

بسمه تعالی

موضوع: تپ چنجر و اهمیت سرویس و نگهداری آن در پایداری انرژی الکتریکی

جواد عزیزیان: کارشناس برق قدرت سیمان ایلام

چکیده: در این مقاله تلاش گردیده با معرفی تپ چنجر به عنوان یکی از تجهیزات مهم و کاربردی ترانسفورماتورهای قدرت و تشریح عملکرد و معرفی اجزای تشکیل دهنده آن همچنین استناد به آمار خرابی این تجهیز در شبکه برق سراسری و لزوم توجه به سرویس و نگهداری آن و معرفی متد و شیوه صحیح تعمیرات پیشگرا نه گامی در جهت کاهش توقفات ناخواسته و خسارات احتمالی و کاهش هزینه های تولید برداشته شود.

کلمات کلیدی: تپ چنجر-

مقدمه

اکثر ترانسفورماتورهای فشار قوی دارای دستگاهی بنام تپ چنجر بوده که کار آنها عملاً در مدار گذاشتن و خارج کردن تعدادی از حلقه های سیم پیچی ترانسفورماتور بمنظور تغییر دادن در نسبت ولتاژ میباشد و عموماً این دستگاه در قسمت ولتاژ بالاتر قرار میگیرد. تپ چنجر دو نوع می باشد تعدادی در حالت روشن و بدون قطع بار تغییر تپ داده که به **on load tap changer** موسومند و دسته ای دیگر فقط در حالت خاموش می توان تغییری در تپ آن بوجود آورد که **off load tap changer** نامیده میشوند

هم اکنون بیش از هفتاد سال از اختراع تپ چنجرهای تحت بار میگذرد که توسط آن می توان با تغییر دادن تعداد حلقه های سیم پیچ ترانسفورماتور ها نسبت به افزایش یا کاهش ولتاژ خروجی ترانسفورماتورها در حد مورد نظر اقدام نمود. اگرچه طی چندین دهه گذشته اصول اولیه تپ چنجرها براساس آن ساخته شده اند تغییر ننموده لیکن پیشرفت های زیادی در این تکنولوژی بعمل آمده بطوری که تپ چنجرهای مدرن امروزی از نظر کارکرد و استحکام و ایمنی با انواع اولیه آن تفاوت زیادی دارند

تپ چنجر TAP CHANGER

تپ چنجر ها به سه طریق زیر مورد استفاده قرار می گیرند:

- ۱- تپ چنجرهای سه فاز که بروی سیم پیچ های با اتصال ستاره قرار می گیرند.
- ۲- تپ چنجر های سه فاز که بروی سیم پیچ های با اتصال مثلث قرار می گیرند. در این حالت عایق بندی کامل بین فازها مورد نیاز است و به سه دستگاه تپ چنجر احتیاج داریم که با یک مکانیزم حرکتی مشترک کار کنند.
- ۳- تپ چنجر های تک فاز که بروی ترانسفورماتور های تک فاز یا سه فاز مورد استفاده قرار می گیرند.



تپ چنجر on load



تپ چنجر off load

تپ چنجر های غیر قابل تغییر زیر بار دارای ساختمان ساده ای بوده و تغییرات این نوع تپ چنجر ها معمولاً با توجه به نیاز و متناسب با نوسانات بار در فصول مختلف سال انجام می گیرد ولی تپ چنجرهای قابل قطع زیر بار بانوسانات ولتاژ شبکه و بدون قطع ترانس، کنترل ولتاژ خروجی صورت می گیرد

تپ چنجر های قابل تغییر زیر بار از قسمت های زیر تشکیل شده است

۱- Motor Drive : جعبه موتور بروی بدنه ترانسفورماتور نصب است و حرکت موتور آن به جعبه دنده و از آنجا به قسمت دیگر تپ چنجر منتقل میشود. به منظور تنظیم تپ ها و تغییر در گردش موتور و سیستمهای کنترل از راه دور و دادن فرامین از دور و نزدیک و قرائت مقدار تپ در داخل این جعبه اداوات مختلفی نصب گردیده همچون کنتاکتور ها ، سوئیچ های محدود کننده ، بی متال ، رله کنترل فاز ، هیتر ، نشان دهنده ها ، جعبه دنده و .. .



موتور درایو motor drive

۲- مکانیزم انتقال حرکت : حرکت موتور چه در جهت کاهش دور سیم پیچ و چه در جهت افزایش دور پس از موتور به جعبه دنده ها و از آنجا توسط محورهای رابط به قسمت داخلی مکانیزم تغییر تپ، منتقل میشود.

۳- Diverter Switch : کلید برگردان ، مکانیزمی است که محرک اصلی آن قدرت فنری است که در آن تعبیه شده است و در محفظه حاوی روغن ترانس (که البته با روغن تانک اصلی در ترانس ایزوله است) قرار دارد. این کلید مرتبط به تپ سلکتور میباشد و عمل کلید زنی و قطع و وصل جریان توسط آن صورت می گیرد . در واقع عمل اتصال سر خروجی که قبلاً" توسط تپ سلکتور انتخاب شده است را انجام می دهد.



دایورتر سویچ

۴- Tap Selector : کلید انتخاب تپ ، در قسمت زیرین محفظه کلید برگردان قرار دارد و از تعدادی کنتاکت لغزشی تشکیل شده است. این کلید جهت عبور دادن جریان و انتخاب سرهای خروجی سیم پیچ طراحی شده و قابلیت اتصال و یا قطع جریان را ندارد .



تپ سلکتور

محفظه کلید برگردان و کلید انتخاب تپ به یکدیگر متصل بوده و تشکیل یک واحد را می دهند که به قسمت در پوش بالائی ترانسفورماتور از طریق سر تپ چنجر آویزان می باشد.

۵: change over selector

کلیدی است که بصورت سری با تپ سلکتور متصل می گردد و توسط آن سیم پیچ **coarse** وارد مدار یا از مدار خارج می گردد و یا سیم پیچ **fine** معکوس می گردد و طی حرکت تپ سلکتور از تپ یک تا آخر فقط یکبار عملکرد دارد .

۶: امپدانس انتقال وضعیت: transition impedance

یک مقاومت و یا اندوکتانسی است که بصورت پل عبوری از یک تپ به تپ دیگر می باشد و در زمانی کوتاه (M sec) یک قسمت از سیم پیچ تپ چنجر (یک پله) از مسیر این امپدانس اتصال کوتاه می گردد و باعث محدود شدن جریان اتصال کوتاه می شود .

در تپ چنجرهای زیر بار چیزی که اهمیت دارد پیوسته بودن جریان در مدار است که حتی نباید لحظه ای مسیر بار قطع گردد . جهت پیشبرد این روند ، در لحظه تغییر تپ چه اتفاقی می افتد که مسیر بار قطع نمیشود؟ در دایورتر سوئیچ دو کنتاکت کمکی در طرفین کنتاکت اصلی قرار دارد که در زمان تغییر تپ ابتدای امر کنتاکت کمکی اول به تپ دیگر چسبیده و اجازه می دهد کنتاکت اصلی جدا شود در ادامه کنتاکت کمکی دوم جای کنتاکت اصلی می نشیند و در این حالت کنتاکت اصلی کاملاً آزاد است و سپس کنتاکت کمکی اول آزاد شده و جایش را به کنتاکت اصلی میدهد و کنتاکت کمکی دوم نیز آزاد میشود . در طول این زمان مسیر کاملاً بسته می ماند و باز نمیشود. کل این فرایند در کسری از ثانیه انجام می پذیرد تا باعث تجزیه روغن تپ چنجر نشود و حداقل آرک بوجود آید.



مجموعه شامل کنتاکت اصلی و کنتاکتهای فرعی

سیم پیچهای قابل تغییر در ترانس از دو قسمت جداگانه تشکیل شده اند ، سیم پیچ اصلی و سیم پیچ تنظیم ولتاژ. نحوه اتصال سیم پیچ اصلی و سیم پیچ تنظیم به سه طریق زیر انجام می گردد:

- ۱- سیم پیچ تنظیم خطی Regulation Linear Winding
- ۲- سیم پیچ تنظیم با اتصال معکوس Reversing – Pulse/Minus Winding
- ۳- سیم پیچ تنظیم با اتصال کورس – فاین Regulation Coarse/Fine Winding

سیستم های حفاظتی تپ چنجر

۱: رله RS 2001 که در شکل نشان داده شده است شبیه رله بوخهلتس ترانسفورماتور می باشد که دارای یک پرچم سوراخدار است . در حالت عادی گازهای تولید شده از طریق سوراخ مذکور عبور می کنند ولی چنانچه فشار گاز در اثر اتصالیهای عمده زیاد شود جریان شدید روغن باعث انداختن پرچم و در نتیجه اتصال کنتاکتهای رله گردیده و باعث قطع دژنکتور می گردد. منحنی ریسپاند رله RS در قسمت A شکل نشان داده شده است

۲: دیافراگم که صفحه نازک آلومینیومی است و در فشار ۴ تا ۵ بار پاره می شود منحنی B در شکل زمان ریسپانس رله را نشان می دهد .

از دو نوع حفاظت های فوق در تپ چنجر ها استفاده میشود در بعضی از تپ چنجرها از PRESSURE RELIEF VALVE بجای دیافراگم استفاده میشود و در فشار ۰.۸۵/بار عمل می کند و زمان قطع آن حدود ۲۰ میلی ثانیه است



PRESSURE RELIEF VALVE



رله RS 2001

ضمناً یادآوری می گردد که علاوه بر حفاظتهای فوق که مختص تپ چنجر بوده تجهیزات حفاظتی ترانس همچون رله دیفرانسیل - رله اضافه جریان - رله ارت فالت و... نیز در صورت بروز خطا در تپ چنجر باعث قطع ترانس و تپ چنجر از شبکه می گردد.

اهمیت تعمیرات پیشگیرانه در سیستمهای قدرت (pre maintenance)

تجهیزات مهم الکتریکی نیروگاهها و پست ها مانند ترانسفورماتورها راکتور ژنراتور موتورهای فشارقوی تابلوهای برق و... نقش اساسی در تولید برق مطمئن نیروگاهها و متعاقبا " شبکه های برق داشته و با انجام سرویس و نگهداری مناسب و بموقع علاوه بر افزایش عمر مفید آنها تعداد خروجیهای اضطراری و در نتیجه آمادگی واحدها و شبکه را کاهش میدهد

ردیف	ولتاژ ترانسفورماتور	سال ۸۰	سال ۸۱	سال ۸۲	سال ۸۳	سال ۸۴
		تعداد خروج ناشی از عوامل داخلی	تعداد خروج ناشی از عوامل داخلی	تعداد خروج ناشی از عوامل داخلی	تعداد خروج ناشی از عوامل داخلی	تعداد خروج ناشی از عوامل داخلی
۱	۱۳۲,۶۶.۴۰۰,۲۳۰ ۶۳,۲۰۰	۴۴	۳۴	۶۳	۶۹	۱۱۸
۲	۲۳۰,۱۳۲ ۶۶,۶۳,۲۰	۱۶۴	۲۰۹	۲۹۱	۵۹۱	۵۰۲

طبق جدول فوق که با توجه به آمار ۵ سال گذشته ترانسفورماتورهای شبکه برق ایران تهیه شده است می توان صراحتاً اذعان نمود که میزان خروجی های ناشی از عوامل داخلی ترانسفورماتور افزایش یافته است بطوریکه در طول ۵ سال به حدود ۳ برابر رسیده است .

چون تپ چنجر تنها قسمت دینامیک یک ترانسفورماتور می باشد توجه به آن از اهمیت زیادی برخوردار است و طبق آمار ترانسهای حادثه دیده مشخص شده است که بالای ۹۰٪ حوادث داخلی ترانس ناشی از عیوب تپ چنجر بوده و برای سرویس و بازدید آن کارخانه های سازنده دستور العمل های خاص خود را دارا می باشند ولی بطور کل و با جمع بندی دستورالعمل های سازنده های مختلف ترانسفورماتور به چهار گروه زیر تقسیم میگردند و برای سرویس دوره ای تپ چنجر آن دستورالعمل مربوطه توصیه می گردد.

ردیف	نوع ترانس	تعویض روغن تپ چنجر	آزمایش الکتریکی تپ چنجر	بازدید و سرویس	تعویض بعضی از قطعات
۱	ترانس واحد نیروگاه	۱ سال تا ۳ سال	یکبار در سال	دوره اورهال واحد و حداکثر ۳ سال و ۵۰۰۰۰ عملکرد تپ چنجر	۸۰۰۰۰ بار عملکرد
۲	ترانس شبکه (پست)	۱ سال تا ۳ سال (حداکثر ۳ سال)	یکبار در سال و حداکثر یکبار در ۳ سال	۳ سال تا ۵۰۰۰۰ عملکرد تپ چنجر	۸۰۰۰۰ تپ عملکرد چنجر
۳	ترانس کوره	۶ ماه تا یکسال	۶ ماه تا یکسال	یک سال یا ۲۰۰۰۰ عملکرد تپ چنجر	۵۰۰۰۰ تپ عملکرد چنجر
۴	ترانس الکترولیز	"	"	"	"

آزمایش های تپ چنجر

آزمایش تپ چنجر شامل سه نوع آزمایش بشرح زیر است که شرایط ونحوه آزمایش ها بر اساس استاندارد IEC 542 مشخص شده است

الف: آزمایش نمونه ای TIPE TEST

TEMPRETURE RISE OF CONTACT : 1

SWITCHING TEST : 2

SHORT – CIRCUIT TEST : 3

TRANSITION IMPEDANCE TEST : 4

MECHANICAL TEST : 5

DIELCTRIC TEST : 6

ب: آزمایش روتین ROUTINE TESTS

MECHANICAL TEST -۱

SEQUENCE TEST -۲

AEXILIARY CIRCUITS INSULATION TEST -۳

PRESURE AND VACUME TEST -۴

ج: آزمایش راه اندازی COMMISSIONING TEST

این آزمایش بصورت بخشی از دستورالعمل راه اندازی ترانس ارائه میگردد. قبل از راه اندازی ترانس از صحت نصب و کار صحیح ادوات نمایشگر آنها اطمینان حاصل نمایید آزمایشهایی روی ترانسفورماتور و لوازم حفاظتی آنها جهت تصدیق صحت تجهیزات صورت پذیرد. تستهایی که انجام می شود باید علامت گذاری شده و نتایج نیز ثبت شود قبل از برقدار نمودن ترانس یک بازرسی نهایی جهت ایمنی سیستم های نمایش دهنده صورت گرفته و نتایج در گواهی نامه راه اندازی ثبت شود.

۱: مقاومت عایقی: مقاومت عایقی جهت تعیین اشتباهات جدی که در طی نصب صورت میگیرد اندازه گیری میشود نتایج آن بستگی به فاکتورهای متعددی همانند ولتاژ مولد مغناطیسی رطوبت تمیز نمودن مقره های چینی دما و... دارد اگر شرایطی که در آنها آزمایشات صورت میگیرد خوب باشد مبنای یک مگا اهم بر کیلو ولت برای ترانس توصیه میگردد (مرجع =ولتاژکاری اندازه گیری شده ترمینال) هنگامی که سیستم برقدار میشود وضعیت واحد نتایج اندازه گیری ها را تحت تاثیر قرار میدهد. مولد های مغناطیسی با ولتاژ ۲,۵ کیلوولت یا ۵ کیلو ولت باید جهت اندازه گیری مقومت عایقی بکار گرفته شود این ولتاژ اعمال شده dc نباید بزرگتر از ۷۵٪ ولتاژ ac تحمل کوتاه مدت با فرکانس نامی باشد.

۲: اندازه گیری نسبت تبدیل جهت بررسی چرخنده کلید تنظیم ولتاژ

این اندازه گیری نه تنها برای بررسی صحت عملکرد چرخ دنده کلید تنظیم ولتاژ پس از حمل ترانس لازم است بلکه جهت بررسی صحت اتصال بین موتور الکتریکی و چرخ دنده نیز به کار میرود.

بنابراین هدف این اندازه گیری بررسی دقت ضریب تبدیل نمی باشد بلکه حصول اطمینان از تغییرات پیوسته ولتاژ به عنوان تابعی از ضریب تبدیل از بالا ترین تا پایین ترین تعداد دور می باشد.

بدین منظور یک ولتاژ پایین (۳۸۰ ولت یا ۵۰۰ ولت) باید به سیم پیچ فشار قوی ترانس اعمال گردد

سپس نسبت تبدیل در سیم پیچ فشار ضعیف ترانس در تمامی وضعیت های بار یا بدون بار ولتاژ حداقل توسط دو ولت متر اندازه گیری شود این آزمایش برای هر نوع کلید تنظیم ولتاژ on load و off circuit میباشد.

کلید زنی در تمامی پله ها بررسی می شود تا هیچگونه قطعی وجود نداشته باشد.

موتور الکتریکی قبل از بررسی صحت اتصال آن به چرخ دنده های کلید تنظیم ولتاژ نباید به وضعیت نهائی حرکت داده شود.

هنگامیکه به نزدیکی نقطه انتهائی میرسد باید توسط اهرمی دستی حرکت داده شود.

یک آزمایش عملکرد کامل کلید تنظیم ولتاژ همچنین شامل بازرسی چشمی تغییر حالت های نامنقطع تغییر جهت چرخش در یک تعداد زوج و فرد سرهای خروجی میباشد.

به منظور انجام این آزمایش کلید تنظیم ولتاژ زیر بار به طور پله ای و در حالت برگشت به پله قبلی کار خواهد نمود (مثلا ۱,۲,۳,۴,۵,۶,۷,۸,....) برای این منظور کلید تنظیم ولتاژ را در حالت معکوس برای تغییر پله ها بکار اندازید.

۳: محرکه الکتریکی و کلید تنظیم ولتاژ

ترموستات گرمکن جعبه کنترل در دمای تقریبی ۲۰ درجه سانتیگراد گرمکن فوق از نظر عملکرد صحیح تست خواهد شد از تطابق تغییرات جهتی سویچ تغییر دهنده با نشان دهنده پله های سویچ فوق اطمینان حاصل نمایید.

برای تنظیم دقیق و مناسب این چرخ دنده ها دستور العمل کاربردی تپ چنجر مربوطه مطالعه شود.

به منظور جلوگیری از کار کلیدهای تنظیم ولتاژ در محدوده غیر مجاز جریان (عموماً ۱/۴ برابر جریان نامی تپ چنجر) رله های جریان مناسبی باید جهت محدود کردن حرکت موتور الکتریکی کلید تنظیم ولتاژ زیر بار تهیه و نصب شود این رله ها که در مدار ثانویه ترانس های جریان قرار دارند حرکت موتور را در صورت

فراتر رفتن جریان از مقدار از پیش تعیین شده متوقف می نماید معمولاً" از رله های خود تنظیم جهت ازاد شدن اتوماتیک موتور الکتریکی در صورت پایین آمدن مقدار جریان استفاده می شود .

۴: موقعیت شیرهای کشویی ، شیرهای سه حالته و شیرهای پروانه ای را در صورت وجود مطابق پلاک دستورالعمل شان بررسی نمایید .

۵: هوا گیری

تمامی منافذ هواگیری باید تا خارج شدن روغن بدون حباب هوا باز باشند و مجدداً "محکم و بسته شوند.

یادآوری نکات برجسته در نگهداری تپ چنجر:

۱: اولین سرویس دوره‌های پیشگیرانه تپ چنجر ها جهت اطمینان از صحت کارکرد آن بایستی طی ۲ تا ۳ سال پس از شروع بهره بردای انجام شود

۲: آزمایش روغن تپ چنجر باید هر ۶ ماه یکبار انجام گیرد که شامل تست عایقی است که میزان عایقی باید همواره بالاتر ۵۰ کیلو ولت باشد آزمایش میزان وجود آب در روغن نیز از اهمیت خاصی برخوردار است که برای تپ چنجرهای با اتصال مثلث نباید از ۳۰ PPM و برای تپ چنجر های ستاره نباید از ۴۰ PPM بیشتر باشد

۳: چنانچه در حین کار تپ چنجر رله RS عمل نماید مطلقاً" نباید قبل از بازرسی و تعیین عیب و برطرف کردن آن اقدام به بهره برداری مجدد از تپ چنجر و ترانسفورماتور گردد.

۴: نهایتاً" آنکه بعلت تخصصی بودن سرویس و تعمیرات تپ چنجر ها نیاز به افراد دارای تجربه و صلاحیت میباشد هر گونه دستکاری آن توسط افراد فاقد صلاحیت ممکن است باعث به هم خوردن تنظیمات و بروز حوادث ناگوار که منجر به خسارت عمده و توقف تولید میشود گردد

۵: یکی از راه های بالا نگه داشتن دی الکتریک روغن در تپ چنجرهایی که تعداد عملکرد آنها بالا است مانند تپ ترانسهای کوره ذوب استفاده از دستگاه تصفیه روغن ON-LIIN است که پس از هر بار عملکرد تپ با برنامه ریزی قبلی بطور اتوماتیک روغن تپ چنجر برای مدت حدود ۱۰ تا ۶۰ دقیقه تصفیه میگردد نصب این دستگاه بر روی تپ چنجرهایی که در سال بیش از ۳۰۰۰۰ بار عملکرد دارند توصیه می گردد

۶: معمولاً جهت جلوگیری از اتلاف وقت در تعمیرات و حداقل زمان توقف خطوط تولید با توجه به زمان مورد نیاز جهت تامین برخی لوازم و قطعات یدکی اضطراری پیشنهاد می شود هنگامیکه بیش از دو دستگاه تپ چنجر مشابه در یک محل بکار برده می شود اقدام به تهیه یک دستگاه دایورتر سویچ یدکی نمود که این دایورتر سویچ یدکی بصورت خشک شده و آماده بهره برداری در محل کارخانه سازنده در داخل مخزن فولادی که از روغن ترانس پر شده است نگهداری شود بدین ترتیب در صورتیکه تپ چنجر دچار مشکلی گردید ورله های حفاظتی آن عمل نمودند بلافاصله دایورتر سویچ یدکی مورد استفاده قرار گیرد سپس در فرصت مناسب با داشتن لوازم یدکی مورد نیاز دایورتر سویچ صدمه دیده را تعمیر نمود و در همان مخزن روغن قرار داده و درب آن برای جلوگیری از نفوذ رطوبت محکم بسته شود

نتیجه گیری:

اهمیت بازدید و سرویس و نگهداری به قدری مهم و است که طبق مطالعات بعمل آمده و بررسی های انجام شده نحوه ودقت در سرویس و نگهداری و بازدید های پیشگیرانه نسبت به سایر عوامل موثر بر عمر ترانسفورماتور سهم بیشتری دارد از طرف دیگر آمار ترانسفورماتورهای صدمه دیده نشان میدهد که وجود اشکالات ممکن است مربوط به تجهیزات جانبی ترانسفورماتور باشد که اکثراً در دسترس بوده و با انجام بازدیدهای مرتب و دقیق معایب قابل تشخیص و پیشگیری می باشد لذا تهیه و تدوین دستورالعمل نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه برای ترانسفورماتورها ضروری به نظر میرسد

مراجع

۱- کاتالوگ و هند بوک های شرکت M.R (www.reinhausen.com)

۲- کاتالوگ و هند بوک های شرکت ABB (www.abb.com)

۳- مقالات ارایه شده در سمینارهای تخصصی برق

۴- مرکز آموزش و تحقیقات صنعتی ایران