

علل خطاي توزیع در سالهاي آغازین

بررسی قابلیت اعتماد و ترانسفورماتورهاي کارکرد

مجید بی گناه میکال
زنجان دانشگاه

دکتر سید هادی حسینی

شرکت توزیع ایران ترانسفو زنگان
Sied_hadi@yahoo.com

M.Bigonah@gmail.com

چکیده - هدف اساسی سیستم توزیع انرژی الکتریکی تغذیه مشتریان در حد امکان به صورت اقتصادی و با درجه قابلیت اعتماد و کیفیت بالاست. قابلیت اعتماد هر سیستمی به قابلیت اعتماد عناصر تشکیل دهنده آنها وابسته است. این مقاله بررسی بر روی قابلیت اعتماد ترانسفورماتورهاي که در طول سالهاي ۸۵ و ۸۶ دچار عیب شده اند را نشان می دهد. تعمیر و جایگزینی این محصولات با توجه به اینکه یکی از گران قیمت ترین ادوات سیستم توزیع می باشند هزینه های بالایی را می طلبد. بنابراین برای بالا بردن قابلیت اعتماد این محصول سعی می گردد نرخ و علل خطا در سالهاي ابتدایی کارکرد آن جهت بررسی اشکالات تولید مورد بررسی قرار گیرد. دو رهیافت آماری و فیزیکی جهت حصول به این هدف استفاده می گردد. در رهیافت آماری سعی می گردد منحنی نرخ بروز خطا در سالهاي ابتدایی کارکرد محصول به دست آید و سپس به کمک آن متوسط زمان بروز خطاي محصول محاسبه گردد. در بررسی فیزیکی به علل عیوب رخ داده در ترانسفورماتورهاي پرداخته می شود تا بتوان با ارائه پیشنهادات مناسب باعث کاهش نرخ خطا در آنها گردید.

کلید واژه - آهنگ بروز خطا، توزیع ویبال، ترانسفورماتور توزیع، قابلیت اعتماد، متوسط زمان بروز خطا.

سازنده امری اجتناب ناپذیر
است.

۱- مقدمه

عدم رعایت نکات اصولی در حمل، نصب و راه اندازی ترانسفورماتور توسط مشتری باعث افزایش خطاهای رخ داده در محصول می گردد که ضرورت بررسی فیزیکی دقیق تر خطاهای ترانسفورماتورهاي را بیش از پیش نشان می دهد.

در مرجع [۱] در مورد انواع عیوب رخ داده در ترانسفورماتورهاي قدرت بحث شده است. در مرجع [۲] منحنی نرخ بروز خطا برای شبکه ها توزیع از ترکیب منحنی های نرخ بروز خطاي خطوط هوایی، سیستم های کابلی، ترانسفورماتورهاي و مدارشکن ها ارائه گردیده است. در مرجع [۳] نیز در مورد نرخ بروز خطا در خازنهای شبکه ی توزیع بحث شده است. در مورد علل خطا در ترانسفورماتورهاي توزیع همچنین منحنی نرخ بروز خطا مخصوصاً در

با گسترش روز افزون مصرف انرژی الکتریکی تعداد تجهیزات و ادوات لازم جهت انتقال این صورت از انرژی نیز رو به فزونی است. از جمله این تجهیزات که نقش بسیار مهمی در هزینه های تحمیلی بر مصرف کنندگان و شرکتهای توزیع را برعهده دارد ترانسفورماتورهاي می باشند. در حقیقت با توجه به افزایش روز افزون مواد اولیه، قیمت تمام شده این محصول نیز افزایش یافته است.

از سوی دیگر خارج شدن این تجهیزات گران قیمت از مدار، یعنی خاموشی های بلند مدت ناشی از عیوب ترانسفورماتور باعث ایجاد خسارتهای ناشی از عدم برق رسانی و در نتیجه عدم تولید می گردد. از این رو واضح است تلاش جهت افزایش قابلیت اعتماد در ساخت ترانسفورماتورهاي توسط شرکتهای

ساختارهای ابتدایی کارکرد محصول از دید سازنده کمتر بحث شده است، از این رو در این مقاله با بررسی ارتباط بین شرکت سازنده و مصرف کننده سعی می گردد در مورد منشا و سرچشمه عیوب و خطاهای رخ داده در ترانسفورماتورهای توزیع بحث گردد. در حقیقت باید گفت در بسیاری از خطاها نمی توان به راحتی در مورد علت اصلی خطا بحث نمود و خطاها را می بایست به طور ترکیبی مورد بحث قرار داد.

به طور کلی عیوبی که می توانند مانع از عملکرد صحیح و مطمئن ترانسفورماتور می شوند به دو گروه عیوب الکتریکی و عیوب مکانیکی تقسیم می شوند. در تحقیق صورت گرفته با بررسی آماری و فیزیکی خطاهای رخ داده در آزمایشگاه شرکت سازنده و همچنین ترانسفورماتورهایی که در دوره رفع ایرادات دچار عیب می شوند سعی می گردد راهکارهایی جهت بهبود و افزایش قابلیت اعتماد این محصول ارائه شود.

۲- ترانسفورماتور

ترانسفورماتورها از دو قسمت عمده تشکیل شده اند: اکتیوپارت و مخزن. اکتیوپارت به مجموعه هسته و بوبینهای فشار قوی و فشار ضعیف گفته می شود که در حقیقت قسمت اصلی ترانسفورماتور جهت انتقال توان محسوب می گردند. این مجموعه در داخل مخزنی قرار می گیرد که وظیفه نگهداری و محافظت از روغن و اجزای داخلی را در مقابل شرایط محیطی و همچنین تبادل حرارتی با محیط را برعهده دارد. ادوات و تجهیزات حفاظتی مورد استفاده نیز بر روی مخزن قرار می گیرند.

ترانسفورماتورها پس از مونتاژ نهایی مطابق با استانداردهای بین المللی آزمایش می شوند [۴]. این آزمایشها به گونه ای طراحی شده اند که پس از تکمیل و تحویل محصول به مشتری می توان از

عملکرد صحیح الکتریکی آن مطمئن بود.

جهت اطمینان از صحت تجهیزات مکانیکی و به طور عمده مخزن، در خط تولید و همچنین پس از تکمیل و قبل از تحویل محصول بررسی های مختلفی انجام می گیرد که از آن جمله می توان به بازرسی جوش دیواره مخزن به کمک فاسفر اشاره کرد. به طور کلی پس از انجام این تست ها و بررسی ها می توان گفت ترانسفورماتور بارگیری شده جهت تحویل به مشتری از هر نظر دارای قابلیت اعتماد بالایی می باشد. بعد از بارگیری و تا زمان نصب و راه اندازی، سلامت محصول نیازمند رعایت اصول و نکات ایمنی مربوط به خود می باشد که کمتر از سوی مصرف کنندگان مورد توجه قرار می گیرد و نتیجه آن نیز کاهش قابلیت اعتماد سیستم توزیع در تغذیه بار می باشد.

۳- قابلیت اعتماد محصول در آزمایشگاه

پس از مونتاژ نهایی، تستهای الکتریکی مطابق با استانداردهای بین المللی بر روی محصول انجام می پذیرد. این تست ها شامل دو گروه می باشند:

۳-۱- تستهای عایقی

برای اطمینان از عملکرد صحیح عایقها ترانسفورماتور تستهای عایقی بر روی آن انجام می شود که عبارتند از:

- تست عایقی فشار ضعیف به هسته و مخزن

- تست عایقی فشار قوی به هسته و مخزن

- تست ولتاژ القایی

این تستهای عایقی توسط ولتاژهای متناوب و یا ضربه انجام می شوند. در مرجع [۵] علت و چگونگی انجام این تستها به طور کامل توضیح داده شده است. در صورتی که محصول تولید شده در هریک از این آزمایشها دچار اشکال شود به معنای داشتن ضعف

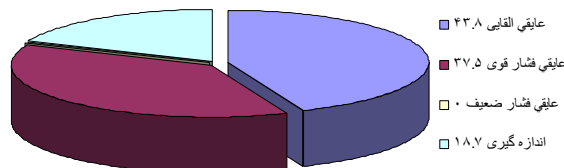
عایقی محصول بوده و می بایست دمونتاز و رفع عیب گردد.

۳-۲- اندازه گیری پارامترها

این تستها شامل اندازه گیری تلفات بارداری، تلفات و جریان بی باری، امپدانس اتصال کوتاه و... می باشند.

در این تستها خروج نتایج اندازه گیری شده از مقادیر گارانتی شده به معنای عدم کارایی محصول نمی باشد ولی از آنجا که بروز این عیوب با توجه به عدم اصلاح پذیری به معنای کاهش قابلیت اعتماد در فروش و رضایت مشتری می باشند می بایست مورد توجه قرار گیرند.

با بررسی چند دوره نمونه، احتمال وقوع مجموع این عیوب کمتر از ۰.۸ درصد بدست آمد. در نمودار (۱) فراوانی نسبی هر کدام از این عیب ها نسبت به دیگر عیبها نشان داده شده است.



نمودار (۱) درصد فراوانی نسبی عیوب ترانسفورماتور در آزمایشگاه

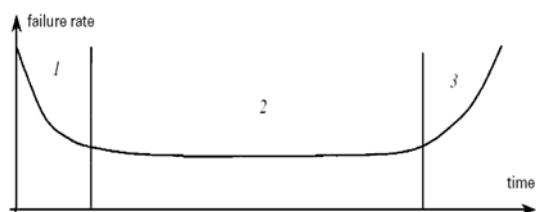
همانگونه که مشاهده می شود در تست عایقی فشار ضعیف به هسته هیچ خطایی در آزمایشگاه دیده نمی شود بنابراین با توجه به اینکه وقوع شکست عایقی در یک محدوده ولتاژی مشخص پیشامدی تصادفی است می توان نتیجه گرفت ایزوله بکار رفته در سیم پیچ ضعیف بسیار بالاتر از مقدار لازم می باشد.

۴- ترانسفورماتورها در پایان دوره گارانتی

بسیاری از سازندگان عمر مفید ترانسفورماتورها را در صورت بکارگیری تحت شرایط

استاندارد برابر ۳۰ تا ۴۰ سال اعلام می نمایند. اما مصرف کنندگان مختلف عمر مفید این محصولات را پایین تر از این مقادیر می دانند. عمده دلیل این امر بکارگیری محصول در شرایط نادرست می باشد. بکارگیری ترانسفورماتور در باری بالاتر از ظرفیت نامی به دلیل عدم توجه به ضریب بار، عدم رعایت اصول حفاظتی، عدم توجه صحیح به شرایط محیطی و همچنین عدم بازدید و سرویس دهی مناسب و به موقع از عمده دلایل کاهش عمر ترانسفورماتورها می باشند.

ترانسفورماتورها نیز همانند دیگر تجهیزات دارای منحنی آهنگ بروز خطا به شکل وان حمام می باشند [۶]. شکل (۱) یک نمونه منحنی وان حمام را نشان می دهد. در پایان ناحیه اول که به نامهای مختلفی مانند مرگ و میر نوزادی و یا مرحله وقوع اشکالات اولیه شناخته می شود خطاهای ساخت، طراحی نامناسب و ضعف سیستم های مرتبط که همانند عناصر سری رفتار می کنند خود را نشان می دهند.



شکل (۱) منحنی وان حمام

۴-۱- منحنی بروز خطا

نمودار (۲) تعداد ترانسفورماتورهایی که در طول سالهای ۸۵ و ۸۶ مورد بازرسی و تعمیر قرار گرفته اند را بر حسب سال بروز عیب نشان می دهد. همانگونه که نشان داده شده است میزان بروز عیب در سالهای ابتدایی بالاتر از سالهای دیگر می باشد.

3 < t < 4	3	106	0.9906	0.9909
4 < t < 5	1	107	1.0000	0.9986

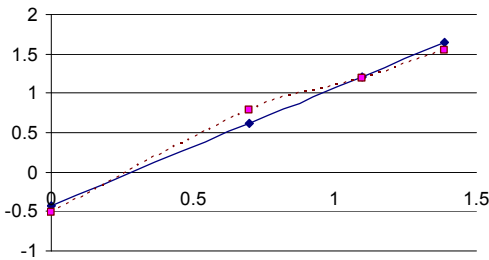
میزان ترانسفورماتورهای معیوب با توجه به اطلاعات موجود برابر است با:

$$F'(t) = \sum_{i=1}^m \frac{m_i}{N_T}$$

که در آن N_T تعداد کل ترانسفورماتورهای معیوب در پایان دوره مورد بررسی می باشد.

اطلاعات موجود را برای بدست آوردن مجهولات می توان به صورت نمودار (۳) نشان داد که در این صورت توزیع ویبال به صورت زیر بیان شده به صورت معادله زیر بدست می آید:

$$F(t) = 1 - e^{-\frac{t^{1.5}}{1.65}}$$



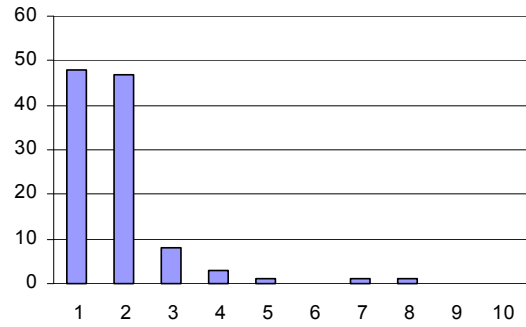
نمودار (۳) توزیع ویبال به صورت نمودار خطی

بسه عبارات دیگری ترانسفورماتورهایی که در دوره آغازین کارکرد خود دچار عیب می شوند به طور متوسط در سال ۱.۶۵ ام کارکرد خود یعنی ۶۰۲ امین روز، دچار عیب می شوند.

$$MTTF = 602 \text{ Day}$$

۴-۲- بررسی فیزیکی عیوب

در نمودار (۴) فراوانی عیوب مختلف این دوره نشان داده شده است. این عیوب شامل نشتی ها، خرابی متعلقات، سوختگی بوبین، شکستگی بوشینگ، قطعی سرفاز و زنگ زدگی می باشد. در بین این



نمودار (۲) تعداد ترانسفورماتورهای معیوب برحسب تعداد سال کارکرد

در بسیاری از مقالات برای بیان توزیع نرخ خطا از توزیع ویبال استفاده می کنند. این توزیع برای میزان محصولات از کار افتاده تا زمان t به صورت زیر تعریف می گردد:

$$F(t) = 1 - e^{-\frac{t^m}{t_0}}$$

هم چنین رابطه زیر به عنوان معادله کمکی استفاده می گردد:

$$Y = mX - A$$

که در آن :

$$Y = \ln \ln \frac{1}{1 - F(t)}$$

$$X = \ln(t)$$

$$A = \ln(t_0)$$

جهت به دست آوردن پارامترهای موردنیاز توزیع ویبال از اطلاعات موجود در جدول (۱) که از نمودار (۲) برای مدت ۵ ساله آغازین استخراج شده است استفاده می گردد. در این جدول تعداد ترانسفورماتورهایی که در طول بازه t دچار عیب شده اند و N مجموع تعداد کل خرابی ها تا دوره مربوطه می باشد.

جدول (۱) اطلاعات مربوط به ترانسفورماتورهای معیوب در دوره ۵ ساله ابتدایی کارکرد

	Mi	N	F'	F
0 < t < 1	48	48	0.4486	0.4485
1 < t < 2	47	95	0.8876	0.8121
2 < t < 3	8	103	0.9626	0.9531

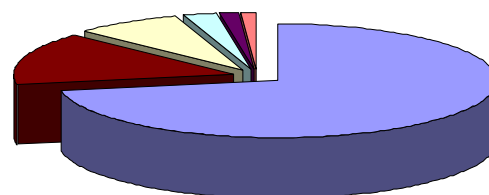
اما با توجه به اینکه جزئی از مجموعه ترانسفورماتور می باشند می بایست در بررسی قابلیت اعتماد مورد توجه قرار گیرند. عمده عیب الکتریکی رخ داده در این دوره سوختگی بوبین می باشد. این سوختگی به علت عدم کارایی سیستم حفاظتی در قطع اتصال کوتاه در زمان مناسب رخ می دهد. از نظر هزینه تمییلی این عیب گرانترین عیب جهت تعمیر ترانسفورماتور محسوب می گردد. جهت کاهش بروز این خطا بکارگیری سیستم حفاظتی مطمئن تر ضروریست.

۵- نتیجه گیری

در تحقیق صورت گرفته با بررسی آماری خطاهای رخ داده در دوره ۵ ساله ابتدایی کارکرد ترانسفورماتورها متوسط زمان بروز عیب در مورد محصولات که در این دوره دچار عیب می شوند به کمک توزیع ویبال برابر ۶۰۲ روز بدست آمد. اگرچه بروز این عیوب به معنی از دست رفتن کامل محصول نمی باشد اما با توجه به زمان لازم جهت رفع عیب و قطعی اجباری بررسی دقیق تر آنها ضروری است.

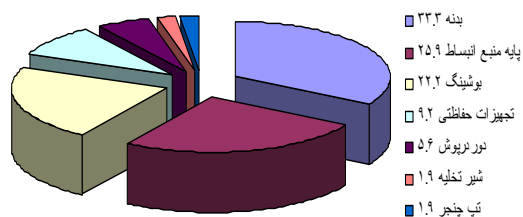
با بررسی عیب ترانسفورماتورها در آزمایشگاه شرکت سازنده و ترانسفورماتورهای تعمیری در طول دوره ۵ ساله ابتدایی می توان عمده مشکل این محصول را در عیوب مکانیکی یافت. این عیوب عمدتاً ناشی از مختلف می باشند که با بهبود کیفیت جوش و همچنین حمل و نقل صحیح می توان میزان آنها را تا حدودی کاهش داد. عیوب الکتریکی که در پایان دوره گارانتی دیده می شوند نیز ناشی از ضعف سیستم حفاظتی می باشند. از اینرو بهبود این سیستم می تواند قابلیت اعتماد ترانسفورماتور و سیستم توزیع را بهبود بخشد.

عیوب ناشی های مختلف نقش بسزایی را بر عهده دارند. این ناشی ها در نقاط مختلف بدنه دور درپوش و همچنین محل اتصال بوشینگ، رله بوخهلتز، شیر تخلیه و تصفیه، تپ چنجر، پایه منبع انبساط و... رخ می دهند. با افزایش کیفیت جوش ها می تواند تا حدود زیادی میزان این عیب ها را کاهش داد.



نمودار (۴) درصد فراوانی نسبی عیوب ترانسفورماتورهای تعمیری

بررسی دقیق تر محل این ناشی ها نیز لازمه بهبود کیفیت تولیدات آتی می باشد. در نمودار (۵) فراوانی ناشی های مختلف نشان داده شده است. همانگونه که پیداست ناشی از جوش بدنه، ناشی از پایه لوله منبع انبساط و ناشی از زیر بوشینگ عمده این ناشی ها را تشکیل می دهند. دو ناشی اول ناشی از مشکلات جوش و ناشی زیر بوشینگ به علت مشکل واشر و نحوه محکم نمودن پیچها رخ می دهند.



نمودار (۵) درصد فراوانی محل ناشی های روغن

از دیگر عیوب مشاهده شده در پایان دوره گارانتی خرابی ادوات حفاظتی شامل رله بوخهلتز، ترمومتر، تپ چنجر و یا سایر قطعات همراه ترانسفورماتور و به عبارت کلی متعلقات می باشد. اگرچه این محصولات توسط سازندگانی دیگر ساخته می شوند

۶- مراجع

- [۱]. ا. رحيم پور، ح. محسني، "روشهاي نوين مانيتورينگ ترانسفورماتورها"، انتشارات دانشگاه زنجان، ۱۳۸۵.
- [2]. X. Zhang, E. Gockenbach, V. Wasserberg, H. Borsi, "Estimation of the Electrical Component in Distribution Networks", IEEE Transactions on Power Delivery, January 2007.
- [3]. C. Wang, T. C. Cheng, G. Zheng, "Failure Analysis of Composite Dielectric of Power Capacitors in Distribution System", IEEE Transaction on Dielectrics and Electrical Insulation", August 1998.
- [4]. IEC60075 (1-5).
- [۵]. ح. محسني، "مباني مهندسي فشار قوي الكريكي"، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۷۷.
- [۶]. ر. بيلينتون، ر. آلن، ترجمه م. رضائيان، "ارزيابي قابليت اطمینان سيستمهاي مهندسي"، مرکز نشر دانشگاه صنعتي اميرکبير، ۱۳۷۹.