

# Princip automatizacije viskoziometra na brodu za zabavu

---

**Pavlov, Ivan**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2020**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Split, Faculty of Maritime Studies / Sveučilište u Splitu, Pomorski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:164:044226>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-23**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository - Faculty of Maritime Studies - Split -  
Repository - Faculty of Maritime Studies Split for  
permanent storage and preservation of digital  
resources of the institution](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



**SVEUČILIŠTE U SPLITU  
POMORSKI FAKULTET**

**IVAN PAVLOV**

**PRINCIP AUTOMATIZACIJE  
VISKOZIOMETRA NA BRODU ZA ZABAVU**

**ZAVRŠNI RAD**

**SPLIT, 2020.**

**SVEUČILIŠTE U SPLITU  
POMORSKI FAKULTET**

**STUDIJ: BRODOSTROJORSTVO**

**PRINCIP AUTOMATIZACIJE  
VISKOZIOMETRA NA BRODU ZA ZABAVU**

**ZAVRŠNI RAD**

**MENTOR:**

**dr .sc. Joško Šoda**

**STUDENT:**

**Ivan Pavlov (MB: 0171272307)**

**SPLIT, 2020.**

# SADRŽAJ

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| <b>1.</b> | <b>UVOD .....</b>                                  | <b>5</b>  |
| <b>2.</b> | <b>SAPPHIRE PRINCESS.....</b>                      | <b>5</b>  |
| 2.1.      | OPČRNITO O STROJARNICI.....                        | 8         |
| <b>3.</b> | <b>POVIJEST PLC-A.....</b>                         | <b>12</b> |
| 3.1.      | NASTANAK PLC-A .....                               | 12        |
| 3.2.      | SIMATIC S7-1200.....                               | 13        |
| 3.3.      | DIGITALNA LOGIKA AUTOMATIZACIJE .....              | 16        |
| 3.4.      | ANALOGNI SIGNALI .....                             | 19        |
| 3.4.1.    | <i>Analogno digitalna pretvorba.....</i>           | <i>21</i> |
| <b>4.</b> | <b>VISKOZIOMETAR .....</b>                         | <b>23</b> |
| 4.1.      | AUTOMATIZACIJA REGULACIJE TEMPERATURE GORIVA ..... | 26        |
| <b>5.</b> | <b>ZAKLJUČAK .....</b>                             | <b>35</b> |
|           | <b>LITERATURA .....</b>                            | <b>36</b> |
|           | <b>POPIS SLIKA .....</b>                           | <b>37</b> |
|           | <b>POPIS TABLICA.....</b>                          | <b>39</b> |
|           | <b>POPIS KRATICA .....</b>                         | <b>40</b> |

## SAŽETAK

Viskoznost je svojstvo svih fluida i što je viskoznost veća to će fluid sporije se kretati zbog kohezijskih utjecaja između molekula fluida i adhezijskog utjecaja između tvrde površine i fluida. Fizičko svojstvo svih fluida je da pri višim temperaturama se smanjuje viskozitet i smanjuje trenje između slojeva fluida. Zbog toga se na brodovima, kao što je Sapphire Princess se gorivo zagrijava za viskozimetar da se smanji viskozitet i lakše dovede do motora. Održavanje željene temperature goriva se održava grijačima koji su spojeni PID kontrolerima. U praksi se PID kontrolerom se upravlja regulacijski ventil koji ograničava količinu pare koja će zagrijati gorivo. Na brodu Sapphire Princess se temperatura goriva i viskoznost regulira rotacijskim viskozimetrom i regulacijskim ventilom koji upravlja količinu pare koja će zagrijati gorivo. Isto takva regulacija se može izvršiti s električnim grijačima koji su regulirani na sličan princip kao i regulacijski ventil. PLC omogućuje lakšu kontrolu regulacije i nadziranje. Zbog toga se na ovome završnom radu pomoću PLC-a koristi PID kontroler i regulira temperatura i s HMI ekranom se nadzire cijeli sustav.

**Ključne riječi: PLC, HMI, PID, Viskozimetar, Viskoznost**

## **ABSTRACT**

Viscosity is a property of all fluids and the higher the viscosity the slower the fluid moves due to the cohesion influences between the fluid molecules and the adhesion influence between the hard surface and the fluid. The physical property of all fluids is that at higher temperatures the viscosity decreases and friction is lesser between fluid layers. Therefore, on ships such as the Sapphire Princess, the fuel is heated by a viscometer to reduce the viscosity and bring it to the engine more easily. The maintenance of the desired fuel temperature is maintained by heaters connected to the PID controllers. In practice, the PID controller controls a control valve that limits the amount of steam that will heat the fuel. On the Sapphire Princess, the fuel temperature and viscosity are regulated by a rotary viscometer and a control valve that controls the amount of steam that will heat the fuel. The same regulation can be performed with electric heaters that are regulated on a similar principle as the control valve. PLC allows easier control of regulation and monitoring. Therefore, in this finishing work, a PID controller is used using a PLC and the temperature is regulated and the entire system is monitored with an HMI screen.

**Key words: PLC, HMI, PID, viscometer, Viscosity**

## 1. UVOD

Razvojem tehnologije u industriji dovodi do što veće automatizacije i kontrole rada sustava da se dodatno smanje troškovi potrošnje te sprječavanje mogućih kvarova. S što većom razinom automatizacije se smanjuje faktor ljudske greške. Razvoj i potreba za automatizacijom olakšava mnogo kompliciranih i opasnih poslova. Jedan od kompliciranih poslova što čovjek teško može obaviti je provjera viskoznosti goriva.

Viskoznost goriva se mjeri viskozimetrom, uređaj koji pomoću tlaka goriva u cijevi i protoka goriva pokazuje viskoznost goriva. Zato što je ovo sustav goriva na brodu, specifično brod za zabavu Sapphire Princess, gorivo koje se uzima je velike gustoće. Što je gorivo veće gustoće to znači da je i viskoznost mu veća. Viskozitet je ovisan o temperaturi i pri većoj temperaturi se smanjuje viskozitet goriva i provjerom viskoznosti goriva sa viskozimetrom se može zagrijati gorivo.

Regulacija temperature potrebne za dostići željenu temperaturu se određuje parametrima na PID kontroleru. Uređaj koji ovisno o temperaturi goriva i viskoznosti goriva upravlja električnim grijačem za gorivo ili parom pomoću regulacijskog ventila pare. Ovaj sustav regulacije je veoma pouzdan, međutim je nadziranje ovoga sustava malo teže. Za lakši nadzor i kontrolu viskozimetra se može ostvariti sa PLC-om. PLC je uređaj koji je smanjio troškove održavanja u automatizaciji, jednostavan je za ugraditi i dijagnostika je jednostavna jer ne zahtjeva veliki broj kabela za razliku od releja koji su se prije koristili za automatizaciju sustava.

Sa PLC-om je puno lakše automatizirati regulaciju viskoznosti goriva na viskozimetru i temperature goriva jer uređaj ima ugrađeni PID kontroler. Programiranje se vrši preko posebnog uređaja za programiranje ili s PC-om koji ima određenu aplikaciju za programiranje. U ovome slučaju Siemens-ov PLC 1200 S7 koji se programira preko PC-a i ujedno se može nadzirati proces regulacije, ali se najviše koristi HMI ekran za nadzor i kontrolu. HMI je ekran koji može biti dodatak PLC-u za vizualnu interpretaciju onoga što se događa u sustavu.

Siemens-ov PLC koji je uparen sa HMI ekranom regulira, nadzire i kontrolira se viskoznost goriva na brodu Sapphire Princess. Prije same automatizacije moraju se navesti dijelovi i sustavi strojarnice i sigurnosne mjere. Znajući kako PLC zapravo radi, komunicira i kako se programira te s kakvim signalima se upravlja, u ovome slučaju s analognim.

Unatoč što je na ovome brodu regulacija temperature izvedena pomoću pare i regulacijskog ventila, ovdje će se prikazati kako radi regulacija temperature pomoću električnog grijača te prikaz stvarne izmjerene temperature i rada PID kontrolera.



## 2. SAPPHIRE PRINCESS

Prema IMO standardima, Sapphire Princess poziv je: 2HFZ6; IMO broj: 9228186; MMSI: 235103357.[1]

Sapphire Princess je luksuzni brod za zabavu koji plovi pod Britanskom zastavom i registriran u luci u Londonu. Prije je bio registriran u Hamilton-u Bermudi od godine izgradnje 2004 do 2014 kada je prešao pod Britansku zastavu. Sapphire Princess se trebao zvati Diamond Princess, a brod koji je bio u izgradnji isto vrijeme se sada zove Diamond Princess. Razlog ove izmjene imena je zbog požara tokom izgradnje današnjeg Sapphire Princess-a.

Sapphire Princess je plovio u početku zapadnom obalom SAD-a međutim 2014 brod je počeo ploviti Azijskim morima, rute iz Šangaja ljetnom sezonom i rute iz Singapura za zimsku sezonu do 2016 kada je plovio iz Kine kroz cijelu godinu i sezone 2017-18 sezone.



**Slika 1 Sapphire Princess u Ketchikan-u Aljasci**

Trenutačni vlasnik ovoga broda je *Carnival Corporation & plc*, a sa njim upravlja *Princess Cruises*. Kobilica je položena 6.4. 2001 godine a brod je izgradio *Mitsubishi Heavy Industries* u Nagasaki Japanu 2004 godine. Prema *Lloyd's*-ovom registru brodova klase koje posjeduje ovaj brod su: +100 A1, putnički brod +LMC sa CCS, bilješke za NAV i IWS.[2]

Maksimalni kapacitet ljudi na brodu je 4,160 od čega može ugostiti najviše 3,100 putnika i 1,060 članova posade. Od opreme za spašavanje ima:

- 6 tendera
- 16 motornih brodova za spašavanje
- 2 brze brodice za spašavanje
- 2 sustava za brzu evakuaciju broda ili MES
- 10 dodatnih splavi za spašavanje

Sapphire Princess ima deplasman od 60,636t, težina broda bez ičega na njemu je 46,156t i ljeti maksimalna dopuštena težina tereta je 14,480t. Bruto težina broda je 115,875t, a neto

težina je 77,745t. Maksimalna dopuštena težina u Suezu je 110,203t i brzina pri normalnim uvjetima i opterećenjima je 22.1 čvora. Ovaj brod za manevriranje ima 2 kormila i 6 propelera, 3 na krmi i 3 na pramcu.

Dimenzije:

- Maksimalna duljina 288.33m
- Duljina između okolica 246.00m
- Teoretska širina broda od simetrane 37.5m
- Širina krila mosta na brodu 50.10m
- Širina broda na palubi broj 9 41.5m
- Dupina do palube 4 11.40m
- Dizajnirani gaz 8.05m
- Maksimalni gaz 8.55m
- Maksimalna visina broda od vodne linije 54.00m
- Maksimalna visina 62.05m

## 2.1. OPĆRNITO O STROJARNICI

Dizel generatori

- Marka: Wartsila
- Broj motora: 4
- Model: 2 x 8L46C + 2 x 9L46C-CR.DWI
- Tip motora: četvero taktni, klip bez križne glave, turbocharged
- Radna snaga : 8,400kW (nominal) 8 cilindara motor  
9,450kW (nominal) 9 cilindara motor
- Brzina okretaja: 514 rpm

Glavni dizel motor alternator

- Marka: Alstom
- Tip AC, 60Hz, sinkroni, 14 polova
- Model Delta, veličina kućišta D225T14

#### Dizel generator ekonomajzer

- Marka: TEI Greens
- Model: Diesecon finned water tube
- Broj setova: 4 (2 za glavne generatore i 2 za rezervne)
- Kapacitet: 2,900 kg/h MCR za glavne generatore  
2,600 kg/h MCR za rezervne generatore

#### Propulzijski motori

- Marka: Alstrom Motors, Francuska
- Tip: sinkroni, 14/28 polova
- Model: M3HXD300-175/14
- Snaga: 20 MW (2 x 10 MW)
- Maksimalne brzine: 0-145 rpm
- Broj motora: 2 (4 polu motora)

#### Generator, Plinska turbina

- Marka: General Electric
- Tip: LM2500+
- Maksimalna snaga: 25,000kW
- Brzina okretaja: 3,600rpm
- Broj generatora: 1

#### Alternator za plinsku turbinu

- Marka: Brush
- Tip: AC, 60Hz, sinkroni, 6 polova
- Veličina okvira: BDAX72.193ERH
- Radna snaga: 31,250kVA-25MW na 11,000V

#### Jedinica za upotrebu otpadne topline na plinskoj turbini

- Marka: Deltac
- Model: Marine FC Evaporator
- Tip: Ekonomajzer i bubanj evaporatora
- Kapacitet: 20,000kg/h pri 9.5 bar

### Bojler

- Marka TEI (Thermal Engineering International) Greens
- Model Spanner
- Broj bojlera 2 vertikalne vodene cijevi
- Kapacitet 15,000 kg/h pri 9.0 bar
- Plamenik Raspršivanje pare: HFO operacija

### Evaporator

- Marka Serck Como
- Model MSF 740-7
- Tip Isparivač sa 7 stupnjeva djelovanja
- Broj evaporatora 3
- Kapacitet 740 tone/dan

### Rashladni sustav

- Marka York Marine Refrigeration
- Broj rashladnih jedinica 4
- Hladnjak tip/kapacitet MWCC/6,374kW
- Tip kompresora Centrifugalni J4 YDHA 90SD
- Snaga motora 11kV, 1,395kW, 3,570rpm

### Jedinica za hlađenje namirnica

- Marka GEA-Grasso
- Broj jedinica 2 (jedan radi, drugi je u pričuvi)
- Model kompresora E-3 i L-3
- Kapacitet hlađenja 93kW (zaleđuje), 391kW (hladi)
- Rashladni medij R404a/Temper 20

### Pomoćni dizel generatori

- Marka Cummins
- Broj generatora 2
- Model KTA 50-D(M)
- Tip četverotaktni, V16 kilpni bez križne glave,  
Turbocharger
- Maksimalna snaga 1,200kW (nominalno)
- Brzina 1,800 rpm

#### Pomoćni alternatori

- Marka Alconza Berango SL.
- Model NIR 4568 A-4LL
- Izlazni signal 1,050kW pri 60Hz, 450V, 1,312kVA

#### Kompresor uputnog zraka

- Marka Hamworthy
- Model V375
- Broj kompresora 4
- Kapacitet 250m<sup>3</sup>/h pri 30 kg/cm<sup>2</sup>

#### Kompresor zraka

- Marka Tamrotor
- Model EML54/8,5 EWNA
- Broj kompresora 2
- Kapacitet 438.5m<sup>3</sup>/h pri 8.5kg/cm<sup>2</sup>

#### Stabilizatori

- Marka Fincantieri S.p.a.
- Tip Elektro-hidraulično sklapajuća rebra
- Model SRO-5-215
- Površina rebra 21.6m<sup>2</sup>
- Dužina 7,250mm

#### Uređaj kormila

- Marka rolls Royce
- Broj uređaja 2
- Model Frydenbo RV 1050-3
- Tip Elektro-hidraulično rotacijska lopatica
- Maksimalni kut zakreta 46.5°
- Sigurnosni ventil postavljen 100 bar[3]

### 3. POVIJEST PLC-a

Povećanjem automatizacije u industriji se smanjuju troškovi proizvodnje i povećanjem iskoristivost. PLC je uređaj koji je poboljšao sustave automatizacije i nadziranja i s tim smanji troškove održavanja, proizvodnje i poboljšao iskoristivost kod mnogih sustava i uređaja. Prvi PLC je bio slabiji i neisplativ za tadašnju konkurenciju što su bili releji, ali razvojem elektrotehnike PLC je postao jači i sa manje materijala se moglo više upravljati. Od početka kada se moglo s jednim PLC-om upravljati jedan jednostavan stroj do mogućnosti upravljanjem postrojenjem.

Relejna logika se zamijenila s PLC-om, ostvarivanje logike releja je isto tako bilo jednostavnije i kasnije moguća ugradnja regulatora u sami uređaj te moguće online ili offline praćenje i upravljanje s PLC-om.

#### 3.1. NASTANAK PLC-A

PLC se prvi put pojavio u auto industriji u kompaniji General Motors i to na Novu Godinu 1968, prema izjavi Dick Morley-a kao nespornog oca PLC-a.

Da se pobijedi trenutna konkurencija, PLC je trebao biti pristupačniji i jeftiniji od relejne tehnike. Zato su se tražile slijedeće karakteristike:

- memorija koja je fleksibilna kao i kod računala ali jeftina kao i relejni logički sklop,
- lako održivo i programibilno sa linijama već postojeće relejne logike,
- mora raditi u industrijskim uvjetima bez obzira na količinu prašine, vlage, elektromagnetskih valova i vibracija i
- mora biti modularno u smislu da se lako mogu promijeniti komponente i da je potrošno.

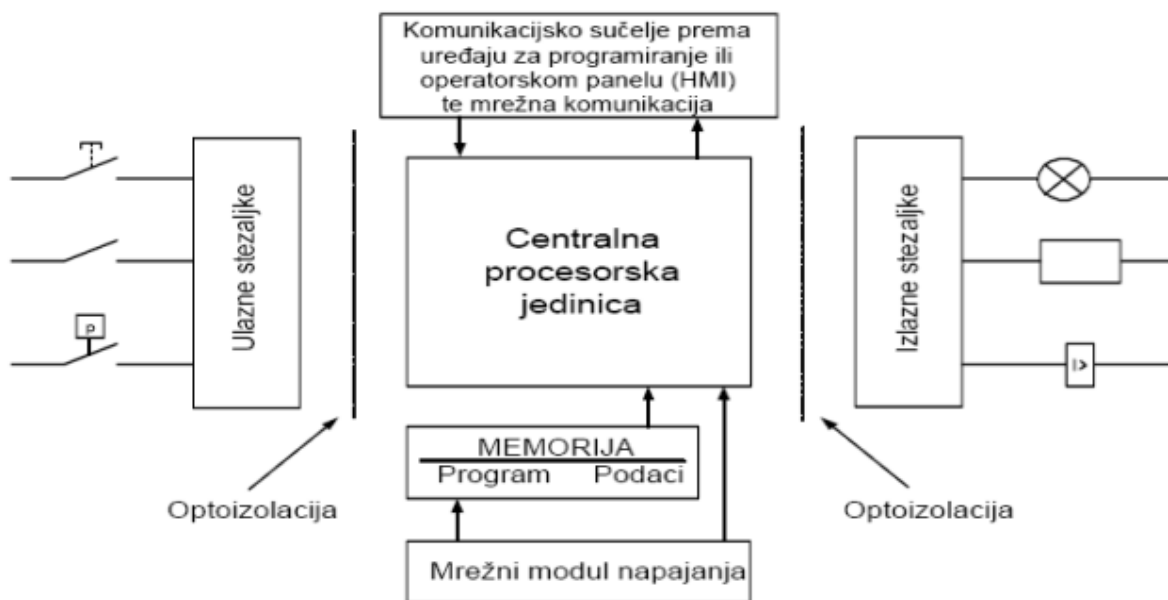
Pošto je PLC bio spoj elektrotehnike i strojarstva trebao se programski sustav prilagoditi da elektrotehničari i mehaničari mogu razumjeti. Zato je finalni produkt bio u obliku ljestvičaste logike i ulazi, sklopovi i logičke funkcije u programu su bile prikazane u obliku ventila, sklopki, zavojnica, tipkala, itd. U početku se moglo programirati samo 125 linija koda što je bilo premalo za relejnu logiku i bilo je sporije od relejne logike, ali s vremenom se moglo programirati 1000 linija koda i poslije 4000 gdje je neko vrijeme na toj brojki stalo.

Prvi PLC-ovi su mogli upravljati ulaze i izlaze, koristiti relejnu logiku, vremenska brojila i brojač impulsa. Pošto su vremenska brojila i brojač impulsa previše riječi u registru, zamijenjeni su sa jednostavnim matematičkim jednadžbama. S vremenom su u PLC dovedeni bolji brojači impulsa i vremenska brojila, te analogne ulaze i izlaze, matematičke funkcije, ujedno i ugrađeni PID kontroler, proporcionalni integracijski i derivacijski kontroler.

Moguća ugradnja PID kontrolera u PLC je bila velika prednost što je dovelo do dodatnog napretka PLC-a. Prvi uređaji za programirati PLC su bili zasebni uređaji velikih dimenzija. S vremenom su se uređaji smanjili ali su zamijenjeni vlastitim software-om za programiranje na osobnim računalima.[4]

### 3.2. SIMATIC S7-1200

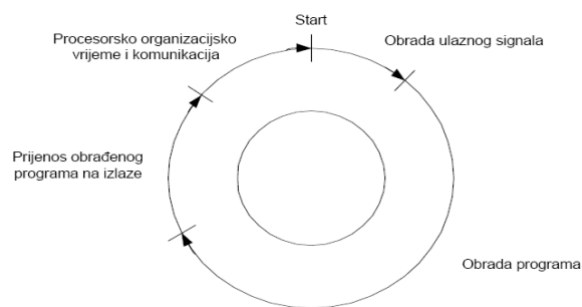
Simatic S7-1200 je grupa PLC uređaja 1200 serije i poslije se mogu podijeliti na vrstu procesora koji izvršava zadane komande te koji su mu zadani ulazi i izlazi. PLC nije samo ograničen zadanim ulazima i izlazima te načinima programiranja. Simatic PLC-ovi su osmišljeni na način da su modularni tako da se mogu dodatno spojiti analogni ili digitalni ulazi i izlazi prema potrebi projekta. U ovome radu se koristi Simatic S7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC.



Slika 2 Osnovne cjeline PLC-a [5]

- Ulazni dio -Ulazne stezaljke koje primaju digitalni ili analogni. Digitalna ulazna informacija s sklopke, tipkala, senzora. Analogna ulazna informacija npr. naponski signal od 0 do 10 V s mjernog pretvornika tlaka, temperature.

- Izlazni dio - Izlazne stezaljke na koje su spojeni izvršavajući uređaji koji primaju digitalne i analogne signale. Na digitalne izlaze su spojeni magnetni svici, releji, sklopnici, motorske sklopke, signalne lampe, pneumatski razvodnici i sl. Analogni izlazi daju strujne signale za prikaz neke veličine na pokaznom instrumentu, služe kao referenca brzine za frekvencijski pretvarač, predstavljaju PID upravljački signal.
- Centralna procesorska jedinica - To je glavna jedinica PLC uređaja, ona čita sva stanja uređaja te ih logički obrađuje u skladu s programom koji je učitana u memoriju. CPU je mikrokontroler, najčešće 16 ili 32 bitni. PLC regulator komunicira s upravljačkim procesom preko analognih i digitalnih ulaza i izlaza. Informacije o stanju ulaza primarno se obrađuju i smještaju u memoriju stanja ulaza i izlaza
- Memorija - PLC uređaj, u osnovi, ima dvije vrste memorije. U jednoj je spremljena logika i cijeli sustav PLC uređaja (njegov BIOS), a u druga vrsta je rezervirana za spremanje programa i privremenih izvršavanja operacija. PLC najčešće sadrži dodatnu bateriju, u vidu kapacitora velikog kapaciteta, da bi spriječio gubitak podataka unutar memorije



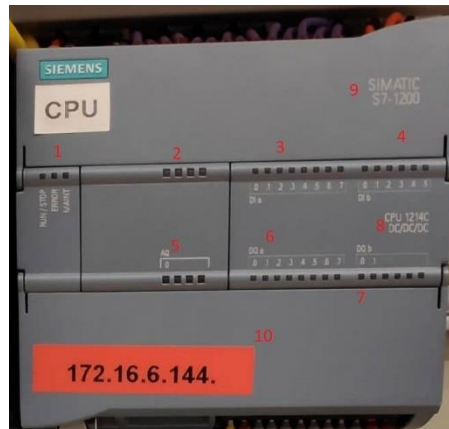
**Slika 3 Rad PLC uređaja [5]**

PLC prema promjeni stanja na njegovim ulazima mora kontinuirano korigirati stanja izlaza, na način određen logikom u korisničkom programu. PLC tu internu obradu podataka vrti ciklički u beskonačnoj petlji

1. Start - početak obavljanja zadanog programa koji je unutar PLC-a
2. Obrada ulaznog signala – čitanje ulaznog signala koji se prenosi u memorijski registar.
3. Obrada programa – uzimanje signala iz memorijskog registra i izvršavanje zadanog programa
4. Prijenos obrađenog programa na izlaze – rezultati obrađenih signala iz obrade programa i prijenos na fizičke izlaze PLC-a



5. Procesorsko organizacijsko vrijeme i komunikacija – vrijeme koje treba da se informacija prenese s ulaza na izlaz i obratno. Vrijeme jednog ciklusa za oko 500 programskih naredbi se kreće oko 1,5 ms.[5]



**Slika 4 Simatic S7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC**

Na slici 4 je prikazan Siemens-ov PLC na kojemu je označeno:

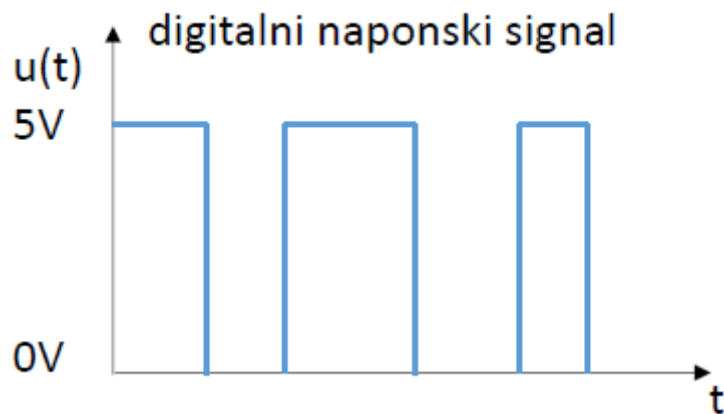
1. LED svijetla za prikaz stanja PLC-a, RUN/STOP-PLC uključeno/isključeno; ERROR-problem pri izvršavanju programa ili kompilaciji programa; M.AINT-
2. LED-ice za signalizaciju umreživanja
3. Digitalni ulazi za PLC koji mogu biti sklopke, tipkala, senzori koji imaju 2 stanja
4. Dodatni digitalni ulazi: odvojeni su radi limitirane registracije ulaza.
5. Analogni izlazi,
6. Digitalni izlazi koji daju signal ovisno o izvršavanju programa
7. Dodatni izlazi
8. Model procesora CPU-a koji je unutar PLC-a
9. Serija PLC-a
10. IP adresa za prepoznavanje PLC-a na računalu za prijenos programa

Pisanje programa najčešće se izvodi preko PC računala na kojem je instaliran softver za korištenje PLC. Svaki proizvođač uz svoj PLC daje softver koji je kombinacija programskog editora, prevodioca te komunikacijskog softvera. U editoru se napiše programski kod u nekom od programskih jezika te se zatim provjeri PC računalu. Ako program nema grašaka softver ga šalje u RAM memoriju PLC-a te je spreman za rad. Komunikacija između PC računala i PLC-a je najčešće preko IP adrese koristeći PROFINET. Na ovaj način na monitoru PC-a uvijek se mogu pratiti stanja ulaza i izlaza te zadavati naredbe preko tipkovnice i miša. Kako bi uspješno provelo programiranje PLC-a koji će potom upravljati procesom program se mora ispitati. Ispitivanje programa se izvršava na način da se na ulaze PLC-a dovede stanje veličina iz realnih uvjeta u procesu. Za to se koriste simulatori stanja PLC-a.

Zadani program ima ime TIA Portal u kojemu se sastavlja, prevodi i šalje u PLC. Za komunikaciju sa PLC-om se spaja Ethernet kabelom koji ne samo da omogućuje prebacivanje programa, već online i offline kontrolu sustava te pregled izvršavanja naredbi.

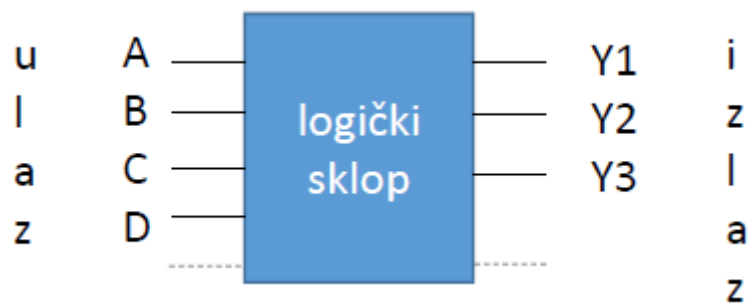
### 3.3. DIGITALNA LOGIKA AUTOMATIZACIJE

Digitalni signal može imati samo određene, diskretne vrijednosti. Digitalni signali koji imaju samo dvije razine nazivaju se binarni; imaju veliku važnost jer se koriste u logičkim i računalnim krugovima.



Slika 5 Digitalni naponski signal

Znajući da u digitalnoj logici postoje samo 2 stanja mogu se izvesti osnovne operacije kao logički sklop I, ILI, isključivo I i isključivo ILI. Ovisno o datim signalima na ulaz u logički sklop će taj isti sklop dati signal.

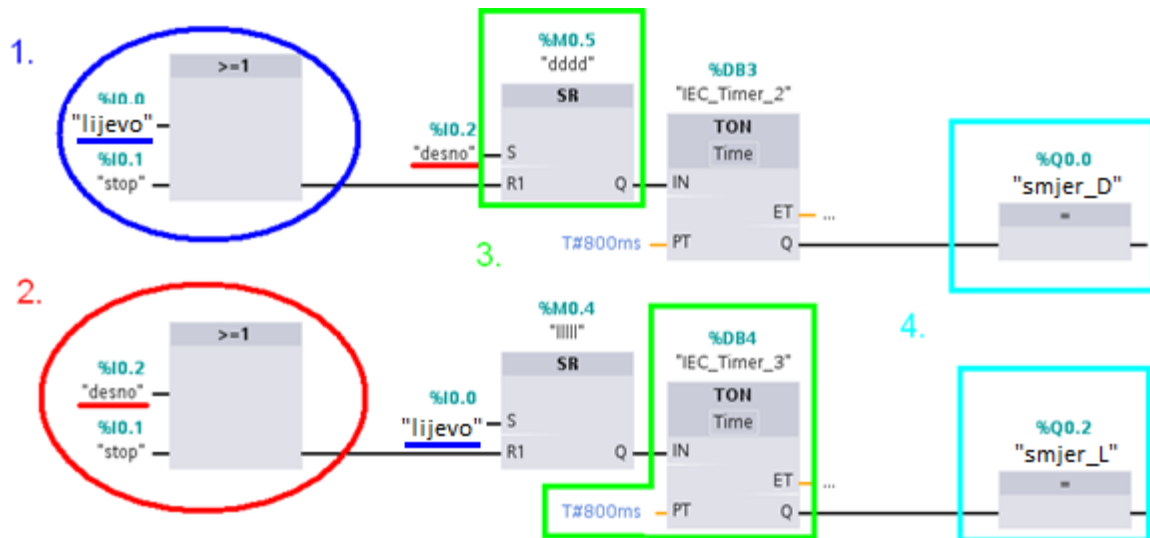


Slika 6 Shema logičkog sklopa

Slova A, B, C, D, itd. su digitalni ulazi u logički sklop, a Y1, Y2 i Y3 su digitalni izlazi.

Digitalni signali se koriste najčešće kada se neki stroj ili uređaj uključuje/isključuje, ali isto tako može služiti kao i sigurnost pri pokretanju nekih strojeva i uređaja koji mogu ozlijediti nekoga. Ujedno je moguće upravljati strojevima s dva različita mjesta, kao direktna kontrola dizel generatorima iz strojarnice i kontrolne sobe strojarnice. Nadalje, ne može se upravljati dizel motorom istodobno na dva mjesta i zato se samo prenose kontrole strojarnice u kontrolnu sobu.

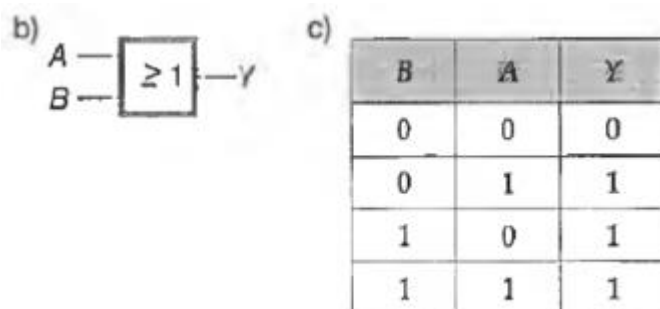
**Primjer 1. Korištenja digitalnih signala za upravljanje DC motorom:**



**Slika 7 Promjena vrtnje DC motora**

1. Funkcija ILI sa ulazima „lijevo“ (%I0.0) i „stop“ (%I0.1)
2. Funkcija ILI sa ulazima „desno“ (%I0.2) i „stop“
3. Funkcija SR gdje je R dominantan i brojač sa kašnjenjem uključivanja 0.8 sekundi kašnjenja
4. Izlazi “smjer\_D“ (%Q0.0) i “smjer\_L“ (%Q0.1)

Logika je da se sa ulazima „lijevo“ i „desno“ mijenja smjer vrtnje DC motora. Blok sa oznakom  $\geq 1$  je logički blok ili što znači da bilo koji signal će dati signal na izlazu bloka.



**Slika 8 Logički sklop ILI**

Logički blok SR služi za isključenje DC motora, ali i ujedno i mijenjanje smjera vrtnje. Sklop se bazira na dominantnosti ulaza S i R1, te je u ovome slučaju R1 ulaz dominantan i on prekida izlazni signal. SR blok kada prekine imati signal na ulazu S i dalje daje signal na izlazu dok ne dođe signal na ulaz R.

**Tablica 1 Ulazno izlazna karakteristika SR logičkog sklopa**

| S | R1 | Y |
|---|----|---|
| 0 | 0  | 0 |
| 1 | 0  | 1 |
| 0 | 1  | 0 |
| 1 | 1  | 0 |

Logički blok TON nije logički blok već je informacijski blok i ujedno služi kao vremensko brojilo sa zakašnjenjem uključenja. Vremensko brojilo je bitan0 jer nakon mijenjanja smjera vrtnje treba vremena da motor uspori i onda promjeni smjer da ne dođe do oštećenja i opterećenja DC motora. Logički blok = je prikaz izlaza na PLC.

Pokraj imena ulaza kao „desno“, „stop“ i „lijevo“ je oznaka %I0.0, %I0.1 ili %I0.2 to su ulazi na PLC i imenovani su „desno“, „stop“ i „lijevo“. Izlazi se označavaju sa %Q0.0 ili %Q0.1, ali zato oznake %M0.4 ili %M0.5 su oznake za unutarnju memoriju PLC-a, memorijski bit. Svaki ulaz, izlaz i memorijski bit mora biti registriran i imat neku vrijednost bilo realna, neki cijeli broj ili slovo.

| PLC tags |                    |                   |           |         |                          |                                     |                                     |                                     |     |
|----------|--------------------|-------------------|-----------|---------|--------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-----|
|          | Name               | Tag table         | Data type | Address | Retain                   | Acces...                            | Writa...                            | Visibl...                           | Con |
| 1        | Napon              | Default tag table | Real      | %MD0    | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |     |
| 2        | Temperatura_HMI    | Default tag table | Real      | %MD1    | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |     |
| 3        | Temperatura_grijač | Default tag table | Int       | %QW0    | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |     |
| 4        | Test_senzor        | Default tag table | Int       | %IW64   | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |     |
| 5        | TL_HMI             | Default tag table | Bool      | %Q0.2   | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |     |
| 6        | TH_HMI             | Default tag table | Bool      | %Q0.3   | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |     |
| 7        | <Add new>          |                   |           |         | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |     |

**Slika 9 Registrirana imena ulaza, izlaza i memorijskih bitova**

### 3.4. ANALOGNI SIGNALI

Analogni signal je vremenski neprekinut (kontinuiran) signal i ujedno je informacija koja sadržana u amplitudi signala. Za razliku od digitalnih signala koji imaju 2 stanja, analogni signali imaju promjenjivo stanje koje se očitava preko senzora ili drugih mjernih instrumenata. Senzori koji mjere temperaturu, PT100, barometar, udaljenost, protok, itd., sa promjenom mjerene veličine na ulazu se mijenja izlazna veličina u obliku struje u mA (miliamperima) ili naponu V (volti). Signal na samome senzoru je malen zato treba imati pojačivač struje ili napona.

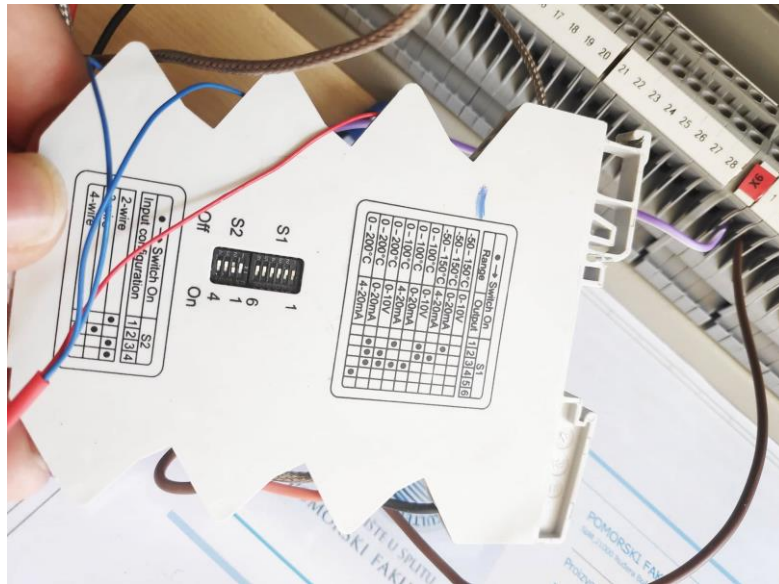
Mjerenje signala u voltima je najjednostavnije za ugraditi i odrediti, kompatibilno je sa svim mjernim područjima te je se može skoro direktno očitavati vrijednost sa njegove mjere u idealnim uvjetima. Problem je što u idealnim uvjetima nema elektromagnetskih krugova ostalih električnih uređaja i pada napona radi otpora sabirnice ako je sabirnica preduga. Mjerni signal je od 0-10V po čemu je i pogodan za sve ostale kontrolere.

Mjerenje signala u mili-amperima ima 2 standarda 0-20 mA i 4-20 mA (tzv. strujna petlja standard). Za razliku od naponskog signala, strujni signal nije podložan smetnjama s elektromagnetskim poljem ostalih uređaja i ne slabi signali na većim sabirnicama.

| Procesirana varijabla<br>Izmjerena veličina | 0-20mA Instrument |         | 4-20mA Instrument |         |
|---|-------------------|---------|-------------------|---------|
|   | mA                | Očitano | mA                | Očitano |
| 100%  | 20.00             | 100%    | 20.00             | 100%    |
| 75%   | 15.00             | 75%     | 16.00             | 75%     |
| 50%   | 10.00             | 50%     | 12.00             | 50%     |
| 25%   | 5.00              | 25%     | 8.00              | 25%     |
| 0%  | 0.00              | 0%      | 4.00              | 0%      |
| Pokvareni instrument                        | 0.00              | 0%      | 0.00              | -25%    |

**Slika 10 Razlika mjernih signala**

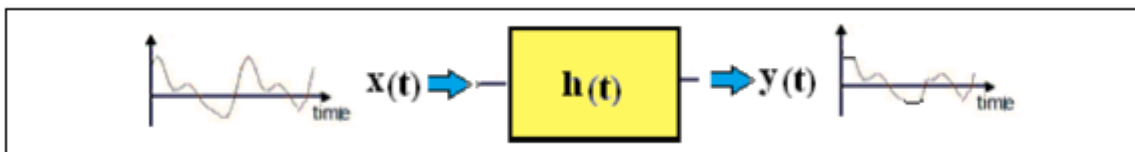
Sa slike 10. se može vidjeti da mjerno područje od 4-20 mA je bolje od 0-20 mA kada je izmjerena veličina 0. Na mjernom području od 0-20 mA, 0 može značiti neispravan instrument i izmjerena vrijednost 0. Zato se mjerno područje 4-20 mA koristi radi lakšeg razlikovanja pokvarenoga instrumenta i izmjerene veličine 0, ali 0-20 mA daje bolju rezoluciju signala što je bitno u ekstremno preciznim mjerenjima.



**Slika 11 Pretvornik za PT100 senzor**

Pretvornik je namješten na prvu skalu mjerenja temperature, od  $-50^{\circ}$  do  $150^{\circ}\text{C}$  i pretvornik će s obzirom na očitanoj temperaturi poslati napon od 0-10 V. U ovome primjeru se koristi naponska mjera jer nema drugi električnih uređaja da remete senzor i kabel nije predug da dođe do pada napona.[6]

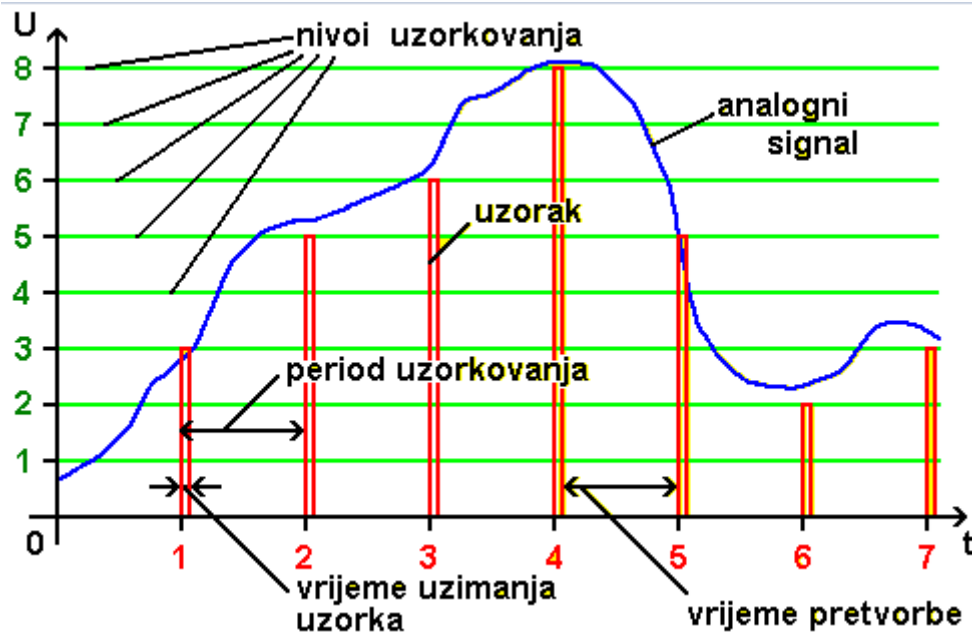
Pretpostavlja se da analogni signal s impulsnim odzivom  $h(t)$ , kako je prikazano na slici 12. Sustav obrađuje ulazni signal kontinuiranog vremena  $x(t)$  na neki način i daje izlaz  $y(t)$ . U bilo kojoj vrijednosti vremena,  $t$ , mi unesite vrijednost  $x(t)$  u sustav i sustav proizvodi izlaz vrijednost za  $y(t)$ . Primjerice, sustav množitelja čiji odnos ulaz / izlaz dat je  $y(t) = 7x(t)$ , a ulazna vrijednost  $x(t) = \sin(\omega t)$  tada je izlaz  $y(t) = 7\sin(\omega t)$ .[]



**Slika 12 Pretvorba analognog signala**

### 3.4.1. Analogno digitalna pretvorba

PLC ne može pročitati direktni analogni signal, zato se mora pretvoriti u obliku digitalnog signala. Pretvorba analogne veličine u digitalnu (i obratno) je diskontinuirani proces. Proces pretvorbe sastoji se u tome da se ulaznoj veličini koja se nalazi u nekom određenom naponskom intervalu pridruži određeni broj n. U idealnom slučaju naponski su intervali (ili koraci) jednake širine i ponekad se nazivaju kanalima. Jedna je od osnovnih karakteristika A/D i D/A pretvorbe broj koraka odnosno kanala koji određuju rezoluciju[7].



Slika 13 Uzorkovanje analognog signala

Da PLC pročitati određene veličine, na njemu je određena skala od 0 do 27648. Ova ljestvica vrijedi za signale raspona koji počinju od 0, za signale raspona 4-20mA ljestvica će biti od 5596. Ova ljestvica je određena posebno za Siemens procesore da procesor može obraditi signale. Ova metoda se zove linearno skaliranje i u programu se koriste dvije naredbe za ovu pretvorbu, NORM X i SCALE X.

SCALE X skalira normalizirani stvarni parametar VALUE gdje je ( 0.0 <= VALUE <= 1.0 ) u tipu podatka i rasponu vrijednosti specificiranim minimum i maksimum (MIN i MAX) parametrima, u ovome slučaju 5596 i 27648.

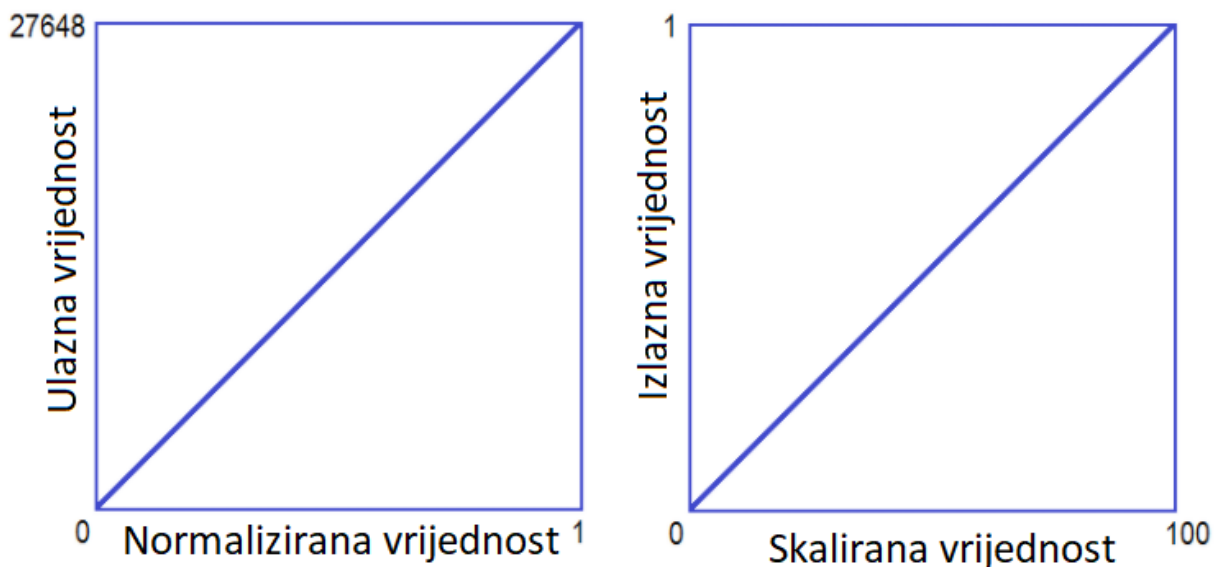
$$\text{OUT} = \text{VALUE} ( \text{MAX} - \text{MIN} ) + \text{MIN} \quad (1)$$

Za SCALE\_X, parametri MIN, MAX i OUT moraju biti iste vrste podatka. NORM\_X normalizira parametar VALUE unutar raspona vrijednosti specificiranog MIN i MAX parametrima.

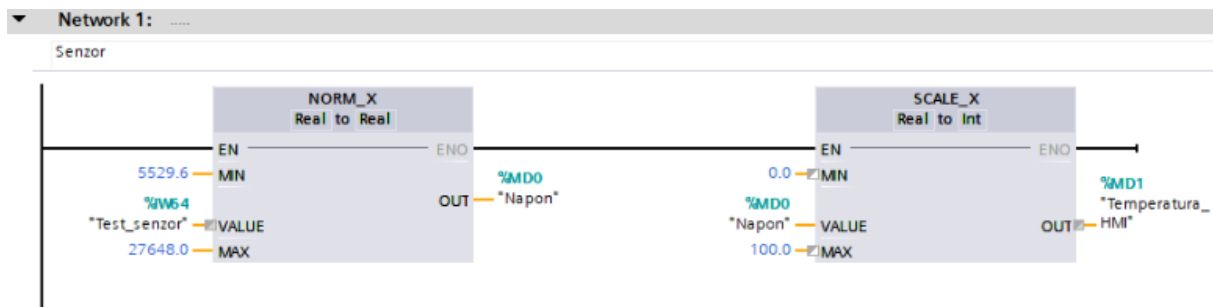
$$\text{OUT} = ( \text{VALUE} - \text{MIN} ) / ( \text{MAX} - \text{MIN} ), \text{ gdje je } ( 0.0 \leq \text{OUT} \leq 1.0 ) \quad (2)$$

Napomena: Parametar VALUE iz SCALE X mora biti između (  $0.0 \leq \text{VALUE} \leq 1.0$  )

Za funkciju NORM X operacija linearnog skaliranja može proizvesti vrijednosti OUT koje su manje od vrijednosti parametra MIN ili iznad vrijednosti parametra MAX za vrijednosti OUT koje se uklapaju u raspon vrijednosti tipa podataka OUT. SCALE\_X postavlja skupove ENO = TRUE za ove slučajeve. Moguće je generirati skalirane brojeve koji nisu unutar dometa OUT tipa podataka. U tim se slučajevima vrijednost parametra OUT postavlja na srednju vrijednost jednaku najmanje značajnom dijelu skaliranog stvarnog broja prije konačne pretvorbe u tip podataka OUT. SCALE\_X u ovom slučaju postavlja ENO = FALSE. Ako je parametar VALUE manji od MIN ili veći od MAX, operacija linearnog skaliranja može proizvesti normalizirane vrijednosti OUT koje su manje od 0,0 ili veće od 1,0. U ovom slučaju izvršenje NORM\_X postavlja ENO = TRUE.[8]



Slika 14 Linearni graf NORM X i SCALE X



Slika 15 Primjer NORM X i SCALE X



## 4. Viskoziometar

Sve tekućine imaju svojstvo viskoznosti što daje otpor tekućini pri klizanju uz neku površinu. Što je viskoznost veća tekućina će klizati sporije i biti će gušća. Kinematička viskoznost omjer je dinamičke viskoznosti  $\eta$  i gustoće fluida  $\rho$ , dakle:

$$\nu = \frac{\eta}{\rho} \left[ \frac{m^2}{s} \right] \quad (3)$$

Viskoznost je svojstvo svih vrsta goriva, a predstavlja mjeru unutrašnjeg trenja koje djeluje kao otpor na promjenu pomaka molekula pri strujanju tekućina kada na njih djeluje smično naprezanje. S porastom temperature vrijednost opada, a manje promjene viskoznosti s povišenjem temperature određuju samu kvalitetu ulja. Uobičajeno je da se njena vrijednost iskazuje za tri različite temperaturne vrijednosti, 20 °C, 50 °C i 100 °C. Njena vrijednost i kvaliteta u današnjem svijetu ima veoma važnu ulogu. Niža vrijednost viskoznosti označava manji otpor goriva, što znači lakša dobava u motore i generatore.[9]

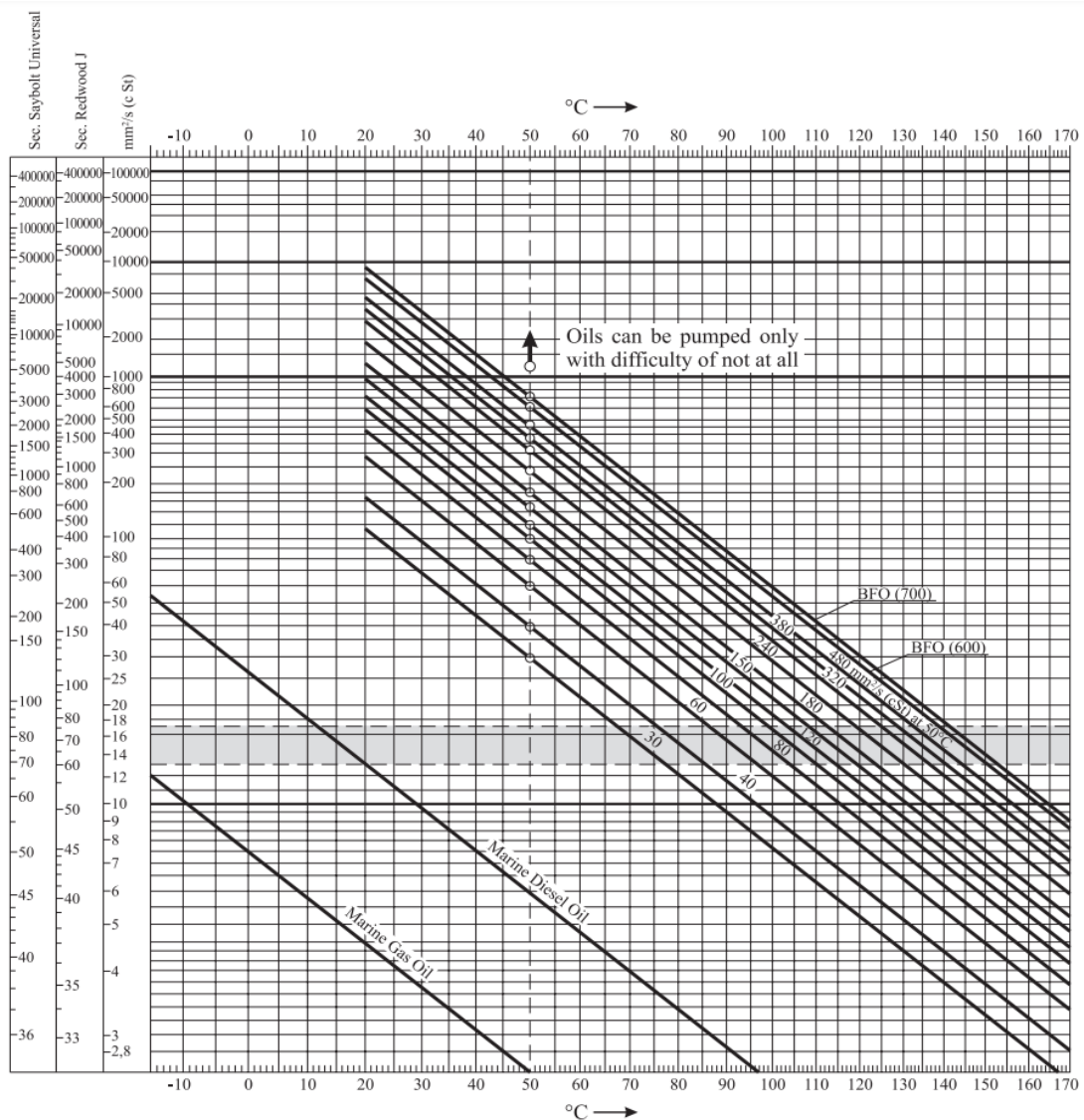
Gorivo koje se pumpa u sustav se kreće određenom silom  $F$  kroz cijev radijusa  $r$ , iz čega vrijedi:

$$F = \eta \cdot \frac{A \cdot v}{y} \quad (4)$$

Gdje  $\eta$  predstavlja koeficijent viskoznosti.

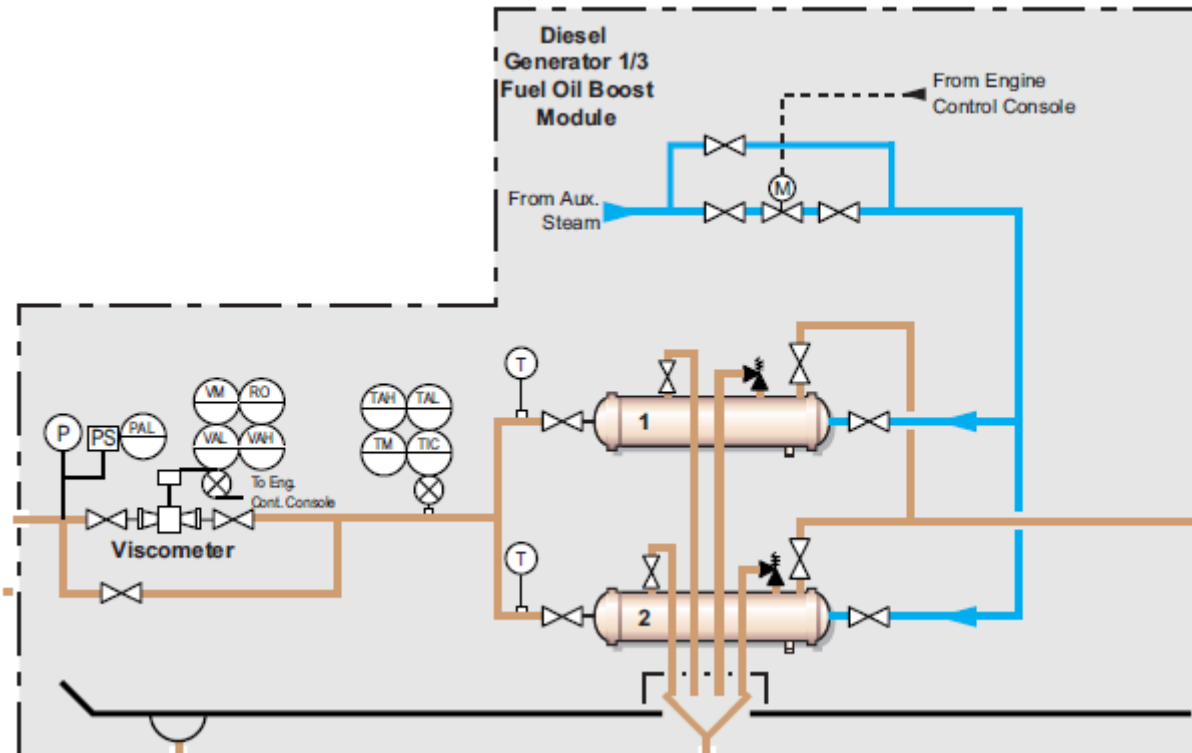
Prije nego se gorivo ubrizga u motor mora biti zagrijano da može izgorjeti jer gorivo pri niskoj temperaturi je teško zapaljivo. Ne samo što teško sagorijeva već je navedeno da se i teže prenosi kroz cijevi.

Kvaliteta goriva implicitno ovisi i o gustoći. Što je gustoća veća, to je kvaliteta goriva niža i obrnuto. Gustoća se obično određuje pri temperaturi od 15,5 °C i dijeli se na laka goriva (650-800 kg/m<sup>3</sup>) i teška goriva (800-991 kg/m<sup>3</sup>). Danas se pojavljuju na tržištu i teška goriva gustoće iznad 1.000 kg/m<sup>3</sup> [10]



**Slika 16 Ovisnost viskoziteta različitih goriva pri promjeni temperature**

Viskoziometar kontrolira temperaturu goriva i dodatno je zagrijava. Sastoji se od manometra, termometra i reometra. Manometar mjeri tlak kroz koje prolazi gorivo da ne dođe do pada tlaka goriva zbog onečišćenih filtera, reometar za očitavanje protoka goriva i termometar naravno za temperaturu goriva. Uz mjerne instrumente su postavljeni alarmi za previsoku ili prenisku temperaturu te za prenizak tlak goriva.



**Slika 17 Viskoziometar u sustavu goriva dizel motora**

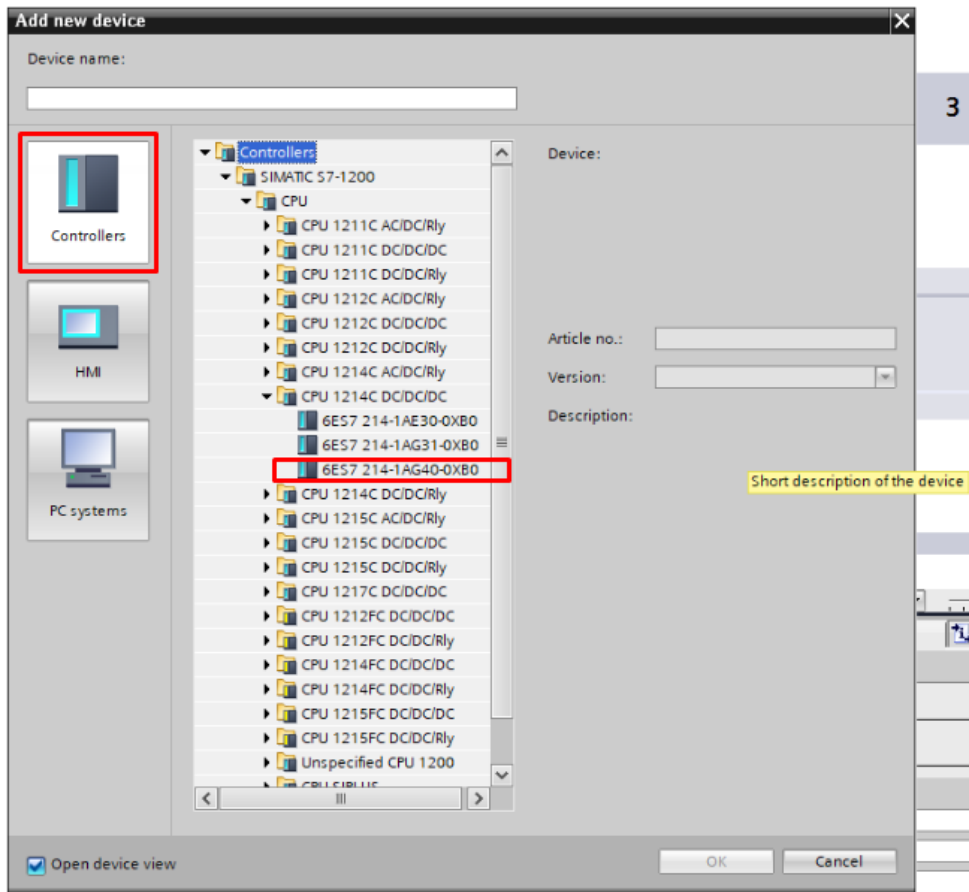
Slika 17. prikazuje viskozimetar u sustavu goriva dizel motora na kruzeru Sapphire Princessi reguliran je PID kontrolerom. Zajedno sa viskozimetrom se kontrolira para koja zagrijava gorivo unutar parnih grijača 1 i 2, regulacija se vrši sa regulacijskim ventilom. U manjim sustavima i u ovome primjeru je prikazano zagrijavanje goriva pomoću električnih grijača.

Rotacijski viskozimetri rade na principu okretnog momenta potreban za okretanje predmeta u tekućini funkcija viskoznosti te tekućine. Oni mjere zakretni moment potreban za okretanje diska ili boba u tekućini poznatom brzinom. Rotacijski viskozimetar "rotor i lopatice" koristi konus uskog kuta u neposrednoj blizini ravne ploče. S ovim sustavom, brzina smicanja između profila je konstantna pri bilo kojoj brzini vrtnje. Viskoznost se lako može izračunati iz smičnog naprezanja (iz obrtnog momenta) i brzine smicanja (iz kutne brzine). Ako se ispitivanje s bilo kojim profilom usporedi s tablicom s brojem smicanja ili naprezanja, podaci se mogu koristiti za crtanje krivulje protoka, to je graf viskoznosti u odnosu na brzinu smicanja. Ako se gornje ispitivanje provodi dovoljno sporo da izmjerena vrijednost (smično naprezanje ako se kontrolira brzina ili obrnuto) dosegne stabilnu vrijednost u svakom koraku, kaže se da su podaci u "ravnoteži", a graf je tada "krivulja ravnotežnog protoka". To je poželjno u odnosu na neravnotežna mjerenja, jer se podaci obično mogu replicirati na više drugih instrumenata ili s drugim geometrijama. [11]

#### 4.1. Automatizacija regulacije temperature goriva

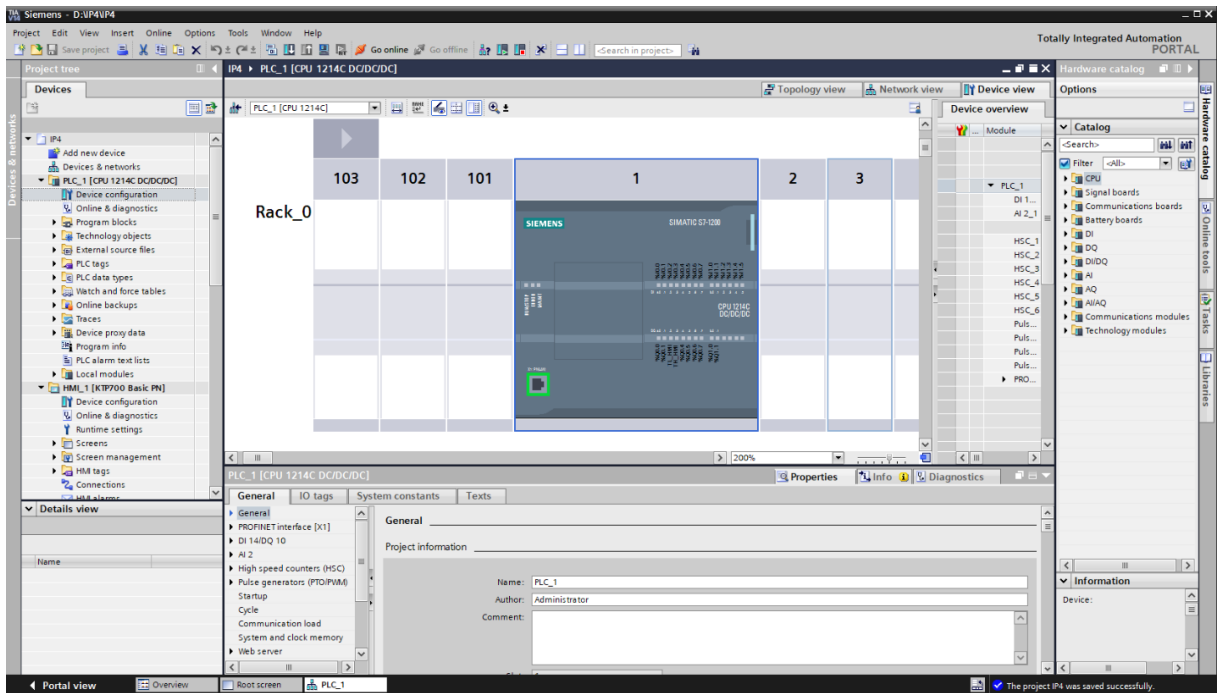
U praksi se brodsko gorivo zagrijava pomoću pare jer je puno veća iskoristivost nego pomoću električnog grijača. Količina pare je određena regulacijskim ventilom koji je spojen na PID kontroler. Ovaj primjer je prikaz zagrijavanja goriva pomoću električnog grijača upravljan PID kontrolerom iz Siemens PLC-a i nadgleda se preko HMI ekrana.

Za isprogramirati PLC kontroler se koristi aplikacija „Tia Portal“ gdje se kreira novi projekt. Nakon toga se dodjeljuju komponente sustava, kao što je prikazano na slici 18.



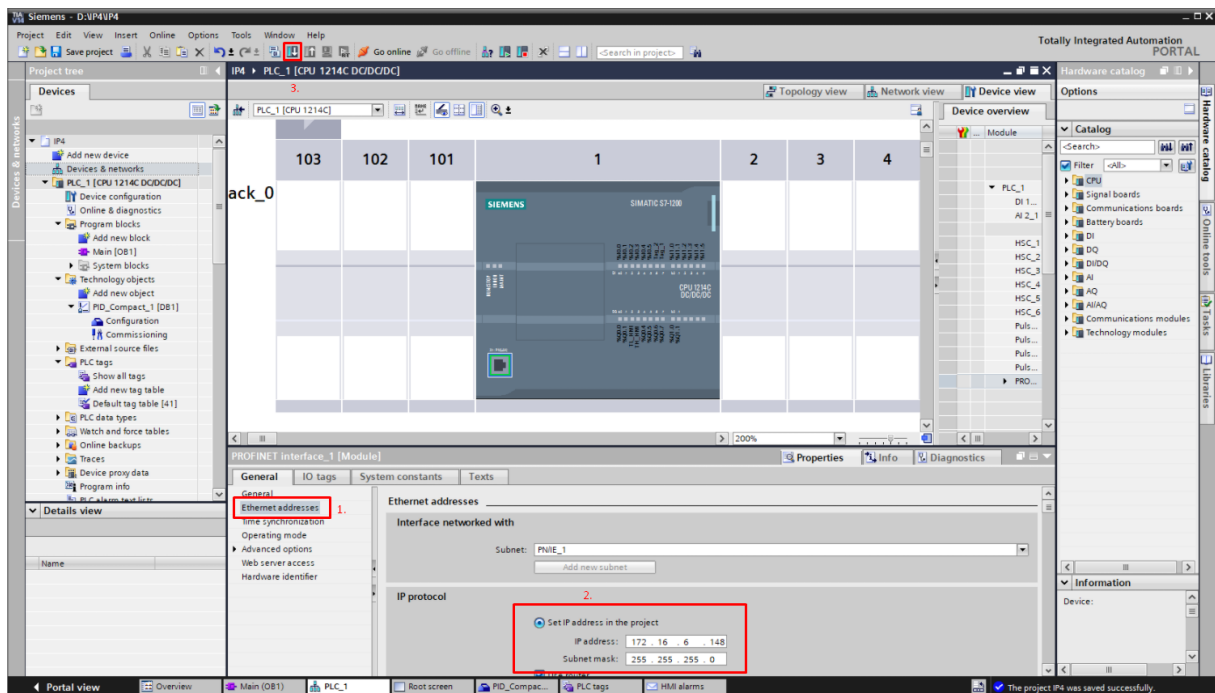
**Slika 18 Odabir vrste PLC-a za programirati**

Kontroler koji se programira je „CPU 1214C DC/DC/DC=>6ES7 214-1AG40-0XB0“.



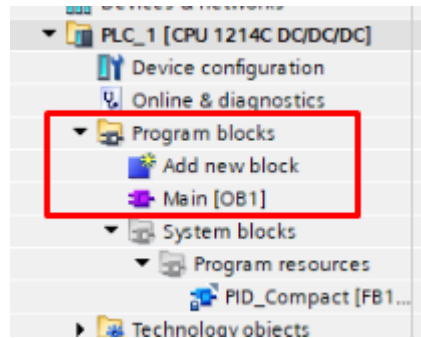
**Slika 19 Konfiguracija uređaja**

Nakon odabira PLC-a treba se naći IP adresa i umrežiti sa računalom da se može prebaciti program na PLC i moguće nadziranje preko računala.



**Slika 20 IP adresa PLC-a**

Za povezivanje PLC-a s računalom u opciji „General“ i pod Ethernet adrese (1.) se upiše IP adresa PLC-a (2.) i prebaci se na uređaj (3.).



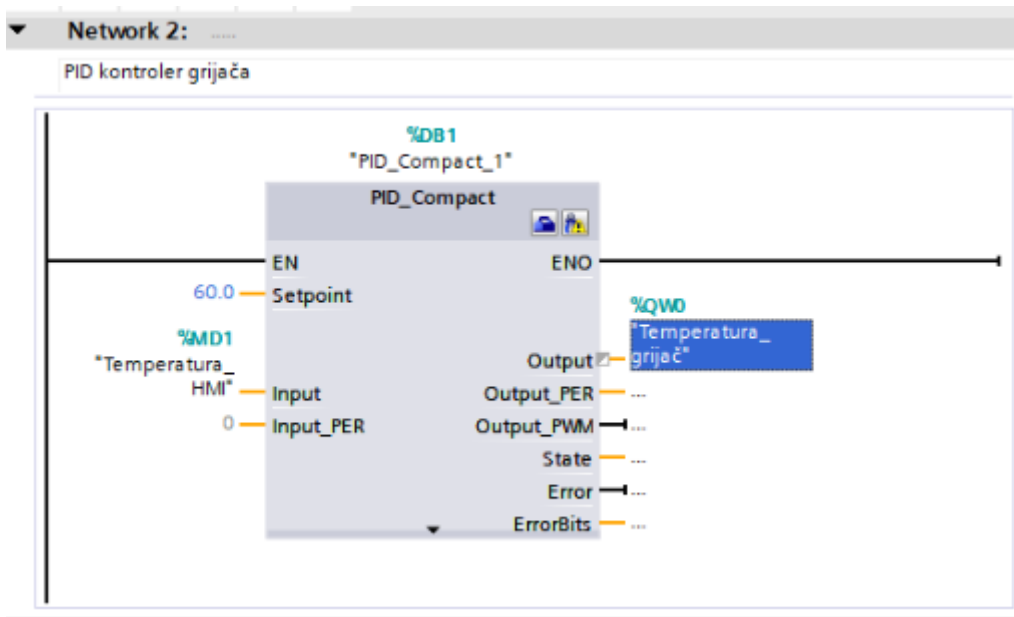
**Slika 21 Programski blokovi**

Za započeti programiranje PLC-a se odabere „Main [OB1]“ gdje se mogu ubacivati naredbe. Za početak treba analogni signal pretvoriti u digitalni pomoću naredbi NORM X i SCALE X. Granice za NORM X su 5529.6 kao minimalna vrijednost i 27648.0 kao maksimalna vrijednost, ulaz je očitavanje temperature sa senzora PT100 u obliku realne vrijednosti i izlazna realna vrijednost je imenovana „Napon“. Granice za SCALE X su 0 za minimum i 100 za maksimum, ulazna vrijednost je izlaz iz NORM X kao realna vrijednost i izlaz je cijeli broj koji pokazuje temperaturu očitanu sa senzora.



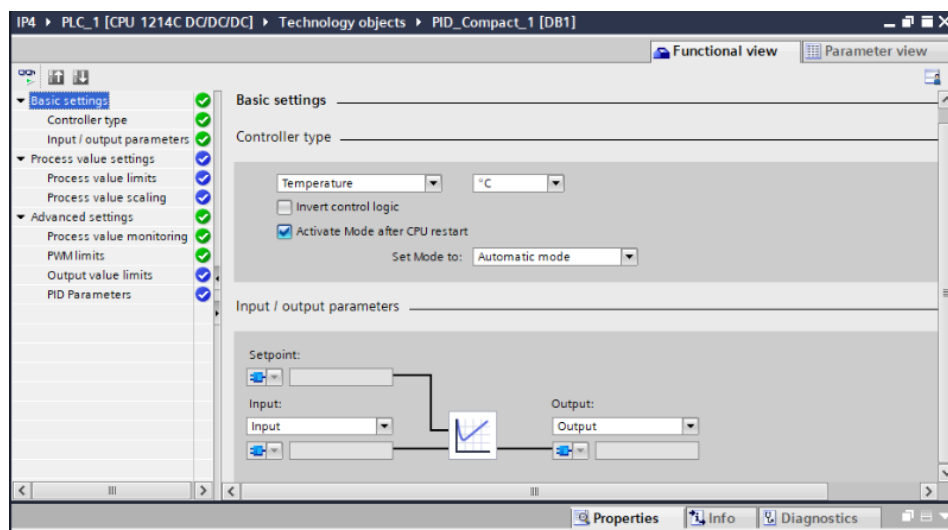
**Slika 22 PT100**

Izlazna vrijednost SCALE X „Temperatura\_HMI“ se prikazuje na HMI ekranu i ulazna je vrijednost na PID kontroleru.



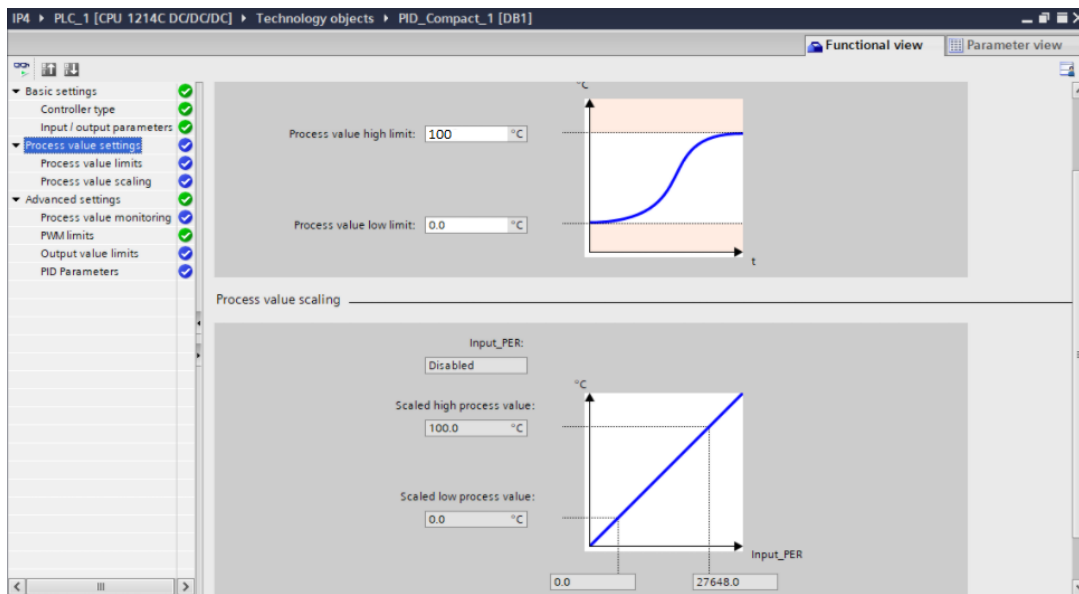
**Slika 23 PID kontroler u programu**

„Temperatura\_HMI“ je temperatura goriva koju senzor očitava, željena granica (Eng. Setpoint) je granica koju PID uspoređuje sa ulaznom veličinom i na izlazu daje signal koji će regulirati grijač ili regulacijski ventil. Izlazna veličina „Temperatura\_grijač“ je prikazana na HMI ekranu u obliku grafa. PID kontroler se može prilagoditi kako korisnik želi.



**Slika 24 Opcije parametara PID kontrolera**

Postavke koje treba namjestiti su da je kontrolirana vrijednost temperatura, koji ulazi se koriste i minimalnu i maksimalnu granicu mjerenja zajedno s alarmima.



**Slika 25** Maksimalne vrijednosti procesiranja

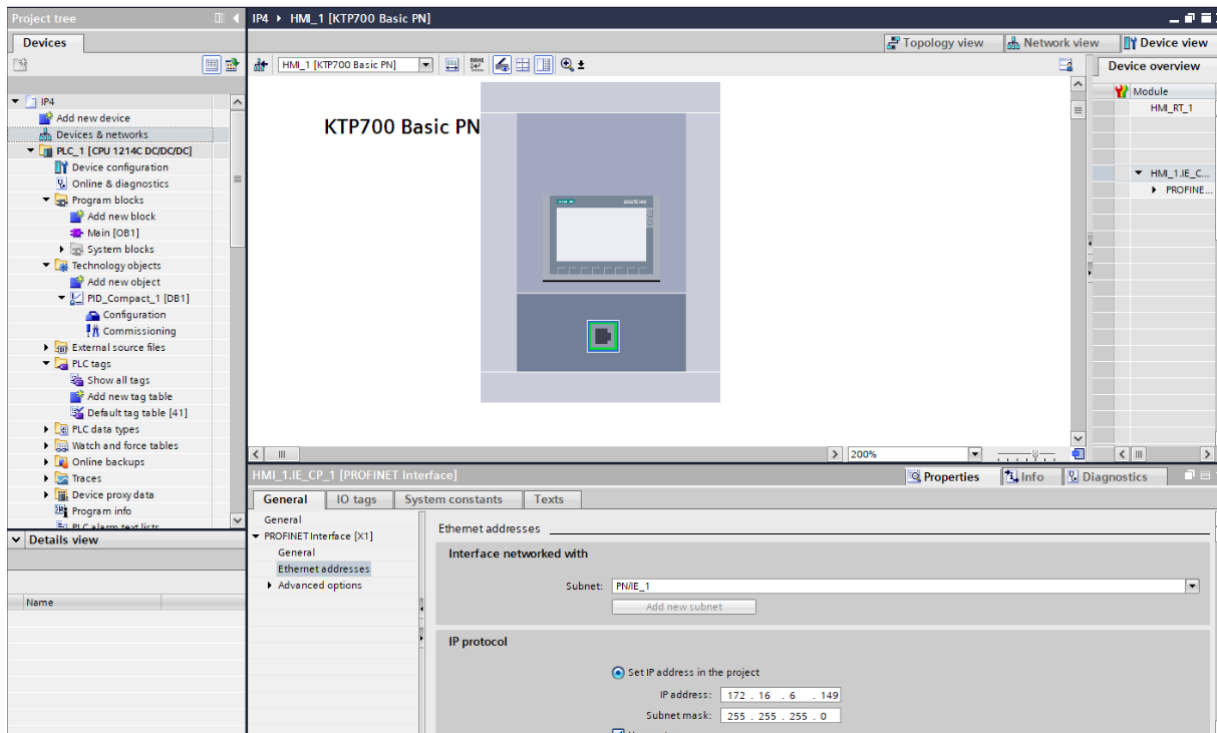
Spajanjem HMI ekrana sa PLC-om je nužno radi konstantnog praćenja stanja i kontrole sustava. Prije nego se umreži HMI ekran, treba svim ulazima i izlazima iz programskih blokova dati oznaku za ulaz, izlaz ili globalnu memoriju te im definirati vrijednost.

|   | Name               | Tag table         | Data type | Address | Retain                   | Acces...                            | Writa...                            | Visibl...                           | Comment |
|---|--------------------|-------------------|-----------|---------|--------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---------|
| 1 | Napon              | Default tag table | Real      | %MD0    | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |         |
| 2 | Temperatura_HMI    | Default tag table | Real      | %MD1    | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |         |
| 3 | Temperatura_grijač | Default tag table | Int       | %QW0    | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |         |
| 4 | Test_senzor        | Default tag table | Int       | %IW64   | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |         |
| 5 | TL_HMI             | Default tag table | Bool      | %Q0.2   | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |         |
| 6 | TH_HMI             | Default tag table | Bool      | %Q0.3   | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |         |
| 7 | <Add new>          | Default tag table | Bool      | %Q0.3   | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |         |

**Slika 26** Oznake ulaza i izlaza programskih blokova

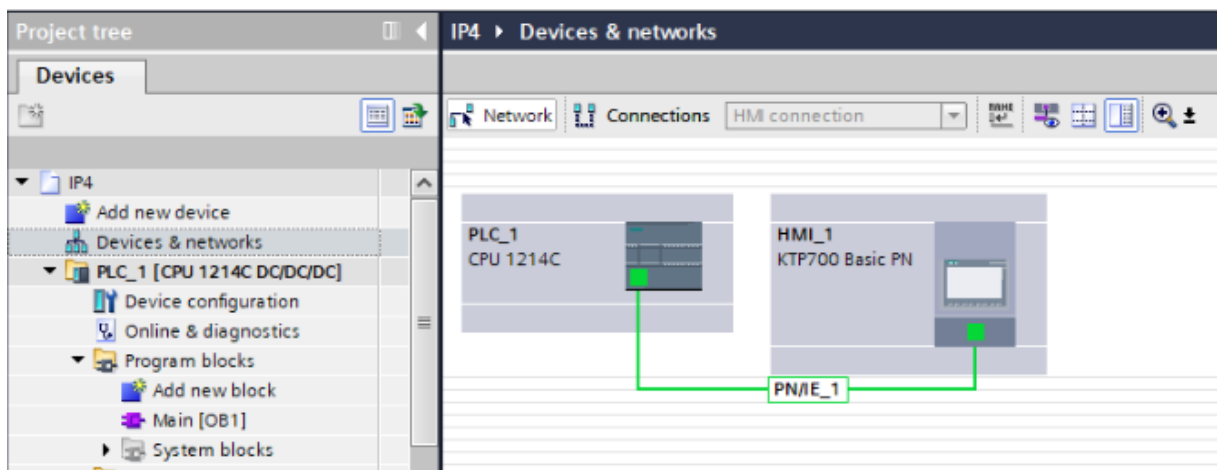
- Napon- globalna realna memorija između SCALE X i NORM X
- Temperatura\_HMI- realna vrijednost na ulazu u PID kontroler
- Temperatura\_grijač- izlazna vrijednost iz PID kontrolera za upravljanjem grijačem
- Test\_senzor- senzor PT100
- TL\_HMI- oznaka temperatura niska
- TH\_HMI oznaka temperatura visoka



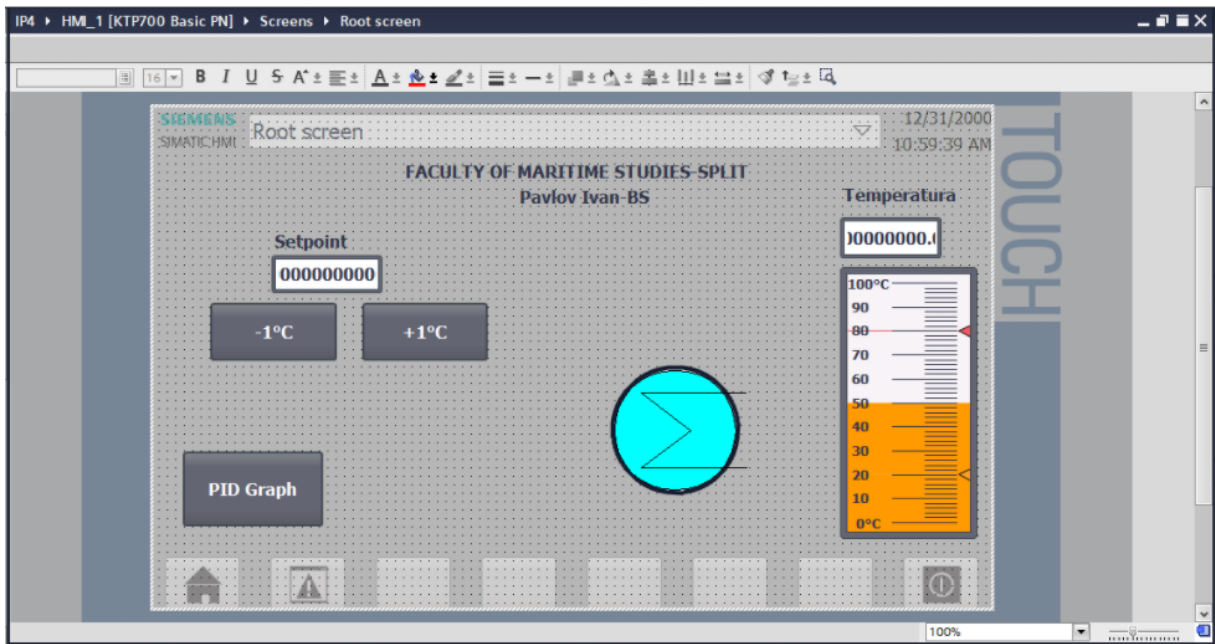


**Slika 27 IP adresa HMI uređaja**

Za umreženje HMI ekrana sa računalom prati istu proceduru i već zadani ili prazan program za HMI se mora prebaciti. HMI i PLC su dva različita uređaja tako ako dođe do nekih promjena, moraju se posebno prenositi na uređaj. Za umreženje HMI-a i PLC-a da rade zajedno moraju se pod izbornik „Devices and Networks“ se oba uređaja moraju spojiti. Spajanje tih uređaja je povlačenje linije između ethernet ulaza (Slika 28.)

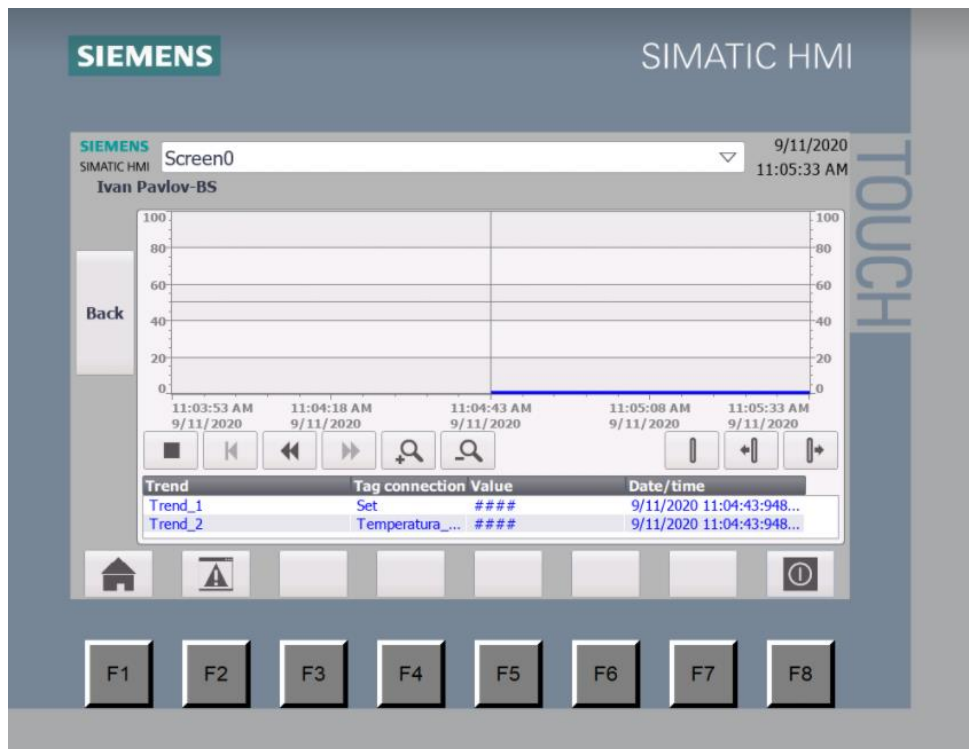


**Slika 28 Komunikacija između PLC-a i HMI-a**



**Slika 29 HMI ekran za kontrolu grijača**

„Setpoint“ je ciljana temperatura koju PID kontroler treba ostvariti i podesiva je sa tipkama +1 °C i -1 °C. Temperatura je očitana temperatura goriva nakon grijača. Simbol grijača prikazuje je li grijač radi u trenutku ili ne. PID Graf vodi do drugog prikaza na ekranu što pokazuje graf PID kontrole.



**Slika 30 PID graf prikazan preko HMI ekrana**



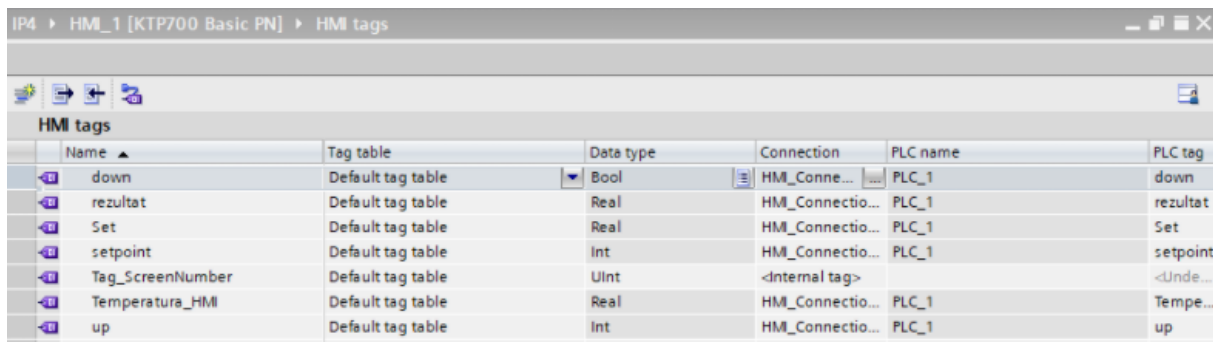
**Slika 31 Prikaz rada PID kontrolera**



**Slika 32 Prikaz glavnog ekrana od PID kontrolera**

Pomoću HMI-a lakše je praćenje sustav sa bilo kojega mjesta.

Isto kao i za PLC i za HMI se trebaju dati oznake za botune, brojčane prikaze, grafove i prikaze rada grijača.



| Name             | Tag table         | Data type | Connection       | PLC name | PLC tag  |
|------------------|-------------------|-----------|------------------|----------|----------|
| down             | Default tag table | Bool      | HMI_Conne...     | PLC_1    | down     |
| rezultat         | Default tag table | Real      | HMI_Connectio... | PLC_1    | rezultat |
| Set              | Default tag table | Real      | HMI_Connectio... | PLC_1    | Set      |
| setpoint         | Default tag table | Int       | HMI_Connectio... | PLC_1    | setpoint |
| Tag_ScreenNumber | Default tag table | UInt      | <Internal tag>   |          | <Unde... |
| Temperatura_HMI  | Default tag table | Real      | HMI_Connectio... | PLC_1    | Tempe... |
| up               | Default tag table | Int       | HMI_Connectio... | PLC_1    | up       |

**Slika 33 Oznake za HMI uređaj**

## 5. ZAKLJUČAK

Što se tiče podizanja temperature goriva, para iz generatora pare je najekonomičniji i efikasniji pristup za razliku od nekih drugih metoda radi uštede energije na brodu. Gorivo ako se ne zagrije će teže putovati kroz cijevi i moguće je da dođe do začepjenja ili još gore ne izgaranja u motoru ili generatoru što može dovesti do većega kvara. Nadziranje i regulacija sustava je puno lakša se HMI uređajima i zasebnim PLC-om prikazom rada PID kontrolera unutar PLC-a se može bolje nadgledati sustav. Međutim u praksi se pokazalo da programiranje i nadgledanje rada PLC-a preko računala sa Windows operativnim sustavom je rizično. Zbog nestabilnosti računala sa operativnim sustavom dolazi do učestalog pada sustava na računalo što može biti veoma rizično za sigurnost, zato se preporučuju PLC uređaji koji imaju posebne uređaje za programiranje. Prikazom promjene stanja na izlazu PID kontrolera se zaključuje da ovisnost ulazne vrijednosti termometra se mijenja temperatura grijanja grijača.

## LITERATURA

- [1] [https://en.wikipedia.org/wiki/Sapphire\\_Princess#cite\\_note-MHI-report-3](https://en.wikipedia.org/wiki/Sapphire_Princess#cite_note-MHI-report-3) (pristupljeno 25.7.2020)
- [2] <https://www.ship-technology.com/projects/sapphire/> (pristupljeno 25.7.2020)
- [3] PDF *P&O Princess Cruises Sapphire Princess Technical Operating Manual Final Draft*, str 14-15
- [4] <https://library.automationdirect.com/history-of-the-plc> (pristupljeno 28.7.2020)
- [5] Goran Malčić dip. ing., TEHNIČKO VELEUČILIŠTE U ZAGREBU ELEKTROTEHNIČKI ODJEL, [https://nastava.tvz.hr/gmalcic/PLC\\_skripta\\_TVZ.pdf](https://nastava.tvz.hr/gmalcic/PLC_skripta_TVZ.pdf) (pristupljeno 25.7.2020)
- [6] <https://automation-insights.blog/2010/06/22/analog-signals-0-to-10v-vs-4-20-ma/> (pristupljeno 16.9.2020)
- [7] Dr. Eng. Muhammad EL-SABA Fundamentals of Analog & Digital Signal Processing, str.3
- [8] Gabro Smiljanić, Računala i procesi, Školska knjiga – Zagreb, 1991., [https://www.grad.unizg.hr/download/repository/Skripta\\_2013/Skripta%202013/Eksperimentalna%20hidraulika%20%285-www%29\\_Prikupljanje%20i%20obrada.pdf](https://www.grad.unizg.hr/download/repository/Skripta_2013/Skripta%202013/Eksperimentalna%20hidraulika%20%285-www%29_Prikupljanje%20i%20obrada.pdf) (pristupljeno 13.9.2020)
- [9] Lj. Pedišić, B. Matijević, J. Munić Koncentracija tekućina za kaljenje, ISSN 0350-350X GOMABN 47, 6, 437-462 Izvorni znanstveni rad/Original scientific paper UDK 621.785.56.065 : 621.785.616 : 665.7.032 : .001.37, goriva i maziva, 47, 6 : 437-462, 2008., [http://repozitorij.fsb.hr/1936/1/17\\_09\\_2012\\_zavrzni\\_rad\\_finalno.pdf](http://repozitorij.fsb.hr/1936/1/17_09_2012_zavrzni_rad_finalno.pdf) (pristupljeno 14.9.)
- [10] Bernard Luka Baraka, dipl.ing. Tankerkomerc d.d. Zadar TTTR Terminal i Trgovina Tekućom Robom Obala Kneza Trpimira 2, 23000 Zadar Josip Orović, dipl.ing. Pomorski fakultet u Rijeci Studentska 2, 51000 Rijeka, ISSN 0554-6397 UDK 629.5.026:621.436.7 STRUČNI RAD (Professional paper) Primitljeno (Received): 03/2004., Analiza uštede goriva brodskog porivnog motora, str. 106, <hrcak.srce.hr/file/80115> (pristupljeno 14.9.2020)
- [11] <https://en.wikipedia.org/wiki/Viscometer> (pristupljeno 19.8.)

## POPIS SLIKA

|  |    |
|--|----|
| Slika 1 Sapphire Princess u Ketchikan-u Aljasci .....                          | 7  |
| Slika 2 Osnovne cjeline PLC-a .....  | 13 |
| Slika 3 Rad PLC uređaja.....   | 14 |
| Slika 4 Simatic S7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC.....                                | 15 |
| Slika 5 Digitalni naponski signal .....  | 16 |
| Slika 6 Shema logičkog sklopa .....  | 16 |
| Slika 7 Promjena vrtnje DC motora .....  | 17 |
| Slika 8 Logički sklop ILI.....   | 17 |
| Slika 9 Registrirana imena ulaza, izlaza i memorijskih bitova.....             | 18 |
| Slika 10 Razlika mjernih signala.....  | 19 |
| Slika 11 Pretvornik za PT100 senzor .....                                      | 20 |
| Slika 12 Pretvorba analognog signala .....                                     | 20 |
| Slika 13 Uzorkovanje analognog signala .....                                   | 21 |
| Slika 14 Linearni graf NORM X i SCALE X.....                                   | 22 |
| Slika 15 Primjer NORM X i SCALE X .....  | 22 |
| Slika 16 Ovisnost viskoziteta različitih goriva pri promjeni temperature ..... | 24 |
| Slika 17 Viskoziometar u sustavu goriva dizel motora .....                     | 25 |
| Slika 18 Odabir vrste PLC-a za programirat.....                                | 26 |
| Slika 19 Konfiguracija uređaja.....  | 27 |
| Slika 20 IP adresa PLC-a.....  | 27 |
| Slika 21 Programski blokovi.....   | 28 |
| Slika 22 PT100.....  | 28 |
| Slika 23 PID kontroler u programu .....  | 29 |
| Slika 24 Opcije parametara PID kontrolera .....                                | 29 |
| Slika 25 Maksimalne vrijednosti procesiranja .....                             | 30 |
| Slika 26 Oznake ulaza i izlaza programskih blokova.....                        | 30 |
| Slika 27 IP adresa HMI uređaja .....   | 31 |
| Slika 28 Komunikacija između PLC-a i HMI-a.....                                | 31 |
| Slika 29 HMI ekran za kontrolu grijača .....                                   | 32 |
| Slika 30 PID graf prikazan preko HMI ekrana .....                              | 32 |
| Slika 31 Prikaz rada PID kontrolera.....                                       | 33 |

|  |    |
|--|----|
| Slika 32 Prikaz glavnog ekrana od PID kontrolera ..... | 33 |
| Slika 33 Oznake za HMI uređaj .....                    | 34 |



## POPIS TABLICA

|   |    |
|---|----|
| Tablica 1 Ulazno izlazna karakteristika SR logičkog sklopa..... | 18 |
|---|----|

## POPIS KRATICA

|   |   |
|---|---|
| SAD   | Sjedinjene Američke Države                |
| IMO (engl. <i>International Maritime Organization</i> ) | Međunarodna pomorska organizacija         |
| MMSI (engl. <i>Maritime Mobile Service Identity</i> )   | identitet pomorske mobilne usluge         |
| LMC (engl. <i>Lloyd's Machinery Certificate</i> )       | Lloyd's-ova svjedodžba o strojevima       |
| CCS (engl. <i>China Classification Society</i> )        | Kinesko klasifikacijsko društvo           |
| KS  | kratki spoj                               |
| NAV (engl. <i>Safety of Navigation</i> )                | Pododbor za sigurnost plovidbe            |
| IWS (engl. <i>In-Water Survey</i> )                     | Podvodni pregled                          |
| MES (engl. <i>Maritime Evacuation System</i> )          | Sustav za brzo napuštanje broda           |
| PLC (engl. <i>Programmable Logic Controller</i> )       | Programibilni logički kontroler           |
| PID (engl. <i>Proportional–Integral–Derivative</i> )    | Proporcionalna-Integracijska-Derivacijska |
| CPU (engl. <i>Central Processing Unit</i> )             | Centralni procesor                        |
| U/I   | Ulazi/Izlazi                              |
| LED (engl. <i>Light Emitting Diode</i> )                | Svjetleća Dioda                           |
| IP (engl. <i>Internet Protocol</i> )                    | Internetski Protokol                      |
| PC (engl. <i>Personel Computer</i> )                    | Osobno Računalo                           |
| RAM (engl. <i>Random Access Memory</i> )                | Memorija s Nasumičnim Pristupom           |
| SR (engl. <i>Set/Reset</i> )                            | Postavi/Ponovno smjestiti                 |
| R (engl. <i>Reset</i> )                                 | Ponovno smjestiti                         |
| DC (engl. <i>Directive Current</i> )                    | Istosmjerna struja                        |
| S (engl. <i>Set</i> )                                   | Postaviti                                 |
| TON (engl. <i>Timer ON</i> )                            | Tajmer sa zakašnjenjem uključanja         |
| A/D (engl. <i>Analog to digital conversion</i> )        | Analogno Digitalna Pretvorba              |
| D/A (engl. <i>Digital to Analog conversion</i> )        | Digitalna Analogna Pretvorba              |
| HMI (engl. <i>Human Machine Interface</i> )             | Sučelje Ljudskog Stroja                   |