



Univerzitet u Novom Sadu
FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA
DEPARTMAN ZA PROIZVODNO MAŠINSTVO
Novi Sad, Srbija



MEĐUNARODNA NAUČNA KONFERENCIJA

INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ETIKUM 2021

ZBORNIK RADOVA
PROCEEDINGS

NOVI SAD DECEMBAR/DECEMBER 2021

PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE
ETIKUM 2021
Novi Sad 2021

Publisher: **UNIVERSITY OF NOVI SAD, FACULTY OF TECHNICAL SCIENCES
DEPARTMENT OF PRODUCTION ENGINEERING
CHAIR OF METROLOGY, QUALITY, FIXTURES, TOOLS AND
ECOLOGICAL ENGINEERING ASPECTS
21000 NOVI SAD, Trg Dositeja Obradovica 6, SERBIA**

Organization of this Conference was approved by Educational-scientific Council of Faculty of Technical Sciences in Novi Sad

Technical treatment and design: Milana ILIĆ MIĆUNOVIĆ
Branko ŠTRBAC,
Miodrag HADŽISTEVIĆ

CIP classification:

CIP - Каталогизacija u publikaciji
Библиотеке Матице српске, Нови Сад

62:006.91(082)(0.034.2)
62:658.562(082)(0.034.2)

INTERNATIONAL Scientific Conference ETIKUM (13 ; 2021 ; Novi Sad)
Proceedings [Elektronski izvor] / [Scientific Conference with International Participation] ETIKUM 2021, Novi Sad, 02-04 December 2021. - Novi Sad : Faculty of Technical Sciences, Department of Production Engineering, 2021. - ilustr.

Način pristupa (URL): <http://www.dpm.ftn.uns.ac.rs/sr/o-departmanu/konferencije/etikum>. - Nasl. sa naslovnog ekrana. - Opis zasnovan na stanju na dan 29.11.2021. - Radovi na srp, engl. i hrv. jeziku. - Elektronska publikacija u formatu pdf opsega 266 str. - Bibliografija uz svaki rad.

ISBN 978-86-6022-387-8

a) Инжењерство -- Метрологија -- Зборници б) Инжењерство -- Контрола квалитета -- Зборници

COBISS.SR-ID 52253193

Havrlišan, S., Šimunović, K., Šarić, T., Šimunović, G., Lujčić, R., Svalina, I., Turinski, D., Klarić, Š.: REGRESIJSKO MODELIRANJE GUBITKA VOLUMENA PRI DULJEM TROŠENJU PLINSKI NAŠTRCANIH PREVLAKA	61
Nedeljković, D., Stanojević, S., Puzović, R., Jakovljević, Ž.: INTEGRACIJA PROIZVODNIH RESURSA U SISTEM ZA IZVRŠAVANJE PROIZVODNJE KORIŠĆENJEM OPC-UA	65
Košarac, A., Mladenović, C., Zeljković, M.: PREDICTION OF SURFACE ROUGHNESS IN END MILLING USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORK	69
Kovač, P., Savković, B., Ješić, D., Dudić, B.: ODREĐIVANJE FUNKCIJE ODZIVA U ZAVISNOSTI OD VIŠE PROMENLJIVIH NA OSNOVU JEDNOFAKTORNOG EKSPERIMENTA	75
Krstanović, L., Antić, A., Janev, M., Popović, B.: SISTEM ZA NADGLEDANJE STANJA ALATA PRIMENOM OBELEŽJA TEKSTURE SPEKTROGRAMA	81
Đurđev, M., Desnica, E., Novaković, B., Đorđević, L., Palinkaš, I.: ANALIZA STANJA I PRIMENE METAHEURISTIČKIH ALGORITAMA ZA REŠAVANJE PROBLEMA INŽENJERSKE OPTIMIZACIJE	85
Aleksić, A., Rodić, D., Gostimirović, M., Sekulić, M., Savković, B., Kulundžić, N.: MODELOVANJE HRAPAVOSTI OBRADENE POVRŠINE PRI SEČENJU PLAZMOM	89
Bojanić Šejat, M., Knežević, I., Živković, A., Rackov, M., Ilić, V.: MODELOVANJE STATIČKOG PONAŠANJA RADIJALNIH LEŽAJA	93
Karabegović, I., Husak, E., Karabegović, E., Mahmić, M.: IMPLEMENTATION OF INDUSTRY 4.0 - ROBOTIC TECHNOLOGY IN PRODUCTION PROCESSES: A REVIEW OF WELDING PROCESSES IN THE WORLD	97
Kosec, P.D., Bernetić, J., Kosec, G., Burzić, Z., Nagode, A., Soković, M., Kosec, B.: HEAT TREATMENT AND CHARACTERIZATION OF ARMOUR STEEL OF NEW GENERATION	105
Žmak, I., Kuljanac, J., Culjaga, I., Hren, S.: PREVENTING CASTING DEFECTS IN FIRE PUMP SYSTEMS WHEN USING RECYCLED ALUMINIUM ALLOYS	109
Goluža, B.: GREŠKE ALATA I KOREKCIJA ALATA U EKSTRUZIJI ALUMINIJA	113
Némedi, I., Sánta R., Simon, J.: KONSTRUKCIJA PROTOTIPA MEŠALICE ZA HOMOGENU SMEŠU GLAZURE	117
Topčić, A., Nurkić, A., Cerjaković, E., Lovrić, S., Herić, M.: APPLICATION OF "SOFT" THREE- DIMENSIONAL PRINTING TOOLS IN INJECTION MOULDING OF PLASTIC PARTS	121
Živković, M., Beloica, N.: HOW TO MAKE HYDRAULIC SYSTEMS MORE ENERGY EFFICIENT?	125
Bobić, Z., Kovačević, L., Škorić, B., Čapo, I., Bulajić, D., Drljača, J., Csik, A., Terek, P.: INFLUENCE OF AFM SCANNING PARAMETERS ON CHARACTERIZATION OF FIBROBLAST CELLS ON COATED SURFACES	131
Brdar, A., Ilić, K., Spasojević, S., Labus Zlatanović, D., Dramićanin, M., Pećanac, M., Janjatović, P., Šidjanin, L., Rajnović, D., Baloš, S.: UTICAJ GEOMETRIJE ALATA I PARAMETARA ZAVARIVANJA TRENJEM SA MEŠANJEM NA OSOBINE SPOJEVA OD AL 5052	135
Ilić, K., Brdar, A., Spasojević, S., Dramićanin, M., Pećanac, M., Janjatović, P., Labus Zlatanović, D., Rajnović, D., Baloš, S., Šidjanin, L.: NAVARIVANJE LEGURA STELITA SA INFILTRIRANIM NANOČESTICAMA	139
Matin, I., Štrbac, B., Vukelić, Đ., Kulundžić, N., Hadžistević, M.: THE ADVANCED MOLD DESIGN METHOD	143
Spasojević, S., Ilić, K., Brdar, A., Dramićanin, M., Labus Zlatanović, D., Pećanac, M., Janjatović, P., Rajnović, D., Baloš, S., Šidjanin, L.: UTICAJ NANOČESTICA METALNIH OKSIDA NA MEHANIČKE OSOBINE AUSTENITNOG NERĐAJUĆEG ČELIKA ZAVARENOM A-TIG POSTUPKOM	147
Terek, V., Miletić, A., Kovačević, L., Škorić, B., Bobić, Z., Panjan, P., Terek, P.: AFM ANALYSIS OF SURFACE TOPOGRAPHY AND GRAIN MORPHOLOGY OF NANOSTRUCTURED TiAISiN COATING	151
Živković, T., Movrin, D., Milutinović, M., Ranđelović, S., Stefanović, Lj.: ISPITIVANJE DEFORMACIJA TANKIH DELOVA IZRAĐENIH SLA TEHNOLOGIJOM	155

Nedeljković, D., Stanojević, S., Puzović, R., Jakovljević, Ž.

INTEGRACIJA PROIZVODNIH RESURSA U SISTEM ZA IZVRŠAVANJE PROIZVODNJE KORIŠĆENJEM OPC-UA

Rezime: *Kompletna digitalizacija svih proizvodnih procesa u okviru Industrije 4.0 i povezivanje realnog sveta i njegove kibernetičke (virtuelne) reprezentacije u realnom vremenu zahteva neometani protok informacija između i unutar svih nivoa piramide automatizacije. Jedan od ograničavajućih faktora u tom kontekstu predstavlja razmena podataka između uređaja i softverskih sistema različitih proizvođača koji po pravilu za komunikaciju koriste namenski kreirane protokole. Rešenje ovog problema se pronalazi u postizanju interoperabilnosti kroz primenu OPC-UA (engl. Open Platform Communication - Unified Architecture) standarda. U okviru ovog rada sprovedena je integracija resursa zasnovanih na servo motorima i sistema za izvršavanje proizvodnje korišćenjem OPC-UA.*

Ključne reči: *Upravljanje proizvodnim resursima, Sistem za izvršavanje proizvodnje, OPC-UA*

1. UVOD

Savremeni proizvodni procesi projektuju se po principima paradigme poznate pod nazivom Industrija 4.0 [1]. Između ostalog, to podrazumeva kompletnu digitalizaciju protoka informacija unutar piramide automatizacije počevši od najnižeg sloja gde se nalaze senzori i aktuatori, sve do sloja kojim je definisan sistem za planiranje proizvodnje. Tok podataka i informacija izvodi se u realnom vremenu kako bi se obezbedilo planiranje i upravljanje procesom proizvodnje. OPC-UA (engl. *Open Platform Communication - Unified Architecture* - Otvorena platforma za komunikaciju – jedinstvena arhitektura) standard pokazao se kao pogodan za ostvarivanje pouzdane i sigurne razmene podataka i postizanje visoke interoperabilnosti između uređaja različitih proizvođača [2,3].

Kao jezgro proizvodnog sistema, sistemi za izvršavanje proizvodnje (MES - engl. *Manufacturing Execution System*) upravljaju radom proizvodnih procesa koji uključuju fizički povezana sredstva/opremu [4]. Pored toga, MES omogućava automatsku razmenu podataka između informacionih sistema i upravljačkih podsistema proizvodnih resursa u realnom vremenu.

S druge strane, automatizacija proizvodnih procesa dovodi do sve veće potražnje za servo sistemima, koji postaju neizbežan deo u aplikacijama gde se zahteva visoka fleksibilnost u ostvarivanju zadatih trajektorija [5]. Iako je funkcionisanje servo sistema moguće ostvariti upotrebom samo motora i servo drajvera, najčešće se za upravljanje radom motora koristi i nadređeni kontroler, npr. programabilni logički kontroler (PLC - engl. *Programmable Logic Controller*).

U ovom radu izvršena je integracija servo motora (koji simulira njime pogonjeni proizvodni resurs) i sistema za izvršavanje proizvodnje. Automatsko izvršavanje trajektorije servo motora (koja odgovara proizvodnji željenog proizvoda) izvodi se na osnovu lansiranog radnog naloga definisanog planom proizvodnje u okviru MES.

Nastavak rada biće struktuiran na sledeći način. Drugo poglavlje prikazuje sistem za upravljanje radom servo motora, dok je u trećem poglavlju opisana njegova integracija sa sistemom za izvršavanje proizvodnje. Zaključne napomene i pravci daljih istraživanja dati su u poglavlju 4.

2. UPRAVLJANJE RADOM SERVO MOTORA

Servo motor je sastavni deo demonstracionog panela koji se nalazi u okviru Laboratorije za automatizaciju proizvodnih procesa na Mašinskom fakultetu u Beogradu i u ovom slučaju će simulirati odgovarajući proizvodni resurs. Komponente demonstracionog panela korišćene za ovu aplikaciju su: 1) PLC *Mitsubishi iQ-F FX5UC*, 2) servo motor *Mitsubishi HG-KN13J*, 3) servo drajver *Mitsubishi MR-JE-10C*, 4) induktivni senzor.

Međusobna veza između računara, PLC-a i servo drajvera ostvarena je pomoću *Ethernet* protokola, gde su svi uređaji povezani na jedan *switch*. Svakom umreženom uređaju dodeljena je jedinstvena IP adresa iz prethodno definisanog opsega. Pored toga, za komunikaciju između PLC-a i servo drajvera koristi se *CC-Link IE Field Network Basic* protokol kojim se postiže velika

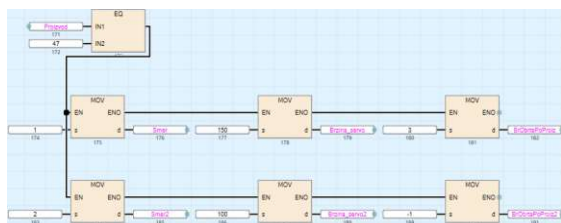
brzina komunikacije i prenosa podataka. Za programiranje PLC-a korišćen je softverski paket *MELSOFT GX Works3*, gde se uz pomoć jezika *FBD/LD* generišu programi na bazi funkcijskih blokova i lestvičastih dijagrama.

Servo motor simulira rad proizvodnog resursa koji se koristi za proizvodnju četiri različite vrste proizvoda. Informaciju o proizvodu koji treba izraditi kao i o potrebnoj količini, PLC dobija od *Opera MES* preko OPC-UA; za to se koriste promenljive *Kolicina* (PLC adresa D200) i *Proizvod* (PLC adresa D202). Pored toga, *Opera MES* preko OPC-UA dostavlja PLC-u i promenljivu *Servo_on* (PLC adresa D201) koja se koristi za pokretanje ciklusa. Proizvodi se razlikuju po sekvencama koje servo motor ostvaruje, a koje su definisane smerom, brzinom i brojem punih obrta (Tabela 1).

Tabela 1. Parametri zadatih trajektorija [6]

Pr. (Kod)	Sekvenca 1			Sekvenca 2		
	Smer	Brz.	Br. o.	Smer	Brz.	Br. o.
1 (47)	poz.	150	3	neg.	100	1
2 (48)	poz.	1000	10	neg.	800	3
3 (49)	neg.	200	3	poz.	120	2
4 (50)	neg.	700	4	poz.	900	7

Na osnovu primljenih podataka, PLC postavlja odgovarajuće vrednosti parametara servo motoru u cilju izvršavanja zadate trajektorije za taj proizvod; na Slici 1 dat je primer postavljanja željenih parametara za proizvod 1.



Sl. 1. PLC kod za definisanje proizvoda [6]

PLC kod za izvršavanje jednog ciklusa proizvoda prikazan je na Slici 2. U osnovi ovog dela koda su funkcijski blokovi *MC_MoveAbsolute_JEC* koji upravljaju brzinom i pozicijom ose koju pogoni servo motor, u ovom slučaju ose *axis1*. Po jedan funkcijski blok se koristi za svaku od sekvenci iz Tabele 1. Na ulaze *Position*, *Velocity* i *Direction* blokova unose se vrednosti za željenu poziciju ($BrObrtaPoProiz/BrObrtaPoProiz2*100$), brzinu ($Brzina_servo/Brzina_servo2$) i smer ($Smer/Smer2$) dobijeni korišćenjem kodova poput onog prikazanog na Slici 1. Vremena ubrzanja i usporenja (ulazi *Acceleration* i *Deceleration*) su unapred definisana i ista za svaki proizvod. Funkcijski blokovi koji odgovaraju dvema sekvencama izvršavaju se jedan za drugim, s tim

što se nakon svakog od njih servo motor vraća u početnu poziciju definisanu induktivnim senzorom korišćenjem funkcijskih blokova *MCV_Home_JEC*. Željeni broj ciklusa se ostvaruje korišćenjem standardnog funkcijskog bloka brojača unapred (*CTU*). Ciklus proizvodnje dela otpočinje kada se promenljivoj *Servo_on* preko OPC-UA pošalje vrednost 1.

3. INTEGRACIJA U SISTEM ZA IZVRŠAVANJE PROIZVODNJE

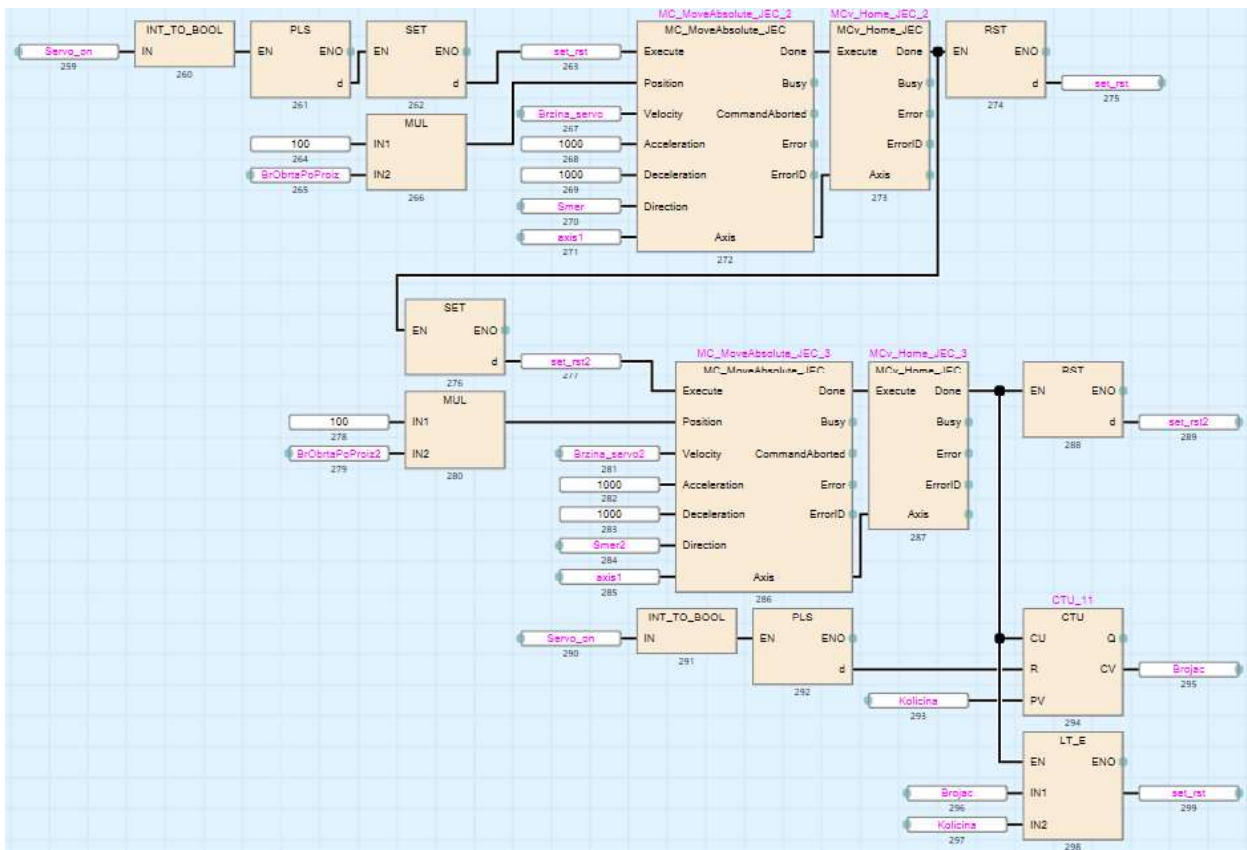
U ovom poglavlju ukratko je prikazana procedura informacione integracije PLC-a i nadređenog sistema za izvršavanje proizvodnje. Integracija između PLC-a i MES-a će se ostvariti korišćenjem OPC-UA standarada. Na osnovu plana proizvodnje definisanog u okviru MES, potrebno je nakon lansiranja radnog naloga omogućiti automatsko izvršavanje trajektorije servo motora koja odgovara proizvodnji željenog proizvoda.

Opera MES se sastoji od dva osnovna funkcionalna dela: *Opera Plant Manager* i *Opera Work Flow Manager*. *Opera Workflow Manager* omogućava upravljanje svim radnim stanicama i ostalim procedurama vezanim za radne stanice, dok se *Opera Plant Manager* koristi za upravljanje radnim nalogom i analizu dobijenih podataka u realnom vremenu.

Kako bi se u okviru *Opera Plant Manager*-a [7] kreirao i lansirao radni nalog potrebno je definisati elemente poput postrojenja, mašina, operacija, radnih naloga itd. koji su prikazani u Tabeli 2. Postupak počinje kreiranjem postrojenja *Mašinski fakultet*, kojem se dodeljuje određeni departman – u ovom slučaju *Proizvodno mašinstvo*. Departman sadrži skup operatera, kao i radni centar i troškovni centar za koje je vezana mašina *Servo Motor*. Za potrebe ovog rada, dodato je ukupno pet proizvoda, od kojih se proizvod *Deo 1* kupuje, dok se ostali proizvodi smatraju finalnim. Postupak izrade proizvoda definisan je izvršavanjem jedne ili više operacija.

Tabela 2. Elementi u okviru *Opera Plant Manager*

Element	Naziv
<i>Plants</i>	Mašinski fakultet
<i>Departments</i>	Proizvodno mašinstvo
<i>Cost Center, Work Center</i>	Automatizacija proizvodnje
<i>Machines</i>	Servo Motor
<i>Operators</i>	Servo Operator 1 Servo Operator 2
<i>Products</i>	Deo 1 Proizvod $i, (i=1, \dots, 4)$
<i>Operations</i>	Moment
<i>Workflow</i>	Start servo Stop servo
<i>Work Order</i>	za proizvod $i, (i=1, \dots, 4)$



Sl. 2. PLC program za izvršavanje odgovarajućeg ciklusa [6]

Za puštanje radnih naloga koji su kreirani u okviru *Opera Plant Manager*-a u proizvodnju koriste se radni tokovi koji se definišu u okviru *Opera Workflow Manager*-a. U skladu sa tim, za povezivanje PLC-a koji upravlja radom motora sa softverom *Opera MES* potrebno je kreirati odgovarajući radni tok. U ovom slučaju, generisana su dva radna toka od kojih je jedan namenjen za pokretanje rada servo motora, a drugi za informisanje MES-a da je završena proizvodnja željene količine proizvoda. Prilikom kreiranja radnih tokova neophodno je kreirati tri SQL procedure kojima se odgovarajuće informacije razmenjuju između radnog toka i *Opera Plant Manager*-a. Prva od njih je procedura *OnWfCreate* koja se aktivira pri pokretanju radnog toka i služi za odabir mogućih operatera na mašini i njihovo prebacivanje u radni tok. Pored toga, procedura *OnChangeValue* služi za automatski unos odgovarajućih vrednosti pri prebacivanju između tabova u okviru radnog toka nakon odabira ili popunjavanja polja u trenutnom tabu; u ovom slučaju u sukcesivnim tabovima se biraju mašina, radni nalog i sa njim vezani vrsta i količina proizvoda. Unutar pomenutih procedura figurišu određene promenljive: *di_badge* (ID radnika), *ma_codice* (broj mašine), *pb_codice* (broj radnog naloga), *dp_qtavrs* (količina) i *ar_codice* (ID broj proizvoda). Procedure se kreiraju u okviru okruženja *Microsoft SQL Server Management*

Studio. Kreiranje narudžbenice svodi se na odabir proizvoda, kao i na potrebnu količinu. Po prispeću narudžbenice, za svaki proizvod se u okviru *Opera Plant Manager*-a generiše radni nalog na osnovu koga se informacija automatski prosleđuje kreiranom radnom toku.

Za prosleđivanje informacije o vrsti proizvoda (*ar_codice*) i njegovoj količini (*dp_qtavrs*) PLC-u preko OPC-UA koristi se procedura *Commit* koja se pokreće prilikom prihvatanja podataka definisanih u radnom toku. U okviru ove procedure korišćenjem XML koda čija je struktura definisana od strane proizvođača softvera traženi podaci se predaju za komunikaciju preko OPC-UA. OPC-UA komunikacija je bazirana na klijent/server arhitekturi, gde *Opera MES* predstavlja OPC-UA klijenta koji šalje podatke, dok OPC server *KEPServerEX 6* [8] prima podatke i shodno tome ažurira vrednosti na PLC-u (Slika 3).



Sl. 3. OPC-UA konfiguracija [6]

Kako *KEPServerEX 6* koji se koristi za pristupanje odgovarajućim registrima PLC-a *Mitsubishi iQ-F FX5UC* predstavlja klasičan

OPC-DA server za pristup podacima (DA - engl. *Data Access*), za komunikaciju sa *Opera MES* OPC-UA klijentom neophodna je njegova konverzija u OPC-UA model. Konverzija se izvodi upotrebom OPC-UA *wrapper*-a i u ovom slučaju je korišćen *OPC Expert*. Adresa OPC-UA servera nakon konvertovanja korišćenjem *OPC Expert*-a je `opc.tcp://desktop-7nifbm3:57888/opcexpert`, gde je `desktop-7nifbm3` naziv lokalnog računara. Funkcionalnost *OPC Expert*-a proverava se pomoću *UAExpert*-a. Takođe, ovim softverom izvršeno je očitavanje čvorova (*NodeID*) koji su namenjeni za komunikaciju između PLC-a i *Opera MES*-a. Konkretno u ovoj aplikaciji kreirani su čvorovi sa sledećim identifikacionim brojevima:

1. ns=3;s=DESKTOP-7NIFBM3->Kepware.KEPServerEX.V6->PLC.Device1.Servo_on
2. ns=3;s=DESKTOP-7NIFBM3->Kepware.KEPServerEX.V6->PLC.Device1.Kolicina
3. ns=3;s=DESKTOP-7NIFBM3->Kepware.KEPServerEX.V6->PLC.Device1.Proizvod

koji se koriste za pristup adresama D201, D200 i D202, respektivno i prenos podataka od *Opera MES* ka PLC-u.

Konfigurisanje *Opera MES* kao OPC-UA klijenta vrši se korišćenjem *json* fajla čiju strukturu je definisao proizvođač softvera, a koji sadrži podatke potrebne za uspostavljanje komunikacije između klijenta i servera. Neki od najznačajnijih podataka su adresa OPC-UA servera (*discoveryURL*), IP adresa računara na kome je instaliran MES (*monitorAddress*), identifikacioni brojevi čvorova u okviru OPC-UA servera (*nodeID*) kao i nazivi promenljivih (*alias*) definisanih u okviru procedure *Commit* čije vrednosti treba smestiti u odgovarajuće čvorove na OPC-UA serveru i dalje ih proslediti na PLC.

4. ZAKLJUČAK

U okviru ovog rada predstavljen je sistem za upravljanje radom servo motora koji obezbeđuje automatsko pokretanje motora iz sistema za izvršavanje proizvodnje. Sistem je zasnovan na OPC-UA komunikaciji baziranoj na klijent/server arhitekturi pri čemu OPC server *KEPServerEX 6* ima pristup PLC-u koji upravlja radom motora, dok je *Opera MES* OPC-UA klijent. Servo motor je upotrebljen kao simulator proizvodnog resursa koji može proizvoditi različite vrste delova. Nakon lansiranja radnog naloga iz radnog toka sistema za izvršavanje proizvodnje, PLC koji upravlja radom motora automatski dobija informacije o željenoj

vrsti i količini proizvoda i automatski pokreće izvršavanje potrebne trajektorije motora bez potrebe za papirnom dokumentacijom. Sistem je implementiran i eksperimentalno testiran na instalaciji u Laboratoriji za automatizaciju proizvodnih procesa. U daljem radu planirana je integracija složenijih proizvodnih resursa kao što su roboti i mašine alatke sa sistemom za izvršavanje proizvodnje.

5. REFERENCE

- [1] Kagermann, H., Helbig, J., Hellinger, A., Wahlster, W.: *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0*, Forschungsunion, 2013.
- [2] OPC foundation, OPC UA Online Reference, <https://reference.opcfoundation.org>, datum pristupa: 02.11.2021.
- [3] Jakovljević, Ž., Nedeljković, D., Ševarlić, F., Puzović, R.: *Komunikacija između proizvodnih resursa korišćenjem OPC-UA standarda*, Zbornik radova 42. Jupiter konferencije, pp. 211-222, Beograd, 2020.
- [4] Kletti, J.: *Manufacturing execution system-MES*, Springer Science & Business Media, 2007.
- [5] Younkin, G. W.: *Industrial Servo Control Systems: Fundamentals and Applications, Revised and Expanded*, CRC press, 2002.
- [6] Stanojević, S.: *Integracija resursa zasnovanih na AC servo motorima i sistema za izvršavanje proizvodnje*, master rad, Univerzitet u Beogradu – Mašinski fakultet, 2021.
- [7] Opera MES: <https://www.operames.it/index.php/en/>, datum pristupa: 02.11.2021.
- [8] Kepware: <https://www.kepware.com/en-us/>, datum pristupa: 02.11.2021.

ZAHVALNICA: Rad je nastao u okviru istraživanja sprovedenog uz podršku Fonda za nauku Republike Srbije, evidencioni broj: 6523109, VI-MISSION4.0, 2020-2022, kao i u okviru projekta ev. broj: 451-03-9/2021-14/200105 finansijski podržanog od strane MPNTR Republike Srbije. Autori se zahvaljuju kompaniji Key IT d.o.o., Beograd na donaciji Opera MES softvera.

Autori: Dušan Nedeljković, Stefan Stanojević, prof. dr Radovan Puzović, prof. dr Živana Jakovljević, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Kraljice Marije 16, 11120 Beograd.

E-mail: dnedeljkovic@mas.bg.ac.rs
stefan.st97sd@gmail.com
rpuzovic@mas.bg.ac.rs
zjakovljevic@mas.bg.ac.rs