

## **STRATEGIJA RAZVOJA DIJAGNOSTIKE - BITAN FAKTOR U MENADŽMENTU**

### **STRATEGY OF DIAGNOSTICS DEVELOPMENT- ESSENTIAL FACTOR IN MANAGEMENT**

Mr Dijana Nikolić<sup>1</sup>  
Siniša Borojević<sup>2</sup>  
mr Geogios Petridis<sup>3</sup>

**Rezime:** Ovaj rad formuliše bitne faktore koji definitivno pokazuju da je dijagnostika na vidnom usponu i aktivni učesnik danas u procesu proizvodnje i savremenom održavanju sistema gde napredni menadžment na osnovu pouzdanih i sigurnih sistema donosi precizne odluke i dalekovidne planove. Dijagnostika i condition monitoring su uspeli da ujedine sve tehničke strukture (elektro, mašinsku, elektroniku, automatiku, informatiku, rudarstvo, procese i dr.) u jednu celinu, da obrade informacije, i plasira prema vrhu inteligencije - odnosno rukovodstvu kompanije.

**Ključne reči:** održavanje, dijagnostika, condition monitoring

**Abstract:** This paper formulates the essential factors that definitely show visible rise of the diagnostics and now an active participant in the production process and modern maintenance systems where advanced management based on reliable and secure system make accurate decisions and longterm plans. Diagnostics and Condition Monitoring managed to unite all the technical structure (electrical, mechanical, electronics, automation, IT, mining, and other processes.) into a single unit, to process information, and place it the top of the intelligence - or the company management.

**Key words:** maintenance, diagnostics, condition monitoring

#### **1. UVOD**

U ovom radu su analizirani načini i problemi savremenih strategija održavanja na osnovu iskustva iz prakse. Pod tradicionalnim strategijama održavanja podrazumijeva se preventivno, korektivno i kombinovano održavanje. Savremene strategije održavanja su: RCM, TPM, održavanje prema stanju, prediktivno održavanje i veći broj tzv. „ubrzanih strategija“.

Rezultati postignuti primenom strategije RCM, u različitim slučajevima, su sledeći: smanjenje broja radnih sati za preventivno održavanje za 87%; smanjenje ukupnog broja radnih sati za održavanje do 29%; smanjenje troškova repromaterijala za održavanje do 64%; povećanje raspoloživosti opreme i sistema do 15%; povećanje pouzdanosti tehničkih sredstava do 100%.

<sup>1</sup> mr Dijana Nikolić, IMK "14. Oktobar", Kruševac, dijana037@yahoo.com

<sup>2</sup> Siniša Borojević, Lafarge Cementara, Beočin, borojevic@sezampro.rs

<sup>3</sup> mr Geogios Petridis, Minden, Nemačka, geogios.petridis@alice-dsl.net

Uvođenje strategije TPM zahteva puno vremena i uloženog rada. Prvi efekti se primećuju već posle 6 meseci, dok puna implementacija traje više godina. Velike uspehe primenom ovog koncepta su postigle kompanijame kao što su Ford, Kodak, Harley Davidson i Texas Instruments. Investicije se vraćaju za najmanje tri puta, a zastoj zbog održavanja skraćuje i preko 50%.

Jedan od najbitnijih zahteva u industriji je svakako da se proizvodni proces održi u kontinuitetu u što dužem vremensko periodu. A to ustvari znači, rad bez otkaza, odnosno sa što manje neplaniranih otkaza jer u suštini oni uzrokuju velike ekonomske gubitke, izazivaju dodatna oštećenja opreme, i ugrožava se sigurnost ljudi.

## 2. SAVREMENA STRATEGIJA ODRŽAVANJA PROCESA - DIJAGNOSTIKA

Sadašnji trend savremenog održavanja procesa i industrijskih postrojenja baziran je na sistemu praćenja i dijagnostike pogona, a samim time i rešavanju problema koji nastaju u toku rada.

Visok stepen dijagnostike zahteva dobro i precizno znanje dinamike mašina. Vibracije koje se pojavljuju zbog raznih poremećaja tokom upotrebe mašina, u većini slučajeva su veoma opasne iz više razloga i zato moraju da se drže pod kontrolom. Da bi prepoznali koji je glavni uzročnik nastanka vibracija moramo da koristimo savremene i kalibrisane instrumente analizatore pomoću kojih snimamo i analiziramo vibracije. Spektralna analiza vibracija danas predstavlja jedan od najpreciznijih sistema dijagnostike uključujući i analizu vremenskih signala.

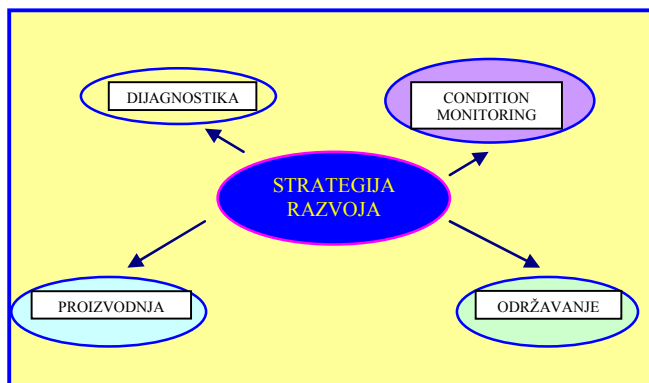
*Najčešći problemi koji se pojavljaju u praksi su:*

- Debalans rotirajućih delova – rešenje problema je balansiranje,
- Nesaosnost sistema – rešenje je lasersko centriranje sistema,
- Zakrivljenost vratila,
- Mehanički zazori,
- Loši i oštećeni ležajevi,
- Loši i oštećeni zupčanci i prenosi,
- Elektromotorni problemi,
- Loše podmazivanje,
- Kavitacija, turbulencija, i
- Temelji, konstrukcija postolja i nosača.

Debalans je u prvoj fazi primene dijagnostike gotovo 70% glavni uzročnik vibracija, međutim pravilnom tehnologijom održavanja odnosno balansiranjem delova, brzo se dovodi pod kontrolu i bitno se produžuje radni vek mašina.

Održavanje postrojenja se može planirati kako bi odgovaralo planu proizvodnje, a time se postiže povećanje produktivnosti i efikasnosti postrojenja. Dakle postavlja se često objektivno pitanje da li sadašnji sistem održavanja u pojedinim poslovnim sistemima u našoj zemlji je zastareo i prevaziđen. U suštini i jeste, jer se malo ulaže u poboljšanje procesa proizvodnje, u poboljšanje sistema održavanja, a da bi se to poboljšalo potrebno je mnogo truda, napora da bi se primenila nova tehnologija.

Na slici 1. prikazan je koncept strategije razvoja monitoringa koji se primenjuje u drobilani Drmno., a na slici 2. se vidi kako izgleda pogonsko postrojenje u drobilani „Drmno“.



Slika 1. Koncept strategije razvoja monitoringa



Slika 2. Postrojenje – drobilana Drmno

## 2.1. DIJAGNOSTIKA I CONDITION MONITORING

U radu je analiziran remont sistema održavanja koji je sproveden na drobilani „Drmno“ u okviru „Termoelektrane i kopova Kostolac – EPS“. U roku od nepunih mesec dana završena je zamena kompletnog dotadašnjeg automatskog upravljačkog sistema sa potpuno novim sistemom koji sadrži pored nove opreme za automatsko kontrolni sistem upravljanja i *opremu za condition monitoring*. Sve je to sprovedeno u cilju postizanja još boljih rezultata u proizvodnji koristeći preventivno praćenje pogona.

Red veličine sistema drobilane „Drmno2 je preko 150 pogona preko 200kW, dve drobilice ukupne snage 2 MW, dve PKM mašine (pokretno kombinovane mašine (bager-odlagač)) i trakastih transportera ukupne dužine preko 5 km. Celokupan remont odradili su stručnjaci „Termoelektrane“ Kostolac u saradnji sa profesorima Beogradskih fakulteta, kao i sa saradnicima stranih kompanija. Prethodnom analizom i izradom stručnog projekta za automatski sistem upravljanja postignut je viši nivo kontrole rada pogona sa ranim upozorenjem i zaštitom od teških havarija.

Iz dosadašnjeg iskustva, automatski sistem alarma je imao niz prednosti ali i veliki nedostatak. Sistem deluje alarmantno i podiže ekipu održavanja na trenutno rešavanje problema što iziskuje velike napore a i moguće greške u radu. Zbog toga se formirao centar jake dijagnostike. U sklopu toga ugrađen je najnoviji sistem praćenja pogona putem vibrodijagnostike tzv. SKF ONLINE SISTEM CONDITION MONITORING, koji je prikazan na slici 3.



Slika 3. ON- line sistem Condition monitoring

U samom projektu su definisane lokacije postavljanja senzora, tip senzora, transmitori, dužine kablova, dijagnostičke jedinice, tip komunikacije odnosno prenos informacije i softverski paket za obradu signala. Po odgovarajućim kriterijumima izabrani su pojedini pogoni (drobilice, T1.1 pogon trakastog transportera, pogon radnog točka PKM) i izvršeno je postavljanje vibro-temperaturnih senzora na elektromotore, na kućišta ležajeva, reduktora i noseću konstrukciju pogona.

Veoma je bitno da je u celom projektu on-line praćenje vibracija formulisano u sva tri pravca (vertikalno, horizontalno i aksijalno) i uzimajući u obzir da se to praćenje obavlja vremenski

kontinuirano, a time imamo još jednu informaciju više koja je funkcijski u direktnoj vezi sa dinamikom rada pogona. Analizom kontinuiranih podataka odnosno signala sa senzora dijagnostika registruje sledeće: debalans spojnice, debalans rotora, debalans ventilatora, međusobnu nesaosnost vratila, razne labavosti (ležajeva, vratila, kućista, stopala), turbulencije, nivo podmazanosti, nivo hlađenja, električna pražnjenja i indukcije, loš rad zupčanika, loš rad pumpi, komplikovane strukturalne promene konstrukcija i oblika pogona i dr. Višekanalno praćenje u vremenu daje promenu faznih pomaka na pojedinim brojevima obrtaja i dijagnostika pronalazi uzroke i opasnosti dinamičkih promena. Pristupa se planiranju poslova, prikazano na slici 4. i izvršenju održavanja. Proizvodnja usklađuje svoj rad i efikasnost na osnovu postojeće situacije. U principu sve je to usko povezano i u stalnoj komunikaciji preko razvijene mreže interneta, enterneta i telefonije.

Generalno za ovakav rad potreban je:

- jači dijagnostički centar sa dobrom bazom podataka mašina i kinmatskih shema,
- novija senzorska, hardverska i softverska podrška,
- brza i kvalitetna telekomunikacija i veze između pogona, operativnog centra i dijagnostike, i
- definisan, funkcionalan i efikasan menadžment upravljanja i odlučivanja.

ELEKTRO PRIVREDA SRBIJE								
TE-KO KOSTOLAC								
KOP DRMNO								
V-BTO SISTEM								
DIJAGNOSTICKI OPERATIVNI CENTAR								
CONDITION MONITORING ON-LINE V-BTO SYSTEM								
ODLAGAČ			BAGER 2000			POG STANICE		
POGON	JEDINICA	KANALA	POGON	JEDINICA	KANALA	POGON	JEDINICA	KANALA
TRAKA 1	MASCON	16R	RADNI TOČAK KONTRUKCIJA	MASCON	16R	DVA	MASCON	16R
		16			16	ĐONJA		16
TRAKA 2	MASCON	16 R	TRAKA 1	MASCON	16 R	DVA	MASCON	16
		16	DVA POGONA		16	ĐORNJA		16
TRAKA 3	MASCON	16 R	TRAKA 2	MASCON	16 R			Kanala po jed.st.
		16	DVA POGONA		16			32
TRAKA 4	MASCON	16 R	TRAKA 3	MASCON	16 R			
		16	DVA POGONA		16			
	UKUPNO	64	TRAKA 4 I TRANSP.	MASCON	16 R			ZA ČETIRI POG. STANICE
			VIŠE POGONA		16			SVEUKUPNO
			ODB. BUBNJEVI	MASCON	16 R			112
			OKRETI	MASCON	16 R			
			TRANSPORT	MASCON	16 R			
			KONSTRUKCIJA		16			
			UKUPNO		112			

Ovim unapređenjem znatno se ubrzao sistem analiza, poboljšalo se definisanje problema i donošenje odluka, jer podaci koji se dobijaju iz pogona su sistematski potpunija, preciznija i vremenski brže pristupačnija. Samim time imamo dijagnostiku sa daljine koja može da bude locirana na udaljenom mestu i vrlo dobro funkcionalna. Proizvodnja je pouzdanija sa višim stepenom automatike i boljim planiranjem zastoja i poslova koji se obavljaju u njima.

U ovom slučaju menadžment jednostavnije optimizuje proizvodnju, uspešno prati i planira finansije, rezultati su odlični. Planirani ciljevi i performanse se realizuju sigurno. Timskim radom sa iskusnom i uigranom ekipom mogu se odraditi i sigurne procene za budući period rada proizvodnje.

KOP DRMNO DIJAGNOSTIKA	OFF LINE VIBRO MONITORING				
	BTD	I-BTO	II-BTO	III-BTO	IV-BTO
U-1-1	J-1-1	J-II-1	J-III-1	J-IV-1	
DONJI LEVI	DONJI LEVI	DONJI LEVI	DONJI LEVI	DONJI LEVI	
GORNJI DESNI	DONJI DESNI	DONJI DESNI	DONJI DESNI	DONJI DESNI	
GORNJI LEVI	GORNJI LEVI	GORNJI LEVI	GORNJI LEVI	GORNJI LEVI	
	GORNJI DESNI	GORNJI DESNI	GORNJI DESNI	GORNJI DESNI	
U-1-2	J-1-2	J-II-2	J-III-2	J-IV-2	
DONJI LEVI	DONJI LEVI	DONJI LEVI	DONJI LEVI	DONJI LEVI	
DONJI DESNI	DONJI DESNI	DONJI DESNI	DONJI DESNI	DONJI DESNI	
	GORNJI LEVI	GORNJI LEVI			
	GORNJI DESNI				
U-2-2	J-1-3	J-II-3	J-III-3	J-IV-3	
DONJI LEVI	DONJI LEVI	DONJI LEVI	DONJI LEVI	DONJI LEVI	
DONJI DESNI	DONJI DESNI	DONJI DESNI	DONJI DESNI	DONJI DESNI	
GORNJI LEVI		GORNJI LEVI		GORNJI LEVI	
GORNJI DESNI		GORNJI DESNI		GORNJI DESNI	
U-2-3	J-1-5	J-II-4	J-III-4	J-IV-4	
DONJI LEVI		DONJI LEVI	DONJI LEVI	DONJI LEVI	
DONJI DESNI		DONJI DESNI	DONJI DESNI	DONJI DESNI	

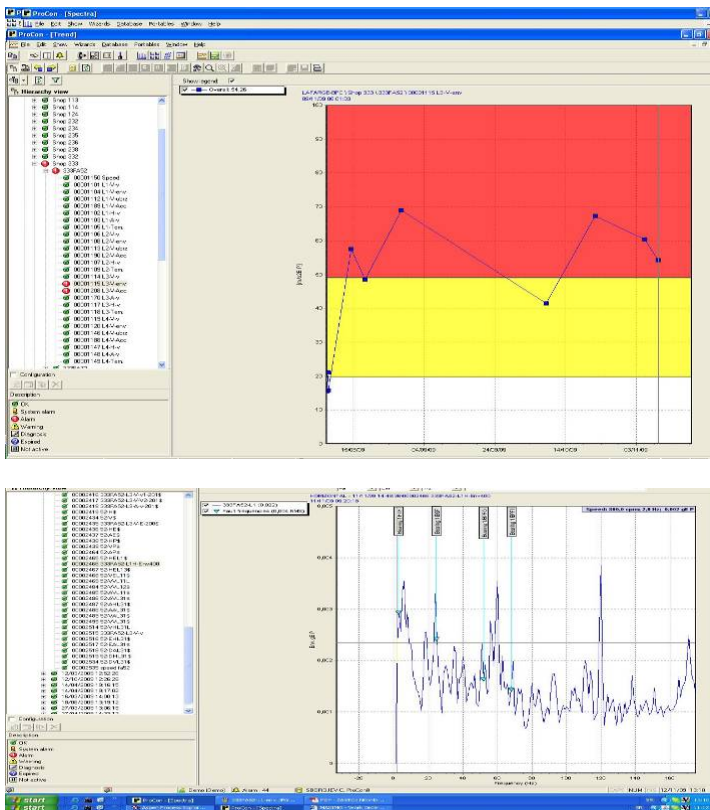
LEGENDA	
<span style="background-color: #90EE90;"> </span>	DOBAR POGON
<span style="background-color: #FFD700;"> </span>	NEZADOVOLJIVA
<span style="background-color: #FF0000;"> </span>	ZA ZAUSTAVLJANJE POGON
<span style="background-color: #FF69B4;"> </span>	KRITICNI POGON

Slika 4. Planovi razvoja CM sa dijagnostikom i spektralnom analizom

Na slici 5. prikazana je monitoring vibracija - stanice i orman sa ugrađenim višekanalnim sistemom.



Slika 5. Monitoring vibracija- stanica, orman sa ugrađenim višekanalnim sistemom



Slika 6. Softverko praćenje vibracija pogona ventilatora

Dijagnostika putem svakodnevnog on line i off line praćenja daje analizu i rešenje, gde se pravovremenom akcijom izbegavaju neplanski zastoji i veće štete. Putem trendova vibracija i ranim lociranjem problema na pogonima odrađuje se precizna analiza koja omogućava da se precizno odrade defektaže sistema i u remontima se odrade poslovi za budući planirani rad. Veličina proizvodnih procesa je nebitna. Važno je da se odluči unapred za odgovarajući tip opreme i uređaja koji će biti kompatibilan i potrebno je izabrati jaku softversku aplikaciju, slika 6. koja može kvalitetno da primi sve signale i vrlo brzo i pregledno da omogući pristup i analizu.

### **3. ZAKLJUČAK**

Strategija razvoja dijagnostike i condition monitoringa danas mnogo zavisi od planiranih razvoja i investicija u proizvodnim procesima. Uzimajući u obzir današnje propise ekologije, sigurnosti i zaštite na radu, strategija razvoja dijagnostike postaje od velikog značaja u našem društvu i od primarnog značaja. Potrebe za tim kadrom su sve veće, i u narednim godinama našeg privrednog razvoja, pa se zato teži da se pronalaze adekvatni kadrovi te stručnosti. Pokazatelji i reference danas pokazuju da što većim angažovanjem i upotrebom condition monitoringa i dijagnostike, menadžment može da računa na sigurne, efikasnije, efektivnije i profitabilnije rezultate.

### **LITERATURA**

- [1] Interna dokumentacija drobilane „Drmno- Termoelektrana i kopovi Kostolac – EPS“, 2010.
- [2] <http://www.skf.com>
- [3] Prof. dr Ljamić D.: „Savremeno dijagnosticiranje mašina i upravljanje održavanjem“, Časopis „Tehnička dijagnostika“, vol. 2. iss. 4, pp. 44-50, 2003.