

STALNI NADZOR - MONITORING I DIJAGNOSTIKA ELEKTROSTROJARSKE OPREME HIDROELEKTRANA

Enes H e r c e g o v a c, Dubrovnik

UDK 621.311.21.005:658.516
STRUČNI ČLANAK

Ukratko se iznosi historijat koji se odnosi na predmetnu temu, daje se opis najnovijeg stanja odgovarajuće tehnike, odnosno uređaja, tendencije razvoja, dok se težište usmjerava na postojeća iskustva u pogonu te konačno daju odgovarajuće preporuke. Radi stalne liberalizacije tržišta električne energije i s tim vezanog pritiska na troškove i cijene, proizvodni pogoni nastoje snižavati troškove i / ili povećati proizvodnju energije. Snižavanje troškova pak u prvom redu znači smanjenje pogonskih troškova, odnosno troškova za pogonsko osoblje i za održavanje. Povećanje proizvodnje energije praktički znači povećanje raspoloživosti, koje uz produžene intervale održavanja i / ili uz istodobno smanjenje broja pogonskog osoblja nije moguće bez dodatnih mjera, među koje se ubraja i ugradnja suvremenog monitoring i dijagnostičkog sustava.

Ključne riječi: monitoring, dijagnostika, ekspertni sustav, generator, vratilo, dielektrična analiza, rosište, osnovni modul.

1. UVOD

Od prvih početaka proizvodnje električne energije pogonsko osoblje je bilo usmjereno na tada osnovni cilj - održati postrojenje što duže u punoj pogonskoj kondiciji, nastojeći postići što veću i trajniju pouzdanost i raspoloživost. S tom svrhom nadzor je bio usmjeren na neprekidno praćenje ponašanja proizvodnih strojeva, a posebice u izvanrednim pogonskim uvjetima. Praćenje je obavljano tada raspoloživim sredstvima, očitavanjima instrumenata u definiranim vremenskim intervalima, upisivanjem prorada signalizacija, zaštita kao i subjektivnim zapažanjima putem osjetila (opipom - temperature, nemiran rad - vibracije; sluhom - promjena zvuka strojeva u izvanrednim slučajevima nesimetričnog opterećenja, naglih promjena opterećenja, udara zbog kratkih spojeva, strukturalnih promjena, kavitacije, nestabilne vrtložne jezgre i sl., mirisom - specifičan miris oštećene izolacije, pregrijavanja, požara itd.). S vremenom je osoblje u pogonu, trajnim življenjem s pogonskim strojevima i ostalim uređajima i postrojenjima, sve više postajalo stvarnim sastavnim i neizostavnim dijelom energetske postrojenja, čineći zajedno s njima funkcionalnu cjelinu.

Međutim, povećavanjem broja energetske postrojenja kao i broja proizvodnih jedinica u pojedinim od njih, osoblje je dolazilo u sve teži položaj - zadaci su se analogno tom povećavali - valjalo je upisivati sve više podataka i biti u stanju i osjetilima, u danim uvjetima, zapažati nenormalne pojave i eventualno intervenirati. Često je osoblje u tim uvjetima tražilo izlaz u nedozvol-

jenim radnjama (npr. odoka je upisivalo stanja brojila, s tim da je korektura obavljena tek istekom smjene, često su nepotrebno pozivali u pogon nadređene stručne ljude pri svakoj iznimnoj pojavi - zvuka, udara i sl. umjesto da nastoje sami analizirati uzroke i intervenirati, itd. S vremenom su zapisivanja i zapažanja postala preopsežna i tako sama sebi svrha.

Na osnovi tih i sličnih zapažanja pokušavalo se zajedno s pogonskim osobljem analizirati sve bitnije pojave, is-pade i kvarove. Dolazilo se do dragocjenih saznanja, zaključaka i iskustava, koja su mnogo koristila u daljnjem vođenju pogona i pomagala u otklanjanju kvarova, odnosno u odgovarajućem ponašanju ubuduće.

Da bi ovaj opsežan i odgovoran posao mogao biti sigurnije i kvalitetnije obavljen, primjenjuju se razni uređaji, tako npr. oni za registriranje manevara i grešaka. Među prvima su bili oni koji su bilježili pojave - skla-panja, bitne signalizacije, prorade zaštita i dr. na metaliziranom papiru i slično (npr. jedan aparat za 60 podataka). To je mnogo pomagalo izradi odgovarajuće analize na osnovi objektivnih podataka i stjecanju sve boljih pogonskih iskustava. S vremenom je takve i slične uređaje zamijenila elektronika s kvalitetnom i sigurnom registracijom omogućavajući još bolji uvid u događaje, naravno i sustavno arhivirajući bitne podatke za kasnije analize, odnosno potrebe.

Problem održavanja, posebno preventivnog održavanja te praćenje vrste, učestalosti i kategorije kvarova, njihovih materijalnih efekata i gubitaka proizvodnje bili su i još su uvijek važno područje rada po-

gonskih službi proizvodnje električne energije. Pojedine elektroprivrede (EdF, ENEL i druge) sredile su pogonske podatke, trajno prate i analiziraju kvarove (vidi Prilog 1), da bi konačno u UNIPEDE-u kroz odgovarajuću anketu došli do sređenih pregleda o nadziranju i održavanju hidroenergetskih postrojenja na nivou Europe (dokument Hydrolife, koji je veoma opsežan i napravljen na osnovi višegodišnjeg pogonskog iskustva). Ti i takvi podaci, odnosno iskustva, pomažu da kroz sustavne planske preglede svih bitnih komponenata strojeva, pomoćnih uređaja, hidromehaničke opreme, itd., sagledamo moguće kvarove i oštećenja, sredstva i kriterije nadziranja, učestalost pregleda i iz toga nerasplošivosti, odnosno štete. Na taj način se došlo do zaključaka što je bitno pratiti, da bi se moglo preventivno i na vrijeme djelovati.

2. UREĐAJI ZA DIJAGNOSTIKU I MONITORING

Navedeni i drugi statistički dobiveni pregledi iz postojećih elektroenergetskih postrojenja ukazuju na ono najbitnije na što valja obratiti pozornost i trajno pratiti. Najnoviji trendovi, osim pogonske sigurnosti i pouzdanosti, sve više iziskuju da se u najvećoj mogućoj mjeri vodi računa o konkurentnosti energetskih i ostalih pripadajućih objekata u uvjetima opće globalizacije, deregulacije i cijena formiranih na zajedničkom liberaliziranom sve većem tržištu. Investicijski kao i pogonski troškovi te troškovi održavanja moraju jamčiti konkurentnost na gore spomenutom slobodnom tržištu električne energije.

Da bi se to postiglo, nastoji se, uz ostalo, pronaći i instalirati takve uređaje koji pouzdano obavljaju kontinuiran nadzor te kroz dijagnostiku ukazuju na eventualnu pojavu i razvijanje smetnje, dajući u takvim slučajevima korisne savjete što bi valjalo poduzeti - isključiti proizvodnu jedinicu, smanjiti opterećenje, prijeći u drugo pogonsko stanje i slično.

Nadalje, u skladu s postavljenim zadatkom, suvremeni uređaji za monitoring i dijagnostiku, omogućavaju da se od sustava planskog održavanja prijeđe na održavanje u skladu sa stvarnim stanjem pogonskih proizvodnih strojeva, da se eventualno potrebni veći zahvati, revizije i popravci mogu odgađati do perioda kada će biti minimalni gubici proizvodnje. Na taj način od vremenski planiranog načina intervencija (često nepotrebnih godišnjih zastoja, demontaže pojedinih dijelova strojeva i sl.) prelazi se na unaprijed određeno interveniranje u skladu s potrebama elektrane, odnosno energetskog sustava. Uz to se smanjuju zastoji u proizvodnji i povećava efikasnost postrojenja, uz snižavanje troškova, dajući najveće moguće gospodarske efekte.

Kao daljnji bitan korak jest vođenje pogona tako da se strojevi koriste u optimalnom području korisnog pada, protoka, kao i stupnja korisnosti. Kao osnova za to služe školjkasti dijagram turbine, odnosno

odgovarajući kružni dijagram (pogonska karta) sinkronog stroja pojedinačno kao i u grupnoj regulaciji elektrane te raspoloživih akumulacija. Za obavljanje ovih zadataka, među ostalim, brinu se odgovarajući uređaji turbine, odnosno generatora. Logično je da se pritom vodi računa da turbine, odnosno generatori ne dospiju u pogonski ugroženo područje (kavitacija, preopterećenje, nestabilnost i sl.). Takvim se vođenjem pogona dobije maksimalno moguća proizvodnja, a u danim uvjetima može se postići i trajno ili povremeno moguća snaga iznad nominalne, bez štetnih posljedica po životno ili preostalo životno doba proizvodnih jedinica, što može biti od posebnog interesa za strojeve kojima npr. predstoji obnavljanje, eventualno s povećanjem protoka, odnosno snage.

Čitav niz godina proizvođači opreme diljem svijeta bave se razvojem odgovarajućih sustava za monitoring, dijagnostiku i racionalno vođenje pogona. Proizvođači su, poslije niza pokušaja, došli do logičnog zaključka da ove uređaje mogu uspješno koncipirati i razviti usko surađujući s isporučiteljima opreme, odnosno strojeva, proizvođačima odgovarajućih kvalitetnih i pouzdanih davača - senzora, proizvođačima računala i periferijske opreme i konačno korisnicima - stručnjacima iz pogona postrojenja, elektroprivrede.

Razvijeno je više temeljnih konceptualnih zamisli uređaja. Neke od izvedbi su koristile mnoštvo senzora - davača, a te su izvedbe ipak komplicirane i skupe, ali ne i do kraja zadovoljavajuće.

Jedna od privlačnih ideja je da se s minimalnim brojem ulaznih podataka postignu maksimalno pouzdani efekti. Pritom se umjesto ljudskih osjetila, ranije često korištenih u pogonima, koriste uređaji koji nadomještaju osjetila opipa i mirisa za otkrivanje povišenih temperatura strojeva, odnosno generacije električne greške; za otkrivanje nedozvoljenih vibracija, kavitacije i slično; osjetilo sluha koje spoznaje nenormalne zvukove, npr. zbog olabavljenih dijelova konstrukcije, zaklinjenja, učvršćenja namota, itd. S ovakvim rješenjem koje će biti ukratko opisano u daljnjem izlaganju, već postoje pogonska iskustva, o čemu je potpisani imao prigodu dobiti informacije na licu mjesta, tj. u pogonu.

Poželjno je da konfiguracija bude modularnog tipa, prikladna za kompatibilnu primjenu odgovarajućih uređaja raznih proizvođača, s mogućnošću postupnog proširivanja prema potrebama, zahtjevima i stečenim iskustvima. Međutim, to još nije do kraja realizirano.

Proizvođači su, da bi došli do potrebnih iskustava i daljnjeg usavršavanja uređaja, instalirali uređaje u pojedinim pogonima na svoj račun - prate njihov rad daljinski, obilaženjem objekata, usavršavajući ih tako zajedno s korisnikom, dolazeći na taj način do kvalitetnog napretka uređaja, odnosno sustava.

Potpisanom je uspjelo kontaktiranjem s korisnikom bečkog Donaukrafta, odnosno njihovim osobljem u dunavskim hidroelektranama Ybbs-Persenbeug (gdje

je proizvođač na svoj teret montirao uređaje za dijagnostiku i monitoring radi usavršavanja istih) i Freudenau vidjeti ove uređaje u pogonu. U tim elektranama su montirani suvremeni uređaji za dijagnostiku i monitoring firme VATECH - ELIN pa će niže biti ukratko opisana jedna takva općenita instalacija kao karakterističan primjer.

2.1. Osnovna filozofija sustava

Osnovna filozofija sustava za dijagnostiku i monitoring MDM je da se sveobuhvatna ocjena stanja cijele elektrane ostvaruje pomoću nekoliko specijalnih modula u kombinaciji sa sustavima više proizvođača (kao što su sustavi dijagnoze za parcijalna izbijanja, vibracije turbina, monitoring zračnog rasporeda, transformatora, visokonaponskih oklopljenih postrojenja, uređaja za ekonomsko i pouzdano vođenje pogona turbina, generatora itd.). Ovaj sustav je, za razliku od ranijih, izuzetno kompleksnih sustava za monitoring i dijagnozu, koncipiran kao vrlo ekonomična alternativa koja se uspješno može upotrijebiti za većinu proizvodnih jedinica, odnosno postrojenja.

Dijagnoza stanja pogonskih jedinica može se, na osnovi fizičkih karakteristika i efekata, koji su pod nadzorom, podijeliti u tri podgrupe:

- termička dijagnoza
- dielektrična dijagnoza
- mehanička dijagnoza.

Prema statistikama i iskustvu to su efekti koji najčešće uzrokuju teže kvarove.

3. ANALIZA RASHLADNOG ZRAKA (CAA)

3.1. Dielektrična ocjena stanja generatora (modul O3)

Dielektrična ocjena stanja generatora danas se vrši uglavnom pomoću raznih metoda mjerenja električnih veličina. Da bi se provela takva mjerenja, potrebno je u generator ugraditi specijalne kondenzatore i induktivne svitke. Njihova uloga najčešće zahtijeva opsežne montažne radove na samom generatoru. Osim toga, te su metode vrlo kompleksne i preskupe da bi bile korištene u svakodnevnoj praksi pogona elektrana.

Sustav MDM (Machine Diagnostic and Monitoring System) omogućava analizu ozona koji se uzima iz generatora za detekciju promjene površinskog stanja dijelova visokonaponskih namota generatora. Električna izbijanja (površinska parcijalna izbijanja, električni lukovi) u dodiru s kisikom proizvode ozon, što ima za posljedicu rast koncentracije ozona u rashladnom zraku. Koncentracija ozona se mjeri ultraljubičastom apsorpcijskom metodom, a ocjena stanja stroja vrši se na isti način kao i kod ocjene termičkog stanja stroja. Time se omogućava dijagnoza promjene površine namota zbog prljanja ili erozije izolacijskog materijala.

Ovom se metodom mogu uočiti i lomovi kao i kidanje lemljenih veza štapova prigušnog namota, ako ti

kvarovi imaju za posljedicu pojavu električnog luka. Svaka pojava električnog luka znatno pridonosi rastu koncentracije ozona.

3.2. Termička analiza

Nedostatak je dosadašnje metode uporabe termoelemenata za mjerenje temperature da se promjene temperature mogu mjeriti samo lokalno, u najneposrednijoj blizini termoelemenata. Broj i raspored termoelemenata, sam po sebi, ne jamči da će vruća točka biti otkrivena. Daljnji je nedostatak konvencionalnih metoda što nisu u stanju obuhvatiti sve dijelove visokonaponskog namota ili lemljene veze namota, koje kod generatora starije izvedbe vrlo često predstavljaju kritična mjesta.

Primjena senzora sa svjetlosnim vodičem isto tako omogućava samo punktualno mjerenje temperature dijelova generatora putem izoliranog načina mjerenja.

Sustav MDM mjeri promjene temperature na jedan potpuno nov način, kojim se ostvaruje dijagnoza promjene temperature cijelog generatora. Daljnja je prednost ta što je skupljanje podataka za dijagnozu, za razliku od kompliciranih konvencionalnih sustava, znatno pojednostavljeno.

Precizna dijagnoza mjesta promjene temperature sustavom MDM nije moguća, ali nam ta informacija i nije nužna, jer je pregled generatora neizbježan. Precizno utvrđivanje mjesta nastanka promjene temperature moguće je ustanoviti npr. korištenjem termokamere (infracrvenom tehnikom) i slično.

3.3. Detekcija vrućih točaka (modul HS)

Da bi otkrili termičko preopterećenje ili termičko preopterećenje u nastajanju, uzimaju se i analiziraju uzroci rashladnog zraka generatora. Metoda se temelji na činjenici da izolacijski materijali na višim temperaturama, ovisno o termičkom opterećenju, stvaraju plinske proizvode kao posljedicu kemijskih reakcija, koji postaju sastavnim dijelom rashladnog zraka. Bitno je da se analiziraju plinovi, a ne čestice sagorijevanja. Naime, u trenutku kada se dijagnosticiraju čestice sagorijevanja, kvar se već desio.

Uzroci rashladnog zraka koji se uzimaju iz rashladnog kruga generatora dovode se u analizator plina savitljivim cijevima putem pneumatskog multipleksera. U analizatoru plina prvo se određuje koncentracija plinova (tehnikom foto-akustičke infracrvene spektroskopije), a zatim se ta vrijednost uspoređuje s koncentracijom plinova u okolnom zraku (koja predstavlja referentnu vrijednost). Sustav MDM pravodobno upozorava osoblje elektrane ako su dostignute granične koncentracije plinova ili ukoliko se uoči značajan trend promjene vrijednosti koncentracije plinova. Istodobno se na monitorima MDM-a pojave upute koje pogonskom osoblju pomažu donijeti ispravne odluke.

Pojava vrućih točaka ovisi o opterećenju generatora. Prema tome za daljnji pogon je poznavanje stanja u kome se nalazi izolacijski materijal bitno za određivanje "dozvoljenog" opterećenja generatora. Korištenjem sustava za monitoring i dijagnozu (MDM) kontinuirano se dobivaju podaci o termičkom stanju generatora. Na osnovi tih podataka moguće je nastaviti pogon generatora sa smanjenim opterećenjem do sljedećeg servisa, kada će kvar biti otklonjen.

Praksa i pokusi pokazuju da je analiza rashladnog zraka vrlo osjetljiva, pa ukazuje npr. na samo jednu defektnu vezu između dva štapa namota statora kod obavljenog pokusa na namotu hidrogenatora sa 598 spojeva.

Defektne lemljene veze obično ne uzrokuju kritična stanja generatora, tako da se rijetko mogu ustanoviti klasičnim metodama, kao npr. mjerenjem vibracija. Posljedica toga može biti neprimjetni daljnji prekid lemne veze.

Kako je MDM sustav vrlo osjetljiv, moguće je uočiti termičke promjene u vrlo ranom stupnju nastajanja. U idealnom slučaju moguće je uočavanje trenda promjene dovoljno rano, tako da se planovi održavanja i prateća logistika mogu pravodobno pripremiti. Na taj se način osigurava da rezervni dijelovi i alati potrebni za otklanjanje kvara budu raspoloživi pri sljedećem servisu generatora.

Analizom rashladnog zraka moguće je nadgledati sljedeće dijelove generatora:

- namot statora
- veze namota (lemljene veze)
- namot rotora.

3.4. Podmodul DP "Rosište"

Ovim se podmodulom konstatira vlažnost. Podmodul prosuđuje moguće orošavanje komponenata generatora (npr. visokonaponskog namota, kapa rotora itd.) ili pak mjerenjem vlažnosti zraka u rashladnom krugu i utvrđivanjem rosišta, pravodobno ukazuje na curenje u rashladnom krugu generatora. Rosište se dobiva iz Molierova dijagrama koristeći mjerenje vlažnosti zraka i aktualne temperature zraka. Ovaj podmodul kontrolira također vlažnost za vrijeme pogona.

3.5. Strukturni zvuk (SBS - modul)

Olabavljeni dijelovi stroja proizvode karakteristične vibracije s frekvencijama u zvučnom području. Te vibracije, odnosno zvuk, prenose se preko međusobno čvrsto spojenih mehaničkih dijelova. Specijalni senzori postavljeni na stezne prste paketa statora u stanju su registrirati taj strukturni zvuk. Sirovi signali se filtriraju i obrađuju brзом Fourierovom analizom (FFT) i uspoređuju s arhiviranim i tipičnim podacima dobivenim iz dugotrajnog iskustva. Korištenjem ove tehnike moguće je vršiti visokospecijalizirane analize vibracija i na komponentama proizvodne jedinice, na

kojim nije pričvršćen niti jedan senzor, omogućavajući dijagnosticiranje s minimumom mjernih točaka.

Primjeri problema koji se mogu otkriti ovom metodom:

- labavljenje (magnetskih) klinova utora
- labavljenje steznih vijaka i ploča paketa
- labavljenje statorskih štapova / namota statora u utoru, itd.

Prilog 2 prikazuje gore opisani MDM - Sustav za dijagnozu i monitoring strojeva - MDM - Principijelni razmještaj mjerenja.

Prilog 3 prikazuje MDM - Dijagnostički i monitoring sustav, modularnu izvedbu. U njemu nisu prikazani i ostali mogući moduli koji mogu biti istim obuhvaćeni, kao što je to modul za transformatore, s kojim, npr. tvrtka Siemens već ima određeno pogonsko iskustvo - prate se i obrađuju temperature određujući moguće granice opterećivanja, analizira ulje, analiziraju plinovi, prati vlažnost u ulju, radi se na nadzoru rashladnih uređaja. Navedeni će nadzorni uređaji sniziti troškove održavanja i njege te omogućiti veće opterećivanje transformatora točnijim uvidom u njegovo realno stanje.

Sljedeći je modul onaj za praćenje i nadzor vibracija. Obrada vibracijskih signala predstavlja posebno značajne uvjete za hard i software zbog velikog opsega podataka i zbog potrebe da se signali brzo i temeljito obrađuju. Obrade se vrše pomoću FFT analiza i predaju na dijagnozu. Bitno je da se analize ne obavljaju samo za normalne pogonske uvjete već i za slučajeve kada se komponente nalaze u fazi pokretanja, odnosno zaustavljanja, čak i u slučajevima ispada. U tim pogonskim uvjetima prolazi se kroz posebne karakteristike vibracija (rezonancija) ili se one simuliraju, što omogućava otkrivanje promjena u sustavu u vrlo ranoj fazi. Praćenje vibracija nije ograničeno na sustav vratila i ležaja, već se također primjenjuje na sve važnije dijelove postrojenja. Kao senzori koriste se uobičajeni davači vibracija s dodatkom odgovarajućih pretvaračkih uređaja. Obrada se obavlja softwareski. Osim navedenog ovi uređaji mogu obuhvatiti i:

- neuravnoteženost, pomak masa
- poravnanje ležaja
- zazor u ležajima
- poravnanje vratila
- vibracije oslonaca ležaja
- vibracije (oplitanje) vratila
- labavljenja, slijeganja, itd.

Tako npr.:

- Modul za analizu trenda

Omogućava korisniku dobivanje analize trenda bitnih mjernih veličina, kao npr. tabelarni prikaz kada određeni signal dosegne prag za upozorenje, odnosno alarm i sl.

- Modul za kavitaciju

Ovaj modul, odnosno sustav za otkrivanje, nadzor i dijagnozu pojava kavitacije, može koristiti pri određivanju radnog pogonskog područja te posebno omogućiti korištenje hidrauličkog stroja u područjima većih opterećenja, što utječe na godišnju proizvodnju.

Ova je dva modula npr. razradio i koristi ih Sulzer Hydro pod nazivom "smartTREND", odnosno "smart-CAVIT". Postoje i druge mogućnosti.

Dakle, kao što se vidi, mogućnosti su velike te je u igledu daljnji značajan razvoj.

3.6. Arhitektura računala MDM - sustava

MDM je modularni softwareski sustav. Za pojedinu informaciju (tj. za više proizvodnih jedinica potreban je jedan osnovni modul). Osnovni modul obuhvaća standardnu bazu podataka, management podataka, transfer informacija kao i informativni tekst.

Mogu biti odabrani razni dijagnostički moduli i podmoduli, u skladu sa zahtjevima i specifičnim željama korisnika. Modularnost omogućava maksimalnu raspoloživost i fleksibilnost. Modularnost omogućava i zahtjeve integriranja modula za dijagnozu drugih isporučilaca, kao što je monitoring zračnog rasporeda, transformatora, itd., što je već prije spomenuto.

Ovi aplikacijski moduli obavljaju prikupljanje podataka i njihov prikaz, nadzor granica greške i procjenu uvjeta materijala pomoću specifičnih dijagnostičkih funkcija. Integriranje više sustava ima prednost jer svi podaci mogu biti simultano vremenski kodirani s aktualnim datumom i vremenom mjerenja, a zatim arhivirani u zajedničku bazu podataka. Dijagnostički modul zatim izvodi unakrsne korelacijske programe radi evaluacije arhiviranih podataka. Standardna baza podataka omogućava odlaganje podataka za kasnije off-line statističke i uvjetno - osnovane razrade.

Integriranje signala kontrolnog sustava također je predviđeno. To je potrebno radi lakog pristupa svim "sporim podacima" (npr. temperature) koji su raspoloživi u sustavu nadziranja. Korištenjem ove otvorene arhitekture moguće je stvoriti globalni dijagnostički sustav ocjene stanja za pouzdan pogon termo i hidroelektrana.

Da bismo imali donekle jasniji uvid u mogućnosti MDM sustava ukazujemo i na Prilog 4 - MDM - Dijagnostički i monitoring sustav strojeva, Tehnički problemi - vrsta dijagnoze. Daljnjim razvijanjem ove će mogućnosti biti sve veće, detaljnije i sveobuhvatnije, tako da će konačno biti dosegnut postavljeni zadatak, da se obuhvati cjelokupno postrojenje, odnosno da se realizira zamišljena ideja ostvarenja konačnog cilja: "From water to wire".

4. DODATNE INFORMACIJE

Uređaji monitoriga i dijagnostike sve više pobuđuju pozornost i zanimanje korisnika iz proizvodnih elektroprivrednih poduzeća. Da bi se uređaji još dodatno

usavršili i dostigli gore navedeni konačni cilj "From water to wire" udružili su svoje stručne snage firma VATECH ELIN s pet velikih elektroprivrednih organizacija iz SAD i Kanade radeći zajedno na razvoju uređaja. Ta bi suradnja trebala prerasti u zajedničku prodaju, odnosno Joint Venture. To su vrlo zanimljivi i logični pothvati. Nismo li i mi u mogućnosti da zajedničkim silama realiziramo suvremeni razvoj i plasman na inozemna tržišta? Mislim da jesmo, ali uz odgovarajuću inicijativu i interese. Područje je široko, a stručni ljudi u pogonima s vremenom se osjećaju suvišnim, što ni u kom slučaju ne odgovara stvarnosti.

Kroz razgovor s korisnicima ovih uređaja u elektroprivredi došao sam do zaključka, da se, uostalom kao i kod svih ulaganja, traži da ulaganje bude ekonomski opravdano. S jedne strane valja voditi računa o što manjim ulaganjima, dok s druge strane treba sagledati koristi, koje bi se ukratko mogle izraziti povećanjem proizvodnje, uštedama u utrošenom radu i materijalu, smanjenjem broja zaposlenog osoblja te većom pouzdanošću i sigurnošću postrojenja.

Korisnici s kojima sam kontaktirao su, da bi donijeli konačnu odluku o nabavi i ugradnji uređaja, i po nekoliko puta mijenjali (uglavnom smanjivali) zahtjeve, odnosno specifikacije. Naime, modularna izvedba omogućava naknadno proširenje sustava, što predstavlja veliku prednost.

Proizvođač MDM sustava omogućava ugovaranje uređaja i uključivo održavanje sustava, čak i trajnog praćenja na daljinu, što je od interesa za velika, značajna, postrojenja.

Proizvođač navedenih uređaja ima čak interes postaviti uređaje u određeno postrojenje besplatno na godinu dana. U tom slučaju korisnik snosi samo troškove transporta i montaže. Nakon godinu dana može odlučiti da zadrži uređaje, a omogućuje se plaćanje u više obroka, ili da ih vrati proizvođaču.

O cijenama ne bih trošio mnogo prostora. Uglavnom, cijene su znatno niže od onih koje smo mi do sada imali.

5. ZAKLJUČAK

Znamo da su mnogi naši proizvodni pogoni imali interes za navedene uređaje, posebno oni koji se spremaju za obnavljanja. Navedene su mnoge mogućnosti i varijante te bi konačno bilo vrijeme da i na tom polju krenemo u stjecanje odgovarajućih iskustava. Mislim, što prije to bolje, naravno u skladu s našim mogućnostima, imajući u vidu da nikada nismo, pogotovo u području hidroelektrana, bili na začelju.

LITERATURA

- [1] P. SALZER, F. MÜLLER, I. AKŠAMIJA: "Dijagnoza i monitoring proizvodnih jedinica - MDM (jedna nova generacija)", ELIN EV, Weiz

- [2] Dipl. ing. F. MÜLLER: "Hydro Power Electronics, Expert systems for advanced hydro plants control", International Power Generation
- [3] L. J. MÜLLER & P. SALZER: "Monitoring and Diagnosis, an overall Concept for Power Stations", Integrated Hydroelectric Machine Condition, Monitoring Consortium, Chattanooga, Tennesy & ELIN EEV Vienna
- [4] Advanced Conditioning Monitoring System, Functional Description. MCM Enterprise LTD, Bellevue, Washington, USA, August 9, 1995
- [5] F. MÜLLER: "Hotspots Detection in Electrical Machines", ELIN EV, Weiz
- [6] F. MÜLLER and H. EICKHOF: "Monitoring & Diagnosis System for Hydro Power Plants", Conference Lausanne, July 1996
- [7] Siemens Monitoring System Efficient Condition Recording and Diagnosis for Power Transformers - Power to the Point.
- [8] Das Monitoring entwickelt sich...Siemens EV Report 2/98
- [9] UNIPEDE Hydrolife 1985, Anketa - upitnik. Nadziranje i održavanje hidroenergetskih postrojenja, Elektrostrojarski dio.
- [10] Digitaler Turbinenregler DTL 595.
- [11] Neue Softwareversion, neue Monitoring - Tranding - und Diagnosenmöglichkeiten, Ludwig Huser (Sulzer Hydro, Zurich). Stručno savjetovanje u Grazu 20. 05. 1999.

PERMANENT CONTROL - MONITORING AND DIAGNOSTICS OF HYDRO-POWER PLANTS' ELECTRO-MECHANICAL EQUIPMENT

A short historical review on the related theme is given, describing the most recent state of corresponding devices and development trends, whereby emphasis is directed to the existing experience in operation and the concluding relevant recommendations.

Prilog 1

ENEL studija o nastalim kvarovima na 1200 hidrogeneratora u razdoblju većem od 5 godina

Uzrok	Posljedica kvara (učestalost, troškovi)	Obraduje
Labavljenje u utoru	16,3 %	SBS
Spoj među zavojima rotora	12,2 %	HS / O3
Pregrijavanje ležaja	12,2 %	TOC
Kvar zbog parcijalnog izbijanja	10,2 %	O3 / PDA
Ležajne struje	9,2 %	Zaštita od lež. struje
Lokalno pregrijavanje	8,2 %	HS
Kvar u krugu ulja za podmazivanje	8,2 %	TOC, TOC+
Kvar izolacije zbog vibriranja paketa	6,1 %	SBS, HS
Prekid spojeva namota	6,1 %	O3
Proboj namota rotora	6,1 %	HS / O3
Labavljenje klinova utora	2,0 %	SBS
Labavljenje paketa limova	2,0 %	SBS
Vibracije glava namota	1,0 %	SBS

Izvor: Hydropower Proceedings, Barcelona 1995.

Owing to permanent liberalisation of electric energy market and related pressure considering costs and prices, power plants intend to reduce their costs and/or increase energy production. Cost decrease primarily means operational cost decrease, i.e. decrease of personnel and maintenance costs. Production increase means availability increase, for extended maintenance intervals and/or reduced personnel impossible without additional measures, such as up-to-date monitoring and diagnostic systems.

DAUERÜBERWACHUNG - BEOBACHTUNG UND FEHLERFESTSTELLUNG DER ZUM ELEKTROMASCHINENBAU GEHÖRENDE AUSRÜSTUNG VON WASSERKRAFTWERKEN

Nach kurzer Beschreibung der Geschichte des in diesem Artikel behandelten Gegenstandes, wird der neueste Stand der dazugehörigen Ausrüstung und Einrichtungen, sowie die Entwicklungstendenzen beschrieben, und schliesslich entsprechende Empfehlungen gegeben, indem der Schwerpunkt auf bestehende Betriebserfahrungen gerichtet war. Wegen der ständigen Liberalisierung des Marktes und des damit verknüpften Druckes auf Kosten und Preise, streben die Erzeugungsbetriebe die Kosten zu senken und / oder die Energieerzeugung zu steigern. Die Kostensenkung bedeutet vor allem Betriebskosten- und Personalkostensenkung für Betrieb und Wartung. Die Erzeugungssteigerung bedeutet praktisch die Erhöhung der Verfügbarkeit, was ohne Zusatzmaßnahmen bei größeren Zeitspannen zwischen der Wartungsperioden und/oder gleichzeitigen Betriebspersonaleinschränkungen nicht möglich ist. Zu solchen Maßnahmen zählt der Einbau eines zeitgerechten Beobachtungs- und Fehlerfeststellungssystems.

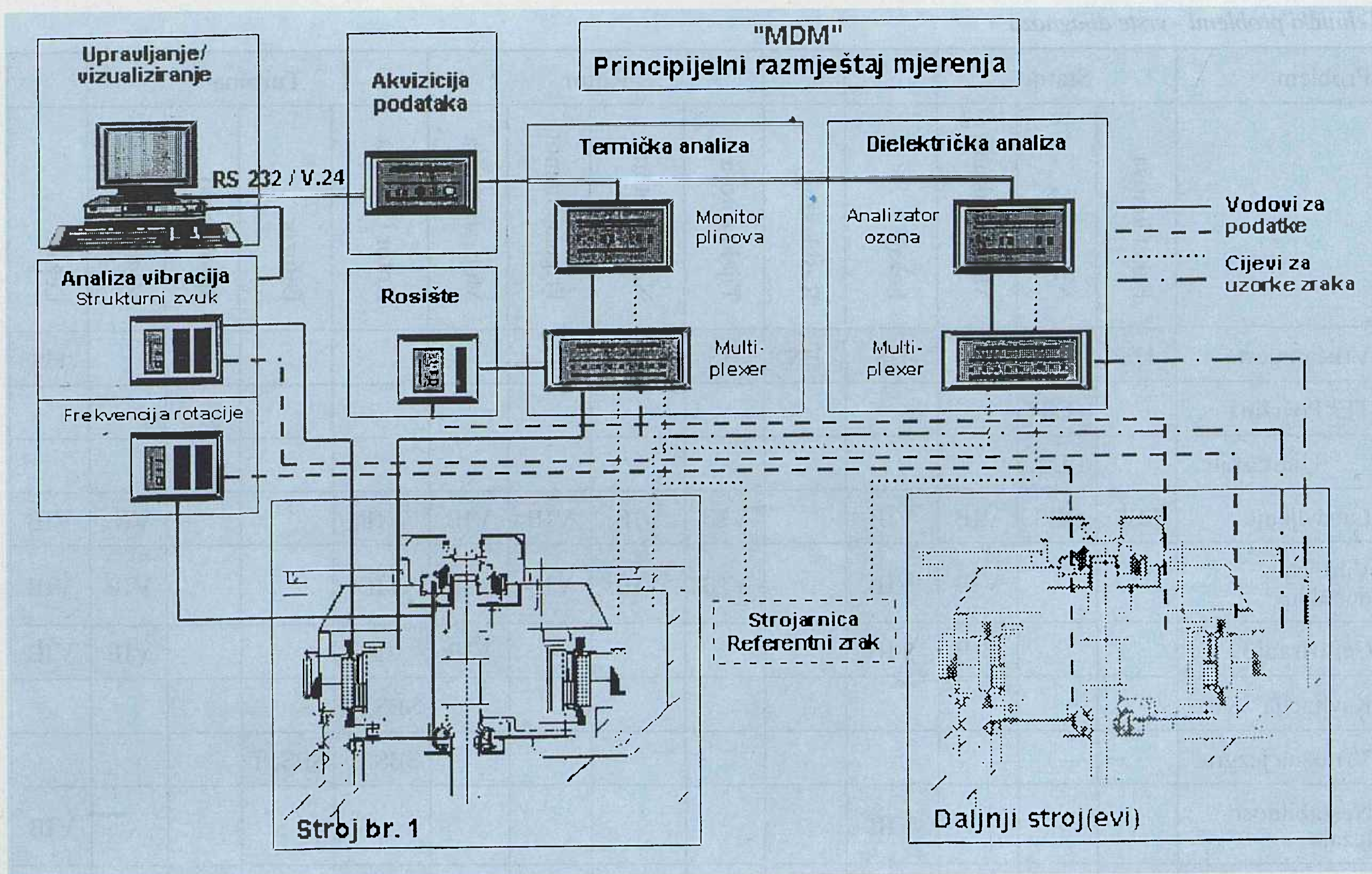
Naslov pisca:

Enes Hercegovic, dipl. ing.
Alberta Hallera 13
20000 Dubrovnik, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
 2000-01-12.

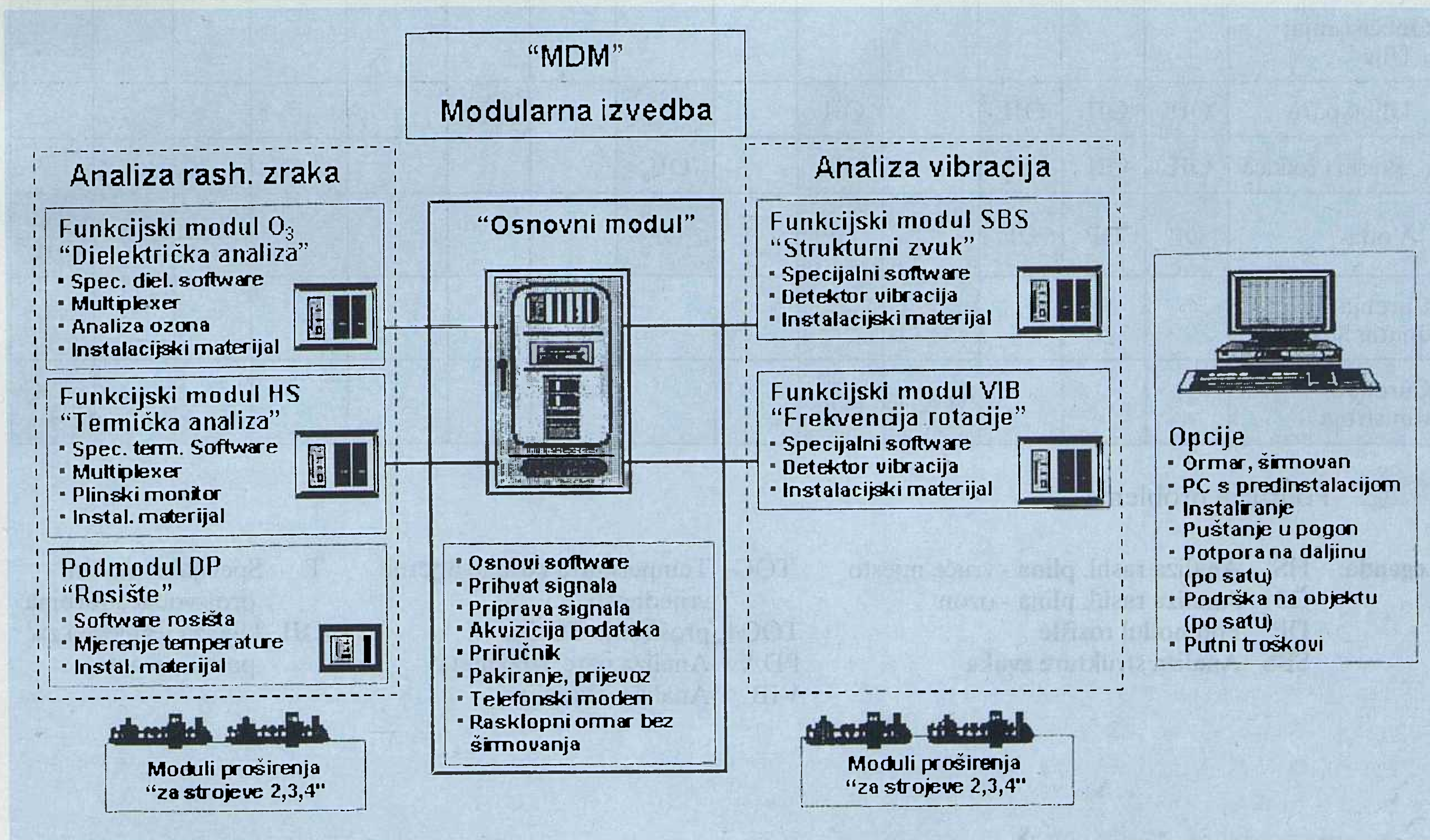
Prilog 2

MDM – sustav za dijagnozu i monitoring strojeva



Prilog 3

MDM – sustav za dijagnozu i monitoring strojeva



Prilog 4

MDM - sustav za dijagnozu i monitoring strojeva

Tehnički problemi - vrste dijagnoza

Problem	Stator				Rotor					Turbina				
	Paket limova	Namot	Meh. struktura	Ležaji	Rashl. krug	Tijelo rotora	Namot rotora	Prigušni namot	Meh. struktura	Rotor Osovina	Difuzor	Sprov. kolo	Meh. struktura	Ležaji
Vruća mjesta	HS	HS		HS	HS	HS	HS							HS
TE: Površina		O3												
Unutarnje		PDA												
Labavljenje	SBS	SBS	VIB	VIB		VIB	VIB	VIB	VIB	VIB			VIB	VIB
Vibracije, debalans			VIB	VIB		VIB	VIB	VIB	VIB	VIB			VIB	VIB
Centriranje			VIB	VIB					VIB	VIB			VIB	VIB
Kavitacija										SBS, T				
Vrtložna jezgra										SBS, T	SBS, T			
Nestabilnost ležaja				VIB										VIB
Promjena protoke										VIB		VIB		
Pukotine			VIB			VIB	VIB	VIB	VIB	VIB			VIB	
Lomovi		HS		VIB			HS O3	O3						
Onečišćenja: Ulje														
Uljne pare	OIL	OIL	OIL		OIL		OIL		OIL					
Prašina četkica	OIL	OIL	OIL		OIL		OIL							
Voda	DP	DP	DP	TOC, OIL	DP		DP							TOC, OIL
Curenja: unutar stroja				TOC	DP									TOC
Curenja: van stroja				TOC+	TOC									TOC+

Područje problema

Legenda:	HS	Analiza rashl. plina - vruće mjesto	TOC	Temperatura i druge mjerne vrijednosti	T	Specijalni modul proizvođača turbina
	O3	Analiza rashl. plina - ozon	TOC+	proširenje TOC-a	OIL	Ulje za ležajeve i za podmazivanje
	DP	Podmodul rosište	PDA	Analiza parc. izbijanja		
	SBS	Analiza strukture zvuka	VIB	Analiza vibracija		