

شکل ۱۹- ترانسفورماتور خشک

۵-۱- رله بوخهلتس

در ساختمان ترانسفورماتور روغنی هر یک از خطاهای زیر می تواند رخ دهد:

- تنش حرارتی در هسته ی ترانسفورماتور که سبب ایجاد گاز می شود.
- افزایش حرارت سیم پیچها بر اثر اتصال کوتاه بین حلقه های سیم پیچ که سبب ایجاد گاز می شود.
- ایجاد شکست الکتریکی در مقره ها و عایق سیم پیچها که سبب ایجاد گاز می شود.
- اتصال بدنه یا اتصال زمینی در داخل ترانسفورماتور که سبب ایجاد گاز می شود.
- ایجاد جرقه در اثر شل بودن ترمینالهای داخلی که سبب ایجاد گاز می شود.

● کاهش سطح روغن بدلیل نشت از مخزن پس از وقوع هر یک از خطاهای فوق (بجز کاهش سطح روغن) ، روغن داخل مخزن ترانسفورماتور علاوه بر ایجاد گاز، بشدت گرم و منبسط می شود، در نتیجه با سرعت به سمت منبع انبساط جریان می یابد. گاز ایجاد شده نیز برای رهایی از فشار به طرف مخزن انبساط می رود. به همین دلیل این رله را بین مخزن اصلی و منبع انبساط قرار می دهند.

نکته قابل توجه اینکه رله بوخهلتس فقط در ترانسفورماتورهای روغنی دارای منبع انبساط کاربرد دارد.

خود را بیازمایید



- ۱) ترانسفورماتور خشک چگونه خنک می شود؟
- ۲) از ترانسفورماتور خشک در چه مکان هایی استفاده می شود؟

۵- تجهیزاتی جانبی ترانسفورماتور

تجهیزات جانبی به تجهیزاتی گفته می شود که مستقیماً جزو ساختمان ترانسفورماتور به حساب نمی آیند ولی وجود آنها یا باعث حفاظت از ترانسفورماتور می شود یا قابلیت آن را افزایش می دهد.

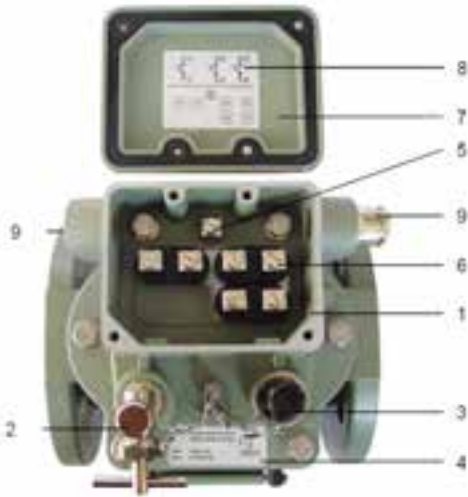
شکل (۲۰) ترانسفورماتور را در حال انفجار و آتش سوزی نشان می دهد. به کمک تجهیزات حفاظتی ترانسفورماتور می توان قبل از بروز خطا ، نوع آن را شناسایی و از پیامدهای زیانبار آن جلوگیری کرد.



شکل ۲۰- انفجار ترانسفورماتور قدرت



هـ) نمای ظاهری رله



و) نمای داخلی رله از بالا

- ۱) جعبه ترمینال
- ۲) شیر تست
- ۳) کلید تست
- ۴) پلاک
- ۵) ترمینال اتصال زمین
- ۶) ترمینال های آلارم و تریپ
- ۷) درب جعبه ترمینال
- ۸) پلاک کنتاکتهای رله
- ۹) محل کابل ورودی و خروجی

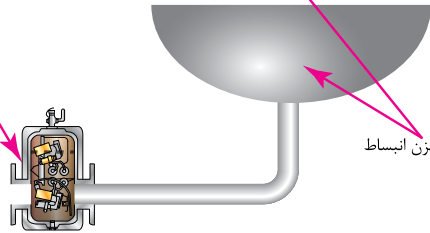


ز) نمای داخلی رله از پایین

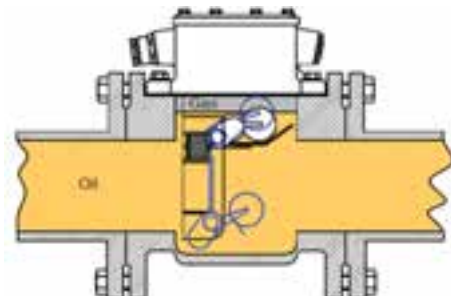


رله ی بوخهلتس

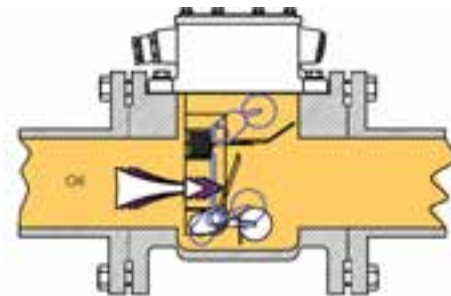
مخزن انبساط



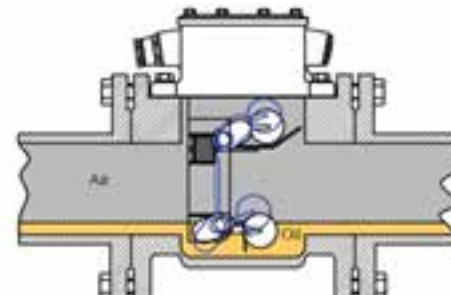
الف) محل قرارگیری رله



ب) عملکرد رله در خطای اتصال کوتاه جزئی



ج) عملکرد رله در خطای اتصال کوتاه شدید



د) عملکرد رله در خطای نشت روغن

در رله های بوخهلتس می توان از طریق رنگ گاز جمع شده پس از عملکرد رله به نوع اشکال پی برد

این رله غالباً برای ترانسفورماتورهای روغنی با قدرت بالاتر از ۸۰۰ KVA که دارای مخزن انبساط می باشند، باید نصب شود.

خود را بیازمایید



- ۱) چهار مورد از خطاهای ترانسفورماتور را بیان کنید.
- ۲) رله بوخهلتس دارای چند کلید عمل کننده بوده و وظیفه هر یک چیست؟
- ۳) در چه ترانسفورماتورهایی از رله بوخهلتس استفاده می شود؟
- ۴) عملکرد رله بوخهلتس در برابر کاهش روغن چگونه است؟
- ۵) دلیل قرار گرفتن شیر روی رله بوخهلتس چیست؟

۵-۲- ترمومتر (دماسنج ترانسفورماتور)

عمر عایق ترانسفورماتور به حرارت ایجاد شده در داخل ترانسفورماتور وابسته می باشد. عوامل مختلفی همچون دمای محیط، محل نصب و شرایط بارگیری در میزان گرم شدن ترانسفورماتور تاثیر دارد. بنابراین لازم است دمای ترانسفورماتور همواره مشخص و قابل ثبت باشد. بطوریکه بتوان در مواقع خاص از این اطلاعات جهت تعمیر و اقدامات پیشگیرانه استفاده نمود. مقدار دمای قابل تحمل برای عایق بندی هر ترانسفورماتور باتوجه به کلاس حرارتی آن مشخص می شود. در شکل (۲۲) دماهای مربوط به هر کلاس حرارتی طبق استاندارد نشان داده شده است.

این رله شامل یک محفظه ی روغن از فولاد ریختگی و دو کلید عمل کننده برای آلارم و تریپ است. کلید بالایی، فعال کننده سیستم هشدار و کلید پایینی فعال کننده مدار کنترل برای خارج کردن ترانسفورماتور از مدار است.

هریک از کلید ها دارای یک شناور با محفظه آلومینیومی است که به راحتی می تواند حول محور خودش بچرخد. کلید نیز در یک محفظه جیوه ای جا دارد که به دلیل مایع بودن جیوه در هنگام حرکت شناور جا به جا می شود و سبب قطع یا وصل کنتاکت می گردد.

به جز نشت روغن همه خطاهای داخلی سبب ایجاد گاز در روغن می شوند. گاز ایجاد شده بدلیل سبکتر بودن نسبت به روغن به سمت منبع انبساط حرکت کرده و در مسیر خود حتماً از رله بوخهلتس می گذرد. اگر میزان گاز جمع شده در روغن کم باشد کلید بالایی فعال شده و مدار فرمان آلارم را ارسال می کند. اما اگر شدت خطا خیلی زیاد باشد، گاز ایجاد شده باعث تحریک و اتصال کلید پایین خواهد شد و فرمان قطع لحظه ای (آنی) ترانسفورماتور ارسال می گردد. مسلماً نشتی روغن نیز ابتدا باعث تحریک شناور بالایی و در صورت ادامه تحریک شناور پایینی می شود که به ترتیب فرمان آلارم و قطع صادر خواهد شد. به منظور اطمینان از صحت عملکرد کلیدهای رله و آزمایش آن، بر روی قسمت بالای رله دکمه ای فشاری قرار داده شده است که با فشردن آن کلیدهای رله عمل خواهند نمود. بر روی محفظه رله بوخهلتس یک شیر جهت تخلیه و نمونه برداری از گازهای جمع شده در بالای آن تعبیه شده است که پس از عملکرد رله باید سریعاً نمونه برداری از گاز صورت پذیرد.

- ترمومتر سیم پیچ (که معمولاً در قدرت‌های بالاتر از ۱۲۵۰ KVA نصب می‌شود)

خود را بیازمایید



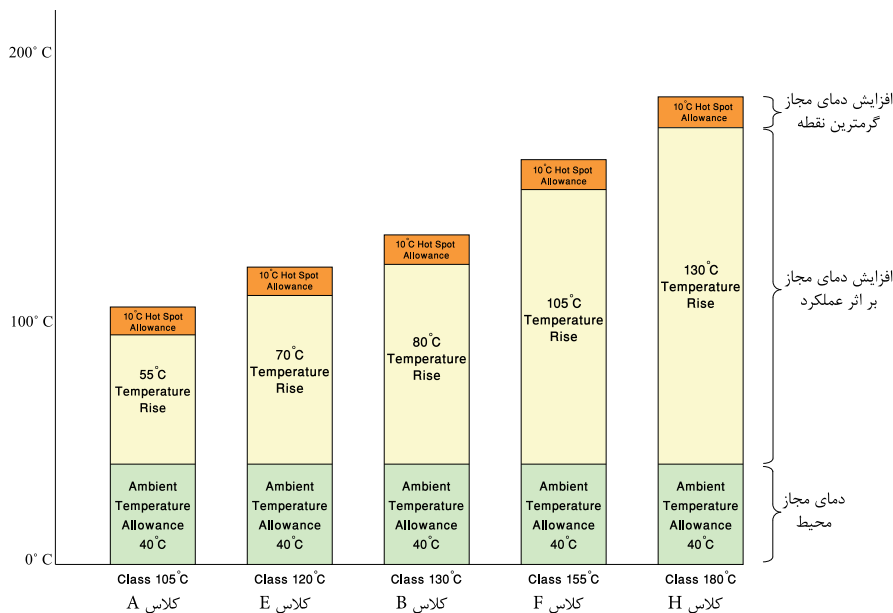
- (۱) کلاس حرارتی یک ترانسفورماتور نشان دهنده چیست؟
- (۲) برای اندازه‌گیری و نمایش دمای روغن ترانسفورماتور از استفاده می‌شود.

ترانسفورماتورهای روغنی همواره دارای کلاس عایقی A می‌باشند. یعنی با توجه به نمودار افزایش دما، بیش از 105°C باعث از بین رفتن خاصیت عایقی روغن می‌شود.

برای اندازه‌گیری و نمایش دمای ترانسفورماتور از وسیله‌ای به نام ترمومتر استفاده می‌شود.

در ترانسفورماتورهای روغنی امکان نصب دو نوع ترمومتر وجود دارد:

- ترمومتر روغن (که معمولاً در قدرت‌های بالاتر از ۶۳۰ KVA نصب می‌شود)



شکل ۲۲- نمودار طبقه بندی کلاسهای حرارتی

دهنده آن نیز روی بدنه ترانسفورماتور نصب می‌شود. در شکل (۲۳) ترمومتر ساده کنتاکت دار نشان داده شده است. لازم به ذکر است که چون ترمومتر روغن دمای بالاترین سطح روغن را نشان می‌دهد در نتیجه دمای آن حدود ۵ درجه از دمای سیم پیچ کمتر است.

۵-۲-۱- ساختمان و روش اندازه‌گیری ترمومتر روغن

بخش حسگر ترمومتر از بیمتالی تشکیل شده که توسط یک غلاف فلزی از بالای ترانسفورماتور در داخل مخزن روغن قرار می‌گیرد و چون ارتباط مستقیمی با روغن داخل ترانسفورماتور ندارد در هنگام تعمیر و یا تعویض آن نیز مشکلی وجود نخواهد داشت. بخش نشان



شکل ۲۳- ترمومتر ساده کنتاکت دار و محل نصب آن روی مخزن ترانسفورماتور

نشانگر فراهم می‌کند. بدین ترتیب صفحه نمایشگر می‌تواند در ارتفاع و محل مناسبی نصب شود. اصول عملکرد این نوع ترمومتر هم مانند ترمومتر کنتاکت دار می‌باشد.

از آنجا که در ترانسفورماتورهای با ارتفاع بلند دید کافی جهت بازدید دما وجود ندارد از ترمومتر با لوله انعطاف پذیر جیوه ای استفاده می‌شود. این لوله با طولهای متفاوت ارتباط مناسبی بین سنسور دما و



شکل ۲۴- چند نمونه ترمومتر با رابط جیوه ای

بالاترین دمای ایجاد شده در ترانسفورماتور را ثبت می‌نماید. اگر بار دیگر عقربه قرمز به سمت بالا حرکت کند تا قبل از رسیدن به عقربه زرد به تنهایی و اگر دما باز هم بالاتر بود هر دو عقربه باهم حرکت می‌کنند.

بعلاوه هر ترمومتر دارای دو کنتاکت (یا کلید) است که یکی برای هشدار و دیگری برای قطع بکار برده می‌شوند. جهت تنظیم عملکرد این دو کنتاکت معمولاً شاخص دمای هشدار ترانسفورماتور را روی 65° و دمای قطع را روی 90° تنظیم می‌کنند. البته در

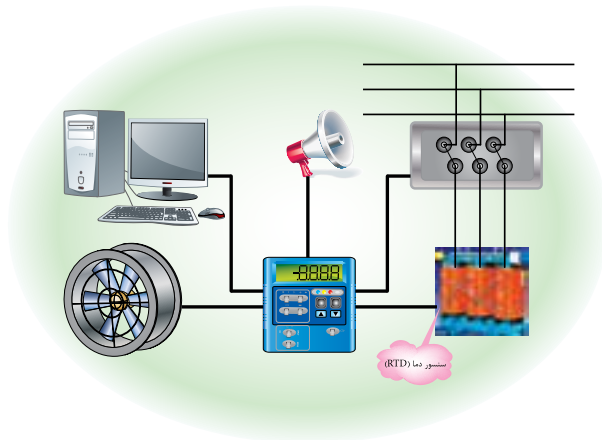
صفحه نمایش ترمومتر غالباً دارای دو عقربه به رنگهای متفاوت است که یکی (مثلاً قرمز) دمای فعلی ترانسفورماتور را نمایش می‌دهد و دیگری (مثلاً زرد) بیشترین دمای ایجاد شده در ترانسفورماتور را نشان می‌دهد. مکانیزم عملکرد این دو عقربه به این صورت است که در زمان حرکت عقربه به سمت زیادتر شدن دما هر دو عقربه با هم حرکت می‌کنند. وقتی دما کاهش می‌یابد فقط عقربه ای که دمای فعلی را نشان می‌دهد به عقب بر می‌گردد. بدین ترتیب عقربه زرد



شکل ۲۵- محل نصب ترمومتر سیم پیچ و روغن روی یک نمونه ترانسفورماتور

۵-۳- سیستم کنترل دما به کمک سنسور RTD^۱

در ترانسفورماتورهای نوع خشک ، حرارت ایجاد شده در سیم پیچ به هر دلیلی (افزایش بار و یا اتصال کوتاه) مستقیماً باعث گرم شدن عایق اطراف سیم پیچ می‌شود. لذا برای کنترل دمای این نوع ترانسفورماتورها از سنسورهای RTD استفاده می‌شود. این سنسورها به کلید قطع و فن مربوط به ترانسفورماتور فرمان می‌دهند.



شکل ۲۶- طرح واره ی عملکرد سیستم کنترل دما توسط RTD

ترانسفورماتورهایی که بوسیله ی فن خنک می‌شوند دو کنتاکت دیگر نیز برای عمل قطع و وصل فن وجود دارد.

خود را بیازمایید



- ۱) از ترمومترهای با لوله قابل انعطاف در کجا استفاده می‌شود؟
- ۲) دمای هشدار و دمای قطع در ترانسفورماتورهای روغنی به چه صورت تنظیم می‌شوند.
- ۳) در اغلب ترمومترها صفحه نمایش چند عقربه دارد و عملکرد هر یک چگونه است؟

۵-۲-۲- ترمومتر سیم پیچ

در ساختمان ترمومتر سیم پیچ یک مقاومت سیمی (فیلار) پیش بینی شده است. جریان عبوری یکی از فازهای سمت فشار ضعیف را از طریق ترانسفورماتور جریان (CT) (که برای همین موضوع در بوشینگ ترانسفورماتور از قبل جا سازی شده) نمونه برداری و به مقاومت سیمی ترمومتر وصل شود. عبور جریان از مقاومت حرارت تولید می‌کند و حرارت ایجاد شده در آن متناسب با میزان جریان عبوری از سیم پیچ می‌باشد. بنابراین سیستم نمایشگر ترمومتر می‌تواند میزان گرمای تولید شده در مقاومت ، دمای سیم پیچ ترانسفورماتور را اندازه گیری نموده و نشان دهد.

داخل ترانسفورماتور جلوگیری می‌کند). رنگ ماده رطوبت گیر در حالت عادی، آبی پر رنگ است و با جذب رطوبت رنگ آن تغییر می‌کند بطوریکه ابتدا به بنفش و سپس به رنگ صورتی و سفید تغییر رنگ می‌دهد.

وقتی رنگ ماده رطوبت گیر تغییر کرد یعنی از رطوبت اشباع شده است و دیگر توان انجام وظیفه خود را ندارد لذا باید نسبت به تعویض فوری آن در چنین شرایطی اقدام نمود.

خود را بیازمایید



- ۱) محفظه شیشه ای رطوبت گیر در چه قسمتی از ترانسفورماتور قرار دارد؟
- ۲) رنگ ماده (سلیکاژل) رطوبت گیر در صورت اشباع شدن از رطوبت به رنگ.....در می‌آید.
- ۳) از رطوبت گیر در ترانسفورماتورهای..... استفاده می‌شود.

(روغنی با مخزن انبساط- روغنی با مخزن بسته- خشک)

۵-۵-روغن نما

یکی از وظایف مهم روغن جذب دمای سیم پیچ و انتقال آن به بدنه رادیاتوری ترانسفورماتور جهت پایین آوردن دمای سیم پیچ و خنک کنندگی آن است. بدین ترتیب در صورت نشستی مخزن انتقال دما بخوبی انجام نگرفته و دمای سیم پیچ ها بالا خواهند رفت. در نتیجه اگر برق ترانسفورماتور قطع نشود این وسیله حتما خواهد سوخت. لذا برای کنترل سطح روغن ترانسفورماتور از روغن نما استفاده می‌شود.

خود را بیازمایید



- ۱) در ترمومتر سیم پیچ از کدام سمت ترانسفورماتور جریان را نمونه برداری می‌کنند؟
- ۲) ترمومتر سیم پیچ چگونه دمای سیم پیچ ترانسفورماتور را اندازه می‌گیرد؟
- ۳) برای اندازه گیری دمای ترانسفورماتورهای خشک از.....استفاده می‌شود.

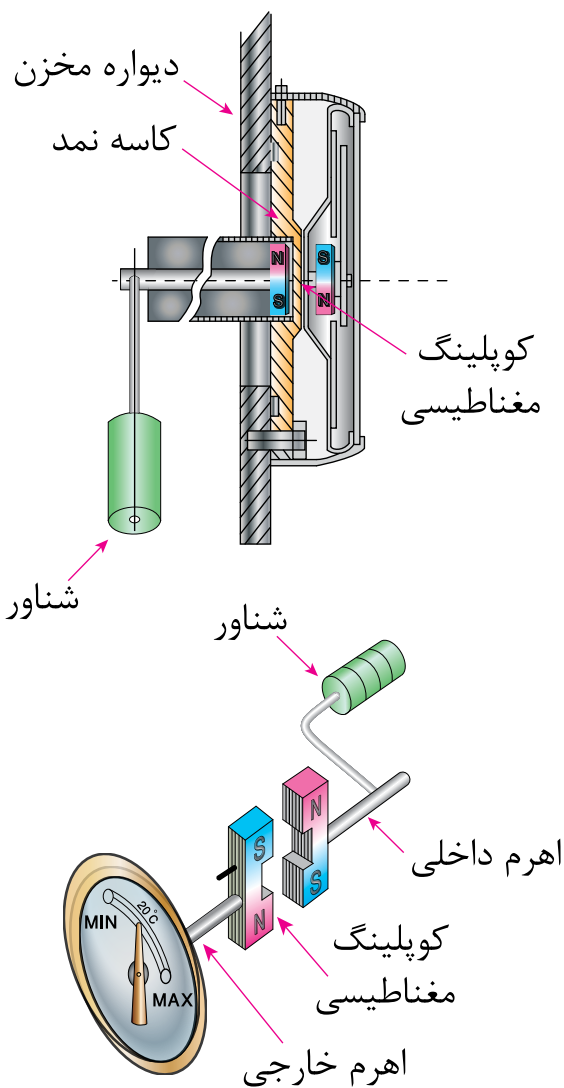
۵-۴- رطوبت گیر (محفظه سلیکاژل)

وجود رطوبت در روغن باعث کاهش مقاومت عایقی آن می‌شود و با پایین آمدن مقاومت عایق احتمال شکست عایق و اتصال کوتاه داخلی در ترانسفورماتور بالا می‌رود. به همین دلیل در ترانسفورماتورهای روغنی با مخزن انبساط باید از نفوذ رطوبت و گرد غبار به داخل ترانسفورماتور جلوگیری کرد.



شکل ۲۷-رنگ ماده رطوبت گیر قبل و بعد از جذب رطوبت

برای جلوگیری از نفوذ رطوبت بدخل ترانسفورماتور قسمت فوقانی مخزن انبساط از طریق یک لوله به محفظه شیشه ای حاوی مواد رطوبت گیر (سلیکاژل) متصل می‌شود. وجود این ماده سبب جذب رطوبت در هنگام ورود هوا به داخل می‌گردد و در نتیجه هوای خشک وارد مخزن می‌شود.(یعنی از ورود رطوبت به



شکل ۲۹- ساختمان داخلی روغن نمای عقربه ای

۵-۵-۲- روغن نمای چشمی

در ترانسفورماتورهای روغنی با مخزن بسته برای حصول اطمینان از سطح روغن در بدنه سوراخی به عمق مورد اطمینان تعبیه می‌شود. برای نشان دادن سطح روغن لوله ای حاوی یک گوی روغن نما که از محیط بیرون ایزوله شده است، داخل این سوراخ جاسازی می‌شود. قرار داشتن این گوی در بالای نشانه مناسب بودن سطح روغن است. بعضی از این روغن نماها دارای دو کنتاکت جهت فرمان آلارم قطع می‌باشند.

دو نوع روغن نما وجود دارد:

روغن نمای عقربه ای (در ترانسفورماتورهای با مخزن انبساط)

روغن نمای چشمی (در ترانسفورماتورهای با مخزن بسته)

۵-۵-۱- روغن نمای عقربه ای

روغن نمای عقربه ای بر روی منبع انبساط نصب می‌شود. برخی از این روغن نماها دارای دو کنتاکت بوده که یکی برای ارسال فرمان آلارم و دیگری برای فرمان قطع به کار می‌رود.



شکل ۲۸- انواع روغن نماهای عقربه ای

روغن نما دارای شناوری است که انتهای آن با یک اهرم و کوپلینگ مغناطیسی مناسب به نشانگر متصل است. در صورت حرکت شناور بدلیل تغییر سطح روغن، اهرم حرکت (شعاعی) کرده و نیرو را از طریق کوپلینگ مغناطیسی به عقربه روی صفحه منتقل می‌کند. صفحه روغن نما بین محدوده ی MAX و MIN مدرج شده است. در شرایط عادی و دمای ۲۰ درجه ی محیط عقربه باید حد میانی را نشان دهد. مسلماً در دماهای متفاوت محیط، محل ایستادن عقربه متفاوت بوده که باید توسط بازدید کننده مورد توجه قرار گیرد.