

RAZVOJ DALJINSKOG NADZORA I ODRŽAVANJA SISTEMA ALATNIH MAŠINA

Prof. dr Slavica Prvulović¹⁾, mr Ljubiša Josimović²⁾, prof. dr Dragiša Tolmač¹⁾

Kategorizacija rada: PREGLEDNI RAD

ADRESA:

- 1) Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“ Zrenjanin, ul. Djure Djakovića bb, 23000 Zrenjanin
- 2) Srednja politehnička škola Požarevac

REZIME: U radu je dat prikaz funkcionisanja RMMS-a (remote monitoring and maintenance system), koji je razvijen da sprovede daljinsko praćenje, dijagnozu i usluge održavanja na hiljade alatnih mašina povezanih sa centralnim serverom putem Interneta ili mreže mobilne telefonije.

Razmatrane su dve opcije komunikacije za fizičko povezivanje hiljade alatnih mašina širom sveta na server proizvođača. XML format datoteke se koristi za slanje statusa alatnih mašina. Za obradu i skladištenje ogromne količine ulaznih podataka, paralelna obrada se primenjuje kao poboljšanje konvencionalno sekvencijalnog načina. Sa uspostavljenom mrežom i prikupljenim podacima prikazane su aplikacije kao što su daljinsko održavanje, nadzor i preventivno održavanje. Razvijen sistem može da smanji vreme zastoja mašine klijenta i troškove fabričkog servisa.

KLJUČNE REČI: dijagnostika, održavanje, mašine, daljinsko upravljanje

1. UVOD

Cilj ovog rada je usavršavanju visokih performansi CNC-kontrolora alatnih mašina na duže vreme. Jedan od najvažnijih zahteva koji se mora zadovoljiti je, da nakon instaliranja alatne mašine i rada u fabrici klijenta, ne dođe do kvara.

Isporuka alatnih mašina u svetu je stalno prisutna, što se očekuje i u doglednoj budućnosti. Za sada kad god se pojavljuje problem kod alatnih mašina, serviser mora posetiti klijenta kako bi rešio problem. Da bi se proizvođači nosili sa ovom situacijom, prvi korak je da se radi na poboljšanju kvaliteta proizvoda kako bi se smanjio broj potencijalnih servisnih poziva. Drugi korak je povećanje efikasnosti same usluge od strane proizvođača. Da bi se to postiglo, idealno rešenje je dobijanje radnog statusa alatne mašine klijenta, dijagnostikovanje i analiza na daljinu, u fabričkoj servisnoj bazi, i sprovođenje potrebnog preventivnog održavanja odmah na mreži [1]. Očigledno je da sadašnja komunikaciona tehnologija, kao što je Internet, pruža punu mogućnost povezivanja proizvođača i kupaca alatnih mašina [2]. Zatim, analizom prikupljenih podataka putem mreže, proizvođač može utvrditi hardverske ili softverske izvore kvaliteta ispitivanja i naredne akcije mogu se preduzeti za otklanjanje bilo kakvih problema. Međutim, pošto mnoge fabrike nemaju Internet ili neku drugu komunikacionu vezu, te nemaju tehnologiju za

praćenje više mašina u isto vreme, većina alatnih mašina još uvek nije spojena na fabričku mrežu.

Praćenjem operativnog statusa novijih proizvoda, proizvođači alatnih mašina su u mogućnosti da kontrolišu kvalitet novih proizvoda u širokom opsegu. Pored toga, oni mogu obavestiti kupce o operativnom statusu njihovih mašina na temelju prikupljenih podataka, što je važno za klijentovo upravljanje proizvodnjom [3].

Danas, se sprovode mnoga istraživanja i predlažu različite prakse za razvoj daljinskog nadzora i održavanje sistema (RMMS -remote monitoring and maintenance system), takođe poznat kao Inteligentni sistem usluge.

2. RMMS(remote monitoring and maintenance system) ZAHTEVI

Da bi se razvili RMMS zahtevi za primenu na alatnim mašinama, određeni posebni zahtevi se dodaju uz primitivne specifikacije:

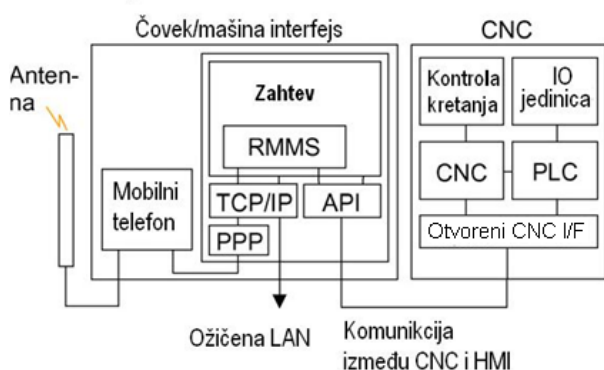
- Kad god se pojavi problem kod alatnih mašina, operater mora odmah obavestiti proizvođača. Takođe bi trebalo omogućiti automatsko obaveštavanje tokom rada.
- Proizvođač mora dobijati informacije o situaciji sa najudaljenijeg mesta u svetu.
- Sigurnost pristupa mora biti zagarantovana. Nije prihvatljivo da se dozvole zlonamerni napadi preko Interneta.

- Potrebno je napraviti kvalitetnu analizu operativnih statusa od sabranih alatnih mašina. Na primer, alarmantni detalji i operativna istorija mogu dati savet ako operater prati odgovarajući postupak.
- Prikupljeni podaci treba da budu dostupni korisnicima, tako da ih oni mogu koristiti u njihovim sistemima upravljanja proizvodnjom.
- Potrebno je sprečiti što više potencijalnih kvarova na što većem broju alatnih mašina, kroz pravovremeno preventivno održavanje [4].

3.MREŽA I STRUKTURA SISTEMA

Komunikacija između proizvođača i klijenata njihovih kupljenih alatnih mašina je ključ za uspešno uspostavljanje RMMS. Generalno, proizvođači alatnih mašina mogu koristiti klijentov internet priključak instaliran u njihovim fabrikama [2, 3]. U ovom slučaju, određen broj mašina može biti spojen na Internet koristeći LAN. U međuvremenu, ove alatne mašine su opremljene sa firewall i anti-virus softverom kako bi sprečili viruse ili druge štete putem Interneta. Ove metode se obično koriste u velikim, prilično dobro opremljenim fabrikama. Međutim, postoje mnogi kupci koji imaju mnogo alatnih mašina, ali bez mreže da bi ih povezali na Internet. U tim slučajevima, primenjuju se druga rešenja.

Po ugradnji komunikacionog uređaja sa tehnologijom mobilne telefonije na svakoj alatnoj mašini, grupa alatnih mašina može biti spojena sa serverom proizvođača preko mreže mobilne telefonije. Najveća prednost ovog rešenja je da sistem može biti dostupan čim su alatne mašine instalirane u klijentovoj fabrici. Sl. 1 pokazuje vezu između komunikacionog uređaja i CNC kontrolora alatnih mašina.

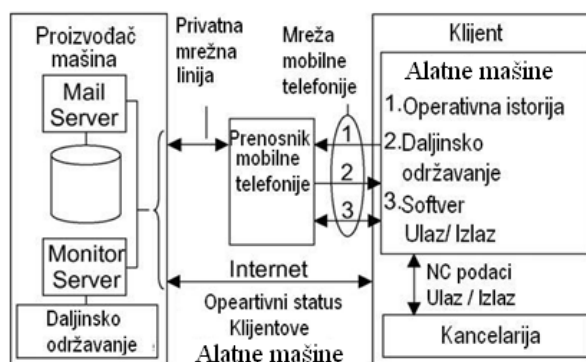


Slika 1. Vezu između komunikacijskih uređaja i CNC i HMI

HMI od CNC na svakoj alatnoj mašini kontroliše komunikaciju između njega i Servera daljinskog proizvođača preko TCP / IP protokola. Servisno

odeljenje proizvođača daljinskog održavanja je centralizovana baza, koja obrađuje na hiljade komunikacijskih zahteva klijentovih alatnih mašina. Koristeći ovu mrežu može da se poveže preko 8000 alatnih mašina .

Razvijena struktura daljinskog sistema održavanja prikazana je na slici 2. Kao što se vidi na ovoj slici, servisni zastupnik može vršiti bilo daljinski nadzor ili održavanje više klijentovih alatnih mašina iz udaljenog servisnog centra [5]. Osim toga, kupac može iskoristiti taj sistem pristupa informacijama, kao što su NC programi, za upravljanje svojom proizvodnjom.



Slika 2. Razvijeni daljinski nadzor i održavanje sistema

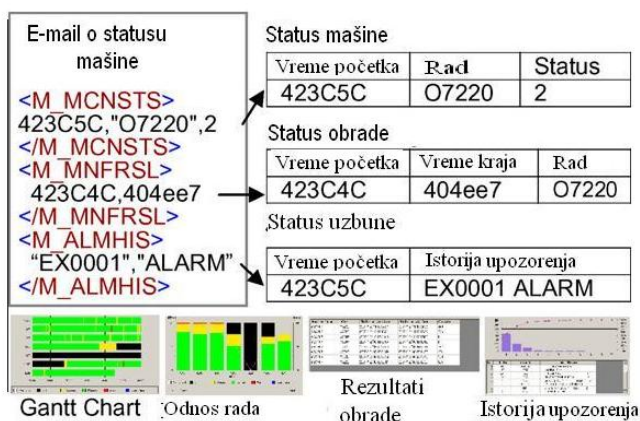
4.PRENOS PODATAKA I SKLADIŠTENJE

U utvrđenom RMMS, e-mail obaveštenje je glavni metod prenosa operativnog statusa od udaljene alatne mašine do servera proizvođača. Potrebno je pojasniti tri važna pitanja. Prvo, se odnosi na činjenicu kako bi se smanjili visoki troškovi komunikacije i osigurala bezbednost (veza se uspostavlja samo ako je neophodna). Drugo, - standardizovani format podataka se koristi za razmenu podataka. Treće, - specifična učestalost uzorkovanja je postavljena za sve alatne mašine, za periodično slanje operativnih statusa, bez gubitaka podataka.

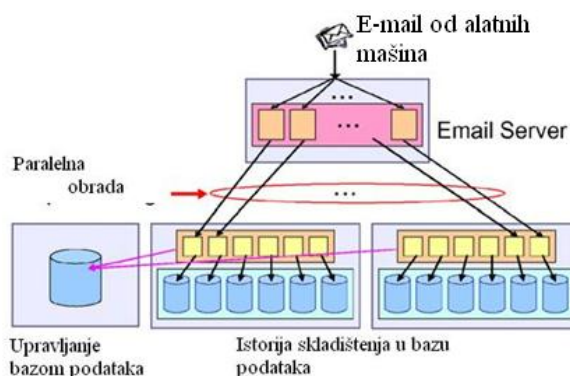
Tok rada za RMMS je sledeći: kad god se promeni operativni status alatne mašine, kao što je „uključen/ isključen“, „početak ciklusa“, „obrada u toku“, „završena obrada“ „uzbuna“ ...operativna informacija, vreme i opis se evidentiraju. Ove informacije se skladište u međuspremniku CNC mašine [6]. CNC šalje e-mail u tri navrata: kada međuspremnik dosegne određeni nivo, kada prođe određeno vreme od prethodnog prenosa podataka, ili kada se dogodi vanredna situacija. Iz sigurnosnih razloga, komunikacijski podaci će se kodirati pre slanja e-maila. Svaki e-mail ima jedinstven naziv za identifikaciju određene alatne mašine. Nakon primanja šifrovanog e-maila, server proizvođača alatne mašine će to dešifrovati i sačuvati u bazi

podataka pod određenim nazivom. Slika 3. Pokazuje snimak prenosa podataka u okviru RMMS. Različitim prilagodljivim izveštajima i/ili grafikonima može biti kreirana baza o prikupljenim podacima. Informacije koje se šalju od alatne mašine su predstavljene u XML formatu datoteke, u kojoj je svaki pojedinačni zapis zatvoren po oznakama. Informacija obuhvata radni status tokom proteklog ciklusa („Uključeno/ Isključeno“, „Početak ciklusa/ Kraj ciklusa“, „Proces završen“, itd.), programski broj kada ciklus počinje, brojeve alarma kad se pojavi greška, i operativni status glavnih komponenti, kao što su vretena, ATC, kupola, i tako dalje. Obično server proizvođača obrađuje dolazne elektronske poruke u tri koraka: Izvođenje poruke iz prijemnog sandučeta, analiza sadržaja i podhranjivanje zapisa u bazu podataka. Zbog velikog broja e-mailova poslatih od strane hiljada alatnih mašina svakog dela procesa, potrebno je uravnoteženje opterećenja i paralelno procesiranje tehnike.

Konkretno, proces primanja e-mailova i baze podataka su podeljeni u nekoliko faza kako bi se izbeglo zagušenje između drugog koraka analize i trećeg koraka podhranjivanje podataka. Sve faze rade u isto vreme, kao što je prikazano na slici 4. Na taj način, ova dva koraka obrade mogu biti paralelno obradjena. Raspodela intervala između prispeća podataka smatra se slučajnim, jer je određena vremenom kada je alatna mašina uključena. Nametanjem najstrožijih uslova, eksponencijalna raspodela se koristi za raspodelu podataka po vremenu obrade. Broj e-mailova primljenih po satu je λ , broj e-mailova koji može biti obrađen po času je μ .



Slika 3. Komunikacijski podaci snimak RMMS



Slika 4. Paralelna obrada dolazećih e-mailova

Zatim, odnos upotrebe se izračunava prema sledećoj jednačini:

$$P = \frac{\lambda}{\mu} \quad (1)$$

Dužina liste čekanja, L_q , koja predstavlja broj neobrađenih poruka na serveru, izračunava se pomoću jednačine (2) od teorije čekanja u redu.

$$L_p = \frac{\rho^2}{1-\rho} \quad (2)$$

ρ mora biti manje od 1, a ako je $\rho \geq 1$ ukazuje da je broj pristiglih poruka veći od kapaciteta servera proizvođača. Kao posledica toga, broj e-mailova za obradu će se povećavati. U razvijenom sistemu, 8000 e-mailova stiže po satu jer je učestalost uzorkovanja 1h. Ovde je izmenjeno da jedan server može da obradi 1300 e-mailova po satu. Takva, sekvencijalna obrada, očigledno, nije prihvatljiva. Sa paralelnim procesiranjem e-mailova sa više servera, broj obrađenih poruka po satu raste srazmerno broju servera. U ovom slučaju, potrebno je više od 7 servera.

5. DALJINSKI NADZOR I ODRŽAVANJE

Na temelju uspostavljene mreže i baze podataka s prikupljenim podacima o udaljenim alatnim mašinama, RMMS pruža sledeće pogodnosti proizvođaču: održavanje bez slanja servisera, koristeći daljinski nadzor i preventivno održavanje pomoću daljinskog dijagnosticanja.

5.1. Daljinski nadzor i održavanje

U konvencionalnom režimu korisničkog servisa, svaki put kada bi se desio problem sa alatnom mašinom, klijent poziva proizvođača da pita za servis. Nakon dobijanja detalja problema u izveštaju klijenta, serviser dolazi do korisnika da istraži slučaj i reši problem [7]. Sa razvijenim RMMS, daljinsko održavanje postaje moguće. Serviser ima mogućnost da iz servisnog centra pristupi klijentovoj CNC

jedinici alatne mašine. Mnogi problemi mogu biti rešeni odmah posle analize podataka unutar CNC-a. Ažurirani postupak pružanja usluge je sažet u nastavku [7, 8].

Kada se desi uzbuna na nekoj klijentovoj mašini, zahtev za servisom od mašine je poslat proizvođaču. Ova elektronska poruka sadrži informacije o uzbuni, identifikaciji alatne mašine i klijenta. Tokom rada bez osoblja, moguća su kašnjenja u kontaktiranju proizvođača, sve dok operater ne shvati da postoji problem, tada mašina prestaje da radi na neko vreme. Sa ovim sistemom, alatna mašina šalje zahtev za održavanje automatski nakon što se uzbuna dogodi i ako nije otklonjena u predviđenom roku. Nakon što proizvođač primi zahtev za održavanjem, serviser će proveriti stanje alatne mašine koristeći funkciju daljinskog održavanja RMMS. Ova funkcija istražuje uzrok problema i proverava ga preko Ulaznih/Izlaznih podataka, ponekad uz podršku ekranizacije klijentove mašine. Ako klijenti ne žele da proizvođač vidi neke podatke alatne mašine, onda oni tu opciju mogu da promene u postavkama. Bezbednosna zaštita se takođe smatra funkcijom daljinskog održavanja RMMS. Server za potvrdu identiteta je podešen kao relej tačka tako da proizvođač može da izvrši popravku iz bilo kog servisnog centra, koji se nalaze na različitim mestima. Server za potvrdu identiteta omogućava da se daljinsko održavanje izvede samo ako je IP adresa alatne mašine sa koje se šalje zahtev, globalna IT adresa uvrštena u servisnu bazu. Ova funkcija sprečava i daljinsko održavanje korisničkih ekrana neovlašćenih izvora.

Pored toga, razvijen RMMS koristi tehnologiju kompresije koja omogućava daljinsko prebacivanje ekrana CNC alatnih mašina, brzo bez ikakvih problema. Dakle, nema mesta smetnjama tekućeg održavanja sprovedenog preko Interneta ili mreže mobilne telefonije.

5.2. Dijagnoza i održavanje

Preventivno održavanje je još jedna velika prednost razvijenih RMMS. Ovo istraživanje predlaže metodu za sprečavanje kvara alatnih mašina preciznom procenom životnog veka mnogih delova mašina koji postoje na terenu. Na primer, praćenjem operativnog statusa vretena, ATC, kupola indeksiranja, NC baterije, proizvođač može da predvidi potencijalni kvar tih delova i obavesti klijenta kada je potrebno preventivno održavanje[9]. Generalno, različiti delovi imaju različite indekse za predviđanje vremena njihovog trajanja. Na primer, vreteno, alat za menjač motora i kupola indeksiranja motora koriste svoje rotacijske brojeve. Proizvođač prati one mašine kod kojih je korištenje delova

premašilo njihov predviđen životni vek. Ova dijagnostička informacija se koristi za obavljanje preventivnog održavanja ili analizu kvarova. Ovde je kao primer upotrebljena CNC bateriju. Kada je napon CNC baterije nizak, oglašava se alarm : “ Nizak napon baterije”. Ako baterija nije zamenjena na vreme, unutrašnji CNC podaci (NC paramteri, program...) bivaju izgubljeni. Iz tog razloga, informacija o proteklom vremenu promene zadnje baterije je od velikog značaja. RMMS ima ovu informaciju i pohranjuje je u bazu podataka servera proizvođača. Proizvođač će podsetiti kupca da promeni bateriju, ako je on nije zamenio u predviđenom vremenu. Za slučaj vreteno, računa se broj njegove rotacije. Većina komercijalno raspoloživih vretena danas koristi lopta/valjak ležajeva. Projektovani vek trajanja visoke brzine ležajeva vretena kreće se između 10000 i 20000 h pri maksimalnoj brzini. Ako zamena nije spremna pred kraj upotrebnog veka ležaja, ili nije sprovedena kada je do te tačke došlo, mašinski kvalitet postaće ozbiljan problem zbog smanjenja tačnosti, prevelike buke čak i ispada vretena. Ovaj problem se ranije često dešavao. Zbog toga je važno da se obezbedi rano preventivno održavanje vretena da bi se izbegao problem ali i dani, čak i nedelje oporavka mašine od kvara. Uz to operativni odnos mašina na tržištu može da se drastično poveća. S druge strane, pružanje pouzdanog preventivnog održavanja po preciznom praćenju životnog veka proizvoda, omogućuje pripremu brzih protivmera kada bude dostignut kraj životnog veka proizvoda. Prirodno, vek trajanja valjkastih/kugličastih ležajeva zavisi od brzine osovine i opterećenja. Ako izračunate životni vek proizvoda $=L_{std}$, vek ležaja pod uslovom od vremena t_1 do vremena t_2 ($L_{t_1-t_2}$) može se izračunati pomoću jednačine koja je prikazana (3). A odnos skraćivanja u životnom veku (R_{dec}) može se izraziti kroz jednačinu (4). Sa ovim sistemom, kontrolna jedinica mašine šalje proizvođaču podatke o skraćivanju životnog veka proizvoda, pa proizvođač može da izračuna koliko je preostalo vremena do kraja životnog veka vretena. Prema konvencionalnoj jednačini životnog veka kotrljajućih ležajeva, koja se zasniva na teoriji Lundberga i Palmberga, životni vek ležaja je obrnuto srazmeran pth snazi opterećenja ležaja.

$$L_{t_1-t_2} = (t_2 - t_1) * \left(\frac{n_0}{\int_{t_1}^{t_2} ndt} \right) * \frac{\left(\frac{\int_{t_1}^{t_2} FP * ndt}{\int_0^{L_{std}} n_0 dt / \int_0^{L_{std}} F_0^p * n_0 dt} \right)}{L_{std}} \quad (3)$$

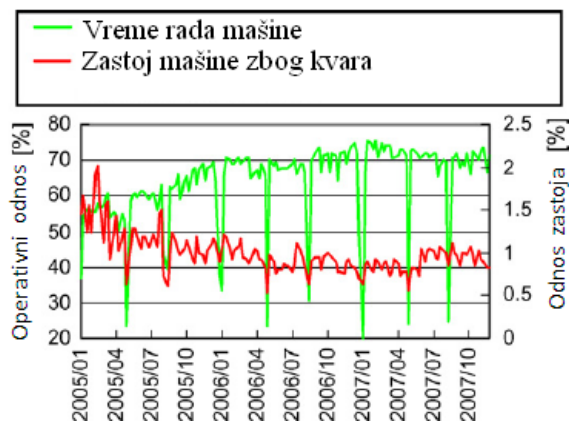
$$R_{dec} = 100 * \frac{t_2-t_1}{L_{t_1 t_2}} \quad (4)$$

Gde je $L_{t_1 - t_2}$ životni vek ležaja pod uslovom od vremena t_1 do t_2 (h), L_{std} je projektovni životni vek za ležajeve vretena pod pretpostavkom da nema opterećenja, i pri maksimalnoj brzini vretena (u satima). R_{dec} je odnos skraćivanja života od $L_{t_1-t_2}$ (%), n je brzina vretena (min^{-1}), F je opterećenje vretena (N), n_0 je maksimalna brzina vretena (min^{-1}), F_0 je opterećenje u praznom hodu pri maksimalnoj brzini vretena (N), i $p = 3$ (za kuglične ležajeve), $10/3$ (za valjkaste ležajeve).

6. REZULTATI PRIMENE RMMS-a

Razvijeni RMMS se primenjuje u Japanu i povezuje 8000 alatnih mašina širom sveta. Efekti su izraženi i na proizvođačevoj i na strani klijenta. Slika 5. Pokazuje prosečnu operativnu stopu i trajanje zastoja alatne mašine zbog alarma. Rezultat je potvrdio da operativna stopa ide gore i dole. Prosečna stopa rada svih alatnih mašina u novembru 2007. bila je 70%, u poređenju sa 60%, u maju 2005. Prosečna stopa zastoja svih mašina u novembru 2007. bila je 1% u poređenju sa 1,5% u maju 2005.

Za jedan slučaj proizvođača, vreme skraćivanja se dobija od kako se brojne posete servisera klijentu otkazuju zbog funkcije RMMS daljinskog održavanja.



Slika 5. Operativni odnos i odnos zastoja mašine

7. ZAKLJUČAK

U ovom radu, RMMS je razvijen da sprovede daljinsko praćenje, dijagnozu i uslugu održavanja na hiljade alatnih mašina povezanih sa centralnim serverom putem Interneta ili mreže mobilne telefonije. Model procesa prenosa podataka je predviđen da nosi veliki broj podataka dobijenih od mašina. Ovi podaci su predstavljeni u XML formatu i poslani su serveru putem e-maila. Strategija paralelne obrade primenjuje se radi povećanja brzine raspakivanja, analize i pohranjivanja ulaznih podataka. Praktična primena

rezultata razvijenog sistema pokazuje da obe strane, i proizvođača i klijenta, mogu imati dobit od ovog sistema. Dokazano je da je RMMS sposoban sprečiti zastoje alatnih mašina kroz njegovo brže održavanje. Osim toga, ovaj sistem može dati vredne podatke kupcu alatne mašine za njegov menadžment proizvodnom.

LITERATURA

- [1] van Houten FJAM, Kimura F (2000) The Virtual Maintenance System: A Computer-based Support Tool for Robust Design, Product Monitoring, Fault Diagnosis and Maintenance Planning. *Annals of the CIRP* 49(1):91–94.
- [2] Wang FC, Wright PK (1998) Internet-based Design and Manufacturing on an Open Architecture Machining Center. *Japan–USA Symposium on Flexible Automation*, 221–228.
- [3] Feldmann K, Goeringer J (2001) Internet based Diagnosis of Assembly Systems. *Annals of the CIRP* 50(1):5–8.
- [4] van Houten FJAM, Tomiyama T, et al, (1998) Product Modelling for Model-based Maintenance. *Annals of the CIRP* 47(1):123–126.
- [5] Mitsubishi M, Warisawa S, et al, (2001) Development of an Intelligent High-Speed Machining Center. *Annals of the CIRP* 50(1):275–278.
- [6] Kuzmanović, D., Aćimović, Đ., Sve stop, uključanje i isključenje pogona CNC upravljanih alatnih mašina, *Tehnika - Elektrotehnika*, vol. 54, br. 1, str. 11-19, 2005
- [7] Cunha PF, Caldeira Duarte JA, Alting L (2004) Development of a Productive Service Module Based on a Life Cycle Perspective of Maintenance Issues. *Annals of the CIRP* 53(1):13–21.
- [8] Iung B, Ve´ron M, Suhner MC, Muller A (2006) Integration of Maintenance Strategies into Prognosis Process to Decision-Making Aid on System Operation. *Annals of the CIRP* 54(1):5–8.
- [9] Meier H, Massberg W (2004) Life Cycle-Based Service Design for Innovative Business Models. *Annals of the CIRP* 53(1):393–396

DEVELOPMENT OF REMOTE MONITORING AND MAINTENANCE FOR MACHINE TOOLS

Prof. dr Slavica Prvulović, mr Ljubiša Josimović, prof. dr Dragiša Tolmač

Abstract: *In the paper reviews the functioning of RMMS a (remote monitoring and maintenance system), which was developed to conduct remote monitoring, diagnosis and maintenance services to thousands of machine connected to the central server via the Internet or mobile network. Considered two options for the physical communication link thousands of machine tools worldwide server manufacturers. XML file format used to send the status of machine tools. Processing and storing vast amounts of input data, parallel processing is used as a conventional sequential improvement. With an established network and data are shown priklupljenim applications such as remote maintenance, monitoring and preventive maintenance. Developed system can reduce machine downtime, customer service and factory costs.*

Keywords: *diagnostics, maintenance, machinery, remote control*
