دانشکده مهندسی

گروه مهندسی برق گرایش قدرت

پروژه کارشناسی

عنوان:

عیب‌یابی و بهره‌برداری موتورهای القایی در صنعت برق هوشمند

استاد راهنما:

دکتر رضا نوروزیان

نام و نام‌خانوادگی:

سعید محمودی

تیرماه ۹۸

فهرست

فهرست شکل‌ها ..... ج

فهرست جدول‌ها ..... د

چکیده ..... ه

فصل اول ۱

۱-۱ مقدمه ۲

۱-۲ روش‌های نوین عیب‌یابی ۲

۱-۳ تئوری عیب‌یابی ۳

فصل دوم ۴

۲-۱ روش‌های عیب‌یابی ۵

۲-۱-۱ تشخیص عیب‌های مکانیکی و رفع آن‌ها ۵

۲-۱-۱-۱ شکستگی بدنه درپوش‌ها ۵

۲-۱-۱-۲ خرابی بلبرینگ‌ها-پوش‌ها-یاتاقان‌ها ۶

۲-۱-۱-۳ لنگی محور موتور ۹

۲-۱-۱-۴ درگیرشدن رتور با استاتور ۱۰

۲-۲ تشخیص عیب‌های الکتریکی و رفع آن ۱۰

۲-۱-۲-۱ موتورهای سه‌فاز ۱۱

الف) موتور هیچ عکس‌العملی ازخود نشان نداده و آمپرمترها نیز هیچ‌گونه جریانی را نشان نمی‌دهند ۱۱

ب) بعد از اتصال موتور سه‌فاز یه شبکه موتور راه نیافتاده ولی ارتعاش کرده و صدا می‌دهد ۱۳

ج) بعد از وصل موتور سه‌فاز به شیکه موتور راه نیافتاده ولی به دور نامی نمیرسد ۱۳

د) بعد اروصل موتور سه‌فاز به شبکه یک،دو یا سه فاز می‌سوزند ۱۵

و) موتور درحالت بی باری راه نیافتاده ولی زیر بار می‌ایستد ۱۵

۲-۱-۲-۲ موتورهای تک‌فاز ۱۵

۲-۱-۲-۲-۱ موتور خازن ۱۵

الف) موتور صدای هوم داده ولی راه نمی‌افتد ۱۶

ب) موتور راه نمی‌افتد و فیوز را هم می‌سوزاند ۱۷

ج)موتور راه می‌افتد ولی به دور نامی نمی‌رسد ۱۷

د) موتور راه افتاده ولی بی از حد نرمال داغ می‌کند ۱۷

۲-۱-۲-۲-۲ عیب‌یابی موتورهای کلکتوردار(سری)..... ۱۷
الف) بعد از وصل موتور به شیکه موتور راه نمی‌افتد و آمپرمتر نیز هیچ‌گونه جریانی را نشان نمی‌دهد..... ۱۸
ب) موتور راه افتاده ولی جرقه شدیدی در جاروبک‌ها رخ می‌دهد..... ۱۹
ج) موتور راه نیافتاده و فیوز نیز می‌سوزد..... ۱۹
د) موتور زیر بار می‌ایستد..... ۱۹
۲-۱-۱ خطاهای ترکیبی..... ۲۰
فصل سوم..... ۲۱
۳-۱ چکیده..... ۲۲
۳-۲ مقدمه..... ۲۲
۳-۳ آنالیز پاسخ فرکانسی(FRA)..... ۲۳
۳-۴ روش‌های اندازه‌گیری پاسخ فرکانسی..... ۲۵
۳-۵ روش‌های مقایسه پاسخ فرکانسی..... ۲۶
۳-۶ عیوب قابل تشخیص به روش FRA..... ۲۷
۳-۷ روش تحلیل اندازه‌گیری‌های FRA..... ۲۸
۳-۸ روش FRA و چالش‌های موجود..... ۲۹
۳-۹ تست و اندازه‌گیری‌های عملی FRA..... ۳۰
۳-۱۰ اثرات مدار اندازه‌گیری و شرایط تست..... ۳۱
۳-۱۱ اثرعیوب بر نحوه تغییر پاسخ فرکانسی..... ۳۳
فصل چهارم..... ۳۸
٤-۱ نتیجه‌گیری..... ۳۹
٤-۲ پیشنهاد برای ادامه کار..... ۴۱
منابع..... ۴۲

فهرست شکل‌ها

شکل (۱): *درپوش*..... ۶
شکل (۲): *تعمیر بلبرینگ معیوب*..... ۶
شکل (۳): *محور روتور*..... ۹

شکل (۴): قطعی اتصال ستاره ۱۱
شکل (۵): قطعی سیم پیچ ستاره ۱۲
شکل (۶): قطعی در اتصال مثلث ۱۲
شکل (۷): قطعی سیم پیچ مثلث ۱۳
شکل (۸): اتصال کوتاه در سیم پیچ ۱۴
شکل (۹): تست سیم پیچ ۱۴
شکل (۱۰): موتور خازن‌دار ۱۶
شکل (۱۱): انواع قطع شدگی موتور خازن دار ۱۶
شکل (۱۲): اجزای موتور سری ۱۸
شکل (۱۳): قطعی در موتور کلکتوردار ۱۸
شکل (۱۴): مدل الکتریکی سیم‌پیچ ترانسفورماتور ۲۵
شکل (۱۵): نمونه‌ای از پاسخ فرکانسی یک ترانسفورماتور ۲۶
شکل (۱۶): مقایسه پاسخ فرکانسی سه‌فاز ترانسفورماتور ۳۱
شکل (۱۷): اثر طول کابل‌های اندازه‌گیری بر روی پاسخ فرکانسی ۳۲
شکل (۱۸): اثر وضعیت ترمینال‌ها برروی پاسخ‌فرکانسی ۳۳
شکل (۱۹): تابع انتقال ترانسفورماتور قبل و بعد از نصب بوشینگ ۳۳
شکل (۲۰): شماتیک دو تابع انتقال متفاوت ۳۵
شکل (۲۱): پاسخ‌فرکانسی ترانسفورماتور در دو حالت اندازه‌گیری‌شده اشاره شده در شکل ۲۰ ..... ۳۵
شکل (۲۲): مقایسه تابع انتقال دو ترانسفورماتور سالم و معیوب ۳۷
شکل (۲۳): مقایسه پاسخ‌فرکانسی بوشینگ‌های سه‌فاز ترانسفورماتور ۳۷
شکل (۲۴): پاسخ‌فرکانسی سه ترانسفورماتور تک‌فاز با طراحی یکسان ۳۸

فهرست جدول‌ها

جدول(۱)- رابطه بین نوع خطای واقع‌شده و پارامترهای متاثر غالب ۲۸
جدول(۲)- مقایسه برخی روش‌های عیب‌یابی متداول و روش پاسخ فرکانسی و میزان توانایی آن‌ها را در تشخیص عیوب و صدمات مکانیکی ۲۸

چکیده

موردی که سال‌هاست به عنوان مشکل تلقی می‌شود ، جدایی علم از صنعت می‌باشد . درواقع تداعی‌گر این مسئله است که تجربیاتی که در زمینه تحقیقات در دانشگاه‌ها دانشجو کسب می‌کند در صنعت کاربرد چندانی ندارد .

شاید این ایده که شخص ، تجربه صنعتی و عملی بالایی دارد مطلوب به نظر رسد ؛ ولی تا زمانی که ترکیبی از این دو فاکتور کنار هم نباشد ، به نوعی ناقص می‌باشد.

در این مقاله قصد داریم پلی بین علوم تحقیقاتی و آکادمیک با صنعت داشته‌باشیم . موردی که در این مقاله مورد بحث قرارمی‌گیرد پرمصرف‌ترین المان مورد استفاده در صنعت می‌باشد که در محیط آکادمیک نیز درمورد آن مباحث زیادی مورد تحقیق و بررسی قرارمی‌گیرد .

این مقاله دیدی کاملاً عملی داشته و همزمان با عیب‌یابی موتور نحوه تحلیل نظری را نیز مدنظر دارد و یکی از عملی‌ترین نمونه های مشابه تحلیل های روش‌های عیب‌یابی در حال حاضر می‌باشد . نگارنده این مقاله در صنعت برق کشور مشغول به کار می‌باشد و در یک زمان دانشجوی رشته برق می‌باشد ، این نتایج را استخراج و به رشته تحریر درآورده است .

کلمات کلیدی: عیب‌یابی ، موتور ، اهم‌متر ، اتصال‌کوتاه ، پاسخ‌فرکانسی، ترانسفورماتور

فصل اول

مقدمه

۱_۱ مقدمه

یافتن عیب در موتورها را می‌توان به تشخیص نوع بیماری یک مریض توسط پزشک تشبیه نمود . تا پزشک مشکل را به درستی تشخیص ندهد کار مهمی را برای بهبود بیمار نمی‌تواند انجام‌دهد و تمام نسخه‌هایی که می‌نویسد احتمالاً تأثیری در بهبود او نخواهدداشت و به همین ترتیب اگر عیب اصلی ماشین شناخته نشود؛ یا ماشین را نمی‌توان تعمیر نمود و یا اگر از عیب اصلی مشکل دیگری پدید آمده باشد و ما مشکل دوم را برطرف نماییم هیچ تضمینی وجود ندارد که مجدداً مشکل دیگری به وجود آید و ماشین مجدداً معیوب گردد.

مثلاً اگر محور موتور لنگی داشته باشد بلبرینگ‌ها و بوش‌ها را خراب خواهندکرد و اگر بجای رفع عیب اصلی یعنی؛ رفع کجی محور موتور فقط به تعویض بلبرینگ‌ها یا بوش‌ها بپردازیم چون محور موتور همچنان کج است دوباره بعد از مدتی رتور، بوش‌ها و بلبرینگ‌ها را خراب خواهد کرد یا مثالی دیگر موتوری می‌باشد که به دلیل کشیدن جریان زیاد دچار سوختگی سیم‌پیچ شده‌است در این حال اگر فقط به تعویض سیم‌پیچی اکتفا کنیم مجدداً بعد از مدتی موتور دوباره خواهد سوخت.

اگرچه کسب مهارت در عیب‌یابی بیشتر حاصل کار عملی می‌باشد نه با خواندن کتاب و جزوه ، اما به هر حال دانستن برخی نکات کلی و عمومی در این رابطه برای کسانیکه تازه می‌خواهند این کار را شروع کنند بسیار مفید خواهد بود.

۱_۲ روش‌های نوین عیب‌یابی

حوزه عیب‌یابی موتورهای الکتریکی همواره در حال تغییر و پیشرفت[۲] می‌باشد و این تغییرات را به راحتی می‌توان با رهگیری مقالات ثبت شده در چند سال اخیر مشاهده کرد؛ نمونه‌های ساخته شده به قدری کاربردی می‌باشند که می‌توانند برای تشخیص خطا در ترانسفورماتورها نیز بکار بروند.

---

[۱] Eccentricity

[۲] Fault Diagnosis

در این دستگاه ها از سنسورهای حساس استفاده می‌شود و معمولاً سعی می‌کنند با اندازه‌گیری لرزش و انجام محاسبات لازم ، شماره هارمونیک ایجاد شده در مّاشین را بدست بیاورند و بر اساس آزمایشاتی که قبلاً انجام شده و علت به وجود آمدن هر هارمونیک جریان تعیین شده‌است، می‌توانند علت ایجاد هارمونیک و درنهایت دلیل لرزش نامتعارف را حدس بزنند که به عنوان مثال می‌تواند اتصال فاز به بدنه باشد.

روش‌های بکار رفته در عیب‌یابی ماشین‌های الکتریکی به سمتی می‌روند که مهندسین دیگر نیازی به باز کردن قطعات ماشین از هم نداشته‌باشند بلکه از بیرون به راحتی بتوانند مشکل را با قطعیت بالا مشخص نمایند. با این حال روش‌های گفته شده در حال حاضر امکان راه‌اندازی و تست در کشور ما بدلایل متعددی از جمله؛ سرمایه، دانش مورد نظر، تخصص ساخت و ... را ندارند. در ادامه روش‌های کاربردی تشخیص مشکل موتورهای الکتریکی که سالیان متمادیست در حال استفاده می‌باشند را باهم بررسی خواهیم‌نمود.

۱_۳ تئوری عیب‌یابی

برای تشخیص مشکل موتور روش‌های مختلفی وجود دارد برخی عیب‌ها را فقط با مشاهدات عینی می‌توان تشخیص داد، تعداد دیگری را از روی تغییر خصوصیات الکتریکی و عده‌ای را با صدای مخصوصی که در هنگام کار تولید می‌نمایند، بنابراین تئوری عیب‌یابی را به طرق مختلف می‌توان بیان نمود که ما در اینجا در بخش عیب‌های مکانیکی از روش مشاهدات عینی و آزمایش با دست و در بخش عیب‌های الکتریکی از روش تغییر خصوصیات الکتریکی که ایجاد می‌شوند برای عیب‌یابی ماشین‌ها استفاده خواهیم‌کرد.

[۲] Order

دانشجویان محترم:

جهت دسترسی به متن کامل پایان نامه‌ها به کتابخانه دانشکده مهندسی و یا آزمایشگاه پروژه گروه برق مراجعه فرمایید.

۴-۱ نتیجه‌گیری

امروزه FRA به عنوان یکی از تکنیک‌های قدرتمند عیب‌یابی و مونیتورینگ ترانسفورماتورها ،علی-الخصوص در مباحث مهندسی تعمیرات و نگهداری، شناخته می‌شود. در این مقاله تلاش شده‌است تا با معرفی اجمالی روش FRA و نیز بیان مزایا و قابلیت‌های روش مذکور گامی در جهت بکارگیری و استفاده هرچه بیشتر این روش در صنعت برق ایران برداشته شود. همچنین نتایج تحقیقات و اندازه‌گیری-های عملی متعدد بر روی ترانسفورماتورهای قدرت، به منظور آشکار شدن هرچه بیشتر زوایای پنهان و بالا بردن قدرت تحلیل این روش، ارائه شده‌اند. نتایج بدست آمده بسیار جالب و توجه بوده و در نظر گرفتن آن‌ها به منظور داشتن یک قضاوت درست از وضعیت تجهیز فشارقوی[۳۶] ضروری می‌باشد.

با توجه به این‌که این روش ، روشی قدرتمند در تست ترانس‌ها است برآن شدیم تا این روش را بر روی موتورهای القایی نیز پیاده‌سازی کنیم.

با تحقیقات و انجام آزمایش به این نتیجه رسیدیم که این روش بر روی موتورهای القایی یا حتی ژنراتورها بااینکه می‌شود پیاده سازی شود ، ولی بهتر است که روش‌های ابتدایی گفته شده ؛ که بیشتر تست‌ها با استفاده از اهم‌متر بود، انجام گیرد.

نتایجی که از روی آزمایش و تحقیق بدست آمد به شرح زیراست:

۱- داده‌کاوی در نرخ آماری بزرگ با نرخ آماری داده‌ها در رنج کوچک متفاوت است (که یک دید تجربی است). این به این معناست که ممکن است در نرخ آماری بزرگ خطایی به چشم نیاید ولی اگر همان آزمایش را بخواهیم در رنج کوچک‌تر انجام دهیم ، نتوانیم نتیجه درست را بدست آوریم.

[۳۶] High voltage equipment

۲- دومین عاملی نمیتوانیم از این روش برای موتورها استفاده کنیم و یا بهینه نباشد ، این است که ساختار موتورالقایی پیچیده‌تر از ترانسفورماتور بوده و نظم آن را هم ندارد ؛ به این خاطر تشخیص عیب در موتور نمی‌تواند دقت انجام در ترانس را داشته باشد.

۳- سومین عامل که باعث می‌شود در ترانسفورماتور از روش FRA استفاده شود این است که بعد از تشخیص عیب می‌توان آن عیب را تعمیر کرد ؛ ولی در موتور باید قسمت معیوب را تعویض کرد و نمی‌شود آن قطعه را بدون عوض کردن، تعمیر نمود.

۴- عامل بعدی این است که تحلیل نموداری FRA سخت بوده و همه عیب‌ها را نشان نمی‌دهد(تجربی) . این روش بعضاً بر روی ژنراتورها نیز که قطعه مهمی در شبکه می‌باشد انجام می‌شود ولی بسیار بسیار کم این تست انجام می‌گیرد.

۵- کارایی‌ای که در ترانسفورماتور وجود دارد در موتورالقایی وجود ندارد.

۶- این دستگاه تست بسیار گران بوده و با درنظرگرفتن اینکه قیمت موتورهای القایی در مقایسه با ترانسفورماتور ارزان‌تر است، استفاده از این روش به‌صرفه نیست.

باید توجه داشت که در صنعت هرقطعه یا تستی که ارزان‌تر باشد مورد توجه قرار گرفته و استفاده می‌شود. همان جمله معروف که "در صنعت، هزار تومان هم هزار تومان است" بسیار مشهود است و علاوه بر آن باید روش مورد استفاده در صنعت باید دردسترس باشد، که این روش به عنوان روش نوین در صنعت ایران و حتی شاید جهان، در دسترس نیست.

عوامل متعددی در بازدهی کلی یک سیستم موتور- محرک نقش دارند که مهمترین آن‌ها ضریب توان ، ضریب بار و ملاحظات اقتصادی بشمار می‌آیند. همچنین، ابعاد و قیمت بر کیلووات توان خروجی در موتورهای القایی با بالا رفتن تعداد قطب‌ها افزایش می‌یابد. از طرفی با زیاد شدن تعداد قطب‌ها، بازدهی و ضریب توان موتور کاهش می‌یابد.

موتورهای القایی با بازدهی بالا خنک‌تر و آرام‌تر کار کرده و حساسیت کمتری به افزایش و کاهش ولتاژ شبکه از خود نشان می‌دهند و بطور کلی از عمر مفید بیشتری برخوردارند.

۲-۴ پیشنهادات برای ادامه کار

مقاله ارائه شده روشی بر اساس واقعیت و نه نرم‌افزاری، بوده‌است. روش‌های جدید ارائه شده در زمان حال و البته در حال گسترش روش‌های فرکانسی بوده است. در روش FRA از روش‌های ریاضی استفاده شده است، ولی برای ادامه این کار و ارائه روش جدید و شاید کاربردی، تحلیل ریاضی امواج فرکانسی ولتاژها و جریان‌ها مثلاً روش FFT ، فوریه و استفاده از نرم‌افزار Wavelet می‌تواند مشکل‌گشا باشد.

این روش هزینه ساخت کمتری دارد و با تحلیلات فرکانسی با استفاده از نرم‌افزار و شکل‌های آماده دیگر می‌توان مشکل در المان الکتریکی را به‌درستی فهمید و برای تعمیر آن اقدام کرد.

منابع

[۱] روش نوين آناليز پاسخ فركانسي و كاربرد آن در تعيين وضعيت ترانسفورماتورهاي قدرت در ايران

[2] E. Rahimpour, J. Christian, K. Feser, H.Mohseni“Transfer function method to diagnose axial displacement and radial deformation of transformer windings.” IEEE trans. Power Delivery.vol.18,no.2,April 2003

[3] Wang, M. Vandermaar, A.J. Srivastaka, K.D. “transformer winding movement monitoring in Service-Key Factors Affecting FRA Measurement”, Electrical Insulatimagazine, IEEEVolume:20, issu:5, Sept.-Oct2004

[4] M.Wang, A.John Vandermaar, K.D. Srivastaka, “Improved Detection Of Power Transformer Winding Movement By Extending The FRA High Frequency Range”, IEEE Transaction on Power Delivery, VOL:20,NO.3,July2005

[5] Leibfried, T. Feser, K. "Monitoring of Power Transformer using the Transfer Function Method"", IEEE Transaction on Power Delivery, Vol.14, No.4, October1999

[6] A.Akbari, P.Werle, H.Borsi and E.Gockenbach, " Transfer Function-Based Partial Discharge Localization in Power Transformers: A Feasibility Study", IEEE Electrical Insulatin Magazine,Vol.18,No.5,PP.22-32,September/ October 2002

[7] Tenbohlen. S, S.Ryder. “Making Frequency Response Analysis measurement: a Comparison of the Swept frequency and Impulse Response Methods”, Proceedings of 13th International Symposium on High Voltag Engineering, Delft, Netherlands, 2003

[8] J. Christian, K. Feser, “Procedures for Detecting Winding Displacements Power Transformers by the Transfer Function Method,” IEEE Trans. Power Delivery.Vol.19, no.1, January 2004

[9] Asghar Akbari, H.Firoozi,M.Kharezi. " Investigations on Sensitivity of Frequency Response Analysis Technique to Measuring Setup". 15th ISH, International Symposium on High Voltage Engineering, Slovenia 2007.

[10] Asghar Akbari, H.Firoozi, M.Kharezi. "The Variations of the Transformer High Frequency Transfer Function In Different Manufacturing Stages". 15th ISH, International Symposium on High Voltage Engineering, Slovenia 2007