



شناسایی عوامل بروز خطا در ترانسفورماتورهای توزیع روغنی (کنسرواتوری و هرمتیک) آسیب دیده با هدف بهره برداری مناسب

کد مقاله: ۰۱۵۱۱

مصطفی مجیدنیا^۳
شرکت فنی و مهندسی بهین توسعه برق ماندگار
اصفهان، ایران
Behinco.54898@gmail.com

مسعود طیاری^۲
شرکت توزیع برق شهرستان اصفهان
اصفهان، ایران
Masoud.Taiari@yahoo.com

ناصر امینایی^۱
شرکت توزیع برق شهرستان اصفهان
اصفهان، ایران
N_Aminaei@yahoo.com

۱- مقدمه

ترانسفورماتورهای توزیع با اهمیت ترین و گران ترین تجهیز در شبکه های توزیع برق محسوب شده و به علت ایفای نقش مهم در بهبود شاخصهای قابلیت اطمینان سیستم، بسیار حائز اهمیت هستند. از آنجا که این نوع ترانسفورماتورها بارهای متغیر و مختلف خانگی، تجاری، صنعتی، کشاورزی و غیره را تغذیه می کنند از یک سو به لحاظ نداشتن اپراتور دائمی و قرار گرفتن اکثر آنها در فضای باز و تماس مستقیم با شرایط مختلف مناطق آب و هوایی در کشورمان و از سوی دیگر به دلیل عدم توجه و دقت لازم در مراحل حمل و نقل تا نصب و بهره برداری، عدم رعایت استانداردها و روشهای صحیح سرویس و نگهداری، آسیب دیدن و یا حتی سوختن ترانسفورماتور به علت های متعدد میتواند رخ دهد. در این مقاله ابتدا با توجه به اطلاعات و آمار موجود در یک دوره مشخص از قسمت کارگاه الکتریک و تعمیرات ترانسفورماتور شرکت کوشش برق استان اصفهان علل آسیب دیدگی ترانسفورماتورهای توزیع مشخص گردیده سپس روشهای بهره برداری مناسب و دستورالعملهای پیشگیری از بروز حوادث و همچنین

چکیده - با توجه به اهمیت ویژه ترانسفورماتورهای شبکه توزیع برق چه از نظر تعداد و چه از لحاظ هزینه های بسیار بالای مربوطه همواره کنترل وضعیت و نگهداری آنها از مسائل مهم و مشکل در صنعت برق بوده و همچنین در صورت صدمه دیدن ترانسفورماتور، هزینه های بالای رفع عیب و ترانسفورماتور جایگزین، انرژی توزیع نشده و خاموشی تحمیل شده طولانی مدت، عدم رضایت مشتریان را به دنبال خواهد داشت. شناسایی عیوب این تجهیز گران بها در چهارچوب مشاهدات کارگاهی و تجزیه و تحلیل علل و عوامل این خرابیها باعث بهره برداری بهینه و اصولی از آنها خواهد شد در این تحقیق شناسایی عوامل بروز خطا با بررسی آماری تعداد ۱۲۵ ترانسفورماتور توزیع کنسرواتوری و هرمتیک آسیب دیده مورد مطالعه قرار گرفته است و دلایل بروز عیب به تفکیک عوامل الکتریکی و مکانیکی با هدف ارائه روشهای نوین، بهره برداری مناسب و تعمیر و نگهداری پیشگیرانه جهت ارتقاء سطح کیفی و کمی شبکه توزیع برق بصورت پیشنهاداتی عملی مطرح شده است.

واژه های کلیدی- ترانسفورماتور توزیع کنسرواتوری و هرمتیک - عوامل الکتریکی - عوامل مکانیکی - بهره برداری بهینه - تعمیرات پیشگیرانه

پیشنهادات مفید فایده و عملی نیز بیان می گردد.

۲- بررسی علل و زمینه های پیدایش آسیب دیدگی و یا سوختن ترانسفورماتورهای توزیع

بطور کلی عوامل و زمینه های پیدایش و گسترش آسیب دیدگی و همچنین نواقصی که مانع از عملکرد صحیح و مطمئن ترانسفورماتورهای توزیع در شبکه می شوند به دو بخش تقسیم می گردد، بخشی مربوط به عوامل و نواقص الکتریکی است و بخش دیگر مربوط به عوامل و عیوب مکانیکی و غیر الکتریکی می باشد.

۲-۱- عوامل و نواقص الکتریکی

با توجه به شکل (۱) قسمت اصلی ترانسفورماتورهای توزیع که نقش انتقال توان را به عهده دارد، اکتیو پارت می باشد، اکتیو پارت به مجموعه هسته و بوبینهای فشار قوی و ضعیف گفته می شود. این مجموعه در داخل مخزن پر از روغن قرار گرفته که مخزن وظیفه نگهداری در مقابل شرایط محیطی و روغن علاوه بر نقش عایقی وظیفه تبادل حرارتی با محیط اطراف را بر عهده دارد. لذا زمینه های پیدایش و گسترش آسیب دیدگی های ترانسفورماتور در اثر خطاهای الکتریکی مربوط به جریانهای اتصال کوتاه و اضافه بار و همچنین اضافه ولتاژهای ناشی از برخورد صاعقه و کلید زنی می باشد که در ادامه مورد بحث و بررسی قرار خواهد گرفت.

۲-۱-۱- عوامل ایجاد و گسترش جریانهای اتصال کوتاه

آمار بروز نقص و آسیب دیدگی در اثر اتصالهای ناخواسته در ترانسفورماتورهای توزیع تعداد قابل توجهی داشته و همچنین به دلیل رشد فزاینده شبکه در راستای تقاضای مشترکین و عدم توانایی در بازرسی و کنترل به موقع تجهیزات باعث گردیده تا اغلب، نقص به وجود آمده شناسایی نشود و به سوختن و از رده خارج شدن ترانسفورماتور منجر گردد. با توجه به تحقیقات صورت گرفته و بررسی ترانسفورماتورهای آسیب دیده، عواملی که بطور مستقیم و غیر مستقیم سبب بروز عیب در ترانسفورماتورهای توزیع در نتیجه انواع اتصال کوتاهها می شود عبارتند از:

- ۱) آلودگی شدید هوا و پانچ انواع ایزولاتورها در شبکه بخصوص در ابتدای بارندگیها و بارشهای کوتاه مدت و شدید (سرکابلهای هوایی، پوشینگهای ترانس و ...)

۲) عدم استفاده از فیوز با آمپراژ مناسب

۳) استفاده از سیم بجای فیوز در شرایط بحرانی

۴) کیفیت پایین فیوز بکار برده شده

۵) عدم محاسبه و یا اشتباه در محاسبه جریان اتصال کوتاه در محل نصب ترانسفورماتور

۶) رشد سریع درختان در زیر و مجاورت سکوی نصب ترانسفورماتور و بروز انواع اتصالها،

۷) برخورد فازها به هم در اثر بادهای شدید و طوفان



شکل (۱): اکتیو پارت در ترانسفورماتور

۸) محاسبه غلط طول اسپان، طول هادی و فاصله فازها

۹) اتصال حلقه ناشی از کاهش قدرت عایقی



شکل (۲): اتصال حلقه در بوبین فشار قوی

۱۰) خوردگی هادیهای شبکه در اثر فرسودگی در محل اتصالات

۱۱) اتصالات سست در جمپرها، سرکابلها و ...

۱۲) عدم نصب صحیح کابلهای رابط ترانسفورماتور

۱۳) بروز اتصالی در اثر داخل شدن حیوانات

۱۴) قطع کابلهای زیر زمینی بوسیله لودر یا بیل مکانیکی

۱۵) پرتاب سیم، زنجیر و ... بر روی هادیهای شبکه توسط

۱۶) عدم دقت در نصب سرکابل بر روی پوشینگهای فشار قوی

ترانسفورماتور و اتصالی میله فاز به بدنه. شکل (۳)

۱۷) اتصالی سیم پیچ فشار ضعیف و فشار قوی ناشی از کاهش قدرت

عایقی. شکل (۴)

- (۱) عدم محاسبه دقیق در انتخاب ترانسفورماتور با قدرت مناسب
شکل (۵)
- (۲) عدم اندازه گیری و کنترل بار ترانسفورماتور
- (۳) همزمانی و فصلی بودن میزان مصارف خانگی و مشترکین با مصارف بالا.
- (۴) عدم اعمال ضریب رشد منطقه در محاسبات. شکل (۶)



شکل (۶): افزایش دما و کاهش قدرت عایقی ناشی از اضافه بار طولانی مدت و متعدد

- (۵) عدم رعایت ساعات اوج مصرف توسط مشترکین
- (۶) سوء استفاده برخی از مشترکین و انشعابات غیر مجاز
- (۷) عدم تعادل بار در فازها و عدم تنظیم آن
- (۸) عدم محاسبه صحیح کابلهای رابط، متناسب با قدرت ترانسفورماتور و افزایش دما
- (۹) عدم محاسبه صحیح آمپراژ تابلوها، متناسب با قدرت ترانسفورماتور و آتش گرفتن تابلو
- (۱۰) اعمال خاموشیهای خواسته و ناخواسته مکرر و عبور جریانهای هجومی. شکل (۷)



شکل (۷): فروپاشی کامل عایقی ترانسفورماتور

- (۱۱) عدم قطع و وصل فیدر بصورت سه فاز (قطع و وصل کات اوتها در طول شبکه) و عبور جریانهای اضافه بار شدید دو فاز از

- (۱۸) عدم استفاده از رله بوخهلتس جهت حفاظت ترانسفورماتور در برابر انواع اتصال کوتاهیها



شکل (۳): اتصال میله فاز به بدنه

- (۱۹) عدم عملکرد صحیح مدار فرمان قطع دیژنکتور
- (۲۰) عدم تنظیم صحیح رله های جریان سمت فشارمتوسط و کلید اتوماتیک سمت فشار ضعیف



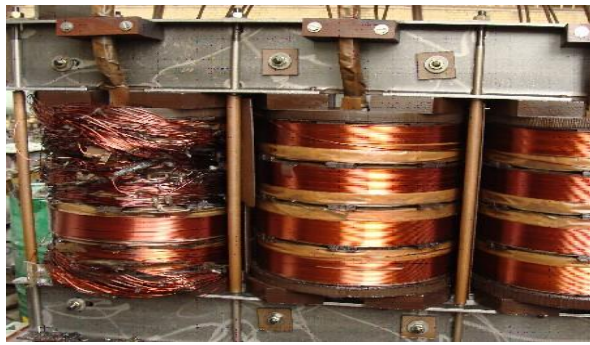
شکل (۴): اتصال سیم پیچهای فشار ضعیف و قوی

۲-۱-۲- عوامل ایجاد و گسترش جریانهای اضافه بار

بطور کلی بهره برداری بیش از حد توان اسمی در ترانسفورماتورهای توزیع پیامدهای مخربی نظیر پیری زودرس، کاهش راندمان و کیفیت، افزایش درجه حرارت از حد مجاز و در نتیجه کاهش استقامت الکتریکی مواد عایقی مورد استفاده در ترانسفورماتور و پدیدار شدن شکستهای جزعی و کلی و ... را به همراه خواهد داشت. لذا بایستی عوامل موثر و زمینه ساز در بروز پدیده نامطلوب اضافه بار مورد شناسایی و ارزیابی قرار گیرد. عوامل موثر و زمینه ساز در پیدایش پدیده نامطلوب اضافه بار عبارتند از:



شکل (۵): افزایش درجه حرارت و کاهش قدرت عایقی



شکل (۹): فروپاشی سیم پیچی فشار متوسط در اثر نیروی الکترومکانیکی ناشی از اصابت صاعقه

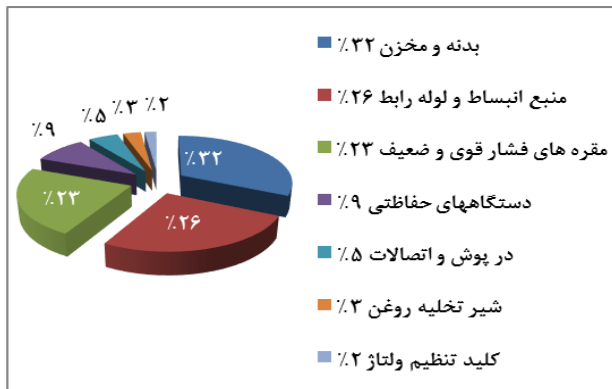
۲-۲- عوامل و عیوب مکانیکی و غیر الکتریکی

با بررسی آماری آسیبهای ترانسفورماتورهای معیوب، عوامل مکانیکی و غیر الکتریکی موثر در بروز نقص در ترانسفورماتورهای روغنی کنسرواتوری شناسایی شده و در این بخش آورده شده است.

۲-۲-۱- زمینه های پیدایش نشت روغن و کاهش قدرت عایقی

ترانسفورماتور

(۱) آلودگی و میزان رطوبت بالای محل نصب ترانس و خوردگی و زنگ زدگی و در نهایت نشت روغن. شکل (۱۰)



شکل (۱۰): درصد فراوانی نشت روغن از قسمتهای

مختلف ترانسفورماتور

- (۲) نشت روغن و کاهش تبادل حرارت با محیط اطراف
- (۳) معایب بدنه و ورود رطوبت و ناخالصیها و کاهش شدید استقامت عایقی روغن
- (۴) کاهش شدید ولتاژ شکست روغن در اثر اسیدی شدن آن ناشی از ورود رطوبت، آلودگیها و گازهای قابل اشتعال تولید شده و خوردگیهای داخلی و تولید ناخالصی. شکل (۱۱)
- (۵) افزایش چسبندگی و کاهش روان پذیری روغن ناشی از اسیدی شدن

ترانسفورماتور

- (۱۲) عدم بی بار نمودن ترانسفورماتور در هنگام قطع و وصل شبکه فشار متوسط و بارگیری سرد
- (۱۳) دو فاز شدن شبکه ناشی از عملکرد تکی حفاظتهای فیوزی

۲-۱-۳- عوامل ایجاد و گسترش زمینه های بروز نقص به علت اضافه ولتاژ

اصابت صاعقه و عبور ولتاژ ضربه ای از ترانسفورماتور بدترین خطای خارجی است که با توجه به فرکانس بالای ولتاژ صاعقه در ایجاد پدیده رزونانس یا فرو رزونانس، افزایش حرارت روغن و فروپاشی حرارتی ترانسفورماتور را به دنبال خواهد داشت. در این شرایط عدم رعایت استانداردهای حفاظتی در مقابل اضافه ولتاژهای کلید زنی، صاعقه و ... موجبات بروز عیب و خرابی در ترانسفورماتور را فراهم خواهد کرد. عوامل پیدایش و گسترش زمینه های بروز نقص به علت اضافه ولتاژ در جامعه آماری و ترانسهای مورد مطالعه عبارتند از:

- (۱) اصابت صاعقه به شبکه و عدم عملکرد مناسب برقگیرها
- (۲) عدم برقراری صحیح اتصال زمین برقگیر و بدنه ترانسفورماتور
- (۳) خاموشیهای خواسته و ناخواسته مکرر و اضافه ولتاژهای کلید زنی
- (۴) همبندی بسیار اشتباه اتصال زمین حفاظتی و الکتریکی (دیسکانکتور برقگیر و نول تابلو). شکل (۸)



شکل (۸): اتصال سیم پیچ فشار ضعیف و هسته

ترانسفورماتور ناشی از بروز اختلاف پتانسیل بسیار شدید

- (۵) قطع شدن سیم ارت برقگیر
- (۶) انحراف جرقه گیرهای پوشینگهای ترانس (آرموتورها)
- (۷) از کار افتادگی، عدم وجود و یا محل نصب غلط برقگیر
- (۸) عدم تعویض برقگیر عملکرده و عبور موج ولتاژ ضربه از ترانسفورماتور شکل (۹)

و در نتیجه عدم تبادل حرارت با محیط اطراف. (شکل ۱۲)



شکل (۱۱): ناخالصیهای رسانای تولید شده در مخزن ترانس

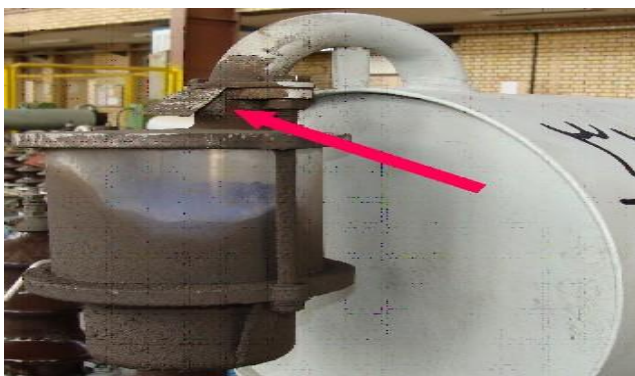


شکل (۱۲): افزایش چسبندگی روغن و کاهش گردش آن

۲-۲-۲- عوامل بروز نقص در مراحل انبارداری، حمل و نقل،

نصب و بهره برداری

در بررسی ترانسفورماتورهای معیوب شده در سالهای ابتدایی بهره برداری در دوران جوانمرگی، عدم کارایی گروه های بهره بردار به وضوح مشخص بوده است بسیاری از موارد به خاطر پایین بودن سطح اطلاعات گروه بهره بردار و عدم داشتن تجربه کافی و برخورد غیرمهندسی در بهره برداری و همچنین نبود آموزش مناسب جهت به روز کردن اطلاعات کارکنان، اگر بگوییم بالاترین علت بروز عیب و سوختن ترانسفورماتورهای توزیع ضعف در بهره برداری و سهل انگاری در امر سرویس و نگهداری و ... است، سخن به گزاف و اغراق نگفته ایم. (شکل ۱۳)



شکل (۱۳): عدم خارج نمودن ورق مسدود کننده محفظه رطوبت گیر

چنانچه در شکل (۱۳) نشان داده شده است پس از نصب و قبل از برقداری ترانسفورماتور گروه بهره بردار به دلیل عدم اطلاع کافی، ورق مسدود کننده رابط بین کنسرواتور و محفظه رطوبت گیر را (که سازنده بدلیل جلوگیری از خروج روغن در هنگام جابجایی ترانسفورماتور پیش بینی می کند) خارج نموده اند. همین نکته به ظاهر کوچک باعث می شود که در زمان برقداری ترانسفورماتور، افزایش و کاهش حجم روغن در اثر تغییرات دما جبران نگردد و این تغییرات فشار منجر به آسیب رساندن به بدنه و دیگر قسمتهای ترانسفورماتور شود و در نهایت نشت روغن را به دنبال داشته باشد. در همین راستا پدیده های ناخواسته اضافه بار، اتصالهای نقاط دور و نزدیک، طولانی شدن شعاع تغذیه، محاسبات نادرست در انتخاب تجهیزات مانند ترانسفورماتور با قدرت مناسب و فیوز، عدم اتصال صحیح اتصال زمین حفاظتی و الکتریکی، عدم تعادل بار، عدم بازرسی و کنترل به موقع و بسیاری موارد دیگر نشان دهنده این واقعیت تلخ است که عدم توانایی و اطلاعات کافی گروه های احداث تا بهره برداری سهم بسزایی در آسیبهای وارده به ترانسفورماتورهای شبکه دارند. در این رابطه عوامل و زمینه های

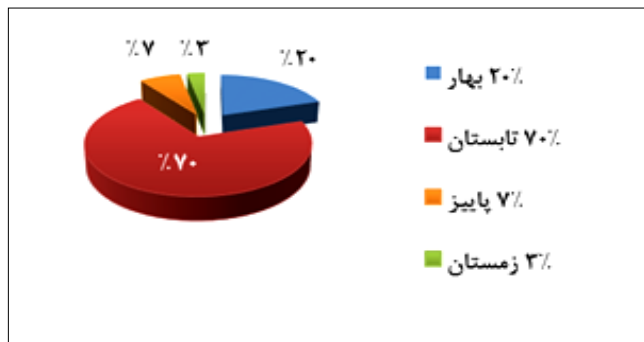
۶) ضربات وارد شده و تکانهای شدید در مراحل انبارداری، حمل و نقل و نصب و بهره برداری و ایجاد ترکهای مویی و روزنه های کوچک در محل جوشکاریها و نقاط ضعیف و تراشیدگی رنگ و در نهایت خوردگی و نشت روغن

۷) عدم آچارکشی اتصالات و سرویس پست

۸) شکستگی شیشه محفظه رطوبت گیر و روغن نما

اگر درجه حرارت ترانسفورماتور به هر دلیلی از حد استاندارد مشخص شده توسط شرکت سازنده بالاتر برود باعث کاهش عمر و تجزیه روغن و ایجاد لجن، اسید و گازهای قابل اشتعال نظیر متان و اتان و غیره خواهد شد که این گازها در دماهای بالا با عایق سلولزی ترکیب شده و باعث تولید گاز منواکسید و دی اکسید کربن می شود مجموع گازهای تولید شده و واکنش آنها با عایقهای مورد استفاده در قسمت اکتیو ترانسفورماتور سبب ترد و شکننده شدن آن می گردد. بطور مثال ترد و شکننده شدن عایق کاغذی بین حلقه و سیم پیچهای ترانسفورماتور باعث می شود قدرت استقامت الکتریکی و عایقی ترانسفورماتور در مقابل جریانهای اضافه بار و جریانهای اتصال کوتاه بشدت کاهش یابد.

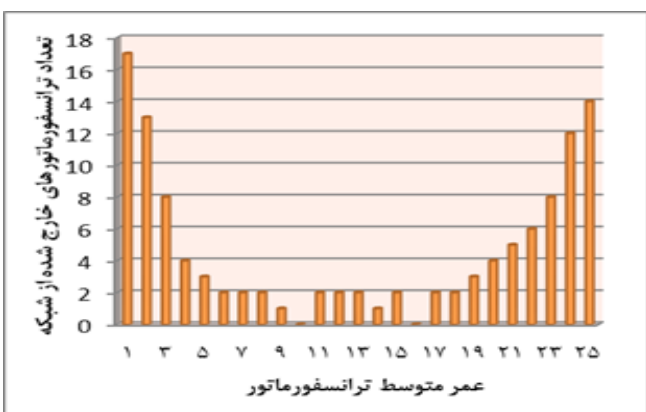
یکی از نکات مهمی که می بایست آن را مد نظر قرار داد زمان بروز خرابی و نقص در ترانسفورماتور با توجه به شرایط فصلی (میزان رطوبت و دما) خواهد بود. درصد پیدایش عیب و مشکل در ترانسفورماتورها در فصول مختلف سال در نمودار (۱۶) نشان داده شده است.



شکل (۱۶): درصد فراوانی بروز عیب در ترانسفورماتورهای مورد مطالعه در فصول مختلف

۲-۲-۴- بررسی زمان پیدایش عیب و ارتباط آن با عمر ترانسفورماتور

چنانچه در نمودار (۱۷) آورده شده است در بررسی به عمل آمده مشخص گردید که این نمودار در تعداد ۱۲۵ ترانسفورماتور مورد مطالعه با تقریب بسیار خوب صادق خواهد بود. و سالهای بحرانی عملکرد ترانسفورماتور را در ابتدا و انتهای سالهای بهره برداری نشان می دهد.



شکل (۱۷): بررسی عملکرد ترانسفورماتورهای توزیع در طول عمر متوسط ۲۵ سال

۳- نتیجه گیری

با توجه به نتایج بررسی های انجام شده مشخص گردید علل و عوامل

آسیب پذیری را می توان بدین ترتیب عنوان کرد:

- (۱) عدم ارزیابی علمی و کارشناسی شده کافی از تولید تا بهره برداری از ترانسفورماتورهای توزیع
- (۲) پایین بودن سطح اطلاعات علمی گروهها از کارخانه سازنده تا انبار، حمل و نقل، نصب و بهره برداری از ترانسفورماتور
- (۳) نگهداری و انبارداری غیر استاندارد. شکل (۱۴)



شکل (۱۴): نگهداری و انبارداری غیر استاندارد

- (۴) جابجایی و خارج شدن عابقیهای چوبی، تیرکها، رینگها و ... در محل بوبینهای فشار ضعیف و قوی و یوق ترانسفورماتور ناشی از تکانهای شدید و در نتیجه عدم گردش مناسب روغن و افزایش حرارت
- (۵) عدم تعویض رطوبت گیر (سیلیکاژل) فرسوده
- (۶) عدم آزمایش و تصفیه روغن ترانسفورماتور.
- (۷) عدم استفاده از رله ترمومتر ترانسفورماتور جهت کنترل دما
- (۸) عدم عملکرد سیستم تهویه در پستهای زمینی
- (۹) سرقت تجهیزات پستهای توزیع. شکل (۱۵)



شکل (۱۵): سرقت بوبین های ترانس در اقدامی عجیب

- (۱۰) استفاده از ترموستات جهت سیستم تهویه پست بجای استفاده از فرمان کنتاکت آلارم رله ترمومتر

۲-۲-۳- بررسی زمان پیدایش عیب در ترانسفورماتور و ارتباط آن با دمای محیط در فصول مختلف

با وله های قابل ارتجاع در میان بقیه ترانسفورماتورهای آسیب دیده که اغلب از نوع کنسرواتوری می باشد، بیشترین عیب ملاحظه شده مربوط به نشت روغن از بدنه این گونه از ترانسفورماتورها بوده است این نقص اغلب ناشی از تغییرات شدید دمای تجربه شده ترانسفورماتور می باشد و رابطه مستقیم با تغییرات شدید بار و همچنین شرایط آب و هوایی منطقه دارد. تعداد زیاد انقباض و انبساط بدنه ترانسفورماتورهای هرمتیک جهت جبران افزایش و کاهش حجم روغن در شبانه روز منجر به پوسیدگی و خوردگی در نواحی زاویه دار بدنه شده و در نتیجه نشت روغن اتفاق می افتد. لذا توصیه می شود از این نوع از ترانسفورماتورها در شرایطی بهره برداری گردد که بار و همچنین دمای کار ترانسفورماتور تغییرات زیادی نداشته باشد.

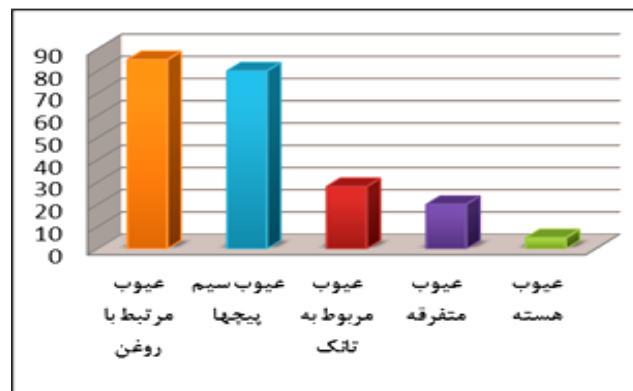
۴- پیشنهادات

- جایگزین نمودن ترانسفورماتورهای خشک رزینی بجای ترانسفورماتورهای کنسرواتوری و هرمتیک
- با توجه به اینکه اغلب آسیبهای وارده به ترانسفورماتور خود را بصورت افزایش دما نشان می دهد بکار بردن پارامتر دمای کار ترانسفورماتور در مانیتورینگ پستهای توزیع می تواند از فرسودگی زودرس و بروز آسیبهای جدید به این تجهیز ارزشمند جلوگیری کند.
- تهیه و تدوین بستر مطالعات شبکه بومی در راستای جایابی بهینه پستهای توزیع، انجام محاسبات پخش بار، محاسبات جریانهای اتصال کوتاه و تعیین صحیح و کوردینه نمودن حفاظت ها
- الویت بندی در انجام سرویسهای دوره ای منظم با توجه به شناسایی دقیق شرایط ترانسفورماتورهای شبکه در راستای ارتقاء سطح شاخصهای قابلیت اطمینان سیستم

مراجع

- [1] Fist 3-30, Transformer Maintenance: Facilities instructions standards, and techniques 2003
- [2] Fist 3-31, Transformer Diagnostics: Facilities instructions standards, and techniques 2003.
- [3] IEEE, Standard Terminology for Power and Distribution Transformers, IEEE C57.12.80-2002, clause 2.3, Institute of Electrical and Electronics Engineers, Piscataway, NJ, 2002b.
- [4] IEEE C57. 104-1991. Guide for the interpretation of gases generated in oil immersed Transformers.
- [5] IEEE, Standard Test Code for Liquid-Immersed Distribution, Power, and Regulating Transformers,

معیوب شدن ترانسفورماتورهای توزیع روغنی بسیار متنوع می باشد، چنانچه در نمودارهای (۱۸) و (۱۹) ارائه شده است عامل بیش از ۷۰ درصد ترانسهای معیوب ناشی از عیب در روغن و سیستم مربوطه می باشد. که علل و عوامل آن به تفصیل بیان گردید. در رتبه بعد عیب در سیم پیچهای فشار ضعیف و قوی بیشترین فراوانی را در ترانسفورماتورهای آسیب دیده داشته است.



شکل (۱۸): نمودار درصد فراوانی بروز عیب در ترانسفورماتورهای آسیب دیده از نظر تعداد

همچنین عدم بهره برداری اصولی و تعمیر و سرویس دوره ای ترانسفورماتورها در معیوب شدن ترانسفورماتورها بسیار حائز اهمیت بوده است. نبود سیستم دقیق پایش عمر ترانسفورماتور نیز از علل و عوامل معیوب شدن ترانسها و خارج شدن آنها قبل از گذر از عمر مفید آنها بوده است. با توجه به فراوانی عیوب مشاهده شده در صورتی که تمرکز بهره برداران و مدیریت تعمیرات معطوف به علل و عوامل اصلی گردد میتوان با صرف هزینه کم و سرویس هوشمند و بهینه، بهره وری این تعمیرات را تا میزان قابل توجهی افزایش داد.

با توجه به بررسی تعداد اندکی از ترانسفورماتورهای توزیع روغنی هرمتیک



شکل (۱۹): نمودار درصد فراوانی عیوب نسبی ترانسفورماتورهای توزیع روغنی

ANSI/IEEE C57.12.90-1999, Institute of Electrical and Electronics Engineers, Piscataway, NJ, 1999.

[6] Siemens Power Engineering Guide, Transmission and Distribution, 4th Edition

[7] کارگاه تعمیرات ترانسفورماتورهای توزیع، شرکت کوشش برق استان اصفهان