

به نام خالق یکتا

دومین همایش تخصصی گروه صنعتی سیمان تهران

تشخیص ترک Impeller فن به کمک آنالیز ارتعاشات

مورد کاری در سیمان تهران

هادی زندیه ۱، مجید معصومی ۲

cm.zandiyeh@gmail.com

چکیده

اجزاء تجهیزات دوار دارای فرکانس‌های ارتعاشی متغیر و طیفهای متفاوت می‌باشند با آنالیز ارتعاشات و تفکیک طیفها که هر کدام گویای اجزاء متحرک در سیستم میباشد میتوان عیوب را تشخیص و نسبت به رفع آن اقدام نمود. در زمان خرابی تجهیز اهمیت موضوع این است که قسمت معیوب شناسایی شده و برنامه ریزی مناسب در زمان توقف ماشین و تعویض جزء خراب شده اقدام گردد. رشد خرابی از سرعت نسبتاً بالایی برخوردار می‌باشد (خصوصاً در صنایع معدنی به علت وجود سایش) که در صورت عدم تشخیص به موقع می‌تواند باعث ایجاد خسارت در دیگر قطعات و افزایش هزینه تعمیراتی گردد. با توجه به مهم بودن موضوع، در این مقاله سعی شده با بررسی نشانه‌های ارتعاشی خرابی در **Impeller** تجهیزات دوار، روشهای پیشگیری ارائه گردد.

واژه های کلیدی : FFT, [1] BPFI-BPFO-Overall, Impeller

۱- سرپرست تعمیرات سیار مجتمع صنعتی سیمان تهران

۲- سرپرست تعمیرات سیار مجتمع صنعتی سیمان تهران

همانطور که می‌دانیم محدودیت‌ها و ضعف‌هایی در استراتژی نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه (Preventive maintenance) از قبیل وجود نداشتن روش موثر در جهت پیش بینی خرابی احتمالی، عدم امکان توقف و یا تعویض زودرس قطعات طبق برنامه کارکرد بدون در نظر گرفتن عمر و کیفیت آنها وجود دارد که با ارائه استراتژی تعمیر و نگهداری بر پایه نظارت بر وضعیت (condition monitoring) اهمیت و جایگاه آنالیز ارتعاشات در این روش در جهت تشخیص خرابی‌های تجهیزات دوار بدون نیاز به توقف که خود باعث کاهش بسیاری از هزینه‌ها می‌گردد سبب گردیده این روش در بسیاری از صنایع مورد توجه خاصی قرار گیرد. در این مقاله سعی شده است تا ارتعاش یک نمونه فن مکنده الکتروفیلتر در واحد ششم کارخانه سیمان تهران مورد بررسی و تجزیه تحلیل قرار گیرد و عیب مورد نظر تشخیص داده شده و راهکار مناسب جهت رفع آن ارائه گردد.

روش‌های آنالیز ارتعاشات به چند دسته کلی تقسیم می‌شوند از جمله:

حوزه زمان آنالیز

حوزه فرکانس آنالیز

آنالیز حوزه زمان - فرکانس

مشخصات دستگاه

سیستم مکش غبار از طریق الکتروفیلتر توسط دو فن سانتریفیوژ Backward با مشخصات یکسان به شماره‌های K 0737 و K 0838 و به وزن تقریبی 3027KG جهت کوره واحد ششم با ظرفیت اسمی ۴۰۰۰ تن کلینگر در شبانه روز انجام می‌گیرد. تصویر یکی از این تجهیزات در شکل (۱) و مشخصات عملیاتی فن در جدول (۱) به نمایش گذاشته شده است.



شکل ۱- K 0838

مشخصات عملیاتی فن (۱)

K 0838	
Capacity at blow (Flow rate)	385 000 m ³ /h
Total Pressure	200 mm wg
Gas Density	0.619 kg/m ³ @ 220°C
Fan Type	G28-249 L8/360-002 CCW backward
Rated power of motor	min 322 KW
Rotating Speed FC	750 RPM
Bearing Type of Fan	22230 c
Bearing Type of Motor	NU 224 - 6320

دومین همایش تخصصی گروه صنعتی سیمان تهران

تجهیزات دوار در مجتمع صنعتی سیمان تهران بصورت دوره‌های یک هفته‌ای مورد پایش و آنالیز قرار می‌گیرند لذا در این مدت موارد اندازه‌گیری شده آنالیز میگردد. مقدار عددی و بیره فن مورد نظر در جهات عمودی و افقی در یاتاقان فیکس (سمت موتور) رشد داشته که ممکن است در زمان ارتعاش سنجی تحت تاثیرات شرایط بهره‌برداری و یا شکهای گذرا قرار گرفته باشد، بنابراین در چنین موقعیت‌هایی ضروری است زمان دوره را کوتاهتر و تعداد دفعات بیشتری ارتعاش سنجی انجام گیرد. با کنترل مجدد، مقدار RMS ثبت شد و این امر بروز عیب در تجهیز را قوت بخشید با وجود پیک‌های برابر دور تست آنالیز فازوفراکانسی جهت تشخیص لنگی، ناهمراستایی کوپلینگ شامل زاویه‌ای و خارج از مرکزی کنترل شد. لیکن هیچ یک از عیوب رایج در فن‌ها شامل فرکانس اثرات ارتعاشی پره‌ها (۱) ناهمراستایی کوپلینگ‌ها (۲) خرابی بیرینگ (۳) مربوطه، مشاهده نگردید. جهت پایش وضعیت موجود می‌توان از اندازه‌گیری سیگنالهای ارتعاشی استفاده کرد و عیوب سیستم را تشخیص داد، روند رشد پیک برابر دور با دامنه بلند در جهت افقی نمایانگر نابالانسی در پروانه بود با وجود غیر عادی بودن این وضعیت واحد ارتعاشات پروسه بالانس را در دستور کار خود قرار داد با هماهنگی‌های لازم فن متوقف و عملیات بالانس پس از داده برداری در مرحله اول Trial weight (اضافه کردن جرم) در بیشترین فاصله از مرکز در زاویه‌ای معین اضافه گردید. در مرحله دوم مقدار نابالانسی و زاویه بیش از ۴۰٪ تغییر مثبت داشت لذا در مرحله سوم برابر مقدار جرمی که دستگاه بالانس معرفی کرده اعمال گردید همانند مرحله قبل، مقدار نابالانسی و زاویه با تغییرات منفی ثبت گردید. برابر استاندارد ISO1940 [۲] مقدار نابالانسی بیش از حد و غیر قابل قبول بود (میزان نابالانسی برابر استاندارد کمتر از G6.3 قابل قبول است) واحد ارتعاشات مجتمع مقدار و بیره نابالانسی را در تجهیزات دوار خصوصاً فن‌ها را برابر G 2.5 لحاظ نموده است. در مرحله بعد برابر میزان جرم خواسته شده توسط دستگاه بالانس اعمال جرم گردید متأسفانه بعد از راه اندازی عدد و بیره بطور ناباورانه رشد داشته، تجهیز متوقف و جرم‌های اضافه شده از پشت Impeller جدا گردید فن با شرایط قبل با توجه به شرایط بهره‌برداری راه‌اندازی گردید. ارتعاش سنجی بعدی ثبت و مورد آنالیز قرار گرفت مشاهده گردید دامنه و بیره OVERALL در جهت محوری رشد داشته. در نمودار FFT پیک‌های چند برابر دور نمایان شد. وجود پیک‌های برابر دور نمودار (4) با دامنه‌های نا برابر نشان دهنده وجود لقی بود در بازرسی‌ها وضعیت سازه، اتصالات تجهیز به

دومین همایش تخصصی گروه صنعتی سیمان تهران

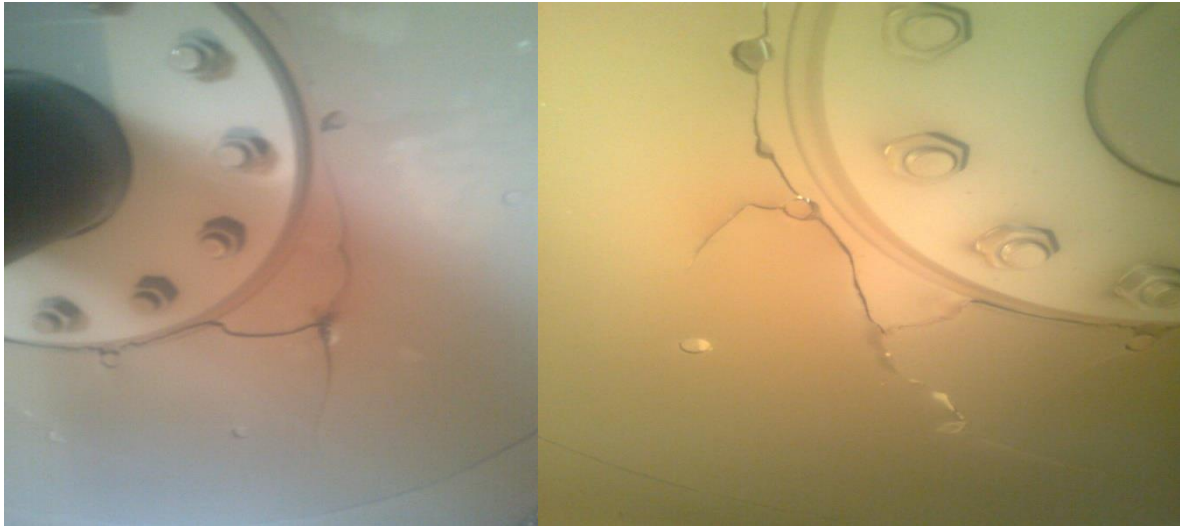
شاسی و فندانسیون، انطباقات کولپینگ و محاسبات مربوط به لقی رینگ داخلی و بیرونی بیرینگ مورد عرض یابی قرار گرفت و مورد خاصی مشاهده نگردید. با توجه به استانداردهای موجود ISO2372, 10816-3 برای ارتعاش فن و مقایسه ارتعاشات تجهیز مورد بحث با این استانداردها که میتوان از طریق انحراف مقادیر اندازه گیری شده از مقادیر موجود در استانداردها به میزان بحرانی بودن ارتعاشات پی برد. بعلاوه بالا بودن مقدار RMS نیاز بود تجهیز متوقف و بازرسی چشمی انجام گیرد و لذا بدلیل فراهم نبودن شرایط دید مستقیم و وجود حرارت امکان بازرسی از پروانه وجود نداشت، قابل توجه است این مورد خرابی را می توان به کمک دستگاه Stroboscope [3] شناسایی و تحلیل نمود و متأسفانه در آن زمان دستگاه فوق در دسترس نبود. روند صعودی ارتعاشات از تاریخ 2013/04/03 شروع شده و به شرح جدول شماره (2) ثبت گردید (فقط مقدار ارتعاشات یا تاقان پروانه سمت کولپینگ درج گردیده است)

جدول (2)

K 0838	vertical	horizontal	axial	
2013/04/03	0.5	0.7	0.5	مقدار ارتعاشات ثبت شده قبل از تعویض پروانه و در زمان کارکرد با وجود ترک
2013/04/04	3.36	6.5	3.34	
2013/04/05	4	6.2	5.5	
2013/04/12	9.43	6.6	10.2	
2013/04/15	0.8	1	1.1	ارتعاشات ثبت شده پس از تعویض پروانه

در تاریخ ۲۰۱۳/۰۴/۱۵ در زمان توقف کوتاه مدت کوره پخت، بازرسی از پروانه فن و Impeller انجام گردید و ترک‌هایی برابر تصویر شماره (۳) در سطح اطراف توپی مشاهده شد. ترک در مسیرهای خاصی در اطراف توپی نمایان شده بود و ادامه کار کرد منتهی به افزایش رشد ترک و بروز حادثه می شد لذا واحد آنالیز ارتعاشات و بالانس توقف فن را

ضروری دانسته و درخواست شد نسبت به تعویض پروانه فن اقدام گردد. دمونتاژ فن توسط گروه مکانیک انجام و پروانه جهت بازرسی به کارگاه ارجاع گردید.



شکل ۳

محاسبات مربوط به قطعات گردنده در تجهیز: [4]

$$FB = \text{Number of blade} \times \text{Rpm} \quad (۱)$$

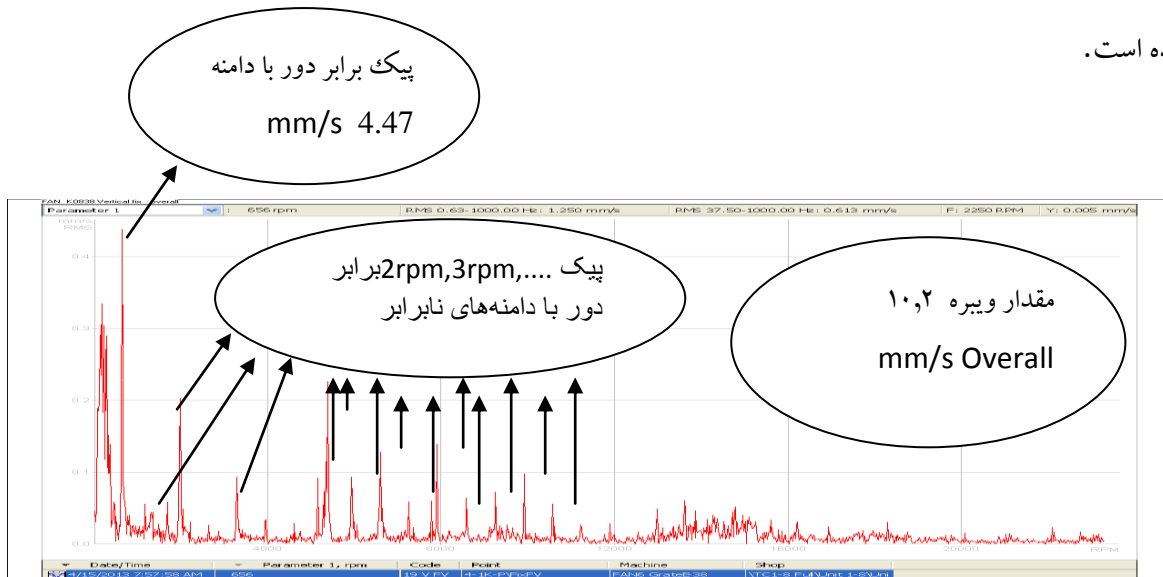
$$FC = \text{Rpm} \times \text{Number of coupling's Bolts} \quad (۲)$$

$$\text{Basic frequency:} \quad (۳)$$

Designation 22230-E1

Rollover frequency inner ring	BPM	۱۲۹,۷	[1/s]
Rollover frequency outer ring	BPM	۹۵,۲۶	[1/s]
Rollover frequency rolling element	BSF	۳۹,۱۲۵	[1/s]
Speed of the rolling element set for rotating inner ring FTF _i		۵,۲۵	[1/s]
Speed of the rolling element set for rotating outer ring FTF _o		۷,۲۵	[1/s]

پروانه فن تعویض و در مورخه 04/16 راه اندازی گردید دامنه و مقدار RMS ارتعاشات کاهش و در جدول (۲) ثبت



FAN K ۰۸۳۸

(4)

Comment:	FAN K0838 Axial RMS Overall
Shop:	\TC1-8 Full\Unit 1-8\Unit1-8
Machine:	FAN6 GrateE-38
Point:	4-1K-P\FixFA
Point code:	21 A FA
Unit:	mm/s
Acquisition date/time:	12.04.13 09:45
Signal type:	Spectrum (RMS) from wave
Fhigh (Hz):	1000.00
Flow (Hz):	0.625000
Lines:	3200
Window:	Rectangle
Averaging type:	Linear
Overlapping percent:	0
Averaging count:	1
RMS:	10.248

جدول نمودار ۴

حل مسئله:

(۱) وجود ضعف در ورق تقویتی استفاده شده جهت ایجاد سفتی بین Impeller و توپی

(۲) استفاده از پین جهت ایجاد یکپارچگی Impeller، توپی و ورق تقویتی

پس از ساخت اجزاء پروانه توسط شرکت فن ساز، جهت اتصال و یکپارچگی از پین استفاده شده و در نهایت محل خروج پین در دو طرف توسط عملیات جوشکاری برق محکم گردید، در طول مدت زمان کارکرد فن بعلت وجود ذرات سایشی، محل جوش پین ها نیز در معرض خوردگی و سایش بوده و با از بین رفتن جوش، پین ها در جای خود ایجاد خزش نموده با وجود ضربان بین Impeller، توپی و ورق تقویتی پدیده ترک خوردگی اتفاق افتاده و با پیشرفت و ایجاد تنفس، تولید ارتعاشات محوری نموده است.

موارد اصلاحی فوق در نقشه ساخت منظور گردید.

نتایج

نیاز است تجهیزات دوار مورد کنترل قرار گرفته و روند خرابی و پیشرفت عیوب را تشخیص و از آن جلوگیری نمود. در تجهیز مورد بحث عیوب رایج در فن ها با استفاده از تکنیک آنالیز ارتعاشی و تفکیک فاز تحت کنترل دقیق تر قرار گرفته و در نهایت ویریه عمودی و خصوصاً محوری و با وجود پیک های 1RPM, 2RPM, 3RPM, در سازه شناسایی و از بروز خطرات احتمالی جلوگیری شد.

نکته: راه تشخیص با استفاده از بالانس

وجود ترک تنفسی می تواند باعث نابالانسی گردد و بالانس آن بعلت عدم میرایی ثبات پذیر نمی باشد.

امروزه صنایع پیشرفته، جهت CM ارزش قائل شده به این دلیل که می توان بوسیله آن عیوب را شناسایی و جهت رفع آن راهکار ارائه و طول عمر مفید تجهیزات را افزایش داد. می توان با ارج نهادن به CM از هزینه های گزاف جلوگیری کرد.

تشکر و قدر دانی

در خاتمه از ریاست محترم مجتمع، مدیران و مهندسين گرامی خصوصاً جناب آقای مهندس حسینی و تمامی همکارانم که با سعه صدر موجبات دلگرمی واحد CM شده را ارج نهاده، کمال تشکر و قدر دانی را دارم.

[1] Wowk V., Machinery Vibration Measurement and Analysis, Mc Graw Hill, New York, 1991

[2] www.fag.de

[3] www.CheckLine.com

[4] Balance Quality Requirements of Rotating Rigid Bodies; Part1. "Determination and Verification of Balance Tolerance," ISO 1940-1, 1998 ; Part 2. "Balance Errors," ISO 1940-2, 1998