتی

خیابان شهید صابونچی کوچه مبینی پلاک 34 واحد 2



88522127 - 30

info@novinnetpars.com www.novinnetpars.com



به نام خدا

مقدمه

در سال 1892، اولین ترانسفورماتور توسط شرکت جنرال الکتریک ساخته شد. در این ترانسفورماتور از یک روغن معدنی به عنوان سیال خنک کننده و دی الکتریک استفاده می شد. بعدها استفاده از سیالات دی الکتریک هالوژنه، به ویژه سیالات آسکارل، به علت مقاومت عالی این سیالات در برابر آتش، در ترانسفورماتورها رواج بسیاری یافت و تا حدود دهه 1970 میلادی ادامه داشت، اما به دلیل خطرات زیست محیطی و سلامتی، استفاده از آنها محدود گشته و سیالات دیگری جایگزین این مواد شد. از جمله این سیالات می توان به روغن های سیلیکونی و هیدروکربن های دارای وزن مولکولی زیاد اشاره کرد که در حال حاضر به مقدار بسیار زیادی کاربرد دارند. از سیالات دیگری که تا اندازه ای در این موارد استفاده می شود، می توان به استرها و هیدروکربن های سنتزی اشاره کرد. استرهای سنتزی دارای خواص دی الکتریکی خوبی بوده و خاصیت زیست تخریب پذیری بهتری نسبت به روغن های معدنی و سیالات هیدروکربنی دارند. اما به علت هزینه های بالای استرهای سنتزی، از این مواد تنها در ترانسفورماتورهای متحرک و وسایل نقلیه استفاده می شود.

از روغن استرهای طبیعی که دانه های گیاهی تهیه می شوند، نیز در دهه 1890 در ترانسفورماتورها استفاده می شد. این استرها هیچ مزیتی از لحاظ اقتصادی و کارآیی، نسبت به روغن های معدنی ندارند. علاوه بر این، استرهای طبیعی، از مقاومت کمتری در برابر اکسید شدن، نسبت به روغن های معدنی، برخوردارند. بنابراین دلایل در حال حاضر از استرهای طبیعی در ترانسفورماتورها استفاده نمی شود.

روغن ترانسفورماتور

از پالایش نفت خام، روغن های معدنی ترانسفورماتور تولید می گردد. پالایش، عنوانی است که به کلیه فرآیندهای استفاده شده در تبدیل نفت خام به روغن با خواص لازم برای کاربردهای ویژه اطلاق می گردد. نفت خام استفاده شده و روش پالایش بکار رفته تعیین کننده خواص محصول نهایی است. بسته به نفت خام مورد استفاده، روغن ترانسفورماتور می تواند پارافینیک یا نفتانیک باشد.

پایش و نگهداری روغن های در حال بهره برداری ترانسفورماتورها





روغن نفتانیک برای استفاده در داخل ترانسفورماتور ارجح می باشد، چرا که این گونه روغن ها در دماهای پایین دارای خواص مناسب بوده و قدرت حل کردن فرآورده های اکسیداسیون را به خوبی دارا می باشد، که باعث ممانعت از رسوب نمودن لجن برسیم پیچها و انسداد مسیرهای عبور روغن می شود پایداری روغن در برابر اکسیداسیون که تابعی از میزان آنتی اکسیدان های موجود در روغن است، عامل تعیین کننده ای در افزایش عمر می باشد. بعضی از روغن ها به صورت طبیعی حاوی این مواد بوده و فرآیندهای پالایش می توانند آنها را افزایش دهند. به روغنهایی که از نظر آنتی اکسیدان های طبیعی دارای نقصان بوده، یا روغنهایی که قرار است طول عمر بالاتری داشته باشند، بازدارنده های مصنوعی اضافه می شود. مرسوم ترین نوع این بازدارنده ها ¹(DBPC) و ²(DBP) می باشند.

روغنهای همراه با بازدارنده و روغنهای بدون بازدارنده هر دو بر اساس استانداردهای روغن عرضه می شوند، به عنوان نمونه می توان به استانداردهای IEC60296 (مشخصات روغن معدنی استفاده نشده ترانسفورماتور جهت استفاده در ترانسفورماتور و کلید فشار قوی)، یا استاندارد ASTMD3489 (مشخصات استاندارد برای روغن عایقی معدنی قابل استفاده در تجهیزات الکتریکی) یا استانداردهای خاص نام برد. پس از آنکه تجهیزات از روغن پر گردید، روغن موجود در آنها تحت عنوان بهره برداری شده طبقه بندی می گردند. برای بررسی کیفیت روغن مورد بهره برداری و شرایط آن برای استفاده آتی، استانداردهای مختلفی به کار برده می شوند. مرسوم ترین استاندارد به کار برده شده برای ارزیابی روغن مورد بهره برداری IEC 60296 (دستورالعمل نظارت و نگهداری برای روغنهای معدنی ترانسفورماتور در تجهیزات الکتریکی) می باشد. اگرچه استانداردهای ملی و استانداردهای مورد نظر مشتری نیز قابل استفاده می باشند.

عملکرد روغن

روغن ترانسفورماتور دارای نقش های اصلی و فرعی است، نقشهای اصلی روغن شامل عایقکاری و خنک کنندگی است و نقشهای فرعی روغن شامل جلوگیری از انتشار صدا، جلوگیری از آلودگی و رطوبت به سیم پیچها و جلوگیری از زنگ زدگی هسته می باشد. برای اینکه روغن بتواند نقشهای اصلی خود را بخوبی انجام دهد می بایست از لحاظ عایقی مطلوب و از طرف دیگر سیال و روان باشد. بطور کلی دلایل اصلی بکار بردن روغن در ترانسفورماتورها را می توان بصورت زیر خلاصه نمود:

- 1-Di-Tertiary-Buty-phenol
- 2-Di-Tertiary-Buty-paracresol





- عایق کاری الکتریکی
- خاموش کردن جرقه الکتریکی
- جلوگیری از خوردگی مواد عایق و قسمت های فلزی
- آب بندی و جمع آوری و حمل مواد ناخالصی ناشی از عملکرد ترانسفورماتور به خارج از محیط سیستم
- طول عمر زیاد تر و تضمین پایداری شیمیایی برای ترانسفورماتور
- کنترل درجه حرارت داخلی ترانس و انتقال حرارت
- خنک کاری ، حمل گازها، حفظ عایق کاغذی

برخی خواص مورد انتظار یک روغن ترانس و یا یک روغن کلید خوب:

استقامت دی الکتریک یا ولتاژ شکست	بالا
قابلیت انتقال حرارت	خوب
ویسکوزیته	کم
نقطه ریزش	پایین
نقطه اشتعال	بالا
تمایل به اکسیداسیون و تولید لجن	کم
ضریب تلفات عایقی	پایین
مقاومت مخصوص	زیاد
ولتاژ ضربه	بالا
تاثیر بر مواد پلاستیکی	کم
خاصیت الکترواستاتیکی در هنگام عبور	کم

انواع روغن ترانس

روغن ترانس از نظر پایه به دو نوع معدنی و غیرمعدنی دسته بندی می شود:

الف - معدنی شامل: پارافینیک و نفتنیک

ب - غیرمعدنی شامل: آسکارل، سیلیکانی و گیاهی

اگر چه روغن آسکارل کلیه مشخصات یک روغن خوب را داراست (بسیار خوب) ولی به علت سرطانزا بودن از

سال 1970 استفاده از آن ممنوع شده است





مشخصات روغن آسکارل

- پایداری اکسیداسیون بسیار خوب
- نقطه اشتعال بسیار بالا
- ثابت دی الکتریک خوب
- ولتاژ شکست و فیلتراسیون تقریباً نزدیک روغن های معدنی
- چگالی روغن آسکارل خیلی بیش از آب (ویژگی منفی)

مزایای روغن های سیلیکونی

- نقطه اشتعال نسبتاً خوب
- قدرت عایقی پایین تر از روغن های آسکارل
- ظرفیت حرارتی پایین تر
- ضریب انبساط حرارتی بالا
- نامناسب بودن قدرت عایقی

مزایای روغن های استر (گیاهی)

- دارای نقطه اشتعال بالا
- عدم تهدید محیط زیست
- دارای ضریب تلفات عایقی بالا

توانایی حل کردن خیلی خوب آب در خود (اگر روغن بتواند آب را در خود حل کند ویژگی مثبت آن است، چرا که آب حل نشده در روغن جذب کاغذ می گردد).

مزایای روغن های معدنی

- کارایی مناسب
- قیمت خوب
- ویسکوزیته پایین برای انتقال گرما
- خصوصیات حرارتی خوب در دماهای پایین
- مقاوم در برابر اکسیداسیون

در حال حاضر روغن های سیلیکونی و آسکارل از چرخه مصرف خارج شده اند.

پایش و نگهداری روغن های در حال بهره برداری ترانسفورماتورها





انواع روغن ترانس از نظر ترکیبات

- پارافینیک (ترکیبات زنجیره ای)
- نفتانیک (ترکیبات حلقوی)
- آروماتیک (ترکیبات بنزنی)

مزایا و معایب نفتانیک و پارافینیک در ترانس های قدرت

- پارافینیک ها: واکس بالا، در سرما ژله ای و کریستالی می شوند و مناسب نیستند، پایداری حرارتی پایین تر از نفتانیک ها دارند.
- نفتانیک ها: محصولات اکسیداسیون (به خصوص لجن) را به خوبی در خود حل می کند، بخار کمتری دارد، واکس ندارد. حلقه های بنزنی در آروماتیک ها در خواص روغن بسیار تعیین کننده اند.

دلایل حذف ترکیبات آروماتیک از روغن ترانس

- افزایش ولتاژ ضربه در اثر کاهش ترکیبات آروماتیک
 - افزایش تولید گاز در اثر کاهش ترکیبات آروماتیک (چون که پلی آروماتیکها گاز جذب می کنند)
 - کاهش امکان ایجاد صاعقه داخل روغن در اثر کاهش ترکیبات آروماتیک (روغن داخل ترانس حرکت می کند، باردار می شود و تولید صاعقه می نماید)
 - ترکیبات آروماتیک سرطانزا هستند.
- روغن های ترانس باید از نوع نفتانیک باشد، اگر چه برخی تولید کنندگان مبادرت به تولید روغن ترانسفورماتور با پایه پارافین (پارافینیک) می کنند ولی باید توجه داشت که روغن های مذکور از کارایی کمتری برخوردار می باشند.
- خواص عمده روغن ترانسفورماتور از نظر ارزیابی و قابلیت سرویس دهی آن به شرایط محیط بهره برداری از آن بستگی دارد. قبل از انتخاب روغن باید شرایط سرویس و مکان مورد استفاده را ملاحظه نمود.

دلایل حذف ترکیبات آروماتیک از روغن ترانس

- افزایش ولتاژ ضربه در اثر کاهش ترکیبات آروماتیک
- افزایش تولید گاز در اثر کاهش ترکیبات آروماتیک (چون که پلی آروماتیکها گاز جذب می کنند)
- کاهش امکان ایجاد صاعقه داخل روغن در اثر کاهش ترکیبات آروماتیک (روغن داخل ترانس حرکت می کند، باردار می شود و تولید صاعقه می نماید)
- ترکیبات آروماتیک سرطانزا هستند.

پایش و نگهداری روغن های در حال بهره برداری ترانسفورماتورها





روغن های ترانس باید از نوع نفتانیک باشد، اگر چه برخی تولیدکنندگان مبادرت به تولید روغن ترانسفورماتور با پایه پارافین (پارافینیک) می کنند ولی باید توجه داشت که روغن های مذکور از کارایی کمتری برخوردار می باشند. خواص عمده روغن ترانسفورماتور از نظر ارزیابی و قابلیت سرویس دهی آن به شرایط محیط بهره برداری از آن بستگی دارد. قبل از انتخاب روغن باید شرایط سرویس و مکان مورد استفاده را ملاحظه نمود.

مهمترین عوامل موثر بر خواص و شرایط روغن

- تغییرات درجه حرارت محیط، بار سیستم و سطوح مورد استفاده، آلودگی و ناخالصی های موجود، امکان حضور هوا و نفوذ آن در سیستم روغن، فضا و موقعیت نصب ترانس از لحاظ حریق و ... و عملیات و نحوه نگهداری واحدها

عوامل خرابی روغن ترانس :

- نفوذ رطوبت و آب، درجه حرارت بالا، اکسیداسیون و اسیدی شدن روغن، وارد شدن ذرات معلق و ناخالصی در روغن، ترکیبات پلی آروماتیک، چسب بین لایه های عایق کاغذی (فنل تری آزول)

دسته بندی تست های روغن ترانسفورماتورها

الف - تست های کنترل کیفی

Total Acid Number	اسیدیته
Corrosive Sulfur	سولفور خورنده
Oxidation Stability	پایداری اکسیداسیون
Water Content in the paper	تعیین آب در عایق کاغذی
Degree Of Polymerization (DP)	تخمین درجه پلیمریزاسیون
PBC Content	آلودگی آسکارل
Color	رنگ
Furfural	فوران (فورفورال)
Inhibitor	آنتی اکسیدانت
Cloud Point	نقطه ابری شدن

Appearance	ظاهری
Viscosity@40°	ویسکوزیته در 40 درجه سانتیگراد
Viscosity@30°	ویسکوزیته در 30 درجه سانتیگراد
Water Determination by Karl Fischer	کارل فیشر
Dielectric Dissipation Factor (DDF)	ضریب تلفات عایقی
Inter facial Tension (IFT)	کشش سطحی
Flash Point (... Cup)	نقطه اشتعال بسته
Pour Point	نقطه ریزش
Break Down Voltage	ولتاژ شکست (قدرت عایقی)
Density	دانسیته
Specific Gravity	وزن مخصوص

پایش و نگهداری روغن های در حال بهره برداری ترانسفورماتورها





ب- گاز کروماتوگرافی

طبقه بندی خواص روغن

خواص روغن ها در سه حالت کلی عبارتند از خواص: فیزیکی، الکتریکی و شیمیایی

خواص فیزیکی:

وضعیت ظاهری، گرانروی، نقطه اشتعال در محیط بسته، دانسیته یا چگالی، نقطه ریزش و رنگ می باشند.

وضعیت ظاهری

با اینکه این آزمون بیشتر کیفی می باشد تا کمی، لیکن در کنار آزمایش رنگ، میتواند نشانگر مفیدی از تخریب روغن باشد.

گرانروی

گرانروی روغن اهمیت خاصی در خنک کنندگی ترانسفورماتور دارد. هرچه گرانروی پایینتر باشد خنک کنندگی بهتر صورت می گیرد. افزایش دما گرانروی را کاهش می دهد. در صورتی که با تغییر دما، گرانروی تغییرات کمی داشته باشد، شاخص گرانروی (VI) بالا بوده، حال آنکه تغییرات زیاد گرانروی بر اثر تغییرات دما، نشاندهنده پایین بودن شاخص گرانروی است. در کاربرد های روانکاری، روغن هایی با شاخص گرانروی بالا کارآیی بهتری دارند اما از نقطه نظر خنک کنندگی شاخص گرانروی پایین ارجح است، چرا که گرانروی پایین تر در دمای کار تجهیز، خنک کنندگی بهتری را ایجاد می نماید. در جدول شماره یک، دو نوع روغن که یکی نفتائیک و دیگری پارافینیک با گرانروی یکسان در دمای 40 درجه سانتیگراد مقایسه شده است. استفاده از روغن هایی با گرانروی بالا هیچگونه امتیازی ندارد. چراکه هر چقدر گرانروی بالاتر باشد قدرت خنک کنندگی کاهش می یابد. این مسئله باعث افزایش دمای کار ترانسفورماتور، تلفات بالاتر و در نهایت تخریب سریعتر روغن و سلولز خواهد شد. از این رو استفاده از روغن با پایه نفتائیک در ترانسفورماتور ارجح است. در ویرایش جدید استاندارد IEC 60296 و همچنین استاندارد ASTM D3487 تنها یک کلاس برای گرانروی روغن ترانسفورماتور با حداکثر 12 سانتی استوک در 40°C ذکر شده است. روغنهایی که امروز مورد استفاده قرار می گیرند، در حدود 9-10mm²/s دارند.

روغن ترانسفورماتور بر اساس IEC60296	پارافینیک با VI بالا	نفتائیک با VI پایین
گرانروی در 70 با واحد mm ² /s	4/2	3/4

(جدول شماره یک)





نقطه اشتعال

درجه حرارتی است که در آن درجه حرارت روغن به اندازه ای تبخیر می شود که با نزدیک کردن یک شعله به سطح روغن، جرقه ای در آن ایجاد می گردد. برای جلوگیری از تلفات اضافی روغن توسط تبخیر، نقطه اشتعال باید ثابت نگهداشته شود، به منظور رعایت اصول ایمنی نقطه اشتعال روغن باید بالا در نظر گرفته شود. البته چون درجه حرارت روغن در زمان سرویس و بهره برداری خیلی پائین تر از نقطه اشتعال مجاز می باشد، اختلاف کوچک در مقدار نقطه اشتعال اهمیت چندانی نخواهد داشت.

نقطه اشتعال در استاندارد IEC60296 برای روغن ترانسفورماتور حداقل 135°C و برای روغن کلید حداقل 100°C می باشد.

چگالی

دانستن چگالی روغن به منظور محاسبه وزن کل ترانسفورماتور و همچنین از نقطه نظر ممانعت از شناور شدن یخ در دمای پایین (در مناطق سردسیر) اهمیت دارد. این اتفاق زمانی می افتد که آب آزاد موجود در روغن منجمد شده و در هنگام راه اندازی ترانسفورماتور می تواند ایجاد خطا نماید. روغن های حاوی آروماتیک نسبت به روغن هایی که مولکول های آنها نفتانیک یا پارافینیک است، چگالی بالاتری دارند. دانسیته براساس روش استاندارد ISO 3675 اندازه گیری می شود. تعیین دانسیته با روش استاندارد ISO12185 نیز قابل قبول است. مقدار حداکثر دانسیته در دمای 20 درجه سانتیگراد 0,895 گرم بر سانتیمتر مکعب می باشد.

نقطه ریزش

نقطه ریزش کمترین دمایی است که روغن در آن دما هنوز جریان دارد. به طوری که در مواردی که سیستم از سرویس خارج می شود و شرایط محیط سرد باشد هیچ گونه امکان یخ زدن روغن نباشد. اگر تامین کننده روغن از ادتیو کاهش دهنده نقطه ریزش استفاده نموده باشد باید آن را به اطلاع مصرف کننده روغن برساند. نقطه ریزش را باید براساس روش استاندارد ISO3016 اندازه گرفت. نقطه ریزش برای روغن ترانسفورماتور ماکزیمم 40- و برای روغن کلید 60- درجه سانتیگراد می باشد. لازم به ذکر است که همواره نقطه ریزش باید 10 درجه پایین تر از حداقل دمای محیط باشد.

رنگ

یکی از پارامترهایی که با مشاهده آن می توان به زوال روغن پی برد، رنگ ظاهری روغن است. بدین ترتیب از ظاهر و حتی بوی روغن می توان به میزان کارکرد روغن پی برد. جزء خصوصیات اساسی و پایه ای نیست اما ممکن است برای ارزیابی نسبی مفید باشد. افزایش سریع یا مقدار بالای عدد رنگ ممکن است نشانه هایی از زوال و یا آلودگی روغن باشد.





خواص الکتریکی

گروه دیگری از مشخصات روغن مربوط به آزمایش های الکتریکی روغن می باشد که استفاده روغن را به عنوان یک عایق خوب مشخص کرده و علاوه بر آن شرایط فیزیکی روغن را تعیین می نماید. تحمل الکتریکی روغن به طور خیلی زیاد تحت تاثیر ناخالصی های موجود در روغن می باشد. بنابراین این خواص الکتریکی روغن باید به طور مرتب آزمایش شود این مشخصات عبارتند از استقامت دی الکتریک، ضریب تلفاتی عایقی و مقاومت مخصوص.

استقامت دی الکتریک یا ولتاژ شکست عایقی

توانایی مقاومت تجهیزات الکتریکی در برابر استرس الکتریکی را ولتاژ شکست می نامند. ولتاژ شکست باید به روش استاندارد IEC60156 اندازه گیری شود. برای استفاده از روغن ترانسفورماتور به عنوان عایق، روغن باید عاری از رطوبت و ذرات معلق ناخالصی ها باشد. پایین آمدن مشخصه دی الکتریک ناشی از رطوبت و اجسام خارجی، باعث کم شدن ولتاژ شکست عایقی روغن می شود. استقامت دی الکتریک مهمترین مشخصه الکتریکی روغن محسوب می شود. بنابراین روغن باید عاری از هر گونه ناخالصی و به ویژه آب باشد.

روغن نو به دلیل پالایش دقیق آن تقریباً عاری از آب و ناخالصی ها است و از این جهت نگهداری آن اهمیت ویژه ای دارد. ناخالصی ها عمدتاً شامل: پوسته های فاسد شده پوشش تانک روغن، ذرات فیبر و کاغذ عایقی، ذرات روغن فاسد شده در سرویس و ... می باشد. ذرات آب جذب شده نیز در نتیجه رطوبت موجود در مخازن ذخیره و تاسیسات ترانسفورماتور و یا از طریق نفس کشیدن ترانسفورماتور و حتی به واسطه عمل اکسیداسیون روغن ایجاد می گردد.

جذب رطوبت توسط روغن، استقامت دی الکتریک آن را به میزان قابل ملاحظه ای پایین آورده و تلفات عایقی آن را بالا می برد به دلیل امکان جذب رطوبت در حمل و نقل روغن، ذخیره سازی و شارژ روغن در مراحل نصب و بهره برداری باید استقامت دی الکتریک روغن های نو بیش از حد مجاز تعیین شده در جدول استاندارد در نظر گرفته شود.

ضریب تلفات عایقی (DDF- tan delta)

ضریب تلفات عایقی، همواره یکی از پارامترهای ذکر شده در استانداردهای روغن ترانسفورماتور می باشد. تانژانت دلتا به مقدار مولکول های یونی و قطبی در داخل روغن بستگی داشته و نقش کوچکی در جهش حرارتی روغن ترانسفورماتور در حال کار ایفا می کند. در صورت پالایش خوب روغن مقدار تانژانت دلتا کم می شود، اما این پارامتر به آلودگی (مانند روغن موتور) بسیار حساس می باشد. مقادیر بسیار کم از این آلودگیها حتی در مقیاس ppm مقدار این پارامتر را تا محدوده غیر قابل قبول افزایش می دهد. آب به تنهایی تاثیری بر این پارامتر ندارد، اما می تواند همراه با فرآورده های جانبی اکسیداسیون





یا دیگر ناخالصی ها در شکل گیری ترکیبات پایدار سهیم شده و سبب افزایش مقدار تانژانت دلتا گردد. DDF را باید به روش استاندارد IEC60120 در 90 درجه سانتیگراد و یا به روش استاندارد IEC60427 اندازه گیری نمود. در مواردی که تردید وجود داشته باشد، باید به روش IEC60427 انجام شود.

مقاومت مخصوص

نشان دهنده کیفیت الکتریکی روغن و کارایی روغن عایقی می باشد سنجش مقاومت الکتریکی روغن نیز مانند اندازه گیری ضریب تلفات مبین کیفیت روغن می باشد. در زمان باردهی برخی از ترانسفورماتورها تنش های الکتریکی زیادی پیش می آید و از این نظر قابلیت مقاومت الکتریکی روغن در ارزیابی روغن متداول شده است.

خواص شیمیائی

مشخصه های شیمیایی روغن ترانسفورماتور به طور کلی عبارتند از مقدار سولفور خورنده، مقدار آب محلول در روغن و پایداری روغن در مقابل اکسیداسیون که خود شامل اسیدیته کل و لجن ته نشینی در روغن است می باشد. قبل از پرداختن به این مشخصات داشتن یک دید کلی از ساختمان مولکولی و شیمیایی روغن نفتی جهت اطلاع از فرایندهای شیمیایی روغن از قبیل اضافه کردن مواد ضد اکسیدکنندگی، مخلوط کردن روغن ها، تصفیه ی شیمیایی روغن و ... بسیار مفید خواهد بود.

گوگرد خورنده

میزان گوگردی که در روغن پالایش شده وجود دارد به میزان و روش تصفیه نفت خام بستگی دارد. بعضی از ترکیبات حاوی گوگرد در روغنها تا اندازه ای در اکسیداسیون روغن فعال می باشند. بدین معنی که فرآیند واکنش با پروکسید های شکل گرفته متوقف شده و زنجیره واکنش اکسیداسیون شکسته می شود. به طور کلی هنگام طراحی روغن ترانسفورماتور دو ویژگی وجود دارد که متضاد هم عمل می کنند: پایداری خوب در برابر اکسیداسیون، بر پایه ترکیبات طبیعی در برابر اثر متقابل کم بر مس و نقره بکار رفته در ترانسفورماتور.

تجارب مرتبط با معیوب شدن ترانسفورماتورها یا راکتورها در فواصل سالهای 2000 تا 2006 انجام بیشتر آزمونهای خوردگی را اجباری نمود. امروزه روشهای تست به وسیله استانداردهای (IEC62535) و (ASTM D1275B) استاندارد شده اند.

از سال 2007 روغن هایی که توسط تولید کنندگان مهم عرضه شده اند، منطبق با آزمونهای جدید گوگرد خورنده می باشند. برای روغن های در حال بهره برداری، Cigre در حال تهیه و تدوین دستورالعملی برای آزمون و اقدامات اصلاحی در این خصوص است.

پایش و نگهداری روغن های در حال بهره برداری ترانسفورماتورها





اما به صورت خلاصه موارد ذیل در این خصوص پیشنهاد می شوند:

- طبقه بندی ریسک تجهیز با توجه به: دمای بالا بر اثر درجه حرارت محیط یا بار، ولتاژ بالا، هادی های بدون روکش و

اکسیژن با غلظت کم در روغن

- آزمایش روغن با یکی از دو روش یاد شده

- اگر نتایج نشاندهنده وجود خوردندگی در ترانسفورماتور باشد، انجام یکی از اقدامات اصلاحی به شرح ذیل:
- اضافه نمودن پسیواتور به روغن (Passivate) و حفظ سطح ماده پسیواتور (Passivator)
- در صورت امکان تصفیه شیمیایی روغن یا تعویض آن با روغن بدون خوردندگی، رهنمودها با جزئیات بیشتر در استاندارد IEC 60422 وجود دارد.

رطوبت

در طول مدت زمان بهره برداری و کار روغن به دلایل مختلف، مشخصات روغن در ترانسفورماتور تغییر می کند. یکی از عوامل این تغییرات جذب رطوبت می باشد. جذب رطوبت توسط روغن استقامت الکتریکی آن را به میزان قابل ملاحظه ای کاهش داده و تلفات عایقی را افزایش می دهد. در نتیجه نقش عایقی روغن تحت تاثیر سوء آن واقع می شود، بدین لحاظ ثبت و اندازه گیری مقدار رطوبت روغن از مشخصات شیمیایی آن تلقی می شود. استقامت الکتریکی روغن به میزان زیاد بستگی به مقدار رطوبت آن دارد. اندازه گیری رطوبت روغن باید با روش تست IEC 60814 انجام شود و حداکثر 30ppm تا 40ppm باشد.

پایداری در برابر اکسیداسیون

مقاومت روغن در برابر اکسید شدن یکی دیگر از مشخصات مهم آن می باشد. برای شناخت این خاصیت باید، مقدار عدد خنثی سازی و مقدار لجن موجود در روغن بررسی شود.

روغن ترانسفورماتور به دو صورت تولید می شود، روغن همراه با مواد بازدارنده (Inhibited Oil) و روغن بدون مواد بازدارنده (Uninhibited Oil) در واقع، تمامی روغن ها دارای مواد بازدارنده می باشند. بدین معنی که به روغن های همراه با مواد بازدارنده، ترکیبات سنتزی افزوده می شود، که مهمترین آنها فنول (Phenolic inhibitor) می باشد که تخریب کننده رادیکالهای آزاد است و روغن های بدون مواد بازدارنده حاوی بازدارنده های طبیعی هستند

که تخریب کننده پروکسید است. بیشتر روغن های استفاده شده در دنیا از نوع مجهز به مواد بازدارنده فنولیک (Phenolic inhibitor) می باشند. پایداری اکسیداسیون با روش تست: IEC 61125 (method c) انجام و در آن میزان عدد اسیدی حداکثر 2/1 mg KOH/gr لجن حداکثر 0/8 درصد می باشد. زمان انجام این تست برای روغن (U) 164 ساعت، برای روغن (T) 332 ساعت و برای روغن (I) 500 ساعت می باشد.





اسیدیته

اندازه گیری اسیدیته کل روغن، مناسب ترین و سریع ترین راه ارزیابی تشخیص عدم تشکیل اسید و یا وجود اسید به منظور ضرورت احیاء یا تعویض روغن ترانسفورماتور می باشد.

عدد اسیدی مشخص کننده میزان اسیدهای آزاد آلی و غیر آلی موجود در روغن بوده و بر حسب میلی گرم پتاس مورد نیاز برای خنثی کردن کل این اسیدهای آزاد در یک گرم روغن بیان می شود. اکسیداسیون روغن نتیجه واکنش بین هیدروکربن های موجود در روغن و اکسیژن می باشد. اکسیژن ممکن است به واسطه تماس روغن با هوای محیط در ضمن تنفس، یا همان دم و بازدم ترانسفورماتور به صورت اتمسفری بوده و یا ممکن است به علت گاز زدائی ناقص از روغن به صورت حل شده در آن باقی مانده باشد، همچنین اکسیژن می تواند از اثر حرارت بر عایق سلولوزی به وجود آمده باشد. اکسیداسیون روغن یک واکنش زنجیره ای بوده که در اثر آن اسیدهای آلی و لجنی تشکیل می شود. روغن استفاده نشده باید عاری از هر گونه ترکیبات اسیدی باشد. مقدار اسیدیته باید با روش استاندارد IEC62021-1 اندازه گیری شود. اسیدیته روغن نو باید حداکثر 0/01 mg Koh/gr و در روغن های کار کرده برای ترانس های کوچک تا 0/3 و برای ترانس های بزرگ تا 0/15 باشد. اسیدیته روغن ترانس را در برابر گرما و اکسیژن ناپایدار و سرعت پیری را چند برابر می کند.

افزودن مواد ضد اکسیداسیون در روغن (میزان آنتی اکسیدانت)

اضافه کردن مواد بازدارنده اکسیداسیون علاوه بر افزایش مقاومت روغن در برابر اکسید شدن نقش کاتالیزوری فلزات مانند مس سیم پیچ ها را در عمل اکسیداسیون خنثی می نماید.

بنابراین مواد باز دارنده به صورتی انتخاب می گردند که مشخصات اصلی روغن را برای مدت طولانی زمان بهره برداری از آن حفظ نمایند. این زمان که در پایان آن اسیدیته روغن شروع به ظاهر شدن می نماید را دوره القایی می گویند. بعد از پایان این دوره روغن از مواد باز دارنده عاری می شود و فساد روغن شروع می شود و پیشروی آن درست مانند روغنی است که از ابتدا بدون ماده باز دارنده بوده است. از سال 1979 میلادی مصرف مواد افزودنی به مقدار کم جهت کاهش میزان اکسیداسیون اهمیت ویژه ای در صنعت ساخت روغن های عایق پیدا نمود در مورد روغن ترانسفورماتور به علت شرایط خاص این روغن، از جمله زمان بهره برداری نسبتاً طولانی و شرایط کاربرد متعدد آنها، لزوم بررسی اثر و قابلیت این مواد و تعریف حد استاندارد برای آن کاری طولانی و بس دشوار می نمود و مجوز بکار بردن مواد آنتی اکسیداسیون با احتیاط صادر می شد. با مرور زمان آزمایش های متعددی در آزمایشگاه انجام گردید و کارائی روغن ها در اعم موارد مورد بررسی قرار گرفت و بر حسب نتایج حاصله، استفاده از روغن های محتوی آنتی اکسیداسیون اکنون رو به افزایش است. مواد آنتی اکسیداسیون را بر حسب مکانیسمی که برای واکنش های اکسیداسیون محتمل است به دو گروه می توان تقسیم نمود:

آنتی اکسیداسیون های مستقیم: این گروه واکنش های زنجیره ای اکسیداسیون را شکسته و از فعالیت پراکسیدها

جلوگیری می کند.





آنتی اکسیداسیون های غیرمستقیم: این گروه فلزات را که به عنوان کاتالیست واکنش اکسیداسیون محسوب می شوند از فعالیت باز داشته و یا حتی خنثی می کند.

روش تست برای تعیین میزان آنتی اکسیدانت موجود در روغن IEC60666 که به ترتیب برای روغن Uninhibited (u) هیچ افزودنی آنتی اکسیدان نباید وجود داشته باشد و روغن ترانسفورماتورها در ایران از این نوع هستند. برای روغن (T) trace inhibited ماکزیموم 0/08 درصد و برای روغن inhibited (I) 0/08 الی 0/4 درصد در نظر گرفته شده است.

کشش بین سطحی

کشش بین سطحی بین روغن و آب، اطلاعاتی در مورد شناسایی آلودگی های قطبی حل شده و مواد حاصل از فرسودگی به ما می دهد. این خاصیت به سرعت در طی اولین مرحله از فرسودگی تغییر می کند، اما وقتی فرسودگی هنوز متعادل باشد این مراحل قطع می گردد.

کاهش سریع IFT همچنین ممکن است نشانه ای از مشکلات سازگاری بین روغن و بعضی مواد ترانسفورماتور، واشرها، آب بندها، وارنیش ها و لاک ها (varnishes, gaskets) بوده و یا آلودگی های تصادفی در حین پر کردن روغن باشد. در هر حال روغن هایی که دارای IFT نزدیک یا پایین تر از مقادیر مجاز را دارند باید بیشتر مورد رسیدگی و بررسی قرار گیرند. در ترانسفورماتورهایی که اضافه بار دارند فرسودگی قطعات سریع تر و IFT یک عامل جهت شناسایی فرسودگی به حساب می آید. کشش سطحی داخلی با روش تست ISO 6296 انجام و برای روغن نو مینیمم 40 mN/m و برای روغن کار کرده حداقل 24 توصیه شده است. کم بودن میزان کشش سطحی به معنای حضور ناخالصی در روغن می باشد.

سایر تست های روغن

آب در عایق کاغذی ترانس

با استفاده از منحنی موریس مشروط به داشتن دمای روغن در زمان نمونه گیری، می توان با دانستن مقدار آب در روغن، مقدار آب در کاغذ را به دست آورد.

تعیین درجه پلیمریزاسیون عایق کاغذی ترانس

DP (Degree of Polymerization) نباید از 200 کمتر باشد. رسیدن DP کاغذ به مرز 200 وقتی اتفاق می افتد که کاغذ کهنه شده باشد. لازم به توضیح است که انجام تست تعیین درجه پلیمریزاسیون مشروط به انجام تست فوران می باشد.





فوران (فورفورال)

اگر گاز CO در نمونه روغن زیاد باشد باید تست فورفورال انجام داد اگر نتیجه تست فورفورال کوچک تر از 0/05 ppm وزنی باشد عایق کاغذی مشکل ندارد، اما اگر چنانچه بیش از 0/05 ppm باشد نشانه ایجاد مشکل در عایق کاغذی است.

آسکارل: Polychlorinated biphenyls (PCBs)

پلی کلریدهای بی فنیل خانواده ای از هیدروکربن های آروماتیک می باشند که به صورت مصنوعی با کلر ترکیب شده اند. این مواد بدلیل خواص خوب شیمیایی و حرارتی و الکتریکی در گذشته کاربرد تجاری زیادی داشته اند. این در حالیست که بدلیل اثرات زیست محیطی استفاده از آنها از حدود سالهای 1970 به بعد محدود گردید و از سال 1986 استفاده از آنها در تجهیزات جدید ممنوع شده است. دلیل این مسئله اینست که این مواد از لحاظ شیمیایی بسیار پایدار بوده و به سادگی در محیط زیست تجزیه نمی شوند.

آلودگی روغن معدنی ترانسفورماتور با PCBs به دلیل استفاده هم زمان وسایل حمل و نگهداری روغن شایع و گسترده می باشد، بنابراین انجام آزمایش لازم و ضروری می باشد.

روغن تجهیزات جدید باید تست شوند تا از عدم وجود PC در آن اطمینان حاصل شود. همچنین روغن پس از هر وضعیتی که امکان ورود این نوع آلودگی وجود داشته باشد، مثل تعمیر ترانسفورماتور باید مورد تست قرار گیرد. هر زمان مقدار PCBs از حدود تعریف شده در قوانین، تجاوز نمود باید اقدامات اصلاحی لازم را انجام داد.

شمارنده ذرات: (PC)

حضور ذرات در روغن ترانسفورماتورها ممکن است به چند دلیل باشد. به هنگام تولید در کارخانه، ناشی از فیلتراسیون ضعیف، ضعف و پیری مواد جامد ممکن است ذراتی را در طی مدت سرویس دهی تولید کند. ناشی از اضافه حرارت در یک نقطه، ضعف در رفتار پمپهاست. اثر ذرات معلق بر نیروی دی الکتریک روغن به نوع ذرات (فلزی، فیبرها، لجن و ...) و مقدارشان بستگی دارد. بعضی از خطاهای ترانسفورماتورهای ولتاژ بالا مربوط به آلودگی ذرات می باشد. روش تست استاندارد ISO 4406 می باشد.

گاز کروماتو گرافی: (Gas Chromatography)

TCG: Total Combustible Gas= H₂+Co+C₂H₂+C₂H₆+C₂H₄+CH₄

TG: Total Gas= TCG+O₂+N₂+Co₂





اسیتیلن	C2H2	قابل احتراق تولید از داخل
ازت	N2	از بیرون
هیدروژن	H2	قابل اشتعال تولید داخل
اکسیژن	O2	از بیرون
منواکسید کربن	Co	گاز تولید داخل
گاز کربنیک	Co2	یا از داخل و یا از بیرون
متان	CH4	قابل احتراق تولید از داخل
اتان	C2H5	قابل احتراق تولید از داخل
اتیلن	C2H4	قابل احتراق تولید از داخل

اهداف تست گاز کروماتوگرافی

ردیابی گازهای محلول در روغن راهی برای کشف خرابی پیش از ایجاد مشکل و هزینه می باشد از این رو انجام تست گاز کروماتوگرافی: بهترین تست برای تعیین در معرض خطر بودن و یا نبودن ترانسفورماتور قدرت است. برای جلوگیری از خروج غیر برنامه ریزی شده ترانسفورماتور از مدار امری ضروریست. برای کاهش ریسک و افزایش قابلیت اطمینان ابزاری مناسب می باشد.

روش های مختلف تحلیل گازهای محلول در روغن

استانداردهای IEC 60599 , IEEE57

- روش گازهای کلیدی
- روش راجرز (آمریکائی)
- روش دورنبرگ (آلمانی)
- روش مثلث دوال (فرانسوی)

روش گازهای کلیدی

روش کاملاً دقیقی محسوب نمی شود. اما اگر یک گاز به عنوان گاز کلیدی باشد، می توان خرابی را اکثراً از نزدیک

مشاهده نمود.

پایش و نگهداری روغن های در حال بهره برداری ترانسفورماتورها





روش دورنبرگ

وقتی که یکی از گازها دو برابر حداقل آن باشد، می توان از این روش وجداول مربوطه استفاده نمود. این روش قادر به

شناسائی سه نوع خطا می باشد:

- خطای حرارتی
- خطای قوس با انرژی کم
- خطای قوس با انرژی زیاد

از این روش به دلیل محدودیت نشان دادن خطاها، کمتر استفاده می شود.

روش راجرز (قدیمی)

IEEE نیز نسبت گازهای مختلف به یکدیگر چک می شوند و براساس آنها می توان نتایج خاصی را بدست آورد. این

روش هم قدیمی است.

روش IEC60599:

روش استاندارد کاملی است، شش خطا را نشان می دهد که براساس سه نسبت گازهای مختلف می توان به آن رسید.

جداول مشخصی برای این استاندارد وجود دارد.

روش IEEE (روش راجرز جدید)

این روش از همه روش ها مطمئن تر است و کاربردی تر. جداولی دارد که حدود خطا و حد مجاز را تعیین می کند.

دوره های نمونه برداری روغن ترانس در روش راجرز طی جداولی پیشنهاد می شود.

روش مثلث دوال

ابتدا باید دانست که ترانسفورماتور مشکل دارد سپس با تعیین درصد C_2H_4 و C_2H_2 و CH_4 از جدول (مثلث) دوال

استفاده می شود و مشکل ترانسفورماتور پیدا می شود.





پایش وضعیت و نگهداری روغن های در حال بهره برداری

روغن و کاغذ بعنوان مواد عایقی در تجهیزات الکتریکی با سابقه یک قرن مورد استفاده قرار می گیرد. روغن و کاغذ هریک و به تنهایی و بویژه در کنار هم عایق خوبی هستند. این واقعیت در ساینرزی ایجاد شده در ترکیب کاغذ و روغن قابل مشاهده است: استقامت دی الکتریک کاغذ و روغن هر کدام به تنهایی و به ترتیب برابر 40 و 12 کیلوولت بر میلیمتر می باشد، در حالیکه استقامت دی الکتریک ترکیب آنها برابر 64 کیلوولت بر میلیمتر می باشد. روغن و کاغذ حتی در شرایط ایده آل پیر خواهند شد. فرآیند پیری به شرایط کارکرد و طراحی تجهیزات دارد. نرخ پیری معمولاً تابعی از دما، میزان اکسیژن و رطوبت می باشد. هم چنین مواد دیگری در ترانسفورماتور وجود دارند که باعث تسریع در فرآیند پیری روغن می گردند، این مواد شامل مس، رنگ، روکشها (varnish) و دیگر مواد می باشند. مکانیزم پیری روغن مبتنی بر اکسیداسیون می باشد که منتج به شکل گیری اسیدها و مواد قطبی شده می گردد. بعضی از فرآورده های اکسیداسیون مولکولهای بزرگ با حلالیت ضعیف در روغن می باشند، که به شکل رسوب ته نشین می گردند این مواد به نام لجن شناخته می شوند که باعث تخریب بیشتر کاغذ می شوند.

روشهای مختلفی جهت ارزیابی وضعیت روغن و کاغذ وجود دارد. با استفاده از مجموعه آزمونهای تشخیصی، می توان تغییر وضعیت عایق را در دراز مدت پایش نموده و علت این تغییرات را که ناشی از اثرات حرارتی، شیمیایی یا مکانیکی می باشند شناسایی نمود. دانستن نرخ پیری عایق از این جهت مفید است که فرصت می دهد، قبل از اینکه فرآورده های اکسیداسیون باعث آسیب دیدگی کاغذ یا ترانسفورماتور شوند، اقدامات پیشگیرانه لازم بویژه در خصوص روغن، انجام گیرد. از لحاظ اقتصادی تعویض یا تعمیر کاغذ امکان پذیر نیست بهمین دلیل عمر موثر کاغذ تعیین کننده طول عمر ترانسفورماتور می باشد.

پیری روغن ترانسفورماتور

واکنش های اکسیداسیون مهمترین دلیل پیری روغن معدنی ترانسفورماتور می باشد. تنها در دماهای بالاتر از 300 درجه سانتیگراد امکان تخریب حرارتی مولکولهای روغن وجود دارد، ولذا تخریب حرارتی منوط به وجود عیوب حرارتی یا الکتریکی می باشد. فرآورده های اکسیداسیون تاثیر منفی برخواص الکتریکی روغن گذاشته و نقش کاتالیزور را برای سرعت بخشیدن به فرآیند اکسیداسیون روغن ایفا می کنند. اسیدهای کربوکسیلیک (Carboxylic Acid) تولید شده، یا در روغن حل شده یا به سلولز انتقال می یابد. بعضی از فرآورده های اکسیداسیون بزرگ و قطبی بوده و همچنین قابلیت حل شدن آنها در روغن کم است، لذا بصورت لجن رسوب می کنند. لجن رسوب کرده بر قابلیت خنک کنندگی ترانسفورماتور بویژه در کانالهای باریک روغن تاثیر منفی می گذارد.

مواد بازدارنده طبیعی یا مصنوعی اکسیداسیون، فرآیند اکسایش را با تخریب رادیکالهای آزاد یا با ایجاد واکنش با پراکسیدها و ایجاد فرآورده های بی خطر، به تاخیر می اندازد. آزمایش پایداری در برابر اکسیداسیون می تواند بعنوان یکی از آزمونهای تعیین مناسب بودن روغن حال بهره برداری برای استفاده های آتی مورد استفاده قرار گیرد.





تخریب روغن هنگام بهره برداری

در تجهیزات الکتریکی چندین فرآیند وابسته به یکدیگر رخ می دهد که باعث تخریب روغن هنگام بهره برداری می گردد این فرآیندها شامل آلودگی با ذرات معلق، الیاف، آب، فرآورده های اکسیداسیون، تخلیه الکتریکی یا جرقه و افزایش درجه حرارت به علت گرم شدن بیش از حد می باشند.

آب

آب در روغن می تواند محصول اکسیداسیون روغن یا تخریب کاغذ باشد، یا اینکه می تواند در طول سرویس یا تعمیرات یا پروسه تنفس معمولی تجهیز وارد روغن گردد. قابلیت انحلال آب در روغن به دما و میزان PH روغن بستگی دارد. اگر روغن به نقطه اشباع برسد،

آنگاه روغن تیره به نظر رسیده و ممکن است قطرات آب پدیدار گردند. معمولاً 99% از رطوبت موجود در سیستم عایقی موجود در ترانسفورماتورها یا دیگر تجهیزات الکتریکی در کاغذ عایقی وجود دارد. با زیاد شدن رطوبت، عمر متوسط کاغذ عایقی و در نتیجه آن طول عمر تجهیز به طرز قابل ملاحظه ای کاهش می یابد، لذا پایش منظم به منظور تشخیص به موقع عیب و انجام اقدامات لازم، بسیار واجب و ضروری می باشد. آب آزاد را می توان به وسیله بازدید چشمی مشاهده نمود، در حالیکه آب محلول را تنها می توان به کمک آزمونهای آزمایشگاهی تشخیص داد.

لازم به ذکر است آب موجود در سیستم عایقی متشکل از سلولز و روغن، همیشه در حالت تعادلی قرار دارد که به دما وابسته می باشد. به این معنی که آب موجود در کاغذ با افزایش دما به داخل روغن نقل مکان می نماید، و بر عکس. تعادل در مناطق سردتر آهسته تر صورت می گیرد لذا سلولز موجود در قسمت های سردتر ترانسفورماتور خیس تر از قسمت های گرم آن است.

گرچه تاثیر پذیری خواص الکتریکی روغن از آب محلول به خودی خود امری قطعی نیست لکن در صورت وجود آلودگی های دیگر، مخصوصاً از نوع الیاف، خواص الکتریکی روغن به طرز قابل ملاحظه ای کاهش می یابد، در صورت وجود آب آزاد (یعنی زمانی که روغن به حالت اشباع از آب رسیده باشد). نیز این وضعیت تشدید خواهد شد.

ذرات معلق و الیاف

آلودگی روغن با ذرات معلق و الیاف معمولاً هنگام تعمیرات و نگهداری رخ داده، یا اینکه از طریق قسمتهایی از خود تجهیز بوجود آمده و یا بر اثر قوس الکتریکی و فرآورده های تخریبی بر اثر عیب، ناشی می گردد. این آلودگی ها، مخصوصاً در حضور آب، می توانند استقامت الکتریکی روغن را کاهش دهند. همانند آلودگی های ناشی از آب آزاد، بررسی ذرات معلق به دو روش بازدید چشمی برای ذرات بزرگتر و آزمونهای آزمایشگاهی، برای ذرات ریزتر، انجام می گردد.





اکسیداسیون

در هر تجهیزاتی که روغن با هوا در تماس باشد، اکسیداسیون روغن فرآیندی طبیعی است. اگر دمای کار روغن افزایش یابد، آنگاه سرعت این فرآیند نیز افزایش خواهد یافت پایش رنگ، وضعیت ظاهری، اسیدیته، رطوبت، ضریب تلفات دی الکتریک (DDF) و کشش سطحی (IFT) اطلاعات مرتبط با اکسیداسیون را ارائه می نمایند.

شکست الکتریکی

روغن به واسطه گازهای ایجاد شده توسط قوس الکتریکی، مانند کربن، تخریب می گردد. این آلودگیها اکسیداسیون را تسریع نموده و استقامت الکتریکی روغن را کاهش می دهند.

در تجهیزاتی مانند کلیدهای قابل قطع تحت بار (Circuit breaker) یا دایورتر سوئیچ (Tap Changer) (Diverter Switch) خاموش کردن جرقه توسط روغن پیش بینی شده است، لذا تخریب روغن در این تجهیزات امری عادی است. لیکن چنین تخریبی در سایر تجهیزات از قبیل مخزن اصلی ترانسفورماتور یا سلکتور سوئیچ (Selector switch) بیانگر خطای الکتریکی می باشد. با تحلیل گازهای محلول در روغن (DGA) می توان به وجود قوس پی برد.

گرمای بیش از حد (Over Heating)

هرشکلی از گرمای بیش از حد، در یک نقطه یا در کل تجهیز، نرخ اکسیداسیون یا تخریب روغن را تسریع خواهد کرد. با استفاده از آزمایش DGA علائم مرتبط با گرمایش مضاعف را می توان شناسایی نمود.

آزمونهای لازم برای تعیین وضعیت روغن

هدف از آزمایش، پایش وضعیت و اطمینان از شرایط روغن جهت ادامه بهره برداری می باشد. اگر چه تعداد زیادی از آزمایشها بر روی روغن معدنی ترانسفورماتور قابل انجام است لیکن برای تعیین وضعیت روغن در حال بهره برداری آزمایشهای شرح داده شده در ذیل کافی است. بر پایه نتایج بدست آمده از آزمونها، اقدامات اصلاحی لازم صورت خواهد گرفت. در این خصوص استانداردهایی وجود دارد که به عنوان نمونه می توان از استانداردهای IEC60422 (دستورالعمل نظارت و نگهداری برای روغن های معدنی عایقی در تجهیزات الکتریکی) و IEEE C 57.106 (دستورالعمل IEEE برای پذیرش و نگهداری روغنهای عایق در تجهیزات الکتریکی) نام برد.





نمونه برداری، آزمون و ارزیابی

اگر نمونه برداری و آزمایش روغن به طرز صحیح انجام نگردد، صرف وقت و هزینه برای آن بی فایده است. لذا بسیار مهم است که، از آلودگی روغن و ظرف حمل آن در طول نمونه برداری جلوگیری شده و اطمینان حاصل شود که نمونه ها معرف روغن داخل تجهیز باشند. در حالت ایده آل، باید نمونه برداری توسط شخصی با تجربه و آموزش دیده و با استفاده از استانداردهای نمونه برداری از قبیل IEC60475 (روشهای نمونه برداری از مایعات عایقی) یا ASTM D929 نمونه برداری از مایعات عایق الکتریکی) و مطابق با دستورالعمل ها یا رهنمودهای تولید کننده انجام گیرد.

انجام آزمایش توسط آزمایشگاهی با تجربه و با سابقه به همان اندازه مهم است. این مهم را می توان بوسیله استاندارد های کیفی کسب شده توسط آزمایشگاه یا سوابق کاری آن سنجید. در نهایت نتایج باید به وسیله اشخاص مجرب در استفاده در روشهای آماری مورد نیاز، تحلیل گردد تا بتوان روند تغییرات نتایج در تخریب روغن را تفسیر نمود.

قابلیت سازگاری روغنهای ترانسفورماتور

روغن های تولید شده مطابق با استانداردهای IEC 60296 یا ASTM D 3487 و از یک نوع / کلاس، با یکدیگر سازگار بوده و می توان آنها را با هر نسبتی با یکدیگر مخلوط نمود. تجربه عملی نشان داده است سرریز نمودن روغن نو به روغن در حال بهره برداری به میزان کم (کمتر از 5% روغن در حال بهره برداری) ایرادی ندارد هرچند افزودن بیشتر از این مقدار از روغن نو به روغن خیلی پیر شده ممکن است باعث رسوب لجن در روغن شود. میزان تشکیل لجن بستگی به نوع روغن نو مورد استفاده جهت سر ریز به روغن در حال بهره برداری دارد، چراکه لجن در روغن های پارافینیک کمتر از روغنهای نفتائیک حل می شود.

به منظور تعیین اینکه آیا روغن نو که منشاء یا نوع با روغن در حال بهره برداری تفاوت دارد، را می توان با یکدیگر مخلوط نمود، باید آزمایش قابلیت سازگاری انجام داد. این آزمون بدینگونه است که نمونه ای از هر دو روغن را با یکدیگر ترکیب نموده و کافی است پارامترهای کلیدی (کشش سطحی، نقطه ریزش، ضریب تلفات عایقی و پایداری در برابر اکسیداسیون) مخلوط دو روغن بهتر از یکی از دو نمونه روغن اصلی از (روغن با کیفیت پایین تر) باشد.

محدودیت های نتایج آزمون های روغن در تجهیزات جدید

تجهیزات الکتریکی معمولاً قبل از تحویل به مشتری با روغن معدنی پر می گردند. هر چند روغن زنی ترانسفورماتورهای بزرگ در محل نصب انجام می گیرد. در این حالت روغن را نمی توان مطابق تعریف جدول محدودیت های پیشنهادی در IEC 60422 برای روغنهای معدنی ترانسفورماتور در تجهیزات الکتریکی جدید قبل از برقرار شدن استانداردهای IEC60296 و ASTM D3487 نو فرض نمود. چرا که روغن در تماس با مواد داخل ترانسفورماتور بویژه عایق کاغذی قرار گرفته است.





PROPERTY	HIGHEST VOLTAGE FOR EQUIPMEN (Kv)		
	< 72.5	72.5 to 170	> 170
APPEARANCE	clear, free from sediment and suspended matter		
Colour (on scale given in ISO 2049)	max 2.0	max 2.0	max 2.0
Breakdown voltage (Kv)	> 55	> 60	> 60
Water content (mg/kg) at 20°C	10 ^a	< 5	< 5
Acidity(mg KOH/g)	max 0.03	max 0.03	max 0.03
Dielectric dissipation factor at 90°C and 40 Hz to 60 Hz	max 0.015	max 0.015	max 0.010
Resistivity at 90°C (GW.m)	min 60	min 60	min 60
Oxidation stability	As IEC60296		
Interfacial tension (mg/kg)	min 35	min 35	min 35
Total PCB content (mg/kg)	Not detectable (< 2 total)		
Total gas content%	2	2	1

جدول شماره 2

لذا حدود قابل قبول بطور جداگانه در استاندارد IEC 60422 مطرح گردیده است.

از آنجا که کیفیت روغن تجهیزات جدید نسبت به تجهیزات قدیمی متفاوت می باشد، پس دو محدوده برای نتایج آزمون در نظر گرفته شده است. حدود قابل قبول آزمایش برای تجهیزات جدید به نوع و ولتاژ تجهیزات وابسته بوده و در جدول شماره 2 ذکر شده اند.

زمانبندی انجام آزمونهای روغن در حین بهره برداری

زمانبندی انجام آزمونهای روغن در حال بهره برداری، به نوع و عملکرد روغن و ولتاژ، توان، ساختار و شرایط کار تجهیز بستگی دارد. همچنین، اگر آزمونهای قبلی نشاندهنده تخریب وضعیت روغن باشد. آنگاه کاهش زمان نمونه برداری آتی پیشنهاد می گردد. همچنین بدیهی است که در انجام آزمایش محدودیت های اقتصادی وجود دارد، لذا لازم است تعادلی بین تعداد آزمونها و قابلیت دستگاه بر قرار شود.

عامل دیگری نیز که در تعداد و نوع آزمایشها موثر می باشند، اینست که آیا روغن حاوی یا فاقد بازدارنده مصنوعی است. چرا که این دو نوع روغن بصورت متفاوتی پیر می شوند.

در روغن های حاوی بازدارنده، مواد باز دارنده مصنوعی اضافه شده در طول دوره القاء معروف است، به تدریج تماما مصرف شده، که در طی آن فرآورده های اکسیداسیون کمی به وجود می آیند. اگر مواد بازدارنده مجدد به آنها اضافه نگردد، بعد از این بازه زمانی، روغن با روندی که بستگی به مقاومت آن در برابر اکسیداسیون دارد شروع به اکسید شدن خواهد نمود. لذا میزان مواد بازدارنده در این نوع روغن باید به صورت منظم مورد بازبینی قرار گیرد تا در صورت لزوم این مواد، پیش از تشکیل فرآورده های اکسیداسیون، به روغن اضافه شوند.





اگر میزان مواد بازدارنده کم باشد و رفتار روغن ناشناخته باشد افزایش تعداد آزمونها پیشنهاد می گردد.
روغن بدون مواد بازدارنده در هنگام بهره برداری، معمولا به وسیله سنجش اسیدیته و لجنهای محلول و نا محلول در روغن مورد پایش قرار می گیرد. همچنین افزایش ضریب تلفات عایقی و کاهش کشش سطحی می تواند به عنوان نشانه های اکسیداسیون در روغن های در حال بهره برداری در ترانسفورماتور تلقی گردد.
در جدول شماره 3 برنامه زمانبندی انجام آزمونهای روغن برای ترانسفورماتورهای مختلف ارائه شده است. هر چند این زمانبندی صرفا جهت راهنمایی می باشد.

TESTS	EQUIPMEN		
	< 72.5 KV	72.5 to 170 KV	> 170 KV
Routine tests: Acidity, breakdown voltage, colour, dielectric dissipation factor, water and inhibitor content	2-6 Years	1-4 Years	1-2 Years
Complimentary test: Interfacial tension	Perform hf acidity, DDF Or colour are outside the recommended limit		
Investigative tests: Oxidation stability, flashpoint, density, viscosity, PCB, corrosive sulphur	Special test should be performed under special circumstances		

جدول شماره 3

همانگونه که ذکر شد، زمان تکرار آزمونها بر اساس نتایج قبلی افزایش یا کاهش می یابد. اگر ترانسفورماتور بارگیری سنگینی داشته باشد لازم است که زمان انجام آزمونها کوتاه تر شود. به همین ترتیب در خصوص ترانسفورماتورهایی که روغن آنها با هوا مستقیما در ارتباط نمی باشند، می توان زمانبندی انجام آزمونها را افزایش داد. مشروط بر اینکه این سیستم ها به خوبی نگهداری گردند.

محدودیت های نتایج آزمونهای روغن در حین بهره برداری

جدول شماره 4، نشان دهنده محدودیت های آزمایش برای روغن در حال بهره برداری می باشد. نتایج بدست آمده از آزمون می بایست توسط کارشناسان خبره با محدودیت های ذکر شده در جدول با در نظر گرفتن نوع روغن، مشخصات ترانسفورماتور، نتایج آزمونهای قبلی و روند و سرعت تغییرات نتایج مقایسه شود.
در صورتیکه نمونه حاوی PCB باشد، پس باید با متابعت از قوانین داخلی، اثرات زیست محیطی را به حد اقل رساند.

پایش و نگهداری روغن های در حال بهره برداری ترانسفورماتورها





TESTS	VOLTAGE		
	< 72.5 KV	72.5 to 170 KV	> 170 KV
Acidity mg KOH/g	0.3	0.20	0.15
Breakdown Voltage kV	30	40	50
Colour and appearance	Clear and without visible contamination		
Dielectric dissipation factor at 90°C	0.5	0.5	0.2
Flashpoint	Maximum 10°C decrease of original value		
Inhibitor content	Greater than 40% of original value		
Interfacial tension mN/m	24	24	24
PCB content	Defined by local regulation		
Resistivity Gm	0.2	1	1
Water content mg/Kg recalculated to 20°C	25	15	10

جدول شماره 4

بر پایه تحلیل نتایج آزمایش، روغنهای در حال بهره برداری در یکی از گروه های ذیل قرار می گیرند:

- 1- روغن برای ادامه بهره برداری، در شرایط مطلوبی قرار دارد.
- 2- روغن برای ادامه بهره برداری، نیاز به تصفیه فیزیکی دارد.
- 3- مواد بازدارنده روغن کاهش یافته اما دیگر مشخصه ها تماماً در محدوده مجاز قرار دارند. برای افزایش عمر روغن باید مجدداً به آن مواد بازدارنده اضافه نمود.
- 4- روغن در شرایط نامناسب قرار دارد که برای رسیدن به شرایط مطلوب باید مورد تصفیه شیمیایی قرار گیرد.
- 5- روغن در آنچنان شرایط نامناسبی قرار دارد که مطابق با اصول فنی لازم است که تعویض گردد. اقدامات اصلاحی برای هریک از ویژگیهای روغن فهرست شده در جدول شماره 5 باید انجام گردد.

ویژگی	اقدامات اصلاحی
تیرگی رنگ	تعویض یا تصفیه شیمیایی روغن
ولتاژ شکست پایین	فیلتر کردن و خشک کردن روغن
رطوبت زیاد	خشک کردن روغن
اسیدیته بالا	تعویض یا تصفیه شیمیایی روغن
مقاومت ویژه کم	تعویض یا تصفیه شیمیایی روغن
ضریب تلفات عایقی بالا	تعویض یا تصفیه شیمیایی روغن
ذرات معلق زیاد	فیلتر کردن روغن
کشش سطحی کم	تعویض یا تصفیه شیمیایی روغن
نقطه اشتعال پایین	تعویض روغن
محتویات کم مواد بازدارنده (برای روغنهای حاوی بازدارنده)	اضافه نمودن مواد بازدارنده تا رسیدن به مقدار اولیه
مقدار PCB بالا	تعویض یا رفع آلودگی روغن

جدول شماره 5





قبل از انجام هر گونه اقدام اصلاحی، باید به آزمایش هایی که جواب آنها خارج از محدوده بوده توجه نموده و در صورت لزوم با استفاده از نمونه جدید، آزمایش ها را تکرار کرد. اقدامات اصلاحی به طور معمول فقط در صورتی توجیه پذیر است که چندین مشخصه همزمان نشان دهند که شرایط روغن نا مناسب است.

اقدامات اصلاحی

به طور کلی، دو نوع آلودگی یا تخریب در روغن وجود دارند: فیزیکی و شیمیایی که هر کدام نیازمند اقدامات اصلاحی مختلفی می باشند.

همانطور که در بالا اشاره شد، قبل از انجام هر اقدامی هر نتیجه آزمایش خارج از محدوده، ابتدا باید مورد بررسی قرار گیرد. به همین نحو اگر تخریب سریع و پر شتابی قابل رویت باشد، قبل از انجام هر گونه اقدام اصلاحی، این شرایط باید به وسیله تکرار آزمونها مورد تایید قرار گیرد. همچنین شاید لازم باشد که برای مشاوره با تولید کننده ترانسفورماتور تماس برقرار نمود. به علت تفاوت در انواع روغن های معدنی و نسبت عایق مایع به جامد، گستره تغییرات خواص روغن با توجه به نوع ترانسفورماتور، متغیر است. این تغییرات باید از طریق روش های بهبود کیفی روغن و انتخاب دقیق مواد، در محدوده قابل قبول قرار گیرد. اگر مقدار رطوبت و ولتاژ شکست به محدوده های غیر قابل قبول برسند، روغن باید مورد تصفیه فیزیکی قرار گیرد. اگر روغن ترانسفورماتور در حال بهره برداری، بدون کنترل، اکسیده شود، سرانجام به نقطه ای می رسد که دیگر قابل استفاده نیست. در این حالت روغن باید تعویض یا تصفیه شیمیایی گردد.

تصفیه فیزیکی روغن

اگر نتیجه گرفته شود که روغن به اندازه ای در معرض آلودگی فیزیکی قرار گرفته است که دیگر وظایف عایقی خود را بطور کامل انجام نمی دهد، تصفیه فیزیکی اجتناب ناپذیر خواهد بود. این نتیجه گیری معمولاً بر اساس آزمونهایی از قبیل: آب محلول، ولتاژ شکست و ذرات معلق محقق می گردد.

تصفیه فیزیکی فرآیندی است که در محل نصب ترانسفورماتور قابل انجام بوده و توسط آن آلودگیهای فیزیکی، نظیر آب و ذرات معلق از روغن جدا می شود. در این فرآیند ممکن است گازهای محلول و فورالدئیدها (Furfuraldehyde) نیز از روغن جدا گردند. ترانسفورماتور در حین پروسه تصفیه فیزیکی، معمولاً از مدار خارج گردیده و ضمن ایزوله کردن به سیستم زمین متصل می گردد.

در فرآیند تصفیه فیزیکی معمولاً روغن 60 تا 70°C گرم شده و برای جدا سازی گازهای محلول و آب به محفظه خلاء فرستاده شده و نهایتاً از میان فیلتر مناسب عبور داه خواهد شد. تعداد سیکل عبور روغن به سطح آلودگی و کارآیی دستگاه تصفیه بستگی دارد. معمولاً سه بار کل حجم روغن داخل ترانسفورماتور از دستگاه عبور می کند تا مقدار رطوبت به





سطح قابل قبول برسد و در مواردی که سطح آلودگی بالا و سلولز خیس باشد، فرآیند باید آنقدر ادامه پیدا کند تا مقدار رطوبت و ولتاژ شکست به حد قابل قبول برسد. لازم به ذکر است که تبادل رطوبت بین روغن و سلولز فرایندی آهسته بوده و برای خشک کردن عایق جامد زمان بر می باشد.

تعویض روغن

در مواردی که تصفیه فیزیکی یا شیمیایی روغن در حال بهره برداری غیر ممکن یا غیر اقتصادی می باشد، روغن باید تعویض گردد.

برای شروع، روغن قدیمی باید از ترانسفورماتور تخلیه شده و مطابق مقررات امحاء گردد.

در بسیاری موارد روغن مصرف شده ترانسفورماتور به عنوان زباله خطرناک در نظر گرفته می شود. خارج نمودن کل روغن قدیمی از داخل ترانسفورماتور بسیار مهم می باشد. در مواردی که روغن به صورت جدی تخریب شده باشد، شستشوی ترانسفورماتور با بخشی از روغن جدید توصیه می گردد.

فرآیند تعویض روغن بسیار شبیه تزریق روغن به ترانسفورماتور است. برای حصول اطمینان از اینکه روغن نو مقادیر کمی گاز، رطوبت و ذرات معلق داشته باشد. از دستگاه تصفیه فیزیکی استفاده می شود.

نباید انتظار داشت روغن تعویض شده منطبق با مشخصات روغن نو در تجهیزات جدید باشد و همچنین باید به خاطر داشت که روغن های جدید در تجهیزات قدیمی دارای طول عمر کمتری خواهند بود، چرا که آلودگی های روغن قدیمی در مخزن و عایق های جامد حبس گردیده اند.

اضافه نمودن پسیواتور (Passivator) به روغن در حال بهره برداری

در صورتی که روغن ترانسفورماتور خورنده باشد باید به آن پسیواتور اضافه نمود. اضافه کردن پسیواتور برای ترانسفورماتورهایی که روغن آنها مستقیماً با هوا ارتباط نداشته (مانند ترانسفورماتورهای هرمتیک یا ترانسفورماتورهایی که بالای منبع انبساط آنها نیتروژن یا کیسه لاستیکی وجود دارد)، تحت بارگیری بالا کار کرده یا دمای محیط آن بالا بوده و هادی های مسی بدون روکش دارند، توصیه می شود.

پسیواتورها واکنش بین ترکیبات روغن و سطوح مسی را به تاخیر انداخته و خطر شکل گیری ترکیبات رسانا را کاهش می دهند.

پسیواتورها، معمولاً تحت عنوان رقیق کننده به روغن ترانسفورماتور اضافه می شوند که مقدار خالص آن معمولاً، برابر با 100 ppm می باشد.

برای ترانسفورماتورهای نوع پوسته ای (Shell Type) که نسبت سلولز به روغن آن بیشتر است مقدار ماده پسیواتور باید بیشتر در نظر گرفته شود.





اضافه نمودن بازدارنده به روغنهای فاقد ماده بازدارنده با نرخ اکسایش بالا، یا روغنهایی که انتظار می رود به سرعت پیر شوند، باعث افزایش طول عمر پسیواتور می شود.

برای جزئیات بیشتر، توصیه می شود با تولید کنندگان پسیواتور و تولید کنندگان ترانسفورماتور تماس حاصل شود. به منظور اضافه نمودن پسیواتور به روغن استفاده از دستورالعملهای مربوط به سرریز کردن روغن توصیه می شود. اگر مقدار پسیواتوری که باید اضافه گردد، بیش از حد کم باشد، می توان محلولهای رقیق سازی مشابه با پسیواتور موجود ساخت.

برای اطمینان از توزیع یکنواخت پسیواتور در کل حجم روغن ترانسفورماتور، لازم است پس از افزودن پسیواتور و چرخش روغن به حد مناسب، از روغن نمونه برداری شده و میزان پسیواتور موجود در آن اندازه گیری شود. توصیه می شود میزان مصرف پسیواتور در ترانسفورماتور در طول زمان محاسبه شود. بدین منظور کافی است در زمانهای ذکر شده جهت نمونه برداری از روغن ترانسفورماتور، آزمون اندازه گیری پسیواتور نیز انجام گیرد. بدین منظور استفاده از روشهای تحلیلی استاندارد مانند IEC 60666 مناسب است.

به منظور اثبات کارایی پسیواتور لازم است آزمونهای جدید خوردگی مطابق استاندارد IEC 62535 یا ASTM D 1275 بر روی روغن ترانسفورماتور انجام گیرد.

افزودن مجدد مواد بازدارنده مصنوعی به روغن

در دو حالت ذیل باید افزودن مجدد مواد بازدارنده مصنوعی به روغن ترانسفورماتور مورد بررسی قرار گیرد:

- روغن های حاوی بازدارنده که مقدار بازدارنده آنها کاهش یافته باشد
 - مواد بازدارنده طبیعی یا مصنوعی روغن های احیاء شده، مصرف شده باشند.
- در هر دو مورد هدف کاهش یا ثابت نگاه داشتن نرخ پیری و طولانی کردن طول عمر روغن می باشد.

قابلیت روغن جهت پذیرش مجدد مواد بازدارنده

اضافه نمودن مواد بازدارنده به روغنی که میزان مواد بازدارنده آن به 0.15% تا 0.05% مقدار اولیه کاهش یافته است در صورتی مجاز است که دیگر مشخصه های مربوط به آن در وضعیت مناسبی قرار داشته باشد یعنی اسیدیته کمتر از 0.06 mgKOH/g کشش سطحی بیشتر از 30 mN/m ضریب تلفات عایقی کوچکتر از 0.05 در صورتیکه مشخصه های روغن بدتر از شرایط فوق باشند، اضافه کردن مجدد مواد بازدارنده تاثیر کمی داشته لیکن ممکن است در کوتاه مدت مناسب باشد. به منظور ارزیابی بهتر تاثیر مواد بازدارنده بر پیری انجام آزمون اکسیداسیون لازم است. روغن احیاء شده دارای مشخصه های به مراتب بهتری از مقادیر فوق الذکر بوده لذا اضافه نمودن مجدد مواد بازدارنده مناسب می باشد.





لازم بذکر است که روغن هایی که مجدداً به آنها مواد بازدارنده اضافه می گردد، هرگز نرخ پیری روغن های نو را ندارند، عمدتاً بدین دلیل که، فرآورده های اکسایش هنوز در روغن وجود دارند یا از سلولز به روغن منتقل می گردند.

تصفیه شیمیائی (احیاء) روغن در حال بهره برداری

روغن ترانسفورماتوری که به مرحله پیری رسیده و بر طبق استاندارد باید تعویض شود، ممکن است. بنا به صلاحدید

بهره بردار ترانسفورماتور با تصفیه شیمیائی مورد استفاده مجدد قرار گیرد.

تصفیه شیمیائی فرآیندی است که طی آن آلودگی های محلول و غیر محلول به وسیله فرآیندهای شیمیائی و یا فیزیکی از روغن زدوده می شوند. در این پروسه روغن از بستر مواد جاذب عبور کرده و فرآورده های پیری را بتدریج از روغن جدا می شوند. این فرآیند را می توان در هر دو صورت برقداری و خاموشی ترانسفورماتور انجام داد تصفیه شیمیایی یک گزینه در مقابل تعویض روغن بوده که مزایا و معایبی نیز دارد، مهمترین مزیت ای است که می توان این پروسه را در حالی که ترانسفورماتور در حال کار است انجام داد و فرآورده های پیری را بتدریج از روغن جدا نمود. اما مهمترین عیب آن این است که تجهیزات تصفیه شیمیائی در حال ترانسفورماتور بسیار گران می باشد که برای واحدهای کوچک مقرون به صرفه نخواهد بود.

بعد از انجام عملیات تصفیه شیمیائی، روغن احیاء شده باید مشخصه هایی در حد روغن نو را داشته باشد. در صورت استفاده از تکنیکهای مناسب، نرخ پیری روغن احیاء شده می تواند برابر یا حتی بهتر از روغن نو شود. با این حال یک نکته را باید در نظر داشت که روغن هر قدر هم خوب باشد، محیط داخل ترانسفورماتور مشابه زمانی که روغن نو در تجهیزات نو ریخته می شود نمی باشد.

چه روغنی را باید احیاء نمود

روغن در حال بهره بهره برداری با اسیدیته بالا و ضریب تلفات عایقی نامناسب، معمولاً بهترین گزینه برای احیاء می باشد. همچنین می توان از شاخصهای دیگر پیری، از قبیل کشش سطحی، مقاومت مخصوص، رنگ و لجن رسوب کرده می توان بعنوان معیار تصفیه شیمیائی روغن استفاده نمود. روغن هایی که لجن در آنها رسوب کرده است را می توان احیاء نمود، اما این خطر وجود دارد که لجن داخل ترانسفورماتور باقی بماند. لذا این مسئله می تواند باعث عدم چرخش مناسب روغن و گرم شدن موضعی ترانسفورماتور شود. در این شرایط حتی تعویض روغن هم کافی نبوده و شستشوی داخلی ترانسفورماتور به وسیله روش های مخصوص تنها گزینه ممکن است.





فرآیند احیاء و اثرات آن بر روغن

فرآیند احیاء، فرآورده های پیری را با توجه به قطبیت آنها از داخل روغن خارج می سازد. دستگاههای تصفیه شیمیائی معمولاً قادر به جدا سازی ذرات معلق و آب از روغن نیز می باشند لیکن اجزاء غیر قطبی در روغن باقی می مانند. و این بدان معنی است که، تصفیه شیمیائی هیچ تأثیری بر مشخصاتی مثل نقطه اشتعال، گرانروی، نقطه ریزش و غیره نخواهد داشت. مشخصاتی که بهبود خواهند یافت عبارت اند از: اسیدیته، رنگف کشش سطحی، ضریب تلفات عایقی، مقاومت مخصوص، ولتاژ شکست و رطوبت.

روغن های آلوده شده به PCBs

روغن های حاوی PCB نباید احیاء گردند. دلیل اصلی آن هم امکان آلوده نمودن دیگر تجهیزات می باشد دلیل دیگر اینست که جدا سازی PCB توسط فرآیند تصفیه شیمیائی بسیار محدود است. پایان

Transformer Oil Handbook

مراجع:

Maria Eklund, Paul Jarman, Gerfid Newesely بهروز پهلوانپور و

Kjell Sundkvist, Cecilia Wetterholm, Per Wiklund

