

ترانسفورماتور توزیع با OLTC

بهروز احمدزاده

شرکت ترانسفورماتور توزیع زنگان behrooz.ahmadzadeh@gmail.com

چکیده

در بحث نیروگاههای پراکنده و یا انرژیهای تجدیدپذیر مانند نیروگاههای خورشیدی جایگاه ترانسفورماتورهای توزیع با کلید تنظیم ولتاژ تحت بار از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشد. ترانسفورماتورهای توزیع با تپ چنجر OLTC می توانند از طریق تنظیم و بالانس کردن اتوماتیک تغییرات ولتاژ شبکه فشار متوسط 20kV و نیز تغییرات بار در شبکه فشار ضعیف 400V، پایداری ولتاژ را در شبکه های توزیع برق بهبود دهند.

در این مقاله به بررسی نکات مهم طراحی و ساخت اولین ترانسفورماتور توزیع روغنی مجهز به کلید تپ چنجر تحت بار OLTC از نوع افقی (و نه استوانه ای) با علامت تجاری ITAP پرداخته شده است. ترانسفورماتور مذکور با توان نامی 630 KVA و ولتاژ نامی 20/0.42 KV با پله های $\pm 1.25\%$ در سیم پیچ فشار قوی میباشد و تغییر پله ها توسط کلید تنظیم ولتاژ زیر بار همراه با راکتور محدود کننده انجام می شود. از جمله موارد قابل ذکر در مشخصات این ترانسفورماتور این است که با توجه به ساختار ویژه تپ چنجر مورد استفاده در آن (که برای اولین بار در ایران مورد استفاده قرار می گیرد)، ابعاد طول و عرض ترانسفورماتور نسبت به حالت معمول (که از تپ چنجر غیرقابل تغییر زیربار استفاده می شود) افزایش چندانی نداشته و تنها ارتفاع آن جهت نصب راکتور و تپ چنجر افزایش داشته است.

کلمات کلیدی: ترانسفورماتور توزیع، تنظیم ولتاژ، کلید تپ

چنجر تحت بار، OLTC، ITAP

مقدمه

در نیروگاههای پراکنده کوچک همچون نیروگاههای خورشیدی برای تزریق انرژی به شبکه ۲۰ کیلوولت، ابتدا ولتاژ DC تولید شده توسط سلولهای فوتوولتائیک بوسیله اینورترها به ولتاژ AC تبدیل شده و سپس از طریق ترانسفورماتور افزایشدهنده به شبکه ۲۰ کیلوولت تزریق می گردد. بدلیل تغییرات ولتاژ شبکه فشار متوسط و بمنظور افزایش پایداری ولتاژ، میتوان از ترانسفورماتور مجهز به کلید تنظیم ولتاژ تحت بار (OLTC= On Load Tap Changer) استفاده نمود. اگرچه تپ چنجرهای معمول به شکل استوانه ای (که در ترانسفورماتورهای قدرت استفاده میشوند) بدلیل

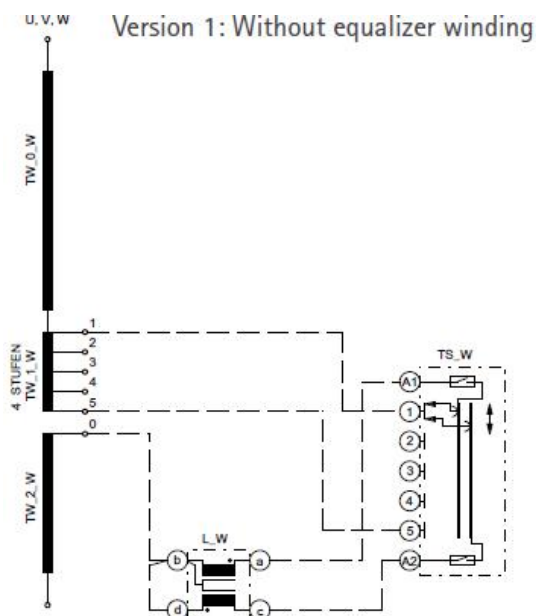
قیمت بسیار بالای این نوع تپ چنجرها (نسبت به قیمت ترانسفورماتورهای توزیع) و نیز ابعاد بزرگ آنها (نسبت به ابعاد ترانسفورماتورهای توزیع)، استفاده از آنها در ترانسفورماتورهای توزیع فاقد توجیه اقتصادی میباشد ولی با توجه به گسترش روز افزون نیروگاههای پراکنده کوچک (در حدود یک مگاوات) در سراسر جهان و لزوم استفاده از OLTC در ترانسفورماتورهای افزایشدهنده در این نیروگاهها، و از سوی دیگر ارائه یک محصول جدید در بین تپ چنجرهای OLTC بنام ITAP (توسط یکی از شرکتهای سازنده کلید تنظیم ولتاژ)، که دارای ابعادی کوچکتر و امکان نصب افقی مناسب ترانسفورماتورهای توزیع میباشد در یک پروژه تحقیقاتی و برای نخستین بار در کشور، یک ترانسفورماتور توزیع مجهز به تپ چنجر فوق جهت استفاده در نیروگاههای خورشیدی طراحی و ساخته شد.

مشخصات اصلی کلید تپ چنجر ITAP

معمولاً تپ چنجرهای OLTC دارای ساختار استوانه ای شکل بوده و بصورت عمودی در کنار اکتیوپارت ترانسفورماتورهای قدرت مونتاژ شده و به همین دلیل باعث افزایش طول مخزن ترانسفورماتور می شوند، در حالیکه تپ چنجر مدل ITAP که برای ترانسفورماتورهای توزیع طراحی شده دارای ساختار خطی بوده و بصورت افقی در بالای اکتیوپارت و زیر درپوش مخزن ترانسفورماتور (مشابه شرایط نصب تپ چنجرهای off-circuit) مونتاژ شده و به همین دلیل فقط باعث افزایش ارتفاع ترانسفورماتور می گردند که این خود یکی از مزایای این محصول میباشد چراکه موجب افزایش طول و عرض و در نتیجه سطح اشغال شده محل نصب نمی شود.

از دیگر مزایای این تپ چنجر میتوان به استفاده از تکنولوژی کپسول خلا جهت اطفای قوس الکتریکی در لحظه تغییر تپ اشاره کرد که این امر خود منجر به عدم نیاز به فرایند سرویس و نگهداری تپ چنجر در طول عمر ترانسفورماتور (۷۰۰۰۰ بار عملکرد) می شود.

تفاوت دیگر این تپ چنجر با سایر انواع متداول، مربوط به عنصر محدود کننده جریان در لحظه تغییر تپ بوده، بنحویکه بجای مقاومت اهمی از یک راکتور در مسیر جریان هر فاز استفاده شده است.



شکل ۱- دیاگرام تک خطی هر فاز از سیم پیچی فشارقوی [2]

در تصویر زیر نحوه مونتاز راکتور ها بر روی اکتیوپارت دیده میشود:



همچنین طراحی مخزن این ترانسفورماتور از نوع دیواره کنگره ای (وله ای) و سیستم حفاظت از روغن بدون تنفس (هرمتیک) می باشد. در ضمن پوششهای فشار قوی از نوع رزینی (Plug-in) در نظر گرفته شده است. با توجه به فضای مورد نیاز برای نصب کلید تپ چنجر ITAP و راکتورهای محدود کننده که در بالای اکتیوپارت و زیر درپوش مخزن ترانسفورماتور مونتاز شده اند، لذا افزایش ارتفاع اندک (در حدود ۵۰ سانتیمتر) را موجب شده، ولی اندازه طول و عرض کلی ترانسفورماتور تقریباً بدون تغییر بوده که این خود یکی از مزایای این محصول میباشد چراکه موجب افزایش سطح اشغال شده در محل نصب نمی شود. ابعاد و اوزان کلی ترانسفورماتور مطابق جدول ۳ می باشند:

از دیگر مشخصات فنی این کلید میتوان به حداکثر جریان نامی A ۳۰، حداکثر ولتاژ ۲۴kV، حداکثر تعداد پله ۹ تپ و همچنین استفاده از موتور پله ای (STEP MOTOR) نصب شونده بر روی درپوش ترانسفورماتور و مناسب جهت استفاده در فضای آزاد با درجه حفاظت IP65 (بجای سیستم محرک معمول که دارای موتور القایی با جعبه دنده و محورهای انتقال نیرو بوده و موجب افزایش وزن و ابعاد میشوند) اشاره نمود که مدت زمان لازم برای هر تغییر تپ در حدود ۲ ثانیه خواهد بود.

مشخصات اصلی ترانسفورماتور

برای طراحی و تولید اولین نمونه ترانسفورماتور مجهز به تپ چنجر ITAP، مشخصات مندرج در جدول ۱ مدنظر قرار گرفت:

جدول ۱ - مشخصات ترانسفورماتور نمونه

توان نامی (KVA)	ولتاژ نامی (KV / KV)	گروه برداری	امپدانس اتصال کوتاه %	شرایط محیط نصب
630	20(±4*1.25 %)/ 0.42	D yn 5	4 % (at 75°C)	45°C , 1000 m

معیار تلفات بار جهت انتخاب سطح مقطع هادیهای سیم پیچهای فشارقوی و فشارضعیف، و همچنین معیار تلفات بی باری جهت انتخاب سطح مقطع هسته مورد توجه قرار گرفته اند. مقادیر تلفات مذکور بر اساس دستورالعمل توانیر [1] مطابق جدول ۲ انتخاب شده اند:

جدول ۲- تلفات ترانسفورماتور

تلفات	بی باری (P0)	بارداری (PK at 75°C)
بر حسب وات	940 W	6750 W

طراحی هسته مغناطیسی بر اساس روش Core type چیده شده با سه ستون و دو یوغ با استفاده از ورق هسته با نفوذپذیری بالای مغناطیسی (Hi-B)، و نیز طراحی سیم پیچهای فشارضعیف و فشارقوی از نوع فویلی و لایه ای با هادیهای مسی انجام شده است. دیاگرام تک خطی هر فاز از سیم پیچی فشارقوی در این ترانسفورماتور با توجه به استفاده از کلید تنظیم ولتاژ ITAP و راکتور مربوطه بصورت ساده در شکل ۱ نمایش داده شده است:

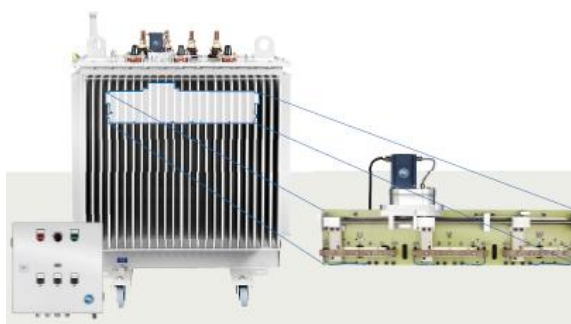
جدول ۳- ابعاد و اوزان کلی ترانسفورماتور

طول کلی (mm)	عرض کلی (mm)	ارتفاع کلی (mm)	وزن کلی (kg)	وزن روغن (kg)
1790	990	1930	2580	650

تشکر و قدردانی

بدینوسیله مراتب تشکر و قدردانی خود را از مدیریت و کلیه همکاران در واحدهای مختلف اعم از دفتر طراحی، سالنهای تولید و آزمایشگاه فشارقوی شرکت ترانسفورماتور توزیع زنگان ابراز می نمایم.

تصویر زیر نشاندهنده موقعیت تپ چنجر در داخل مخزن ترانسفورماتور میباشد:



مراجع

- [1] تعیین الزامات، معیارهای ارزیابی فنی و آزمونهای ترانسفورماتورهای روغنی توزیع 20KV، معاونت هماهنگی توزیع شرکت توانیر
- [2] GRIDCON® iTAP®, ON-LOAD TAP-CHANGER, FOR DISTRIBUTION GRIDS, Maschinenfabrik Reinhausen GmbH
- [3] IEC 60076-1 Power Transformers
- [4] نتایج تستهای آزمایشگاه شرکت ترانسفورماتور توزیع زنگان.

نتایج تست ترانسفورماتور

ترانسفورماتور مذکور در آزمایشگاه شرکت ترانسفورماتور توزیع زنگان و مطابق با استاندارد بین المللی IEC 60076 [3]، مورد آزمایشهای روتین قرار گرفته که طبق جدول زیر [4]، تمامی پارامترهای گارانتی شده مورد تایید قرار گرفته اند:

جدول ۴- نتایج آزمایشهای جاری ترانسفورماتور

جریان بی باری (I ₀ بازی %)	امپدانس اتصال کوتاه %	تلفات بی باری (P ₀)	تلفات بارداری (P _K)
0.3 %	4.3 % (at 75°C)	1050 W	6736 W (at 75°C)

همانگونه که از مقایسه نتایج تست با مقادیر گارانتی دیده می شود، تمامی مقادیر در محدوده تolerانس مجاز استاندارد بوده و مورد تایید میباشند.

نتیجه گیری و جمع بندی

بر اساس مطالب فوق، اولین ترانسفورماتور مجهز به کلید تپ چنجر تحت بار از نوع ITAP در شرکت ترانسفورماتور توزیع زنگان، طراحی و تولید و تست شده که تمامی نتایج بر اساس استاندارد بین المللی IEC 60076 مورد تایید بوده و آماده نصب و بهره برداری در نیروگاههای تولید پراکنده کوچک و یا هر پست برق 20KV نیازمند کنترل ولتاژ زیر بار می باشد.