بررسی ساختار انواع ترانسفورماتورهای توزیع در شبکه برق مازندران

علی فیاض - عباس کاظمی - غلامحسن عبدی
شرکت توزیع نیروی برق استان مازندران

چکیده :

شرکتهای برق منطقه‌ای عموما" از ترانسفورماتورهای ساخت کشورها و کارخانه‌های مختلف استفاده میکنند. تجربه نشان میدهد در سطح یک شرکت با شرائط بهره‌برداری تقریبا" یکسان بعضی از انواع ترانسها دارای عمر متوسط بالائی بوده و بعکس بعضی دیگر معدل عمر کمتری دارند. مقایسه این ترانسها و دستیابی به نکات مثبت طراحی انواع برتر آن میتواند هم مورد دقت شرکتها در انتخاب ترانس مناسبتر و هم مورد استفاده سازندگان داخلی در انجام تغییرات مناسب ساختاری ترانس قرار گیرد. در این مقاله سعی شده اجزاء اصلی انواع ترانسفورماتورهای توزیع که مورد استفاده شرکتهای برق منطقه‌ای میباشد از نظر طراحی و عملکرد مورد مقایسه و سنجش قرار گرفته و از آن میان حالت بهینه ساختار ترانس توزیع شناسائی و معرفی گردد.

شرح مقاله :

برای دستیابی به جنبه‌های برتری کیفی و کمی بعضی از ترانسهای توزیع نسبت به سایر ترانسها ، ۱۶ نوع ترانسفورماتور مورد استفاده در برق مازندران را در دو زمینه " مقایسه عملکرد انواع ترانسهای توزیع " و " مقایسه ساختاری انواع ترانسفورماتورهای توزیع " مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. ابتدا

این توضیح لازم است که شبکه توزیع برق مازندران را به دلایل زیر جهت اهداف مقاله مناسب تشخیص داده‌ایم.

الف - وسعت شبکه و تعداد قابل توجه ۱۳۰۰۰ دستگاه ترانس توزیع موجود در آن

ب - تنوع اقلیمی و آب و هوائی استان بطوریکه شامل انواع آب و هوای خشک و صحرائی ، معتدل و رطوبتی ، خشک و کوهستانی و غیره میباشد.

ج - تجارب چندین ساله کار روی این شبکه و در دسترس بودن مدارک مربوط به بهره‌برداری ، کارتهای تعمیراتی و مدارک کارشناسی ترانسهای سوخته.

۱- مقایسه عملکرد انواع ترانسهای توزیع :

جهت بررسی وضعیت عملکرد ۱۶ نوع ترانسفورماتور توزیع که ساخت یازده کشور مختلف هستند ، تعداد ۴۰۰ دستگاه ترانس توزیع سوخته شده استان مازندران (در عرض سالهای ۶۶ تا ۷۰) مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفته‌اند. قابل ذکر است که این تجزیه و تحلیل با توجه به توزیع تقریبا" یکسان این ترانسها در سطح استان و شرائط بهره‌برداری مشابه میتواند بیانگر عملکرد مناسبتر بعضی از انواع ترانسها باشد. آمار ترانسهای سوخته و تعداد ترانسهای منصوبه از هر کشور در جدول پیوست آمده است .البته با توضیح این مطلب که آمار مربوط به ترانسهای پنج کشور به علت قابل توجه نبودن تعداد آنها از جدول حذف شده است.

کد کشور سازنده	تعداد ترانسهای منصوبه درسطح استان	تعداد ترانسهای سوخته پنجساله اخیر	متوسط عمرمفید بر حسب سال
A	۶۰۰	۸	۲۲
B	۴۸۰	۶	۱۸/۳۶
C	۶۴۸۰	۹۰	۱۲
D	۳۲۰۰	۱۶۰	۱۱/۴
E	۵۴۰	۱۵	۶/۲۵
F	۸۰	۶	۵
G	۵۴۰	۴۶	۴/۶۶

جدول ۱

مشاهده میشود که ترانسهای ساخت بعضی از کشورها دارای معدل عمر قابل توجهی میباشند و ترانسهای بعضی از کشورها عمر مفیدی از خود نشان نمیدهند. با این حال جهت دستیابی به دقت بیشتر معدل عمر انواع ترانسها را به تنهائی ملاک قرار نداده و عامل درصد ترانس سوخته آن کشور را در رابطه‌ای مناسب بامعدل عمر در نظر میگیریم. این فاکتور را درصد ضریب سوختن ترانس در سال نامگذاری مینمائیم.

$$\text{درصد ضریب سوختن ترانس در سال} = \frac{\text{تعداد ترانس سوخته} \times 100}{\text{معدل عمر ترانس} \times \text{تعداد ترانس نصب شده}}$$

بر اساس این رابطه مقدار فاکتور فوق برای کشورهای مختلف طبق جدول زیر تعیین میگردد.

کد کشورسازنده	G	F	E	D	C	B	A
درصد ضریب سوختن ترانس درسال	۱/۸	۱/۵	۰/۸	۰/۴۴	۰/۱۲	۰/۰۴	۰/۰۶

جدول ۲

ملاحظه میشود درصد ضریب سوختن در سال ترانسهای کشورهای A و B در مقایسه با مقدار این فاکتور مربوط به ترانس کشور G تفاوت فاحشی دارد (حدود ۴/۵ برابر). یعنی در صورت سوختن دو دستگاه ترانس توزیع نوع B تعداد ۹ دستگاه ترانس نوع G در شرائط یکسان بهره‌برداری دچار سوختگی میشود. این موضوع میتواند موجب سئوالات زیر شود.

الف - آیا ترانسفورماتورهائی که در جدول فوق دارای طول عمر کمتری هستند جهت استفاده و بهره‌برداری در شرائط اقلیمی و آب و هوائی مازندران طراحی نشده‌اند ؟

ب - علت طول عمر بیشتر و کیفیت مناسبتر بعضی از ترانسها در مقایسه با دیگر انواع ترانس چیست ؟

در پاسخ به سئوال الف میتوان گفت که مشخصات پلاک انواع ترانسفورماتورهای توزیع مورد بررسی با مشخصات آب و هوائی نقاط مختلف مازندران (همچنان بسیاری از نقاط مختلف کشور) سازگاری دارد. لذا این سئوال نمیتواند در جهت یافتن عوامل ضعف بعضی از ترانسها مؤثر واقع شود. در مورد سئوال ب نیز با توجه به اینکه هر ترانسفورماتور توزیع از اجزاء مختلفی تشکیل میگردد و این اجزاء از نظر کیفیت و شکل میتوانند در عمر ترانس و پایداری آن در مقابل حوادث گذرا نقش داشته باشند ، جهت دستیابی به علتهای برتری بعضی از ترانسها نسبت به ترانسهای دیگر میبایستی اجزاء ترانس را نسبت به هم مورد ارزیابی قرار داد.

۲- مقایسه ساختاری ترانسهای توزیع :

جهت مقایسه ساختار ترانسهای توزیع نسبت به هم و کشف امتیازات اجزاء ترانسهای با کیفیت بالاتر قسمتهای مهم ترانس را مورد تجزیه و تحلیل قرار میدهیم.

۲-۱- پلاک ترانسفورماتور :

اصولا" فرق بین پلاک ترانسفورماتور و کاتالوگ مربوطه در این است که پلاک ترانس بایستی حاوی اطلاعات لازم و خاص ترانسفورماتور که در هر لحظه امکان استفاده از آن میرود باشد ، در حالیکه کاتالوگ ترانس شامل اطلاعات کلی مربوط به نوع یا انواع ترانس است که جهت انتخاب ترانس و مراجعه گاهگاهی به آن مورد لزوم میباشد. با مقایسه پلاک ترانسفورماتورهای جدول ۴ مشاهده شد که ترانسهای ساخت کشورهای A ، B و D فاقد اطلاعات مربوط به جریان اتصال کوتاه و زمان تحمل اتصال کوتاه هستند. در صورتیکه این اطلاعات در ترانسهای نوع C ، F و G موجود میباشد. قابل ذکراست که این آیتمها برای انتخاب و هماهنگی فیوزهای طرف فشار ضعیف و طرف فشارمتوسط لازم میباشند. همچنین با توجه به اینکه سوختن فیوز در هر ترانس هر چند گاه رخ میدهد و جهت انتخاب فیوزهای جدید که ممکن است دارای منحنی عملکرد دیگری باشند ، داشتن جریان اتصال کوتاه و زمان تحمل اتصال کوتاه ترانس لازم میباشد ، لذا میبایست روی پلاک ترانس نصب شوند.

۲-۲- امپدانس درصد :

با مقایسه مقادیر امپدانس درصد (ولتاژ اتصال کوتاه به درصد) ترانسفورماتورهای ششگانه بر طبق جدول ۴ ملاحظه میشود که این مقادیر در حد فاصل اعداد ۳/۶٪ تا ۴/۴٪ قرار دارند. لذا از نظر طراحی در سطح قابل قبولی واقع میباشند. اما از نظر مقایسه‌ای کار سازندگان کشور B در جهت پائین آوردن امپدانس درصد ترانس بنا به دلائل زیر ارجحتر است.

الف ـ کاهش افت ولتاژ - با رسم مدار معادل ترانسفورماتور میتوان نتیجه گرفت که افت ولتاژ ناشی از مقاومت اهمی و مقاومت سلفی ترانسفورماتور با تقریب خوبی بستگی به مقدار امپدانس ترانسفورماتور و جریان مداردارد.

$$\Delta U = \Delta U_R . CoS\phi + \Delta U_x . SIN\phi = Z.I.COS\phi$$

یعنی درصورت مشابه بودن بار برای ترانسهای مذکور افت ولتاژ در ترانس با امپدانس درصد پائینتر کمتر میباشد.

ب ـ تلفات ظاهری - کمتر بودن امپدانس درصد (ولتاژ درصد) یک ترانس توزیع همچنین موجب تلفات کمتر توان ظاهری ترانسفورماتور خواهد شد ، زیرا طبق مدار معادل ترانس توان ظاهری دریافتی مصرفی برابر تفاضل توان ظاهری دریافتی امپدانس ترانس از توان ظاهری ترانس میباشد. با توجه به مساوی بودن جریان نامی اولیه ترانسفورماتورهای هم قدرت ، تلفات توان ظاهری ترانس با امپدانس درصد کمتر در سطح پائینتری قرار میگیرد.

۲-۳- تلفات :

با توجه به جدول ۴ تفاوت تلفات ترانسفورماتور کم تلفات ، با ترانسفورماتور پرتلفات در ترانسهای ۱۰۰ کیلوولت آمپری ۴۶ وات میباشد. این تفاوت در مورد ترانسهای مختلف مطابق جدول ۳ بدست می آید. ملاحظه میگردد با آنکه تفاوت تلفات در مورد یک ترانسفورماتور با یک قدرت مشخص زیاد قابل توجه نمیباشد ، ولی اگر این مطلب را در مورد ترانسهای با قدرت مختلف در سطح یک استان مثلا" مازندران در نظر بگیریم تلفات کل قابل توجه خواهد شد. برای مثال طبق جدول ۳ اگر از ترانسفورماتورهای با تلفات کم استفاده گردد ، در مجموع مقدار ۶ مگاوات انرژی الکتریکی کمتر تلف خواهد شد.

قدرت ترانس (کیلوولت آمپر)	۶۳۰	۵۰۰	۴۰۰	۳۱۵	۲۰۰	۱۰۰	۵۰
تفاوت تلفات (وات)	۲۷۴۰	۲۳۴۰	۱۹۰۰	۱۵۵۰	۸۷۰	۴۶۰	۱۴۰
تعداد ترانس منصوبه در مازندران	۳۰۰	۱۰۰	۳۵۰	۷۵۰	۱۱۰۰	۳۲۰۰	۴۵۰۰

جدول ۳

۴-۲- شکل و ابعاد رادیاتور :

همچنانکه میدانیم جهت خنک کردن کویلهای ترانسفورماتور توزیع که به علت وجود تلفات گرم میشود از روغن و همچنین از روشهای مصنوعی در بدنه ترانس جهت افزایش سطح آن استفاده میگردد. این روشها عبارتند از :

الف - استفاده از پره‌های قائم در بدنه ترانسفورماتور

ب - استفاده از سطوح موجی

ج - استفاده از لوله‌های با مقطع گرد یا بیضی شکل

د - استفاده از رادیاتور اضافی یا کمکی (شوفاژی)

ظرف ترانسفورماتور ، لوله‌های خنک کن و رادیاتور حرارت تولید شده در ترانس را به دو طریق جابجائی و تشعشع به خارج انتقال میدهند. تجربه نشان داده است که در خنک کردن به روش طبیعی از طریق تشعشع $6W/m^2/oC$ و از طریق جابجائی مقدار $6.5W/m^2/oC$ تلفات حرارتی به خارج انتقال پیدا میکند. بنابراین مجموعاً ۱۲/۵ وات تلفات حرارتی به ازاء واحد سطح و به ازاء یک درجه سانتیگراد میتواند به طریق طبیعی دفع شود. اگر از قسمت بالا و پائین ظرف ترانسفورماتور صرفنظر کرده و سطح خنک کنندگی در حالت صاف را S_t مترمربع فرض نمائیم مقدار انتقال حرارتی برابر است با :

$$(6 + 6.5) \cdot S_t \qquad W/m^2/oC$$

حال اگر سطح کل را با اضافه کردن لوله های خنک کن به $X.S_t$ برسانیم مقدار کل تلفات برابر میشود با :

$$[12.5 + 8.78(X-1)].S_t$$

یعنی با افزایش لوله های خنک کن یا رادیاتور مقدار انتقال حرارتی بطور قابل ملاحظه‌ای زیاد میشود و در آنصورت میتوان وزن روغن ترانس را کمتر اختیار نمود. استفاده از روشهای مصنوعی که در بالا ذکر گردید بترتیب از الف تا د جهت ترانسفورماتورهای توزیع از قدرتهای پائین تا قدرتهای بالا کاربرد دارد. در مقایسه بین انواع ترانسفورماتورهای هم قدرت روش استفاده از رادیاتور اضافی (شوفاژی) بدلیل ایجاد سطح خنک‌کنندگی مناسب و قابل گسترش بودن سطوح آن مزیت بیشتری دارد. با این توضیح طبق جدول ۴ رادیاتور ترانس بعضی از کشورها وضعیت بهتری دارند و در لحظات حساس پایداری مناسبتری از خود نشان میدهند. این موضوع در مورد ترانسفورماتورهای با قدرت بالاتر از ۱۰۰ کیلو ولت آمپر (از جمله در مورد ترانسهای ۳۱۵ و ۴۰۰ کیلوولت آمپر) اهمیت بیشتری پیدا میکند.

۲-۵- وزن روغن و وزن کل :

با توجه به اینکه در طراحی ترانس توزیع سعی بر این است که ضمن رعایت فاکتورهای طراحی وزن روغن تا حد امکان کم باشد (هم بدلیل سبکترشدن ترانس و هم به علت تعویض یا تصفیه راحت‌تر روغن). مقایسه وزن روغن ترانسهای ۱۰۰ کیلوولت آمپر از سازنده‌های مختلف طبق جدول ۴ این نتیجه را به دست میدهد که ترانسهای نوع A و B از این نظر مزیت قابل توجهی دارند. قابل ذکراست که بدلیل کم بودن فاصله بین کویلهای ترانس و دیوارهای تانک در همه ترانسهای توزیع ، زیاد بودن روغن یک ترانس مؤید حجم بیشتر و رادیاتور نامناسبتر آن میباشد. در ارتباط با وزن کل ترانس نیز میتوان گفت که هرچقدر وزن ترانس کمتر باشد بهتر است. بویژه آنکه طبق جدول ۴ تفاوت وزن دو نوع ترانسفورماتور ۱۰۰ کیلوولت آمپر از سازندگان A و D ۲۸۰ کیلوگرم میباشد که مقدار قابل توجهی است. این تفاوت در مورد ترانس ۲۰۰ کیلوولت آمپری از سازندگان C و D بالغ بر ۴۰۰ کیلوگرم میباشد.

۲-۶- رطوبت گیر :

با توجه به تجربیات چند سال گذشته در برق منطقه‌ای مازندران مشکلاتی را که بعینه در ارتباط با ساختمان رطوبت گیر و روغن نما وجود داشته است میتوان در دو مورد خلاصه کرد.

الف - شیشه‌ای بودن بدنه رطوبت گیر و روغن نما موجب شکستگی آن بر اثر صدمات مکانیکی و پرتاب سنگ از طرف کودکان میشود و علاوه بر آن در مقابل گرما و سرما انعطاف زیادی از خود نشان نمیدهد.

ب - بدون حفاظ بودن یا حفاظ مناسب نداشتن رطوبت گیر و روغن نما باعث میشود که این دو وسیله در معرض گرد و غبار و همچنین ضربه های مکانیکی قرار گیرند.

حال با مقایسه انواع ترانسفورماتورهای مندرج در جدول ۴ ملاحظه میگردد که ترانسفورماتور نوع F و در بعضی مواقع ترانسهای D و G فاقد محافظ روغن نما و رطوبت گیر هستند و محافظهای مذکور در ترانسهای نوع C ، D و G بعد از ۸ سال دچار زنگ زدگی شده‌اند که باید مورد توجه و اصلاح قرار گیرند. قابل ذکر است که نوعی از ترانس ساخت کشورهای B و H (ترانسفورماتورهای نوع هرمتیک) در برق مازندران مورد استفاده است که فاقد رطوبت گیر و منبع انبساط میباشد. این نوع ترانسها جهت استفاده در مناطقی مثل منطقه مازندران که دارای درجه رطوبت بالائی است و درصد سوختن ترانس به علت نفوذ رطوبت در آن زیاد میباشد (حدود۲۳٪) مناسبت خوبی دارند . زیرا که رطوبت در آنها نفوذ نکرده و مشکلات ناشی از حوادث مربوط به رطوبت گیر و منبع انبساط را در بر ندارند.

۲-۷- جرقه گیر :

در انتخاب جنس میله جرقه‌گیر باید دقت کافی به عمل آید تا در زمان عمر مفید ترانس توزیع که حدود ۲۰ سال میباشد دچار زنگ زدگی و عدم کیفیت نگردد. در مورد ترانسهای جدول ۴ متاسفانه مشاهده میشود جرقه‌گیرهای نوع D ، F و G به ترتیب بعد از ۱۴ ، ۱۰ و ۸ سال زنگ زده شده‌اند. که با توجه به اهمیت جرقه گیرها جهت حفاظت بوشینگها و خود ترانس در شرائط ولتاژ صاعقه میتواند مشکل آفرین باشد. بعکس جرقه گیرهای ترانسهای نوع A و B بعد از حدود ۲۰ سال کار دارای ظاهری سالم هستند. لذا میبایستی این امتیاز مورد توجه قرار گیرد.

۲-۸- رنگ بدنه ترانس و کنسرواتور :

با توجه به جدول ۴ ملاحظه میشودکه بعدازمدت تقریبی ۸ سال ترانسهای نوع C ، D ، F و G دچار زنگ زدگی شده‌اند. درصورتیکه ترانسهای نوع A و B که

در شرائط بهره‌برداری مساوی با ترانسهای قبلی هستند این وضعیت را ندارند. این مطلب میرساند که کیفیت رنگ آمیزی در ترانسهای دسته اول پائین میباشد و بایستی نسبت به اصلاح آن اقدام مقتضی بعمل آید. البته اهمیت رنگ آمیزی مناسب و پایدار جهت کارکرد مفید ترانس بویژه در مناطق پررطوبت یا مناطق آلوده و گرد و غباردار بر کسی پوشیده نیست.

۹-۲- بوشینگهای فشارمتوسط و فشارضعیف :

در انواع ترانسهای جدول ۴ دو نکته زیر به چشم می‌آید.

الف - فاصله فازی بوشینگهای ۲۰ کیلوولت در همه ترانسها یکنواخت بوده و فاصله فازی بوشینگهای فشار ضعیف متفاوت میباشد.

ب - ارتفاع و تعداد بشقابهای بوشینگهای ۲۰ کیلوولت دراین ترانسها متفاوت بوده و ارتفاع بوشینگهای فشارضعیف آنها تقریبا" یکنواخت است. ضمنا" ترتیب قرار گرفتن بوشینگ در بعضی از ترانسها فرق دارد.

در مورد کم بودن فاصله فازی در طرف فشارضعیف بعضی ازترانسها میتوان گفت که این موضوع از نظر مشکل بودن کار روی بوشینگها و احتمال سرایت ولتاژهای اضافی ازیک بوشینگ به بوشینگ مجاور قابل توجه میبیاشد. در ارتباط با پایه بلند بودن بوشینگ بعضی از ترانسها میتوان این مطلب را از این نظر حسن دانست که برای رابطهای کویل ۲۰ کیلوولت در داخل ترانس فاصله مناسبی از بدنه ترانس ایجاد میکردد. مسئله چپ نول بودن تعداد معدودی ازترانسها (طبق جدول ۴) که در مقایسه با دیکر ترانسها ترتیب غیر معمول دارند (زیرا که اکثر ترانسهای مورد استفاده از دید ناظری که از طرف فشارضعیف به بوشینگهای ترانس مینکرد راست نول میباشند) میتواند بعنوان یک نکته منفی محسوب شود. علت آن این است که مواردی از سوختن ترانسفورماتور کزارش کردیده که فاز بجای نول اشتباهی کرفته شده و مستقیما" زمین کردیده است.

۱۰-۲- کویلهای فشار متوسط :

از آنجائیکه اکثر آسیب دیدکی ترانس توزیع در قسمت کویل یا کویلهای فشارمتوسط پدیدار میشود ، مسئله طراحی کویل فشار متوسط از جمله تعیین یکپارچه بودن یا چند کلافه بودن آن اهمیت ویژه‌ای کسب می‌نماید. طبق جدول ۴ کویل

ترانس بعضی از کشورها ۴ کلافه و دیگر کشورها یکسره میباشد. مزیت کویل چند کلافه این است که در صورت بروز اتصالی حلقه در یک یا دو کلاف آن به راحتی قابل تعویض است. در صورتیکه اگر در کویل یکسره اتصالی حلقه با آثار خرابی کم هم رخ بدهد بناچار بایستی کویل را یکسره عوض کرد. در صورت عدم وجود کویل یکسره سیم پیچی آن کار زیادی میبرد و خرج زیادی را نیز به همراه دارد. همچنین کویلهای چند کلافه به علت وجود فاصله بین کلافها راحت تر خنک میشوند.

۱۱-۲- امکان خلاصی میله فازها :

بعضی از انواع ترانسها دارای میله فازهائی هستند که در موقع محکم کردن سر کابلشوی کابل فشارمتوسط یا کابل فشارضعیف روی آن ، با دو آچار یا "سهوا" با یک آچار دچار بریدگی در انتهای میله فاز میگردند ، و حتی ممکن است اتصالی فاز به بدنه را موجب شوند. این مسئله بیشتر در مورد ترانسفورماتورهای نوع D و G و گاها" B رخ داده است. در دیگرانواع ترانسها با استفاده از یک صفحه مدور فیکس کننده که در انتهای میله فاز ۲۰ کیلوولت نصب میگردد و دارای زائده‌های مناسبی است مشکل فوق را تا حد قابل قبولی حل نموده‌اند.

۱۲-۲- شکل و تعداد پله‌های تپ چنجر :

از آنجائیکه تغییر شماره تپ چنجر (تنظیم کننده ولتاژ) ترانسهای توزیع در شرائط بی برقی ترانس قابل انجام است ، اشکالاتی که تا کنون دراین وسیله مشاهده شده بیشتر جنبه مکانیکی داشته تا الکتریکی. مطابق جدول ۴ تپ چنجرها بصورت استوانه‌ای یا کشوئی تغییر پله میدهند. از بین ۴۰۰ دستگاه ترانسفورماتور مورد بررسی که در عرض پنجسال گذشته دچارسوختگی شده‌اند تعداد ۴ دستگاه آن بعلت ضعف ساختاری تپ چنجر بوده و هر چهار مورد از نوع استوانه‌ای بوده‌اند. لذا نوع کشوئی عملکرد مناسب تری دارد. ضمنا" تپ چنجرهای ۵ پله‌ای دامنه تنظیم دقیقتری داشته و از این نظر ارجحیت دارند.

۱۳-۲- عایق سیم کویل بیست کیلوولت :

مطابق جدول ۴ عایق سیم کویل بیست کیلوولت بعضی از ترانسها مثل عایق سیم کویل فشارضعیف از نوع کاغذی میباشد و عایق سیم کویل بیست کیلوولت دیگر ترانسها از نوع لاکی است.

از آنجائیکه عایق بندی لاکی از نظر یکنواخت بودن در سرتاسر سطح سیم تکنولوژی دقیقی را طلب مینماید . عایق سیم کویل ترانسهائی نظیر نوع G کیفیت مناسبی نداشته و آمار قابل توجهی را در زمینه آسیب دیدگی کویل فشار متوسط ارائه مینمایند. مزایای دیگر عایق کاغذی در مقابل عایق لاکی مقاومت عایقی بیشتر و قابلیت ترمیم راحت تر آن میباشد.

نتیجه :

در ارتباط با طراحی ترانس توزیع (برای سازندگان) و انتخاب ترانس (برای خریداران از جمله شرکتهای توزیع) نکات زیر باید رعایت شود.

الف - پلاک ترانسفورماتور حاوی نکات لازم و کافی باشد.

ب - امپدانس درصد کمتر در زمان تست را میتوان یک مزیت تلقی کرد.

پ - پائینتر بودن درصد تلفات ترانسهای انتخابی موجب کمتر شدن تلفات در سطح شبکه توزیع (به اندازه قابل توجه) خواهد شد.

ت - رادیاتور شوفاژی (بویژه در قدرتهای بالاتر از 100KVA) مناسبتر است.

ج - وزن روغن و وزن کل ترانس (البته با رعایت ضرائب مناسب طراحی حتی‌المقدور کمترباشد.

چ - رطوبت گیر و روغن نما بهتر است که به حفاظ توری ضد زنگ مجهز باشند و مکان نصب رطوبت گیر در مناطق مرطوب اگر در بغل منبع انبساط درنظر گرفته شود مناسبتر خواهد بود. (البته ناگفته نماند درمناطق پر رطوبت میتوان ازترانس نوع هرمتیک استفاده نمود).

ح - جرقه‌گیر حتی‌المقدور ضد زنگ بوده و درست تنظیم شده باشد.

د - پایداری رنگ قسمتهای مختلف در شرائط کار عادی ترانس و با توجه به درجه رطوبت محیط و آلودگیهای منطقه حدود ۲۰ سال درنظر گرفته شود.

ر - بوشینگهای پایه بلند در مقابل بوشینگهای پایه کوتاه ارجحیت دارند.

ز - کویلهای بیست کیلوولت در ترانسفورماتورهای ۱۰۰ کیلوولت آمپر و بالاتر بهتر است که چند کلافه درنظر گرفته شود تا یکسره.

س - در آچارکشی‌های دوره‌ای امکان خلاصی میله فاز کم باشد.

ش - تپ چنجر نوع کشوئی و شکل پنج پله‌ای آن سطح تنظیم مناسبتری دارد.

ف - عایق بندی سیم کویل بیست کیلوولت از نوع کاغذی مناسبتر است.

ردیف	کد کشور و سال ساخت / موارد مقایسه	A	B	C	D	F	G
		۱۹۷۰	۱۹۷۲	۱۹۸۵	۱۹۷۸	۱۹۸۲	۱۹۸۴
۱	اطلاعات پلاک ترانس	ناکامل	ناکامل	کامل	ناکامل	کامل	کامل
۲	زمان تحمل اتصال کوتاه (ثانیه)	–	–	۱	–	۲	۱
۳	امپدانس درصد	%۴	%۳/۸	%۴/۱۵	%۴/۱۵	%۴/۴	%۴/۱۲
۴	تلفات بی باری(W)	۳۴۰	۳۰۰	۳۴۰	۳۲۰	۳۲۰	–
۵	تلفات در جریان نامی (W)	۲۴۰	۲۲۰۰	۲۴۹۰	۲۰۲۷	۲۱۰۰	–
۶	ابعاد تانک	۳۲×۷۴ ×۸۰	–	۳۷×۶۸ ×۷۹	۳۳×۸۸ ×۹۳	۳۷×۷۶۰ ×۸۴	۳۴×۶۹ ×۷۷
۷	شکل رادیاتور	شوفاژی در دو طرف	شوفاژی در دو طرف	موجدار	شوفاژی در یک طرف	شوفاژی در یک طرف	لوله‌ای
۸	وزن روغن (kg)	۱۲۹	۱۲۰	۱۵۰	۱۹۰	۲۱۰	۱۴۴
۹	وزن کل (kg)	۵۹۲	۶۲۰	۵۵۰	۸۸۰	۷۱۰	۶۷۰
۱۰	ساختمان رطوبت گیر (kg)	شیشه‌ای با حفاظ	شیشه‌ای با حفاظ	لاکی با حفاظ	لاکی با حفاظ	شیشه‌ای بدون حفاظ	شیشه‌ای با حفاظ
۱۱	ساختمان روغن نما	لاکی با حفاظ	شیشه‌ای با حفاظ	لاکی با حفاظ	لاکی با حفاظ	شیشه‌ای بدون حفاظ	شیشه‌ای با حفاظ
۱۲	وضعیت جرقه‌گیر بعد از ۸ سال	ندارد	سالم	خوب	زنگ زده	زنگ زده	زنگ زده
۱۳	وضعیت رنگ بدنه بعد از ۸ سال	خوب	مناسب	متوسط	متوسط	متوسط	نا مناسب
۱۴	پایه بوشینگهای ۲۰ کیلوولت	پایه بلند	پایه بلند	پایه کوتاه	پایه بلند	پایه کوتاه	پایه کوتاه
۱۵	فاصله بوشینگهای فشارضعیف (Cm)	۱۱	۱۱	۱۸	۱۰	۱۲	۱۶
۱۶	ترتیب بوشینگهای فشارضعیف	راست نول	چپ نول	راست نول	راست نول	راست نول	راست نول
۱۷	شکل کویل 20KV	۴ کلافه	۴ کلافه	۴ کلافه	یکسره	یکسره	یکسره
۱۸	امکان خلاصی میله فاز	غیر محتمل	غیر محتمل	غیر محتمل	محتمل	محتمل	محتمل
۱۹	شکل و تعداد پله‌های تپ چنجر	کشوئی ۳پله	استوانه‌ای ۳ پله	کشوئی ۳ پله	استوانه‌ای ۵ پله	استوانه‌ای ۳ پله	استوانه‌ای ۳ پله
۲۰	عایق سیم کویل20KV	کاغذی	کاغذی	لاکی	لاکی	لاکی	لاکی

جدول ۴ - مقایسه شش نوع ترانسفورماتور توزیع مورد استفاده در برق مازندران

منابع :

۱- طراحی ترانسفورماتور- محمدحسین سالمی - انتشارات دانشکده فنی تهران

۲- اولین کنفرانس ترانسفورماتورهای توزیع - کارخانجات ایران ترانسفو- زنجان

۳- کتابچه‌های قرارداد برق مازندران با ساتکاب - سالهای ۱۳۵۵ الی ۱۳۶۰

۴- بولتن های آماری شرکت برق منطقه‌ای مازندران