www.sbargh.ir

ارزیابی وضعیت تپ چنجر ترانسفورماتور قدرت با استفاده از آنالیز گازهای محلول در روغن (DGA)

دکتر بهروز پهلوانپور
موسسه استاندارد IEC - شرکت NYNAS

مقدمه

تپ چنجر قابل قطع تحت بار تنها قطعه متحرک (دینامیک) در داخل ترانسفورماتور قدرت بوده و به همین دلیل احتمال بروز خطا در آن بسیار بیشتر از سایر اجزاء ترانسفورماتور می باشد. در صورتی که بتوان تپ چنجر را مورد پایش قرارداد، شناسایی بسیاری از خطاهای ترانسفورماتور پیش از وقوع، امکان پذیر خواهد بود. یکی از شناخته شده ترین روش های ارزیابی وضعیت و شناسایی رفتار غیرعادی ترانسفورماتور، گازکروماتوگرافی یا آنالیز گازهای محلول در روغن (DGA) است. گرچه این روش دهها سال است که در خصوص روغن ترانسفورماتور اعمال شده و استانداردهای زیادی در این زمینه تدوین شده است، لیکن تعمیم آن به روغن تپ چنجر[1] هنوز در مرحله تحقیقاتی قرار داشته و به صورت استاندارد مدون نشده است. نگارنده در مقاله حاضر تلاش نموده است خلاصه ای از معتبرترین تحقیقات صورت گرفته در این خصوص را ارائه نماید.

تشکیل گاز در روغن تپ چنجر

در صورتی که اجزاء تپ چنجر به طور صحیح عمل نکنند، اولین نتیجه آن ایجاد حرارت اضافه بوده که خود ممکن است موجب سوختگی کنتاکت های تپ چنجر، افزایش مقاومت کنتاکت ها و در نهایت تولید حرارت بیشتر شود. این دور ناخواسته افزایش مقاومت کنتاکت و تولید حرارت اضافه، مقادیر زیادی از «گازهای ناشی از حرارت» شامل متان، اتان و مهمتر از همه استیلن تولید می کند. با دانستن این مسئله می توان روشی برای آنالیز گازهای محلول در روغن تپ چنجر قابل قطع تحت بار تدوین نمود که با استفاده از آن ارزیابی وضعیت تپ چنجر بوسیله اندازه گیری مقادیر مطلق و نسبی این گازها امکان پذیر باشد.

ملاحظات انجام آزمون گازکروماتوگرافی برروی نمونه روغن تپ چنجر در آزمایشگاه

انجام آزمون گازکروماتوگرافی بر روی نمونه روغن تپ چنجر به دلیل وجود مقادیر زیاد استیلن مشکلاتی را برای دستگاه گازکروماتوگراف ایجاد می نماید. استیلن در ستون گازکروماتوگراف باقی مانده و نمونه بعدی را آلوده می سازد. در هر صورت پس از انجام آزمون بر روی نمونه روغن تپ چنجر، ستون گاز باید به خوبی و به مدت زیادی تمیز شده و پس از آن از نمونه های بعدی تست به عمل آید. کلیه این موارد در ویرایش جدید استاندارد IEC60567 (سال ۲۰۱۱)، مورد بررسی قرار گرفته است.

دقت آنالیز گازهای محلول در روغن، صرفنظر از روش تحلیل مورد استفاده، بستگی زیادی به دقت و قابلیت اطمینان تست گازکروماتوگرافی انجام شده در آزمایشگاه دارد. آزمایشگاه های معدودی در سطح دنیا وجود دارد که دقت آزمون گازکروماتوگرافی انجام شده در آنها بسیار خوب است.(5 %± در مقادیر نرمال گاز که معمولاً بیشتر از 10 ppm برای گازهای هیدروکربنی است).

بسیاری دیگر از آزمایشگاه ها نتایج بسیار بی دقتی (50%±) ارائه می کنند. متوسط دقت آزمایشگاه ها در سراسر دنیا توسط CIGRE TF11 ارزیابی شده که مقدار آن 15%± در مقادیر نرمال گاز می باشد. در مقادیر کم گاز (بین 10 ppm تا 10 ppm) متوسط دقت تا 35%± کاهش می یابد. در مقادیر نزدیک به حد تشخیص دستگاه، متوسط دقت بسیار کم خواهد بود (100%± و بیشتر). لذا به بهره برداران ترانسفورماتور توصیه می شود با استفاده از نمونه های استاندارد گاز محلول در روغن، دقت آزمایشگاه را تایید نمایند. همچنین لازم است ناهمخوانی های موجود در نتایج آزمایش مورد توجه قرار گیرند. به عنوان مثال افزایش یا کاهش شدید مقدار گاز در مدت زمان کم بدون وجود دلیل مشخص، نشان دهنده خطای فاحش نمونه برداری یا تست می باشد.

شناسایی و تشخیص خطا در تپ چنجر به روش گازکروماتوگرافی

آنالیز گازهای محلول در روغن تپ چنجر با استفاده از روش های معمول تحلیل امکان پذیر نیست. دلیل این مسئله وجود مقادیر زیاد گازهای قابل احتراق در نمونه روغن تپ چنجر و مشکل بودن جداسازی گاز از نمونه توسط دستگاه های معمولی گازکروماتوگراف می باشد. در ذیل خلاصه روش های پیشنهادی معرفی می گردد:

۱) روش IEEE

مطابق روش IEEE در صورتی که جمع مقادیر گازهای هیدروژن و استیلن از مجموع گازهای متان، اتان و اتیلن کمتر باشد وجود سوختگی در کنتاکت دایورتر سوئیچ تپ چنجر محتمل می باشد.

$$\sum(H_2 + C_2H_2) < \sum(CH_4 + C_2H_6 + C_2H_4)$$

در این حالت بازرسی داخلی از مخزن دایورتر سوئیچ توصیه می شود. با انجام این کار می توان وجود مواد کربونیزه شده در دایورتر سوئیچ را مشاهده نمود. مطابق توصیه IEEE علاوه بر آزمون گازکروماتوگرافی، اندازه گیری محصولات جانبی تخریب روغن (مانند ذرات معلق) می تواند به تشخیص عیب کمک فراوانی کند.

۲) روش نسبت گازهای قابل احتراق

روش نسبت گازهای قابل احتراق برای شناسایی خطا در تپ چنجر با موفقیت توسط بسیاری از موسسات تحقیقاتی مورد استفاده قرارگرفته است. با استفاده از جدول یک می توان شدت خطا و نوع اقدام لازم را تعیین نمود:

۱. منظور از روغن تپ چنجر در این مقاله: روغن موجود در دایورتر سوئیچ تپ چنجرهای قابل قطع تحت بار بوده که از روغن ترانسفورماتور ایزوله می باشد.

www.sbargh.ir

$$FR = \frac{[C_2H_2 + H_2]}{[CH_4 + C_2H_6 + C_2H_4 + C_2H_2 + CO + H_2]}$$

$$R_1 = \frac{[CH_4 + C_2H_6 + C_2H_4]}{[CH_4 + C_2H_6 + C_2H_4 + C_2H_2]}$$

$$R_2 = \frac{[CH_4 + C_2H_6 + C_2H_4]}{[C_2H_2]}$$

$$R_3 = \frac{[C_2H_4]}{[C_2H_2]}$$

جدول یک: شناسایی خطا در تپ چنجر با استفاده از نسبت گازها

نسبت	نیاز به توجه دارد	وقوع خطا محتمل است	احتمال وقوع خطا بسیار محتمل است
FR	≤ 0.6	≤ 0.35	≤ 0.15
R1	≥ 0.5	≥ 0.6	≥ 0.8
R2	≥ 0.8	≥ 4	≥ 6
R3	≥ 1	≥ 6	≥ 9

۳) مقادیر نرمال و غیرنرمال گاز اتیلن:

جدول دو: مقادیر نرمال و غیرنرمال برای گاز اتیلن

گاز	نرمال	احتیاط	هشدار
C2H4	< 1157	< 2020 > 1157	> 2020

www.sbargh.ir

۴) نسبت اتیلن به استیلن:

جدول سه: شناسایی خطا با استفاده از نسبت اتیلن به استیلن

نسبت	نشانه ای از اضافه حرارت داخلی وجود ندارد.	اضافه حرارت داخلی محتمل است.	اضافه حرارت داخلی بسیار محتمل است.
C2H4/C2H2	< 0.29	< 0.4 > 0.29	> 0.4

۵) روش IEC60599: 2015

جدول چهار: نسبت گازهای محلول در روغن تپ چنجر

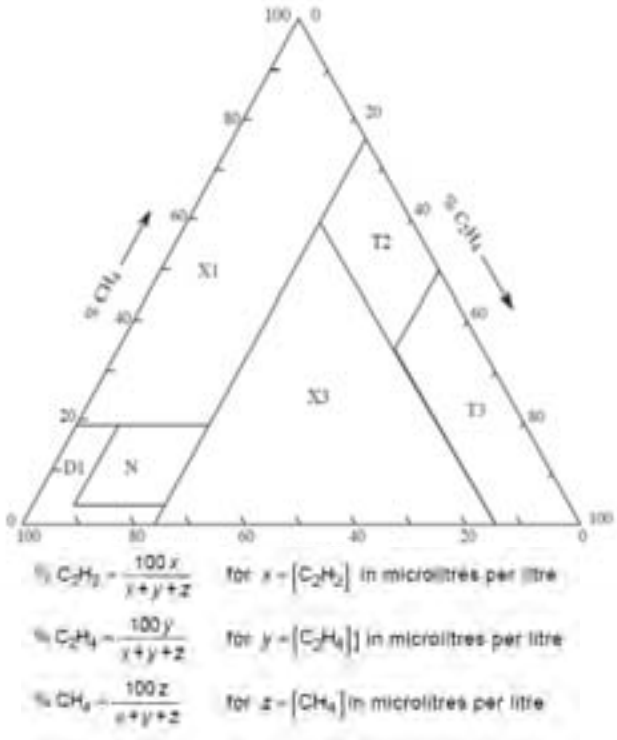
نام اختصاری	C_2H_2/C_2H_4	CH_4/H_2	C_2H_4/C_2H_6
D1	> 1	0.1-0.5	> 1
D2	0/6-2.5	0.1-1	> 2
T2	< 0 .1	> 1	1-4
T3	<0 .2	> 1	> 4

www.sbargh.ir

جدول پنج: خطاهای محتمل در تپ چنجر

نام اختصاری	خطای احتمالی
D1	عملکرد نرمال تپ چنجر
D2	۱) کنتاکتها به قسمت انتهایی نرسیده و بعلت نقص در مکانیزم گردشی، در نیمه راه متوقف می شوند. ۲) تخلیه الکتریکی با انرژی زیاد در حلقه سلکتور سوئیچ یا اتصالات تپ چنجر، اغلب این خطا به سیم پیچهای ترانسفورماتور نیز منتقل می شود.
T2 و T3	۱) افزایش مقاومت بین کنتاکتهای تپ چنجر بدلایلی چون افزایش مقدار کربن سوخته، خرابی سلکتور یا تعداد زیاد کارکرد تپ چنجر ۲) افزایش درجه حرارت مقاومتهای گذرا به بیش از ۷۰۰ درجه سانتیگراد بدلیل زمان سوئیچینگ طولانی (ناشی از ایراد در عملکرد)

۶) روش مثلث دووال



www.sbargh.ir

شکل یک: عیب یابی تپ چنجر با استفاده از مثلث دووال

جدول شش: خطاهای محتمل در تپ چنجر به روش مثلث دووال

نام اختصاری	خطای احتمالی
N	عملکرد نرمال تپ چنجر
T3	سوختگی شدید کنتاکت در درجه حرارت بیشتر از ۷۰۰ درجه سانتیگراد
T2	سوختگی شدید کنتاکت در درجه حرارت بیشتر از ۳۰۰ درجه سانتیگراد
X3	سوختگی در حال گسترش یا تخلیه الکتریکی غیرعادی
D1	تخلیه الکتریکی غیرعادی
X1	اضافه حرارت در دمای کمتر از ۳۰۰ درجه سانتیگراد

www.sbargh.ir

www.sbargh.ir

توضیحات مربوط به جدول شش

۱) عملکرد نرمال و بدون خطـــای برخی از تپ چنجرها در مناطق T2 ، T3 و X3 می‌باشـــد. در این تپ چنجرها تا زمانی که نســـبت گازها از مختصات فعلی خود در مثلث دووال جابجا نشـــوند، خطائی وجود ندارد.

۲) تفســـیر نتایج گازهای محلول در روغن، وابستگی زیادی به نوع و مدل تپ چنجر و همچنین تعداد کارکرد آن دارد.

نتیجه گیری

گرچه آنالیز گازهای محلول در روغن در سراسر دنیا به عنوان مؤثرترین روش پایش ترانسفورماتور شـــناخته شده است، لیکن تحلیل و تفسیر نتایج این آزمون دشـــوار بوده و در برخی موارد شناســـایی نوع و زمان انجام اقدام لازم براســـاس نتایج این آزمون مبهم می باشد. در این مقاله برخی از روش های عیب یابی تپ چنجر قابل قطع تحت بار با استفاده از آنالیز گازهای محلول در روغن بررســـی شـــده است. لیکن استفاده سیستماتیک و استاندارد از آزمون گازکروماتوگرافی جهت عیب یابی تپ چنجر، هنوز در مرحله مطالعاتی بوده و نیاز به تحقیق بیشتری دارد. نکته مهم دیگر اینســـت که جهت شناسایی عیوب تپ چنجر علاوه بر آنالیز گازهای محلول در روغن لازم اســـت از ســـایر روشهای ارزیابی وضعیت و عیب یابی مانند آزمون شـــمارش و ابعاد سنجی ذرات معلق در روغن نیز استفاده نمود.

www.sbargh.ir

منابع و مأخذ

[1] IEC60567, 'Guide for the sampling of gases and of oil from oil-filled electrical equipment and for the analysis of free and dissolved gase'.2011 ed.
[2] IEC60599, 'Mineral oil-impregnated equipment in service-interpretation of dissolved and free gases analysis'. 1999
[3] IEEE 'Guide for the interpretation of gases generated in oil-immersed transformers', IEEE std C57.104-1991
[4] Mollmann, A. and Pahlavanpour, B., 'New guidelines for interpretation of dissolved gas analysis in oil-filled transformers', Electra #186, October 1999.
[5] Pahlavanpour, B. and Lapworth, J., 'Recent advances in the condition monitoring and assessment of power transformers' 15th International Power System Conference 2000, Tehran Iran.
[6] Lech, W. and Tyminski, L., 'Detecting transformer winding damage by the Low Voltage Impulse method', Electrical Review, No. 21, Vol 179, November 1966, pp 768-772, (ERA Translation).
[7] Vaessen, P.T.M. and Hanique, E., 'A new frequency response analysis method for power transformers', IEEE Winter Meeting 1991.
[8] Dick, E.P. and Erven, C.C, 'Transformer diagnostic testing by frequency response analysis', IEEE Trans PAS-97, No. 6, pp 2144-2153, 1978.
[9] Lapworth, J. A. and McGrail, A.J., 'Transformer Winding Movement Detection by Frequency Response Analysis (FRA)', Sixty-Sixth Annual International Conference of Doble Clients, April 1999.
[10] IEC61198, Mineral insulating oils, methods for the determination of 2-furfural and related compounds, 1993
[11] De Pablo, A and Pahlavanpour, B., 'Furanic compound analysis: A tool for predictive maintenance of oil field electrical equipment', Electra No175, 9-32, 1997
[12] IEC60475, "Method of sampling insulating liquid" 2011 ed.
[13] Oommen, T.V., Ronnau, R.A. and Girgis, R.S., 'New mechanism of moderate hydrogen gas generation in oil-filled transformers' Paper 12-206, CIGRE Session 1998

www.sbargh.ir