نوزدهمین همایش سالانه مهندسی مکانیک ایران، ISME2011
ایران، بیرجند، دانشگاه بیرجند، 20 لغایت 22 اردیبهشت 1390

ISME2011-1369

شناسایی عیوب در سیستم انتقال قدرت خودرو

مجید معاونیان[1]، مهدی شهاب[2]،

[1] استادیار، دانشگاه فردوسی مشهد ؛ moaven@um.ac.ir
[2] دانشجوی دکترا، دانشگاه فردوسی مشهد ؛ ma_shahab@yahoo.com

چکیده

سیستم انتقال قدرت خودرو و صحت کار آن، نقش مهمی در عملکرد خودروها دارد. هدف این پژوهش ارائه راهکاری مناسب برای بررسی و شناسایی و تعیین موقعیت و اندازه عیوب در سیستم انتقال قدرت خودرو با توجه به الگوهای مربوط به سیگنالهای باقیمانده بدست آمده از مدل شبیه سازی شده از مکانیزم، می باشد. بدلیل مزایا و توانایی های خاص شبکه های عصبی فازی در شناسایی الگو، از آنها در مراحل تشخیص عیوب استفاده شده است. نتایج تست و شبیه سازی با استفاده از نرم افزار Matlab در پایان آورده شده است.

کلمات کلیدی: سیستم انتقال قدرت، شبیه سازی، شبکه های عصبی- فازی، تشخیص عیب

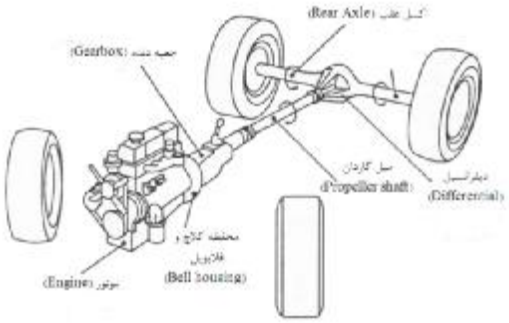
مقدمه

محاسبات نرم با تقبل نادقیق بودن و با محور قراردادن ذهن انسان به‌پیش می‌رود. اصل هدایت کننده محاسبات نرم بهره‌برداری از خاصیت عدم دقیق بودن جهت مهار کردن مسأله و پایین آوردن هزینه راه‌حل است. از آنجا که روشهای مبتنی بر مفاهیم محاسبات نرم به عنوان روشهای قدرتمندی در طراحی سیستمهای عیب یاب محسوب میشوند، طراحی سیستم عیب یاب فوق بر این مبنا صورت گرفته، که از امتیازات و ویژگیهای خاصی برخوردار است. از جمله می توان به مواردی همچون دقت بالا در ردیابی عیوب، تعیین سایز عیوب و استفاده از تبدیل موجک در بدست آوردن ویژگیهای باقیمانده ها و بهبود کارایی، اشاره کرد.

با توجه به اجزاء تشکیل دهنده سیستم انتقال قدرت و نقش آنها در عملکرد خودروها، وضعیت سنجی آن از اهمیت ویژه ای برخوردار است. سیستم عیب یاب با توجه به اطلاعات دریافتی از سیگنالهای خروجی مورد نظر و با استفاده از روشهای هوشمند، نوع وضعیت سیستم را از نظر صحت عملکرد و ردیابی عیوب، بررسی می کند. استفاده از مدل به همراه المانهای گسترده و متمرکز برای سیستم انتقال قدرت خودرو، که اعتبار آن محقق گردیده، نقش مهمی در صحت نتایج دارد.

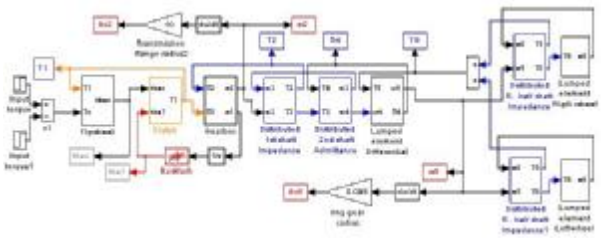
شبیه سازی سیستم انتقال قدرت

یک سیستم انتقال قدرت از موتور، کلاچ، گیربکس، گاردان، دیفرانسیل، اکسلهای عقب و چرخها تشکیل شده است. شکل (1) نمونه ای از این سیستم را نشان میدهد. قدرتی که توسط موتور احتراق داخلی ایجاد می شود از طریق سیستم انتقال قدرت به چرخهای ماشین منتقل می شود. سیستم انتقال قدرت شامل کلاچ، با عملکرد انتقال قدرت نرم در هنگام درگیری، جعبه دنده و دیفرانسیل (برای رسیدن به یک مقدار لازم کاهش سرعت از سرعت موتور به سرعت چرخها و همچنین مستقل بودن دوران چرخها و انتقال 90 درجه محور دوران) و همچنین شامل میل گاردان[1] ، با انعطاف پذیری و میرایی مناسب برای کم کردن نوسانات گشتاور انتقالی، اتصالها و هزار خارها است. سیستمهای انتقال قدرت بسته به نوع خودرو شکلهای مختلفی دارند: دیفرانسیل جلو یا جلو محرک، دیفرانسیل عقب یا عقب محرک و دو دیفرانسیل از انواع سیستمهای انتقال قدرت می باشند.



شکل 1 : نمای سیستم انتقال قدرت خودرو

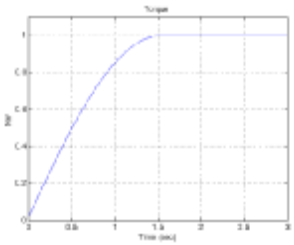
در این تحقیق، از یک سیستم انتقال قدرت از نوع دیفرانسیل عقب با فرض غیر خطی بودن آن و استفاده از مدل گسترده – متمرکز (برای افزایش دقت و کارایی آن)، برای یک کامیون دیزلی سبک با میل گاردان دو تکه که با استفاده از جعبه ابزار simulink متعلق به نرم افزار MATLAB شبیه سازی شده، استفاده گردیده است. مدل دیاگرام جعبه ای سیستم انتقال قدرت استفاده شده در عیب یابی در شکل 2 نشان داده شده است[1]



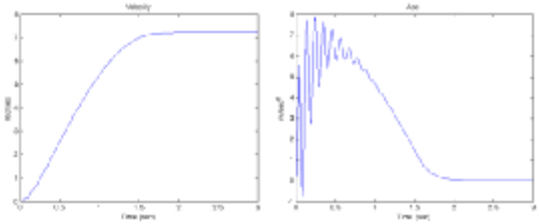
شکل2: بلوک دیاگرام مدل شبیه سازی شده سیستم انتقال قدرت

[1] Drive shaft

گشتاور خروجی از موتور به عنوان ورودی و شتاب و سرعت زاویه ای چرخ دو خروجی سیستم محسوب می‌شوند. (سیگنالهای فوق از آنجهت که بوسیله سنسورها براحتی قابل اندازه گیری هستند انتخاب شده اند). سیگنالهای ورودی و خروجی که از مدل شبیه سازی شده بدست آمده اند و معرف رفتار سیستم سالم هستند، در اشکال زیر آورده شده اند.



شکل 3 : گشتاور ورودی به فلایویل



شکل 4 : سرعت و شتاب زاویه ای تایر خودرو

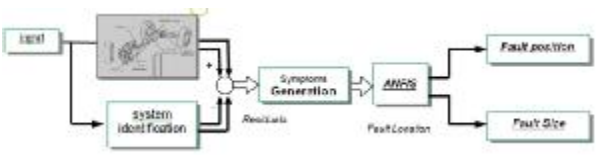
روش عیب یابی با استفاده از شبکه های عصبی - فازی

در طرح پیشنهاد شده، روش عیب یابی بر پایه زیر است :

مدل کردن وضعیت نرمال سیستم (در غیاب هرگونه عیب)، تولید باقیمانده، اعلام بروز عیب در صورت مشاهده اختلاف قابل توجه، تشخیص محل وقوع و اندازه عیب

در دهه گذشته شبکه های عصبی مصنوعی بطور گسترده برای شناسایی و جداسازی آسیب در سیستم های پیچیده بکار گرفته شده است. بمنظور استفاده از توانایی‌های شبکه های عصبی در آموزش سیستم و قابلیت های سیستم فازی در استدلال تقریبی، از سیستمهای فازی- عصبی *ANFIS* و تکنیکهای خوشه سازی فازی، در طراحی سیستم عیب یاب استفاده شده است [2,3].

وضعیت نرمال سیستم با استفاده از مدل شبیه سازی شده، تعیین می گردد. برای تعیین موقعیت و اندازه عیب از سیستم تصمیم‌گیری عصبی _ فازی ANFIS استفاده شده است. شکل زیر شمای کلی سیستم طراحی شده را به نمایش می‌گذارد. برای تشخیص موقعیت و اندازه عیوب، با استفاده از علائم عیوب یک سیستم مبتنی بر قوانین عصبی- فازی برای تخمین موقعیت عیوب طراحی شده است.



شکل 5 : شمای کلی روش سیستم عیب یاب طراحی شده

ورودی شبکه، ویژگیهای استخراج شده از داده های باقیمانده بوده و خروجی سیستم، بیانگر وضعیت عیب می باشد. با تغییر پارامترهای مورد نظر برای عیب یابی، باقیمانده ها، که نتیجه تفاضل سیگنالهای خروجی از سیستم شبیه سازی و شناسایی شده هستند، دارای الگوهای متفاوتی خواهند بود که این امر تشخیص و جداسازی عیوب را آسان می سازد. [4]

استفاده از نمونه های سیگنالهای باقیمانده، (بدون تغییر) به عنوان دیتای ورودی به شبکه، باعث حجیم شدن شبکه، طولانی شدن مراحل آموزش شبکه، وابستگی شدید نتایج به دامنه سیگنال وحساسیت زیاد نتایج به نویز میباشد، به همین منظور، برای تشخیص عیوب در پارامترهای سیستم، از ویژگیهای برجسته هرسیگنال، به عنوان علائم عیوب از هر باقیمانده استخراج می‌شود. برخی از این ویژگیها که نسبت به بقیه تاثیر بیشتری دارند، عبارتند از : مقدار بیشینه هر باقیمانده، مقدار کمینه هر باقیمانده، مقدار میانگین باقیمانده، انحراف معیار سیگنال، چولیدگی[2] سیگنال باقیمانده، کشیدگی[3] سیگنال، استفاده از جعبه ابزار موجک و مشخصه های فرکانسی سیگنال

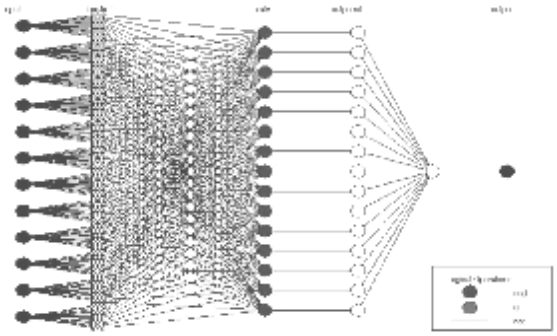
مهمترین مزیت این شبکه، قوانین ترکیبی یادگیری آن و خروجی صریح آن است که آن را از سایر روشها کاراتر نمود است. ابتدا باید یک مجموعه قانون معرفی شوند تا سیستم در طول آموزش، شکل توابع عضویت در قسمت فرض و نیز پارامترهای قسمت نتیجه قوانین را بهینه کند. مسئله ای که در این روش بایستی مورد توجه گیرد، یافتن داده های مورد نیاز مناسب برای سیستم می باشد تا بتوان توابع عضویت مناسب و قوانین اگر – آنگاه مناسب برای آن انتخاب نمود. علائم مشخصه عیب که در مرحله قبل بدست آمده است به عنوان ورودی این سیستمهای تصمیم‌گیری محسوب می‌شوند. درصورت تعلق این مشخصه‌ها به یک کلاس از عیوب، خروجی سیستم عددی که نمایانگر عیب مربوطه است را مشخص خواهد کرد. برای تخمین اندازه عیوب که بعد از شناسایی هرگونه عیب انجام می شود، از شبکه‌های عصبی MLP استفاده شده است.

همچنان که گفته شد، گاهی اوقات و در بعضی از شرایط، انتخاب نوع توابع عضویت در سیستم های فازی بسیار مشکل است، از طرفی شکل توابع عضویت به پارامترهایی وابسته است و با تغییر این پارامترها شکل توابع عضویت تغییر خواهد کرد که استفاده از تکنیکهای یادگیری عصبی تطبیقی می تواند در انتخاب توابع عضویت بهینه بسیار مفید باشد. این روش یادگیری بسیار شبیه شبکه های عصبی است و با عبور داده های آموزشی از سیستم بهینه توابع عضویت برای جور شدن با شکل داده ها و مدل کردن رفتار داده ها بدست می آید. بعد از تشکیل توابع عضویت و قوانین اگر – آنگاه فرضی مربوط به سیستم، شبکه آموزش داده می شود. آموزش شبکه تا وقتی ادامه می یابد که خطای حاصل مقدار کمی گردد و

1- skewness
2- kurtosis

سیستم به فرم مناسبی بهینه شود. معمولاً با افزایش تعداد تکرارها، خطای کاهش می یابد.

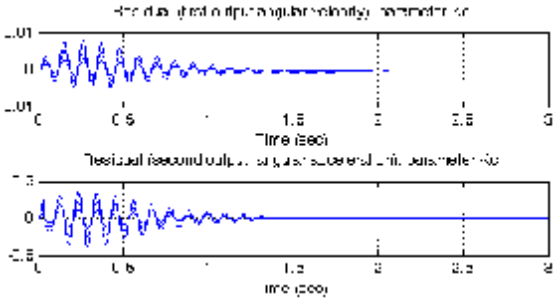
تعداد ورودیهای سیستم تصمیم گیر، با توجه به تعداد ویژگیهای استخراج شده از سیگنالها و تعداد خروجی های مدل، مشخص می شوند.



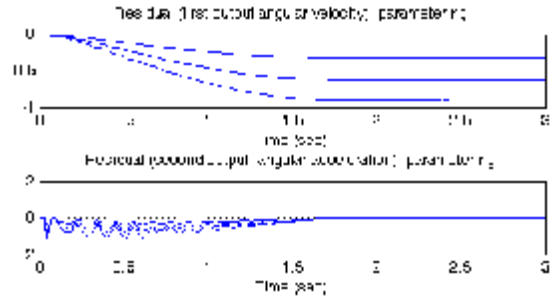
شکل 6 : ساختار سیستم فازی- عصبی ساخته شده

نتایج حاصل از شبیه سازی :

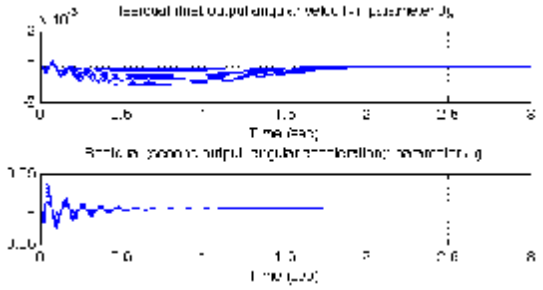
اشکال زیر برخی الگوهای سیگنال‌های باقیمانده سرعت و شتاب زاویه‌ای چرخ، در پارامترهای مربوط به فلایویل، کلاچ، گیربکس، دیفرانسیل، شفت‌ها و چرخ را با مقادیر مختلف نشان می دهد.



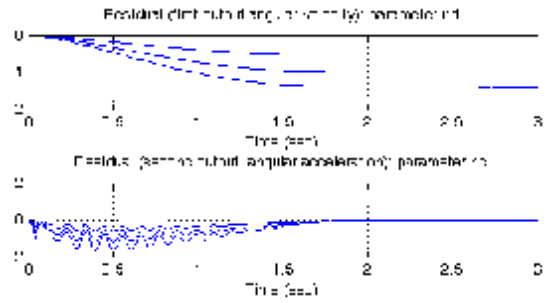
شکل 7: الگوی سیگنالهای باقیمانده خروجی سرعت و شتاب با مقادیر متفاوت برای پارامتر K_c (کلاچ)



شکل 8 : الگوی سیگنالهای باقیمانده خروجی سرعت و شتاب با مقادیر متفاوت برای پارامتر n_g (گیربکس)



شکل 9 : الگوی سیگنالهای باقیمانده خروجی سرعت و شتاب با مقادیر متفاوت برای پارامتر J_g (گیربکس)



شکل 10 : الگوی سیگنالهای باقیمانده خروجی سرعت و شتاب با مقادیر متفاوت برای پارامتر n_d (دیفرانسیل)

با توجه به الگوهای بدست آمده، ردیابی عیوب در اجزاء مربوط به سیستم انتقال قدرت از جمله کلاچ، گیربکس، میل گاردان، دیفرانسیل و اکسل عقب مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج شناسایی سایش در سیستم و جداسازی عیوب در پارامترهای k_c (سختی فنر کلاچ)، C_c (میرایی کلاچ)، BL (لقی در دنده های گیربکس)، B_g (میرایی معادل گیربکس)، n_g (نسبت تبدیل گیربکس)، B_d (میرایی معادل دیفرانسیل) n_d (نسبت دنده ها در دیفرانسیل)، C_a (میرایی شفت اکسل و چرخ) l_1 ، l_2 ، l_3 (طول محور شفت ها)، در جدول شماره 1 آورده شده است.

جدول ۱ دقت تخمین زده شده برای سیستم انتقال قدرت

Parameter	*# of data*	*# of correct classifications*	*Performance*	*confidence interval*
J_f	*30*	*29*	*96*	$0.9 < p < 1$
B_f	*30*	*28*	*97*	$0.84 < p < 1$
k_c	*30*	*28*	*97*	$0.84 < p < 1$
C_c	*30*	*27*	*90*	$0.79 < p < 1$
J_g	*30*	*28*	*97*	$0.84 < p < 1$
B_g	*30*	*25*	*83*	$0.70 < p < 0.97$
n_g	*30*	*26*	*86*	$0.75 < p < 0.99$
n_d	*30*	*27*	*90*	$0.79 < p < 1$
J_w	*30*	*26*	*86*	$0.75 < p < 0.99$
total	*270*	*244*	*90.3*	$0.869 < p < 0.939$

دقت حاصله از نتایج شبیه‌سازی، حاکی از تخمین قابل قبول اندازه پارامترهای معیوب توسط این شبکه‌ها می‌باشند. در یک برآورد کلی برای محاسبه و تخمین دقت سیستم در عیب یابی پارامترهای مورد نظر با فرضیات فوق، اگر ارزش هر کدام از پارامترها را یکسان فرض کنیم، برای محاسبه فاصله اطمینان داریم

n = *data point*
p = *success (in population)*
$\hat{p}$ (x/n) = *success (in sample)*
q = *failure*
x = *success interest*

$$n = 270$$
$$x = 244$$
$$p = ?$$
$$\hat{p} = x/n = 244/270 = 0.903$$
$$q = 1 - 0.903 = .096$$
$$\alpha = 0.05 \quad \rightarrow \quad Z_{\alpha/2} = 1.96$$
$$Error = E = Z_{\alpha/2}\frac{\sqrt{p \cdot q}}{n} = 1.96 \times \sqrt{\frac{0.903 \times 0.096}{270}} = 0.0352$$
$$\hat{p} - E < p < \hat{p} + E \rightarrow 0.869 < p < 0.939$$

با توجه به نتایج بدست امده از نمونه های مورد آزمایش و فاصله اطمینان محاسبه شده می توان گفت که در90 درصد مطمین هستیم که دقت عیب یابی برای پارامترهای مورد نظر بین 93/9 و 86/9 درصد خواهد بود. البته باید به این واقعیت توجه کرد که در عمل، خطاهای ناشی از اندازه گیرها، شرایط محیط، سنسورها و دیگر موارد منجر به افزایش میزان خطا و کاهش دقت در پروسه عیب یابی می شود.

نتیجه‌گیری و جمع‌بندی

با توجه به اهمیت سیستم انتقال قدرت و نقش آن در خودرو، در این مقاله شناسایی و تشخیص عیوب در اجزاء این سیستم، مورد بررسی قرار گرفته است. استفاده از شبکه های عصبی فازی در طراحی سیستم عیب یاب، این امکان را برای ما فراهم می کند تا بتوانیم با اندازه گیری سیگنالهای خروجی مورد نظر بوسیله سنسورها، با خطای ناچیز، عیوب را شناسایی و ردیابی کنیم.

در عمل، زمانی که چرخهای لاستیک محرک خودرو بدون بار هستند، با فشار پدال گاز، گشتاور ورودی به موتور افزایش می یابد، تغییر در گشتاور ورودی به موتور، افزایش سرعت و شتاب چرخها را که در حالت بی بار هستند به دنبال دارد، در این حالت با استفاده از سیگنالهای مربوط به گشتاور ورودی و سرعت و شتاب خروجی می توان با استفاده از نتایج نرم افزاری، عیوب مربوطه را در سیستم شناسایی و رد یابی نمود.

با توجه به الگوهای بدست آمده برای سیگنالهای باقیمانده خروجی سرعت و شتاب چرخ که با مقادیر متفاوت برای پارامترهای موثر با استفاده از مدل شبیه سازی شده از سیستم انتقال قدرت (روش مدلسازی مرکب)، بدست آمده اند، ردیابی عیوب در قسمتهای مختلف سیستم محقق می شود. لازم به ذکر است که شبیه سازی، طراحی، تحلیل و محاسبات در فضای نرم افزار MATLAB انجام گرفته است.

فهرست علائم

اینرسی فلایویل	J_f (0.3076 kg m^2)
میرایی معادل فلایویل	B_f (0.2 Nms/rad)
گشتاور ورودی	T_0 (150 Nm)
سختی کلاچ	k_c (527 Nm/rad)
میرایی کلاچ	C_c (10 Nm/rad)
اینرسی گیربکس	J_g (0.003 kg m^2)
میرایی معادل گیربکس	B_g (2 Nms/rad)
نسبت تبدیل گیربکس	n_g (2.08)
اینرسی دیفرانسیل	J_d (0.0265 kg m^2)
میرایی معادل دیفرانسیل	B_d (1 Nms/rad)
نسبت تبدیل دیفرانسیل	n_d (4.11)
طول شفت اول گاردان	l_1 (0.435 m)
اینرسی شفت اول گاردان	J_1 (1.53e-7 kg m^2)
طول شفت دوم گاردان	l_2 (0.985 m)
اینرسی شفت دوم گاردان	J_2 (1.19e-6 kg m^2)
مدول برشی شفت گاردان	$G_1 = G_1$ (80e9 N/ m^2)
میرایی شفت دوم گاردان	C_p (0 Nm/rad)
طول شفت اکسل	l_3 (0.877 m)
اینرسی شفت اکسل	J_3 (7.95e-8 kg m^2)
مدول برشی شفت اکسل	G_3 (77.3e9 N/ m^2)
میرایی شفت اکسل	C_a (0 Nm/rad)
اینرسی چرخ	J_w (2 kg m^2)
میرایی چرخ	B_w (1e15 Nms/rad)
دانسیته چرخ	ρ (7810 Kg/ m^3)

مراجع

[1]- *Farshidianfar, A. 2001 "optimisation of torsional vibrations in driveline system"s, university of Bradford, UK,*

[2]- *sushmita, M, Yoichi, H. 2000 " Neuro-Fuzzy Rule generation : survery in soft computing framework", IEEE transations on neural networks, vol.11, No.3,*

[3]- *Tolga Yu¨ ksel , Abdullah Sezgin 2010"Two fault detection and isolation schemes for robot manipulators using soft computing techniques" Applied Soft Computing 10 125–134*

[4]- شهاب، مهدی، معاونیان، مجید، 1386 "طراحی یک سیستم عیب یاب برای درایو ماشین ابزار با سرعت بالا مبتنی بر مفاهیم محاسبات نرم" پانزدهمین کنفرانس سالانه (بین المللی) مهندسی مکانیک، تهران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر،