

علل خرابی موتورهای الکتریکی

دکتر سید مجتبی میرسلیم

استاد یار دانشکده مهندسی برق دانشگاه صنعتی امیرکبیر

چکیده:

توجیه اصلی برای بازرسی و تعمیرات پیشگیری از خرابی ماشینهای الکتریکی، اجتناب از قطع سرویس و خدمات حاصله است. زمانی که موتوری به تعمیرگاه برده می‌شود، قاعدتاً باید بطور کامل بازرسی شده و علل احتمالی خرابی با دقت جستجو شود. البته پیدا کردن علت اصلی خرابی، کار آسانی نیست زیرا که اغلب اوقات، ریشه مسأله خرابی توسط سوختگی سیم پیچها و علل دیگر، مبهم و پوشیده می‌شود. در این مقاله، مهمترین علل خرابی موتورها در ایران برای بکارگیری اقدامات پیشگیری از خرابی مورد بررسی قرار می‌گیرند.

Why Electric Motors Fail

S.M.MIRSALIM, Ph.D

Elect.Eng.Dept., Amirkabir Univ. of Tech.

Abstract:

The fundamental justification for the inspection and maintenance of electric motors is to prevent service interruptions. When a motor is taken into a repair shop, it must be inspected thoroughly and carefully searched for the possible cause of failure. Pinning down the exact cause is not easy; often the source of trouble has been obscured by burned windings or other faults. In this Paper, the most important causes of failures of electric motors in Iran are considered for the implementation of preventive measures.

مسأله توسط سوختگی سیم پیچها یا علل دیگر مبهم و پوشیده می‌شود. مثلاً، سیم پیچ موتور ممکن است کاملاً سوخته شده باشد، اما بازبینی دقیقتر، یاطاقان فرسوده‌ای را به ما بنمایاند که سبب اصطکاک رتور با سیم پیچ استاتور شده باشد. حتی می‌توان این پروسه فکری را کمی جلوتر برد و آن اینکه چرا خرابی یاطاقان بوجود آمد؟ آیا بار اضافی، بهم خوردن تراز محور و یا

توجیه اصلی برای بازرسی و تعمیرات پیشگیری کننده ماشینهای الکتریکی، اجتناب از قطع سرویس و خدمات حاصله، به دلیل خرابی دستگاههاست. زمانی که موتوری به تعمیرگاه برده می‌شود، قاعدتاً باید به طور کامل بازرسی شده و علل احتمالی خرابی با دقت جستجو شود. البته پیدا کردن علت اصلی خرابی، کار آسانی نیست زیرا که اغلب اوقات، ریشه

عدم روغنکاری کافی، علت بوده است؟

در سال ۱۹۸۴، کمیته مجله عایق الکتریکی از IBE، ژاپن نتایج چهار سال مطالعه بر روی خرابی ۱۸۹ موتور القایی سه کیلوولت و شش کیلوولت را انتشار داد. نتایج اصلی گزارش را می‌توان این چنین خلاصه نمود:

الف) موتورهایی که برای مدت بین ۱۱ تا ۲۰ سال در خدمت بوده‌اند، بیشترین تعداد خرابی را نشان می‌دهند، و از این تعداد ۷۷٪ مربوط به کهنگی عایقهاست (شکل ۱).

ب) خرابیهای ایجاد شده در زمان کار عادی موتورها تقریباً دوسوم موارد است، درحالی که خرابیهای در زمان راه‌اندازی موتورها تنها در حدود یک چهارم موارد مشاهده شده است.

ج) مشاهده شد که رطوبت و مواد آلوده کننده عامل غالب در این خرابیهاست.

اگرچه این مطالعه راه‌حل مشخصی را توصیه نمی‌کرد ولی از این نتایج این طور می‌توان برداشت کرد که برنامه آزمایش عایق باید در مورد وسایلی که بیش از ده سال در خدمت بوده‌اند انجام پذیرد. به طور کلی از بروز بسیاری از خرابیهای موتور می‌توان جلوگیری کرده و یا دست کم عمر مفید آنها را افزایش داد، بشرط آنکه اقدامات پیشگیری کننده بکار گرفته شوند. یکی از این اقدامات، بازرسی چشمی تمام قسمتهایی از دستگاه است که تجربه، اثرپذیری و ضعف آنها را به ما نشان داده است. مهمترین قسمتهایی که بازرسی بر روی آنها باید انجام گیرد (الف) سیم‌پیچی آرمیچر به ویژه در منطقه کنار شیارها و انتهای گلافها، (ب) سیم‌پیچ میدان، (ج) گیره جاروبکها و (د) چک کردن ولتاژ اعمالی می‌باشد.

یک اقدام مهم دیگر دانستن علل خرابیهاست. معمولاً با آماري که از تعمیرگاهها و آزمایشگاهها بدست می‌آید ریشه مشکلات موتورها را می‌توان در یکی از گروههای زیر قرار داد:

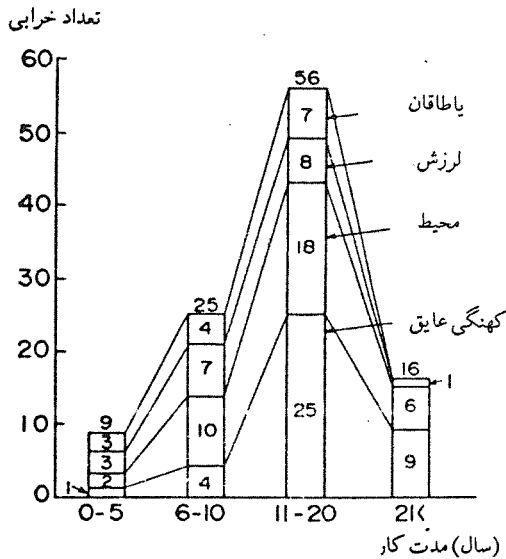
۱) محیط ناملايم و ناهنجار: عمر یک سیم‌پیچ بستگی به نگهداری آن در شرایط اولیه، تا آنجا که امکان پذیر است، دارد. در یک ماشین نو، سیم‌پیچ در شیارها خیلی خوب جا افتاده است و عایقها تازه و انعطاف پذیر بوده و در مقابل عوامل فرسوده کننده همچون رطوبت و سایر مواد خارجی مقاوم گردیده

است. رطوبت یکی از دشمنان اصلی عایق ماشینهای الکتریکی دوار است. عایق باید خشک نگهداشته شود. در صورت تشکیل نم بر روی سطح عایق به سبب رطوبت زیاد، تغییر درجه حرارت و یا تماس مستقیم با آب، سطح عایق ممکن است شدیداً قابلیت هدایت پیدا نموده و باعث اتصالی و خرابی موتور گردد. همچنین، جذب رطوبت در طول زمان ممکن است به کم شدن مقاومت عایق و در نهایت به خرابی بیانجامد.

۲) عدم مراقبت و نگهداری کافی: اقدامات پیشگیری کننده اساسی می‌تواند دست کم خرابی یک موتور را به تعویق بیانماید. با بررسیهای شخصی که از سال ۱۳۶۷ تا ۱۳۶۹ بر روی تعدادی موتور خراب تحویلی به چند کارگاه تعمیر موتور در سطح شهر تهران و همچنین محل استفاده از موتورها انجام دادم، متوجه گرد و خاک، آلودگی موتورها، بسته شدن منافذ خنک کننده، داغ کار کردن موتورها، جریان کشیده شده بیش از مقدار اسمی توسط موتورها، رطوبت و یاطاقانهای فرسوده و پرسروصدا گشتم که تمام اینها عدم مراقبت و نگهداری منظم و برنامه ریزی شده را نشان می‌دهد. مطمئناً تمام موتورها احتیاج به نگهداری و مراقبت شدید ندارند بخصوص اگر هزینه مراقبت بیش از قیمت خود موتور باشد. از طرف دیگر، اگر موتور بکار گرفته شده در کاربردهای ویژه، گرانیقیمت و یا سخت جایگزین باشد، در این صورت یک برنامه دقیق مراقبتی قابل توجه بوده و در دراز مدت سبب کاهش کل هزینه و افزایش بازدهی خواهد شد. البته در هنگام برنامه مراقبتی باید توجه داشت که از افراد آگاه در این زمینه استفاده شود تا مشکلات اضافی بر روی موتورها پدیدار نشود.

۳) عدم دقت کافی در نصب موتورها: هر بی‌دقتی در نصب موتورها، خرابی آنها را به دنبال خواهد داشت. اگر پیچ و مهره‌ها، موتور را خوب به پایه‌ها و محل نصب محکم نکنند و یا از اندازه‌های نامناسب پیچ و مهره‌ها استفاده شود، تنظیم دستگاه بهم می‌خورد و یا لرزشها پدیدار می‌شوند که در این صورت خرابی محور و یاطاقانها و در نهایت سوختن موتور را به همراه خواهد داشت. فنداسیون، بتون ریزی و پایه‌های فولادی باید به

ممکن برای عمر بیشتر موتور فراهم شود.



شکل ۱: علل خرابی موتورها برحسب مدت کار در ژاپن

۵) اشکالهای الکتریکی: اعمال ولتاژ نامناسب سبب کوتاه شدن عمر موتور شده و در صورتی که اختلاف ولتاژ اعمالی با ولتاژ نامی دستگاه بسیار متفاوت باشد سبب خرابی آبی موتورها می گردد. ولتاژ کم، جریان بالاتر از عادی را سبب می شود که خود داغ کردن موتور را نتیجه می دهد. ولتاژ اضافی به موتور، تلفات مسی را کاهش می دهد اما به دلیل زیاد شدن فوران مغناطیسی، تلفات هسته افزایش می یابد. افزایش جزئی در ولتاژ تغذیه، جریان کشیده شده توسط موتور را کاهش می دهد اما ولتاژ اضافی بالاتر از ۱۰٪ مقدار نامی، موتور را داغ می نماید که این ناشی از افزایش جریان به سبب اشباع هسته است.

تحت شرایط بار نامی، موتورهای القایی با اعمال ولتاژ با تغییرات $\pm 10\%$ کار رضایت بخش دارند. تغییرات فرکانس $\pm 5\%$ نیز مجاز است. $\pm 10\%$ ترکیب تغییرات ولتاژ و فرکانس نیز قابل قبول است به شرط آنکه تغییرات فرکانس بیش از $\pm 5\%$ مقدار نامی نباشد. البته باید توجه داشت که بهره برداری از موتورها در غیر شرایط نامی، ضعیف شدن کارایی را بدنبال خواهد داشت. ۵٪ افزایش در فرکانس حدود ۵٪ افزایش

اندازه کافی محکم بوده تا تحمل راه اندازی و توقف سریع موتور را داشته باشند.

جفتها، تسمه ها، زنجیرها و سایر قسمتهای اتصال بین موتور و بار باید دقیقاً میزان و تراز شوند تا جلو لرزشهای اضافی گرفته شود. سروصدای غیرمعمول در دستگاههای الکتریکی ممکن است به علت اتصال زمین، اتصال کوتاه کلافها، تغییرات در ولتاژ و فرکانس تغذیه، شل بودن اجزاء، لرزش، فرسودگی یطاقانها و عوامل دیگر رخ دهد. هر مقدار غیرمعمول لرزش و یا افزایش لرزش در موتورها باید فوراً بررسی گردد. علل معمول لرزشهای غیرعادی به غیر از نامیزان بودن مکانیکی ممکن است از فرسودگی یطاقانها، خوب تراز نبودن، فونداسیون نامناسب و یا نشست کرده، جمع شدن گرد و خاک و آشغال، شکاف هوایی نایک نواخت، مالیده شدن اجزایی از موتور به قسمت گردان آن، محور تاب خورده، کلاف تحریک اتصال کوتاه شده و یا عدم تعادل جریانها در موتورهای ac باشد.

۴) اشکالهای مکانیکی: بار اضافی سبب خرابی ناگهانی موتورها می گردد. ممکن است در ابتدا، موتوری با اندازه مناسب برای باری انتخاب شود اما بعداً با تغییر بار یا قسمتهای متصل کننده، بار اضافی بر موتور گذارده شود. در این صورت ممکن است یطاقانها شروع به خراب شدن کرده و دنده ها بچسبند و هر بار اضافی یا بوجود آورنده اصطکاک نیز پدیدار گردد. با این پدیده، موتور جریان بالاتر از مقدار نامی کشیده و درجه حرارت موتور بالا می رود که این خود عمر موتور را کاهش می دهد. باید توجه داشت که با هر ۱۰ درجه سانتیگراد افزایش حرارت بالاتر از مقدار اسمی، عمر عایق نصف می گردد.

فرسودگی یطاقانها یکی از معمولترین علل خرابی موتورهاست. همان طور که شکل (۱) نشان می دهد و تجربه هم ثابت کرده حدود ۳۰٪ از خرابیها در پنج سال اول کاری موتورها به دلیل اشکال در یطاقانها رخ می دهد.

تراز نبودن موتور و بار، جفتها (کوپلها)، چرخ دنده ها، فرقره ها و تسمه ها همگی علل مکانیکی خرابی موتور می باشند. تمام قسمتها باید از نظر دینامیکی متعادل شده تا بهترین شرایط

سرعت، افزایش بازدهی، ضریب توان و افزایش جزئی جریان بار کامل و حدود ۱۰٪ کاهش گشتاور را به همراه دارد. برعکس، ۵٪ کاهش در فرکانس سبب حدود ۱۱٪ افزایش گشتاور، ۵٪ کاهش در سرعت و کاهش جزئی در بازدهی، ضریب توان و جریان خواهد شد.

۶) ولتاژ نامتعادل: ولتاژهای نامتعادل و یا بهره‌برداری تک فاز از ماشینهای سه فاز (حد نهایی عدم تعادل ولتاژ)، جریانهای نامتعادل بزرگ را سبب گردیده که خود داغ شدن زیاد و در نهایت خرابی موتور را به همراه دارد. جریانهای نامتعادل همچنین ممکن است از بکارگیری ماشین با یک یا تعدادی کلاف قطع شده در یک و یا چند فاز بگردش درآید. در صورتی که این عدم تعادل زیاد باشد، باید موتور را دوباره سیم‌پیچی نمود.

۷) کاربرد و انتخاب ناصحیح موتور: بعضی اوقات اگر ناچور بودن کاربرد کم اهمیت باشد موتور برای مدت قابل توجهی

تاب و تحمل آورده و سرویس می‌دهد. البته لازم است که اندازه و نوع مناسب موتور برای بار مشخص، انتخاب شود. در این انتخاب عوامل متعددی دخیل می‌باشند. از آن جمله می‌توان، سیکل سرویس دهی شدید، راه‌اندازی و توقفهای متعدد، اعمال فشار مخالف برای توقف سریع موتور و شتاب‌گیری طولانی را نام برد. این عوامل سبب می‌شوند تا موتور با سرعت کمتر از سرعت عادی بچرخد و این خود خوب خنک نشدن را به همراه دارد. در هنگام راه‌اندازی و توقف سریع نیز موتورهای جریان خیلی بالا از خود عبور داده و اغلب زود داغ شدن را تجربه می‌کنند. ارتفاع از سطح دریا نیز عامل کاربردی مهم دیگری است. در ارتفاعات، چگالی هوای کمتر، اثر خنک‌سازی هوا را کاهش می‌دهد. این کاهش خنک‌سازی برای بیشتر موتورهای برای هر ۳۰۰ متر افزایش ارتفاع از سطح دریا، تقریباً ۴/۵٪ افزایش حرارت کاری را به دنبال خواهد داشت.

۸) ترکیبی از یک و یا تعدادی از موارد بالا.

منابع:

- 1) National Electrical Manufacturers Association. Maintenance of Motor and Generator, NEMA Publication RP-1968, Washington, D.C 1968.
- 2) Electric Maintenance Hints, Westinghouse Electric Corp, Trafford, PA. 1976.
- 3) Gill, A.S. Electrical Equipment Testing and Maintenance. Reston Publishing Company. 1982.
- 4) IEEE Electrical Insulation. Vol.6. No.2 March/April 1990.