مطالعات سیستم

افزایش قابلیت اطمینان و طول عمر ترانسهای توزیع قدیمی و فرسوده

علی فیاض
شرکت مهندسی مشاورنیروی مازندران

علی بهنیا
شرکت برق منطقه‌ای مازندران

چکیده:

آمار ترانسفورماتورهای موجود شبکه توزیع در استانهای مختلف از جمله استان مازندران برحسب سال بهره برداری آنها نشان می‌دهد که حدود ۲۵٪ از این ترانسها دارای عمری در حدود ۱۸ سال می‌باشند. [۱] که با توجه به عمر مفید آنها از نوع قدیمی و فرسوده محسوب می‌گردند. از طرفی دیگر آمار ترانسهای معیوب و سوخته شده در عرض یک دوره پنجساله استان مازندران حکایت از آن دارد که بیش از ۹۰٪ این ترانسها در زمانی کوتاه‌تر از عمر مفید خود آسیب دیده و در واقع دچار پیری زودرس گردیده‌اند [۲] علیهذا از آنجائیکه ترانسهای توزیع از تجهیزات با ارزش شبکه توزیع می‌باشند در این مقاله وضعیت فعلی و باقیمانده عمر آنها مورد بررسی قرار گرفته و ضمن ارائه روش‌های ابتکاری و عملی پیشنهادهای نوینی در جهت افزایش قابلیت اطمینان و طول عمرآنها مطرح میگردد.

شرح مقاله:

در شرایط فعلی حدود ۱۴۰۰۰ دستگاه پست توزیع بقدرت جمعاً ۲۱۰۰ مگاولت آمپر در سطح شبکه برق استان مازندران در دست بهره‌برداری میباشند که در بین آنها حدود ۳۰۰۰ دستگاه پست بقدرت تقریبی ۵۰۰ مگاولت آمپر با طول عمر حدود ۱۸ سال و بالاتر از آن وجود دارند [۱] که با توجه به طول عمر مفید پستهای هوائی به مدت بیست سال و پستهای زمینی بمدت ۲۵ سال از نوع قدیمی و فرسوده محسوب می‌شوند.

از آنجائیکه پستهای توزیع و به تبع آن ترانسهای توزیع از دیدگاه فنی و اقتصادی در شبکه توزیع نقش پراهمیت و با ارزشی را ایفا می‌نمایند و از طرفی دیگر ضعفهای موجود در بهره‌برداری از آنها که نمونه آن تعداد ۴۰۰ دستگاه ترانس سوخته شده در عرض یک پریود پنجساله در استان مازندران میباشد [۲] وضعیت نگران کننده‌ای را بویژه در مورد ترانسهای قدیمی و فرسوده مطرح می‌نماید. لذا لازم است همچنانکه مراقبتهای ویژه‌ای را نسبت به افراد پیر و سالخورده روامیدارند وضعیت فعلی ترانسهای قدیمی هم از دیدگاه کیفی و هم از دیدگاه بهره‌برداری مورد ارزیابی قرار گرفته و نسبت به آنها حساسیت و دقت بیشتری را اعمال نمایند.

بدیهی است که در صورت عدم رسیدگی بموقع و عدم اعمال دستورالعملها و مراقبتهای ویژه درمورد ترانسهای قدیمی بویژه با توجه به اینکه اکثر این ترانسها نصب شده در سالهای ۵۶ - ۵۴ میباشند [۳] یعنی عمر بسیاری از آنها به بیست سال نیز می‌رسد روند سوختن و معیوب شدن اینگونه ترانسها سیر صعودی پیدا خواهد کرد.

برای آنکه بتوان پیشنهادهای نوینی را در جهت افزایش قابلیت اطمینان و طول عمر پستهای توزیع و عنصر پرارزش آن ترانس توزیع ارائه داد ابتداء لازم است که عوامل پیری وضعف آنها را مورد شناسائی و تجزیه و تحلیل قرار داد.

این عوامل بطور کلی بدو دسته تقسیم می‌شوند

۱ - پیری وضعف بعلت عمر طبیعی (کهولت)

۲ - پیری و ضعف بعلت بهره‌برداری نامناسب

۱ - پیری و ضعف بعلت عمر طبیعی (کهولت)

این عامل که در واقع به پیرشدن پست بعلت کهولت و گذشت عمر آن مربوط است به عواملی نظیر حوادث غیرمترقبه نیز بستگی دارد. در حالت اول تجهیزات پست براثر کارکرد طولانی، حتی در شرایط بهره‌برداری مناسب نیز دچار پیری شده و خواص اولیه خود را از دست میدهند. برای نمونه روغن ترانس که در واقع شبیه اهمیت خون در بدن انسان، برای ترانس اهمیت دارد براثر سالیان زیاد بارگیری از ترانس شفافیت اولیه خود را از دست داده و با تجزیه شدن و تولید مواد مخرب روبه کدر شدن مینهد در آنصورت روغن وظایف اصلی خود یعنی مقاومت عایقی خوب و هدایت مناسب را بخوبی انجام نمیدهد و تازه همین امر باعث میشود که سرعت پیرشدگی روغن بیشتر گردد [۴] بهمین دلیل منحنی عمر ترانس برحسب درجه تجزیه شدگی آن در سالهای آخر عمر مفید آن شیب تندتری را در جهت زوال ترانس نشان میدهد [همین منبع] در واقع یکی از عوامل مهم پیری روغن اکسیده شدن آن است که بدلیل وجود اکسیژن، در جه حرارت بالا و کاتالیزورهای مس و آهن انجام میشود. وجود اکسیژن، مس و آهن در شرایط عمر طبیعی ترانسفورماتور نیز وجود داشته و نمی‌توان از آنها جلوگیری نمود.

ناگفته نماند عمر طبیعی بعضی از انواع ترانسهای توزیع در شبکه برق مازندران که مربوط به دو یا سه شرکت سازنده خاص میباشد با توجه به آمار ترانسهای معیوب و سوخته شده این شرکت در یک پریود پنجساله برحسب شرایط بهره‌برداری یکسان و بطور نسبی نسبت به عمر ترانسهای دیگر خیلی کمتر بوده که مربوط به عدم کیفیت مواد ساختاری آنها بوده است.

۲ - پیری و ضعف بعلت بهره‌برداری نامناسب

این عامل که دامنگیر اکثر ترانسفورماتورهای توزیع میباشد از ابتدای بهره‌برداری از پست به عنوان مهمترین عامل ایجاد پیری زودرس وحتی باعث معیوب وسوخته شدن تجهیزات پست مطرح میباشد آمار ترانسهای سوخته شده در سالهای ۷۰ - ۶۵ استان مازندران که رقم ۴۰۰ دستگاه را نشان میدهد و تجزیه و تحلیل علل سوختن آنها که بیانگر نقش عامل بهره‌برداری نامناسب‌دراین امر تا

سطح ۹۰٪ میباشد (جدول شماره ۱) نشان‌دهنده این مطلب است که ترانسهای در حال بهره‌برداری بویژه ترانسهای پیر و فرسوده دارای مشکلات جدی در امر سلامت می‌باشند.

عدم حفاظت مناسب	اضافه بار	عدم‌کیفیت برتگیر	عیوب سیم‌پیچ	عیوب روغن	عیوب بدنه	عوامل‌سوختن ترانس
٪۲۰	٪۲۳	٪۷	٪۲۵	٪۲۱	٪۴	درصد مربوطه

جدول شماره ۱

عوامل مؤثر در سوختن ترانس‌های توزیع سالهای ۷۰ - ۶۵ مازندران

عمده عوامل تشدیدکننده پیری پستهای توزیع قدیمی شبکه برق مازندران بقرار زیر میباشد.

۱-۲- بار زیاد

بسیاری از ترانسهای توزیع قدیمی بعلت رشد بار منطقه و بسط بی‌رویه فیدرهای خروجی آن دچار بار زیاد و حتی فول‌باری میباشند با توجه به اینکه عمر ترانس به بار آن بستگی زیادی دارد یعنی هر چقدر بار ترانس بیشتر از بار نامی آن باشد سرعت زوال ترانس شدیدتر و هرچقدر از بار نامی ترانس کمتر استفاده شود عمر ترانس بیشتر میگردد نتیجه می‌شود که اینگونه ترانسها شدیداً در حال از دست رفتن میباشند.

فرمول عمر ترانس نسبت به درجه حرارت روغن و سیم‌پیچ آن (t) در درجه حرارت مابین ۸۰ تا ۱۴۰ درجه سانتیگراد طبق رابطه زیر میباشد [۵]

$$life = e^{-pt} \qquad (1)$$

که در آن p ضریب ثابت است.

چنانچه ملاحظه میشود افزایش درجه حرارت ترانس از ۸۰ درجه سانتیگراد شدیداً عمر ترانس را پائین میآورد در درجه حرارت بالای ۹۸ درجه سانتیگراد رابطه عمر ترانس به درجه حرارت آن با فرض اینکه عمر طبیعی ترانس را ۲۴ ساعت در نظر بگیریم بصورت زیر میباشد [۵]

$$life = 24 \times 10^{(98-t)} \qquad (۲)$$

با جاگذاری مقادیر مختلف t_1 از درجه حرارت ۹۸ تا ۱۳۱/۵ درجه سانتیگراد می‌بینیم که عمر ترانس از ۲۴ ساعت به ۰/۵ ساعت تنزل پیدا میکند.

T_1درجه حرارت ترانس برحسب سانتیگراد	۹۸	۱۰۱	۱۰۴	۱۰۷	۱۱۰	۱۱۳	۱۱۶	۱۱۹	۱۲۲	۱۲۵	۱۲۸	۱۳۱/۵
عمرترانس برحسب ساعت	۲۴	۱۶	۱۲	۸	۶	۴	۳	۲	۱/۵	۱	۰/۷۵	۰/۵

(جدول ۲)

در واقع افزایش بار ترانس از حد نرمال باعث افزایش درجه حرارت ایزولاسیون آن شده و به تبع آن برحسب ساعاتی که این امر اتفاق میافتد از عمر مفید ترانس کاسته میشود و ناگفته نماند که اثر این مسئله در وضعیت سنین بالای ترانس شدیدتر بوده و سرعت کاهش عمر آن بیشتر خواهدبود.

۲-۲- تحمیل جریانهای اتصال کوتاه به دفعات زیاد روی ترانس توزیع

یکی از مسائلی که باعث پیری و فرسودگی سریع ترانسفورماتورهای توزیع و تجهیزات مربوطه میگردد عبور جریانهای شدید اتصال کوتاه بصورت تکراری و بدتر از آن در فواصل زمانی کم از سیم پیچ‌های آن میباشد.

جریانهای اتصال کوتاه به علت سرعت زیاد افزایش دامنه‌شان و بزرگ بودن اندازه دامنه آنها بطور سریع باعث افزایش درجه حرارت سیمهای هادی و در نتیجه درجه حرارت عایق‌بندی ترانس و تجهیزات آن میشوند. این درجه حرارت که خیلی زود از ۱۵۰ درجه سانتیگراد نیز عبور مینماید بعد از قطع مدار توسط کلیدهای مربوطه با سرعت کمتری تقلیل پیدا می‌کند (حدوداً ۱۵ - ۱۰ دقیقه) در نتیجه اگر قبل از خنک شدن عایق‌بندی تجهیزات، جریان اتصالی مدار مجدداً برقرار شود درجه حرارت عایق‌ها تندتر از گذشته افزایش پیدا کرده و در صورت تکرار زیاد آن مطمئناً سوختن ترانس

یا تجهیزات مربوطه را موجب میگردد [۵] ضمناً درجه حرارت زیاد روغن سیم‌پیچ باعث میشود که علاوه برپائین آمدن کیفیت فیزیکی روغن و کاغذ (از جمله جذب رطوبت بیشتر) کیفیت شیمیائی آنها نیز بسرعت کاهش یابد (اکسیده شدن روغن + ایجاد نقاط داغ Hotspot و تولید گاز در روغن + تجزیه کاغذ و.....) [۴] در پستهای توزیع قدیمی مازندران هم زمینه ایجاد اتصالی در خطوط خروجی آنها با احتمال زیادی وجود دارد [۶] و هم اینکه جهت رفع اتصالی با شیوه‌های ضعیف بهره‌برداری قطع و وصل‌های مکرر فیدرها تحت جریان کوتاه اعمال میگردد. عوامل زمینه‌ساز اتصالی در قسمتهای خروجی این پستها عبارتند از:

- وجود فیدرهای قدیمی و فرسوده.
- وجود فیدرهای طولانی و حادثه‌ساز.
- فول باربودن و پربار بودن بسیاری از این فیدرها.
- شیوه‌های نامناسب بهره‌برداری و تعمیرات خطوط.
- عدم برنامه‌ریزی پیشگیرانه.

۳-۲ عدم تجهیزات حفاظتی مناسب روی این پستها

تجهیزات حفاظتی موجود در پستهای توزیع قدیمی استان مازندران هم از نظر کمی و هم از نظر کیفی ضعیف میباشند [۲]

از نظر کمی این ضعفها عبارتند از:

- عدم تجهیز فیدر ورودی بسیاری از این پستها به کلید اتوماتیک و در نتیجه تحمیل اضافه‌باری بمدت زیاد روی آنها.
- عدم وجود برقگیر در بعضی از این پستها و عدم وجود ارتینگ مجزا و مناسب برای برقگیر بسیاری از پستهای قدیمی دیگر.
- عدم استفاده از دیژنکتور در فیدر ورودی پستهای توزیع زمینی قدیمی و عدم استفاده از رله بوخهلتز روی ترانس بسیاری از این پستها.

از نظر کیفی نیز ضعفهای حفاظتی زیر در پستهای قدیمی توزیع وجود دارند:

- عدم کیفیت عایقی بعضی از کلید فیوزهای فیدرهای خروجی.
- عدم کیفیت بعضی از انواع برقگیرها.
- عدم اطمینان عملکرد سکسیونرهای فیوزدار پست بعنوان فیدر ورودی فشار متوسط ترانس و.....

عدم تجهیزات حفاظتی مناسب در پستهای توزیع قدیمی چه بصورت کمی و چه بصورت کیفی باعث میشود که عوامل مخربی چون اضافه‌باری، اضافه جریان، اضافه ولتاژ و..... در مدت غیر مجاز ترانس و تجهیزات پست را تحت تأثیر قرارداده و پیری آنها را شدیداً تشدید نماید.

۲-۴ عدم بازدیدهای دوره‌ای و عدم انجام تستهای لازم

جهت نگهداری و بهره‌برداری صحیح از پستهای توزیع بویژه پستهای توزیع قدیمی بازدیدهای دوره‌ای و تست بموقع تجهیزات آن طبق دستورالعملها و رعایت استاندارد وزارت نیرو ضروری میباشد انجام این کار با آنکه در مورد پستهای قدیمی دقت و وسواس بیشتری را طلب مینماید متأسفانه بشکل درست و مناسبی انجام نمی‌گیرد برای مثال در موقع قطع یک یا دودستگاه کت‌اوت یک پُست احتیاطهای لازم زیر بعنوان احتیاطهای حداقل انجام نمی‌شود:

- بازدید دقیق ترانسفورماتور و تجهیزات آن.
- تست عایقی ترانس با میگر.
- تست عایقی روغن.
- بازدید دقیق فیدرهای خروجی و .....

همچنین تست دوره‌ای ترانسهای توزیع در عرض هر سه سال و تست کامل آنها در عرض هر ده سال ضروری می‌باشد [۷] که این موضوع نیز در بهره‌برداری از پستهای توزیع مورد دقت و اقدام قرار نمی‌گیرد. نمونه این امر ترانسفورماتور سوخته شده روستای سراج محله بهشهر میباشد [۲] که بعد از حدود ۱۸ سال بهره‌برداری در شرایطی که دارای باری در حدود نصف بار نامی بود بعلت پیری زیاد روغن و عدم بازدیدها و تستهای ذکرشده به نابودی گرائید. بررسی آزمایشگاهی این

ترانس در کارگاه تعمیرات ترانس برق مازندران نشان داد که ولتاژ شکست روغن آن ۱۵ kv/ ۲/۵ mm بوده و نوع اتصالی داخلی آن اتصال حلقه یکی از کویلهای بیست کیلوولت ترانس بوده است.

۳ - بررسی وضعیت فعلی پستهای توزیع قدیمی و فرسوده

بررسی وضعیت فعلی تجهیزات پستهای توزیع قدیمی بویژه ترانسفورماتورهای مربوطه جهت تخمین باقی‌مانده عمرآنها از نظر ارائه پیشنهادهای مناسب برای افزایش ضریب اطمینان و طول عمر این پستها ضرورت تمام دارد.

بررسی وضعیت فعلی پستهای توزیع قدیمی را می‌توان در دو زمینه مورد کنکاش و جستجو قرار داد:

- بررسی وضعیت ظاهری تجهیزات پست
- تست و آزمایش ترانسفورماتور و تجهیزات دیگر پست

۳-۱ بررسی وضعیت ظاهری تجهیزات پست

بررسیهای دقیق ظاهری تجهیزات پستهای قدیمی بویژه بررسی ترانسفورماتورهای مربوطه می‌تواند در موارد زیر کمک شایانی به شناخت سلامت ظاهری آنها بنماید.

الف - بررسی وضعیت کات‌اوت فیوز در پستهای هوائی و سکسیونر فیوزدار یا دیژنکتور بیست کیلوولت در پستهای زمینی با توجه به اینکه بعضی از آنها بعلت عدم کیفیت لازم یکسره شده و بجای حفاظت فقط نقش رابط را بازی مینمایند.

ب - بررسی وضعیت ظاهری ترانس شامل: زنگ‌زدگی شدید بدنه ترانس و رادیاتورهای آن که در بعضی مواقع حتی با روغنی بودن آنها نمایان میباشد - شکستگی و لب پریدگی شدید بوشینگهای بیست‌کیلوولت و فشار ضعیف بطوریکه در تاریکی شب نور مربوط به شکست الکتریکی ناقص آن کاملاً مشهود است - شکستگی محفظه سلیکاژل یا قرمزشدن وکدرشدن کامل سلیکاژل و .....

ج - زنگ زدگی و خوردگی شدید تابلوی فشار ضعیف بطوریکه درب بعضی از آنها قابل باز و

بسته کردن نیست - یکسره بودن فیوز بعضی از فیدرهای خروجی - نامناسب بودن اتصال کابلهای ورودی و خروجی در محل اتصال به پایه فیوزها و کلیدهای مربوطه.

۲-۳ تست و آزمایش ترانسفورماتور و تجهیزات پست

برای شناخت باقیمانده عمر ترانسفورماتور و دیگر تجهیزات پستهای قدیمی یعنی در واقع پی‌بردن به نقاط ضعف اساسی آنها تست و آزمایش این تجهیزات ضروری مینماید با دسته‌بندی تجهیزات پست بصورت:

الف - تجهیزات طرف اولیه ب - ترانسفورماتور ج - تجهیزات طرف ثانویه می‌توان تستهای لازم هر دسته را بشکل زیر انجام داد.

الف - تست تجهیزات طرف اولیه

از آنجائیکه تست تجهیزات پستهای قدیمی بصورت یکجا باتوجه به اینکه تعداد آنها زیاد می‌باشد و می‌بایستی با بی‌برق کردن آنها و تعویض این تجهیزات با تجهیزات دیگر انجام یابد هم مشکلات اقتصادی در پی داشته و هم از نظر عملی امکان پذیر نمی‌باشد بهتر است که اینکاربصورت نمونه‌ای ودر مورد تجهیزات بعضی از این پستها انجام یابد.

اگر در انجام تستهای دوره‌ای، تجهیزات مذکور حداقل مشخصات مورد نظر را داشته باشد می‌توان از آنها استفاده نمود در غیر اینصورت اگر نقاط ضعف قابل ترمیم و تعمیر بودند اصلاح لازم انجام و گرنه عمر وسیله نمونه تمام شده تلقی می‌گردد. البته ناگفته نماند بلااستفاده بودن وسیله مذکور بدلیل آنکه بطور نمونه‌ای انتخاب شده است بمعنای تمام شدن عمر تجهیزات نظیر در پستهای قدیمی دیگر نمی‌باشد.

به عنوان مثال کات‌اوتهای آسیب دیده پستهای قدیمی در اکثر مواقع با هزینه نسبتاً کمی در کارگاههای داخل کشور قابل تعمیر و بازسازی می‌باشد.

ب - تست ترانسفورماتور

جهت تخمین باقیمانده عمر ترانسفورماتور یکی از راههای مناسب و قابل دسترس، تست و آزمایش فیزیکی و شیمیائی روغن میباشد با انجام تست عایقی روغن می‌توان تا حدودی عمر آن و در نتیجه وضعیت عایقی ترانس را پیش‌بینی کرد ولی با این تست نمی‌توان به عیب اولیه و ناچیز که می‌تواند به عیب‌های بزرگتر و جدی‌تری منجر شود دست یافت زیرا که جهت دستیابی به این امر تست شیمیائی روغن یا به عبارت دیگر آنالیزگازهای محلول در روغن، مورد نیاز می‌باشد. قدمت ترانسهای مورد نظر و عدم بهره‌برداری مناسب این ترانسها از یکطرف و تحمیل جریانهای زیاد اتصالی شبکه به ترانس از طرف دیگر که موجب ایجاد نقاط داغ و تولید گاز در روغن گردیده است باعث گردیده روغن اینگونه ترانسها دچار پیری زیاد شود گازهای محلول در روغن را می‌توان با نمونه‌گیری از روغن (بدون قطع برق در بسیاری از موارد) مورد تجزیه و تحلیل قرار داد.

با تجزیه و تحلیل این گازها مراحل زیر جهت تصمیم‌گیری درست برای ترانس بدست می‌آید.

۱ - تشخیص احتمال وجود عیب داخلی در ترانس .

۲ - تعیین نوع عیب و وسعت عیب

۳ - تصمیم تکرار و زمان بندی نمونه‌گیری روغن برای تجزیه و تحلیل بیشتر گازها

۴ - تصمیم‌گیری در مورد بازدیدهای دقیق در محل یا انتقال ترانس به کارگاه تعمیرات ترانس

اصولاً علت وجود گازهائی که در داخل ترانس پیدا میشود سه عامل کرونا و جرقه و حرارت می‌باشد و در نتیجه با وجود هر نوع گازی می‌توان تقریباً به نوع عامل آن پی‌برد جدول (۳) این مطلب را بخوبی نشان میدهد [۴]

نوع گاز	هیدرژن	اتیلن	CO و CO_2	C_2H_2 و C_2H_6 و CH_4
عامل ایجادکننده	کرونا	حرارت زیاددروغن	حرارت زیاد درکاغذ	حرارت بالای 120^{oc} درروغن

جدول (۳)

ضمناً می‌بایستی با نمونه‌گیری‌های ماهانه رشدگاز در روغن را ملاک قرار داد.

حدود عمر باقیمانده ترانس براساس D.P (Degree of polymerisation) مشخص میگردد.

درجه پلیمریزاسیون	۲۰۰ - ۲۵۰	۲۹۰ - ۳۸۰	۴۵۰ - ۵۰۰	۵۲۰ - ۶۰۰	۶۴۰ - ۷۰۰	۸۰۰ - ۸۰۰
حدود عمر باقی - مانده سال	۱ - ۵	۱۰ - ۱۵	۲۰ - ۲۵	۲۵ - ۳۰	۳۰ - ۳۵	بیش از ۳۵

جدول (۴)

ضمناً برای مشخص شدن نحوه بهره‌برداری مطلوب از ترانس بایستی میزان کاهش D.p را در سال برای تعدادی از ترانسها اندازه‌گیری نمود بطور طبیعی در سال D.p به اندازه ۲۰ درجه کاهش مییابد و میزان رطوبت تا ppm ۰/۱ می‌تواند افزایش یابد.

چنانچه کاهش D.p بیش از ۲۰ درجه باشد این مطلب نشان دهنده بهره‌برداری نامناسب از ترانس تلقی میگردد [۴] .

بعنوان مثال جدول ضمیمه نشان دهنده باقیمانده عمر تعدادی از ترانسهای فوق توزیع استان مازندران میباشد.

ج - تست تجهیزات طرف ثانویه پست

با آزمایش دوره‌ای نمونه‌هائی از کلیدها، کلید فیوزها و دیگر تجهیزات طرف ثانویه تعدادی از پستهای توزیع قدیمی که بعنوان نمونه آماری انتخاب گردیده‌اند و مقایسه نتایج بدست آمده با جدول استاندارد می‌توان به ادامه کارکرد این تجهیزات یا تعمیر و اصلاح آنها نظر داد.

٤ - پیشنهادات اصلاحی

با توجه به مطالب گفته شده و لزوم دقت بیشتر به سلامت پستهای قدیمی و فرسوده پیشنهادهای زیر جهت افزایش قابلیت اطمینان و طول عمر اینگونه پستها بویژه ترانسفورماتورهای

مربوطه مطرح میگردد.

۴-۱ از آنجائیکه انتظار داریم پستهای مذکور بتوانند ۸۰٪ از خواسته‌های مورد نظر در تستهای آزمایشگاهی از قبیل استقامت الکتریکی کاغذ، روغن و..... را طبق مقادیر استاندارد IEC-1976 پاسخگو باشند [۷] پیشنهاد می‌شود بار این پستها را بعلت امکان پذیر نبودن احیاء همه قسمتهای ترانس حداکثر تا سطح ۸۰٪ بارنامی در نظر بگیریم.

۴-۲ سعی شود فیدرهای فرسوده و قدیمی اینگونه پستها را حتی‌المقدور کم نمود و همچنین طول فیدرهای بلند آنها را بعلت آنکه احتمال ایجاد حادثه و اتصال کوتاه در آنها زیاد میباشد حتی‌المقدور کاهش داد توضیح اینکه با توجه به امکان ارتباط متعدد مابین فیدرهای مختلف پستهای توزیع در هر منطقه انجام خواسته‌های فوق تا حدود زیادی قابل انجام میباشد.

۴-۳ از آنجائیکه طبق دستوالعمل بهره‌برداری IEC - 1976 ترانس توزیع را می‌بایستی در عرض ده سال اول بهره‌برداری مورد آزمایش دوره‌ای و کامل قرارداد و اینکار در استان مازندران انجام نمی‌گیرد پیشنهاد می‌شود در مورد ترانسهای قدیمی و فرسوده به ترتیب زیر عمل شود:

الف - ابتداء روغن این ترانسها مورد آزمایش فیزیکی و شیمیائی قرار گیرد و باقی‌مانده عمر ترانس با استفاده از نتایج این آزمایشات حدس زده شود اگر باقی‌مانده عمر ترانس به ۱۵ - ۱۰ سال یا بیشتر برسد می‌توان ترانس را برای تعمیرات اساسی به کارگاه تعمیر ترانس انتقال نداد و بعد از تصفیه یا احیاء روغن (در صورتیکه روغن از کیفیت اصلی خود خیلی دور نباشد یعنی عدد اسیدی نزدیک به ($\frac{\circ/۴\ mg\ koH}{g.oIL}$) تستهای دوره‌ای و کامل را در باره آن انجام داد. توضیح اینکه تصفیه فیزیکی روغن به علت آنکه فقط رطوبت و گرد و غبار را از روغن میگیرد و وضعیت شیمیائی روغن را تغییر نمیدهد در مورد روغن ترانس بویژه ترانسهای قدیمی به تنهائی کافی نیست و حتماً میبایستی بعد از تست شیمیائی در صورت لزوم نسبت به احیاء شیمیائی روغن نیز اقدام نمود اگر باقیمانده عمر ترانس کمتر از ۱۰ سال تشخیص داده شود در آنصورت برای وارد نشدن خسارت بیشتر به ترانس و افزودن به عمر آن می‌بایستی ترانس جهت بازدید داخلی به کارگاه تعمیرات ترانس انتقال داده شود و در آنجا نسبت به بازسازی آن اقدام لازم بعمل آید.

۴-۴ تجهیزات طرف اولیه، طرف ثانویه و وابسته به ترانس در صورتیکه دارای عیب اساسی باشند مانند کات‌اوت سوخته شده، پایه فیوز آسیب‌دیده، بوشینگ شکسته و غیره می‌بایستی بعلت اهمیت فنی و اقتصادی ترانس سریعاً تعویض گردند و یا در صورت امکان تعمیر اساسی گردند.

۴-۵ همچنانکه افراد پیر احتیاج به رسیدگی و مراقبت بیشتر دارند پیشنهاد می‌شود دستورالعمل بهره‌برداری ترانسها، در مورد ترانسهای پیر و فرسوده از نظر بازدید دوره‌ای و پریود تست و آزمایش مورد بازنگری قرار گرفته و زمان آنها کاهش یابد. به عنوان مثال: دوره بازدید ظاهری و تستهای اولیه ترانس (تست بامیگر + تست مقاومت عایقی روغن و .....) بهتر است که بجای یکسال که برای ترانسهای جدید در نظر گرفته میشود برای ترانسهای قدیمی به شش ماه تبدیل گردد.

- در طول هر یکسال تست نمونه‌ای ترانس‌های قدیمی بشکل انتخاب یک دستگاه ترانس از سی دستگاه ترانس قدیمی هم در زمینه تست فیزیکی و هم در زمینه تست شیمیائی انجام گیرد تا وضعیت اینگونه ترانسها هم از دیدگاه تخمین باقی‌مانده عمر و هم تصمیم‌گیری در باره بازسازی آنها بطور روشن بدست آید.

۴-۶ ضعفهای اساسی که در سیستم حفاظت پستهای قدیمی وجود دارد برطرف شود از جمله: فیدر ورودی ثانویه این پستها مجهز به کلید اتوماتیک گردد (حفاظت اضافه‌باری و اضافه جریان فشار ضعیف) - ارت برگیر بصورت جدا و باکیفیت مناسب (مقاومت زیر ۵اهم) موجود باشد و ارتهای ثانویه نیز کنترل گردد - فیدر ورودی اولیه پستهای زمینی (که معمولاً بقدرت بالای ۵۰۰کیلوولت آمپر میباشند) مجهز به دیژنکتور باشد (حفاظت اضافه‌باری و اضافه جریان ترانس) و رله بوخهلتز جهت حفاظت خطاهای داخلی ترانس نصب باشد.

۵ - احیاء روغن ترانس‌های توزیع قدیمی

در صورتیکه تست شیمیائی روغن نشاندهنده پیری زیاد روغن باشد (عدداسیدی بیشتر از $\frac{mg\ koH}{g.oil}$ ۰/۱ و نزدیک به $\frac{mg\ koH}{g.oil}$ ۰/۴) روغن مذکور با تصفیه فیزیکی قابل استفاده نبوده و می‌بایستی مورد تصفیه شیمیائی قرار بگیرد ساده‌ترین روش برای اینکار مطابق دستورالعمل IEE استفاده از خاک رنگبر می‌باشد بدین ترتیب که روغن گرم شده را از یک ظرف محتوی خاک رنگبر (بمقدار حدود ۱٪ وزن روغن) عبور می‌دهند این ظرف را میتوان در مسیر دستگاه تصفیه فیزیکی نیز قرار داد و در آنصورت روغن بطور یکجا مورد تصفیه فیزیکی و شیمیائی قرار میگیرد.

نتیجه گیری

پستهای توزیع قدیمی و فرسوده بدلیل نقش فنی و اقتصادی مهمی که در شبکه توزیع دارند، مثل آدمهای پیر و سالخورده احتیاج به رسیدگی و مراقبتهای ویژه دارند. طبق بررسی‌ها و پیشنهادهای این مقاله می‌توان ابتداء با بازدید عملی و تست فیزیکی و شیمیائی روغن ترانس اینگونه پستها به وضعیت فعلی و باقیمانده عمر آنها دست یافت و سپس در مورد انتقال ترانس به کارگاه تعمیرات یا عدم انتقال آن تصمیم لازم را اتخاذ نمود در حالت دوم با توجه به اینکه روغن این ترانسها می‌بایستی مورد تصفیه فیزیکی قرار بگیرد تصمیم‌گیری روی ترانس‌هائیکه روغن آن میبایستی مورد تصفیه شیمیائی قرارگیرد اتخاذ می‌گردد. علاوه بر پیشنهادهای این مقاله پیشنهادهای دیگری در زمینه تعمیر، بازسازی یا تعمیر تجهیزات دیگر پست و همچنین تغییرات لازم در دستورالعمل متداول بهره‌برداری آنها دارد که در صورت اجرای مجموعه پیشنهادات مذکور پیش‌بینی میشود. ضمن افزایش قابلیت اطمینان اینگونه پستها طول عمر آنها نیز حداقل بمدت ۵ سال افزوده گردد.

منابع

۱ - کارنامه برق منطقه‌ای مازندران تا سال ۵۸

۲ - پروژه تجزیه و تحلیل علل سوختن ترانسهای توزیع و راههای جلوگیری ازآن «برق مازندران»

۳ - کارنامه سالهای ۵۴، ۵۵، ۵۶ برق مازندران.

۴ - کنفرانس آقای دکتر پهلوانپور در برق مازندران در مورد روغن ترانسفورماتور ۷۳/۶/۱۰

۵ - TRANSFORMER BHARAT HEAVY ELECTRICAL LIMITED

۶ - دفتر اتفاقات شبکه امورهای استان مازندران.

۷ - دستورالعمل بهره‌برداری و سرویس ترانسهای توزیع.

TRANSFORMER FACTORY OF CSEPEL WORKS

ترتیب	نمونه روغن ترانس	باقی‌مانده عمر به سال	ترتیب	نمونه روغن ترانس	باقی‌مانده عمر به سال
۱	شیرگاه T_1	1 - 5	21	سدوشمگیر T_1	30 - 35
۲	آمل ۱ T_2	> 35	۲۲	شهید کلامی T_2	> 35
۳	نمک آبرود T_2	10 - 15	۲۳	شهید کلامی T_1	> 35
۴	احمد چاله پی T_1	> 35	۲۴	دهک T_1	20 - 25
۵	کلاردشت T_1	30 - 35	۲۵	شهید سلمانی T_4	10 - 15
۶	نشتارود T_1	30 - 35	۲۶	دریانی T_2	> 35
۷	بابل۱ T_2	10 - 15	۲۷	نوشهر T_1	25 - 30
۸	نشتارود T_2	> 35	۲۸	بابل۱ T_1	25 - 30
۹	دهک T_2	> 35	۲۹	تنکابن T_2	25 - 30
۱۰	ساری۱ T_1	10 - 15	۳۰	شهید سلمانی T_2	25 - 30
۱۱	خانبیبن T_1	> 35	۳۱	شهید سلمانی T_3	30 - 35
۱۲	قائمشهر T_2	> 35	۳۲	تاکام T_1	> 35
۱۳	چهل‌شهید T_2	25 - 30	۳۳	نساجی‌بابکان T_1	30 - 35
۱۴	نوشهر T_2	25 - 30	۳۴	کردکوی T_1	> 35
۱۵	دریانی T_1	> 35	۳۵	گنبد۱ T_1	> 35
۱۶	قائمشهر T_1	25 - 30	۳۶	قائمشهر T_4	25 - 30
۱۷	کنبد۱ T_2	25 - 30	۳۷	تنکابن T_1	30 - 35
۱۸	نمک آبرود T_1	30 - 35	۳۸	قائمشهر T_2	25 - 30
۱۹	سارس۱ T_2	30 - 35	۳۹	زیراب T_1	10 - 15
۲۰	آمل۱ T_1	> 35	۴۰	شهید سلمانی T_1	25 - 30

باقی‌مانده عمر تعدادی از ترانسهای استان مازندران