

تشخیص خطا در ماشین‌های الکتریکی

تألیف :

دکتر ران - کلود نرای جیاسو

ترجمه :

دکتر سید محمد شریعتمدار

(استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد نراق)

و

مهندس نوید حریت

۱۳۹۴

عنوان و نام پدیدآور	: تشخیص خطا در ماشین‌های الکتریکی / اوبراستار ژان-کلود ترای-جیاسو؛ ترجمه سیدمحمد شریعتمدار، نوید حریت.
مشخصات نشر	: قم: اندیشه و فرهنگ چاپ‌اندان، ۱۳۹۴.
مشخصات ظاهری	: ۴۷۰ ص.؛ مضور، جدول، نمودار.
شابک	: ۹۷۸-۶۰۱-۶۳۸۶-۶۲-۵
وضعیت فهرست‌نویسی	: فیا
یادداشت	: یادداشت اصلی: Electrical machines diagnosis, 2011
یادداشت	: رازنامه
یادداشت	: ۴۵۷ ص.
موضوع	: و ادراک - - - - - و تعمیر
موضوع	: ماشین‌های برقی - - - - - و تعمیر
موضوع	: مکان‌یابی عیب - - - - - (برق)
شناسه افزوده	: تریزاسو، ژان-کلود، ویا
شناسه افزوده	: Prigeassou, Jean-Claude
شناسه افزوده	: شریعتمدار، سیدمحمد، ۱۳۵۲ - مترجم
شناسه افزوده	: حریت، نوید، ۱۳۶۴ - مترجم
رده‌بندی کنگره	: TK ۴۵۲/ت ۵ ۱۳۹۴
رده‌بندی دیویی	: ۶۲۱٫۳
شماره کتابشناسی ملی	: ۴۰۸۸۳۸۶



اشارات اندیشه و فغان جاویدان

Andisheh & Fathang-e Javidan
A.F.J. Publish

تشخیص خطا در ماشین های الکتریکی

نویسنده: دکتر ژان کلود ترای جیاسو

مترجم: دکتر سید محمد شریعتمدار و مهندس نوید حریت

نوبت چاپ: اول / ۱۳۹۴

شمارگان: ۵۰۰ نسخه قیمت: ۲۰۰۰۰۰ ریال

ISBN: 978-600-6386-64-5

شابک: ۷۸-۶۰۰-۶۳۸۶-۶۴-۵

© «همه حقوق این اثر برای مترجمین محفوظ است.»

مراکز فروش:

✓ دفتر تهران: تهران، خیابان آیت الله کاشانی، روشین شرکت توزیع برق، پلاک ۳۵۶،

واحد ۱ / کدپستی: ۱۴۸۱۸۵۵۴۸۶ / تلفکس: ۰۲۱-۴۱۳۸۱۶۶

✓ فروش اینترنتی: سایت «پاتوق کتاب فردا» به آدرس: www.boott.com.ir

دفتر مرکزی:

✓ قم، خیابان امام، کوچه ۵۹، پلاک ۹۴، طبقه همکف / کدپستی: ۳۷۱۸۶۵۸۳۵ /

تلفن: ۰۲۵-۳۶۵۰۰۴۰۳، نمابر: ۰۲۵-۳۶۵۰۱۵۹۱

نشانی اینترنتی: www.eafj.ir / پست الکترونیکی: info@eafj.ir

فهرست

پیشگفتار مترجمان

پیشگفتار نویسنده

فصل ۱: خطا و تشخیص آن در ماشین‌های الکتریکی ۲۲

۱-۱- مقدمه ۲۲

۲-۱- اجزای ماشین الکتریکی ۲۵

۱-۲-۱- استاتور ۲۶

۲-۲-۱- روتور ۲۷

۳-۱- یاتاقان‌ها ۲۷

۲-۱- خطاها در ماشین‌های الکتریکی ۲۸

۱-۳-۱- خطاهای مکانیکی ۳۲

۲-۳-۱- عیوب الکتریکی ۳۳

۴-۱- بررسی اجمالی روش‌های شناسایی خطا در ماشین‌های القایی ۳۵

۱-۴-۱- روش شناسایی خطا با استفاده از یک مدل تحلیلی ۳۷

۲-۴-۱- روش‌های تشخیص خطا بدون مدل تحلیلی ۴۳

۵-۱- نتیجه‌گیری ۴۸

۶-۱- مراجع ۴۹

فصل ۲: مدل‌سازی خطا در سیم‌پیچ ماشین القایی به منظور تشخیص ۵۶

۱-۲- مقدمه ۵۶

۱-۱-۱- مدل شبیه‌سازی در برابر مدل تشخیص خطا ۵۶

۲-۱-۲- اهداف ۵۷

۳-۱-۲- روش شناسی ۵۸

۴-۱-۲- ساختار فصل ۶۰

۶۱	۲-۲- چهارچوب مطالعه و اصول کلی
۶۱	۲-۲-۱- فرضیه‌های عملکرد
۶۲	۲-۲-۲- تعادل بین سیستم سیم‌پیچی
۷۳	۲-۳- ماشین دوفاز معادل بدون خطا
۷۸	۲-۲-۴- در نظر گرفتن خطای سیم‌پیچ استاتور
۸۳	۲-۳- مدل ماشین همراه با خطای عایق در استاتور
۸۳	۲-۳-۱- معادله‌های الکتریکی ماشین با حضور اتصال کوتاه در مدار استاتور
۸۶	۲-۳-۲- مدل حالت در انواع قاب‌های مرجع
۹۳	۲-۳-۳- توسعه مدل استاتور سه فاز
۹۴	۲-۳-۴- اعتبارسنجی مدل
۹۸	۲-۴- کلیت رویکرد به مدل‌سازی همزمان خطاهای استاتور و روتور
۱۰۰	۲-۴-۱- معادله‌های الکتریکی با عدم تعادل در روتور
۱۰۴	۲-۴-۲- مدل کلی ماشین با خطاهای روتور و استاتور
۱۰۶	۲-۵- انتخاب بهترین روش برای پایش ماشین القایی
۱۰۷	۲-۵-۱- تخمین پارامترها برای تشخیص خطا در ماشین القایی
۱۱۲	۲-۵-۲- اعتبارسنجی تجربی استراژی پایش
۱۱۸	۲-۶- نتیجه‌گیری
۱۲۰	۲-۷- مراجع
۱۲۳	فصل ۳: تشخیص خطای حلقه بسته در ماشین القایی
۱۲۳	۳-۱- مقدمه
۱۲۶	۳-۲- شناسایی خطا در سیستم حلقه بسته
۱۲۶	۳-۲-۱- مشکلات شناسایی خطا در سیستم حلقه بسته
۱۲۹	۳-۲-۲- مشکلات شناسایی برای تشخیص خطا در ماشین‌های الکتریکی

۱۳۱.....	۳-۳-۳- روش کلی شناسایی حلقه بسته ماشین القایی.....
۱۳۱.....	۳-۳-۱- به حساب آوردن کنترل.....
۱۳۴.....	۳-۳-۲- شناسایی ماشین توسط تجزیه حلقه بسته.....
۱۳۹.....	۳-۳-۳- نتایج شناسایی.....
۱۴۳.....	۳-۴-۱- تشخیص حلقه بسته خطاهای همزمان استاتور و روتور.....
۱۴۳.....	۳-۴-۱- مدل کلی خطاهای ماشین القایی.....
۱۴۴.....	۳-۴-۲- تخمین پارامتر با توجه به اطلاعات اولیه.....
۱۴۶.....	۲-۴-۲- شناسایی و محلی سازی.....
۱۵۰.....	۲-۴-۳- مقایسه نتایج شناسایی از طریق روش های مستقیم و غیرمستقیم.....
۱۵۲.....	۳-۵- نتیجه گیری.....
۱۵۵.....	۳-۶- مراجع.....
۱۵۸.....	فصل ۴: تشخیص خطا در ماشین القایی با استفاده از رویت گرها.....
۱۵۸.....	۴-۱- مقدمه.....
۱۶۲.....	۴-۲- معرفی مدل.....
۱۶۲.....	۴-۲-۱- مدل ماشین القایی سه فاز بدون حضور خطا.....
۱۶۷.....	۴-۲-۲- مدل پارک ماشین القایی بدون حضور خطا.....
۱۷۲.....	۴-۲-۳- مدل های ماشین القایی در حضور خطا.....
۱۷۳.....	۴-۳- رویت گرها.....
۱۷۳.....	۴-۳-۱- اصول کلی.....
۱۷۸.....	۴-۳-۲- انواع رویت گرها.....
۱۸۶.....	۴-۳-۳- رویت گر توسعه یافته.....
۱۹۰.....	۴-۴- استفاده از رویت گرها برای تشخیص خطا.....
۱۹۰.....	۴-۴-۱- استفاده از مدل پارک.....

۱۹۶.....	۴-۳- استفاده از مدل سه‌فاز.....
۱۹۸.....	۴-۳- تجزیه و تحلیل طیفی گشتاور توسط رویت‌گر.....
۲۰۱.....	۴-۵- نتیجه‌گیری.....
۲۰۲.....	۴-۶- مراجع.....
۲۰۵.....	فصل ۵: پایش حرارتی بر ماشین‌های القایی.....
۲۰۵.....	۵-۱- مقدمه.....
۲۰۶.....	۵-۱-۱- اهداف پایش حرارتی در ماشین‌های القایی.....
۲۰۸.....	۵-۱-۲- روش‌های عمده پایش حرارتی ماشین‌های القایی.....
۲۱۳.....	۵-۲- تخمین پارامترها در شرایط واقعی با استفاده از فیلتر کالمن.....
۲۱۴.....	۵-۲-۱- جذابیت و ویژگی‌های فیلتر کالمن.....
۲۱۵.....	۵-۲-۲- پیاده‌سازی فیلتر کالمن توسعه یافته.....
۲۲۱.....	۵-۳- مدل الکتریکی برای پایش حرارتی.....
۲۲۲.....	۵-۳-۱- مدل‌های زمان پیوسته.....
۲۲۳.....	۵-۳-۲- مدل با مرتبه کامل.....
۲۲۷.....	۵-۳-۳- مدل گسسته و توسعه یافته.....
۲۳۰.....	۵-۴- سیستم آزمایشی.....
۲۳۰.....	۵-۴-۱- معرفی کلی نیمکت آزمون.....
۲۳۳.....	۵-۴-۲- تجهیزات حرارتی.....
۲۳۴.....	۵-۴-۳- ابزار دقیق.....
۲۴۰.....	۵-۵- نتایج آزمایشگاهی.....
۲۴۰.....	۵-۵-۱- تنظیم فیلتر کالمن.....
۲۴۴.....	۵-۵-۲- تاثیر اشباع مغناطیسی.....
۲۴۷.....	۵-۶- نتیجه‌گیری.....

۲۲۹.....	۷-۵- مشخصات ماشین القایی.....
۲۲۹.....	۸-۵- مراجع.....
۲۵۵.....	فصل ۶: تشخیص خطا در مقاومت داخلی باتری سرب-اسیدی خودرو.....
۲۵۵.....	۱-۶- مقدمه.....
۲۵۹.....	۲-۶- مدل کسری یک باتری سرب-اسیدی برای مرحله راهاندازی.....
۲۶۲.....	۳-۶- شناسایی مدل کسری.....
۲۶۳.....	۱-۳-۶- الگوریتم شناسایی خطای خروجی.....
۲۶۴.....	۱-۳-۶- محاسبه حساسیت‌های خروجی.....
۲۶۵.....	۱-۳-۶- پارامترهای تخمینی.....
۲۶۵.....	۴-۳-۶- استفاده برای سیگنال‌های راهاندازی.....
۲۶۷.....	۴-۶- مقاومت باتری به عنوان تخمین گر توانایی باتری برای استارت وسیله نقلیه.....
۲۷۰.....	۵-۶- اعتبارسنجی مدل و تخمین رومر باتری.....
۲۷۰.....	۱-۵-۶- رویکرد فرکانسی در اعتبارسنجی مدل.....
۲۷۴.....	۲-۵-۶- کاربرد تخمین مقاومت باتری.....
۲۷۸.....	۳-۵-۶- تخمین گر مقاومت ساده شده.....
۲۸۲.....	۶-۶- تمایل به سوی تخمین گر حالت باتری.....
۲۸۴.....	۷-۶- نتیجه‌گیری.....
۲۸۶.....	۸-۶- مراجع.....
۲۹۰.....	فصل ۷: تشخیص خطاهای الکتریکی و مکانیکی ماشین‌های القایی با استفاده از ریه سیگنال‌ها.....
۲۹۰.....	۱-۷- مقدمه.....
۲۹۳.....	۲-۷- طیف خط جریان.....
۲۹۴.....	۳-۷- پردازش سیگنال.....
۲۹۵.....	۱-۳-۷- تبدیل فوریه.....

۲۹۷.....	۲-۳-۷- پریودوگرام.....
۲۹۹.....	۲-۷- تجزیه و تحلیل سیگنال از مجامع آزمایشگاهی.....
۳۰۰.....	۴-۷-۱- اغتشاش ناشی از یک میله شکسته شده.....
۳۰۸.....	۴-۷-۲- خطاهای یاتاقان.....
۳۱۹.....	۴-۷-۳- خروج از مرکز استاتیکی.....
۳۲۶.....	۴-۷-۴- اتصال کوتاه داخل سیم پیچ.....
۳۳۰.....	۵-۷- نتیجه گیری.....
۳۳۲.....	۶-۷- پیوست.....
۳۳۲.....	۶-۷-۱- پیوست.....
۳۳۳.....	۶-۷-۲- پیوست.....
۳۳۳.....	۷-۷- مراجع.....
۳۳۶.....	فصل ۸: تشخیص خطا در ماشین القایی با استفاده از شبکه های عصبی.....
۳۳۶.....	۸-۱- مقدمه.....
۳۳۸.....	۸-۲- اصول استفاده از ANN در حوزه تشخیص.....
۳۴۰.....	۸-۲-۱- انتخاب شاخص های خطا.....
۳۴۱.....	۸-۲-۲- انتخاب ساختار شبکه.....
۳۴۲.....	۸-۲-۳- ساختمان آموزش و تست پایه.....
۳۴۳.....	۸-۲-۴- آموزش و تست شبکه.....
۳۴۴.....	۸-۳- شرح سیستم پایش.....
۳۴۵.....	۸-۴- مشکلات تشخیص.....
۳۴۷.....	۸-۵- روش ارائه شده برای تشخیص مقاوم.....
۳۴۹.....	۸-۵-۱- تولید باقی مانده تخمین زده شده.....
۳۵۰.....	۸-۶- علائم خطاهای استاتور و روتور.....

۳۵۰.....	۸-۶-۱- تجزیه و تحلیل مانده در عملکرد سالم
۳۵۱.....	۸-۶-۲- تجزیه و تحلیل باقی مانده در حضور خطای استاتور
۳۵۷.....	۸-۶-۳- تجزیه و تحلیل باقی مانده در حضور خطای روتور
۳۶۱.....	۸-۶-۱- تجزیه و تحلیل باقی مانده در حضور خطای همزمان استاتور و روتور
۳۶۲.....	۸-۷-۷- تشخیص خطا توسط شبکه های عصبی RN_d
۳۶۲.....	۸-۷-۱- استخراج شاخص های خطا
۳۶۳.....	۸-۷-۲- توالی آموزشی شبکه RN_d
۳۶۶.....	۸-۷-۳- ساختار شبکه RN_d
۳۶۷.....	۸-۷-۴- نتایج آموزش شبکه RN_d
۳۶۷.....	۸-۷-۵- نتایج تست شبکه RN_d
۳۷۲.....	۸-۸- تشخیص خطای استاتور
۳۷۲.....	۸-۸-۱- انتخاب شاخص خطا برای شبکه RN_{cc}
۳۷۵.....	۸-۸-۲- توالی آموزشی شبکه RN_{cc}
۳۷۸.....	۸-۸-۳- ساختار شبکه RN_{cc}
۳۷۸.....	۸-۸-۴- نتایج آموزشی شبکه RN_{cc}
۳۷۹.....	۸-۸-۵- نتایج تست شبکه RN_{cc}
۳۸۲.....	۸-۸-۶- اعتبار تجربی شبکه RN_{cc}
۳۸۷.....	۸-۹- تشخیص خطای روتور
۳۸۹.....	۸-۹-۱- انتخاب شاخص های خطای شبکه RN_{bc}
۳۹۰.....	۸-۹-۲- توالی آموزشی شبکه RN_{bc}
۳۹۱.....	۸-۹-۳- نتایج آموزش، تست و اعتبارسنجی
۳۹۲.....	۸-۱۰- سیستم پایش کامل ماشین القایی
۳۹۴.....	۸-۱۱- نتیجه گیری

۳۹۶.....	۱۲-۸- مراجع
۳۹۸.....	فصل ۹: تشخیص و شناسایی خطا در مبدل‌های الکترونیکی
۳۹۸.....	۱-۹- مقدمه
۴۰۱.....	۲-۹- شناسایی و تشخیص
۴۰۱.....	۱-۲-۹- شبکه عصبی
۴۱۱.....	۲-۲-۹- منطق فازی
۴۱۷.....	۳-۲-۹- تجزیه و تحلیل داده‌های چندبعدی
۴۲۹.....	۳-۹- فرسودگی حرارتی مازول‌های الکترونیک قدرت و حالت‌های خطا
۴۳۰.....	۱-۳-۹- ارائه مازول الکترونیک قدرت در تشخیص خطا
۴۴۱.....	۲-۳-۹- علل و انواع آسیب‌پذیری‌ها در مازول‌های الکترونیک قدرت
۴۵۰.....	۳-۳-۹- اثرات تخریب اتصالات داخلی در مشخصه‌های الکتریکی و کاربرد بالقوه برای تشخیص
۴۵۳.....	۴-۳-۹- تأثیرات فرسودگی درونی بر خواص حرارتی و استفاده بالقوه برای تشخیص
۴۵۷.....	۴-۹- نتیجه‌گیری
۴۵۸.....	۵-۹- مراجع
۴۶۱.....	واژه نامه

پیشگفتار مترجمان

ماشین‌های الکتریکی نقش عمده‌ای را در صنعت و رفاه جوامع اقتصادی بازی می‌کنند. تولید برق که میزان مصرف آن شاخص صنعتی شدن یک کشور است، در نیروگاه‌ها توسط ژنراتورهای بزرگ که عمدتاً سنکرون هستند تولید می‌شود. موتورهای الکتریکی نیز در صنایع و منازل نقش مبدل‌های اصلی انرژی را بازی می‌کنند. هرگونه اشکال یا خطا در این مجموعه باعث درنگ در تولید و یا ایراد در زندگی افراد می‌گردد. در برخی موارد حتی باعث ایجاد اشکالات و ضررهای مالی اقتصادی و بعضاً جانی خواهد شد. موتورهای الکتریکی در همه جا وجود دارند و دارای نقش‌های متفاوت می‌باشند از تجهیزات پزشکی که با بدن انسان سرو کار دارند تا سیستم‌های حمل و نقل و ارتباطی، شبکه‌های دیتا و مخابراتی، شاتل‌های فضایی و سیستم‌های حفاظت محیط زیست همه و همه نیازمند موتورهای الکتریکی هستند.

شناسایی خطا در موتورهای الکتریکی باعث حفظ روند خدمات و صرفه‌جویی‌های عظیم مالی می‌گردد. هرگونه وقفه در کارکرد موتور مطمئناً به نوسان در خدمت به جوامع بشری منتج می‌گردد. این کتاب حاصل زحمات نویسنده در شناختن و شناسایی خطا است که به محض شروع رخداد با پایش سیگنال‌های حالت سیستم می‌توان از گسترش خطا و بروز قطعی در روند کاری موتور جلوگیری نمود. جامعه هدف استفاده‌کنندگان، صنایع حساس و مهم همانند شرکت‌های نفت و پتروشیمی، ذوب فلزات و آلومینیوم‌سازی و کلاً تمام صنعت‌هایی هستند که مرکز به وقته در آن‌ها به خسارت‌های عظیمی منجر خواهد شد. علاوه بر آن‌ها اساتید محترم و دانشجویان تحصیلات تکمیلی که علاقه‌مند به تشخیص و شناسایی خطا هستند، این کتاب می‌تواند برای آن‌ها نیز قابل استفاده باشد. امیدواریم که این کتاب مفید فایده‌اشان باشد. اگر حاصل این کتاب خدمت‌رسانی بیشتر هر یک از شما به سهم‌اندک در جامعه باشد، مترجمین به هدف معنوی خود رسیده‌اند. امید است که با بضاعت اندکی خود توانسته باشند گرهی فرو بسته را بگشایند.

مرحوم کتیم بزرگکایت دوست دهرمراز آن پیرانیم

سید محمد شریعتمدار-نوید حریت

پایش و تشخیص خطا در ماشین‌های الکتریکی به دلیل مباحث قابلیت اطمینان و قابلیت تعمیرپذیری در درایوهای الکتریکی، یک موضوع علمی و اقتصادی می‌باشد. این موضوع، به منظور دوام قابلیت تعمیرپذیری، مهندسان برق را از ابتدای کاربرد صنعتی ماشین‌های الکتریکی درگیر خود کرده است. برای اجتناب از عیوب ممکن، مهندسان از بازتاب‌های تجربی به منظور بهبود ساختمان ماشین و نیز مقاومت هر چه بیشتر آن استفاده کرده‌اند. علاوه بر این، آن‌ها به وسیله گردآوری اطلاعاتی از خطاهای شناسایی شده و تکنیک‌های توسعه داده شده، "دستورالعمل‌های تشخیص" را ارائه داده‌اند که از نمونه‌های مشاهده شده در ماشین و مختصرصا تعمیر و نگهداری خودرو پیروی می‌کند.

فراگیری منابع الکتریکی به وسیله الکترونیک قدرت از دهه ۱۹۵۰ تا ۱۹۶۰ به بعد، و همکاری انکار ناپذیر ریز رایانه‌ها در اوایل دهه ۱۹۷۰، یک تغییر اساسی را در رویکرد تعمیر و نگهداری ماشین با معرفی "خودکار کردن" تکنیک‌های تشخیص ایجاد نمود. توسعه کنترل دیجیتال و افزایش توانایی سیستم‌های رایانه‌ای، یک مسیری را به روی تکنیک‌ها، جهت کنترل خودکار و نیز عملکرد جدید یکپارچه، همانند تعریف و شناسایی زمان-حقیقی و انطباق‌پذیری، گویا، هم‌های کنترلی گشود. تابع پایش یک حجم محاسبات طبیعی و لازم را در مدیریت سیستم خودکار وارد نموده است، که به طور فزاینده باعث ایجاد یک پیچیدگی شده است. به علاوه، مفهوم شناسایی خطای خودکار یکپارچه و سیستم تشخیص در ابتدای دهه ۱۹۸۰ به عنوان یک عامل نظارت آورده شده است.

متأسفانه این انقلاب در کنترل ماشین، بی‌آمدهایی را در حالت جداری ماشین به عنوان خطا به دنبال داشته است. اکنون قادر خواهیم بود تا در سیستم‌های الکتریکی، مکانیکی و خطاهای حرارتی کلاسیک، عیوبی را در سیستم الکترونیک قدرت و سیستم اطلاعات آن اضافه کنیم و به همین ترتیب می‌توانیم این عیوب را به عنوان خطاهای جدید ایجاد شده به وسیله مدولاسیون پهنای پالس منابع برق ایجاد نمود.

علاوه بر این، این عیوب می‌توانند یک تاثیر مخرب آبی داشته باشند که توجیه کننده تشخیص خطای فوری بوده. که این موضوع را می‌توان به وسیله خاموش کردن فوری کلید و یا در بدنه منبع قدرت ماشین دنبال نمود.

از این پس، تشخیص خطا در ماشین‌های الکتریکی و به طور گسترده‌تر در درایوهای الکتریکی، باید به عنوان یک وجه اساسی بر اساس طراحی، استفاده، و تعمیر و نگهداری سیستم سرعت متغیر باشد. چنین نگرانی برای سیستم‌های پر قدرت که بایستی یکپارچگی یک سیستم ارزشمند را حفظ کند، کاملاً موجه است. هرچه، نباید منظر این حقیقت را از دست داد که از کار افتادگی یک دستگاه با قدرت پایین نیز ممکن است پیامدهای اقتصادی قابل توجهی، پس از خاموش کردن یک خط تولید داشته باشد.

به منظور ده‌سازی الگوریتم‌های کنترل عددی پیشرفته، تکنیک‌های جدید تشخیص خطا آزمایش شده‌اند. معرفی سریه تحلیل فوری برای تشخیص خطاهای نورد مکانیکی یا خطاهای روتور قفس سنجابی الکتریکی با استفاده از آرایش وحسگرهای کنونی، به طور طبیعی از نوع تکنیک‌های تشخیص دستی بوده که گسترش داده شده‌اند. از سری دیگر، یک اولویت برای هوش مصنوعی در مطالعات اولیه انجام شده در این زمینه را می‌توان با روش کلاسیک مبتنی بر تخصص توضیح داد. کانال سومی که با استفاده از تکنیک‌های تشخیص مبتنی بر مدل‌های ریاضی باز گردید، مانند رویه‌های حالت و شناسایی، در ابتدا توسط جامعه کنترل اتوماتیک توسعه داده شد.

به منظور هماهنگ‌سازی کار تشخیص خطا در درایوهای الکتریکی، در سال ۱۹۹۵ گروه‌های تحقیقاتی "GDR Electrotechnique" و "GDR Automatique" (کنترل اتوماتیک مهندسی برق) تحقیق مشترکی را بر روی موضوع پیش و تشخیص خطا در ماشین‌های القایی انجام دادند. تیم‌های فرانسوی اصلی از این دو حوزه، و همچنین تعدادی تیم در حوزه پردازش سیگنال، به منظور ارائه کار خود و بحث در مورد روش‌های مشترک به طور منظم گردهم آمدند. به طریق مشابه، گروه کاری "شناسایی" با عمل به قوانین مشابه، با توجه به شناسایی سیستم‌های پیوسته و تخمین پارامترهای فیزیکی به کار برده شده در ماشین‌های الکتریکی، تحقیقات را برجسته نمودند.

خارج از تمامی این تبادلات و تلاش‌های مشترک، دو پیامد مهم استخراج شده است: نیاز به مدل‌سازی خاص ماشین‌ها در وضعیت خطا، و میل به شناسایی برای تشخیص سریع‌تر خطا.

به طور خاص، مطالعات انجام شده توسط ای. شفر^۱ (فصل ۲)، برای مدل‌سازی سیم‌پیچ‌های اتصال کوتاه شده استاتور، در پشت این پیشرفت در مبحث تشخیص خطا هستند. این روش جدید، توسعه ماکرو مدل‌ها را برای تشخیص خطای سریع‌تر و همچنین تعریف مدل‌های پیچیده‌تر برای شبیه‌سازی خطاهای الکتریکی در ماشین‌های AC ممکن ساخته است. همچنین، کارهای جی. فوشه^۲ و دانشجویانش، مسیری را باز کرد تا این تکنیک‌های شبیه‌سازی، در شرایطی که انجام آزمایش‌ها به دلیل عدم توانایی در ایجاد نوع خطا مقدور نباشد، به عنوان تکنیک جایگزین استفاده شوند.

با توجه به مبحث شناسایی انسان داده شده است که این روش برای تشخیص خطاهای داخلی (اتصال کوتاه در سیم‌پیچی استاتور، پله‌ها، شکسته روتور) مناسب بوده در حالی که رویکردهای رویت حالت برای شناسایی خطاهای خارجی، مانند ششور یا معایب سیستم‌های محرک بهتر می‌باشند. به علاوه، ترکیب مدل یا تخمین خطای پارامترهای فیزیکی دانش قیاسی (از ویژگی‌های عملکرد سالم) توسعه یک روش کامل را به منظور تشخیص خطا در استاتور و روتور ماشین القایی قادر می‌سازد. این مطالعات در حال حاضر در ۲ فصل از کتاب‌های دیگر در مجموعه‌ای مشابه و تا حدودی در فصول ۲ و ۳ این کتاب ذکر شده‌اند.

مطالعات ارائه شده در این کتاب الهام گرفته شده از این همکاری‌ها و تجربه‌های مذکور در بالا انجام شده است. در حقیقت این مجموعه برای تشخیص خطای ماشین‌های الکتریکی در یک رویکرد فراگیر برای تشخیص خطا در درایوها تخصیص داده شده است. خطاها در این مطالعه عمدتاً برای ماشین مطرح شده، ولیکن پایش ادوات الکترونیک قدرت و ذخیره‌ساز انرژی در باتری‌ها نیز بررسی شده‌اند. این خطاها تا حد زیادی متفاوت هستند:

خطاهای الکتریکی استاتور و روتور، خطاهای مکانیکی، خطاهای حرارتی و تخمین حالت. همچنین، به طیف وسیعی از تکنیک‌هایی که قادر به شناسایی و تشخیص این خطاها می‌باشند توجه شده است. این تکنیک‌ها معمولاً به دو دسته طبقه‌بندی شده‌اند: آن‌هایی که مبتنی بر مدل هستند مانند (شناسایی، رویت حالت، مدل ابطال پذیر) و آن‌هایی که مستقل از مدل می‌باشند مانند (تجزیه و تحلیل طیفی، روش‌های هوش مصنوعی همانند شبکه‌های عصبی، منطق فازی، و غیره).

اینجا مفید خواهد بود که به خوانندگان یادآوری کنیم که تشخیص خطا در حقیقت برخاسته از مبحث احتمالات می‌باشد. شناسایی یک خطا، به خصوص شناسایی زود هنگام، باید با شاخص اطمینان مطابقت داشته باشد (قابل اطمینان باشد). اجازه دهید یادآوری کنیم به خوانندگان عزیز که عملکرد نرمال شاید نتایجایی را به یک عملکرد غیرطبیعی را بدهد؛ در نتیجه، افزایش مقاومت تخمین زده شده به وسیله الگوریتم شناسایی غیر ممکن است به گرمایش روتور (به صورت نرمال) و همچنین شکستگی میله (به صورت غیر نرمال) منجر شود. نتیجه، هیچ راه حل قطعی برای مسئله پایش ماشین‌های الکتریکی وجود نداشته و نباید از نظر دور است که این یک مجموعه‌ای از تکنیک‌های اقدامی همزمان بوده که می‌تواند به منظور توسعه یک تشخیص خطا، قابل اعتماد و مقاوم موثر بوده که به این ترتیب قادر است به نوبه خود در کاهش نرخ هشدارهای کاذب مفید واقع گردد.

فصل ۱، خطاهای موثر بر ماشین‌های الکتریکی را به منظور دانستن نحوه وقوع و همچنین تجزیه و تحلیل علل فیزیکی آن‌ها (خارجی و یا داخلی) مانند جریان القایی در نورد و یا تکرار عمل چرخه حرارتی بر روی عایق‌های هادی توصیف می‌کند. لذا این فصل یک پایه مستحضره‌ای از خطاهای اصلی در عملکرد ماشین را در حالی ارائه می‌دهد که با یک چشم اندازی در کتب معاونت از شایع ترین تکنیک‌های تشخیص خطا جمع آوری شده‌اند.

در فصل ۲، یک مدل جدید از سیم‌پیچی اتصال کوتاه بر اساس جریان‌های القایی در قسمت اتصال کوتاه که باعث تولید اغتشاش در میدان مغناطیسی فاصله هوایی ماشین می‌شود معرفی گردیده است.

این تجزیه و تحلیل فیزیکی مدل جدیدی از پارک را با سیم‌پیچی استاتور اتصال کوتاه شده نتیجه می‌دهد در حالی که می‌توان این مدل را برای روتور قفس سنجابی نیز توسعه داد.

این رویکرد برای مدل کردن موقعیت خطا ما را قادر به تعریف و اجرای یک روش برای شناسایی و محلی‌سازی معایب استاتور و روتور در ماشین‌های آسنکرون به وسیله تخمین پارامترها و اعتبارسازی آن‌ها به وسیله آزمایش در آزمایشگاه‌ها ساخته است.

تشخیص خطا از طریق تخمین پارامترها به طور کلی به وجود آمده تا در برابر مشکلات موجود برای رسیدن به محلی‌سازی مناسب الگوریتم‌های شناسایی که احتیاج به تحریک مداوم داشته (که باعث برهم زدن نقطه عملکرد ماشین می‌شود)، بایستند. یک راه حل، استفاده از اغتشاشاتی است که موجب تولید ولتاژهای متغیر بوسیدنی می‌شود. بنابراین، مسئله شناسایی حلقه بسته پیش خواهد آمد. برای این منظور، فصل ۳ یک مدل شناسایی که یک تخمین غیرخطی و طبیعت چند متغیره‌اش را در کنترل برداری به عنوان یک هدف برای بهبود تشخیص خطای الکتریکی در ماشین‌های آسنکرون به حساب آورده ارائه می‌دهد.

رویت‌گرها یک نقش حیاتی را در کنترل برداری ماشین‌های AC به خصوص در هنگام تخمین شار بازی می‌کنند. برای انجام این کار، می‌توان از رویت‌گر رگر، فیلتر کالمن و یا رویت‌گر بهره‌جلا استفاده نمود. علاوه بر متغیرهای حالت، می‌توان پارامترهایی را که نقطه عملیاتی متغیر هستند (مانند مقاومت روتور) تخمین زد. پس از آن می‌توان از یک رویت‌گر توسعه داده بهره جست. فصل ۴ به نظریه‌های اساسی در این روش و اعمال آن به چند موقعیت واقعی روی آورده است.

در حالی که ما معمولاً خطاهای الکتریکی را در ماشین‌ها متصور می‌شویم، به علل حرارتی در پشت این معایب اغلب توجهی نمی‌کنیم. پایش حرارتی یک موضوع حیاتی در چارچوب سیستم تشخیص سراسری خطا می‌باشد. گاهی این پایش، به دلیل برآورد دماهایی که برای اندازه‌گیری به طور مستقیم غیرممکن بوده، و نیز تشخیص خطا مانند انسداد مجرای تهویه مشکل خواهد بود. فیلتر کالمن توسعه یافته برای این استفاده کاملاً مناسب خواهد بود.

با این حال، استفاده صحیح آن یک دانش قیاسی صحیح را از نویزهای متفاوت که موثر بر اندازه‌گیری‌ها و کنترل کامل بر پارامترهای الگوریتم تنظیمی است فرض می‌کند. فصل ۵ یک روش مرجع کاربردی را برای تخمین درجه حرارت که دارای نقش مهمی در پایش حرارتی می‌باشد ارائه می‌دهد.

باتری‌های آکومولاتور نیز یک موقعیت حیاتی را در برق و یا زنجیره دایو ترکیبی خودرو ایفا می‌کنند. تخمین حالت شارژ آن یک مسئله اساسی در تداوم تعمیر و ایمنی عملکرد آن می‌باشد. فصل ۶ یک اصل را در روش عملکرد دوگانه پیشنهاد می‌کند. این نه تنها یک اصل از طریق استفاده از تکنیک شناسایی مدل ابطال‌پذیر در طول یک مرحله اولیه می‌باشد، بلکه از طریق استفاده از یک مدل غیرمتعارف از باتری به وسیله محاسبات کسری نیز یک اصل محسوب می‌شود. این روش نیز می‌تواند برای تشخیص خطای ماشین به کار گرفته شود که اثرات فرکانس مدل قفس سنجابی و یا انتقال حرارتی در داخل ماشین بوده و تحت یک معادله دیفرانسیل با مشتقات جزئی باشد.

پیری و استفاده غیرطبیعی از ماشین‌های دوار در نتیجه عدم تعادل سیستم مکانیکی، سر و صدا و لرزش‌های بیش از حد می‌باشد. گوشت انسان به خوبی قادر به تشخیص این ناهنجاری و نیز تشخیص محل آن در مرحله اولیه می‌باشد. در واقع، پایش‌های پردازش سیگنال به طور خودکار در روند نظارت استفاده می‌شوند. اطلاعات مورد نیاز برای پردازش می‌واند توسط یک سنسور لرزشی ارائه شود. با این حال، در اینجا ترجیح می‌دهیم سنسور جریان خود را که اطلاعات کلی بیشتری را در مورد سیستم مکانیکی و عملکرد عملیاتی ارائه می‌دهد استفاده کنیم. ابزار اساسی برای تجزیه و تحلیل طیفی، تبدیل فوریه گسسته و تحلیل عقلانی آن بوده که توسط قدرت محاسبات پردازنده‌های دیجیتال ساخته شده است. فصل ۷ دیدگاه گسترده‌ای را از پتانسیل‌های ارائه شده توسط تجزیه و تحلیل طیفی هنگامی که برای تشخیص خطای مکانیکی و الکتریکی ماشین‌های القایی با استفاده از نمونه‌های تجربی به آن اعمال می‌شود ارائه می‌دهد.

شبکه‌های عصبی مصنوعی نیز دارای بهره بالا برای نظارت بر سیستم‌های اتوماتیک می‌باشند. آن‌ها به عنوان یک ابزار مرجع برای مشکلات پردازش در طبقه‌بندی عمل می‌کنند.

استفاده از آنها برای تشخیص و محل خطا در ماشین‌های آسنکرون با شرایط لازم کاملاً توجیه شده است. روش ارائه شده در فصل ۸ بر اساس روش تولید باقی‌مانده با استفاده از مدل پارک ترکیب شده با الگوریتم تبدیل فوریه بوده، که به منظور ایجاد طبقه‌ای از نشانه‌ها و علائم در صورت رخ دادن خطاهای استاتور و روتور می‌باشد. شبکه عصبی برای دانستن و طبقه‌بندی خطاها با استفاده از پایگاه داده‌های آموزشی، قادر به تشخیص و محل آنها خواهد بود. کلیت کنترل ماشین‌های الکتریکی، تشخیص خطا را در مبدل الکترونیکی، تبدیل به یک عنصر کلیدی در یک سیستم سراسری برای پایش درایور الکتریکی خواهد نمود. روش‌های مرسوم از طریق تخمین حالت یا شناسایی، به نظر می‌رسد برای تشخیص عیوب موثر در مبدل‌ها نامناسب باشند. بنابراین پیشنهاد ما استفاده از مجموعه‌ای از تکنیک‌هایی در حوزه هوش مصنوعی (شبکه‌های عصبی، منطق فازی) و روش‌های آماری چند متغیره می‌باشد.

بخش ۹-۱ در فصل ۹ تعدادی از نمونه‌هایی را که از این تکنیک استفاده می‌کنند ارائه می‌دهد. با این حال، نمونه‌ای از خطاهای الکتریکی و مکانیکی را که در واقع برای تجزیه و تحلیل عیوب موثر بر قطعات الکترونیکی مبدل، و به ویژه خطای ناشی از خستگی حرارتی لازم است دنبال می‌کنیم. بخش ۹-۲ در این فصل یک چشم انداز را از این خطاها ارائه داده و در عین حال چند پیشنهاد را برای تشخیص آنها ارائه می‌دهد.

Jean-Claude TRIGEASSOU

۲۰۱۱ July