

۱- مقدمه

فروسدگی ناشی از کارکرد زیاد، طراحی های نامناسب و ضعیف، مونتاژ نادرست، استفاده نامناسب، نوسانات زیاد، اضافه بار، اضافه سرعت، دمای نامناسب محیط و یا ترکیبی از عوامل یاد شده می تواند باعث وقوع خطا در یک قطعه یا یک سیستم شود. حال اگر این خطا در مراحل اولیه تشخیص داده نشود و گسترش یابد باعث خرابی و خروج از مدار تجهیز و یا سیستم می گردد.

۲- خطاها در ماشین های الکتریکی

عمده ترین خطا های ماشین های الکتریکی را می توان به صورت زیر دسته بندی کرد:

- ۱- خطای حلقه- حلقه و اتصال بدنه در سیم پیچی استاتور
- ۲- خطاهای استاتور ناشی از باز شدن یا اتصال کوتاه شدن فازهای مختلف (تک فاز، دو فاز و سه فاز)
- ۳- اتصال غیر عادی سیم پیچ های استاتور مثلا عدم رعایت جابجایی هادیها
- ۴- خروج از مرکز استاتیک و دینامیک
- ۵- شکستن میله های روتور و شکاف برداشتن حلقه های انتهایی
- ۶- خمیدگی شفت ناشی از خروج از مرکز دینامیک که باعث ساییدگی بین روتور و استاتور و آسیب دیدن جدی هسته استاتور و سیم پیچ ها می گردد.
- ۷- بروز عیب در سیم پیچی روتور شامل اتصال کوتاه، اتصالی های حلقه به حلقه و قطع سیم پیچ روتور
- ۸- خطاهای یاتاقان ها و جعبه دنده ها
- ۹- جرقه و تخلیه جزئی
- ۱۰- خطای هسته^۱ (از بین رفتن ساختار لایه ای، سوختن و ذوب شدن قسمتی از هسته به علت تلفات فوکو)
- ۱۱- از بین رفتن خواص آهن ربایی مواد مغناطیس دایم

منابع ایجاد کننده خطاها در ماشینهای الکتریکی ممکن است داخلی و یا خارجی باشند. خطاهای داخلی با توجه به سرچشمه اصلی می توانند به صورت الکتریکی، مکانیکی و یا با توجه به محل رخ دادن آنها در استاتور و روتور دسته بندی شوند. معمولا بقیه انواع خطاها یعنی خطاهای یاتاقان و سیستم های خنک کننده مرتبط با بخش متحرک ماشین هستند. خطاهای خارجی نیز با توجه به سرچشمه اصلی می توانند به صورت الکتریکی، مکانیکی و یا محیطی دسته بندی شوند.

¹ - Core Fault

رخداد خطاها به کاربرد ویژه آن ماشین و شرایط محیطی که ماشین در آن کار می‌کند بستگی دارد. به عنوان مثال محققین نشان داده اند که نرخ خرابی در ماشین های به کار گرفته شده در محیط بیرون ۲,۵ برابر نرخ خرابی ماشین ها در محیط های سرپوشیده است. باید توجه داشت عوامل محیطی مانند رطوبت، دما و... بر نرخ خرابی تاثیر می‌گذارند. قابل ذکر است که خطاها موجب بروز پدیده های زیر در ماشین های الکتریکی می شوند:

۱- عدم تعادل در میدان های فاصله هوایی و جریان خطوط

۲- افزایش نوسانات گشتاور

۳- کاهش متوسط گشتاور

۴- افزایش تلفات و کاهش راندمان

۵- گرمای بیش از حد

۳- روش های مختلف تشخیص خطاها

برای تشخیص خطاها از حوزه های مختلف الکتریکی، مکانیکی، حرارتی، شیمیایی و مغناطیسی می توان بهره گرفت. بین این حوزه ها ارتباطاتی نیز وجود دارد. مهمترین مولفه های تشخیص خطا در حوزه مکانیکی: نوسانات، صوت و نوسانات سرعت بوده و درحوزه الکترومغناطیسی: جریان، شارهای نشتی، ضربه های پالسی و تخلیه های جزئی^۲ می باشند. در دیگر حوزه ها از کمیتی همچون دما، تحلیل گازهای محلول و ذرات معلق در روغن نیز در تشخیص خطا استفاده می گردد.

تاکنون روش های زیادی برای پایش و آشکارسازی خطا در ماشین های الکتریکی استفاده شده است. جهت تشخیص برخط خطاها در ماشین بایستی بتوان رفتار داخلی ماشین و اثرات خارجی مانند اثر بار، منابع تغذیه و سیستمهای کنترلی آن را با دقت خوبی تعیین کرد. لذا شناسایی این روشها و میزان کارایی، سرعت، دقت و جامعیت آنها در تشخیص بلادرنگ^۳ و باوقفه انواع خطاها، ما را در پیشگیری از خسارت بیشتر یاری می‌کند. مهمترین روشهای مورد استفاده در تشخیص خطا، عبارتند از:

۱- روش های حرارتی

۲- تحلیل اثر جریان

۳- تشخیص رادیو فرکانسی^۴

۴- پایش نویز و نوسانات

² -Partial Discharge

³ -Real Time

⁴- جریان های خطا شامل مولفه های فرکانس بالا در ردیف فرکانسهای رادیویی می باشند. با اندازه گیری مولفه های ولتاژ و جریان با فرکانس های رادیویی در ترمینالها ویا در نقطه نول ماشینها به تشخیص خطا در ماشین می پردازند.

۵- روش های شیمیایی

۶- پایش میدان های الکترومغناطیسی

۷- تشخیص مادون قرمز

۸- پایش های صوتی

زمانی که روش مناسبی از پایش برای استفاده در محیط های صنعتی انتخاب می شود، فاکتورهای گوناگونی در نظر گرفته می شوند. مهمترین این فاکتورها عبارتند از:

۱- انتخاب حسگرهای غیرمخرب

۲- قابلیت اطمینان بالای حسگرها و سیستم اندازه گیری

۳- تشخیص قابل اعتماد

۴- قابلیت اندازه گیری شدت خطا و مکان خطا

۵- تخمین عمر باقی مانده

۶- پیش بینی علت های اساسی خطای ایجاد شده از اطلاعات برخط بدست آمده از حسگرها

برآورده کردن تمامی شرایط بالا به علت پیچیده بودن مکانیزم تخریب، شرایط غیرعادی ایجاد شده و ماهیت خطاها بسیار سخت است و در اکثر موارد غیر ممکن است.

۴- مقایسه روشهای مختلف تشخیص خطاها

طی چند سال گذشته تعداد قابل توجهی از تحقیقات و مطالعات جهت خلق روشهای موثر در پایش ماشین های الکتریکی انجام شده است و امروزه روشهای بسیاری جهت این امر موجود است. ولی باید توجه داشت که بسیاری از آنها زمانی که برای ماشینهای توان پایین استفاده می شوند توجیه اقتصادی ندارند. از این رو رایج روشهای دقیق و ارزان قیمت که محدوده بیشتری از خطاها را تشخیص و از همدیگر تفکیک نمایند و درعین حال استفاده از آنها برای تمامی ظرفیت ها توجیه اقتصادی داشته باشد یک موضوع چالش برانگیز در خطایابی ماشینهای الکتریکی است. از این رو رقابتی سخت برای خلق روشهای موثر پایش در محیط های صنعتی وجود دارد و روشهای جدید هر ساله رایج می شوند. هدف این رقابت رایج راه حل های موثرتر و مطمئن تر با حسگرهای ارزان قیمت تر و الگوریتم های ساده تر می باشد. که نه تنها خطا، بلکه موقعیت خطا را نیز تشخیص دهند و در عین حال قدرت کافی جهت تشخیص محدوده وسیعی از خطاها را داشته باشند. تاکنون روش های مختلفی که برای تشخیص خطاها مورد استفاده قرار گرفته اند غالباً مبتنی بر تحلیل متغیرهای خارجی مانند جریان استاتور و گشتاور ماشین بوده است. متأسفانه این روشها زمانی موثرند که خطاها گسترش یافته باشند و تشخیص خطاها در مراحل اولیه عملاً ممکن نیست. جدول ۱ توسط Payne ارائه شده است که بطور خلاصه روش های مختلف تشخیص خطا را مقایسه کرده است. در جدول ۱ به موارد زیر اشاره شده است:

۱- نوع ابزاری که برای پایش پارامترهای ماشین مورد نیاز است.

۲- درجه دقت تحلیلهای مختلف

۳- میزان تاثیر مهارت اپراتورها در بررسی و تحلیل نتایج

۴- چگونگی دسترسی به اطلاعات داخل ماشین

۵- دوره زمانی اندازه گیری

جدول ۱- مقایسه روش های مختلف تشخیص خطا

Parameter	Measurement Device	Potential Information Richness	On/Off Line	Intrusive To Electrical Machine	Operator Skill Required	Measurement Frequency	Measured As Part Of Control Strategy
<i>Current</i>	Hall Effect Transducer	Average	On	No	High	Continuous	Yes
<i>Voltage</i>	DVM	Average	On	No	High	Continuous	Yes
<i>Flux</i>	Search Coil	Very High	On	Yes And No	High	Hourly	No
	Hall Effect Device						
<i>Force</i>	Dynamometer	Very High	On	No	High	Continuous	No
<i>Vibration</i>	Accelerometer	High	On	Yes And No	Expert	Hourly	No
<i>Acoustics</i>	Microphone	High	On	No	Expert	Hourly	No
<i>Temperature</i>	Hand-Held Probe	Low	Off	Yes And No	Low	Monthly Or On Suspected Deterioration	No
	Thermal Paint			Yes			
	Thermocouple	Average	On	Yes	Average	Continuous	Yes
	Infra-Red Camera	High		No	Expert	Monthly Or On Suspected Deterioration	No
<i>Instantaneous Angular Speed</i>	Encoder	Average	On	No	High	Continuous	Yes
<i>Torque</i>	Torque Sensors (Magneto Elastic, Piezo Electric, Strain Gauge)	High	On	No	Expert	Continuous	Yes And No

پایش الکترومغناطیسی

هر ماشین دو مدار دارد یک مدار الکتریکی که سیم پیچی های ماشین آن را شکل می دهد و جریان الکتریکی در آنها جاری است و مدار مغناطیسی ماشین که همان هسته ماشین می باشد و از جنس آهن است و شار مغناطیسی در آن جاری است.

به صورت کلی دو نوع شار وجود دارد :

۱ - شار مشترک یا پیوندی

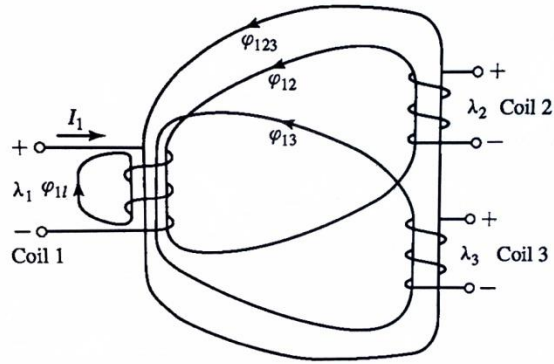
۲ - شار نشتی:

شار پیوندی:

بر اساس ساختار ماشین های دوار، شار مشترک یا پیوندی شاری است که از سیم پیچ های، استاتور و شکاف هوایی عبور می نماید این شار با شار متقابل یا مغناطیسی کننده ترانسفورماتور متناظر است و در ایجاد گشتاور دخالت مستقیم دارد. مسیر این شار آهن استاتور، فاصله هوایی و روتور است.

شار نشتی :

بر اساس ساختار ماشین های دوار، بخشی از شار ناشی از سیم پیچ های روتور و استاتور که از شکاف هوایی نمی گذرند شار نشتی تشکیل میدهند. این شار از مولفه های نشت شیار و دندانه، نشت دور آخر و هارمونیک های فضایی میدان شکاف هوایی تشکیل شده است. این شارها به دلیل ولتاژهایی که در سیم پیچ های متناظر شان ایجاد می کنند در عملکرد ماشین موثراند. باید توجه داشت هر سیم پیچ دارای مسیر نشتی منحصر به خود می باشد.



شکل ۱- سیستمی با سه کلاف که مولفه های شار پیوندی و نشتی تولید شده توسط جریان در کلاف ۱ را نشان می دهد

شار پیوندی و شار نشتی مفهومی نسبی دارند. مفهوم شار نشتی و شار پیوندی فقط در متن یک سیستم چند سیم پیچه معنی دارد. مثلاً در سیستم سه سیم پیچه شکل ۱، شار ϕ_{123} که هر سه سیم پیچ را پیوند می دهد شار پیوندی می باشد و ϕ_{11} شار نشتی است زیرا فقط از سیم پیچ یک عبور می کند. در این سیستم شار ϕ_{12} که از دو سیم پیچ یک و دو عبور می کند ولی از سیم پیچ سوم عبور نمی کند، هنوز نسبت به سیم پیچ سوم شار نشتی محسوب می شود. یک ماشین الکتریکی اغلب شامل سیستمهای مرکب از چندین سیم پیچ است که فاصله هوایی نیز در سیستم وجود دارد.

از سویی دیگر، سه روش اصلی در پایش الکترو مغناطیسی وجود دارند. در پایش الکترو مغناطیسی هدف پایش بینی خطاهای ممکن با استفاده از آنالیز طیف فرکانسی جریان، ولتاژ و شار مغناطیسی در سیستم می باشد. قابل ذکر است که روش تحلیل جریان جزء این دسته از پایشها دسته بندی می شود. روش تحلیل جریان یکی از پرکاربردترین روشهای تشخیص خطا تاکنون بوده است. روش آنالیز و تحلیل جریان استاتور در حالت پایدار به بررسی خطاها در ماشینهای الکتریکی می پردازد در این روش، با تشخیص اندازه و دامنه هارمونیکهای طیف جریان استاتور، سعی در تشخیص نوع و شدت خطا می شود. روش آنالیز و تحلیل جریان در ماشینهای الکتریکی به علت آسانی و ارزان بودن آن بسیار مورد توجه می باشد. زیرا حسگرهای جریانی به صورت پایش فرض در ماشینهای الکتریکی جهت کنترل و یا حفاظت نصب می شوند.