

Automatizacija procesa na primjeru kuhala s mješačem tekućina

Marko Marinić^a, Mihael Mlinac^b, Igor Petrović^c, Danijel Koprivanac^d

^a Student, Virovitica University of Applied Science, Matije Gupca 78, Virovitica, Hrvatska, marko.marinic@vuv.hr

^b Student, Virovitica University of Applied Science, Matije Gupca 78, Virovitica, Hrvatska, mihael.mlinac@vuv.hr

^c Dr. sc., mag. ing. el., Parpar d.o.o., Dr. Ante Starčevića 6, Bjelovar, igor@parpar.hr

^d Dipl. ing. el., Veleučilište u Virovitici, Matije Gupca 78, Virovitica, Hrvatska, danijel.koprivanac@vuv.hr

Sažetak

Automatizacija tehnoloških procesa u industrijskim postrojenjima osigurava ujednačenost svakog izlaznog proizvoda. Time se osigurava da proizvod uvijek bude unutar standarda propisanih pravilnicima i normama, što je teško ostvarivo u manufakturnoj proizvodnji. U ovom radu opisan je primjer automatizacije tehnološkog procesa kuhala s mješačem tekućina pomoću standardnih industrijskih upravljačkih uređaja. Korišteni su uređaji PLC (programabilni logički kontroler), HMI (čovjek-stroj sučelje) i opći prikaz upravljačkog programa. Za izvedeni upravljački sustav zadanog tehnološkog procesa provedeno je testiranje u simulacijskom okruženju. Prikazani su rezultati testiranja koji će se odvijati u normalnom režimu rada stroja. Moguće greške, zastoji i kvarovi nisu simulirani, niti se obrađuje njihov utjecaj na rad.

Ključne riječi: Automatizacija, HMI, PLC, Tia Portal

1. Uvod

TIA Portal (*engl. Totally Integrated Automation Portal*) je Siemensov softver u kojem su integrirani razni Siemens proizvodi kako bi se inženjeru omogućila povećana produktivnost i efektivnost u radu. Svi integrirani proizvodi u TIA paketu funkcioniraju zajedno te podupiru korisnika u području kreacije rješenja u problemu automatizacije. Tia Portal korišten je u izradi programskog rješenja ovog rada. U radu se opisuju tehnologije i način na koji funkcioniraju. Nakon uvoda u tehnologije pojašnjena je programska platforma Tia Portal i LAD

(*engl. Ladder Diagram*) programski jezik korišteni za izradu koda, nastali na bazi strujnih upravljačkih shema. Nakon upoznavanja s Tia Portal-om započet je postupak izrade projekta i postupkom izrade HMI (*engl. Human Machine Interface*) sučelja. Poblize su objašnjeni programski blokovi na nekoliko stvarnih primjera korišteni u izradi projekta te je detaljno opisan svaki funkcijski blok. Na samom kraju ovoga rada prikazana je simulacija projekta napravljenog u simulacijskom okruženju TIA Portal-a i detaljno je opisan svaki korak automatiziranog procesa.

2. Tehnologija kuhanja mješavine tekućina

Projekt je definiran kao modifikacija zadataka opisanih u nastavnom materijalu za TIA Portal (Puljić, 2019). Zahtjevi projekta su da spremnik služi za miješanje i kuhanje mješavine tekućina, pri čemu se tekućina T1 puni punom brzinom do 40% spremnika. Nakon 40% spremnika kreće punjenje tekućine T2, te se tekućine T1 i T2 pune zajedno do 70%. Nakon toga, od 70% do 90% spremnika puni se tekućinom T2 punom brzinom.

Nakon punjenja spremnika kreće miješanje tekućina promjenjivom brzinom do temperature tekućine od 80 °C. Kada temperature dosegne 80 °C kreće kuhanje u trajanju od 20 sekundi. Nakon kuhanja spremnik se prazni do 10% napunjenosti, te nakon 5 ciklusa uključuje se svjetlosni signal „SERVIS“ i spremnik se prazni do kraja.

3. Konfiguracija upravljačkog sustava

PLC (Programabilni Logički Kontroler) prikazan na slici 1. je robusno računalo koje se koristi u industrijskoj automatizaciji. Ovi kontroleri mogu automatizirati određeni proces ili čak i cijelu proizvodnu liniju. PLC radi tako da prima informacije na analogne i/ili digitalne ulaze sa senzora, sondi, mjerača ili ulaznih uređaja, te obrađuje dobivene informacije i upravlja analognim i/ili digitalnim izlazima na temelju programiranog koda, informacija i parametara. Detaljnije o PLC-u opisano je u (UNITRONICS, 2023). Također, može u ovisnosti o ulazima i izlazima nadzirati i bilježiti podatke o vremenu rada stroja kao što su radna temperatura i produktivnost, može automatski pokretati i zaustavljati dijelove procesa, te generirati alarme prilikom kvara stroja, isl. Neke od značajki koje izdvajaju PLC od industrijskih računala, mikrokontrolera i drugih industrijskih rješenja su da CPU (*engl. Central Process Unit*) PLC-a pohranjuje i obrađuje podatke, I/O (*engl. Input/Output*) modul povezuje PLC s ostatkom stroja i ti moduli daju informacije CPU-u, na temelju čega CPU generira određene rezultate. Ovi moduli mogu biti digitalni ili analogni. Ulazni uređaji sastoje se od svih uređaja korištenih u procesu koji očitavaju informaciju i proslijeđuju ih u CPU. U isto vrijeme, izlazni uređaji

mogu sadržavati releje, svjetla, ventile, a nekada čak i cijele pogone.

Slika 1. Primjer PLC-a korištenog u ovom radu s7-1200 cpu 1511-1 np



Izvor: <https://siemensim.com/6es7516-3an02-0ab0/> 10.05.2024

Na slici 2. prikazan je HMI (*engl. Human Machine Interface*) korisničko sučelje za PLC. Detaljnije o HMI-u opisano je u (INDUCTIVE AUTOMATION, 2023). To je korisničko sučelje koje povezuje operatera sa strojem, sustavom ili uređajem. Najčešće se koristi u industrijskim procesima. HMI je vrlo sličan grafičkim sučeljima, ali oni nisu sinonimi. GUI (*engl. Graphical User Interface*) se jako često koriste unutar HMI sučelja za mogućnost vizualizacije.

Slika 2. Primjer PLC-a korištenog u ovom radu S7 HMI tp900 comfort



Izvor: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/www/Catalog/Product/6AV2124-0JC01-0AX0> 10.05.2024

HMI se u industriji koristi za vizualizirani prikaz podataka, praćenje vremena proizvodnje, praćenje I/O informacija stroja, u realnom vremenu, te još puno toga.

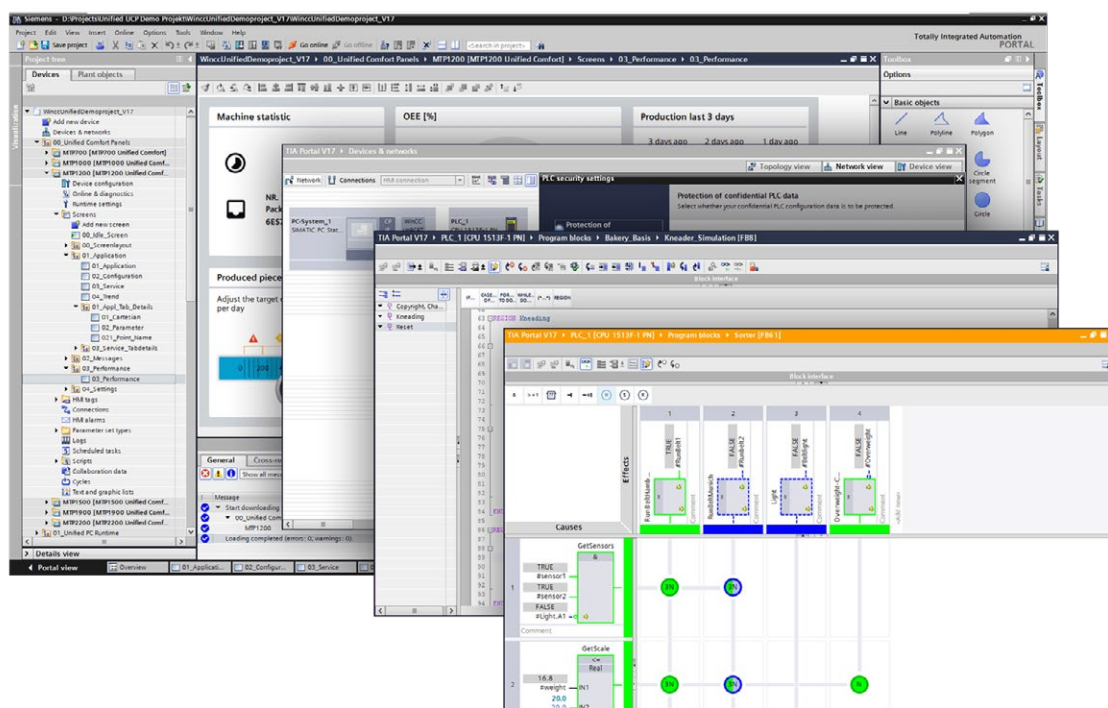
HMI uređaji komuniciraju s PLC-om, uključujući I/O module, kako bi prikupili informacije koje će prikazati korisnicima. Zaslone HMI-a mogu se primjerice koristiti za funkciju poput nadzora i praćenja rada sustava, povećanja brzine proizvodnje, isključivanje sustava, a sve u ovisnosti o tome kako su zaslone implementirani.

Korištenjem HMI uređaja operater može vidjeti važne informacije vezane za rad nekog sustava koje su prikazane raznim grafikonima, može upravljati alarmima, isl. Prije korištenja HMI uređaja operater je morao hodati po pogonu i ručno

zapisivati i tražiti greške u radu sustava pomoću lokalnih očitavanja na sensorima, mjeračima i sl.

Na slici 3. prikazano je sučelje programskog paketa TiaPortal opisano u (SOLISPLC, 2023) proizvođača opreme za automatizaciju Siemens. Njegov cilj je integrirati u tadašnje vrijeme višestruke razvojne alate za automatizaciju kao što su npr. za PLC programski kod Simatic Step 7 i Step 7 MicroWIN, za SCADA i HMI uređaje Simatic WinCC i Simatic WinCC Flexible, za upravljanje motorima Sinamics Starter, itd. Ovi softveri brinu o programiranju, razvoju i konfiguraciji Siemens PLC-ova, HMI-a i pretvarača frekvencija, ali podržavaju komunikaciju prema opremi drugih proizvođača automatizacijske opreme kao što su ABB, Alen Bradley, Schneider.

Slika 3. Radno sučelje TiaPortal s primjerom



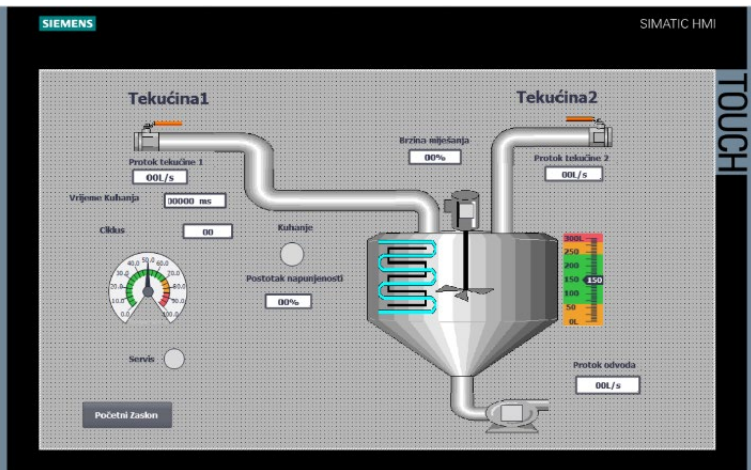
Izvor: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:659ff273-d199-4b0e-9eab-da7839c53ddf/width:1125/quality:high/crop:0,329:0,168:0,656:0,738/tia-portal-future-proof.webp> 10.05.2024

Programska logika u TiaPortal-u slijedi strukturu blokova. Step 7 softver se koristi za programiranje PLC-ova kao što su: S7-1200, S7-1500, S7-300 i S7-400 obitelji. Dostupni programski jezici u TiaPortal-u su: LAD, FBD, SCL. WinCC se koristi za razvoj HMI ekrana koji se koriste za nadzorne sustave na računalima te za razvoj Comfort, Basic i Mobile operativnih panela. Primjer sučelja prikazan je na

slici 4. Za komunikaciju svih vrsta uređaja s PLC-om, pa tako i mjerača, ventila, i sl., koriste se komunikacijski protokoli kao što su: ProfiBUS, ProfiNET, AS-I, i sl. Struktura programa PLC-a segmentirana je u blokove, a to su: OB (Organizacijski blokovi), FB (Funkcijski blokovi) prikazan na slici 5. i slici 6., te DB (Podatkovni blokovi). Programiranje se može raditi u načinu LAD (*engl. Ladder Diagram*),

STL (engl. Statement List) ili FBD (engl. Function Block Diagram). Kao primjer na slici 6. prikazan je program pisan u načinu LAD.

Slika 4. Radno sučelje s primjerom dodirne ploče (engl. Touch Panel)



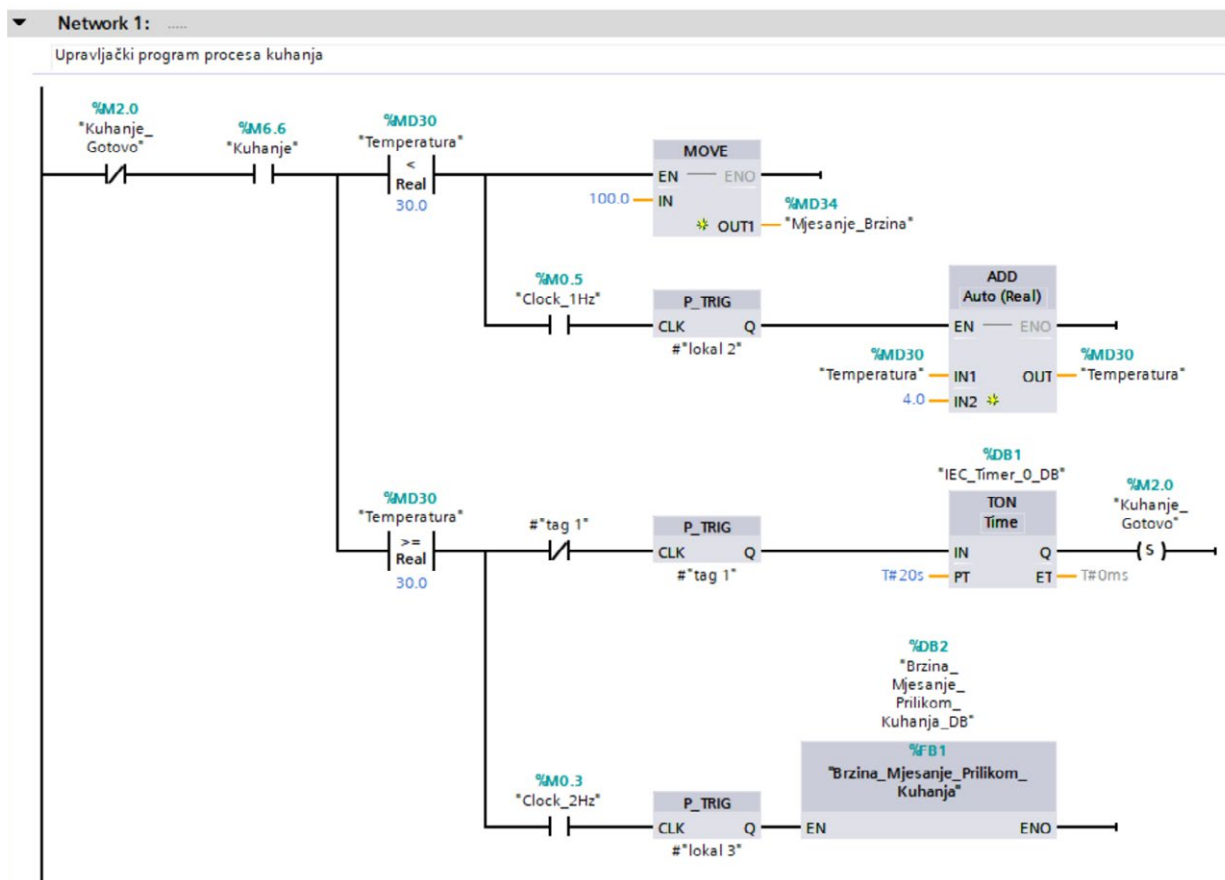
Izvor: autori

Slika 5. Primjer spremnika varijabli za FB

Mihael_Minac_Završni - PLC_1 [CPU 1511-1 PN] - Program blocks - Spremnik [FB3]									
Spremnik									
Name	Data type	Default value	Retain	Accessible f...	Write...	Visible in ...	Setpoint	Sup	
1	Input								
2	<Add new>								
3	Output								
4	<Add new>								
5	InOut								
6	<Add new>								
7	Static								
8	protok2	Real	0.0	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
9	lokal 1	Bool	false	Non-retain	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
10	Temp								
11	razlika_dotoka	Real							
12	Constant								
13	<Add new>								

Izvor: autori

Slika 6. Primjer programskog koda pisanog u LAD za FB



Izvor: autori

4. Puštanje procesa u probni rad

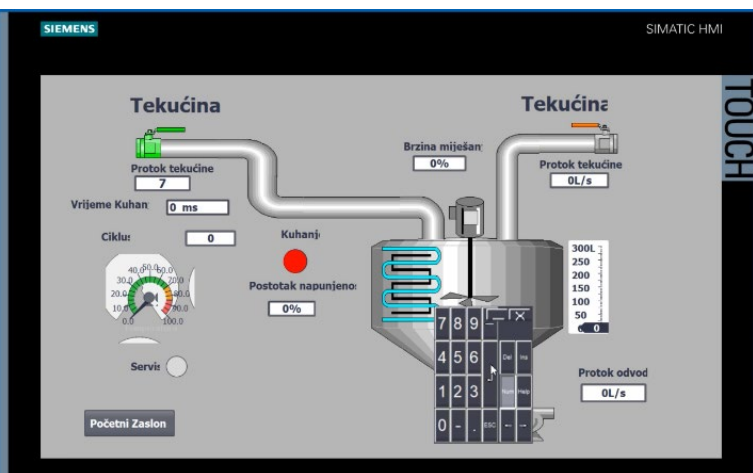
Na slici 7. prikazan je početni ekran prilikom pokretanja sustava automatizacije izrađenog za potrebe ovog rada. Pritiskom na gumb start otvara se procesni zaslon prikaza na slici 8. i pokreće se simulacija. Prije početka rada potrebno je zadati traženu količinu tekućine. Pritiskom na tipku Enter pokreće se automatski proces. U prvom dijelu procesa (faza 1) radi samo ventil tekućine 1, što se vidi tako što je ventil zelene boje, uz protok od 7 L/s do zapunjenosti spremnika od 40 %. Prvi dio procesa prikazan je na slici 9.

Slika 7. Početni ekran



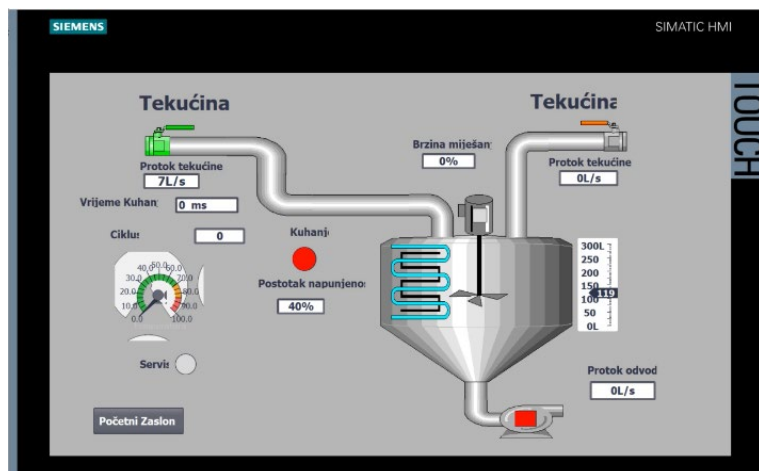
Izvor: autori

Slika 8. Automatski režim rada – pokretanje procesa



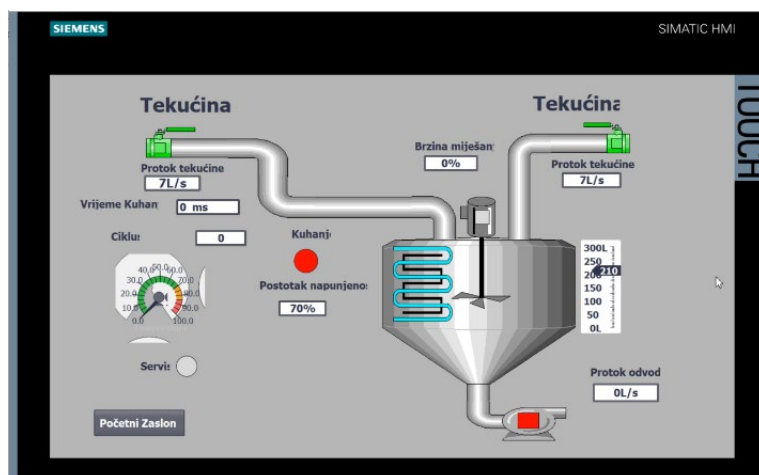
Izvor: autori

Slika 9. Automatski režim rada – prikaz prvog dijela procesa



Izvor: autori

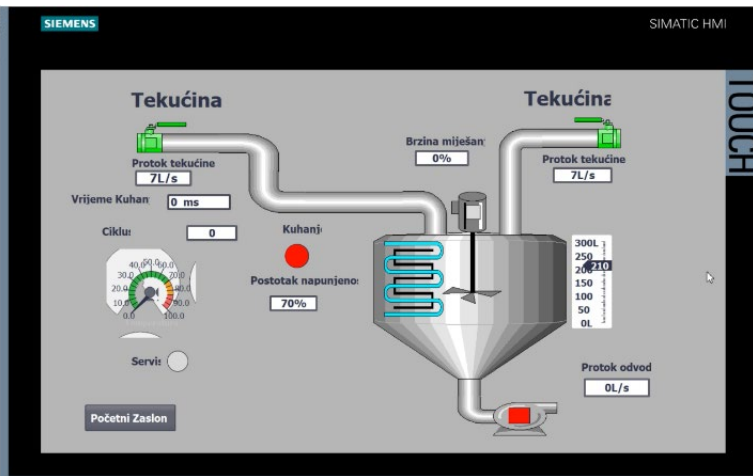
Slika 10. Automatski režim rada – prikaz drugog dijela procesa



Izvor: autori

Od mjerene zapunjenosti spremnika 40 % do 91% dodaje se punjenje tekućinom u fazi 2. Protok punjenja je također 7 L/s. Zatvaranje ventila tekućina je na 70% zapunjenosti, pa se maksimalna vrijednost zapunjenosti ostvaruje zaostacima tekućine u cijevima (u fazi 3). Rad u drugom dijelu procesa prikazan je na slici 10. i završetak punjenja na slici 11.

Slika 11. Automatski režim rada - zatvaranje ventila

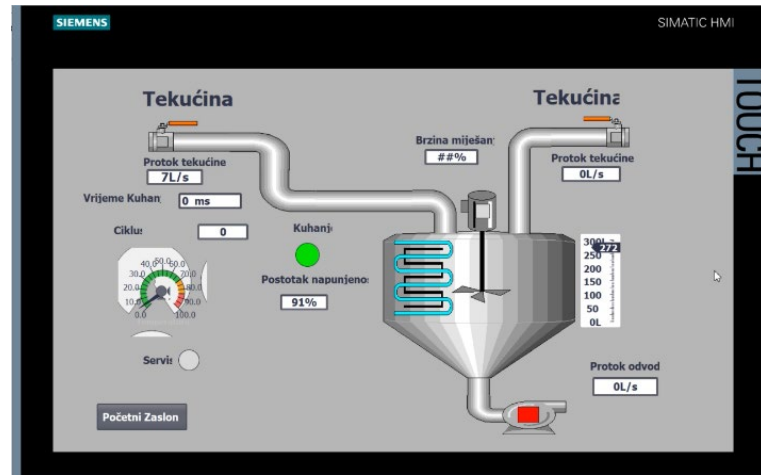


Izvor: autori

Završetkom punjenja spremnika prelazi se na dio procesa prilikom kojeg je potrebno sadržaj spremnika zagrijati na traženu temperaturu. U prikazanom procesu njen iznos je 80 °C. Postizanjem tražene temperature proces prelazi u kuhanje. Uključuje se miješanje sadržaja spremnika mješačem sa regulacijom brzine vrtnje. U ovom procesu brzina vrtnje postavljena je na 30 % nazivne vrijednosti. Trajanje kuhanja zadano je na vrijednost 20 s.

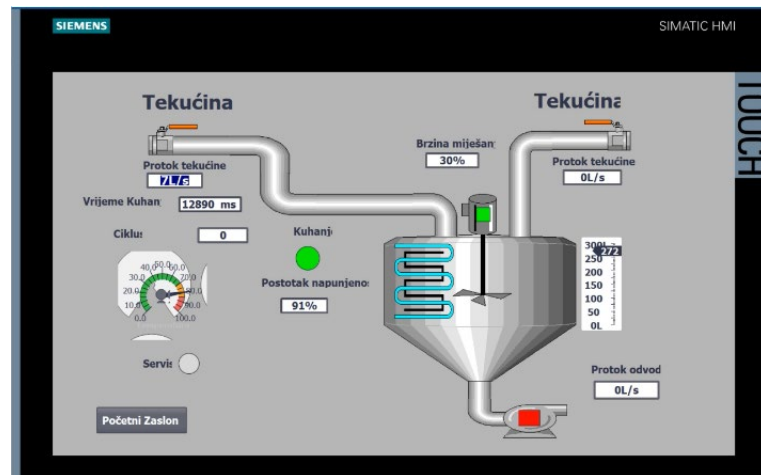
Rad u kuhanju i automatskom režimu rada prikazan je slikama 12. i 13. Po završetku kuhanja sadržaj spremnika isporučuje se iz uređaja u daljnju obradu pražnjenjem. Pražnjenje se odvija pripadajućom pumpom. Završetak procesa smatra se postizanje vrijednosti razine u spremniku od 10 %. Pražnjenje spremnika prikazano je na slici 14. Nakon 5 ciklusa ponavljanja procesa uključuje se lampica za servis te se spremnik prazni u potpunosti i proces automatski kreće ponovno (slika 15.).

Slika 12. Automatski režim rada - završetak punjenja



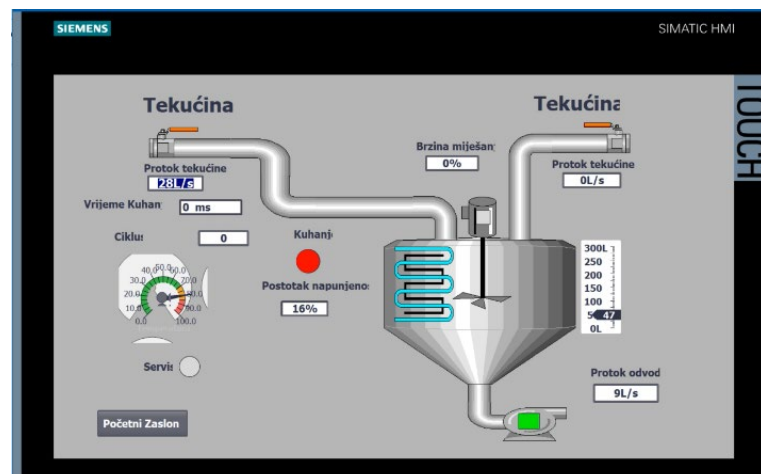
Izvor: autori

Slika 13. Automatski režim rada - kuhanje



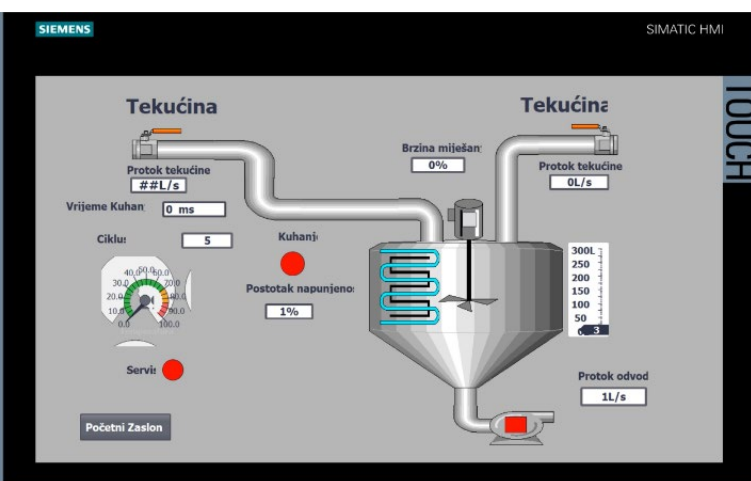
Izvor: autori

Slika 14. Automatski režim rada - pražnjenje



Izvor: autori

Slika 15. Automatski režim rada – servis



Izvor: autori

5. Zaključak

U radu je opisan primjer automatizacije tehnološkog procesa kuhala s mješačem tekućina pomoću standardnih industrijskih upravljačkih uređaja. Korištenje programskih paketa kao što je TIA Portal u automatizaciji procesa omogućava sustavni i modularni pristup rješavanju zadataka. Time se omogućava da više sudionika radi na jednom projektu, odnosno dozvoljava dodatnu specijalizaciju

sudionika za pojedini dio projekta, što povećava brzinu izrade rješenja i valjanost projekta u cjelini. Na primjer tim od 3 člana može imati subspecijalista za PLC, subspecijalista za proizvodni proces, odgovornog za kvalitetu proizvoda postupka miješanja i subspecijalista za mrežu. Na taj način moguće je osmišljenim stručnim timskim radom optimizirati upravljanje prezentiranim tehnološkim procesom i drugim sličnim tehnološkim procesima.

6. Literatura

Puljić, F. (2019). *Nastavni materijal za TIA Portal*. Garešnica: Autegra.

UNITRONICS. *What is the definition of "PLC"?*, <<https://www.unitronicsplc.com/what-is-plc-programmable-logic-controller/>>, Pristupljeno 30. 08. 2023.

INDUCTIVE AUTOMATION. *HMI: Human-Machine Interface. What is HMI, Common Uses, Trends and the Future of HMI*, <<https://inductiveautomation.com/resources/article/what-is-hmi/>>, Pristupljeno 31. 08. 2023.

SOLISPLC. *The Complete Practical Guide to Siemens Tia Portal Programming*, <<https://www.solisplc.com/tutorials/a-practical-guide-to-siemens-tia-portal-programming/>>, Pristupljeno 01. 09. 2023.

Automation of the process using the example of a cooker with a liquid mixer

Summary

Automation of technological processes in industrial production guarantees that every product is the same as others. Therefore, one can expect those products to comply with rules and regulations, which is hard to achieve in manufacturing production. This paper presents an example of such a system using a cooker with a fluid mixer provided by a standard industrial control system. Applied modules are PLC (programmable logical controller), HMI (human-machine interface), and general control coding rules. Testing is applied to the provided control system using a simulation environment of a given technological process. Test results are provided only for normal working conditions of the machine. Possible errors, stoppages, and malfunctions are not tested nor analyzed for their influence on machine operation.

Keywords: Automation, HMI, PLC, TIA Portal