

**POBOLJŠANJE KVALITETA ODRŽAVANJA PROCESNIH  
VENTILATORA KORIŠTENJEM PRENOSIVOG UREĐAJA  
VIBRODIJAGNOSTIČKOG NADZORA**

**IMPROVING THE QUALITY OF MAINTENANCE PROCESS FANS BY  
USING PORTABLE DEVICE FOR VIBRODIAGNOSTIC  
MONITORING**

**Dr. Sc. Alić Senad, B.Sc. Mech. Eng.,  
Dr. Sc. Imamović Mustafa  
„ARCELOR MITTAL“ Zenica, Zenica**

**Dr. Sc. Safet Brdarević,  
University of Zenica, Fakultetska 1,72000 Zenica BiH**

**Spahić Eniz, B.Sc. Mech. Eng.,  
„ARCELOR MITTAL“ Zenica, Zenica**

**REZIME**

*Korištenjem povremenog monitoringa procesnih ventilatora sa četiri klizna ležaja na elektromotoru i radnom kolu omogućava se pravovremeno dobijanje svih radnih parametara i dijagnosticiraju sve nepravilnosti njihovog rada. Kontrolisanim praćenjem vibracija, temperatura je moguće sagledati odgovarajuća poboljšanja kvaliteta održavanja. To značajno smanjuje troškove održavanja, omogućava planiranje održavanja i smanjenja stanja otkaza. Kontinuiran rad procesnih ventilatora omogućava kontinuiranu proizvodnju sintera. Povremeni monitoring na kliznim ležajevima (4 kom) procesnih ventilatora (ekshaustora br. 4, 5 i 6) služi da se putem prenosivog instrumentarija **SKF** firme, pomoću uređaja CMVA60ULS-EN-1, ser. br. 602975, akcelerometara, SKFCMSS2200, ser.br. S2712 i VLS5/T/LSR laser phase reference kit, ser.br. 1007415, mjere vibracije i temperatura na kliznim ležajevima. Signali vibracija i temperatura se na senzovima uzimaju u analognom obliku i elektronskom aparaturom pretvaraju u digitalni oblik. Dijagramski oblik se definiira kao inverzni FFT (Brza Fourier Transformacija) od logaritamskog spektruma snage.*

**Ključne riječi:** kvalitet održavanja, vibrodijagnostički nadzor, vibracije, temperatura

**ABSTRACT**

*Using the periodic monitoring process fan Four sliding bearings on the motor and impeller enables the timely retrieval of all operating parameters and diagnose any irregularities in their work. Controlled by monitoring vibration, temperature is possible to see the corresponding improvements in the quality of maintenance. This significantly reduces maintenance costs, provides maintenance planning and reducing incorrect condition. Continuous work process fan allows continuous production of sinter. Regularly monitoring the sliding bearings (4 pcs) process fan (ekshaustora Nos. 4, 5 and 6) is used to through the portable instruments of the company, using a CMVA60ULS-EN-1, sir. no. 602,975, accelerometers, SKFCMSS2200, Ser S2712 and VLS5 / T / LSR laser phase reference kit, Ser 1007415, measures the vibration and temperature of the sliding bearings. Signals vibration and temperature sensors to take into analog form and the electronic apparatus are converted into*

*digital form. Diagrammatic form is defined as the inverse FFT (Fast Fourier Transform) of the logarithmic power spectrum.*

**Keywords:** quality of maintenance, vibrodijagnostički control, vibration, temperature

## 1. UVOD

U savremenim proizvodnim i prerađivačkim postrojenjima procesni ventilatori se većinom nalaze u kontinuiranom procesu rada. Neočekivani otkaz ventilatora može da poremeti čitav proces, uz velike gubitke u vidu količine proizvedene opreme, troškova radne snage i popravke ili zamjene opreme. Današnja savremena tehnika ispitivanja bez razaranja omogućava otkrivanje oštećenja na mašini dok je ona u radu. Kontinuiranim praćenjem vibracija i temperature na kliznim ležajevima procesnih ventilatora doveli su do značajnog smanjenja troškova održavanja, efikasnijeg održavanja i smanjenja stanja otkaza ovih mašina. Ovaj sistem praćenja parametara stanja mašina je omogućen stalnom softverskom podrškom računara. Prenosivim instrumentarijima mogu se uspješno mjeriti vrijednosti vibracija i temperatura na procesnim ventilatorima koji kontinuirano rade. Ovo omogućava donošenje odgovarajuće i pravovremene odluke o daljim zahvatima održavanja.

## 2. KARAKTERISTIKE POSMATRANIH PROCESNIH VENTILATORA (EKSHAUSTORA)

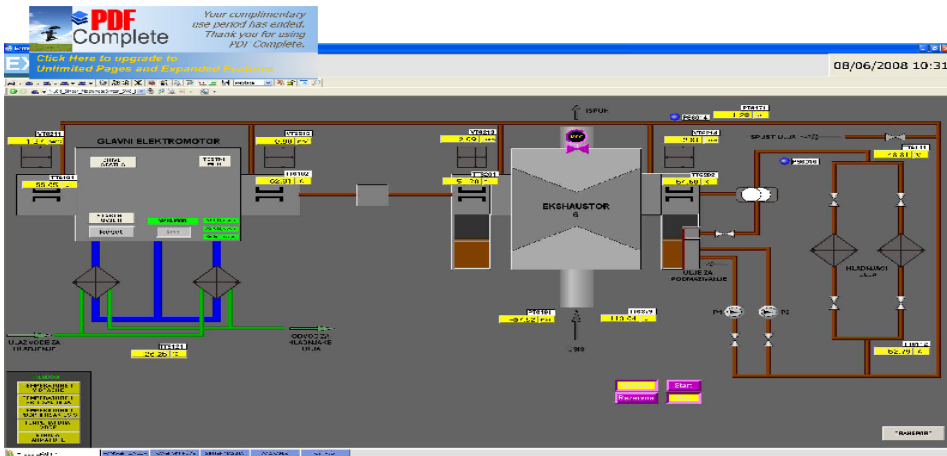
Ekshaustor tipa 6500 – II – 4 je centrifugalni ventilator koji je konstruisan i izrađen u Novskoj tvornici strojeva V.I. Lenjin, a predviđen je za usisavanje vazduha kroz zasip na aglomašini koji se prži, te uklanjanje stvorenih plinova aglomašine kod suhog čišćenja plina.

Osnovni parametri ekshaustora su:

- |  |                               |
|--|-------------------------------|
| - zapreminski kapacitet vlažnog plina u odnosu na osnovne uslove | 6500 [m <sup>3</sup> / min],  |
| - kapacitet suhog plina u odnosu na 0 ° C i 1 bar živinog stuba  | 3680 [Nm <sup>3</sup> / min], |
| - potrebna snaga   | 1700 [KW],                    |
| - broj okretaja rotora ekshaustora                               | 1500 [o / min],               |

Posmatrani ekshaustori imaju 4 kućišta ležajeva sa kliznim ležajevima ( elektromotor je oslonjen na dva klizna ležaja i rotor ekshaustora na dva klizna ležaja ). Na svim ležajevima se kontinuirano mjere :

- temperatura kliznih ležajeva TT4101, 4102, 4201, 4202 , 5101, 5102, 5201, 5202, 6101, 6102, 6201, 6202, temperatura dimnih plinova na ulazu u ekshaustor 4,5,6 TT4131, 5131, 6131, temperatura vode za hlađenje motora u sistemu hlađenja sa zrakom ekshaustora 4,5,6 TT4121, 5121, 6121, temperatura ulja za podmazivanje kliznih ležajeva na ulazu u hladnjak koje se hladi vodom ekshaustora 4,5,6 TT4112, 5112, 6112, temperatura ulja iza hladnjaka ulja koje se hladi vodom za ekshaustor 4,5,6, TT4111, 5111, 6111,
- vibracije ležajeva VT 4211, 4212, 4213,4214, 5211, 5212, 5213, 5214, 6211, 6212, 6213, 6214, za klizne ležajeve ekshaustora 4,5,6,
- pritisak dimnih plinova na ulazu u ekshaustor 4,5,6 PT 4171, 5171, 6171.



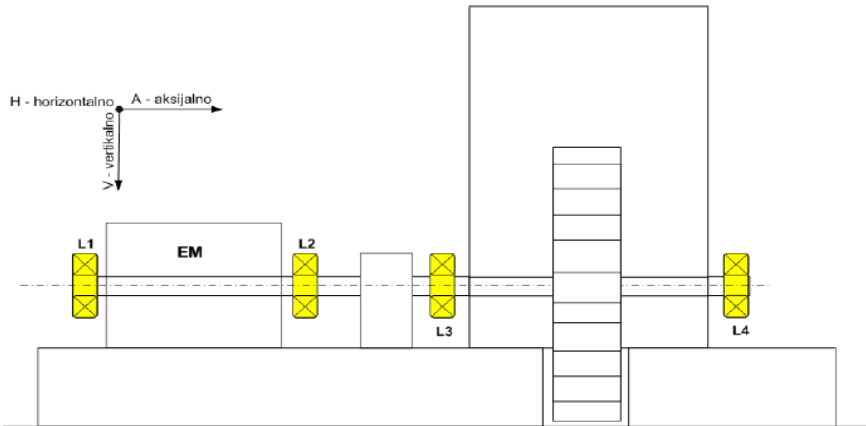
Slika 1. Šematki prikaz postrojenja ekshaustora br. 4, 5 i 6 sa mjestima za mjerenje radnih parametra

### 3. POVREMENI MONITORING PROCESNIH VENTILATORA 4,5 I 6 POMOĆU UREĐAJA CMVA60ULS-EN-1

Principijelna šema navedenih mjerenja je data na slici 2. Prenosivi dijelovi instrumentarija na terenu se sastoje od: uređaja, kablova i senzora. Senzori koji imaju magnet se tako postave na klizne ležajeve i uzimaju se tehničke vrijednosti potrebne za brzinu [mm/s] i ubrzanje vibracija [mm/s<sup>2</sup>]. Uređaj u sebe pohranjuje bazu podataka potrebnu za analizu istih u računar u koji se ova baza podataka unosi poslije mjerenja. U računar se putem softvera preračunava ova baza podataka u vrijednost brzine i ubrzanja vibracija. Ove vrijednosti pokazuju vrijednosti vibracija i ubrzanja u tri ose (vertikalnom – y, horizontalnom – x i aksijalnom – z) pravcu. Rezultujuća vrijednost brzine i ubrzanja vibracija se može izračunati po principu sabiranja vektorskih veličina.

Mjerenja, pomoću ovog instrumentarija, su vršena na ekshaustoru br. 4,5 i dimni ventilator br. 4, koji su procesni ventilatori za aglomacije br. 4,5 i 6. Princip označavanja tačaka kod ovog mjerenja se vrši ovako: ekshaustor 5 xxx xxx, 5-1 VEL (oznaka stroja – procesni ventilator za prisisavanje aglomacije i dimne plinove), xxx 1x xxx – broj mjernih tačaka na ležajevima, xxx xxH xxx – smjer mjerenja – H-horizontalno, V-vertikalno, A-aksijalno, xxx xxx VEL – vrsta mjerenja – VEL-brzina, ENV-envelopa akceleracije i ACC-akceleracija. U tabeli 1. koristeći ISO standard date su preporuke za krute oslonce za vibracije.

Pozicije strojeva i shema mjernih točaka:



Slika 2. Principijelna šema mjerenja horizontalnih, vertikalnih i aksijalnih vibracija na kliznim ležajevima procesnih ventilatora (ekshaustora) br. 4, 5 i 6 pomoću instrumentarija firme SKF

Tabela 1. Vibracije prema standardu ISO 10816-3, za krute oslonce

Granične zone	Kruti oslonac
A/B	2,3 mm/s
B/C	4,5 mm/s
C/D	7,1 mm/s

Preporuke ovog standarda za četiri zone kako je dato:

- Zona A: Vibracije novih strojeva će se obično nalaziti u ovoj zoni.
- Zona B: Strojevi sa visinom vibracija unutar ove zone obično se smatraju prihvatljivim za dugotrajan rad bez ograničenja.
- Zona C: Strojevi sa visinom vibracija unutar ove zone obično se smatraju neprihvatljivim za dugotrajan neprekidan rad. Općenito ovakvi strojevi mogu raditi ograničeni vremenski period u ovakvom stanju, dok se ne pojavi mogućnost za provođenje odgovarajućeg zahvata.
- Zona D: Vrijednosti vibracija unutar ove zone obično se smatraju kao značajan faktor uzroka oštećenja stroja.

Tabela 2. Vrijednosti stanja izmjerenih horizontalnih, vertikalnih i aksijalnih vibracija i akceleracije envelope na kliznim ležajevima procesnih ventilatora br. 4 i 5 i dimnog ventilatora br.4 pomoću instrumentarija firme SKF

	Stroj	Balansiranje	Centriranje	Stanje		Opaska
				Vibracije	Ležaji	
1.	Ekshaustor br. 4	-	Obaviti mjerenja radi određivanja toplinskih kompenzacija	B	1	
2.	Ekshaustor br. 5			B	1	
3.	Dimni vent. br. 4			B	1	

\* vrijednosti koje pripadaju A i B zonom prema ISO 10816-3 zelene su boje

\* vrijednosti koje pripadaju C zoni prema ISO 10816-3 žute su boje

\* vrijednosti koje pripadaju D zoni ISO 10816-3 crvene su boje

Vrijednosti u tablici su u mm/sec (ISO 10816-3)

	Stroj	L1			L2			L3			L4			Opaska
		H	V	A	H	V	A	H	V	A	H	V	A	
1.	Ekshaustor br. 4	1,80	0,51	2,62	3,62	1,68	3,79	1,28	0,95	1,24	0,67	0,37	0,73	
2.	Ekshaustor br. 5	3,84	1,00	2,64	3,56	1,26	0,91	2,19	0,49	0,99	2,47	0,68	1,78	
3.	Dimni vent. br. 4	2,01	1,85	3,80	2,16	3,69	3,12	1,34	1,27	1,85	0,51	0,45	0,62	

\* vrijednosti koje pripadaju A i B zonom prema ISO 10816-3 zelene su boje

\* vrijednosti koje pripadaju C zoni prema ISO 10816-3 žute su boje

\* vrijednosti koje pripadaju D zoni ISO 10816-3 crvene su boje

Vrijednosti u tablici su u gE

	Stroj	L1	L2	L3	L4	Opaska
		H	H	H	H	
1.	Ekshaustor br. 4	1,25	0,72	0,74	1,58	
2.	Ekshaustor br. 5	0,14	0,75	0,55	0,84	
3.	Dimni vent. br. 4	0,44	0,28	0,74	0,39	

Bez problema – zelena boja

Problem sa ležajima – žuta boja

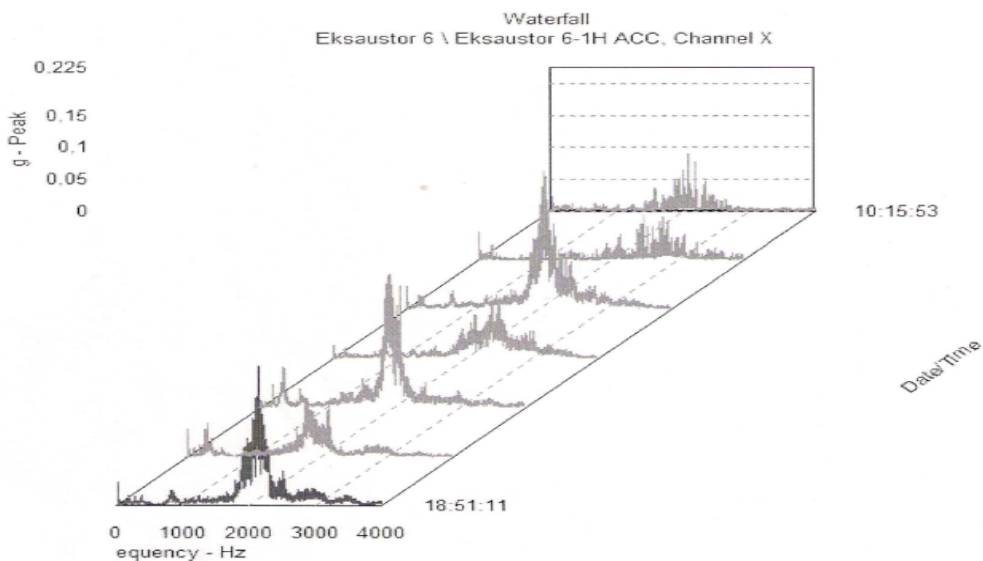
Ozbiljan problem sa ležajima – crvena boja

Tabela 3. Vrijednosti karakteristika vibracija procesnog ventilatora (ekshaustora) br. 6

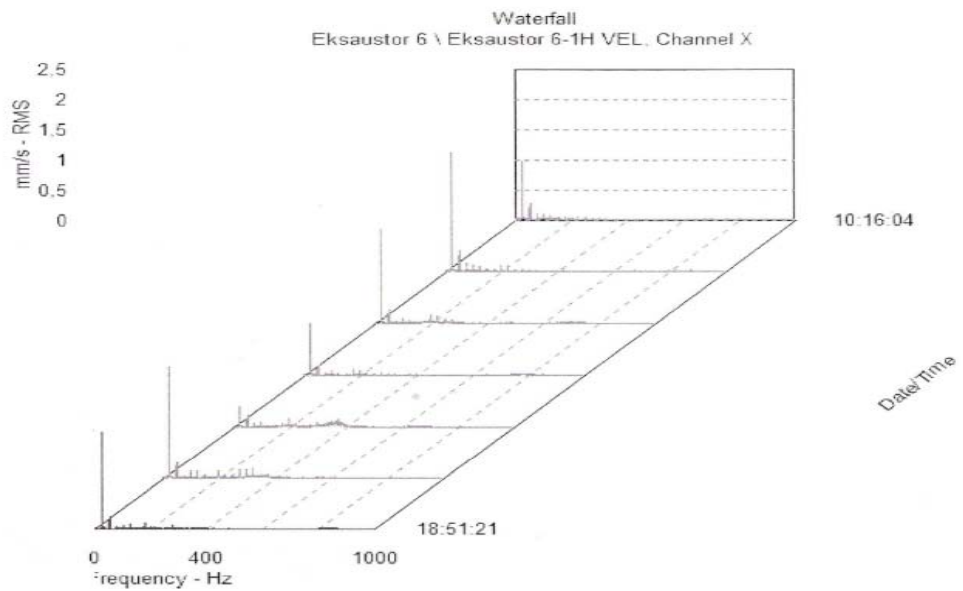
Last Measurement Report – Source : Procesni ventilator 6							
Machine name	POINT name	Date / Time	Last value	Previous value	Units	% change	Alarm status
Ekshaustor 6	6-1H HFD	14.4.2011. 18:51:00	0,126	0,048	gHFD rms	163	---
Ekshaustor 6	6-1H HFp	14.4.2011. 18:51:06	0,414	0,156	gHFD	166	---
Ekshaustor 6	6-1H ACC	14.4.2011. 18:51:11	1,453	0,753	g	93	---
Ekshaustor 6	6-1H VEL	14.4.2011. 18:51:21	1,681	1,979	mm/s	-15	---
Ekshaustor 6	6-1H ENV	14.4.2011. 18:51:26	4,786	2,346	gE	104	Overall Danger
Ekshaustor 6	6-1V VEL	14.4.2011. 18:51:45	0,506	0,343	mm/s	-21,3	---
Ekshaustor 6	6-1A VEL	14.4.2011. 18:52:02	0,583	0,892	mm/s	-34,6	---
Ekshaustor 6	6-2H HFD	14.4.2011. 18:52:21	0,014	0,009	gHFD rms	48,1	---
Ekshaustor 6	6-2H HFp	14.4.2011. 18:52:31	0,063	0,071	gHFD	-11,9	---
Ekshaustor 6	6-2H ACC	14.4.2011. 18:52:36	0,150	0,133	g	12,7	---
Ekshaustor 6	6-2H VEL	14.4.2011. 18:52:46	2,216	2,247	mm/s	-1,39	---
Ekshaustor 6	6-2H ENV	14.4.2011. 18:52:51	1,259	0,953	gE	32,1	---
Ekshaustor 6	6-2V VEL	14.4.2011. 18:53:09	0,489	0,532	mm/s	-7,96	---
Ekshaustor 6	6-2A VEL	14.4.2011. 18:53:27	0,721	1,004	mm/s	-28,2	---
Ekshaustor 6	6-3H HFD	14.4.2011. 18:53:40	0,015	0,015	gHFD rms	1,34	---

Ekshaustor 6	6-3H HFp	14.4.2011. 18:53:46	0,042	0,035	gHFD	20,4	---
Ekshaustor 6	6-3H ACC	14.4.2011. 18:53:52	0,236	0,267	g	-11,6	---
Ekshaustor 6	6-3H VEL	14.4.2011. 18:54:04	2,404	2,219	mm/s	8,37	---
Ekshaustor 6	6-3H ENV	14.4.2011. 18:54:08	0,680	0,811	gE	-16,1	---
Ekshaustor 6	6-3V VEL	14.4.2011. 18:54:27	1,689	1,690	mm/s	-0,0587	---
Ekshaustor 6	6-3A VEL	14.4.2011. 18:54:44	2,519	2,644	mm/s	-4,73	---
Ekshaustor 6	6-4H HFD	14.4.2011. 18:55:02	0,030	0,046	gHFD rms	-34,3	---
Ekshaustor 6	6-4H HFp	14.4.2011. 18:55:08	0,159	0,182	gHFD	-12,8	---
Ekshaustor 6	6-4HACC	14.4.2011. 18:55:12	0,394	0,433	g	-9,12	---
Ekshaustor 6	6-4H VEL	14.4.2011. 18:55:23	1,334	0,993	mm/s	34,3	---
Ekshaustor 6	6-4H ENV	14.4.2011. 18:55:28	1,276	1,771	gE	-28	---
Ekshaustor 6	6-4V VEL	14.4.2011. 18:55:46	0,962	0,580	mm/s	66	---
Ekshaustor 6	6-4A VEL	14.4.2011. 18:56:08	1,215	4,959	mm/s	-75,5	---

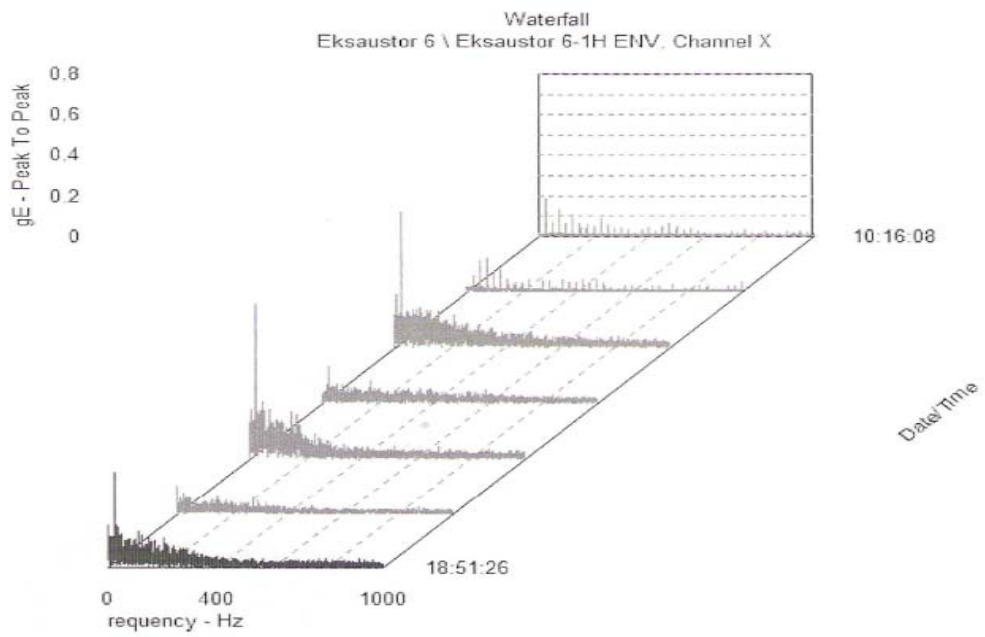
Na slici 3. a,b,c,d,e prikazane su karakteristične vrijednosti vibracijskog stanja kliznog ležaja br. 1 procesnog ventilatora (ekshaustora) br. 6, a za čije je mjerenje je korištena aparatura preko prenosivog instrumentarija **SKF** firme.



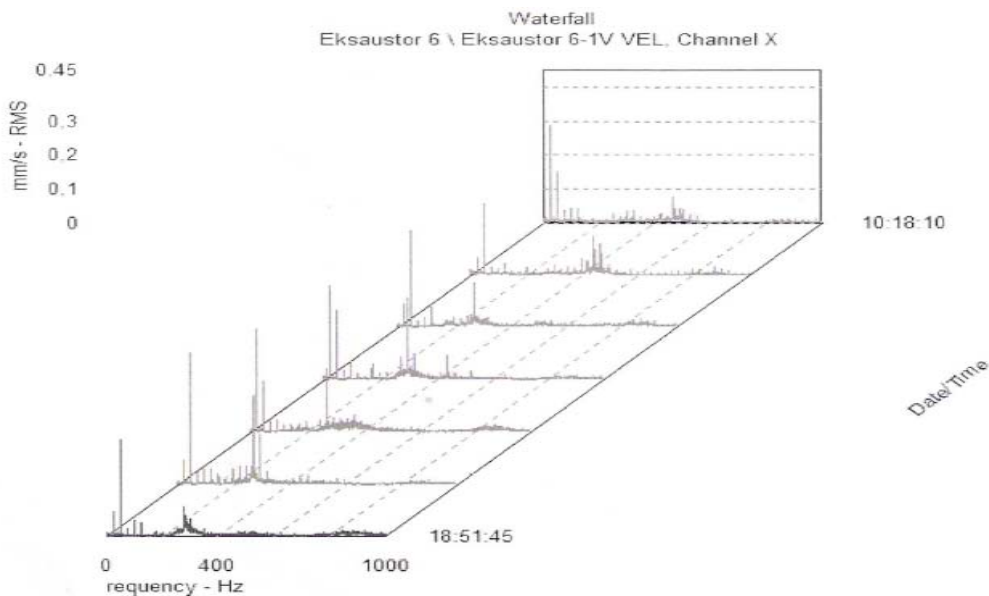
a.



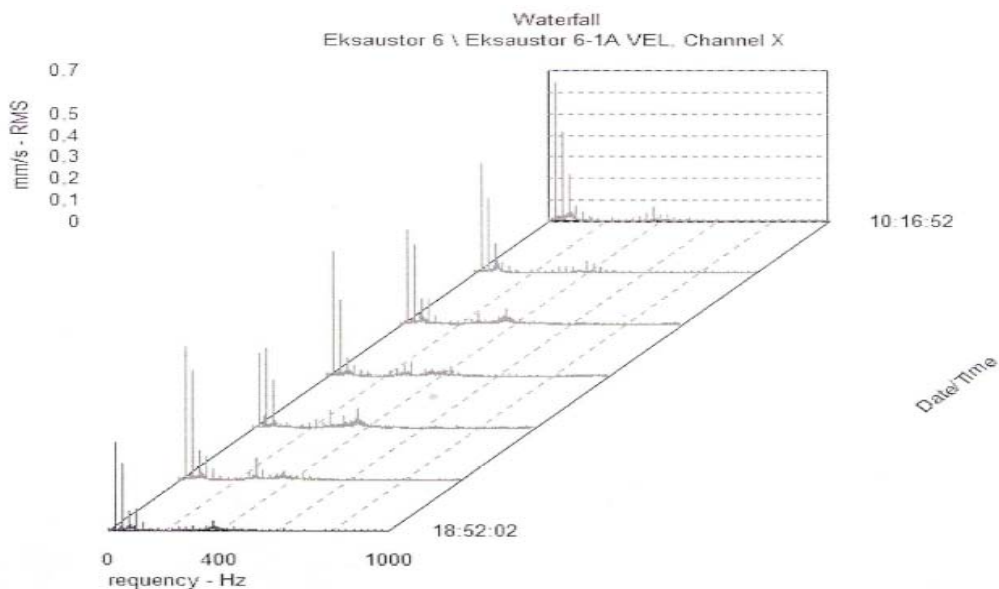
b.



c.



d.



e.

Slika 3. a,b,c,d,e. Vibracijske karakteristike kliznog ležaja br. 1 ekshaustora br. 6

#### 4. ZAKLJUČCI

Na osnovu izloženog načina praćenja vibracija navedenim uređajima i pomoću instalisanog softvera i ovim pristupom obrade izlaznih vrijednosti vibracije može se zaključiti sljedeće:

- Mogući uzroci neprihvatljivih vibracija na procesnim ventilatorima su: debalans radnih kola ventilatora, nesaosnost osa vratila elektromotora i radnog kola ventilatora, neodgovarajuća krutost veze procesnog ventilatora i elektromotora sa temeljima,



nesaosnost ose rukavca vratila u odnosu na osu ležaja, ugibanje vratila, deformisanost rotora elektromotora i radnog kola, neispravnost količine i kvaliteta ulja za podmazivanje kliznih ležajeva, olabavljenost spojeva, povećani zazor u ležajevima, poremećaj horizontalnosti cijelog sistema, odstupanje obrtnog momenta,

- Povremeno praćenje vibracija i temperatura na kliznim ležajevima sinhronih elektromotora i radnih kola ventilatora velikih snaga omogućava pravovremeno otkrivanje nepravilnosti u radu ovakvih agregata,
- Praćenjem vibracija na kliznim ležajevima, tj. praćenjem trenda rasta vibracija i temperatura može se doći do zakonitosti promjene vibracija na kliznim ležajevima, na ovakvim postrojenjima,
- Ovakvim mjerenjem vibracija i temperatura moguće je planirati i poduzimati odgovarajuće i pravovremene zahvate održavanja, tj. povećavati kvalitet održavanja procesnih ventilatora.

## 5. LITERATURA

- [1] Brdarević, S.: Održavanje sredstava za rad, Zenica, 1993.
- [2] Adamović, Ž.: Planiranje i upravljanje održavanjem pomoću računara, Beograd, 1987.
- [3] Avdić, H.; Tufekčić, Dž.: Terotehnologija I, Tuzla, 2007.
- [4] Sebastijanović, S.; Tufekčić, Dž.: Održavanje, Tuzla, 1998.
- [5] Adamović, Ž.: Upravljanje održavanjem tehničkih sistema, OMO, Beograd, 1986.
- [6] Standard ISO 10816 – 3; Karakteristike za vibracije

