

# مقایسه هفت روش مختلف تحلیل نتایج آنالیز گاز کروماتوگرافی روغن

## ترانسفورماتورها

مهسا حسینی نژاد<sup>۱</sup>

۱- شرکت مدیریت تولید برق جنوب فارس - نیروگاه سیکل ترکیبی کازرون

### ۱- مقدمه:

کاهش خسارات ناشی از وقوع خطاها در شبکه های قدرت همواره یکی از اهداف شرکت های برق بوده و بر این اساس تجهیزات حفاظتی با مکانیزمهای گوناگون برای تجهیزات و تاسیسات الکتریکی بکار گرفته می شود. ترانسفورماتورهای قدرت بی تردید از مهمترین تجهیزات بخش سرمایه گذاری در شبکه برق محسوب شده و نقش کلیدی را در سیستم قدرت ایفا می کنند. شکست الکتریکی مواد عایقی درون ترانسفورماتور منجر به آزاد سازی گاز در درون ترانسفورماتور می گردد، که چگونگی توزیع این گازها می تواند بیانگر نوع خطا بوده و نرخ تولید آنها نیز بیانگر شدت خطای موجود در ترانس باشد. تاکنون روشهای مختلفی جهت تحلیل نتایج و تشخیص خطای موجود در ترانس ارائه گردیده است. روش متداولی که امروزه مورد استفاده قرار می گیرد روش آنالیز گازهای غیر محلول در روغن ترانس است. در هنگام بروز یک عیب مواد عایقی جامد (سلولزی) و روغن تخریب و در اثر تجزیه آن گازهای مختلف که ناشی از شکسته شدن زنجیره های هیدروکربن و اکسیده شدن آنها می باشد تولید و در روغن حل می گردد. میزان قابلیت حل هر نوع گاز در روغن تابع نوع گاز، حرارت و فشار وارد بر آن می باشد.

### ۲- شناسایی خطا و انواع خطاها:

تشکیل گاز هرچند به مقدار کم در حالتی که ترانسفورماتور تحت بار است نشانگر وجود نوعی تنش در اثر عملکرد عادی دستگاه می باشد حتی این تنش می تواند در اثر پیری نرمال حرارتی عایق صورت پذیرد. در صورتیکه میزان تشکیل گاز کمتر از مقادیر نرمال باشد نباید آنرا نشانه ای از وقوع خطا در نظر گرفت بلکه باید آنرا روند عادی تشکیل گاز به حساب آورد. طبقه بندی خطاهای قابل رویت در ترانسفورماتور به شرح زیر است: الف: خطاهای الکتریکی در روغن یا کاغذ: ۱- تخلیه جزئی از نوع پلاسما سرد (کرونا) که منجر به تشکیل X-WAX در عایق کاغذی یا تولید جرقه و ایجاد حفره های کربنی هادی در کاغذ می شود که پیدا کردن محل آن دشوار است. ۲- تخلیه با انرژی کم در روغن و یا کاغذ که ایجاد حفره های بزرگ کربنی در کاغذ یا کربنیزه کردن سطح آن یا تشکیل ذرات کربن در کاغذ می شود. ۳- تخلیه با انرژی زیاد در روغن یا کاغذ که منجر به تخریب شدید و کربنیزه شدن کاغذ، گداختگی فلز در حد نهایی تخلیه، کربنیزه شدن روغن و در برخی موارد از مدار خارج شدن ترانسفورماتور بر اثر اضافه جریان می شود. ب: خطای حرارتی در روغن و یا کاغذ: ۱- خطای حرارتی در دماهای پایینتر از ۳۰۰ درجه سانتی گراد که در آن رنگ کاغذ متمایل به قهوه ای می شود. ۲- خطاهای حرارتی در دماهای بالاتر از ۳۰۰ و پایین تر از ۷۰۰ درجه سانتی گراد که در آن کاغذ کربنیزه می شود. ۳- خطاهای حرارتی در دمای بالاتر از ۷۰۰ درجه سانتی گراد که در آن روغن شدیداً کربنیزه شده یا فلز تغییر رنگ می دهد.

### ۳- آنالیز گازهای محلول در روغن:

یک روش مهم برای تشخیص خطا در ترانسفورماتور ها آنالیز گازهای محلول می باشد. تجزیه و تحلیل گازهای قابل احتراق محلول در روغن که در آزمایش گاز کروماتوگرافی روغن بدست می آیند اطلاعات مهمی را از وضعیت ترانسفورماتورهای در حال بهره برداری در اختیار قرار می دهد. این آنالیز یک ماه بعد از هر سرویس و حداقل یک بار در سال انجام می شود و در صورت بروز مشکل در ترانسفورماتور می توان آنرا چندین بار تکرار نمود. استفاده از این روش یکی از مهمترین ابزار تعیین سلامت ترانسفورماتور بوده و در سه حالت زیر نیز روشی غیر قابل اعتماد است اگر: 1- ترانسفورماتور بدون برق و سرد باشد. 2- ترانسفورماتور جدید باشد. 3- ترانسفورماتور کمتر از یک یا دو هفته پس از تصفیه روغن بصورت پیوسته در مدار باشد. انواع خطاها با توجه گازهای تولیدی بصورت زیر می باشد: الف: خطای حرارتی: تجزیه روغن در دماهای از ۱۵۰ تا ۵۰۰ درجه سانتی گراد مقادیر نسبتاً زیادی از گازهای با وزن مولکولی کم همچون هیدروژن و متان تولید می کند. همچنین در این محدوده دمایی، مقادیر ناچیزی از گازهای با وزن مولکولی زیاد افزایش می یابد. در این دما حتی استیلن نیز تولید می شود. بر خلاف تجزیه حرارتی روغن، تجزیه حرارتی سلولز در دماهای خیلی کمتری از دماهای مربوط به تجزیه روغن، مونوکسید کربن، دی اکسید کربن و بخار آب تولید می کند لذا در شرایط کار نامی ممکن است صدها پی پی ام مونوکسید کربن و هزارها پی پی ام دی اکسید کربن ایجاد شود. اغلب نسبت  $CO_2/CO$  به عنوان یک شاخص برای تجزیه حرارتی کاغذ استفاده می شود. این نسبت معمولاً بزرگتر از ۷ بوده و در صورتی قابل اعتماد است که مقادیر  $CO_2$  و  $CO$  به ترتیب بیشتر از ۵۰۰۰ و ۵۰۰ باشند. ب: خطاهای الکتریکی، تخلیه های ضعیف همچون تخلیه های جزئی و قوسهای متناوب کم انرژی مقدار بیشتری هیدروژن، مقدار کمی متان و مقدار ناچیزی استیلن تولید می کنند. با افزایش شدت تخلیه مقادیر استیلن و اتیلن بطور قابل ملاحظه ای افزایش می یابند. ج: خطاهای الکتریکی، تخلیه های شدید: با افزایش شدت تخلیه های الکتریکی و تبدیل آنها به قوس و یا تخلیه پیوسته که مربوط به محدوده دمایی ۷۰۰ تا ۱۸۰۰ درجه سانتی گراد می باشد مقدار استیلن قابل ملاحظه است.

#### ۴- ارزیابی وضعیت ترانسفورماتور:

در این مطالعه هفت روش متداول و کاربردی ارزیابی گازهای اندازه گیری شده محلول در روغن شامل

- روش بکار گیری کل گازهای قابل احتراق محلول در روغن و غلظت گازها
- روش بکار گیری گازهای کلیدی
- بکارگیری روشهای نسبت گازها شامل روش دورنبرگ و روش راجرز، استاندارد IEC 599، استاندارد ASTM، روش تفسیر ساده DGA

جهت بررسی دقت و توانایی تحلیل بهتر شرایط در خصوص وضعیت ترانسفورماتور مورد بررسیو مقایسه قرار گرفته است.

#### ۵- نتیجه گیری:

بررسی و مقایسه روشهای مختلف تحلیلی و ارزیابی وضعیت ترانسفورماتورها از طریق آنالیز گازهای غیر محلول نشان می دهد این روشها هر یک به تنهایی نمی توانند وضعیت و شرایط آنها را به خوبی مشخص کنند هر کدام مزایا و معایبی دارند که شاید استفاده ترکیبی از آنها بتواند نتایج بهتری را باعث گردد. در مواردی که مونوکسید کربن و دی اکسید کربن تولیدی که مشخصه اضافه حرارت در عایق سلولزی است افزایش قابل ملاحظه ای داشته باشد روشهای بکارگیری نسبت گازها قادر به شناسایی عیوب نخواهند بود. عدم تطابق نتایج حاصل از روشهای تحلیلی کل گازهای قابل احتراق و گازهای کلیدی با روشهای نسبت گازها در نتایج استخراج شده کاملاً مشخص می باشد و در روشهای بکارگیری نسبت گازها روش راجرز و استانداردهای مبتنی بر آن نتایج دقیقتر و مشخص تری را گزارش می نمایند. روش راجرز در مقادیر کوچک با خطای بسیاری همراه است و استانداردهای مذکور در برخی موارد خطای یکسانی را برای یک ترانس مشخص نمی نمایند.

- [1] Lynn Hamrick, "Dissolved gas Analysis for transformer", NETA WORLD, 2010
- [2] I.A.R. GARY, "A Guide to transformer oil analysis" Transformer Chemistry services.
- [3] "Transformer Diagnostics" book, united state Department on the interior, 2003.
- [4] N.K. DHOTE, "Diagnosis of power transformer fault based on five fuzzy ratio method" WSEAS Transformers on power systems, 2012.
- [5] C. E. Lin, J.M. Ling, C. L. Hung, "An Expert system for transformer fault Diagnosis, using Dissolved gas Analysis", IEEE. Trans on power Delivery, Vol8, No.1 ,1993.
- [6] مهدی رضانی " راهنمای آزمایشها و تعمیر و نگهداری ترانسفورماتورهای قدرت " بر اساس استاندارد IEEE ، ۱۳۸۸