

### تجربه استفاده از پایش وضعیت در موتور-ژنراتورهای شرکت فاباموتور

نویسندگان: سبوحان محمدی، یوسف خانوردی

۱- شرکت موتورسازان فن آوری بهینه ایرانیان، کارشناس تحلیل

۲- شرکت مهندسی ارتعاشات بهروش

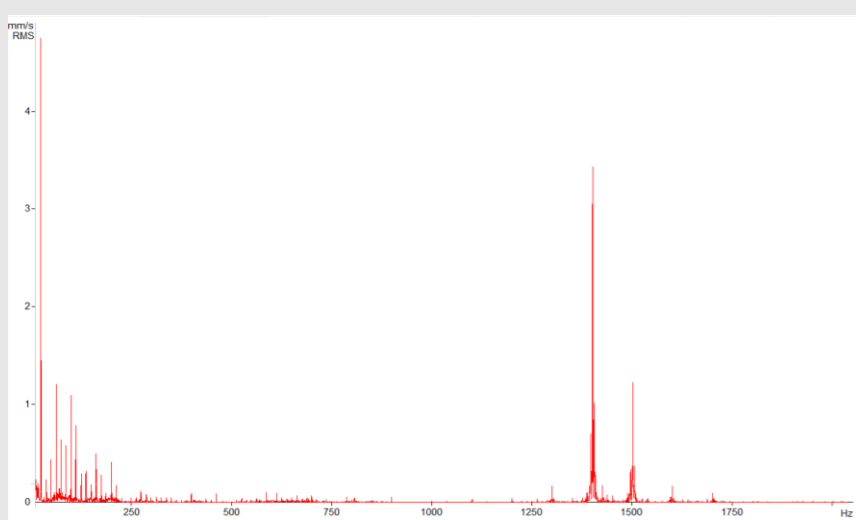
#### چکیده

استفاده از روش پایش وضعیت در صنایع، یکی از مهمترین عوامل در کاهش هزینه‌ها نگهداری و تعمیرات است. در این مقاله با استفاده از آنالیز ارتعاشات، تجارب استفاده از روشهای پایش وضعیت و کارایی آن در موتور-ژنراتورهای نیروگاهی مورد بررسی قرار گرفته است. با تحلیل سیگنال ارتعاشی، وجود مشکل در یاتاقان یکی از ژنراتورها، و همچنین عیوب ایجاد شده ناشی از نصب نامناسب و بهره برداری غیر اصولی که به شکست میل لنگ منجر شد، شناسایی شدند. با بررسی عملی یاتاقان ذکر شده، وجود عیب مشاهده، و از افزایش خسارت احتمالی به کل تجهیز جلوگیری به عمل آمد.

#### مقدمه

هر سیستم دینامیکی، دارای علائمی است که معرف کارکرد صحیح آن سیستم می‌باشد. استفاده از روش پایش وضعیت به منظور کاهش هزینه‌های تعمیرات و نگهداری بخش جدانشدنی در صنعت است. پایش وضعیت با روش‌های مختلفی به منظور تشخیص به موقع مشکل در اجزای ماشین به کار گرفته می‌شود. یکی از تکنیک‌های پر کاربرد استفاده از آنالیز ارتعاشات است. ارتعاش بخش جدا نشدنی ماشین آلات می‌باشد. آنالیز ارتعاشات راهکاری مناسب برای جلوگیری از افزایش ارتعاشات، با اندازه‌گیری به موقع و تشخیص عواملی که باعث افزایش ارتعاشات می‌شوند، می‌باشد. افزایش یا تغییر ناگهانی ارتعاش یک ماشین می‌تواند بیانگر بروز عیب در آن باشد. در این مقاله به بررسی موتور ژنراتورهای شرکت فاباموتور با استفاده از آنالیز ارتعاشات پرداخته می‌شود. موتورهای مذکور، در شمار موتورهای رفت و برگشتی با توان ۱۵۰۰ امگاوات در دور ۱۵۰۰ دور بر دقیقه هستند.

با بررسی مقادیر جدول ۱ و ۲ که RMS ارتعاشات فرکانس بالا را نشان می‌دهند، بالا بودن دامنه ارتعاشات در بعضی نقاط نسبت به سایر نقاط مشهود بود. از این رو با ارزیابی سیگنال ارتعاشی، خرابی بیرینگ تشخیص داده شد. شکل ۲ نشان دهنده طیف فرکانس نقطه 8-V و یاتاقان معیوب ژنراتور E7 می‌باشد.



شکل ۲- طیف فرکانسی ویاتاقان معیوب ژنراتور E7



#### نتایج و بحث

##### ۱. تشخیص خرابی بیرینگ

خلاصه مقادیر اندازه‌گیری ارتعاشات در فرکانس‌های بالا به منظور ارزیابی ماشین در بازه فرکانسی ۱۰۰۰-۸۰۰۰ هرتز در جداول ۱ و ۲ آورده شده است.

جدول ۱- مقادیر ارتعاشات فرکانس بالای موتورها (شتاب)

RMS (m/s²) 1000-8000 Hz	NDE				Mid				DE			
	1-V	1-H	1-A	4-H	4-A	2-V	2-H	5-H	3-V	3-H	6-H	
(E2)	16.4	23.3	25.9	76.8	10.9	15.5	27.2	23.6	35.6	31.7	8.8	
(E5)	13.0	18.1	18.3	50.9	10.0	15.8	16.7	18.4	15.2	11.2	6.5	
(E6)	13.4	15.4	17.8	41.5	10.3	11.3	15.4	10.6	13.6	10.5	7.2	
(E7)	13.3	18.2	16.3	34.9	7.6	11.4	10.2	12.7	11.1	10.9	5.9	

جدول ۲- مقادیر ارتعاشات ژنراتورها

Generators	mm/s, rms, 10-1000 Hz				m/s², rms, 1000-8000 Hz					
	7-V	7-H	7-A	8-V	8-H	7-V	7-H	7-A	8-V	8-H
(E2)	3.0	2.9	1.6	2.7	3.3	6.0	6.0	7.5	3.4	2.6
(E5)	3.4	2.9	2.8	2.6	2.7	5.4	4.7	5.3	6.6	6.1
(E6)	6.0	3.8	2.8	6.9	5.4	6.1	5.9	4.3	20.4	17.2
(E7)	4.1	4.0	4.3	6.8	5.9	20.9	24.7	7.9	51.0	13.1

جدول ۳- مقادیر ارتعاشی ژنراتورها در دو بازه فرکانسی

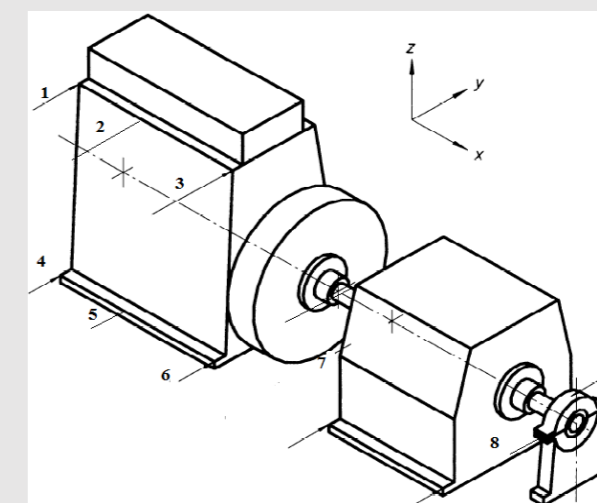
Generators	mm/s, rms, 10-1000 Hz					m/s², rms, 1000-8000 Hz				
	7-V	7-H	7-A	8-V	8-H	7-V	7-H	7-A	8-V	8-H
(E2)	4.9	5.8	2.8	7.9	9.4	8.1	8.0	9.1	4.1	4.0
(E3)	4.2	4.7	2.5	5.5	6.6	17.8	12.5	10.0	25.3	24.9
(E6)	7.6	4.9	3.8	9.1	7.2	9.3	9.0	6.2	20.0	25.6

##### ۲. شکست میل لنگ

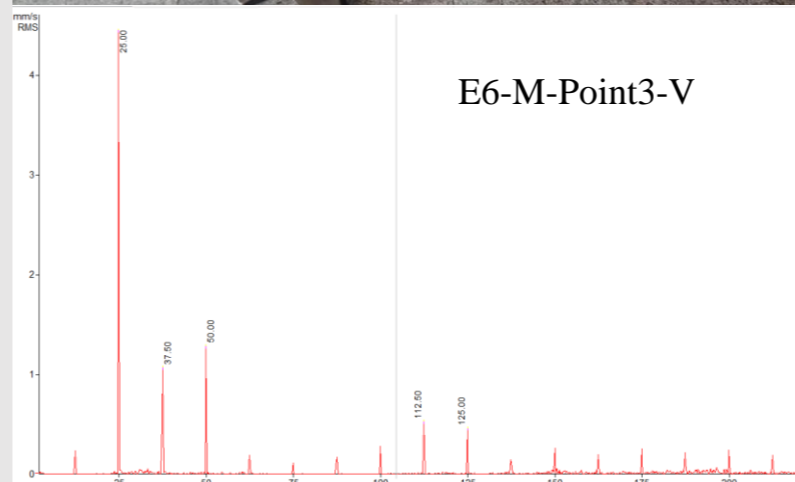
با توجه به اندازه‌گیری ارتعاشات موتور-ژنراتور و نیز بالا بودن ارتعاشات در ژنراتورها نسبت به مقادیر استاندارد، سیگنال ارتعاشی با دقت مورد بررسی قرار گرفت. در جدول ۳ مقادیر ارتعاشات برای ۳ ژنراتور آورده شده است. با تحلیل و بررسی طیف فرکانسی، مشکلات مربوط به عدم همراستایی و نامیزانی جرمی از روی طیف ارتعاشی تشخیص داده شد. از این رو، عامل شکست میل‌لنگ در تعدادی از موتور-ژنراتورها ناشی از نصب نادرست و نامناسب تجهیز در زمان بهره‌برداری بود. در شکل ۳ تصویر میل لنگ شکسته شده، مشاهده می‌شود.

#### روش تحقیق

اندازه‌گیری ارتعاشات در ماشین‌ها، می‌تواند در یک، دو یا سه جهت اندازه‌گیری شود. این نقاط با توجه به اهمیت و دقت و نیز امکان دسترسی می‌تواند متغیر باشد. شکل ۱ نشان دهنده تصویر شماتیک موتور و ژنراتور است. در این شکل محل قرار گیری سنسور، در نقاط مختلف شماره گذاری شده است. در هر یک از این نقاط با توجه به شرایط موجود، اندازه‌گیری در سه راستای عمودی، افقی و محوری انجام صورت گرفت. همچنین برای معیار ارزیابی ارتعاشات از استاندارد ISO 10816-3 برای ماشین‌های دورانی و ISO 10816-6 برای ماشین‌های رفت و برگشتی استفاده گردید.



شکل ۱- تصویر شماتیک موتور و ژنراتور



شکل ۳- تصویر میل‌لنگ و طیف موتور E6

#### نتیجه‌گیری

تاثیر استفاده از آنالیز ارتعاشات و تشخیص به موقع عیوب در ماشین‌های رفت و برگشتی مشاهده گردید. همچنین نقش تجربه به منظور تشخیص صحیح عیب، جدا از اینکه در استاندارد اشاره‌ای به فرکانس‌های بالا نشده بود حایز اهمیت خواهد بود. علاوه بر این علیرغم پیچیدگی تحلیل ارتعاشات ماشین‌های رفت و برگشتی، بالاخص موتورها که علاوه بر تحریکات ناشی از دور سامانه، از وجود احتراق هم تحریک می‌شوند، روش پایش وضعیت کارایی خود را در تشخیص عیوبی نظیر خرابی یاتاقان، نابالانسی و نصب نامناسب، شکست میل لنگ نشان داد.

#### منابع

- [1]- ISO 10816-1:1995 Mechanical vibration — Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts — Part 1: General
- [2]- ISO 10816-3:2009 Mechanical vibration — Part 3: Industrial machines with nominal power above 15 kW and nominal speeds between 120 r/min and 15 000 r/min
- [3]- ISO 10816-6:1995 Mechanical vibration — Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts — Part 6: Reciprocating machines with power ratings above 100 kW