

استفاده از کنترلر فازی برای پایش موتورهای دوار

خسرو حیدریان^۱، ناصر مزینی^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی مخابرات امن، دانشگاه علم و صنعت ایران - تهران - ایران

kh.heydarian@gmail.com

۲- استادیار، دانشکده مهندسی کامپیوتر - دانشگاه علم و صنعت ایران - تهران - ایران

mozayani@iust.ac.ir

چکیده: در این مقاله توربین بخاری مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته و پایش آن به کمک کنترلر فازی و با استفاده از نرم افزار MATLAB و بهره گیری از نتایج عملی و یا به عبارتی نمودارهای کاربردی که به صورت تجربی در کارخانه بدست آمده، اطلاعاتی که توسط آزمایش روی ماشین حاصل شده و همچنین اطلاعاتی که توسط نفرات بهره‌بردار ماشین به صورت مرتب یادداشت برداری شده انجام گرفته است، پارامترهایی که در این پایش مورد بررسی قرار گرفته دامنه و زاویه فاز ارتعاشات می‌باشد. نتایج بدست آمده از منطق فازی-عصبی حاکی از سرعت، دقت و اطمینان بالای کنترلرهای فازی در پایش ماشین‌های دوار می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: توربین بخاری، شبکه‌های عصبی-فازی، کنترلر فازی

۱- مقدمه:

علم مدیریت فازی، به کارگیری علم مدیریت کلاسیک در محیط فازی است. علم مدیریت فازی می‌تواند مدل‌هایی را طراحی نماید که نظیر انسان، از توانایی پردازش اطلاعات کیفی به صورت هوشمند برخوردار باشد؛ بنابراین علم مدیریت فازی، ضمن ایجاد انعطاف پذیری در مدل، داده‌های نظیر دانش، تجربه و قضاوت انسانی را در مدل وارد کرده و پاسخ‌هایی کاملاً کاربردی ارائه می‌دهد.

توربین بخاری یکی از انواع ماشین‌های دوار صنعتی است که در صنعت کاربرد فراوانی دارد، از آن به عنوان نیروی محرکه و راه‌انداز تجهیزات صنعتی مانند کمپرسورها و ژنراتورها استفاده می‌شود. از آنجا که این تجهیزات بدون یدک بوده و باید به صورت دائم در مدار باشند و از مدار خارج شدن آن‌ها باید با هماهنگی قبلی صورت گیرد بنابراین به یک مراقبت خاص نیاز دارند. عمل پایش پارامترهای اصلی فرآیندی و کنترلی یکی از روش‌های بسیار مهم در تعیین و تحلیل رفتار و کمک به عیب یابی به موقع این نوع ماشین‌های دوار صنعتی می‌تواند باشد. روند پایش و تجزیه و تحلیل این پارامترها باعث بالا رفتن راندمان و همچنین طول عمر و پایین آمدن هزینه نگهداری و تعمیر می‌شود. از پارامترهای مهمی که در هر ماشین دوار باید بررسی شود ارتعاشات آن ماشین می‌باشد زیرا هر عیب خود را در یک ارتعاش خاص نشان می‌دهد و با پایش آن می‌توان به راحتی عیب ماشین را پیدا و یا از وقوع آن جلوگیری نمود.

۲- کارهای صورت گرفته در زمینه پایش ماشین‌های دوار صنعتی:

Jalel Chebil و همکارانش در سال ۲۰۱۱ روی ارتعاشات بلبرینگ‌ها به روش power spectrum و Wavelet transform مطالعات خوبی داشته و به کمک این روش توانستند عیوب بلبرینگ‌ها را که جزء شایع‌ترین عیوب ماشین‌های دوار هستند را شناسایی کنند [۳].

Wang Fenglin و همکارش در سال ۲۰۰۶ برای عیب یابی ماشین‌های دوار به کمک ارتعاشات لحظه گذرا به روش Short Time Fourier Transformer (STFT) استفاده کرده و نتایج خوبی هم بدست آورده [۱۰].

R. Bongnatz P. E. Stanley و همکارانش در سال ۲۰۰۷ روی رفتار ارتعاشات سرعت گذرای تجهیزات به کمک روش Fast Fourier Transformer (FFT) مطالعاتی داشته و به این طریق توانسته اند رفتار تجهیزات را برای بالا بردن طول عمر تجهیزات بکارگیرند [۸].

۳- تعریف توربین بخاری

توربین بخاری وسیله‌ای است که انرژی حرارتی موجود در بخار را با فشار و درجه حرارت زیاد به انرژی مکانیکی تبدیل می‌کند. یعنی بخار ضمن عبور از داخل یک یا چند شیپوره

(پره‌های ثابت)، دارای انرژی جنبشی می‌شود و سپس این بخار را که دارای سرعت زیاد شده است بر روی پره‌هایی که روی محور توربین نصب گردیده‌اند، هدایت می‌کند و محور توربین را به چرخش درمی‌آورد.

۴- ساختار کنترلرهای فازی

۱-۴- فازی کننده

۲-۴- پایگاه اطلاعات شامل: ۱- پایگاه داده

۲- پایگاه قوانین

۳-۴- سیستم استنتاج

۴-۴- غیر فازی کننده

۵- روش چهار مرحله‌ای استفاده از منطق فازی

۱-۵- فازی کردن

در این مرحله واقعیات بر اساس سیستم فازی تعریف می‌شوند.

۲-۵- استنتاج

هنگامی که ورودی‌ها به سیستم می‌رسند استنتاج، همه

قوانین اگر- آنگاه را مورد ارزیابی قرار می‌دهد و "درجه

درستی" آن‌ها را مشخص می‌کند.

۵-۳- ساخت

در این قسمت برای بدست آوردن یک نتیجه کلی تمامی مقادیر بدست آمده از قسمت استنتاج با هم ترکیب می‌شوند.

۵-۴- بازگرداندن از حالت فازی

در این مرحله مقدار فازی بدست آمده از قسمت ساخت به یک داده قابل استفاده تبدیل می‌شود

۶- رنج عملیاتی و تعداد پارامترهای ورودی و خروجی برای سیستم پایش

داده‌های حاصل از نتایج عملی سازنده [۴]، تست‌های صورت گرفته روی ماشین و یا داشت‌های نفرات بهره‌بردار ماشین که برای هر تست به اندازه کافی داده برداری شده پس از فیلتر در قالب فایل Excel برای آموزش مورد استفاده قرار می‌گیرد، در جدول ۱ حداقل و حداکثر داده‌ها که شامل یک ورودی به نام سرعت و هشت خروجی که شامل چهار پارامتر دامنه ارتعاش و چهار پارامتر زاویه فاز که توسط چهار حسگر که در دو یاتاقان لغزشی دو به دو با زاویه نود درجه نسبت به هم نصب شده‌اند و یک حسگر سرعت به عنوان مرجع که در انتهای شفت برای اندازه گیری زاویه فاز با چهار حسگر دیگر استفاده گردیده است.

جدول (۱) رنج داده‌های مورد استفاده

Range	Speed (Rpm)	VE604X Amplitude (mils)	VE604Y Amplitude (mils)	VE606X Amplitude (mils)	VE606Y Amplitude (mils)	VE604X Phase angle (degrees)	VE604Y Phase angle (degrees)	VE606X Phase angle (degrees)	VE606Y Phase angle (degrees)
min	1000	0.0089	0.0083	0.0082	0.0076	64.49	72.99	65.49	74.27
Max	13900	0.7272	0.6850	0.7018	0.6611	238	238.2	272.6	272.1

داده‌های آموزش^۲ ۷۵٪ داده‌ها و ۲۵٪ بقیه داده‌ها به عنوان واری^۴ در نظر گرفته که در فرآیند آموزش شرکت می‌نمایند انتخاب این داده‌ها به صورت تصادفی بوده و کل دامنه داده‌ها را پوشش می‌دهند. برای این آموزش از انواع و تعداد مختلف توابع عضویت استفاده شده، که بدین ترتیب توربین شبیه سازی و گراف‌های مربوط به داده‌های اصلی، خروجی مدل شبکه ANFIS، خطاهای آموزش، خطای واری و درصد خطای نسبی را برای تمام داده‌های آموزش و واری دامنه و زاویه فاز نمایش داده می‌شود که در نهایت

در اینجا از روش شبکه عصبی - فازی^۱ (ANFIS) برای عملیات پایش با نتایج ذیل آموزش داده شده است.

۷- مراحل و نتایج آموزش شبکه عصبی - فازی ANFIS

مراحل آموزش شبکه عصبی - فازی بدین صورت می‌باشد که از ۱۵۵۷ داده نتایج عملی جمع آوری شده توسط داده بردار در قالب Excel دسته‌بندی شده و معتبر سازی^۳ می‌گردند،

^۲ Testing Dataset

^۴ Checking Dataset

^۱ Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System

^۳ Validation

شبکه عصبی- فازی بهینه و با کمترین مقدار خطا بدست آمده است.

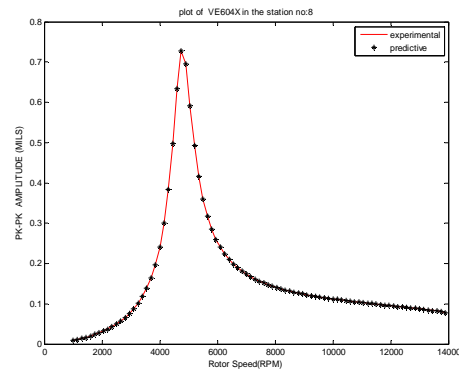
۷-۲- پایش زاویه فاز ارتعاش حسگر VE 604X

با توجه به نتایج آموزش و واریسی مدل شبکه عصبی- فازی پیشنهاد شده با نتایج عملی برای داده‌های آموزش و واریسی VE604X بیان شده میزان انحراف داده‌های آموزش و واریسی شبکه عصبی- فازی از نتایج عملی بسیار اندک بوده و تقریباً منطبق می‌باشند شکل ۲ نشان می‌دهد که داده‌های عملی و پیش‌بینی شده تقریباً به طور کامل در کل دامنه ارتعاش همدیگر را پوشش می‌دهند. عملیات پایش زاویه فاز نیز شرایطی شبیه پایش دامنه ارتعاش را بیان می‌کند و این ارائه دهنده و راهنمایی کننده بسیار خوبی برای پایش ماشین‌های دوار که امروزه پایه و اساس خیلی از صنایع هستند را بیان می‌نماید.

همان‌طوری که بیان شد حداکثر خطای آموزش شبکه عصبی- فازی ۰,۱۳۶۸ و واریسی ۰,۱۵۱۷ و حداکثر در صد خطای نسبی آموزش ۰,۴۲۲۶ و در صد خطای نسبی میانگین آموزش ۰,۰۳۹۰ و حداکثر درصد خطای نسبی واریسی ۰,۴۲۳۶ و در صد خطای نسبی میانگین واریسی ۰,۰۴۶۷ می‌باشد و این نشان دهنده دقت بالای شبکه عصبی- فازی و اطمینان و قابلیت اعتماد بالای آن می‌باشد. نتایج دامنه ارتعاش و زاویه فاز توسط ANFIS این اطمینان و قدرت را به متخصصین تعمیرات و بهره‌بردار در تصمیم‌گیری می‌دهد که به درستی تصمیم بگیرد که ماشین در چه شرایطی می‌باشد و آیا می‌تواند به کار ادامه دهد یا باید تعمیر گردد و این به عنوان یک ابزار قدرتمند می‌تواند در خدمت متخصصین جهت تصمیم‌گیری قرار گیرد و نکته بسیار مهم و شاخص این روش این است که نمودار مرجع نیز همیشه در کنار مقدار واقعی اندازه‌گیری شده می‌باشد.

۷-۱- پایش دامنه ارتعاش حسگر VE604X

با توجه به نتایج آموزش و واریسی مدل شبکه عصبی- فازی پیشنهاد شده با نتایج عملی برای داده‌های آموزش و واریسی VE604X بیان شده میزان انحراف داده‌های آموزش و واریسی شبکه عصبی- فازی از نتایج عملی بسیار اندک بوده و تقریباً منطبق می‌باشند شکل ۱ نشان می‌دهد که داده‌های عملی و پیش‌بینی شده تقریباً به طور کامل در کل دامنه ارتعاش همدیگر را پوشش می‌دهند.

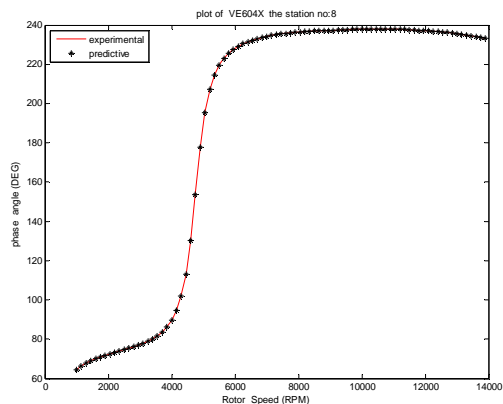


شکل (۱) منحنی دامنه ارتعاش حسگر VE604X بر حسب سرعت، نتایج عملی (خط یک پارچه) و مدل شبکه عصبی- فازی (ستاره)

همان‌طوری که بیان شد حداکثر خطای آموزش شبکه عصبی- فازی ۰,۰۰۱۲ و واریسی ۰,۰۰۱۴ و حداکثر درصد خطای نسبی آموزش ۰,۲۴۳۳ و در صد خطای نسبی میانگین آموزش ۰,۰۳۵۷ و حداکثر درصد خطای نسبی واریسی ۰,۲۳۹۱ و در صد خطای نسبی میانگین واریسی ۰,۰۴۸۹ می‌باشد و این نشان دهنده دقت بالای شبکه عصبی- فازی و اطمینان و قابلیت اعتماد بالای آن می‌باشد.

مراجع

- [۱] کیا سید مصطفی، محاسبات نرم در متلب، انتشارات کیان رایانه سبز، تهران، ۱۳۸۹.
- [۲] منهاج محمد باقر، مبانی شبکه‌های عصبی، انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر، ۱۳۸۸.
- [3] Chebil jalel, Hariri meftah , Abushikhah nazih ,” **Signal analysis of vibration measurinments for condition monitoring of bearings**” ,Australian Jurnal of basic and applied science, 5(1),pp. 70-78, 2011 ,ISSN 1991-8178 .
- [4] Dresser-Rand ,**service manual steam turbine documentation,first issue,rev 0,2000**
- [5] Jyh.Shing Roger Jang ,”**ANFIS: Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System**”Departement of Electrical Engineering and computer sience university of California, Berkeley,CA 94720 .
- [6] Jyh.Shing Roger Jang ,” **Neuro-fuzzy modeling and control**” ,Prpceeding of the IEEE, vol. 83 , No. 3 ,march 1995, pp. 378-406 .
- [7] S.ebrsbach, Z. peng ,”**Expert system development for vibration analysis machine condition monitoring**” , expert system with application 34,2008 ,pp.291-299.
- [8] Stanley R. Bongnatz P. E.,”**Transient speed vibration analysis insights into machinery behavior** “M&B engineerd solution,inc. 07-Dec-2007.
- [9] Stanley R. Bongnatz P. E.,”**Transient speed vibration analysis insights into machinery behavior** “M&B engineerd solution,inc. 07-Dec-2007.
- [10] Wang Fenglin , Mechefsk K.Chrise ,”**Adaptive Modeling of transient vibration signal**” , mechanical system and signal processing 20, 2006, pp. 825 -842 .



شکل (۲) منحنی زاویه فاز ارتعاش حسگر VE604X بر حسب سرعت، نتایج عملی (خط یک پارچه) و مدل شبکه عصبی- فازی (ستاره)

با توجه به شبیه سازی بعمل آمده در توربین بخاری و آن هم در این دقت بسیار بالا به راحتی می‌توان مسیر حرکت ارتعاش در توربین را تشخیص داده و پیش بینی نموده و قبل از اینکه مشکل خاصی در این دستگاه ایجاد شود آن را کنترل و از هزینه‌های سنگین و توقف‌های بی‌مورد جلوگیری نمود.

۸- نتیجه گیری

نتایج پایش بر اساس کنترلر فازی نشان می‌دهد که مدل‌های ارائه شده بر اساس کنترلر فازی دارای نتایج بهتر و مطلوب‌تری و بسیار نزدیک به داده‌های عملی سازنده می‌باشد. این مدل کنترلر فازی می‌تواند مدل مناسبی برای پایش موتورهای دوار و بالابردن راندمان باشد.