

آنالیز گازهای محلول در روغن و آزمایش فورفورال ترانسفورماتورهای برق تهران

عباس دامن افشان-شرکت برق منطقه ای تهران

چکیده:

بیشتری نسبت به روغن های پایه نفتیک تولید میشود و درمجموع با بالا رفتن مقدار فورفورال، معیاری برای تشخیص عمر باقی مانده کاغذ ترانسفورماتور شده است و نشان می دهد پایه شیمیایی روغن ترانسفورماتور نیز در پیری زود رس آن نقش خواهد داشت.

این مقاله به موارد موثر در تحلیل نتایج گاز کروماتوگرافی روغن ترانسفورماتور پرداخته و صرفاً در نظر گرفتن تمام علائم و نشانه ها در جداول استاندارد برای تحلیل را کافی نمی داند، و احتمالات دیگری نیز وجود دارند که باید مورد توجه قرار گیرند بنا براین برای اطمینان از حصول نتیجه، ضروری است در هنگام تجزیه و تحلیل وضعیت داخلی ترا سفورماتورها اطلاعات بیشتری از سوابق بهره برداری و نگهداری در دسترس باشد.

۲. کلیات

مانیتورینگ ترانسفورماتورها یا به عبارتی نظارت بر وضعیت داخلی ترانسفورماتور روشی است که امروزه مورد توجه برق های منطقه ای قرار گرفته است به همین منظور اکثر شرکت های برق دارای آزمایشگاه مجهز به دستگاه گاز کروماتوگرافی و دستگاه های تشخیص کیفیت روغن هستند، در این راستا با بررسی عملیاتی گازهای محلول در روغن ترانسفورماتورها و با استفاده از جداول و روش های استاندارد، ترانسفورماتورها را تحت کنترل و نظارت داشته که منجر به تعمیر و نگهداری پیشگیرانه و افزایش قابلیت بهره برداری شده است.

نوع و نرخ تولید گاز در روغن متناسب با انرژی آزاد شده در حین خطای داخلی ترانسفورماتوری باشد در صورتی که انرژی تولید شده در حین خطا زیاد باشد می تواند باعث رشد گاز و در نتیجه عملکرد رله بوخ بدنبال داشته باشد.

گازهای مهم تولید شده بر اثر تخریب سلولز و روغن در دمای های مختلف، معیاری برای شناسایی عیب داخلی ترانسفورماتور ها بکار میروند برای مثال گاز اتیلن مربوط به خطای حرارتی است که در دمای بیشتر از ۵۰۰ درجه سانتیگراد تولید و به عنوان گاز اصلی تلقی می شود. در اثر تخریب روغن، اتیلن و مقدار کمی هیدروژن و اتان تولید می گردد و در صورت وجود جرقه، گاز استیلن نیز بوجود می آید این گاز در دمای های ۸۰۰ تا ۱۲۰۰ تولید می گردد. اضافه حرارت هم روی عایق کاغذی باعث تولید گاز اصلی منواکسید کربن و دی اکسید کربن خواهد شد این در حالی

نظارت بر وضعیت ترانسفورماتورهای قدرت یا به عبارتی نظارت بر وضعیت داخلی آنها ضرورتی است که امروزه مورد توجه برق های منطقه ای قرار گرفته است، این مقاله به بررسی عملیاتی گازهای محلول در روغن تعداد ۱۵۱ دستگاه از ترانسفورماتورهای انتقال برق تهران با استفاده از جداول و روش های استاندارد پرداخته، که منجر به تعمیر و نگهداری پیشگیرانه و افزایش قابلیت بهره برداری شده است. همچنین تعداد ۱۰ دستگاه از ترانسفورماتورهای فوق توزیع که دارای عدد اسیدی بالاتر از ۰/۶ بوده بطور نمونه انتخاب شده و به کمک آزمایش فورفورال عمر باقی مانده کاغذ عایق آنها تخمین زده شده است در ادامه به موارد موثر در تحلیل نتایج گاز کروماتوگرافی روغن پرداخته و علاوه بر جداول استاندارد، سوابق تعمیر، نگهداری و بهره برداری و سایر موارد را در تجزیه و تحلیل روغن ترانسفورماتور بشمار آورده است و نهایتاً نتایج و پیشنهاداتی نیز برای ترانسفورماتورهای با عمر بالا ارائه نموده است. وژه ای کلیدی: ترانسفورماتور، روغن، گاز کروماتوگرافی،

۱. مقدمه

با توجه به اهمیت مانیتورینگ ترانسفورماتورها یا به عبارتی نظارت بر وضعیت داخلی آنها، اکثر شرکت های برق دارای آزمایشگاه مجهز به دستگاه گاز کروماتوگرافی و دستگاه های تشخیص کیفیت روغن هستند، نوع و نرخ تولید گاز در روغن ترانسفورماتور متناسب با انرژی آزاد شده در حین خطای داخلی آن می باشد در صورتی که انرژی تولید شده در حین خطا زیاد باشد می تواند باعث رشد گاز و در نتیجه عملکرد رله بوخ هلنز را بدنبال داشته باشد.

در اثر اکسید شدن روغن، گازهای CO و CO₂ تولید می شود، در دمای ۸۰-۳۰۰ درجه سانتیگراد گاز CO تولید و در پایین تر از آن چنین گازی بوجود نمی آید، گاز مذکور در اثر تجزیه کاغذ و با توجه به دمای یاد شده ایجاد میشود. در چنین وضعی آزمایش فورفورال وضعیت عایق را از نظر میزان آسیب دیدگی مشخص می کند. در برق منطقه ای تهران با توجه قدمت و عمر بالای ترانسفورماتورها، منجر به تصمیم گیری و ضرورت تعمیرات اساسی این تجهیزات شده است

برای عمر باقی مانده ترانسفورماتورها، روی دو نمونه روغن عایق نو و از پایه های مختلف نفتیک و پارافینیک مطالعه شده است

بر اساس مطالعات صورت گرفته بعد از گذشت مدت طولانی از عمر ترانسفورماتور در روغن های از نوع پارافینیک مقدار فورفورال ایجاد شده

Remaining life of Transformers

Dp Value	Estimated percentage of remaining life	Suggested interpretation
800	100	Normal Agein Rate
700	90	
600	79	
500	66	
400	50	Accelerated Ageing Rate
380	46	
360	42	
340	38	
320	33	Excessive Ageing Danger Zone
300	29	
280	24	
260	19	High Risk of Failure
240	13	
220	7	End of expected Life of Paper
200	0	

جدول شماره ۲

است که تخلیه الکتریکی با انرژی کم در روغن باعث گاز اصلی هیدروژن و در اثر خطای الکتریکی و جرقه گاز استیلن بوجود می آید، واضح است که اگر در این حالت کاغذ عایق نیز داغ شود، گاز دی اکسید کربن نیز به همراه خواهد داشت.

در اثر اکسید شدن روغن، گازهای CO و CO₂ تولید می شود، در دمای ۸۰-۳۰۰ درجه سانتیگراد گاز CO تولید و در پایین تر از آن چنین گازی بوجود نمی آید، گاز مذکور در اثر تجزیه کاغذ و با توجه به دمای یاد شده ایجاد میشود. در چنین وضعی تست فورفورال وضعیت عایق را از نظر میزان آسیب دیدگی مشخص می کند. در برق منطقه ای تهران با توجه عمر بالای ترانسفورماتورها، طی تحقیقاتی روی ۱۰ دستگاه ترانسفورماتور قدیمی فوق توزیع با عمر حدود ۲۰ سال که دارای عدد اسیدی بالاتر از ۶/۱ می باشند بعمل آمده که نتایج آن در جدول ذیل آورده شده است.

مؤسسه تحقیقات ترانسفورماتور ایران (نتایج تست فورفورال)

۲.۱ تخمین عمر ترانسفورماتور به روش آزمایش فورفورال

و درجه پلیمراسیون کاغذ عایق

افزایش قابلیت بهره برداری و ضریب پایداری شبکه رابطه مستقیمی با سلامت ترانسفورماتورها دارد. ترانسفورماتورها نقش حیاتی در صنعت برق را دارند بنا براین تشخیص و ارزیابی عمر باقی مانده بیشتر به دو منظور بکار می رود اول اینکه بهره برداری و نگهداری از آنها با دقت بیشتری صورت می گیرد و بایک روش مراقبتی می توان مدت های مدیدی از ترانسفورماتور بهره برداری اقتصادی کرد و ثانیاً چنانچه مطمئن شویم که عمر ترانسفورماتور پایان یافته یا بزودی پایان خواهد یافت، یک دستگاه ترانسفورماتور بجای آن در نظر گرفته می شود. تا در هنگام بروز حادثه احتمالی، تمهیدات لازم از قبل صورت گرفته باشد. روش بررسی عمر باقی مانده عایق را به کمک رابطه بین درجه پلیمراسیون و مقدار فورفورال کاغذ ارزیابی می کنند، پیری عایق ترانسفورماتور قطعاً به عمر مواد سلولزی برمی گردد.

متخصصین در یک کار تحقیقاتی برای عمر باقی مانده ترانسفورماتورها، روی دو نمونه روغن عایق نو و از پایه های مختلف نفتینیک و پارافینیک کار شده است. یک قطعه کاغذ خشک اشباع شده نیز در هر کدام از نمونه ها قرار داده و در دوطرف مخصوص دارای سیلیکاژل و عاری از هرگونه رطوبت قرار داده اند، ظروف از نظر وزن روغن (۱۰ لیتر) هم اندازه و طوری ساخته شده اند که قابلیت سیرکلاسیون حرارتی داشته باشند. هر دو ظرف در شرایط یکسان بوده و به مدت ۲۸ روز تحت حرارت ۱۳۰ درجه سانتیگراد قرار داده شده اند. و سپس توسط آزمایش مقدار فورورال و درجه پلیمر از سیون کاغذ را بدست آورده اند. این کار پنج مرتبه متوالی که

Trans r no	properties	tests	Test methods	condition	2-furfural	Dp
1	chemical	Furfural content(mg/kg)	Colorimetic cigre 110-11	Extensive deteriorat ion	2.28	326
2	chemical	Furfural content(mg/kg)	Colorimetic cigre 110-11	Extensive deteriorat ion	2.20	330
3	chemical	Furfural content(mg/kg)	Colorimetic cigre 110-11	Extensive deteriorat ion	1.75	348
4	chemical	Furfural content(mg/kg)	Colorimetic cigre 110-11	Extensive deteriorat ion	1.90	348
5	chemical	Furfural content(mg/kg)	Colorimetic cigre 110-11	Extensive deteriorat ion	1.85	352
6	chemical	Furfural content(mg/kg)	Colorimetic cigre 110-11	Extensive deteriorat ion	1.45	382
7	chemical	Furfural content(mg/kg)	Colorimetic cigre 110-11	Extensive deteriorat ion	1.25	400
8	chemical	Furfural content(mg/kg)	Colorimetic cigre 110-11	Extensive deteriorat ion	2.10	336
9	chemical	Furfural content(mg/kg)	Colorimetic cigre 110-11	Extensive deteriorat ion	1.65	366
10	chemical	Furfural content(mg/kg)	Colorimetic cigre 110-11	Extensive deteriorat ion	.48	520

جدول شماره ۱

آزمایش فورفورال نشان می دهد که استقامت عایق های کاغذ ترانسها کاهش یافته، با توجه به، جول شماره ۲ و عداد پلیمریزاسیون و مقادیر فورفورال. استقامت مکانیکی عایق های کاغذی ضعیف و عایق کاغذی در حال تخریب گسترده بوده و ضریب پایداری بهره برداری برای این ترانسفورماتورها بسیار پایین می باید تحت مراقبت قرار گیرند.

مالی بتدریج نسبت به تعویض کاغذهای عایق (باز پیچی بوبین ها) و مواد سلولزی اقدام و ترانسفورماتور ها اورهال اساسی شوند.

۳. ارزیابی خطا با آنالیز گازهای تولید شده در روغن

همانطور که گفته شد تخریب روغن ترانسفورماتور باعث تولید هیدروژن H₂ متان CH₄ اتان C₂H₆ اتیلن C₂H₄ استیلن و تخریب عایق سلولزی باعث تولید منو اکسید کربن CO، اکسیژن O₂ دی اکسید کربن CO₂ خواهد شد

اغلب گازهای اتان و اتیلن گازهای فلز داغ نامیده می شوند و در صورت تولید این گازها و در نبود گاز استیلن معمولاً عیب داخل ترانسفورماتور مربوط به فلزات داغ و یا ممکن است مربوط به اتصالات نادرست تپ سلکتور مربوط به تپ چنجر باشد.

استفاده از نسبت گازها برای مشخص کردن خطای احتمالی یک روش تجربی بوده که به تجربه شخص بستگی دارد روش های شناسایی عیب که براساس اصول تخریب حرارتی بنا شده اند، نسبتهای گاز های کلیدی را به عنوان معیار شناسایی عیب به کار می برند. روش روجرز و دورنبرگ که با توجه به نسبت گازهای تولید شده، عیب احتمالی را تشخیص داده می شود در ذیل آورده شده اند. کارشناس متخصص ترانسفورماتور با توجه به جداول مذکور و سابقه تعمیرات و بهره برداری از ترانسفورماتور می تواند تا حدود زیادی پی به عیب های داخلی ترانسفورماتور برده و حوادث را قبل از حادث شدن جلوگیری نماید.

جدول نسبت گازهای کلیدی، روش را جرز

حالت	R2 C ₂ H ₂ /C ₂ H ₄	R1 CH ₄ /H ₂	R5 C ₂ H ₄ /C ₂ H ₆	وضعیت ترانسفورماتور
۰	<0.1	0.1-1	<1	بدون عیب
۱	<0.1	<0.1	<1	تخلیه با انرژی کم
۲	0.1-3	0.1-1	>3	قوس الکتریکی
۳	<0.1	0.1-1	1-3	اضافه بار با دمای کم
۴	<0.1	>1	1-3	خطای حرارتی
۵	<0.1	>1	>3	خطای حرارتی بیشتر از ۷۰۰ درجه سانتیگراد

در مجموع ۱۴۰ روز طول کشیده است و در نهایت منجر به جدول زیر شده است. این آزمایش تقریباً برابر با ترانسفورماتوری است که ۲۵ سال بهره برداری و در سرویس بوده است، آنچه مشاهده می شود در روغن های از نوع پارافینیک مقدار فورفورال ایجاد شده بیشتر است نسبت به روغن های پایه نفتنیک و در مجموع با بالا رفتن مقدار فورفورال، معیاری برای تشخیص عمر باقی مانده کاغذ ترانسفورماتور براساس مقدار 2-furfural و dp آورده شده است و نشان می دهد پایه شیمیایی روغن ترانسفورماتور نیز در پیری زود رس آن نقش خواهد داشت.

Research results for DP and 2- furfural

Aging Cycle	Naphthenic		Paraffinnic	
	Dp	2-furfural	Dp	2-furfural
28day	580	.7	520	1
56day	390	4	380	4
84day	230	7	230	7
112day	210	9	200	14
140day	160	12	150	20

جدول شماره ۳

با توجه به نتایج بدست آمده از آزمایشگاه مرکز تحقیقات ترانسفورماتور مربوط به ده دستگاه فوق توزیع (آزمایش فورفورال جدول شماره یک) و همچنین با توجه به جدول برآورد و تخمین عمر باقی مانده از ترانسفورماتورها (جدول سه) چنانچه مشاهده می شود ۱۰ دستگاه ترانسفورماتورهای برق تهران که مورد مطالعه قرار گرفته اند در شرایط تخریب عایق Accelerated Ageing Rate و در منطقه Excessive Ageing Danger Zone قرار گرفته اند و در این رابطه پیشنهادی به شرح ذیل داده شده است

۲.۲ نتایج و پیشنهاد

- ترانسفورماتورهای قدیمی با عمر بیش از ۳۰ سال حداقل در سال دومرتبه مورد آزمایش فورفورال قرار گیرند
- از نظر آزمایش گاز کروماتوگرافی نیز تحت مراقبت بوده و نتایج را بصورت فصلی تحلیل نمایند
- میزان بارگیری از ترانسفورماتور ها محدود گردد و دیسپاچینگ فوق توزیع آمادگی لازم را جهت انتقال بار در شرایط حادثه داشته باشد
- با توجه به میزان عدداسیدی بالا و قدمت زیاد این ترانسفورماتورها، خصوصاً ترانسهای که عدد اسیدی آنها بالاتر از ۴/ می باشد نسبت به فیلتراسیون جهت رطوبت و اسید زدایی اقدام شود و در صورت تامین منابع

سطح ۳ - در این حالت مقدار TDCG نمایانگر سطح بالایی از تجزیه روغن است. اگر مقدار هر کدام از گازها از مقدار مربوطه در جدول بیشتر باشد بایستی بازرسی بیشتر، دقیقتر و سریعتر انجام شود. احتمال وجود یک یا چند خطا وجود دارد

• سطح ۴ - در این حالت مقدار TDCG نمایانگر سطح خیلی بالایی از تجزیه روغن است. ادامه کار ترانسفورماتور به احتمال قوی منجر به خرابی ترانسفورماتور خواهد شد

۴. موارد موثر در تحلیل نتایج گاز کروماتوگرافی روغن

ترانسفورماتور

با توجه به اینکه ترانسفورماتورها بسیار پیچیده هستند صرفاً در نظر گرفتن تمام علائم و نشانه ها در جداول استاندارد کافی نمی باشد، لذا احتمالات دیگری نیز وجود دارند که باید مورد توجه قرار گیرند بنا براین برای اطمینان از حصول نتیجه ضروری است در هنگام تجزیه و تحلیل وضعیت داخلی ترا نسفورماتورها اطلاعات بیشتری از سوابق تعمیر و نگهداری و بهره برداری از ترانسفورماتور در دسترس باشد زیرا تصمیم غلط با عث تحمیل هزینه ها و عواقب دیگری را به دنیا ل خواهد داشت. پس به جهت اطمینان از آنالیز و نتایجی که اتخاذ می گردد لازم است موارد به شرح ذیل در نظر گرفته شود.

۱- نمونه گیری روغن تحت شرایط مناسب انجام واز ابزار وظروف استاندارد استفاده گردد

۲- دستگاه گاز کروماتوگرافی مطمئن و کالیبره بوده و متخصص آزمایشگاه از نتایج اطمینان داشته باشد و هرچند وقت با سایر آزمایشگاه های مشابه نتایج بصورت موردی مطابقت داده شوند

۳- سوابق تعمیر و نگهداری ترانسفورماتور شامل آزمایشات الکتریکی ترانسفورماتور در دسترس باشند

۴- آمار حوادث و عملکردهای خودکار که منجر به خروج ترانسفورماتور شده در اختیار باشد

۴- نتایج کیفی آزمایش روغن مانند مقدار عدد اسیدی، ویسکوزیته، میزان رطوبت در روغن، تانژانت دلتا و... در اختیار باشند

۵- چنانچه ترانسفورماتور قبلاً تعمیر اساسی شده، جابجا شده یا عملیات فیلتراسیون روی آن انجام شده است نیز با مستندات وجود داشته باشند

نسبت گازهای کلیدی، روش دورنبرگ برای گازهای حل شده در روغن و برای گازهای حاصله از رله گاز

عیب احتمالی	نسبت اول R1=CH4/H2		نسبت دوم R2=C2H2/C2H4		نسبت سوم R3=C2H2/CH4		نسبت چهارم R4=C2H6/C2H2	
	نمونه روغن	نمونه گاز	نمونه روغن	نمونه گاز	نمونه روغن	نمونه گاز	نمونه روغن	نمونه گاز
تخریب حرارتی	>1	>0.1	<0.75	<1	<0.3	<0.1	>0.4	>0.2
کرونا	<1	<0.01	ناچیز	ناچیز	<0.3	<0.1	>0.4	>0.2
قوس الکتریکی	>0.1<1	>0.01<0.1	>0.75	>1	>0.3	>0.1	<0.4	<0.2

یکی از دیگر از راه های بررسی و عیب یابی داخلی ترانسفورماتورهای قدرت، بکار گیری مقادیر جدول IEEE به شرح زیر می باشد به منظور بررسی و عیب یابی با توجه به داده های ارائه شده که در چهار سطح تعریف شده است. رشد گاز بیش از ارقام مذکور دارای ابهام بوده و باید مطابق به تعاریف در چهار سطح اقدام گردد.

جدول مقادیر گازهای محلول در روغن ترانسفورماتور (مقادیر بر حسب پی پی ام)

استاندارد IEEE

سطوح ارزیابی	H2	CH4	C2H2	C2H4	C2H6	CO	CO2	TDCG
سطح ۱	۱۰۰	۱۲۰	۲۵	۵۰	۶۵	۲۵۰	۲۵۰۰	۷۲۰
سطح ۲	۱۰۱-۷۰۰	۱۲۱-۴۰۰	۲۶-۵۰	۵۱-۱۰۰	۶۶-۱۰۰	۲۵۱-۵۷۰	۲۵۰-۴۰۰	۱۹۲۰-۷۲۱
سطح ۳	۱۸۰۰-۷۰۱	۱۰۰۰-۴۰۱	۵۱-۸۰	۱۰۱-۲۰۰	۱۰۱-۱۵۰	۵۷۱-۱۴۰۰	۴۰۰-۱۰۰۰	۱۹۲۱-۴۶۳۰
سطح ۴	>۱۸۰۰	>۱۰۰۰	>۸۰	>۲۰۰	>۱۵۰	>۱۴۰۰	>۱۰۰۰۰	>۴۶۳۰

سطح ۱- اگر مقدار TDCG کمتر از مقدار این سطح باشد، ترانسفورماتور سالم است. اگر مقدار هر کدام از گازها از مقدار مربوطه در جدول بیشتر باشد، باید از بازرسی بیشتری انجام شود

سطح ۲- مقدار TDCG در این محدوده نشان دهنده بیشتر بودن مقدار گاز قابل احتراق نسبت به حالت کار عادی است. هر گونه افزایش بیش از حد در هر کدام از گازها، بازرسی بیشتر و دقیقتر را ضروری می نماید. ممکن است ترانسفورماتور دارای یک یا چند خطا باشد.

۵. نتایج بررسی وضعیت داخلی تعداد ۱۵۱ دستگاه از ترانسفورماتورهای انتقال

بر اساس نتایج حاصله از آزمایشگاه روغن شرکت برق منطقه ای تهران، شامل گاز کروماتوگرافی و آزمایش های کیفی روغن برای هردستگاه ترانسفورماتور، با توجه شرایط بارگیری، سوابق تعمیراتی، سیستم خنک کنندگی و سایر مواردی که به آن اشاره گردید، از تعداد ۱۵۱ دستگاه ترانسفورماتور که تحت بررسی قرار گرفته، تعداد ۲۶ دستگاه از آنها نیاز به بررسی مجدد پیدا کرد. لذا با دقت و آزمایش مجدد روی این تعداد و بازنگری سوابق تعمیرات و نحوه بارگیری، میزان عمر بهره برداری و... از نظر کارشناسی به این نتیجه رسیده که تعداد ۶ دستگاه از آنها در شرایط مناسب نبوده و لازم است روغن آنها تخلیه و مورد بازدید داخلی نیز قرار گیرند. در این رابطه آنچه که زیاد چشمگیر به نظر میرسید وجود گاز اتیلن و اتان در تعداد زیادی از ترانسفورماتورها بوده که ناشی از پر باری ترانسفورماتور و گرمای ناشی از هسته و سیم پیچ می باشد و در تعداد اندکی هم وجود گاز استیلن مشاهده گردیده که بنا به تشخیص صحیح ناشی از ارتباط روغن تانک دایورترسویچ و تانک اصلی روغن بوده و در بعضی موارد هم از کنتاکتهای تپ سلکتور مشاهده شده است، با هماهنگی انجام شده با مرکز دیسپاچینگ و تشکیل تیم متخصص اقدامات پیشگراانه روی ترانسفورماتورها بعمل آمد و واحدهای بهره برداری با تحت نظر گرفتن ترانسفورماتورهای مذکور در سال ۱۳۹۴ از آنها بارگیری نموده اند.

منابع

نتیجه مطالعات بررسی و آنالیز گازهای محلول در روغن ترانسفورماتورها دفتر فنی انتقال برق تهران

پایش وضعیت ترانسفورماتورها (کنترل و عیب یابی) کیومرث مسعودی البرز تدبیر کاران

International journal of scientific&engineering research- predication of life of transformer

استانداردهای IEC و IEEE

منابع: آزمایشگاه روغن شرکت متانیر

آزمایشگاه روغن مرکز تحقیقات ترانسفورماتور ایران

آزمایشگاه شرکت نیک صنعت آریا

۶- میزان بارگیری از ترانسفورماتور در طی فصول سال و بیشترین مقدار بارگیری و احياناً بارگیری های بالاتر از ظرفیت ترانسفورماتور از مراکز کنترل شبکه دریافت شود.

۷- از سیستم خنک کنندگی شامل فن ها و پمپ ها اطمینان کافی وجود داشته باشد و در صورتی که طی دوران بهره برداری اشکالی در سیستم خنک کنندگی وجود داشته باشد اعلام نظر شود

۸- در صورت نیاز و به عنوان گزینه آخر، بازدید داخلی از اکتیو پارت و سایر متعلقات داخل ترانسفورماتور صورت گیرد

یک نمونه خطای اندازه گیری به علت عدم کالیبره بودن دستگاه گاز کروماتوگرافی

نوع گاز	کالیبره نشده و خطای انسانی	کالیبره شده
کربن دی اکسید	۴۷۳۳	۷۲۹۲
اتیلن	۱۵۹	۲۶
استیلن	۲۱۶	۲۰
اتان	۵۵	۶
متان	۱۷	۱۷
کربن منو اکسید	۷۷۳	۳۷۲
پروپان	۱۱	۳۲
پروپیلن	۲۴۸	۱۴
هیدروژن	۴۲	۲۱

چنانچه از جدول بالا پیداست بعلت عدم کالیبره بودن دستگاه گاز کروماتوگرافی و خطای انسانی، مقدار گازهای کلیدی مانند استیلن و اتیلن باعث نگرانی و در شرایط خیلی بدی می باشند ولی با کمی دقت در سایر آزمایشها و سابقه ترانسفورماتور و بازدیدهای لازم پی به عدم کالیبره بودن دستگاه برده میشود