

IMPLEMENTACIJA DALJINSKOG MONITORINGA MAŠINA PO STANJU

IMPLEMENTATION OR ROTATING MACHINERY REMOTE MONITORING

Docent Dr Ninoslav Zuber dipl. ing,
Fakultet tehničkih nauka,
Univerzitet u Novom Sadu, Srbija,
zuber@uns.ac.rs

Docent Dr Rastislav Šostakov dipl. ing,
Fakultet tehničkih nauka,
Univerzitet u Novom Sadu, Srbija,
sostakov@uns.ac.rs

REZIME

Rad se bavi istraživanjem mogućnosti primene daljinskog monitoringa kroz integraciju komunikacionih tehnologija sa postojećim sistemima za nadzor, merenje i analizu vibracija rotirajućih mašina. Dat je prikaz osnovnih smernica za primenu kao i prikaz svih prednosti koje ovaj pristup nudi.

Ključne reči: daljinski monitoring rotirajućih mašina, analiza vibracija, komunikacione tehnologije

ABSTRACT

Paper investigates the possibilities for remote monitoring application through integration of communication technologies with existing systems for rotating machinery vibration measurement and analysis systems. Basic guidelines for the concept implementation and a review of all the benefits are presented.

Keywords: remote monitoring of rotating machinery, vibration analysis, communication technologies

1. UVOD

Veliki broj dostignuća u nauci i tehnologiji su posledica zadovoljavanja konstantne ljudske potrebe za obavljanjem poslova na prikladniji i sigurniji način. U isto vreme tehnologija koja je ovim uključena je sve kompleksnija pri čemu se najviše zapaža integracija komunikacionih tehnologija sa digitalnom elektronikom. Tehnologija daljinskog praćenja stanja mašine, u svojoj najjednostavnijoj formi, omogućava razmenu informacija između dva sistema koji su locirani u različitim geografskim lokacijama te na taj način minimizira napor potreban za ostvarivanje tog cilja.

Primena daljinskog monitoringa i kontrole opreme u industrijskim granama gde su mašine raspostranjene na različitim (udaljenim!) geografskim lokacijama daje velike potencijale za

- smanjenje obima putovanja na lokacije na kojima je potrebno snimiti i analizirati stanje mašina
- povećanje brzine odziva na identifikovani problem
- automatizaciju postupaka donošenja pouzdanih zaključaka o stanju mašine iz centralizovane lokacije.

2. BUDUĆNOST TEHNOLOGIJE PRAĆENJA PO STANJU NA BAZI MERENJA I ANALIZE VIBRACIJA ROTIRAJUĆIH MAŠINA

Ukoliko se analiziraju trendovi razvoja tehnologije praćenja stanja mašina jasno je da je efikasnost u primeni tih tehnologija moguće unaprediti jedino efikasnijim načinima prikupljanja podataka i njihove razmene između pojedinih delova sistema za nadzor mašine. Na primer, da li ćemo svu, za to predviđenu, opremu i dalje pratiti na mesečnoj osnovi, kao što je to do sada bio slučaj? Najverovatnije nećemo. Da li ćemo kritičnu opremu u budućnosti pratiti češće i detaljnije? Najverovatnije hoćemo. Stoga je efektivnost tehnologija praćenja po stanju moguće povećati detaljnijom analizom načina odabira mašina za monitoring i definisanjem intervala merenja / analize stanja. Međutim, najveći potencijal u povećanje ukupne efikasnosti u implementaciji tehnika održavanja po stanju leži u integraciji sa komunikacionim tehnologijama koje su dostupne ili koje se razvijaju. Mreža bežičnih memih pretvarača koja je povezana na lokalnu mrežu a kojoj je pak moguće pristupiti preko interneta obećava potpunu automatizaciju u akviziciji, prenosu i memorisanju podataka. Na taj način ovi podaci postaju dostupni odgovornom vibrodijagnostičaru u bilo koje vreme pod uslovom da isti poseduje internet pristup. Vibrodijagnostičar može da pristupi podacima sa aerodroma, kancelarije, kuće ili hotela i da analizira iste nakon čega šalje izveštaj sa ocenom stanja mašine i predlogom eventualnih korektivnih mera.

I zaista u šta će evoluirati tehnike prediktivnog održavanja? Na bazi trenutnih ekonomskih trendova, trenutno prisutnih informacionih tehnologija i već viđenim događanjima u različitim industrijskim granama mogući su sledeći scenariji:

1. U budućnosti će definitivno MANJE ljudi biti angažovano na poslovima prikupljanja podataka o stanju mašine i njihovoj analizi. Ekonomski trendovi, grupisanje manjih firmi u globalne multinacionalne korporacije, geografsko izmeštanje razvoja i menadžmenta u odnosu na proizvodnju su samo neke od činjenica koje idu u prilog toj tvrdnji.
2. Sa obzirom na postojanje centralizovane baze podataka u koju se smeštaju podaci sa svih udaljenih lokacija, izvođenje zaključaka sa jedne grupe mašina je moguće iskoristiti za analizu identičnih ili sličnih mašina koje se nalaze u drugim pogonima (lokacijama).
3. Podaci sa mašine će direktno biti prosleđivani vibrodijagnostičarima za razliku od dosadašnje prakse (periodični odlasci u pogon / snimanje vibracionih signala / povratak u kancelariju / download podataka u software za analizu / analiza podataka). Ovde pak treba naglasiti da će po pojavi kompleksnijeg problema na mašini, vibrodijagnostičar ipak morati otići do iste i izvršiti dodatna merenja odnosno dodatnim tehnikama ispitivanja potvrditi svoje pretpostavke. Ipak konkretni pristup će varirati od fabrike do fabrike. U ogromnim poslovnim sistemima (sa stotinama mašina) će u početku sigurno biti implementirana kombinacija tradicionalnog i modernog pristupa: kritične¹ mašine će biti opremljene permanentnim online sistemima za kontinualni nadzor stanja čiji se signali ili gotovi zaključci prenose u udaljeni centralni sistem, dok će glavne² mašine i mašine za održavanje proizvodnje i dalje biti

¹ Mašine koje su kritične za proizvodnju: njihov zastoj predstavlja zaustavljanje proizvodnje.

² Mašine koje su veoma bitne za proces proizvodnje. Nisu kritične sa obzirom da poseduju svoju rezervu (redundantnu mašinu).

praćenje primenom klasičnih metoda periodičnog (offline) održavanja po stanju. Na ovaj način ukupno učešće ručnog (offline) monitoringa, u odnosu na sadašnje stanje, će biti smanjeno što će u isto vreme značiti veći prostor za detaljnije snimanje i analizu stanja kritičnih mašina. Sa obzirom da će vremenom cene online sistema za kontinualno praćenje mašina sa mogućnošću daljinskog monitoringa padati, broj mašina koje se prate tradicionalnim metodama će opadati. Poslovni sistemi srednje veličine koji sebi ne mogu priuštiti trajno zaposlene visoko obučene vibrodijagnostičare će najverovatnije angažovati specijalizovane vibrodijagnostičke kompanije koje će u početku vršiti monitoring mašina kod naručioca primenom klasičnih offline metoda. Posle nekog vremena u pogonima naručioca će biti instalirani permanentni nadzorni sistemi sa daljinskim monitoringom gde će eksterni vibrodijagnostičari analizirati podatke i slati naručiocu izveštaje sa ocenom stanja mašina. Manje korporacije koje svoje specijalizovane pogone poseduju širom sveta će sa tradicionalnih metoda preći na daljinski monitoring pre svega kako bi se izbegli česti odlasci njihovih inženjera održavanja u pogone širom sveta.

3. OPRAVDANOST PRIMENE DALJINSKOG MONITORINGA PO STANJU NA BAZI MERENJA I ANALIZE VIBRACIJA

Primena daljinskog monitoringa mašina po stanju nosi sa sobom niz prednosti. Neke od njih su:

1. Daljinski monitoring pruža članovima službe održavanja više vremena za analizu podataka snimljenih sa mašina sa obzirom da isti nisu u tolikoj meri angažovani na ručnom prikupljanju podataka koliko su bili pri primeni tradicionalnih metoda. Smanjenje broja zaposlenih i restrukturiranja koje su prisutna u svim poslovnim sistemima su možda najviše, od svih službi, opteretili službe održavanje. Ujedno i službe zadužene za obučavanje članova grupa za održavanje su smanjene. Sa druge strane se od ljudi, koji su ostali u službama održavanja, traži veća efikasnost u poslu.
2. Postoje aplikacije u kojima pristup mašinama čije je stanje potrebno pratiti nije dozvoljeno. U posebnim situacijama, kad se i dobije privremena dozvola za pristup mašini, često je neophodan angažman posebne opreme (nuklearna industrija zahteva primenu dozimetara radioaktivnog zračenja, u hemijskoj industriji su česte zone čiju je zaptivenost zabranjeno remetiti kao i prisustvo zona sa povećanim rizikom od eksplozije). Permanentni sistem sa opcijom daljinskog monitoringa se jednom instalira nakon čega obezbeđuje konstantan uvid u stanja mašine sa udaljene lokacije.
3. Sigurnosne procedure – veliki kranovi, trakasti transporteri, bageri, turbine, otvoreni zupčasti parovi su samo neke od velikog broja mašina gde postoji realna opasnost od povređivanja vibrodijagnostičara pri prikupljanju podataka sa mašina.
4. Sistemom daljinskog permanentnog monitoringa, podaci sa mašine su dostupni danju, noću, vikendima, praznicima, danima kad su odgovorni vibrodijagnostičari odsutni (na odmoru, obuci, bolovanju...).
5. Kvalitetniji sistemi za daljinsko praćenje stanja mašina na bazi merenja i analize vibracija bez problema mogu prihvatiti i druge tipove mernih pretvarača: brojevi obrtaja, pritisak, protok, temperatura, naprezanja sa mernih traka, procesne veličine... Ovi signali su često potrebni za detaljniju analizu uočenog problema i u kombinaciji sa vibracijama daju kompletniju i objektivniju sliku o operativnom stanju mašine.
6. Kod tradicionalnih offline metoda, nije neuobičajno da se stanje sa pojedinih mašina ne može snimiti usled činjenice da:
 - a. mašina ne radi
 - b. mašina ne radi u radnom režimu koji je definisan kao merodavni za ocenu stanja.

7. Pojava mašine sa problemom najčešće zahteva dodatna merenja sa novim postavkama. Kod tradicionalnog metoda to zahteva višestruko odlaženje u pogon (koji je možda na drugom kraju sveta) dok kod daljinskog monitoringa podaci mogu biti snimljeni momentalno i bez dodatnog angažmana ljudi.
8. Pri analizi stanja rotirajuće mašine na bazi merenja i analize vibracija, ocena trenutnog stanja mašine se najčešće vrši poređenjem sumarnog (skalar) iskaza vibracionog signala sa referentnom (alarmnom) vrednosti. Alarmne vrednosti se najčešće preuzimaju iz standarda koji nažalost najčešće nisu odgovarajući za posmatranu mašinu. Iz tog je razloga potrebno generisati alarmne vrednosti na bazi statističkih metoda nad setom snimljenih vrednosti koje odgovaraju mašini u poznatom stanju (najčešće nakon generalnog remonta). Sa obzirom da je za primenu statističkih alata potreban odgovarajući statistički uzorak isti je daleko brže i pouzdanije prikupiti daljinskim permanentnim sistemom u odnosu na klasični offline monitoring.

4. IMPLEMENTACIJA DALJINSKOG MONITORINGA PO STANJU NA BAZI MERENJA I ANALIZE VIBRACIJA

Sistem daljinskog monitoringa poseduje tri celine:

1. udaljene mašine čije se stanje prati,
2. komunikacioni kanal
3. centralizovanu lokaciju gde se podaci smeštaju i analiziraju.



Slika 1. Elementi sistema za daljinski nadzor mašina

Arhitektura sistema za daljinski monitoring može varirati od veoma jednostavne do veoma kompleksne. U svom najjednostavnijem obliku sistem može biti izveden u formi mernih transmitera vibracija i temperature čiji se sumarni iskazi u formi naponskih ili 4-20mA signala prosleđuju nadzornom sistemu fabrike kome je pak moguće pristupiti preko Remote Desktop-a. Ovako koncipiran sistem je isuviše jednostavan i ne omogućava dijagnostiku stanja mašine sa obzirom da manipuliše samo skalarnim a ne i vektorskim zapisima (frekventni spektri i vremenski zapisi) koji su potrebni za dijagnostiku stanja mašine. Sa druge strane znatno kompleksiniji sistem bi uključivao realtime nadzorni sistem sa uključenom funkcijom zaštite i realtime automatizovane dijagnostike signala. Sistem vrši akviziciju kako skalarnih tako i vektorskih veličine u stacionarnom režimu tako i u nestacionarnom režimu pri čemu se vrši realtime detekcija radnog režima mašine. Sistem preko lokalnog LAN-a³ vrši prenos signala i vibrodijagnostičkih zaključaka na centralni računar-server kome je moguće prići preko VPN-a⁴.

³ LAN: Local Area Network

⁴ VPN: Virtual Private Network

Za uspešnu implementaciju sistema za permanentni daljinski monitoring potrebno je kao prvo pažljivo proceniti njegovu cenu. Osim toga od ogromne važnosti je definisati nivo odgovornosti svakog od učesnika projekta: ko će analizirati podatke i na bazi toga formulirati vibrodijagnostičke zaključke. Trošenje ogromnih novčanih sredstava da bi na kraju ostali zatrpani gigabajtima podataka koje niko neće/ne zna da analizira je trošenje vremena i novca koje nema nikakvog smisla niti opravdanja.

5. PRIKUPLJANJE PODATAKA

Postoji nekoliko različitih pristupa u prikupljanju podataka sa mašine (vibracije, temperature, opterećenja, nivoi akustičke emisije itd.) koji se dalje prosleđuju ka centralnom računaru – serveru kome korisnici pristupaju daljinski. Iako se pod pojmom daljinskog nadzora mašina najčešće podrazumeva primena online sistema, daljinski monitoring je moguće izvesti i korišćenjem prenosivih analizatora vibracija kojima operateri prikupljaju podatke sa mašine i iste prosleđuju na udaljeni server. U primeni online sistema za nadzor mašina, moguća je primena nekoliko različitih arhitektura. Klasični, i danas najčešće primenjivani način akvizicije, je žično (kablovima) povezivanje mernih pretvarača (npr. akcelerometara) i akvizicionih sistema koji su pak dalje povezani sa centralnim računaru. U slučaju većeg broja kanala a naročito u slučaju kad jedan višekanalni akvizicioni sistem opslužuje više udaljenih mašina (npr. na rotacionom bageru) ukupne dužine kablova mogu biti veoma velike što naravno znatno diže ukupnu cenu instalacije. Ujedno prenos analognih signala kroz duge kablove postavljene u industrijskom okruženju može dovesti do pojave smetnji u samom mernom signalu. Iz tog razloga je, ukoliko moguće, preporučljivo centralni akvizicioni sistem zameniti sa više akvizicionih sistema koji se nalaze blizu svake od mašina koje se nadziru. Dalje se merno akvizicioni sistemi međusobno umrežuju i povezuju sa centralnim računaru. Međusobno povezivanje merno akvizicionih sistema se najčešće izvodi primenom optičkih kablova sa pripadajućim media konverterima – prenos digitalizovanih informacija optičkim kablovima nije osetljiv na potencijalne smetnje od napojnih kablova koji su najčešće postavljeni blizu komunikacionog voda. Treća opcija pak, jeste korišćenje bežične komunikacije. Korišćenje industrijske wireless komunikacije uz obaveznu primenu sigurnosnih protokola danas postoji kao opcija dok je pak prenos mernih signala bežičnim putem primenom tzv wireless vibracionih transmitera i dalje u fazu razvoja sa obzirom na veći broj ograničenja koja su najčešće vezana za samo napajanje senzora.

6. KOMERCIJALNO DOSTUPNI SISTEMI ZA DALJINSKI MONITORING MAŠINA I STUDIJE SLUČAJA

Ozbiljni proizvođači opreme za prediktivno i proaktivno održavanje mašina na bazi merenja i analize vibracija su unazad par godina uvideli sve prednosti a i potrebu daljinskog monitoringa mašina te time i razvili sisteme za primenu istih. Kompanija koja je možda i najviše uradila na tom polju je 01dB-Metravib, članica AREVA korporacije koja je kao deo svog OneproD integrisanog koncepta / filozofije održavanja mašina uvela i opciju daljinskog nadzora vibracija.

OneproD koncept predstavlja revolucionarni koncept održavanja mašina po stanju (CBM) sa naglašenim multitehničkim pristupom gde se stanje mašine prati na osnovu: vibracija, stanja ulja, strujnih veličina (MCSA, eng. Motor Current Signature Analysis), termovizije i snimanja procesnih veličina (temperatura, protok...). Kao takav predstavlja ponudu: hardvera i softvera za analizu vibracija, gotovih projekata implementacije prediktivnog održavanja po sistemu „ključ u ruke“ i integrisanih usluga u oblasti prediktivnog održavanja a naročito usluga obuke kao i daljinskog upravljanja mašina.

Mogućnosti primene komponenti OneproD koncepta su praktično neograničene a pokušaj da se isti prikaže i šematski je dat slikom 2.



Slika 2. OneproD koncept održavanja mašina kompanije 01dB-Metravib, AREVA

Za potrebe daljinskog online monitoringa mašina primenom OneproD koncepta uobičajno se koristi:

- OneproD MVX merni sistem
- OneproD XPR softver za prediktivno održavanje mašina sa uključenom opcijom online sistema i Web serverom

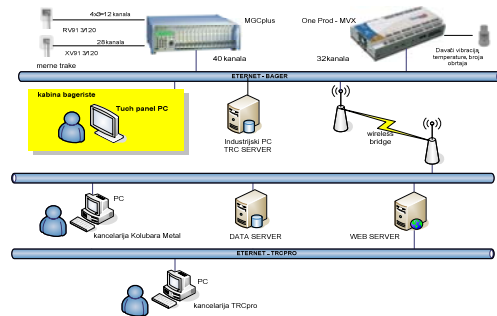
OneproD-MVX je modularni akvizicioni sistem u 8, 16, 24 i 32-kanalnoj varijanti (u jednom kućištu). Njegove superiorne mogućnosti simultane akvizicije na svim kanalima, u kombinaciji sa programiranjem različitih radnih režima i definisanje vrste akvizicije i alarmnih vrednosti za svaki radni režim čini sistem izuzetno moćnim rešenjem za monitoring i online dijagnostiku svih kompleksnih rotirajućih mašina.

Koncept daljinskog nadzora operativnog stanja opreme je uspešno primenjen i u Srbiji i to na primeru instrumentiranja bagera SRs 1300.24/2.5 za površinski iskop uglja u rudarskom basenu Kolubara.

Kompletan projekat na čijoj su izradi i implementaciji učestvovali Fakultet Tehničkih Nauka i TRCpro je iniciran sa obzirom na činjenicu da je pomenuti bager po svojoj prirodi izuzetno kritična mašina od koje se, sa jedne strane, zahteva veoma visoka raspoloživost a sa druge strane zbog realne opasnosti da sam bager u toku rada trpi opterećenja u vidu kratkotrajnih dinamičkih sila koje opterećuju delove konstrukcije amplitudama znatno većim od projektovanih. Iz tog razloga je instalisan kombinovani sistem daljinskog monitoringa bagera koji osim praćenja vibracija i stanja ležajeva na pogonskim agregatima podrazumeva i praćenje naprezanja u konstrukciji, primenom mernih traka. Merna mesta na kojima se prate naprezanja u konstrukciji i vibracije koje se prate na svim bitnijim pogonima bagera su prikazana slikom 3.



Slika 3. Merna mesta za praćenje napreznja u konstrukciji i pogoni na čijim se ležajevima prate vibracije



Slika 4. Šema kompletnog sistema za daljinski nadzor operativnog stanja bagera

Hardversku osnovu sistema čine dva TCP-IP bazirana merna sistema, i to gore pomenuti OneproD MVX sistem u 32-kanalnoj varijanti i univerzalno merno pojačalo HBM MGCplus u 40-kanalnoj varijanti. Oba merna pojačala su vezana na lokalni Ethernet bagera (odnosno optičku liniju) na kome se nalazi i data server sa instalisanim OneproD XPR softverom za analizu vibracija i za realtime vibrodijagnostiku analiziranih pogona kao i HBM Catman softverom za prikupljanje signala sa mernih traka. Lokalni ethernet bagera je preko Wireless sistema vezan za prvi Acces point na obodu kopa preko kog se dalje vodi na lokalnu mrežu Client računara Lokalno instalisanom data serveru , koji se nalazi u kabini bageriste, pristupaju daljinski dva Client računara i to računar instalisan u Kolubara Metal-u i drugi u okviru dijagnostičkog centra FTN i TRCpro-a u Novom Sadu. Uprošćena šema sistema je data slikom 4.

Ovako definisana i izvedena merna infrastruktura omogućava realtime uvid u stanje bagera kao i analizu mernih rezultata od strane:

- osoblja koje opslužuje bager u smeni
- članova službe održavanja kopa
- vibrodijagnostičkih eksperata TRCpro-a

Sam sistem je već nakon par nedelja eksploatacija ukazao na veoma interesantne rezultate kako sa stanovišta napreznja konstrukcije kao i na veoma progresivna oštećenja kotrljajnih ležajeva pogona.

Sa obzirom na dokazane prednosti predloženog koncepta autori ovog rada će kroz projekat TR 035036 “Primena informacionih tehnologija u Lukama Srbije – od monitoringa mašina do umreženog sistema sa EU okruženjem” finansiran od strane Ministarstva za Nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije implementirati sistem za daljinski nadzor kritičnih mašina (pre svega lučkih dizalica) u Luci Novi Sad.

7. ZAKLJUČAK

Pristup daljinskog monitoringa mašina ima široku primenljivost u svim granama industrije usled svojih dokazanih prednosti. Sa sve internzivnijim trendovima globalizacije i udruživanjem u velike multinacionalne kompanije daljinski monitoring predstavlja efikasan alat u optimizaciji njihovog poslovanja.

8. LITERATURA

- [1] Zuber N., “Automatizacija identifikacije otkaza rotirajućih mašina analizom mehanickih vibracija”, doktorska disertacija, Fakultet Tehnickih Nauka Univerziteta u Novom Sadu, 2010.
- [2] Zuber N, Licen H., Bajric R.,: An innovative approach to the condition monitoring of excavators in open pits mines, Technics technologies education management, Volume 5, number 1, 2010, pp 3-10, ISSN 1840-1503
- [3] Zuber N, Licen H.: “Possibilities of applying artificial intelligence methods for automated analysis of vibration”, Tehnicka dijagnostika, Tehnicka dijagnostika
- [4] Zuber N, Licen H, Klasnja-Milicevic A,: “Remote online condition monitoring of the bucket wheel excavator SR1300: A case study”, Facta universitatis - series: Working and Living Enviromental Protection, 2008, vol. 5, iss. 1, pp. 25-37
- [5] Baxter N., Heather J.: “Remote Machinery Monitoring – a Developing Industry”, Sound and Vibration, May 2008