

# Upravljanje multimotornim sistemom kontinualne linije upotrebom konvencionalnih regulatora

Igor Kocić, Darko Mitić, Saša S. Nikolić, Nikola Danković

Katedra za automatiku  
Elektronski fakultet u Nišu, Univerzitet u Nišu,  
Niš, Srbija  
e-mails: {igor.kocic, darko.mitic, sasa.s.nikolic,  
nikola.dankovic}@elfak.ni.ac.rs,

Petar Đekić

Katedra za industrijsko i mašinsko inženjerstvo  
Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija Niš  
Niš, Srbija  
petar.djekic@akademijanis.edu.rs

**Sažetak**—U radu su prikazane funkcionalne karakteristike parametara linije na osnovu razvijenog upravljačkog softvera za regulaciju brzine, sile zatezanja i temperature. Regulacija brzine i sile zatezanja vrši se upotrebom PLC kontrolera S7 1500 serije i konvencionalnim pretvaračima i invertorima serije Sinamics DCM i G120. Upotrebljen je metod kontrole gde je jedan uređaj vodeći a svi ostali prate njegovu brzinu sa zadatim odnosom i kontrolom sile zatezanja. Podešavanje parametara konvencionalnih pretvarača i invertora za upravljanje višemotornim pogonom realizovano je upotrebom StartDrive alata. Temperaturna regulacija zona ekstrudera urađena je sa uzimanjem međusobnog uticaja zona. Upravljanje i nadgledanje realizovano je sotverom napisanim u TIA Portal V15.1. softverskom paketu.

**Ključne riječi**—višemotorni pogon; regulacija brzine i sile zatezanja; regulacija temperature; S7 1500 PLC kontroler; Sinamics DCM pretvarač; Sinamics G120 inverter; kaskadna regulacija; PID 2 DOF

## I. UVOD

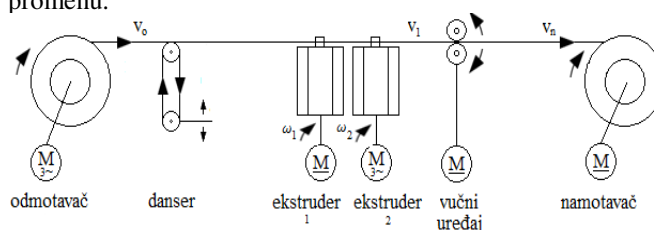
Kontinualne linije se pokreću pojedinačnim pogonima koji su spregnuti (spojeni) materijalom koji se na njima obrađuje [1]-[3]. Materijal kojim su uređaji spregnuti se obično ponaša kao elastična sprega [4], pri čemu se javljaju nelinearnosti usled uticaja trenja, promenljivog momenta inercije uređaja kao posledica promene brzine pri ubrzavanju, usporavanju i promene prečnika pri odmotavanju i namotavanju. Osnovni problem koji je potrebno rešiti sastoji se u upravljanju brzinom svakog pojedinačnog pogona linije uz istovremno održavanje konstantne sile zatezanja u zadatim granicama. U literaturi [1]-[5] su dobro objašnjene fizičke pojave koje nastaju usled promene zatezanja na kontinualnim linijama kao i upravljački algoritmi. Regulacija brzine i održavanje sile zatezanja u radu se obavlja upotrebom kombinovanih metoda upravljanja sa senzorom pozicije koji je ujedno i davač pozicije [7] (danser sistem) i indirektno kontrole sile zatezanja.

U radu je realizovan upravljački softver kojim su uspešno zamenjena gotova rešenja [11]-[12]. Cilj rada nije modelovanje i detaljna analiza sistema već je opis pojava i prikaz dobijenih rezultata na realnoj kontinualnoj ekstruzionoj liniji i sličnim procesima.

## II. OPIS PROCESA

Na “Sl. 1” prikazana je uprošćena šema kontinualne multimotorne linije sa jednim vučnim uređajem [1]. Materijal koji se obrađuje odmotava se sa odmotavača, vuče se vučnim uređajem i namotava na namotavač. Odmotavač i namotavač su centralnog tipa. Linija se sastoji od dve zone zatezanja, u kojima je moguće podesiti različite sile zatezanja. Zonu I čine odmotavač i danser [7]-[9], a zonu II vučni uređaj i namotavač [5], [6], zone i uređaji u njima su fizički povezani materijalom koji se na njima obrađuje. Između zone I i II pozicionirani su ekstruderi [10]. Sloj izolacionog materijala koji se nanosi na materijal je konstantne debljine pod uslovom da se održava brzina linije i sila zatezanja. Merenjem debljine izolacije proverava se kvalitet regulacije brzine. Odmotavač i namotavač se sastoje od motora, reduktora i doboša sa jezgrom, doboš je stegnut sa obe strane i pogoni se preko centralnog vratila.

Danser se sastoji od nepokretnih i pokretnih rolni (točkova), sistema za kompenzaciju pomeraja i davača pozicije donjih pokretnih rolni. Signal iz davača se uvodi u PLC kontroler. Danser prima promenu brzine i apsorbuje promenu.



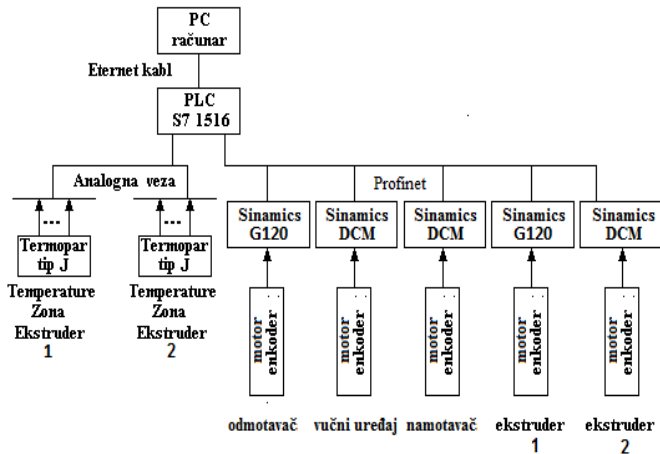
Slika 1. Principijska šema kontinualne multimotorne linije

Uzročnik promene pozicije je razlika linijskih brzina ispred i iza dansera. Vučni uređaj se sastoji od motora, reduktora, menjača i rolni koje pogone materijal koji se obrađuje. Njegov zadatak je da održava zadatu brzinu linije što je moguće tačnijom, pri čemu mora da održava i nultu brzinu linije, njegov pogonski moment nije ograničen. Ekstruderi rade u brzinskom režimu, sa promenom brzine linije, proporcionalno smanjenju i brzine obrtanja puževa ekstrudera prema zadatom odnosu.

Namotavač radi u režimu indirektno regulacije sile zatezanja [11]-[13], upotpunjuje se blokom za izračunavanje trenutne vrednosti prečnika doboša, blokom za adaptaciju parametara brzinskog regulatora i blokom za kompenzaciju momenta inercije koji se javlja pri ubrzanju i usporanju linije i promeni prečnika. Na "Sl. 2" prikazana je blok šema veze PLC kontrolera, pretvarača i invertora za regulaciju brzine i sile zatezanja.

Pri izradi softvera za upravljanje kontinualnom linijom učinjene su sledeće pretpostavke:

1. Brzina vučnog uređaja (linije) zadaje se blokom koji realizuje rampu, u stanju mirovanja linije je jednaka nuli,
2. Poprečni presek materijala koji se namotava i njegova gustina se ne menja,
3. Materijal koji se obrađuje je sa velikim Jungovim modulom elastičnosti, čime je uticaj materijala na silu zatezanja značajno zanemaren,
4. Donji točak dansera se kreće strogo vertikalno, materijal sa obe strane tačkova dansera je paralelan,
5. Signal za kompenzaciju sile zatezanja pri ubrzanju i usporanju se zadaje iz softvera,
6. Kompenzacija momenta inercije usled promene prečnika na namotavanju se računa iz softvera,
7. Kompemzacija momenta trenja se vrši u regulatorima Sinamics



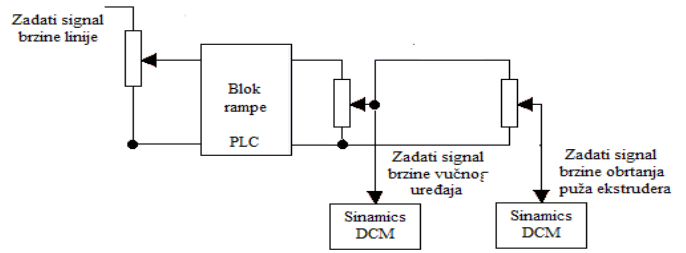
Slika 2. Blok šema veze uređaja

### III. REGULACIJA BRZINE I SILE ZATEZANJA

Glavni pogon linije je vučni uređaj. On radi u brzinskom režimu, promenom struje motora održava se konstantna brzina. Brzina linije je praktično brzina vučnog uređaja. Princip sinhronizacije brzine objašnjen je na "Sl. 3" i realizovan logikom u PLC kontroleru.

Referentni signal rampe se zadaje potenciometrom, blok rampe napisan je u SCL jeziku, realizovan je u PLC kontroleru i zajednički je za sve uređaje na liniji. Rampom se generiše

signal sa zadatim vremenima uspona i opadanja. Signal iz rampe vodi se kao referenca do potenciometra koji definiše odnos signala koji se šalje na regulator pogona vučnog uređaja. Potenciometrom se definiše se veličina reference koji se vodi do regulatora ekstrudera.



Slika 3. Princip sinhronizacije brzine vučnog uređaja i ekstrudera

Regulaciju brzine odmotavača u zoni I urađena je metodom kompenzacije brzine upotrebom pasivnog dansera kao davača trenutne pozicije. Primenjena je adaptivna promena parametara regulatora sa uključenjem, isključenjem I, D dejstva u zavisnosti od trenutne pozicije dansera iz rada [14] upotrebom PID regulatora (1) koji radi kao pozicioni regulator čiji se uticaj sabira sa brzinom linije i kao takva vodi na ulaz Sinamics regulatora G120 invertora [18], [19], gde je  $y$  izlaz PID regulatora,  $k_p$  proporcionalno pojačanje,  $b$  težinski koeficijent proporcionalnog dejstva,  $w$  zadata vrednost,  $x$  merena vrednost,  $T_i$  vremenska konstanta integralnog dejstva,  $T_d$  vremenska konstanta diferencijalnog dejstva,  $a$  vremensko kašnjenje diferencijalnog dejstva,  $c$  težinski koeficijent diferencijalnog dejstva [15], [16]. PID regulator sa dva stepena slobode (2 DOF) (1) je realizovan upotrebom PID Compact bloka u PLC kontroleru.

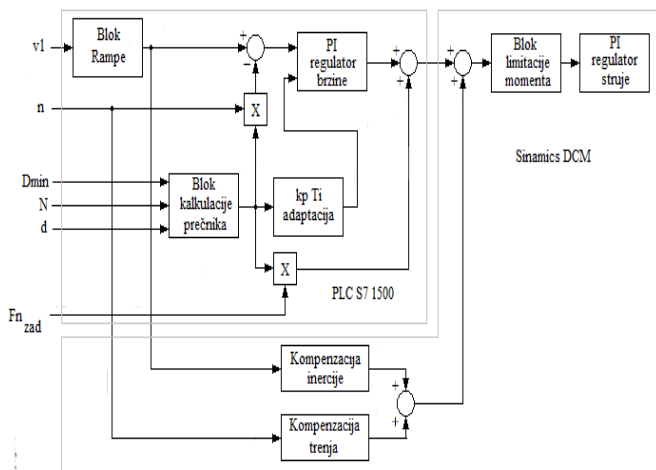
$$y = k_p \left[ (bw - x) + \frac{1}{T_i s} (w - x) + \frac{T_d s}{aT_d s + 1} (cw - x) \right] \quad (1)$$

Parametri kaskadne petlje brzine (PI regulator) i struje (PI regulator) Sinamics G120 invertora podešeni su upotrebom StartDrive aplikacije u okviru TIA Portala [19].

Regulacija brzine i zatezanja u zoni II postiže se metodom indirektno kontrole zatezanja [11]-[13] bez informacije o sili zatezanja "Sl. 4", pri čemu se brzina pogona namotavača za konstantnu brzinu vučnog uređaja definiše minimalnim prečnikom doboša, a za konstantnu silu zatezanja potrebno je obezbediti maksimalni moment pri maksimalnom prečniku.

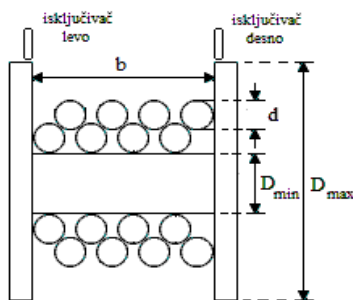
Blokovi na "Sl. 4" označeni sa PLC S7 1500 su realizovani u softveru koji je napisan u PLC kontroleru, a deo Sinamics DCM [17] je realizovan u okviru Sinamics pretvarača. Kalkulacija prečnika realizovana je prema jednačini (2). Na HMI panelu unosi se debljina materijala  $d$  koji se namotava,  $b$  širina doboša, prečnik jezgra  $D_{min}$  (unutrašnji prečnik) i maksimalni prečnik  $D_{max}$  doboša koji je utovaren na namotavaču.

Prečnik "Sl. 5" se uvećava za dvostruku debljinu materijala kada se izvrši namotavanje celog reda, što se detektuje krajnjim isključivačima pogona ređanja kabla. Pri svakom utovaru praznog doboša trenutni prečnik se resetuje na vrednost  $D_{min}$ , pri čemu je N broj namotanih slojeva.



Slika 4. Blok šema regulacije brzine i sile zatezanja uređaja za namotavanje

$$D = D_{\min} + N2d \quad (2)$$



Slika 5. Prikaz parametara doboša na namotavaču

PI regulator brzine namotavača realizovan je softverski u PLC kontroleru upotrebom PID Compact bloka (1) [16] za  $a=b=c=1$ , pri čemu je izvršeno prilagođavanje parametara  $k_p$  i  $T_i$ . Parametri PI regulatora su odeđeni za prazan i pun doboš, upotrebom procedure podešavanja PID Compact bloka u TIA Portalu. Izvršeno je prilagođenje parametara PI regulatora brzine doboša prema trenutnom prečniku, pri čemu se smatra da se moment inercije doboša menja linearno.

Prenosni odnos brzine obrtanja motora i namotavača predstavlja prenos reduktora "Sl. 6", dat je jednačinom (3).

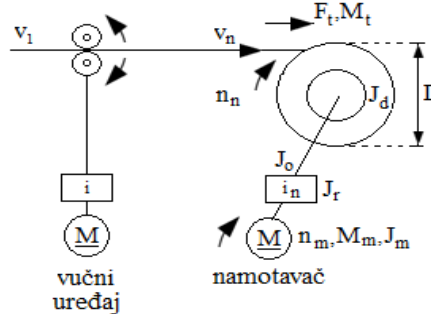
$$i_n = \frac{n_m}{n_n} \quad (3)$$

Za preciznu regulaciju procesa potrebno je održavati silu zatezanja. Na "Sl. 6" prikazana je principna šema namotavača i fizičkih veličina od kojih zavisi sila zatezanja.

Moment inercije sveden na vratilo motora namotavača dat je jednačinom (4).

$$M_m = M_t + M_u + M_g \quad (4)$$

$M_t$  moment potreban za održavanje sile zatezanja (5),  $M_u$  moment inercije usled ubrzanja i usporenja,  $M_g$  moment gubitaka usled trenja.



Slika 6. Principna šema regulacije namotavača

$$M_t = \frac{F_t D}{2i_n} \quad (5)$$

Ubrzavanjem, usporavanjem linije stvara se dodatni moment koji zavisi od trenutnog prečnika doboša.

$$J_{d\min} = \frac{\pi \rho D_{\min}^4}{32} b \quad (6)$$

$$J_d = \frac{\pi \rho b (D^4 - D_{\min}^4)}{32} \quad (7)$$

$J_{d\min}$  (6) je inercija praznog doboša (pri  $D_{\min}$ ),  $J_d$  (7) promenljiva inercija doboša,  $J_o$  moment pogonskog vratila,  $J_r$  moment reduktora. Ukupna inercija svedena na vratilo motora data je je jednačinom (8).

$$J = J_m + \frac{J_o + J_{d\min} + J_r}{i_n^2} + \frac{J_d}{i_n^2} \quad (8)$$

Moment ubrzanja usporenja računa se prema formuli (9).

$$M_u = J \frac{d\omega_m}{dt} = J \frac{2i_n}{D} \frac{dv_1}{dt} \quad (9)$$

Zadata vrednost sile zatezanja  $F_t$  unosi se u HMI panel i množi se sa polovinom trenutnog prečnika  $i$  i sabira sa izlazom iz PI regulatora brzine "Sl. 4" i taj signal vodi do Sinamics DCM regulatora. Sila zatezanja pored toga što je funkcija prečnikau softveru je prilagođena tako da se od polovine namotanog doboša smanjuje za vrednost eksperimentalno određenog koeficijenta da namotaji materijala ne bi bili tvrdo namotani. Ova funkcija se uključuje softverski čim trenutni prečnik dostigne dvostruku vrednost minimalnog prečnika.

Kompenzacija inercije prilikom ubravanja i usporavanja materijala urađena je unutar Sinamics DCM regulatora "SI. 4", (9) može se i zanemariti kada linija ubrжава, usporava po rampi. Što je vrednost promene brzine manja uticaj je manji. Ova kontrola je neophodna kod materijala sa malim Jungovim modulom.

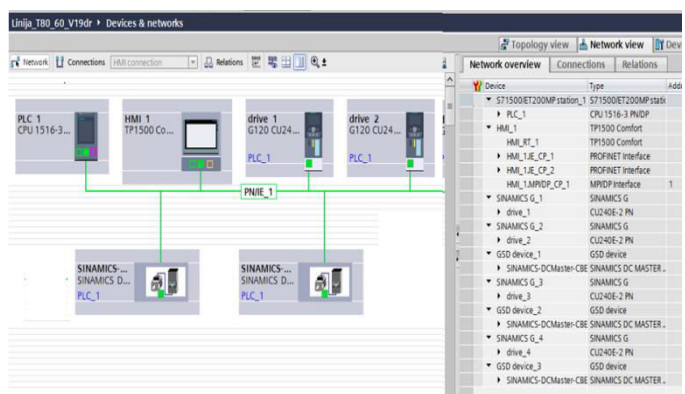
Gubici usled trenja kompenzuju se upotrebom parametarske funkcije poligona sa 10 interpolacionih tačaka. Interpolacione tačke su određene pri prvom podešavanju pretvarača Sinamics DCM u proceduri podešavanja koja se aktivira parametrom P50025=28 [17] (kompenzacija trenja) i mogu se automatski snimiti. Kompenzacija trenja se uključuje parametrom P50223=1.

Pri procedurama optimizacije Sinamics invertora i pretvarača parametri kaskadnih regulatora motora svih pogona PI regulatora brzine obrtanja određeni su metodom simetričnog optimuma i PI regulatora struje određeni su metodom tehničkog optimuma.

Pri prvom puštanju sistema određeni su i podešeni parametri regulatora prema uputstvima proizvođača regulatora [17], [18] prema karakteristikama pogonskih motora. Upravljačke komande, signali, statusne vrednosti između PLC i pretvarača i inverora se prenose preko Profinet mreže. Svakom od uređaja dodeljene su statičke IP adrese i brojevi kojim se identifikuje uređaj (hardware identifier) [19]. Na "SI. 7" prikazana je konfiguracija Profinet mreže. Za komunikaciju izabran je Profinet Telegram 352, ima 6 reči za slanje i prijem podataka.

Telegram za slanje se sastoji redom od reči: reč1=komandna reč, reč2=zadata brzina uređaja, reč3=zadata sila zatezanja i reč4=trenutni prečnik, (reči 3 i 4) su definisane samo za namotavač, reči 5, 6 nisu definisane.

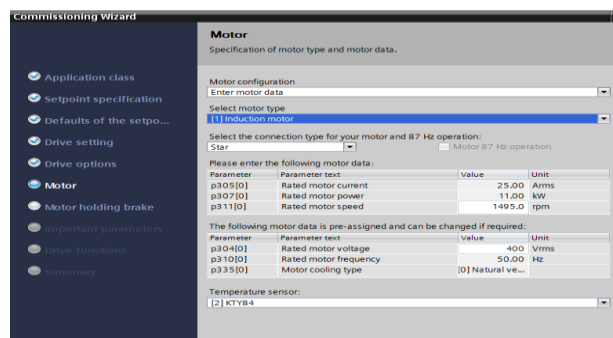
Telegram za prijem se sastoji redom od reči: reč1=status bitovi, reč2=trenutna brzina, reč3=trenutna struja, reč4=trenutni moment motora, reč5=aktivni alarm, reč6=aktivna greška.



Slika 7. Profinet mreža, šema veze

Na "SI. 8" prikazan je izgled Commisionig Wizarda StartDrive alata [19] pri podešavanju invertora za odmotavač upotrebom softvera Sinamics StartDrive [19] koji je pogonjen 4 polnim AC motorom od 11KW, 400V, 25A, 1495 ob/min. Nakon početnog parametriranja moguće je dodatno podešavanje parametara PI regulatora brzine i struje. Vučni

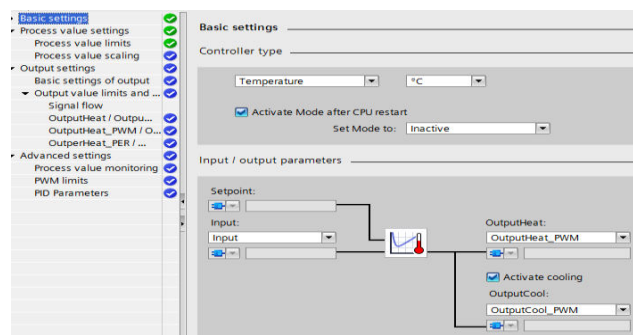
uređaj je pogonjen DC motorom snage 15HP, napona i struje armature 400V 27.2A, napona i struje pobude 300V 1.6A, 1550 ob/min. Ekstruder je pogonjen DC motorom snage 125HP, napona i struje armature 500V 203A, napona i struje pobude 300V 2.2A, 1000 ob/min. Namotavač je pogonjen DC motorom snage 7.5KW, napona i struje armature 500V 25.2A, napona i struje pobude 300V 1.28A, 1750 ob/min.



Slika 8. Izgled ekrana StartDrive alata iz TIA Portala

#### IV. REGULACIJA TEMPERATURE EKSTRUDERA

Merenje trenutnih temperatura urađeno je termoparovima tipa J, povezanih na analogne module PLC kontrolera "SI. 2". Temperaturna regulacija [20] svake pojedinačne zone realizovana je upotrebom PID upravljanja sa PWM izlazom. PID upravljanje je realizovano Siemensovim blokom FB1132 "SI. 9". Svakom bloku pridružena po jedna temperaturna zona. Konfiguracija parametara temperaturnih blokova urađena je u TIA Portalu, svaka zona ima svoju instancu (InstPIDTemp) kojoj je dodeljen data blok (DB) u kome se čuvaju podešenja. Instance se pozivaju iz OB30 bloka (cyclic interrupt), vreme poziva postavljeno je na 0,1s. Za upravljanje temperaturom zona ekstrudera iskorišćen je upravljački algoritam iz rada [21]. Upravljanje grejačima i ventilatorima realizovano je upotrebom PWM signala koji preko SSR (Solid State Relay) relea uključuje grejače i ventilatore.

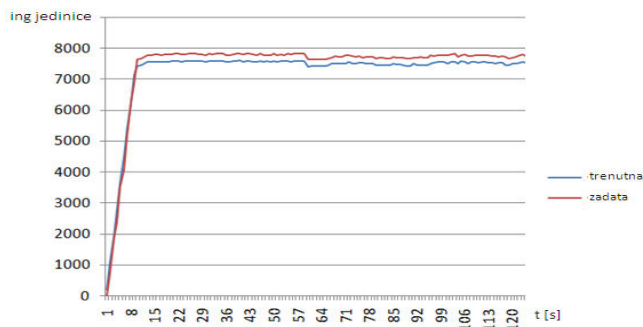


Slika 9. Podešavanje parametara za regulaciju temperatura zona

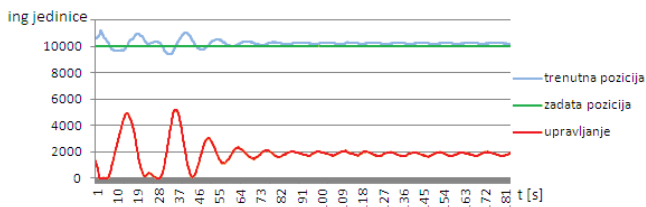
#### V. EKSPERIMENTALNI REZULTATI

Ekperimentalni rezultati dobijeni su na realnoj kontinualnoj liniji. Ing. jedinice predstavljaju vrednosti tagova PLC kontrolera koje odgovaraju realnim vrednostima brzine, struje i sile zatezanja. Na "SI. 10" prikazana je karakteristika realizovane rampe linije sa vremenom uspona od 12s, pri čemu je greška praćenja zadate vrednosti od 249 ing. jedinica kojoj odgovara napon od 0.0152V. Zadatoj vrednosti od 7800 ing.jedinica odgovara vrednost od 4,75V. Maksimalnoj vrednosti ing. jedinica od 16384 odgovara napon od 10V i

brzini linije od 100 m/min. Na "Sl. 11" prikazana je karakteristika odziva pozicije dansera odmotavača, zadata pozicija dansera postavljena je na 10000 ing. jedinica što odgovara naponu od 6,1V. Upravljački signal pozicije se šalje iz PLC na Sinamics G120 regulator.

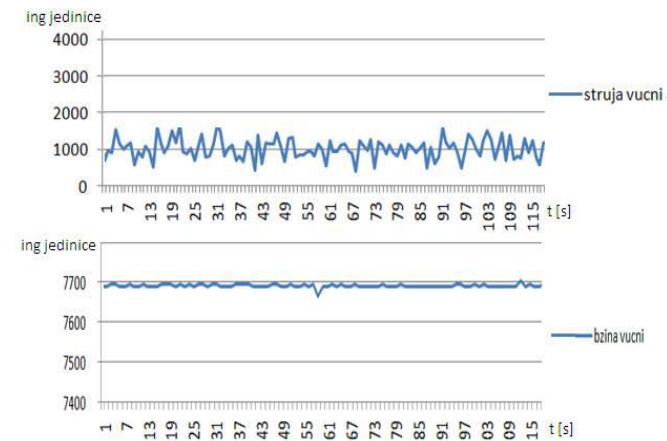


Slika 10. Realizacija rampe za vreme uspona od 12s



Slika 11. Odziv pozicije dansera odmotavača pri startovanju linije

Na "Sl. 12" prikazana je karakteristika stvarne brzine linije (koja odgovara brzini vučnog uređaja) i struje motora vučnog uređaja. Sa slike se vidi da vučni uređaj radi u brzinskom režimu, strujom se održava brzina. Vrednosti od 1000 ing.jedinica odgovara struja pogonskog motora od 1.6 A.

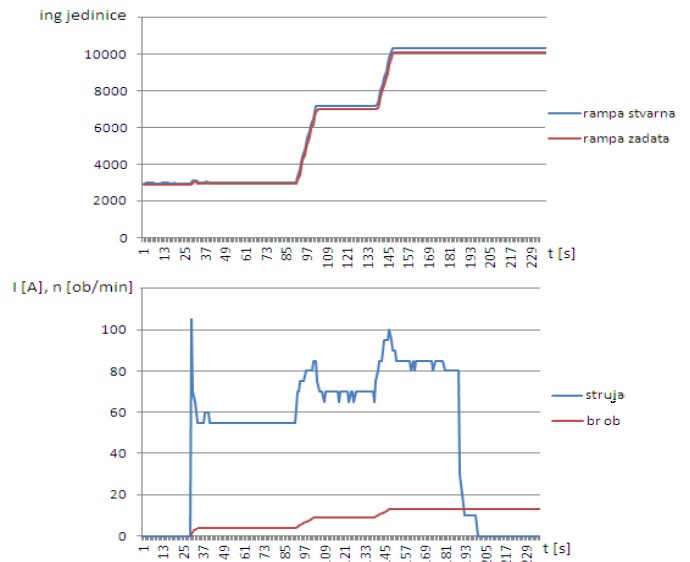


Slika 12. Karakteristika brzine vučnog uređaja i struje pogonskog motora vučnog uređaja

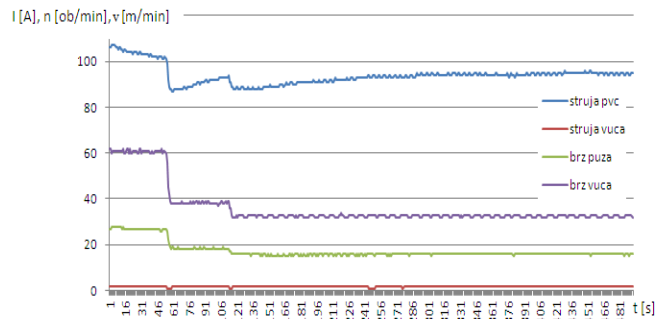
Na "Sl. 13" prikazana je karakteristika sinhronizacije realizovane rampe i broja obrtaja ekstrudera, pri čemu se vidi kako se struja pogonskog motora ekstrudera menja pri promeni broja obrtaja ekstrudera.

Na "Sl. 14" prikazana je sinhronizacija između realizovane rampe, brzine linije (vučnog uređaja), broja obrtaja puža ekstrudera i prikazana je nastala promena struja pogonskih motora vučnog uređaja i ekstrudera pri promeni vrednosti rampe.

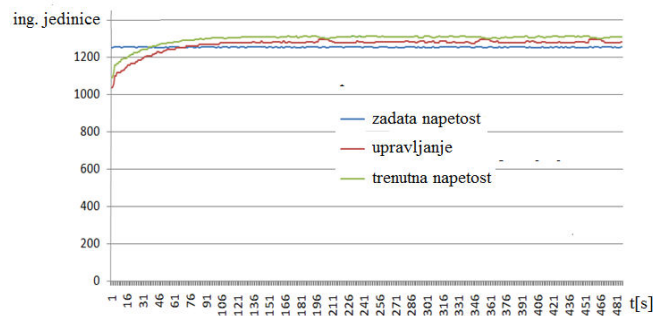
Na "Sl. 15" prikazana je karakteristika sile zatezanja, zadate sile zatezanja i upravljačkog signala. Sila zatezanja je prikazana preko struje pogonskog motora. 1250 ing. jedinica odgovara struji od 2A.



Slika 13. Prikaz sinhronizacije zadate rampe i brzine obrtaja ekstrudera i struje pogonskog motora ekstrudera

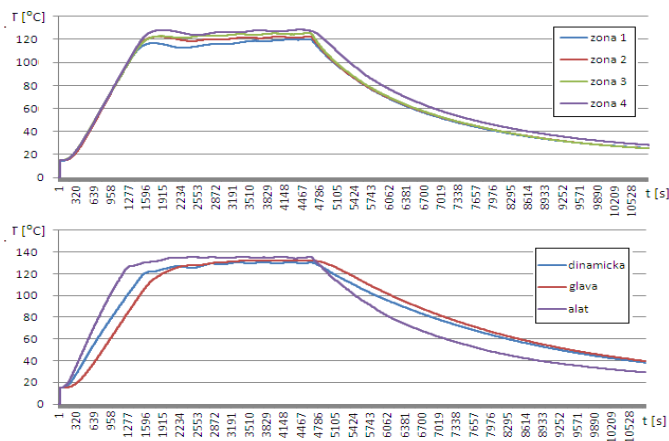


Slika 14. Prikaz sinhronizacije motora vučnog uređaja i ekstrudera



Slika 15. Karakteristika zatezanja na namotavaču

Na "Sl. 16" prikazana je zavisnost temperatura zona pri grejanju i hlađenju za sledeće zadate vrednosti temperatura: zona1=120°C, zona2=120°C, zona3=122°C, zona4=123°C, din.sekcija=130°C, glava=132°C, alat=138°C. Promenom brzine linije menja automatski se menja broj obrtaja puža ekstrudera.



Slika 15. Karakteristika temperatura zona ekstrudera, grejanje i hlađenje

## VI. ZAKLJUČAK

Za kontrolu rada kontinualne linije u smislu brzine svih pogonskih motora i sile zatezanja između delova proizvodne linije koje oni pogone, upotrebljen je metod kontrole sa upotrebom dansera i metode indirektno kontrole zatezanja bez senzora koji mere silu zatezanja. Kompanije Siemens i ABB nude gotova rešenja za realizaciju upravljanja odmotavačima, vučnim uređajima i namotavačima. U radu je prikazan rezultat razvijenog softvera za PLC kontroler, čime su ostvarene značajne uštede. Navedeni softver može se upotrebiti i za složenije linije sa više vučnih uređaja. Regulacija brzine i sile zatezanja direktno utiče na kvalitet finalnog proizvoda. Što bolja regulacija brzine i temperature daje konstantniji protok mase kroz ekstruder, čime se postiže bolji kvalitet izlaccije nanesen na materijal koji se obrađuje.

## LITERATURA

- [1] B. Jeftenić, M. Bebić, S. Štatić, Controlled Multi-Motor Drives, International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and SPEEDAM, 2006, pp. 14-59.
- [2] G. Brandenburg, "New Mathematical Model For Web Tension and Register Error". Proceedings: 3rd International IFAC Conference On Instrumentation And Automation In The Paper, Rubber and Plastics, Vol. 1, May 1976, pp411-438.
- [3] G. E. Young and K. N. Reid, "Lateral and Longitudinal Dynamic Behavior and Control of Moving Webs", *Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control*, June 1993, Vol. 115, pp 309-317
- [4] Karl N. Reid, Kee-Hyun Shin, and Ku-Chin Lin, "Variable-Gain Control Of Longitudinal Tension In A Web Transport System", *AMD-Vol. 149, Web Handling*, ASME 1992, pp87-100.
- [5] T. T. Tran and K. H. Choi, "A backstepping-based control algorithm for multi-span roll-to-roll web system", *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 70, no. 1-4, pp. 45-61, 2014
- [6] P. R. Pagilla, N. B. Siraskar, and R. V. Dwivedula, "Decentralized control of web processing lines," *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, vol. 15, no. 1, pp. 106-117, 2007.
- [7] R. V. Dwivedula, Y. Zhu, and P. R. Pagilla, "Characteristics of active and passive dancers: a comparative study", *Control Engineering Practice*, Volume 14, Issue 4, April 2006, Pages 409-423
- [8] Chien K.L., J. A. Hrones and J. B. Reswick: "On the Automatic Control of Generalized Passive Systems", *Trans. of American Society of Mechanical Engineering*, 74, 175-185 (1952)
- [9] H.-K. Kang, C.-W. Lee, K.-H. Shin, and S.-C. Kim, "Modeling and matching design of a tension controller using pendulum dancer in roll-to-roll systems," *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 47, no. 4, pp. 1558-1566, 2011.
- [10] Harold F. Giles Jr., *Extrusion: The Definitive Processing Guide And Handbook*, Publisher: William Andrew, November 2012
- [11] Application Center Winder, [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/319/9716319/att\\_6510/v1/Centerwinder\\_en.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/319/9716319/att_6510/v1/Centerwinder_en.pdf)
- [12] Application Winder with DCC, [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/750/38043750/att\\_1040296/v2/38043750\\_DCC\\_Winder\\_en\\_V4\\_3\\_2.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/750/38043750/att_1040296/v2/38043750_DCC_Winder_en_V4_3_2.pdf)
- [13] Jeff Damour, THE MECHANICS OF TENSION CONTROL, CONVERTER ACCESSORY COPORATION <https://www.converteraccessory.com/papers/tcpaper1.pdf>
- [14] Kocić, I., Jovanović, Z., Unwinder Speed Control Using PID Controller With on/off I, D Action According to Set Criteria, Proceedings, 21st International Symposium INFOTEH-JAHORINA, Jahorina, RS, Bosnia and Herzegovina, March 16.-18., 2022, pp. 215-220
- [15] Hans Berger, Automating with STEP 7 in STL and SCL 1st Edition, Publicis; 1st edition (December 15, 2009)
- [16] Closed-Loop Control with "PID\_Compact", [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/707/79047707/att\\_915339/v2/79047707\\_PidCompactV2\\_2\\_DOC\\_V2\\_0\\_1\\_en.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/707/79047707/att_915339/v2/79047707_PidCompactV2_2_DOC_V2_0_1_en.pdf)
- [17] SINAMICS DCM DC Converter Operating Instructions, [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/558/109763558/att\\_972525/v1/SINAMICS\\_DCM\\_DC\\_Converter\\_en-US.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/558/109763558/att_972525/v1/SINAMICS_DCM_DC_Converter_en-US.pdf)
- [18] Siemens SINAMICS G120 Operating Instructions Manual, <https://www.manualslib.com/manual/825330/Siemens-Sinamics-G120.html>
- [19] SINAMICS G: Speed Control of a G110M/G120 (Startdrive) with S7-1200 (TIA Portal) via PROFINET with Safety Integrated (via Terminal) and HMI, [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/469/70155469/att\\_956054/v1/70155469\\_SINAMICS\\_G120\\_PN\\_at\\_S7-1200\\_DOCU\\_V1d4\\_en.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/469/70155469/att_956054/v1/70155469_SINAMICS_G120_PN_at_S7-1200_DOCU_V1d4_en.pdf)
- [20] Multi-Zone Control with "PID\_Temp", [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/463/109740463/att\\_993000/v1/109740463\\_PidTemp\\_MultiZone\\_DOC\\_V11\\_en.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/463/109740463/att_993000/v1/109740463_PidTemp_MultiZone_DOC_V11_en.pdf)
- [21] Igor Kocić, Saša S. Nikolić, Aleksandra Milovanović, Darko Mitić, Petar Đekić, Nikola Danković, "Single Screw Extruder Temperature Control Using PLC and HMI in Cable Production Process", *IcETRAN 2022*, Novi Pazar, Serbia, June 06.-09., 2022., pp. 137-142. (ISBN: 978-86-7466-930-3), Publisher: Društvo za ETRAN.

## ABSTRACT

The paper presents the functional characteristics of the line parameters based on the developed control software for speed, tension and temperature regulation. Speed and tension regulation is performed using the PLC controller S7 1500 series and conventional converters and inverters of the Sinamics DCM and G120 series. A control method was used where one device is the leader and all the others follow its speed with a given ratio and tension control. Setting the parameters of conventional converters and inverters for controlling multi-motor drives was realized using the StartDrive tool. The temperature control of the extruder zones was done taking into account the mutual influence of the zones. Control and monitoring is implemented with software written in TIA Portal V15.1. software package.

### *Control of a multimotor continuous line system using conventional controllers*

Igor Kocić, Darko Mitić, Saša S. Nikolić, Nikola Danković, Petar Đekić