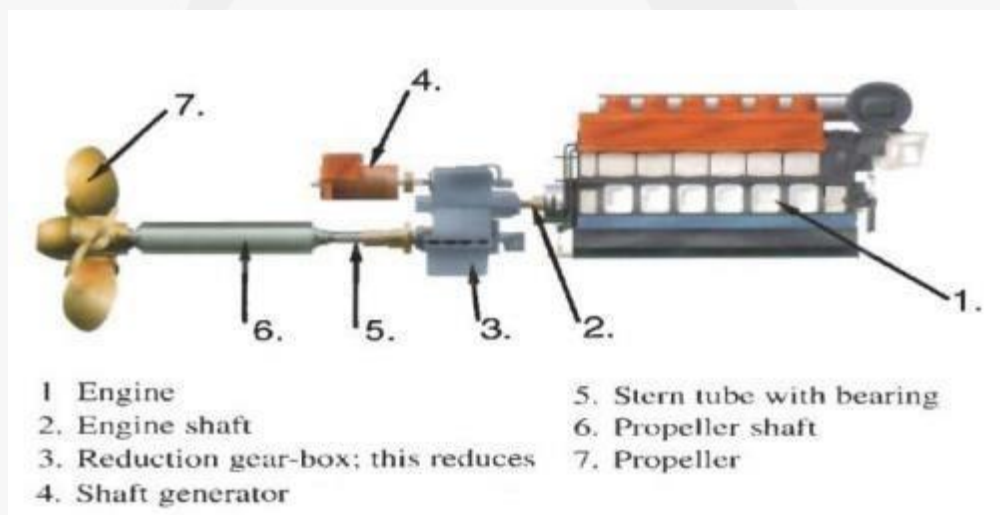




## پایش آنلاین اجزای سیستم رانش سطحی - کاربرد آزمون آکوستیک امیشن

پیشرفت تکنولوژی و به تبع آن ساخت تجهیزات پیشرفته و گران قیمت منجر به آن شده است که توجه بیشتری به مباحث مربوط به پایش وضعیت (Condition Monitoring) و تعمیرات پیشگیرانه (Predictive Maintenance) که تا ۱۰ سال گذشته مهجور مانده بود، گردد. با استفاده از روش‌های نوین بازرسی و کنترل، این امکان بوجود می‌آید تا عیوب قبل از گسترش و بروز خرابی، شناسایی شوند. یکی از روش‌هایی که بصورت آنلاین قابلیت پایش وضعیت تجهیزات ثابت و دوار را دارد آزمون آکوستیک امیشن (Acoustic Emission) است. مسأله‌ای که در این پروژه به دنبال دستیابی به راه حلی برای آن هستیم، پایش و مانیتورینگ سیستم رانش است که اطلاع از آغاز خرابی‌هایی که با بازدیدهای چشمی قابل تشخیص نیست، در آن، سبب کاهش هزینه‌ها و بهبود عملکرد نیروهای عملیاتی خواهد شد.

در سیستم‌های رانش مختلف (Propulsion System)، یک رانش دهنده اصلی (Prime Mover) وجود دارد که قدرت تولید شده توسط آن بوسیله سیستم انتقال قدرت به پروانه (Propeller) منتقل میگردد. در شکل ۱ شماتیکی از این سیستم نشان داده شده است.

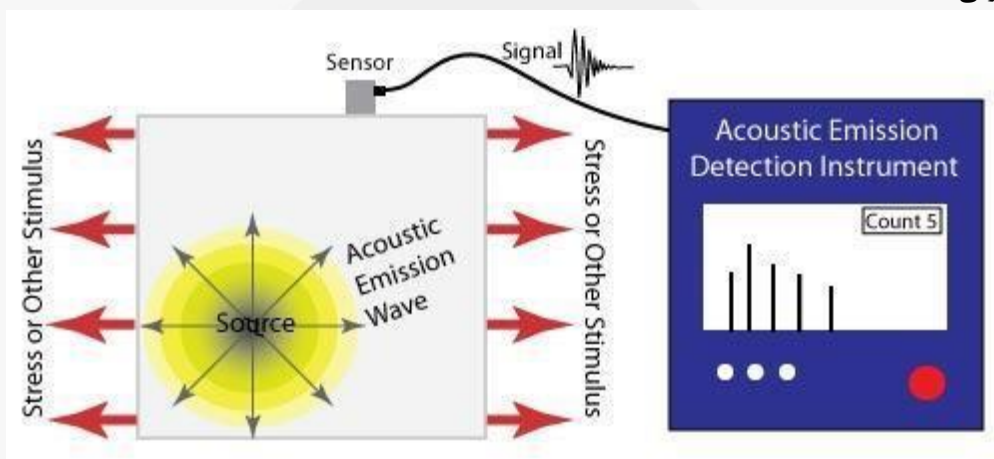


شکل 1: شماتیک سیستم رانش

استفاده از آزمونی که بتواند به صورت آنلاین و در شرایط عملکردی مختلف، وضعیت تجهیزات اصلی سیستم رانش، یعنی گیربکس، شفت، یاتاقان‌ها و پروانه را پایش نموده و خرابی‌ها را ردیابی نماید، می‌تواند بسیار مورد اهمیت باشد. یکی از روش‌هایی که بصورت آنلاین قابلیت پایش وضعیت تجهیزات ثابت و دوار را دارد، آزمون آکوستیک امیشن (Acoustic Emission) است. آکوستیک امیشن پدیده‌ای است که در اثر ایجاد و انتشار یک موج الاستیک در محدوده مافوق صوت (20MHz-1KHz) رخ میدهد. بر همین اساس، تست به روش آکوستیک امیشن شامل دریافت سیگنال‌های منتشر شده در جسم توسط سنسورهای مخصوص و برقراری ارتباط بین سیگنال‌های دریافتی و تغییرات ایجاد شده بر روی منبع می‌باشد. مزایایی که روش تست آکوستیک امیشن در مقایسه با سایر تکنیک‌های مورد استفاده برای تشخیص و ردیابی عیوب دارا می‌باشد را به صورت زیر میتوان جمع بندی کرد:



- تشخیص و ردیابی عیوب بصورت آنلاین و دینامیک
- قابلیت ارزیابی اهمیت عیوب در کل سازه حین تست
- ردیابی و تشخیص عیوب میکرو
- تست سازه ها از فواصل دور
- پیشگویی خرابی ناگهانی در سیستمهای دارای عیوب نامشخص
- تعیین دقیق محل عیوب بدون نیاز به سعی و خطا
- سرعت بسیار بالای انجام تست
- صرفه جویی اقتصادی بالا

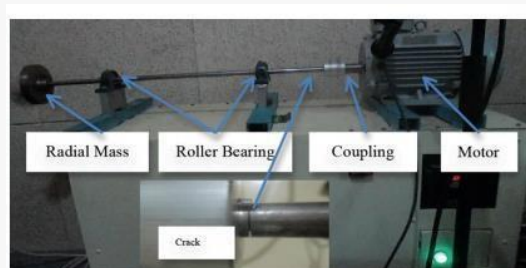


شکل 2: شماتیک آزمون آکوستیک امیشن

در این مقاله نمونه پژوهش‌هایی که بر روی اجزای مختلف سیستم رانش انجام شده است به اختصار آمده است.

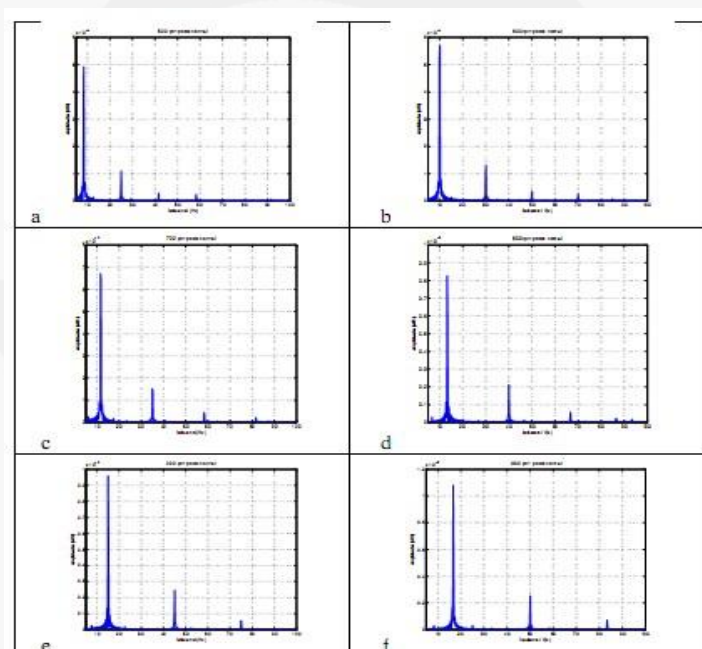
## پایش وضعیت شفت با آزمون آکوستیک امیشن

تحقیقی که در این قسمت بررسی میشود در دانشکده مهندسی دریا دانشگاه پاتیمورا در اندونزی (Pattimura University) انجام گرفته است. در این تحقیق اثر ابعاد ترک ایجاد شده بر روی شفت و تغییرات فرکانسی آن بر روی سیگنالهای آکوستیک امیشن ارزیابی شده است. شکل ۳ تجهیزات آزمایش را نمایش می‌دهد. طول شفت ۸۰۰ میلیمتر و قطر آن ۲۸ میلیمتر میباشد. سه عدد شفت برای این تحقیق در نظر گرفته شده است. شفت سالم، شفت با ترکی به ابعاد یک چهارم قطر شفت و شفتی با ترک به ابعاد نصف قطر شفت مورد ارزیابی با آزمون آکوستیک امیشن قرار گرفت.



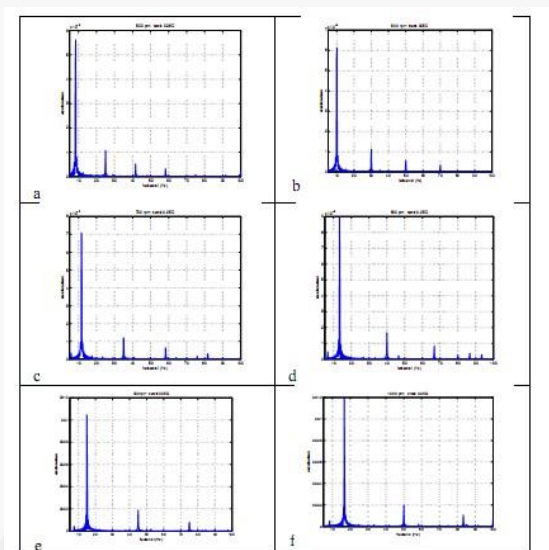
شکل 3: تجهیزات آزمون پایش شفت

داده برداری آکوستیک امیشن در سرعت های ۵۰۰ الی ۱۰۰۰ دور بر دقیقه انجام شده است. شکل ۴ نمودار FFT سیگنال های دریافتی از شفت سالم را نمایش می دهد.

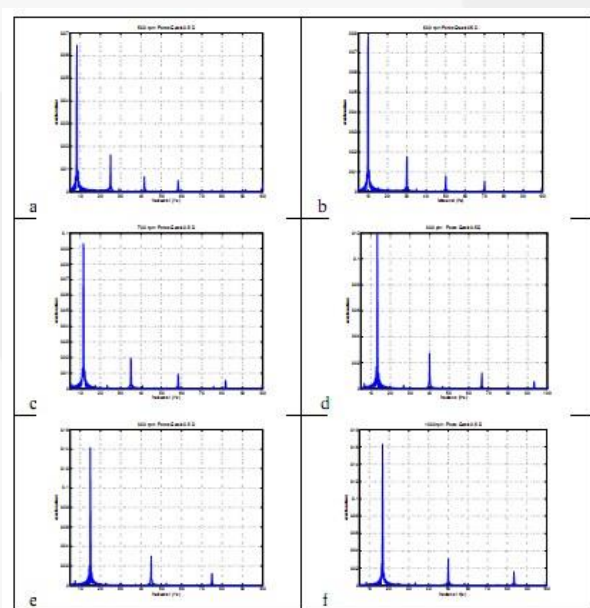


شکل 4: نمودار FFT - سیگنال دریافتی از شفت سالم

شکل های ۵ و ۶ نمودار FFT شفتهای ترکدار را نشان می دهد. همانطور که ملاحظه میشود با افزایش اندازه ترک و دور، دامنه سیگنال افزایش می یابد که نشان دهنده ی توانایی آزمون آکوستیک امیشن جهت ردیابی ایجاد تغییر در وضعیت شفت است.



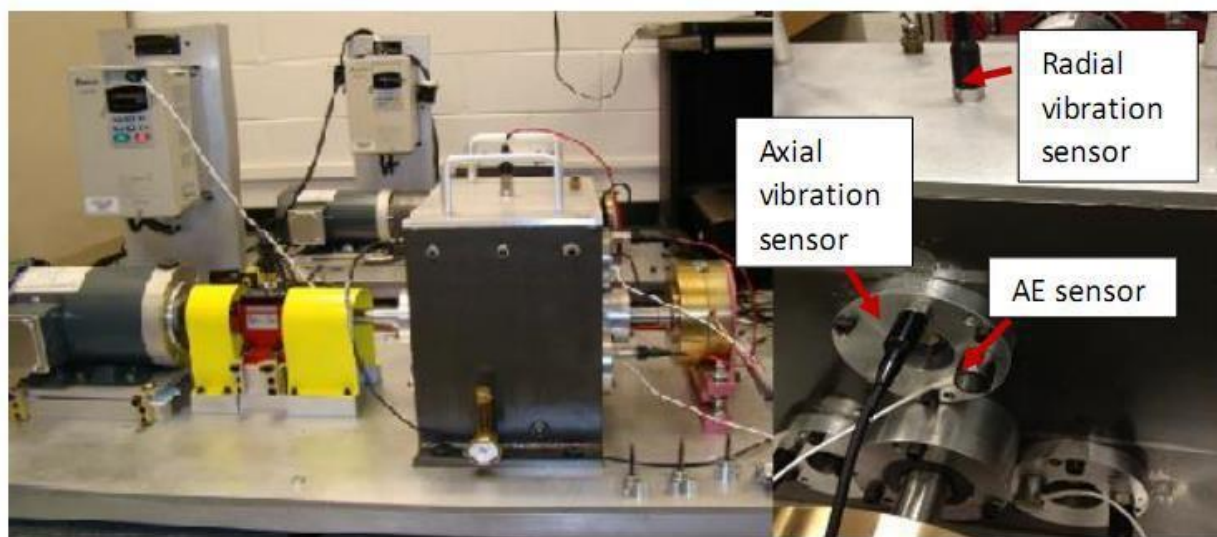
شکل 5: نمودار FFT - سیگنال دریافتی از شفت با ترک 0.25D



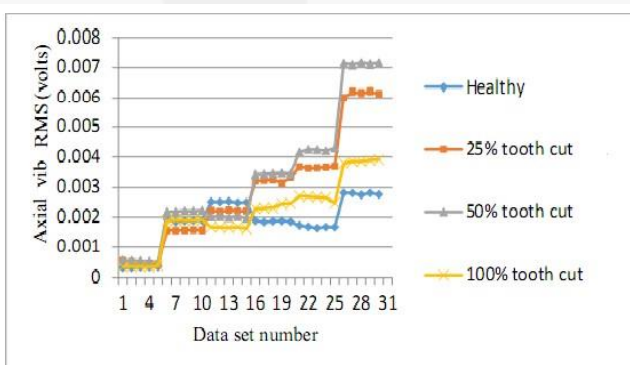
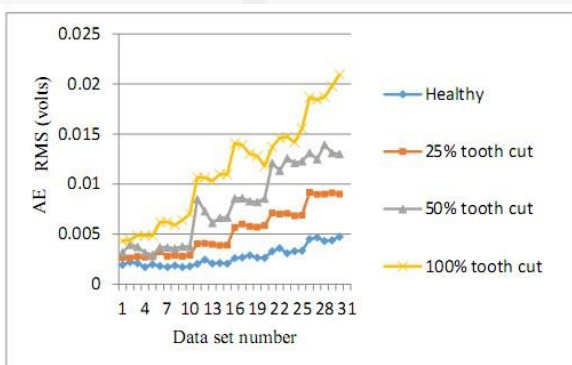
شکل 6: نمودار FFT - سیگنال دریافتی از شفت با ترک 0.5D

### پایش وضعیت گیربکس با آزمون آکوستیک امیشن

در سالهای اخیر تحقیقات زیادی در زمینه پایش وضعیت و عیب‌یابی گیربکس با آزمون آکوستیک امیشن انجام پذیرفته است. یکی از آنها تحقیقی است که در سال ۲۰۱۴ در دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه ایلینویز شیکاگو (University of Illinois) انجام شده است. در این تحقیق قابلیت آزمون آکوستیک امیشن در پایش وضعیت گیربکس با آزمون آنالیز ارتعاش مقایسه شده است.



شکل 7: تجهیزات آزمون پایش وضعیت گیربکس



شکل 8: مقایسه نتایج آزمون آکوستیک امیشن و آنالیز ارتعاشی در پایش گیربکس

همانگونه که از شکل مشخص است هر دو آزمون تغییراتی را در میزان RMS نسبت به حالت سالم را ثبت نموده‌اند ولی آزمون آکوستیک امیشن علاوه بر حساسیت بیشتر در تشخیص خرابی، شدت خرابی را نیز توانسته مشخص نماید.

### پایش وضعیت یاتاقان با آزمون آکوستیک امیشن

یاتاقان را میتوان به مثابه قلب ماشین‌آلات در تمام صنایع در نظر گرفت. در اثر خرابی پیش از موعد (زودرس) یاتاقانها و نیاز به تعویض آنها، اجزای جانبی ماشین دچار فرسایش و آسیب شده و خرابی به بقیه قسمت‌های ماشین سرایت میکند.

برخی از عوامل معیوب شدن یاتاقانها عبارتند از:

- کاربرد ناصحیح یاتاقان
- نگهداری نادرست
- روغنکاری نکردن



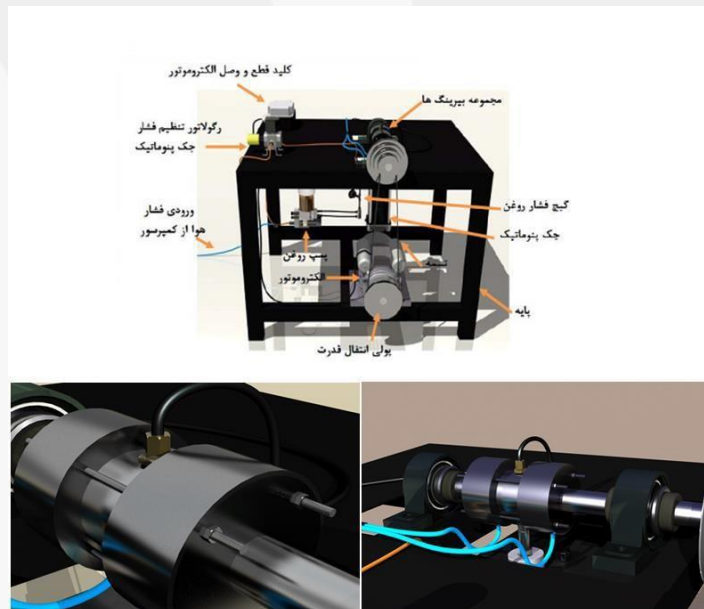
- ازدیاد بار
- سرعت بالا
- ناهم محوری

- شرایط محیطی (دما، رطوبت، گرد و خاک، آلودگی و ...)

تحقیقات بسیار زیادی در زمینه پایش یاتاقان ها با آزمون آکوستیک امیشن انجام گرفته است. یکی از تحقیقات انجام شده، بررسی سیگنالهای آکوستیک امیشن ناشی از شرایط مختلف روانکاری در یاتاقان است که توسط آقای صادق حسینی (از اعضای تیم علمی شرکت تحقیق و توسعه ایرانیان) در دانشگاه صنعتی امیرکبیر انجام شده است. مشخصات یاتاقان مورد استفاده در جدول یک آمده است.

Bearing material	Phosphor bronze (mm)	Inner diameter	35 mm
Width	63	Clearance	0.1, 0.085 mm
Circumferential extent of groove	5	Axial length of groove	6.3 mm
Oil hole diameter	5	Surface roughness	1.5 $\mu$ m

جدول 1 مشخصات یاتاقان



شکل 9: شماتیک تجهیزات آزمون شرایط مختلف روانکاری یاتاقان

پارامترهای مختلفی که تحت آن عملکرد یاتاقان با آزمون آکوستیک امیشن مورد پایش قرار گرفته است در جدول ۲ آمده است.



Oil type	Inlet oil pressure (bar)	Rotational speed (rpm)	Load (kN)	Temperature of the oil (C°)
SAE40	2.5	1400, 1000, 500, 170,	1.57	50
		130, 80, 30, 20, 10	3.14	52
			3.92	54
Viscosity (Pa s)	Sommerfeld number	Minimum oil thickness (μm)	Friction factor	Friction torque (N.m)
0.0745	Min	Min	Min	Min
	5.5462e-04	0.8	8.9985e-04	2.1026
0.0667	Max	Max	Max	Max
0.0599	3.6473	70	0.1485	132.8

جدول 2 پارامترهای آزمون

در این تحقیق داده‌های آزمون با روش آنالیز موجک و هوش عصبی تحلیل شده است و پژوهشگر توانسته با دقت بالای ۹۵٪ سیگنال‌های ناشی از حالات مختلف روانکاری را از ویژگی‌های خاص سیگنال شناسایی نماید.

## نتیجه‌گیری

از مجموعه مباحث مطروحه میتوان نتیجه گرفت که آزمون آکوستیک امیشن میتواند به عنوان ابزاری قدرتمند در پایش سلامت سیستم رانش شناورهای تندرو مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به اینکه آگاهی از سلامت پروانه شناورهای تندرو سبب کاهش توقف در فعالیتهای عملیاتی و کاهش هزینههای ناشی از گسترش خرابی میگردد، آزمون آکوستیک امیشن میتواند تشکیل ترک را در پروانه قایقهای تندرو ردیابی نماید.