

عیب یابی سر سیلندر خودرو با استفاده از امواج مکانیکی و هوش مصنوعی

مجتبی دوست محمدی^۱، مرتضی محمدظاهری^{۲*}، احسان جمشیدی^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی مکانیک، واحد سمنان، دانشگاه آزاد اسلامی، سمنان، ایران

۲- استادیار، گروه مهندسی مکانیک، واحد سمنان، دانشگاه آزاد اسلامی، سمنان، ایران

* سمنان، صندوق پستی: ۳۵۱۴۱-۱۷۹، Mojtaba.doust68@yahoo.com

چکیده

ایمنی قطعات و ماشین آلات برای کاربران آن ها امری مهم تلقی می شود و عیوب قطعات به عنوان یکی از مهم ترین عوامل تهدید کننده سلامتی قطعات همواره مورد توجه بوده است. در این مقاله روشی نو جهت استفاده از شبکه عصبی مصنوعی بر پایه عیب یابی سرسیلندر خودرو پرآید به کمک امواج مکانیکی ارائه شده است. در ابتدا سرسیلندر خودرو با جزئیات کامل مدلسازی شده است و سپس در نرم افزار اجزاء محدود مدل اجزاء محدود بدست آورده شده است. سپس برای تایید و اعتبار سنجی به مدل اجزاء محدود، قطعه تحت تست مودال قرار گرفته و بعد از تایید مدل شبیه سازی عیب ها بر روی مدل اجزاء محدود انجام شده است. با شبیه سازی اعمال نیرو بر مدل (FEM) سیگنال شتاب - زمان دو مدل سالم و معیوب برای هر عیب محاسبه می شود. و با استفاده از امضای مکانیکی عیوب (اختلاف شتاب بین دو مدل سالم و معیوب) و آموزش آن به یک شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه (MLP) که اختلاف سیگنال شتاب را به موقعیت عیب ارتباط می دهد. عیب یابی سرسیلندر خودرو (تخمین مکانی عیب) صورت گرفته است. نتایج بدست آمده قابلیت شبکه عصبی طراحی شده در تخمین موقعیت عیب را به خوبی نشان می دهد

کلیدواژگان

عیب یابی، تست مودال، سرسیلندر، اجزاء محدود، شبکه عصبی مصنوعی ANN

Fault Detection of Cylinder-head automotive Using Mechanical Waves and Intelligent Techniques

M. Doustmohammadi¹, M. Mohammadzaheri^{1*}, E. Jamshidi²

1- Department of Mechanical Engineering, Semnan Branch, Islamic Azad University, Semnan, Iran
P.O.B. 35141-179 Semnan, Iran, Mojtaba.doust68@yahoo.com

Abstract

Safety of machinery parts, it is important for users and defects as one of the most important parts of threats to the health of the pieces have always been considered. In this paper, a new method based on the use of artificial neural network Detection Pride cylinder head into mechanical waves is presented. Then, for verification and validation of the finite element model, modal test piece, and after confirming the fault simulation is performed on a finite element model. Force simulation model (FEM) acceleration signal - the healthy and faulty models calculated for each fault. And with the signing of mechanical defects (acceleration difference between healthy and faulty models) and to train a multilayer perceptron neural network (MLP), the difference between the acceleration signal to the associated fault location. Detection automotive cylinder head (estimated fault location) has been. The results of the neural network capabilities designed to estimate the fault location on a good show.

Key words

Fault Detection, Modal testing, Cylinder-head, Finite Element, Artificial Neural Network

به ساخت قطعه و هزینه های جانی برای حصول به این نتایج باشد. در ضمن می توان رفتار قطعه را با تغییر خواص مواد مورد ارزیابی قرار داد و یا اینکه با تغییر در آلیاژهای تشکیل دهنده مواد، بدون نیاز به زمان و هزینه زیاد، عمر قطعه را مورد ارزیابی قرار داد [۳،۲].

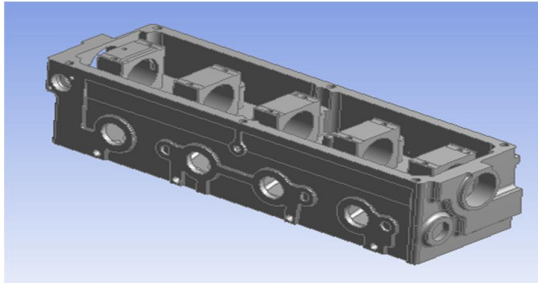
در ضمن کمینه کردن خطای ناشی از نحوه المان بندی و تعداد آن ها، از آنالیز و آزمایش مودال به منظور ارزیابی مدل المان بندی شده مورد استفاده قرار گرفته است. در این پروژه المان بندی و حل مسئله توسط نرم افزار ANSYS صورت پذیرفته است [۴].

سرسیلندرها در طول فرایند ساخت، مونتاژ و یا بهره برداری ممکن است دچار عیب گردند. در کارخانجات تولید سرسیلندر تعیین سرسیلندر های معیوب جهت جلوگیری از ورود آن ها به چرخه ی مصرف بسیار مهم است. در دهه های گذشته، هزینه ی بالای تحلیل ارتعاشی و سنسورهای دریافت داده ها و نیز اندازه بزرگ دستگاه ها مانع از آن بوده که بتوان از این روش به

۱- مقدمه

اهمیت و شناسایی عیب به سبب اینکه با شناسایی درست و به موقع عیب می توان از کاهش بازده فرآیند و تولید و یا حتی از کار افتادگی یک سیستم جلوگیری کرد، نمود خاصی می یابد. سرسیلندر یکی از مهم ترین و پرکاربردترین اجزاء در خودرو است. تشخیص عیب سرسیلندر با استفاده از روش های وضعیت سنجی موضوع تحقیقات گسترده ای در دو دهه اخیر بوده است، بررسی ارتعاشات بر اساس وضعیت سنجی روش اصلی در این زمینه است. عیوب سرسیلندر شامل مک ها، ترک ها، حفره ها در قطعات خود نمایی می کنند [۱].

و همچنین در تحلیل های اجزاء محدود همچون تحلیل ارتعاشی، تحلیل تنش و خستگی نیاز به وجود یک مدل المان بندی شده است. که با ساخت مدل هندسی و انتقال آن به نرم افزار تحلیل گر به آسانی می توان شرایط مرزی را تغییر داد و عکس العمل های جدید را مشاهده نمود، بدون آنکه نیاز



شکل ۱ مدل سه بعدی سرسیلندر خودرو پراید

۱-۲- متعلقات سرسیلندر پراید

کانال ها و مجاری آب و روغن

محل های عبور میل تایپیت

مانیفولدها (لوله هایی که سوخت را به داخل سیلندر وارد میکنند)

پنجه اگزوز (دود و مواد حاصل از احتراق را از سیلندر خارج میکند)

محل ترموستات [۱۳].

۲-۲- جنس سرسیلندر خودرو پراید

جنس سر سیلندر از آلیاژهای آهن (چدن دندانه ریز) یا آلیاژ آلومینیوم به دو صورت ریخته گری یا تزریقی در داخل قالب های بخصوص ساخته می شود. سرسیلندر معمولا یک پارچه و یا اگر طول موتور زیاد و یا سنگین باشد چند تیکه ریخته شده و سپس سطوح لازم را تراشیده و صیقل داده و به شکل مورد نظر در می آورد.

جدول ۱ جنس سر سیلندر خودرو پراید

AL(LM24)380.3	جنس
95-110HB	سختی
(TF)T6	عملیات حرارتی
P=1.5Bar	تست نشتی
9.6-9.8Kg	وزن
Low pressure	فرآیند ریخته گری

یکی از متداول ترین روش های ریخته گری در تولید سرسیلندر آلومینیومی، ریخته گری ثقلی است که مذاب توسط نیروی وزن خودش در سه نوع:

قالب ماسه ای

قالب دائمی

قالب پوسته ای

تزریق می شود از دیگر روش ها می توان به ریخته گری تحت فشار کم اشاره کرد. که مذاب توسط فشار از پایین وارد قالب فلزی می شود.

برای تولید سرسیلندرها آلومینیومی از روش های مختلف ریخته گری استفاده می شود که می توان تفاوت آن ها را در زیر بیان می کنیم:

نیروی که باعث پر شدن قالب می شود

عنوان روش عام، آسان، کم هزینه، مطمئن و مهم تر از آن ها روش قالب دسترسی جهت تشخیص عیب بهره برد. امروزه از روش های مختلفی استفاده می گردد که از آن جمله می توان به تشخیص عیب گوشی توسط اپراتور، استفاده از روش تحلیل صوت [۵] و روش های تحلیل ارتعاش اشاره نمود. تحلیل ارتعاشات به دلیل ضریب اطمینان بالا و خطای کمتر، بسیار مورد توجه اند [۶].

معاونیان و همکارانش عیب یابی سیستم تعلیق فعال خودرو با در نظر گرفتن رفتار غیر خطی عملگر هیدرولیکی و اختلال در کنترلر مورد تحقیق قرار داده اند، ابتدا مدل سازی سیستم در محیط شبیه سازی متلب انجام دادند و سپس برای کنترلر طراحی شده، عیب یابی سیستم به همراه پارامترهای کنترلر توسط شبکه های داده عصبی- فازی انجام دادند [۷].

استفاده از شبکه عصبی به منظور عیب یابی ماشین آلات با استفاده از داده های ارتعاشی در سال های اخیر مورد توجه محققین بوده است. در این زمینه سامانها و همکارانش روشی برای عیب یابی رولربرینگ ها نرمال و معیوب به ورودی شبکه عصبی پرسترون وارد کردند [۸].

سامانها همچنین در سال ۲۰۰۳، یک روش جدید برای مقایسه کارایی سیستم عیب یابی چرخ دنده، با استفاده از شبکه عصبی را که انتخاب مشخصه های ورودی توسط الگوریتم ژنتیک بهینه شده، ارائه داد [۹].

Stubbs و Kim با استفاده از روش کاربردی غیر مخرب، موفقیت و اندازه گیری تقریبی عیب در یک تیر را بدست آوردند [۱۰].

ساراوان و راماجاندوران با استفاده از ویولت گسسته و شبکه های عصبی در سال ۲۰۱۰ به عیب یابی یک گیربکس با دنده های مخروطی ساده پرداختند آن ها نشان دادند که شبکه های عصبی به همراه تبدیل ویولت از پتانسیل بالا جهت تشخیص عیوب گیر بکس ها برخوردار است [۱۱].

۲- معرفی قطعه سرسیلندر خودرو پراید

تولید قطعه سرسیلندر به لحاظ اهمیت آن در عملکرد خودرو از حساسیت ویژه ای برخوردار بوده و توانایی، دانش فنی و امکانات خاص خود را می طلبد.

سر سیلندر در واقع، در پوشی است که با بلوک سیلندر تشکیل اتاق احتراق را می دهند و شکل آن، تابع ساختمان سیلندر بوده و چنانچه از نوع خنک کننده با آب باشد دارای مجاری آب و در غیر این صورت دارای شیارهای خنک کننده با هوا می باشد. سر سیلندر با پیچ و مهره به بلوک سیلندر متصل می شود.

سرسیلندر، از جمله قطعات خودرو است که در معرض تنش دینامیکی و دمای بالا قرار دارد. از این رو، باید دارای خواص مکانیکی خوب از جمله استحکام و چقرمگی بالا باشد. لازم به ذکر است که موتورهای دو زمانه فاقد سرسیلندر هستند. سرسیلندر می بایست با قسمت فوقانی سیلندر تطابق کامل داشته باشد تا بتواند از نشت گازهای محبوس در سیلندر یا گاز محترق در اتاقک انفجار جلوگیری کند. البته برای انجام آب بندی کامل میان سیلندر و سرسیلندر از یک واشر استفاده می شود [۱۲].

جنس قالب سیستم راهگاهی [۱۴].

این مک ها ناشی از کسری مذاب در دامنه انجماد و انقباض آلیاژ می باشد که به صورت پراکنده (انقباض پراکنده) در داخل قطعه و یا تجمع ریز مک (انقباض سوزنی) و یا به صورت متمرکز در داخل و یا خارج قطعه مشاهده می گردد. تفکیک عمده این عیب با انواع فوق در کنگره ای بودن و چروکیدگی، زاویه دار بودن آن ها نسبت به مک و سوسه گازی است.

۲-۵- علل ایجاد حفره گازی

مک و حفره های گازی حاصل آزاد شدن گاز محلول در مذاب در جریان انجماد است. این نوع گازها می تواند منشأ معایب دیگری نیز باشند.

منشاء متالورژیکی

منشاء متالورژیکی تکنولوژیکی

ورود مکانیکی گاز به مذاب (حفره های گازی خارجی) [۱۶].

۲-۳- انواع سرسیلندر و کاربرد آن

سرسیلندر بسته به ترتیب و نوع قرار گرفتن سوپاپ ها به طور کلی به چهار دسته تقسیم می شوند:

ای هد

اف هد

تی هد

ال هد

شکل قرار گرفتن سوپاپ ها در سرسیلندرها ای هد یا خطی یک ردیفه یا دو ردیفه است بعضی سرسیلندرها فاقد محل عبور سوپاپ می باشد مثل: تی هد و ال هد.

جدول ۲ خواص مکانیکی سرسیلندر خودرو پراید

0.10 ef	کرنش شکست
8 Hz	سختی برنیل
0.334 v	ضریب پواسون
26.6 KN/M3	وزن مخصوص
248 Mpa	استحکام کشش
69 Mpa	استحکام خستگی
165 Mpa	استحکام تسلیم

۲-۴- عیب مورد بررسی در سرسیلندر پراید

حفره های گازی اکثرا به صورت منفرد بوده و کوچکترین حفره ها (ریز حفره ها) به صورت گروه ها با اندازه های متفاوت در قطعه توزیع می شوند. در حالات خاص، با افزایش میزان این عیب، قطعه کاملا متخلخل می گردد. سطوح داخلی این گونه حفره ها می تواند درخشان، کم و بیش اکسیده بوده و در مورد قطعات چدنی قشری از گرافیت روی سطوح حفره ها را می گیرد. احتمال به وجود آمدن این عیوب در تمام نقاط قطعه ریختگی وجود دارد. حفره های گازی با ابعاد مختلف در درون قطعه ریختگی، به صورت تکی یا گروهی در مجاورت چیلت ها، میردها، یا دیگر مغزی های فلزی در محفظه قالب ظاهر می شوند. شکل ظاهری مک گازی همواره محتوی آخال سرباره ای بوده و عموما در قسمت فوقانی قطعه ریخته گری به وجود می آیند. گاه این حفره ها در سطح قطعه بوده ولی در اکثر موارد در نزدیکی سطح قرار داشته که بعد از شن زنی و یا ماشین کاری سطوح قطعات، قابل دیدن هستند. احتمال رویت آنها به صورت نقطه ای درخشان در سطح قطعات در مرحله لیزاندن قالب ها نیز وجود دارد [۱۵].

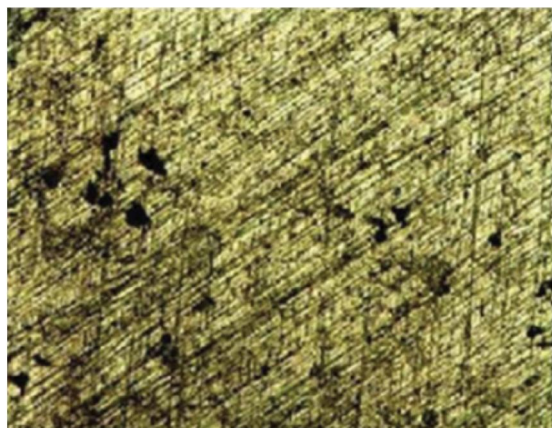
۲-۴-۱- مک های گازی

مک گازی ناشی از واکنش های شیمی- فیزیکی درون مذاب هستند و در تغییر حالت از مایع به جامد، نظیر انحلال گازها در مذاب و آزاد شدن آن ها در دامنه انجماد و همچنین واکنش کربن و اکسید آهن در فولاد ها، دیده می شوند.

۲-۴-۲- مک ها و حفره های انقباضی



(الف)



(ب)

شکل ۲ (الف) و (ب) نمونه هایی از تخلخل های گازی و انقباضی در سرسیلندر ها

۳- ساخت و تایید مدل اجزاء محدود

روش اجزاء محدود یک دستور العمل عددی جهت حل مسائل فیزیکی می باشد که توسط معادله دیفرانسیل توصیف می شود [۱۷].

۳-۱- مراحل اساسی در روش اجزاء محدود

$$\begin{aligned}
 s_y &= 165 \text{ Mpa} \\
 s'_e &= 165 * 0.506 = 83.49 \text{ Mpa} \\
 s_e &= 1.15 * 0.8 * 0.85 * 1 * 0.6 * 83.49 = 39.17 \text{ Mpa} \\
 n_d &= \frac{\text{استحکام}}{\text{تنش}} = \frac{165}{83.49} = 1.97 \\
 \sigma' &= 39.17 \text{ Mpa} \\
 \sigma_f &= 39.10 \text{ Mpa} \\
 F &= 360 \text{ N} \\
 F_t &= \frac{360}{1.97} = 182.74
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

۴- آنالیز مودال

در دو دهه گذشته، آنالیز مودال به دانشی فراگیر با هدف تعیین، بهبود و بهینه سازی مشخصات دینامیکی سازه های مهندسی، تبدیل شده است. آنالیز مودال نه تنها در مهندسی مکانیک و هوافضا بلکه در سازه های ساختمانی، مسائل بیومکانیک، سازه های فضایی، تجهیزات اکوستیک، حمل و نقل و نیروگاه های هسته ای نیز، کاربردهای ژرفی پیدا کرده است [۲۰].

۴-۱- آماده سازی سازه برای تست مودال

برای انجام یک تست مودال مطلوب، باید در ابتدای امر مقدمات تست را به خوبی فراهم کرد. با طراحی هر چه مناسب تر شرایط تست، می توان خطاهای احتمالی را کاهش داد. به طور کلی مقدمات پیش از آزمایش شامل موارد زیر است:

تعیین چگونگی نگهداری سازه تحت آزمایش و نقاط اتصال سازه به تکیه گاه انتخاب مناسب موارد مرتبط با تحریک سازه که شامل نوع تحریک، وسیله تحریک، چگونگی نصب آن و نقاط تحریک می شود. انتخاب روش و تجهیزات مناسب برای اندازه گیری پاسخ، نیروی تحریک و همچنین محل مناسب برای نصب تجهیزات اندازه گیری. به طور کلی، هرچه در طرح موارد فوق دقت بیشتری به عمل آید موجب کاهش زمینه های بروز خطا در حین آزمایش و داده برداری نتایج خواهد شد. لازم به ذکر است که رعایت نکات لازم برای آزمایش، تکرار آزمایش با روش های مختلف و به دفعات و در نهایت استفاده از یک نرم افزار اجزای محدود و یا در صورت امکان مدل سازی تحلیل سازه، منجر به استخراج نتایج مطلوب در آزمایش می گردد. در ادامه هر یک از نکات گفته شده به عنوان مقدمات آزمایش، به اختصار توضیح داده می شود [۲۱].

۴-۲- نحوه نگهداری سازه در حین آزمایش

یکی از مهم ترین بخش های مربوط به تست مودال که تاثیر مستقیم و زیادی در دقت و صحت آزمایش دارد، نحوه نگهداری سازه تحت آزمایش است. به طور کلی از دو حالت برای نگهداری سازه تحت تست استفاده می شود. روش آزاد یا حالتی که سازه متصل به زمین است.

۴-۲-۱- اتصال آزاد

در این حالت، سازه به صورت معلق نگه داشته شده است. حالت مطلوب در تعلیق سازه این است که از حرکت سازه در هیچ یک از جهات ممانعتی وجود نداشته باشد که البته این امر در واقع امکان پذیر نیست. برای دست یابی به یک حالت ممکن در نگهداری آزاد، از یک سری کش استفاده

تفکیک مسئله به شکل المان های محدود، یعنی تقسیم بندی مسئله به گره ها و المان ها.

فرض یک تابع شکل که نمایانگر رفتار فیزیکی المان باشد، یعنی یک تابع پیوسته تقریبی برای حل المان.

بسط معادلات برای هر المان.

جمع بندی یکایک المان ها جهت نمایش کل مسئله.

اعمال شرایط مرزی، شرایط اولیه و بارگذاری [۱۸].

جدول ۲ تعداد المان ها و نود ها

Entity	اندازه
نقاط	892307
Elements	519847

۳-۲- حد دوام قطعه و ضرایب تصحیح حد دوام

غیر واقع بینانه است که انتظار داشته باشیم حد دوام قطعه مکانیکی بخشی از یک سازه منطبق با مقادیر بدست آمده در آزمایشگاه باشد. بعضی از این تفاوت ها به قرار زیرند:

ماده

ساخت

محیط

طراحی

برای قطعاتی که خطرناک هستند بایستی چک نمود که بارگذاری ها در حد مجاز هستند یا آنکه می توانند با اطمینان تحمل شوند. برای این منظور بیشتر اوقات یک مقایسه بین تنش ها انجام می گیرد.

مارین ضرائب مربوط به ارزیابی اثراتی نظیر شرایط سطحی، اندازه، بارگذاری، دما و موارد متفرقه دیگر را تعیین کرده است. به این ترتیب، معادله مارین به شکل زیر نوشته می شود [۱۹].

$$s_e = k_a k_b k_c k_d k_e s'_e \tag{1}$$

k_a = ضریب تصحیح شرایط سطح

k_b = ضریب تصحیح اندازه

k_c = ضریب تصحیح بار گذاری

k_d = ضریب تصحیح دما

k_e = ضریب تصحیح موارد متفرقه

s'_e = حد دوام (تنش تسلیم)

۴-۵- تحلیل عددی

در ابتدا و پیش از انجام تست، لازم است تا تحلیل عددی بر روی مدل انجام شود تا با استفاده از آن فرکانس‌های طبیعی و شکل مودها استخراج شوند. از فرکانس‌های طبیعی، محدوده فرکانسی برای نرم‌افزار مشخص می‌شود که در نتیجه آن باید تعداد فرکانس‌های طبیعی مورد نیاز در این محدوده قرار گیرند. شکل مودها نیز مکان تقریبی گره‌ها را معین می‌نمایند تا سازه از آن نقاط آویزان شود. بعلاوه از شکل مودها می‌توان به این نتیجه رسید که هر فرکانسی مربوط به کدام مود (خمشی، پیچشی و یا طولی) مربوط است.

ویژگی سنسور انتخاب شده

از نوع شتاب سنج‌های پیزوالکتریک می‌باشد.

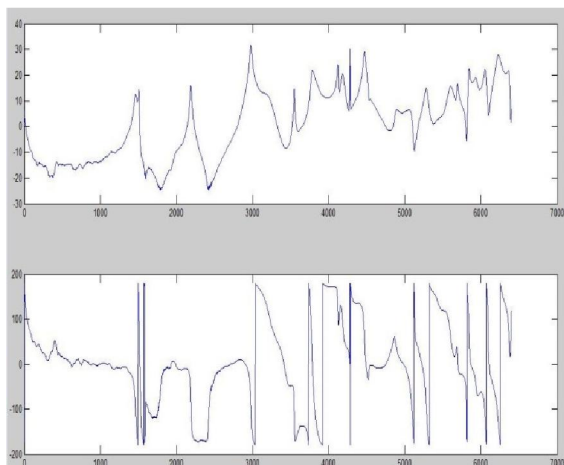
حساسیت‌های مختلف قابل تنظیم از 100 mV/ms^2 تا

محدوده فرکانس از 0.5 Hz تا 10 kHz [۲۳].

۵- نتایج بدست آمده از آنالیز مودال

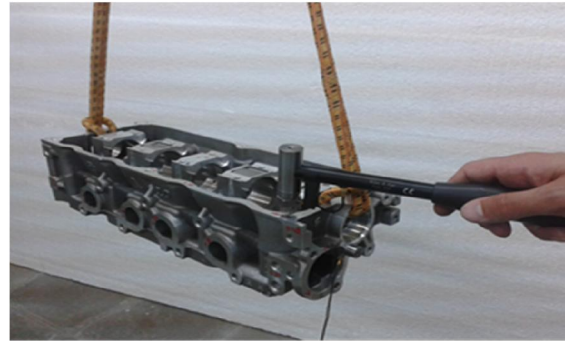
جدول ۳ مقایسه فرکانس‌های طبیعی سیستم در آزمایش و تحلیل

مود فرکانس	نتایج آنالیز مودال	نتایج اجزاء محدود انسیس	درصد خطا
۱	۲۱۸۹٫۸	۲۲۰۶	۰٫۷۳
۲	۲۸۷۹٫۵۶	۲۸۴۵	۱٫۲۱
۳	۳۲۱۷٫۸۳	۳۱۹۹٫۵	۰٫۵۷
۴	۳۵۴۷٫۰۴	۳۵۲۳٫۹	۰٫۴
۵	۳۸۰۵٫۳۴	۳۸۲۴٫۸	۰٫۵۱
۶	۴۲۸۱٫۲۶	۴۲۶۰٫۵	۰٫۵
۷	۴۴۷۱٫۶۹	۴۴۷۰٫۵	۰٫۰۳



شکل ۵ نمودار اول FRF بدست آمده در نرم افزار MATLAB

می‌کنند. در شکل زیر نمونه‌ای از یک تست مودال با اتصال آزاد نشان داده شده است.



شکل ۳ انجام تست آنالیز مودال

۴-۳- موارد مرتبط با تحریک سازه

از دیگر مسائل مهم در کیفیت نتایج بدست آمده، نوع تحریک، وسیله تحریک و به طور کلی چگونگی تحریک سازه است. تابع تحریک به طور کلی در چهار دسته قابل طبقه بندی بوده که عبارت است از توابع تحریک پایا، متناوب، گذرا و تصادفی که بر حسب مواردی چون خواص سازه مورد بررسی، تجهیزات آزمایشگاهی و ... انتخاب می‌شود.

برای تحریک سازه نیز از ابزارهای مختلفی می‌توان استفاده کرد که از جمله آن‌ها می‌توان به دو ابزار پر کاربرد چکش و شیکر الکترومغناطیس اشاره کرد. تحریکی که در این آزمایش مورد استفاده قرار گرفته چکش یا Hamer است.

۴-۴- مراحل انجام آزمایش

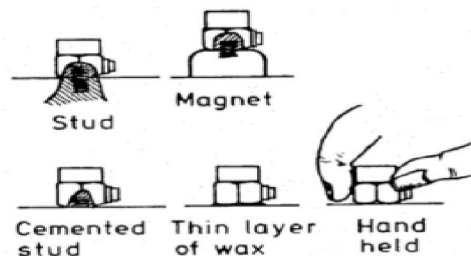
۱- پیش از انجام آزمایش باید یک تحلیل اجزاء محدود مناسب انجام شود تا فرکانس‌های طبیعی و شکل مودها معین شوند. این عمل به اپراتور کمک می‌نماید تا محدوده تحریک فرکانسی را جهت دستیابی به تعداد فرکانس‌ها و شکل مودهای معین تنظیم نماید. بعلاوه با شناسایی مکان گره‌ها سعی می‌شود که سنسورها در این نقاط قرار نگیرند.

۲- نوع تکیه گاه نیز باید معین شود. در این آزمایش، تکیه گاه از نوع آزاد است.

۳- دستگاه داده برداری به رایانه و شتاب سنج‌ها و نیروسنج‌ها به ورودی دستگاه داده برداری، خروجی دستگاه داده برداری به چکش وصل می‌شوند.

۴- نیروسنج با موم که خاصیت ارتجاعی زیادی ندارد به سازه چسبانده می‌شود.

۵- گرفتن داده‌ها از آزمایش مودال و مقایسه با تحلیل نرم افزاری [۲۲].



شکل ۴ انواع اتصال شتابسنج

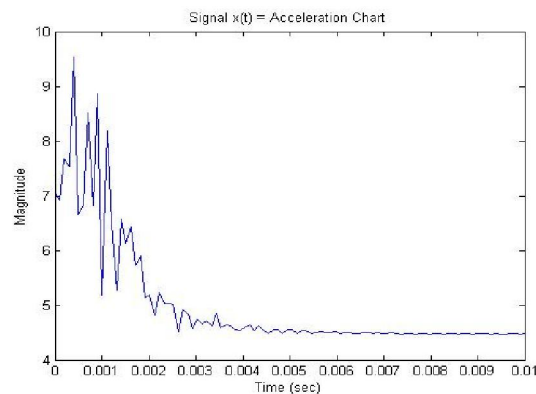
۵-۱- شبکه عصبی

ابتدا ۱۰۰ عدد از شتاب قطعه سالم سرسیلندر را با استفاده از نرم افزار اجزاء محدود بدست آورده شده است. سپس با شبیه سازی عیوب در قطعه سالم که مجموعاً ۱۵ عیب بوده است. سیگنال شتاب را برای هر عیب که شامل ۱۰۰ عدد می باشد بدست آورده و برای به اثبات رساندن این بحث که آیا عیوب تأثیری بر تغییرات سیگنال شتاب در قطعه سالم و معیوب دارد هر ۱۰۰ عدد شتاب سالم را از تک تک ۱۰۰ شتاب قطعه معیوب (۱۰۰ سیگنال برای هر عیب) کم شده است. تا اختلاف سیگنال شتاب ها نشان گر تأثیر عیب در آن بازه باشد. به شتاب های بدست آمده از اختلاف دو قطعه امضای مکانیکی عیوب گفته می شود. سپس برای پیدا کردن حساسیت سیگنال شتاب برای عیب ها از واریانس استفاده شده و در نتیجه ماتریس 16×15 از واریانس بدست آمده است. که فلسفه واریانس به این نحو است که در محدوده شتاب هر چه مقدار واریانس بیشتر باشد تأثیرات عیب بیشتر بوده در واقع در آن محدوده شتاب نسبت به عیوب حساس تر است. سپس با استفاده از برنامه شبکه عصبی مصنوعی، (شبکه عصبی پرسپترون یا همان MLP) و آموزش آن شبکه به این نحو که اطلاعات ورودی به شبکه یک ماتریس 16×15 بوده و برای شناسایی مختصات عیب به این صورت عمل شده است که ۲ تا از عیب ها را به عنوان ولیدیشن از ۱۵ عیب مورد نظر جدا کرده برای شناسایی محل عیب و شبکه را با ۱۳ عیب اجرا کرده ایم که در آخر شبکه مختصات واقعی آن دو عیب را به ما نشان داده است. و خروجی سیستم هم یک ماتریس 13×1 می باشد که محل مختصات واقعی عیب بوده است. و اطلاعات ورودی و خروجی که به صورت زیر نشان داده شده است:

$$\begin{aligned} 1 & \triangleright dpin = x = [16 * 13] \\ 2 & \triangleright dpou = p = [1 * 13] \\ 3 & \triangleright N = (n * 2 + 1) \\ 4 & \triangleright sim(nnn, p(:,1)) \\ 5 & \triangleright sim(nnn, p(:,2)) \end{aligned}$$

- ۱) ورودی شبکه اختلاف عیوب که شامل ماتریس x
- ۲) خروجی شبکه عصبی مختصات عیوب که شامل ماتریس p
- ۳) تعداد نورون های شبکه عصبی
- ۴) دستور نمایش شناسایی مختصات عیب ۱
- ۵) دستور نمایش شناسایی مختصات عیب ۲

۵-۲- نتایج بدست آمده از شبکه عصبی



شکل ۶ نمودار شتاب قطعه معیوب ۱

جدول ۴ نتایج شبکه عصبی

شماره عیب	مختصات واقعی عیب	مختصات تخمین زده توسط شبکه	درصد خطا
6	6.6	6.5695	0.0305
11	12.1	11.7515	0.3485

۶- نتیجه گیری

به این نتیجه رسیده ایم که وجود عیب باعث تغییر در سیگنال شتاب شده و می توان با استفاده از شبکه های عصبی شناسایی کرد. با دیدن جدول شماره ۵ به این نتیجه رسیده ایم که شبکه عصبی ساخته شده توانسته مختصات دو عیب را با درصد خطاهای قابل قبول شناسایی کند.

۷- مراجع

- [1] D.BENTLY 1989 Bently Nevada Co., Applications Note, ANO44, PP. 28.Predictive maintenance through the monitoring and diagnostics of rolling element bearings.
- [2] Eugene Danielson, Joseph Elwart, and Walter Bryzik, David Turner: Thermomechanical Analysis of a low Heat Rejection Cylinder Head, SAE-Paper 920544.
- [3] Thomson William, Theory of Vibration with Application, George Allen & Unwin, 1997.
- [4] Roger Jang, Jyhshing, 1993.Anfis : Adaptive Network Based Fuzzy inference system, IEEE transaction on systems, Man, and cybernetics, Vol 23, No.3.
- [5] Issam Abu-mahfouz, Condition Monitoring of a Gear Box Using Vibration and Acoustic Emission Based Artificial Neural Network.
- [6] J. Rafiee, F. Arvani, A. Harifi and M.H. Sadeghi, Intelligent condition monitoring of a gearbox using artificial neural Network Journal of mechanical system and signal processing, 21(2007) 1746-1754
- [7] مهدی معاونیان، امیر مهدی پاشایی "عیب یابی سیم خودرو با در نظر گرفتن رفتار غیر خطی"، دومین کنفرانس تخصصی پایش وضعیت و عیب یابی ماشین الات، دانشگاه صنعتی شریف، اسفند 1388.
- [8] Samanta, B.,AL-Balushi, K.R,"Artificial neural network based fault diagnostics of rolling element bearings using Time-domain features", Mechanical and signal Processing, Vol.17, PP. 317-328, 2003.
- [9] Samanta, B.,AL-Balushi, K.R., AL - Aaraimi, S.A., "Artificial neural Networks and support vector machines with genetic algorithm for bearing fault detection", Engineering Applications of Artificial Intelligence, vol. 16, PP. 657-665, 2003.
- [10] kim, J.T.,&Stubbs, N.(2003). Crack detection in beam-type structures using frequency data. Journal of sound and vibration, 259(1), 145-160
- [11] N. Saravanan, K.I. Ramachandran."Incipient gearbox faultdiagnosis using discrete wavelet transform for feature extraction and classification using artificial neural network (ANN)". Expert systems with Application 37,4168 - 4181, 2010.
- [12] اتومکانیک به زبان ساده (مهندس احمد امیر تیموری)
- [13] برگرفته از ماهنامه صنعت خودرو شماره 146.
- [14] عالی ح، غیووند ح. 1384. شناسایی، انتخاب و کاربرد مواد. تهران: انتشارات جهان جام جم، صفحه 748.
- [15] شبستری س، رحمانی م ج، لشگری ا. بررسی تأثیر فرآیند متالورژی بر ساختار و خواص مکانیکی سرسیلندر آلومینیومی، اولین همایش سراسری موتورهای درونسوز، تهران، دانشگاه علم و صنعت، 1381، ص 219.
- [16] رولر ر، 1387. طراحی و ساخت مدل های ریخته گری. ترجمه ع ولی نژاد، تهران: انتشارات طراح، 220 صفحه.
- [17] Kenneth H. Huebner, Earl A. Thornton, "The Finite Element Method for Engineers", John Wiley & Sons, 1982
- [18] معززی ر. 1390. انیسوس ورک بیچ. تهران: انتشارات ناقوس، 271 صفحه.
- [19] دکر ک، کابوس ک. 1385. طراحی اجزاء ماشین. ترجمه م ر فرامرزی، تهران: نشر طراح، 403 صفحه.
- [20] Vandiver, J. (1975). Detection of structural failure on fixed platforms by measurement of dynamic response. In Offshore Technology Conference.
- [21] جیمین هی وزی، فانگ فو، 1384، ضیالی راد، م صالحی، آنالیز مودال، چاپ اول، انتشارات دانش پژوهان برین، 425 صفحه.
- [22] D. J. Ewins, Modal Testing: Theory, Practice and Application, and Edition, 2000

- [23] A. Kraus, M. Winger, T. Blasisus, Q. Lin and O. Painter, "A high resolution microchip optomechanical accelerometer", *Nature Photonics*, Volume 6, pp.768-772, 2012.