

VIBRODIJAGNOSTIČKI PRISTUP POBOLJŠANJU ODRŽAVANJA ROTACIONIH STROJEVA

VIBRODIALIST APPROACH TO IMPROVEMENT OF MAINTENANCE OF ROTATING MACHINES

Dr. Senad Alić, B.Sc. Mech. Eng.
Senad Džidić, B.Sc. Inf. Eng.
ARCELOR MITTAL Zenica

REZIME

Iskustveno uređen sistem software-a (OneProD XPR300 kroz Oracle bazu i 01Db aplikaciju za stanje opreme) i hardverske komponente (uređaje za snimanje vibracija, server te klijente) omogućava uvid, te snimanje vibracija sa rotacionih strojeva te kasniju uporedbu i analizu podataka. Mjerenje vibracija se izvodi u redovnoj proceduri po izrađenom registru rotacionih strojeva firme, sa predviđenim mjernim mjestima. Takođe se vrše mjerenja kao kontrola kontinuiranih monitoringa rotacionih strojeva gdje postoje instalisani i po potrebi kada dođe do povišenja vrijednosti vibracija na pojedinim strojevima. Instrument je prenosiv sa internom baterijom te se na mjernom mjestu uz pomoć pripadajućih dijelova: kablova i senzora snimane vibracije prenose u internu memoriju uređaja. Moguće je snimati mnogo mjerenja koja se prenesu na klijent (računar) te putem WAN ili LAN mreže prebace u bazu na serveru. Baza ima više podbaza, a korisnici mogu pristupati samo bazama koje im dodijeli administrator sistema. U svrhu pravovremenog djelovanja kroz podatke iz baze se vremenski može previdjeti oštećenje na dijelovima rotacionih strojeva. Ovakav pristup je sastvni i nezamjenjivi dio trenda u održavanju, uvođenja prediktivnog održavanja rotacionih strojeva.


Ključne riječi: vibracije, monitoring, vibrodijagnostika, prenosivi mjerni uređaj, prediktivno održavanje

ABSTRACT

The highly-deployed software system (OneProD XPR300 through the Oracle Database and the 01Db application for the state of the equipment) and the hardware components (vibration capture devices, servers and clients) provide insight and vibration capture from rotating machines and later comparing and analyzing data. The vibration measurement is performed in a regular procedure based on the register of the rotating machine companies, with predetermined metering points. Measurements are also carried out as controls for continuous monitoring of rotary machines where they are installed and, where appropriate, when vibration levels on individual machines are increased. The instrument is portable with the internal battery, and on the measuring site with the aid of the accompanying parts: cables and sensors recorded vibrations are transmitted to the internal memory of the device. It is possible to record a lot of measurements that are transferred to the client (computer) and through the WAN or LAN network to the database server. The database has multiple subfolders, and users can only access databases that are assigned by the system administrator. For the purpose of timely action through data from the base, time may overlook damage to parts of rotating machines. This approach is a meeting and irreplaceable part of the trend in maintaining, predictive maintenance of rotating machines.

Key words: vibration, monitoring, vibration diagnostics, portable measuring device, predictive maintenance

1. UVOD

Sistem vibrodijagnostike  omogućava mjerenje vibracija na gotovo svim vrstama rotirajućih mašina tj. motora: ventilatori, pogonski motori, dizalice, pumpe i sl. Jedan od načina mjerenja je da se rotirajuće tijelo zaustavi te na njega postavi oznaka tj. marker čiji broj prolazaka tj. rotacija broji laser koji je fiksno postavljen, zatim se postavi senzor na šasiju, stator ili ležaj sa bočne strane u odnosu na rotirajuće tijelo. Senzor je putem kabla povezan sa instrumentom (u daljnjem tekstu komunikator) te se motor tj. rotirajuće tijelo pusti u rad. U toku rada a na osnovu prethodno upisanih i određenih parametara komunikator očitava vibracije iz više uglova, frekvenciju i na osnovu postavljenih parametara matematički obradi i snimi podatke u internu memoriju.

Podaci sa komunikatora se prenose određenim rutama na klijent a putem mreže na server. Server sve snima u svoju bazu te se podaci obrade u korisne informacije o stanju mjenenog motora i vremenski se može pratiti pogoršanje tj. habanje samog rotirajućeg tijela.

2. MJERENJE VIBRACIJA

Vibracije su indikatori stanja stroja i očituju se kao:

- mehanička neuravnoteženost (strano tijelo u rotoru i odlomljeni dijelovi rotora),
- vanjska uzbuda (vibracijska uzbuda susjednih strojeva, vibracijska uzbuda preko cjevovoda, promjene na temeljima),
- hidraulička neuravnoteženost (kavitacija, pumpa nije ozračena),
- trošenje (trošenje ležajnih legura ležaja),
- struganje rotora (savijanje osovine i nepravilnosti u kućištima ležajeva) i itd.

Da bi se pristupilo mjerenju uz poštivanje svih sigurnosnih procedura, potrebno je zaustaviti rotirajuće tijelo. Komunikator se kablovima spoji na sondu tj. senzor vibracija koja je isto magnetnim vrhom priljubljena na statički dio motora ili radnog kola, zatim se spoji laser na komunikator u određeni utor. Laser se usmjeri prema rotirajućem dijelu na koji je prethodno stavljen marker. Komunikator se upali te unesu parametri mjenenog elementa i referentna tačka u stanju mirovanja. Rotirajući stroj se pusti u rad te u toku njegovog rada komunikator snima situaciju i pohranjuje je u svoju memoriju.

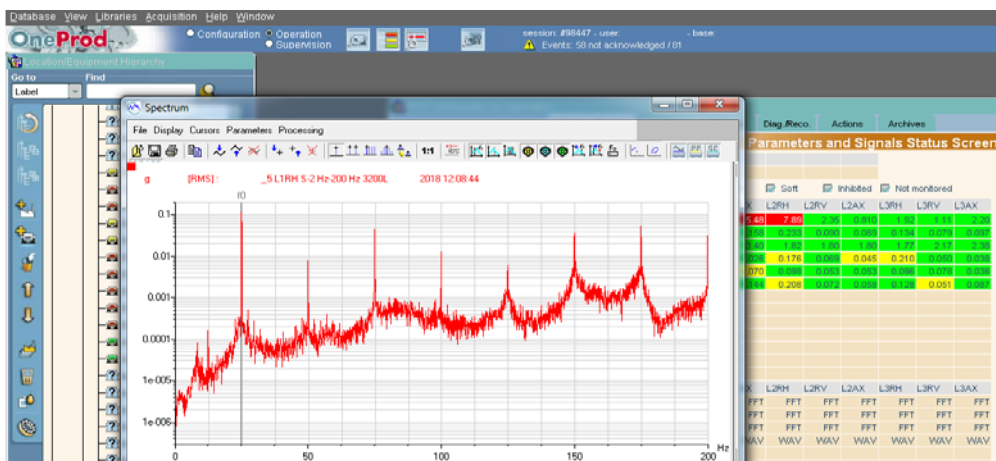
U našem slučaju koristili smo OneProD sistem sa MVP 2C tipom komunikatora. Ukoliko imamo više komunikatora koji rade u različitim bazama, mjernim mjestima i uređajima vrlo je važno znati njegov serijski broj jer nam treba da bi uspostavili komunikaciju sa bazom na serveru.



Slika 1. Mjerenje pomoću OneproD MVP -2C

Nakon što smo završili mjerenja na terenu dolazimo do klijenta tj. računara na koji podesnim komunikacijskim kablom spajamo komunikator. Otvaramo OneProd aplikaciju, ulogujemo se u određenu bazu sa svojim korisničkim podacima te pokrećemo komunikacijski interfejs u koji unosimo serijski broj uređaja te on prebaci podatke o izvršenim mjerenjima u bazu na serveru. Aplikacija na serveru nam daje ogromne mogućnosti rada sa izmjerenim vrijednostima. Jedna od tih mogućnosti su trendovi koji pokazuju vremenski ponašanje i visinu vibracija na rotacionom stroju i na osnovu toka možemo zaključiti koliko se situacija promijenila ili pogoršala. Tako procijenimo da li je potrebno remontovati, poduzimati neki zahvata održavanja za rotacioni stroj ili on još može nastaviti sa radom i ispunjavati svoju svrhu.

Druga od opcija je tabela sa kvadratičima u koju su ubacuju vrijednosti vibracija određenih tačaka i kakvoća stanja na mjerenom mjestu te je bojama označen stepen ispravnosti stroja. Crvena boja znači da je potreban remont, žuta da je u graničnom području te još može neko vrijeme nastaviti sa radom i zelena boja govori da stroj radi u granicama normalnih vibracija te nisu potrebne nikakve popravke.



Slika 2. Izgled trenda vibracija sa tabelom parametara

3. OPIS GLAVNOG INTERFEJSA

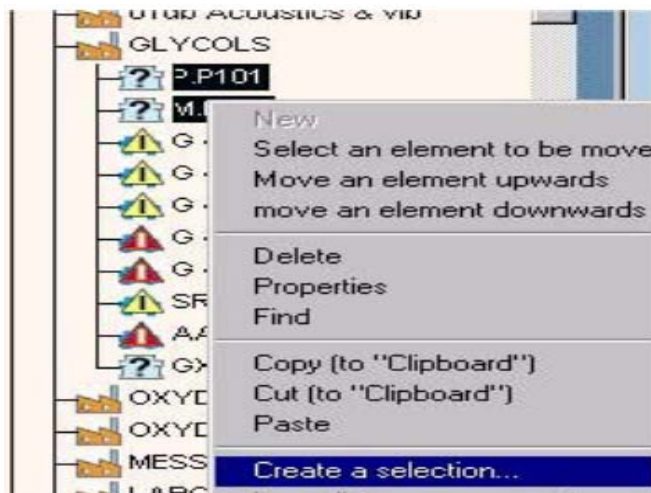
Struktura stabla na lijevoj strani služi za odabir elemenata platforme, a ona se sastoji od domene, radnog prostora, baza, opreme i korisnika. Svaki element se odabirom može brisati, kreirati ili selektovati za daljnje manipulacije. Verzija korištenog software-a je V4.4 kao i kompletna pripadajuća oprema. Po pravilu glavni prozor je prazan, lokacija i oprema se kreiraju prvo na serveru. Nakon unošenja svih potrebnih parametara oni se prenose na komunikator te onda možemo pristupiti mjerenju na terenu. Pri unošenju parametara moguće je unijeti fotografiju trenutnog stanja mjerelog rotacionog stroja. Za ovu akciju nije potreban nikakav poseban format podržana je većina standardnih ekstenzija za fotografije. Ovo je svakako jedan od vrlo korisnih mogućnosti zbog toga što možemo imati vrlo mnogo mjenjenih strojeva, kako geografski tako i mnogo različitih po namjeni te smo sa ovom opcijom smanjili šanse za grešku pri odabiru dvosmisleno označenih mjerenja.



Slika 3. Glavni interfejs

4. KREIRANJE I SELEKTOVANJE OPREME

Osnova off-line kontrole oslanja se na koncept rute. Ruta služi za komunikaciju tj. prenošenje podataka sa komunikatora na server i bez prave rute nema ni komunikacije. Ona se kreira tako što prvo moramo selektovati željenu opremu sa liste tj. stabla, zatim desnim klikom izaberemo opciju *Create a selection..* nakon toga imenujemo izabranu selekciju po imenu stroja ili pogona jer selekcija može da ima više strojeva. Komunikator sa kablom povežemo na računar, upišemo serijski broj uređaja u Onepro program te kreiranu rutu i selekciju prebacimo na njega. Vrlo je važno imati potpuno isto ime selekcije u ruti. Ako se ime razlikuje bar u jednom simbolu ili slovu mi nećemo imati komunikaciju. Nova kreirana selekcija će se pojaviti na vrhu liste i dobiti će svoj redni broj, kasnije je dvoklikom moguće mijenjati imena oznake te dodijeljene elemente i strojeve. Svaka izmjena mora biti potvrđena pri izlasku iz menija. Možemo selektovati više ruta te ih u isto vrijeme učitati u komunikator ili iz komunikatora. U toku prebacivanja možemo vidjeti učitavanje svake pojedinačne rute. Ukoliko je sve uspješno prebačeno nećemo imati nikakvih upozorenja, a ukoliko bude bilo kakvih komunikacijskih problema dobit ćemo prikladnu poruku upozorenja. Svi departmenti imaju instrumentarije Onepro u kojima zadužene osobe u službama za tehničku dijagnostiku po usaglašenom dogovoru vrše mjerenja važnih parametara na rotacionim strojevima. U svojim uređajima imaju unesene rute, rotacione strojeve sa preciziranim mjernim mjestima i vrše mjerenja. Sva mjerenja iz departmenata su u komunikaciji sa glavnim računarom u firmi. Odgovarajuća stručna komunikacija između službi tehničke dijagnostike u departmentima sa glavnom službom za tehničku dijagnostiku u firmi stalno postoji i rezultira donošenjem odgovarajućih odluka o zahvatima održavanja rotacionih strojeva.



Slika 4. Izrada i slektovanje ruta mjerenja rotacionih strojeva

5. PREDIKTIVNO ODRŽAVANJE ROTACIONIH STROJEVA

Prediktivno održavanje postrojenja u baznoj industriji koji organizaciono imaju više departmenata je posljednja razvijena i najbolja strategija održavanja ovakvih postrojenja. Ovo održavanje sadrži sve dosadašnje strategije održavanja. Određuje se i planira periodičnost i obim radova za tehničku dijagnostiku uz instalisanu aparaturu stalne ili permanentne kontrole tehničkog stanja (monitoringa) sistema u cilju otkrivanja predotkaznog stanja. Postrojenja od posebne važnosti za proces proizvodnje po pojedinim departmentima, su u novim trendovima održavanja najpodesniji za ovakav pristup održavanja, npr. procesni ventilatori koji obezbjeđuju osnovni tehnološki proces proizvodnje. Na ovakvim postrojenjima je instalisan kontinuirani monitoring praćenja proizvodnih parametara i parametara vezanih za održavanje ovih postrojenja. Svaka moderna firma izvrši adekvatnu procjenu gdje mora imati instalisan kontinuirani monitoring za postrojenja važna za proces proizvodnje. Povremenim prenosivim uređajima tehničke dijagnostike vrše se periodična mjerenja istih parametara kao provjera parametara izmjerenih kontinuiranim monitoringom. U slučajevima kada ti parametri imaju veće ili granične vrijednosti ovakva mjerenja se obavezno vrše.

U općem slučaju kontrola parametara se obavlja putem kontrole parametara i utvrđivanja stanja u odnosu na neke granične vrijednosti. Izbor parametara zavisi od funkcije tehničkog sistema i pronalaženja uticajnih parametara koji najbolje odslikavaju rad i trošenje tehničkog sistema ili neke od njegovih komponenti. Parametri mogu biti različiti (vrijednosti vibracija i temperatura kliznih ležajeva, vrijednosti buke, temperatura ulja i vode, podpritisak dimnih plinova koji oni stvaraju itd). Kod ovakvih postrojenja koja su od posebne važnosti za proizvodni proces parametri se mjere kontinuirano, mjeri se uporedo dovoljan broj parametara i to obezbjeđuje visoku proizvodnost ovakvih mašina u baznoj industriji. Uvođenje prediktivnog održavanja sa korištenjem instrumentaraja tehničke dijagnostike ima sljedeće korake:

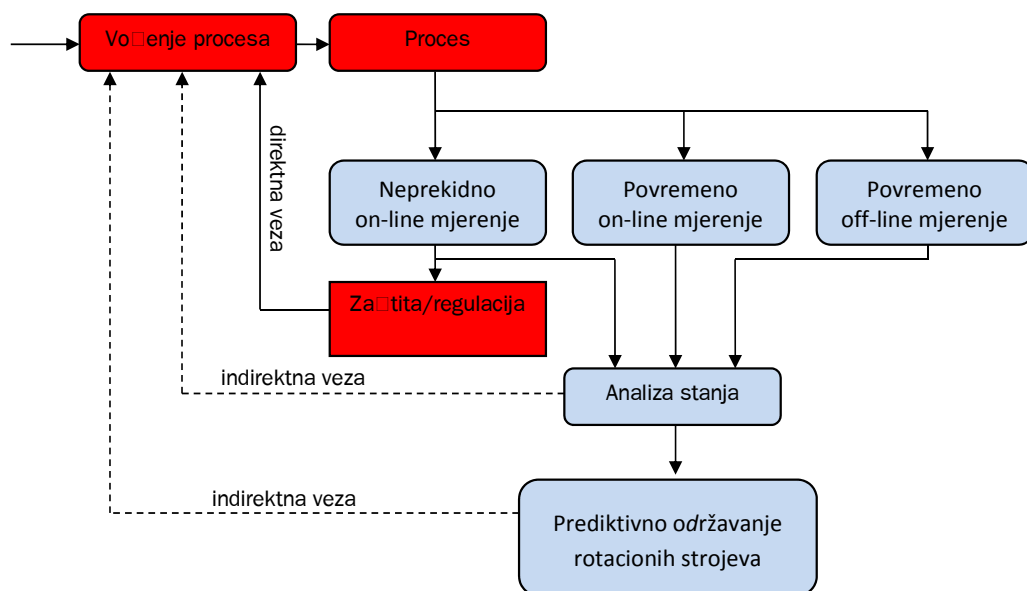
- izbor mjernih parametara,
- definisanje mjerne opreme i mjernih mjesta za kontrolu dijagnostičkih parametara,
- teoretska ograničenja stanja elemenata tehničkog sistema,
- određivanje ograničenja mjernih parametara na osnovu eksperimentalnih mjerenja,
- utvrđivanje stanja tehničkog sistema (procesnog ventilatora) na osnovu rezultata,
- dijagnostička mjerenja, analiza dijagnostičkih mjerenja, uspoređivanje sa dozvoljenim granicama,

- otkrivanje uzroka koji su prouzrokovali povećanje mjerenih veličina, mjerenih parametara, te donošenje odluke o daljem toku održavanja,
- korištenje izmjerenih parametara za mašinsko učenje,
- izrada prognostičkog modela za održavanje procesnih ventilatora,
- izrada i uvođenje ekspertnog sistema u održavanje procesnih ventilatora.

Kod rotacionih strojeva kod kojih je instalisan kontinuirani dijagnostički monitoring potrebnih mjerenih parametara unaprijed su određena ograničenja mjernih parametara koja označavaju blisku pojavu oštećenja ili kvara. Održavaoci redovno obavljaju redovne inspekcije pregleda i mjerenja i vrše periodične planirane remontne zahvate. Instrumentarij tehničke dijagnostike se kod rotacionih strojeva primjenjujući prediktivno održavanje, koriste na dva načina:

- stalna ili permanentna dijagnoza i
- periodična dijagnoza.

Stanje rotacionih strojeva karakteriše veliki broj tehničkih i tehnoloških parametara radnog procesa. Pri tome svi parametri ne utiču podjednako na stanje sistema. Ako se kontroliše više parametara, veća je vjerovatnoća da se može pravilnije analizirati stanje rotacionog stroja.

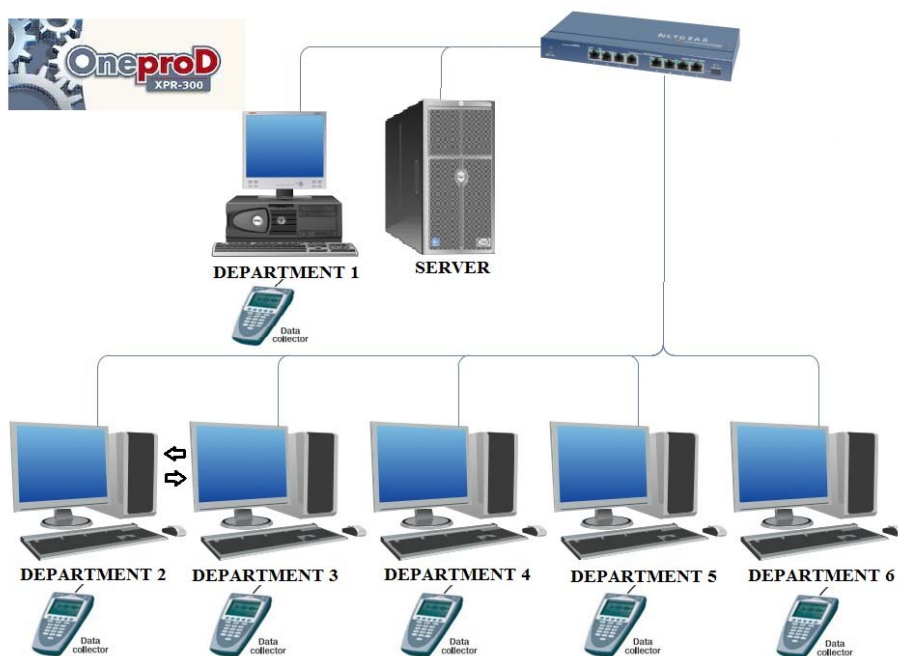


Slika 5. Sistem nadzora tehničkih sistema sa strategijom prediktivnog održavanja

Pri izboru mjernih parametara koji se žele uzeti kao dijagnostički, takođe je neophodno voditi računa koji se element ili postrojenje tehničkog sistema kontroliše. Za postrojenja rotacionih strojeva npr. procesnih ventilatora kao mjerni parametri uzimaju se: vibracije, temperature, podpritisci dimnih plinova, protoci dimnih plinova.

Izborom prediktivnog održavanja moguće je poboljšati održavanje podsistema procesnih ventilatora u tehnološkom procesu putem boljeg iskorištenja ovih važnih podsistema u baznoj industriji.

U modernim firmama u kojima su uvedeni moderni instrumentariji tehničke dijagnostike napravi svaki department svoj registar postrojenja sa preciziranim mjernim mjestima na kojima se vrše ova mjerenja. Svi departmenti sa svojim računarima su u stalnoj vezi sa glavnim računarom u glavnom departmentu na nivou firme.



Slika 6. Sistem komunikacije, mjerenja i analize vibrodijagnostičkih parametara u modernim firmama

Osnovna topologija sistema je takva da departmenti tj. klijenti komuniciraju putem LAN Ethernet mreže sa serverom. U serveru je baza svih departmenata i samo jedan klijent u glavnom departmentu vidi, uređuje i analizira sve baze. Klijenti između sebe ne vide druge baze. Po potrebi administrator sistema može omogućiti da kao u našem primjeru department 2 vidi bazu departmenta 3 i može učitavati analize i mjerenja u nju i iz nje, a to sve u svrhu zaštite podataka.

Vođa tima u glavnom departmentu nakon izvršene radnje mjerenja vibracija na rotacionom stroju vrši analize i procjene stanja mjenog uređaja, zatim daje prijedloge i sugestije odgovornoj osobi u tom departmentu koja poduzima daljnje radnje da se mjereni uređaj vrati u ispravno stanje, odgovarajućim zahvatima održavanja.

Baza u serveru nam omogućava mnogo podataka na osnovu kojih možemo izvesti zaključke o stanju mjerene oprema, a jedna od prednosti baze je da podatke može skupljati i analizirati godinama pa tako trendom možemo pratiti promjene u mjenim rotacionim strojevima i planirati remonte i održavanje važnih postrojenja za proces proizvodnje.

Sistem sa strane IT-a je fleksibilan te u slučaju da zastari može se server virtualizirati te kao takav može raditi kako na starom hardveru tako i na najnovijim konfiguracijama a komunikacija se može prebaciti i u VPN način. Server radi na Windows Server 2003 operativnom sistemu, a klijenti mogu raditi na bilo kojem sistemu sa podešavanjem verzija Java-e a inerfejs se otvara u internet exploreru sa odgovarajucim linkom i podesenim windows i komunikacijskim postavkama.

6. ZAKLJUČCI

Na osnovu izloženog načina praćenja vibracija i ostalih parametara navedenim uređajima i pomoću instalisanog monitoringa u modernim firmama i ovim pristupom obrade izlaznih vrijednosti vibracija i ostalih parametara može se zaključiti sljedeće:

- mogući uzroci neprihvatljivih vibracija na npr. na rotacionim strojevima su: debalans radnih kola, nesaosnost osa vratila elektromotora i radnog kola, neodgovarajuća krutost veze rotacionog stroja 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,
- instalisanjem ovakvog instrumentaraija tehničke dijagnostike u modernim firmama, kada su u pitanju trendovi u održavanju, moguće je imati stalnu kontrolu ključnih parametara koji se mjere, a koji su direktno vezani za stanje važnih rotacionih strojeva za procese proizvodnje,
- ovakvim pristupom mjerenja ključnih parametara za stanja važnih rotacionih strojeva po departmentima i u glavnom računaru stvara se važna arhiva izmjenjenih vrijednosti koje se kasnije mogu na pravi način analizirati,
- u slučajevima kada je na rotacionim strojevima instalisan kontinuirani monitoring i kada vrijeme dozvoljava mogu se prenosivim uređajima kontrolisati izmjerene vrijednosti kontinuiranog monitoringa,
- stalnim uvidom u vrijednosti izmjenjenih veličina datih u numeričkom i dijagramskom obliku vođa tima u glavnom računaru vrši analize i procjene stanja rotacionih strojeva, daje prijedloge i sugestije odgovornim osobama u departmentima koje poduzimaju daljnje radnje da se stroj vrati u ispravno stanje,
- odgovorni menadžeri po departmentima na osnovu ovih analiza poduzimaju odgovarajuće i pravovremene zahvate održavanja i koji sa ekonomskog aspekta opravdavaju dugoročno ovakve aktivnosti u tretiranju važnih rotacionih strojeva.

7. LITERATURA

- [1] Predictive Maintenance & Vibration Analysis Software OneProD XPR-300, <http://www.oneprodsystem.com>
- [2] Adamović, Ž.: Tehnička dijagnostika, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 1998.
- [3] Šaravanja, D.; Petković, D.: Vibracijska dijagnostika, teorija i praksa, FSIR Mostar, Mašinski fakultet u Zenici, 2010.
- [4] Halep, A.: Tehnička dijagnostika i monitoring u industriji, Kigen, Zagreb, 2010.
- [5] Todorović, P.; Jeremić, B.; Mačužić, I.: Tehnička dijagnostika, Univerzitet u Kragujevcu, Mašinski fakultet u Kragujevcu, novembar, 2009.