

Sekvenca izmjene valjačkog stana horizontalnog tipa

Štigler, Darko

Master's thesis / Diplomski rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:200:036313>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-03**

Repository / Repozitorij:

[Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I

INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA

Sveučilišni studij

SEKVENCA IZMJENE VALJAČKOG STANA

HORIZONTALNOG TIPA

Diplomski rad

Darko Štigler

Osijek, 2019.

Sadržaj

1. UVOD	2
1.1. Zadatak završnog rada	2
2. PROGRAMSKI ALATI	3
2.1. SIEMENS Simatic Step 7	3
2.2. SIEMENS WinCC	5
3. HIDRAULIČKA JEDINICA	6
4. AKTUATORI ZA ZAMJENU VALJAČKOG STANA	8
4.1. Klin za zaključavanje nosača pogonskih vratila	9
4.2. Cilindar za horizontalno pomicanje valjačkog stana	9
4.3. Stezni klinovi za zaključavanje valjačkog stana	10
4.4. Vilica za odvajanje cilindra od valjačkog stana	10
4.5. Motor pogonskih vratila	11
5. RUČNO UPRAVLJANJE	12
6. SIMULATOR	16
7. SEKVENCA	18
7.1. Sekvenca izvlačenja valjačkog stana	18
7.2. Sekvenca umetanja valjačkog stana	19
8. ZAKLJUČAK	21
LITERATURA	22
SAŽETAK	23
ABSTRACT	24
ŽIVOTOPIS	25
PRILOZI	26

1. UVOD

Rolling Mill tvornica čelika sastoji se od niza valjačkih stanova koji služe za valjanje čelika i drugih dijelova potrebnih za hlađenje, podmazivanje i kontrolu. Tvornica je podijeljena u više dijelova, te ima više PLC-a koji upravljaju pojedinim dijelovima. Valjački stan ima dva valjka koji valjaju materijal, te se nakon nekog vremena ishabaju ili se ležajevi potroše i potrebno ih je zamijeniti novima. Kako se ne bi puno gubilo na vremenu zamjene svih neispravnih dijelova, mijenja se cijeli valjački stan i ubacuje drugi spreman za valjanje. Zamjena se može vršiti automatski, gdje se izradi sekvenca, te ručno gdje operater sam upravlja aktuatorima. U radu će biti izrađene obje varijante.

U ovom diplomskom radu bit će objašnjeni programski alati upotrijebljeni za izradu softvera i vizualizacije, aktuatori potrebni za izmjenu, hidraulička jedinica, ručno i automatsko upravljanje. U poglavlju dva će biti opisan softver u kojemu se izradila logika te softver u kojemu je izrađena vizualizacija. U poglavlju tri bit će navedeni dijelovi hidrauličke jedinice te način rada. U poglavlju četiri će biti navedeni i objašnjeni aktuatori s on-off ventilima potrebni za izmjenu valjačkog stana. Poglavlje pet sadržavat će ručnu izmjenu valjačkog stana te pojašnjen način na koji se to izvodi, dok će u poglavlju šest biti objašnjen simulator senzora aktuatora i senzora hidrauličke jedinice te glavnog motora. U poglavlju šest će biti objašnjeni koraci sekvence umetanja i izvlačenja valjačkog stana.

1.1. Zadatak završnog rada

Zadatak rada jest izrada simulacije hidrauličke jedinice koja će služiti za pokretanje hidrauličkih aktuatora. Zadatak uključuje izradu simulacije aktuatora (cilindri s on-off ventilima i glavni motor) koji su potrebni za sekvencu izmjene valjačkog stana. Potrebno je također simulirati senzore potrebne za sekvencu izmjene valjačkog stana te izraditi vizualizaciju i simulaciju lokalnog panela s komandama za ručnu izmjenu valjačkog stana.

Diplomski zadatak uključuje razvoj softvera i simulaciju u alatu Step7 te vizualizaciju u alatu WinCC.

2. PROGRAMSKI ALATI

U diplomskom je radu upotrijebljen *Siemens Simatic Step 7* za izradu softvera, dok je *Siemens WinCC* upotrijebljen za izradu vizualizacije. U nastavku ovog poglavlja su kratko opisani ovi programski alati.

2.1. SIEMENS Simatic Step 7

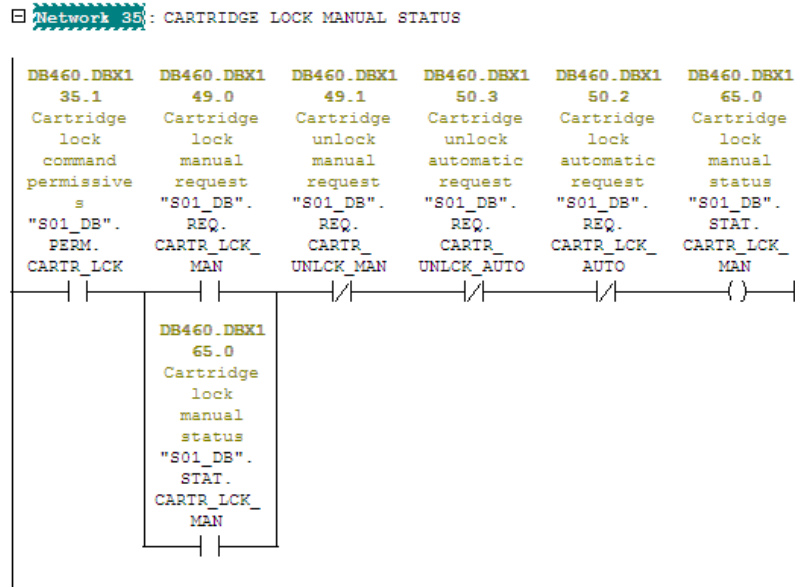
Step 7 se često upotrebljava u tvornicama čelika, osobito gdje su strojevi stariji. *Step 7* sadržava *SIMATIC Manager* gdje se nalaze funkcije (FC), podatkovni blokovi (DB), funkcijski blokovi (FB), organizacijski blokovi (OB), tip podatka (UDT) i tablica varijabla (VAR). *Step 7* podržava sljedeće programske jezike za pisanje korisničkih programa:

- *LAD* – logika ljestve (engl. *Ladder Logic*)
- *FBD* – funkcijski blokovski dijagram (engl. *Function Block Diagram*)
- *STL* – lista naredbi (engl. *Statement List*).

U ovome će se radu upotrijebiti samo *LAD* i *STL*. Primjeri programa sa mogu vidjeti na slikama 2.1 i 2.2.

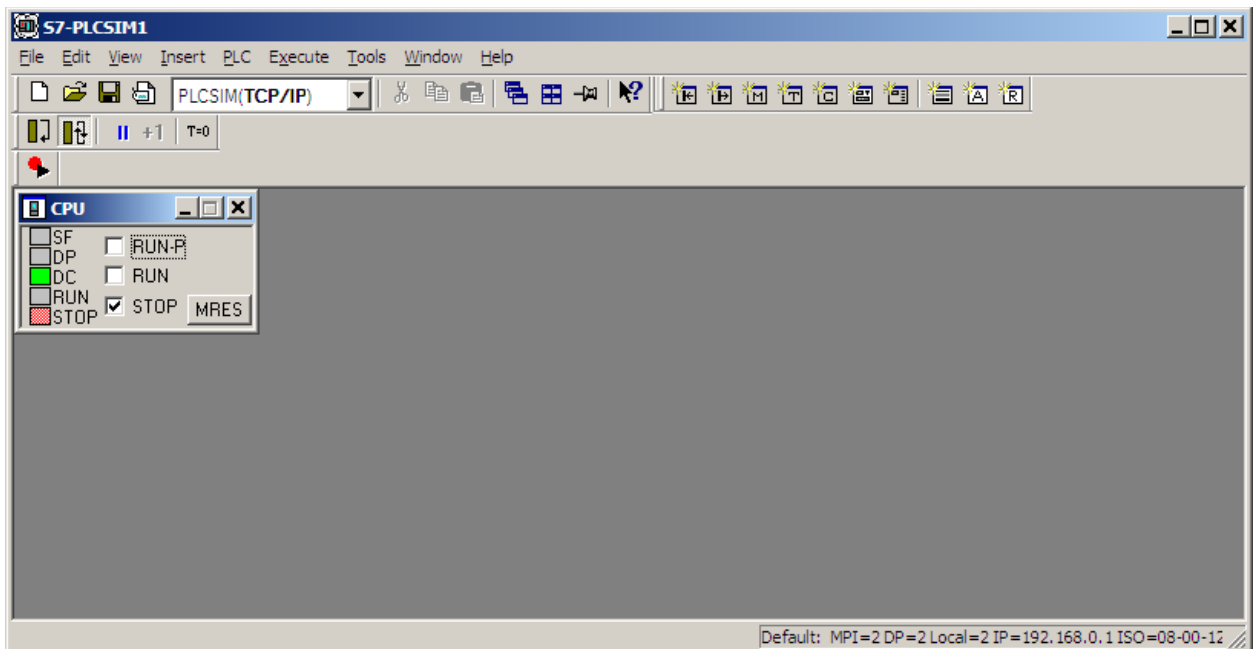
```
Network 35: CARTRIDGE LOCK MANUAL STATUS
A      "S01_DB".PERM.CARTR_LCK          DB460.DBX135.1  -- Cartridge lock command permissives
A(
O      "S01_DB".REQ.CARTR_LCK_MAN      DB460.DBX149.0  -- Cartridge lock manual request
O      "S01_DB".STAT.CARTR_LCK_MAN     DB460.DBX165.0  -- Cartridge lock manual status
)
AN     "S01_DB".REQ.CARTR_UNLCK_MAN    DB460.DBX149.1  -- Cartridge unlock manual request
AN     "S01_DB".REQ.CARTR_UNLCK_AUTO   DB460.DBX150.3  -- Cartridge unlock automatic request
AN     "S01_DB".REQ.CARTR_LCK_AUTO     DB460.DBX150.2  -- Cartridge lock automatic request
=      "S01_DB".STAT.CARTR_LCK_MAN     DB460.DBX165.0  -- Cartridge lock manual status
```

Slika 2.1 Primjer STL programa



Slika 2.2 Primjer LAD programa

Kada nema stvarnog PLC-a na koji bi se pohranila izrađena logika, upotrebljava se simulator S7 - *PLCSIM*. Izgled PLC simulatora prikazan je na slici 2.3.



Slika 2.3 PLC Simulator

Step 7 sadrži još dodataka koji su potrebni npr. strukturirani upravljački jezik (engl. *Structured Control Language – SCL*), podršku za komunikaciju, hardverske alate ali oni se ne upotrebljavaju u ovome diplomskom radu, stoga nisu niti objašnjeni.

2.2. SIEMENS WinCC

Razlog izrade vizualizacije u ovoj aplikaciji je što je vrlo jednostavna, te se dosta često upotrebljava u praksi. Pomoću *WinCC Explorer*-a (Slika 2.4) se otvaraju moduli, a bitni u ovom diplomskom radu su:

- *Computer*
- *Graphics Designer*
- *Tag Management*
- *User Administrator*.

Computer služi za dodavanje računala i servera na koji će biti povezani svi kontrolni uređaji. *Tag Management* služi za dodavanje oznaka, adresa, tipa podatka, te postavljanje tipa komunikacije i mrežne adrese. Kako se u ovom diplomskom radu upotrebljava jedan virtualni stroj koji sadržava *Step 7* i *WinCC*, neće biti potrebe za dodatnim programima prilikom samog povezivanja. Postupak povezivanja korisničkog sučelja koje služi kao posrednik u komunikaciji čovjeka sa strojem (engl. *Human Machine Interface – HMI*) s PLC simulatorom objašnjen je u prilogu br. 1. *User Administrator* služi za dodavanje operatera i administratora, mijenjanja lozinki, ograničavanja radnji operatera itd. *Graphics Designer* služi za izgled i izradu stranica koje će se nalaziti na HMI-u.

3. HIDRAULIČKA JEDINICA

Hidraulička jedinica važan je dio postrojenja u tvornicama čelika. Hidraulička se jedinica sastoji od spremnika u kojemu se nalazi ulje i senzori koji služe za mjerenje razine i temperature ulja. Standardne vrijednosti temperature ulja u spremniku su od 30 °C – 50 °C, te razine od 50 % - 80 %. Senzori temperature i razine mogu biti digitalni i analogni. Digitalni senzori služe za detekciju minimalnih i maksimalnih vrijednosti (Slika 3.2), dok analogni za prikaz točne vrijednosti (Slika 3.3). Digitalni normalni otvoreni (engl. *Normal Open – NO*) senzori upotrebljavaju se za minimalne vrijednosti razine i temperature iz razloga što uvijek treba biti minimalna razina ulja i minimalna temperatura ulja u spremniku. U slučaju kada digitalni NO senzor razine ne daje signal, znači da nema ulja u spremniku ili je došlo do kvara. Isti slučaj je i sa senzorom temperature; ako senzor ne daje signal, znači da je temperatura niža od minimalne ili da je došlo do kvara. Digitalni normalni zatvoreni (engl. *Normal Close – NC*) senzor upotrebljava se za maksimalne vrijednosti razine i maksimalne vrijednosti temperature iz razloga što na njemu ne bi smjelo biti ulja i ne bi smjela biti visoka temperatura. Ako NC senzor razine ne daje signal, znači da je razina veća od maksimalne ili je došlo do kvara. Također, ako NC senzor temperature ne daje signal, znači da je temperatura viša od maksimalne ili je došlo do kvara. Analogni senzor temperature nalazi se na slici 3.4.

Također, dijelovi hidrauličke jedinice su grijač (Slika 3.1) i izmjenjivač topline. Grijač služi kako bi povećao temperaturu ulja, a povećanjem temperature povećava se i fluidnost ulja. Izmjenjivač topline upotrebljava se kada je potrebno smanjiti temperaturu ulja, a najčešće se upotrebljava voda kao rashlani medij.



Slika 3.1 Grijač ulja [4]



Slika 3.2 Induktivni senzor razine ili temperature [5]



Slika 3.3 Analogni mjerač razine ulja [6]



Slika 3.4 PT100 [7]

Sastavni dijelovi hidrauličke jedinice su i pumpe (Slika 3.5) koje se dijele na glavne i recirkulacijske. Recirkulacijske pumpe služe za filtriranje, regulaciju i ujednačavanje temperature ulja. Recirkulacijska pumpa ima ventil na samoj liniji između spremnika i on treba biti otvoren prilikom pokretanja pumpe. Glavne pumpe drže konstantan tlak u sustavu tako što mijenjaju protok ulja. Povlače ulje iz spremnika u hidraulički sustav, hidrauličkim cijevima dolaze do aktuatora (cilindri), zatim se ulje ponovno vraća u spremnik i tako je hidraulički krug zatvoren. Glavna pumpa ima dva ventila, ulazni i izlazni (Slika 3.8). Oba ventila prilikom pokretanja trebaju biti otvorena, kako bi se ulje vraćalo u spremnik i motor sa što manjim opterećenjem zaletio, zatim se izlazni ventil zatvara kako bi se tlak u sustavu povećao na željeni. U slučaju manjeg protoka od zadanog glavna pumpa se treba zaustaviti. Podmazivanje glavne pumpe vrši linija recirkulacijske pumpe. Svi ventili imaju senzore koji pokazuju je li ventil otvoren ili zatvoren. Ulje je potrebno filtrirati zbog raznih nečistoća koje se nakupe, stoga se postavljaju filtri (Slika 3.7) sa sensorima koji kontroliraju jesu li filtri začepljeni. Hidraulički akumulatori (Slika 3.6) služe za ublažavanje hidrauličkih udara u sustavu. To su metalni spremnici koji imaju dva odvojena dijela u kojima se nalaze ulje i plin. Prilikom konstantnog tlaka u sustavu, tlak plina i ulja je jednak, a kada dođe do pada tlaka u sustavu stlačeni, plin potiskuje ulje iz akumultora u sustav i na taj način ublažava udar na sam sustav.



Slika 3.5 Hidraulička pumpa [8]



Slika 3.6 Hidraulički akumulator [9]



Slika 3.7 Filter [10]



Slika 3.8 Hidraulički ručni ventil [11]

4. AKTUATORI ZA ZAMJENU VALJAČKOG STANA

Valjčki stan (Slika 4.1) se sastoji od metalne konstrukcije koja je pomična. Na metalnu konstrukciju pričvršćeni su ležajevi koji drže osovine valjaka. Visina valjaka je varijabilna i mijenja se pomoću dvije navojne osovine. Osovine se sinkronizirano pokreću, a pokreće ih hidraulički motor. Hidraulički motor kontroliran je pomoću on-off ventila. Položaj valjaka mjeri se pomoću apsolutnog enkodera kojemu je nulta vrijednost u dodirnoj točki valjaka.

Aktuatori za izmjenu valjačkog stana su hidraulički, a motor je trofazni asinkroni kontroliran frekvencijskim pretvaračem. Aktuatori imaju analogne i digitalne senzore. Ventili su upravljani 24 V istosmjernim naponom.

Aktuatori za zamjenu:

- Klin za zaključavanje nosača pogonskih vratila
- Cilindar za pomicanje valjačkog stana
- Stezni klinovi za zaključavanje valjačkog stana
- Vilica za odvajanje cilindra od valjačkog stana
- Motor pogonskog vratila.



Slika 4.1 1) Klin za zaključavanje nosača pogonskih vratila
2) Cilindar za pomicanje valjačkog stana
3) Stezni klinovi za zaključavanje valjačkog stana
4) Vilica za odvajanje cilindra od valjačkog stana
5) Motor pogonskog vratila

4.1. Klin za zaključavanje nosača pogonskih vratila

Klin za zaključavanje (engl. *Spindle Support Locking Bolt*) služi kako bi se nosač pogonskih vratila učvrstio za valjački stan prilikom valjanja, te odvojio nosač od stana prilikom zamjene. Nosač drži pogonska vratila u visini osovine valjaka prilikom zamjene, te se na taj način sprječava da vratila padnu na tlo i otežaju vraćanje novog stana u položaj za valjanje. Postolje nosača je pomično vodoravno i mora biti u krajnjem položaju do motora prilikom zamjene stana.

Klin je upravlján tropoložajnim hidrauličkim on-off ventilom s povratom klipa ventila u središnji položaj. Kada je potrebno odvojiti stan od nosača, potrebno je dati napajanje ventilu; kroz svitak, koji se nalazi na ventilu, poteći će struja koja će stvoriti magnetsko polje i to polje će pomaknuti klip u samom ventilu i otvoriti protok ulja prema cilindru klina. Kako bi se znalo da je ventil dobio napajanje i pomaknuo klip, postavljen je induktivni senzor. Kada senzor daje signal, znači da je klip izvučen (zaključao); u suprotnome klip je uvučen (otključao).

4.2. Cilindar za horizontalno pomicanje valjačkog stana

Pomoću hidrauličkog cilindra (engl. *Groove*) valjački stan se može horizontalno pomicati. Cilindar se nalazi pri dnu u sredini stana i fiksni dio smješten je iza nosača vratila. Cilindar služi kako bi se mogao podesiti valjački stan na liniju valjanja te kako bi se mogao valjački stan izvući na pomičnu platformu prilikom zamjene.

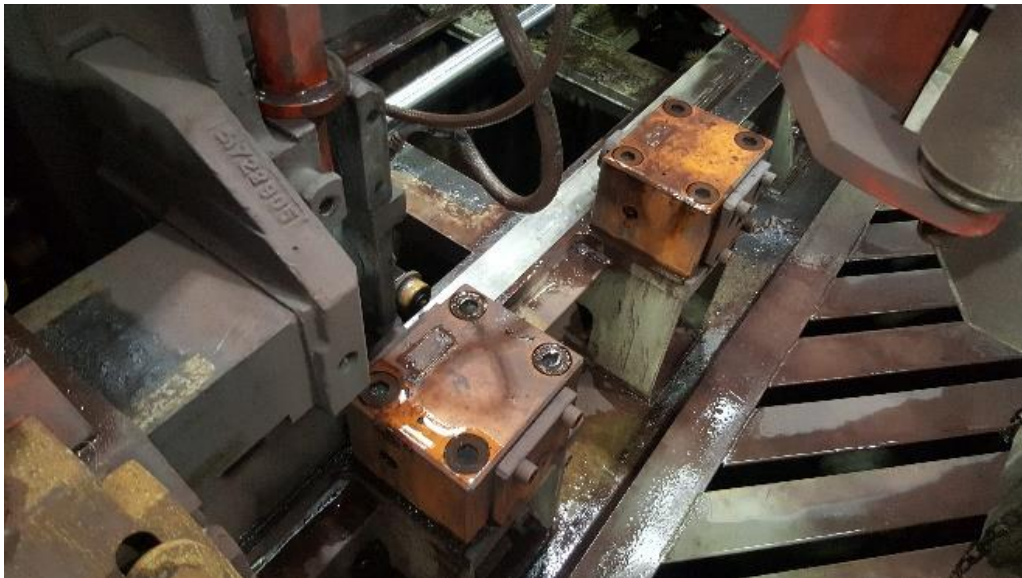
Upravljanje cilindrom vrši se s dva tropoložajna hidraulička on-off ventila. Prvi ventil je ventil za sporo pomicanje (engl. *slow speed*). Drugi ventil je ventil za brzo pomicanje i mora raditi zajedno s ventilom za sporo pomicanje (engl. *high speed*). Ventili moraju imati isti smjer protoka ulja kada rade zajedno. Da bi se znalo koliko je cilindar izvučen, tj. gdje se nalazi valjački stan, postavljen je linearni pokazivač pozicije. Zbog sigurnosti i kontrole postavljena su četiri induktivna senzora u bitnim pozicijama:

- Maksimalna pozicija izvučenog (naprijed/engl. *forward*) cilindra
- Maksimalna pozicija uvučenog (nazad/engl. *reverse*) cilindra
- Srednja pozicija (engl. *intermediate*) cilindra
- Posljedanja pozicija zazora valjaka (engl. *last Groove*).

4.3. Stezni klinovi za zaključavanje valjačkog stana

Stezni klinovi ili cilindri (engl. *Clamping Devices*) služe kako bi se stan učvrstio na nekoj poziciji. Zbog rotacije valjaka pri valjanju na valjački stan djeluju razne sile i valjački stan nije dovoljno stabilan. Iz tog razloga postavljena su četiri stezna klina koji učvrste valjački stan tijekom valjanja materijala. Na slici 4.2 mogu se vidjeti dva stezna klina s jedne strane valjačkog stana.

Stezni klinovi upravljani su pomoću jednog hidrauličkog dvopoložajnog on-off ventila s povratnom oprugom. Kada je ventilu dano napajanje, klinovi otključaju stan, otpuste se; u suprotnom ventil ima oprugu koja pomakne klip ventila i preusmjeri tok ulja te klinovi zaključaju stan. Na klinovima se nalaze senzori za pritisak, zbog toga što nije dovoljno da su klinovi samo izvučeni već trebaju dovoljno čvrsto držati stan nepomičan.



Slika 4.2 Dva stezna klina sa suprotne strane stana

4.4. Vilica za odvajanje cilindra od valjačkog stana

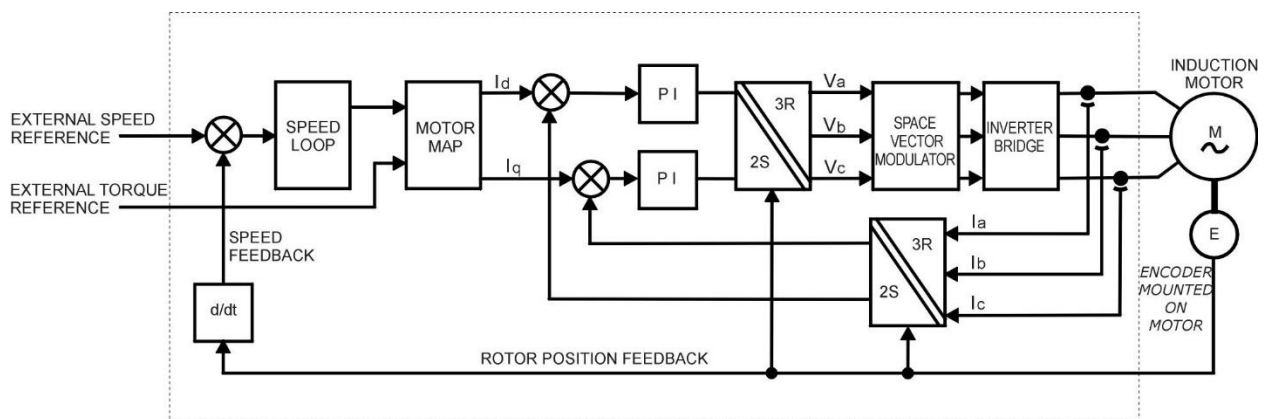
Kada je stan izvučen i nalazi se na pomičnoj platformi, potrebno ga je odvojiti od cilindra za horizontalno pomicanje. Za odvajanje valjačkog stana i cilindra za horizontalno pomicanje služi vilica (engl. *Fork*). Vilica se pomiče gore/dolje i u gornjem položaju odvaja valjački stan od cilindra za horizontalno pomicanje. Kada je valjački stan odvojen od cilindra, cilindar se mora povući do središnje pozicije da bi se vilica mogla spustiti. Tada pomična platforma može odvesti valjački stan na poziciju gdje se kranom prebacuje dalje. Kada se valjački stan umeće, vilica treba biti u donjoj poziciji.

Upravljanje se vrši pomoću tropoložajnog hidrauličkog ventila. Vilica može biti podignuta i spuštена. Stanje vilice kontroliraju dva induktivna senzora, jedan za svaki položaj. U slučaju da niti jedan senzor ne daje signal znači da je senzor neispravan ili da se stvarno vilica iz nekog razloga nalazi između ta dva položaja.

4.5. Motor pogonskih vratila

Pogonska vratila (engl. *Spindles*) služe kako bi se rotacijska kinetička energija osovine motora prebacila na valjke valjačkog stana. Između motora i vratila se nalazi mjenjač brzine (engl. *Gear Box*) koji podešava operater ručno ovisno o debljini materijala koji se valja. Za manje presjeke upotrebljava se veća brzina/manji moment, dok kod većih presjeka materijala se upotrebljava manja brzina/veći moment. Zbog toga mjenjač ima više stupnjeva prijenosa kako bi se što optimalnije odabrali brzina i moment.

Za pokretanje se upotrebljava asinkroni motor upravljan frekvencijskim pretvaračem (engl. *Drive*) koji ima samo izmjenjivački dio, jer u tvornici postoji istosmjerna mreža (engl. *DC link*). Pretvarač je u kontroli brzine sa zatvorenom petljom. Shema upravljanja motora može se vidjeti na slici 4.3. Ima povratnu vezu brzine koju daje inkrementalni enkoder. Za detekciju brzine iznad nominalne ugrađen je mehanički senzor. Prilikom valjanja motor ima samo pozitivan smjer vrtnje, dok u održavanju može imati i negativan smjer, ali s 5 % nominalne brzine. U slučaju naglog kočenja motor koči nazivnim momentom, što kontrolira pretvarač. Na samom motoru nalazi se ventilator za hlađenje, senzori temperature u namotima i ležajevima, te grijač prostora motora.

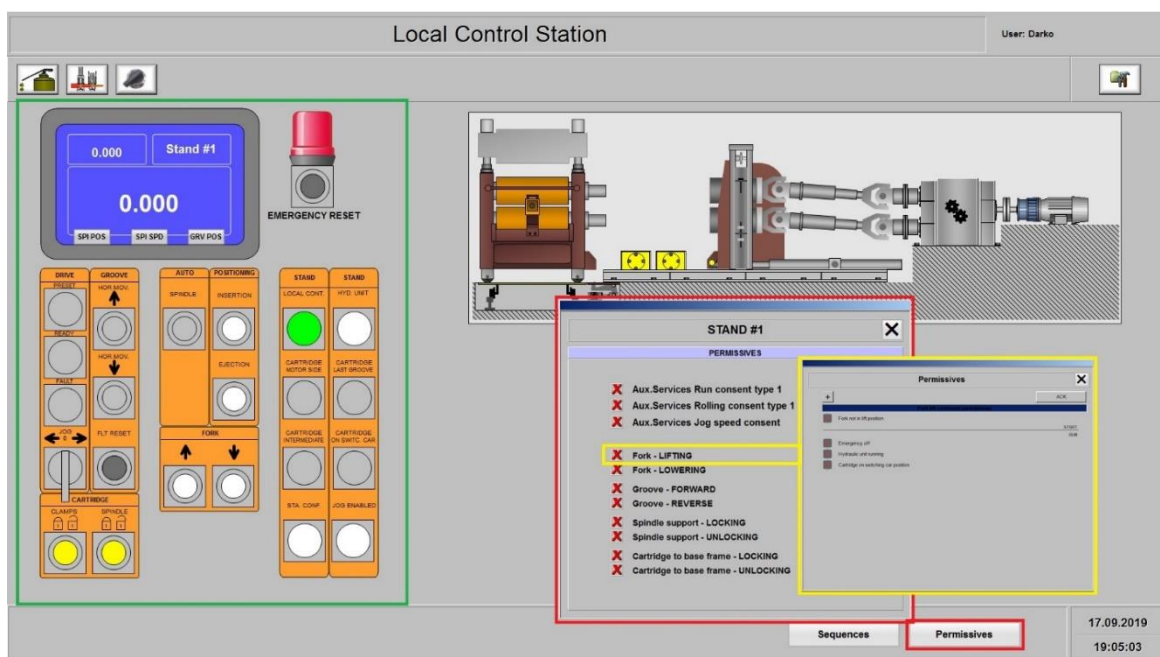


Slika 4.3 Shema upravljanja motora [12]




5. RUČNO UPRAVLJANJE

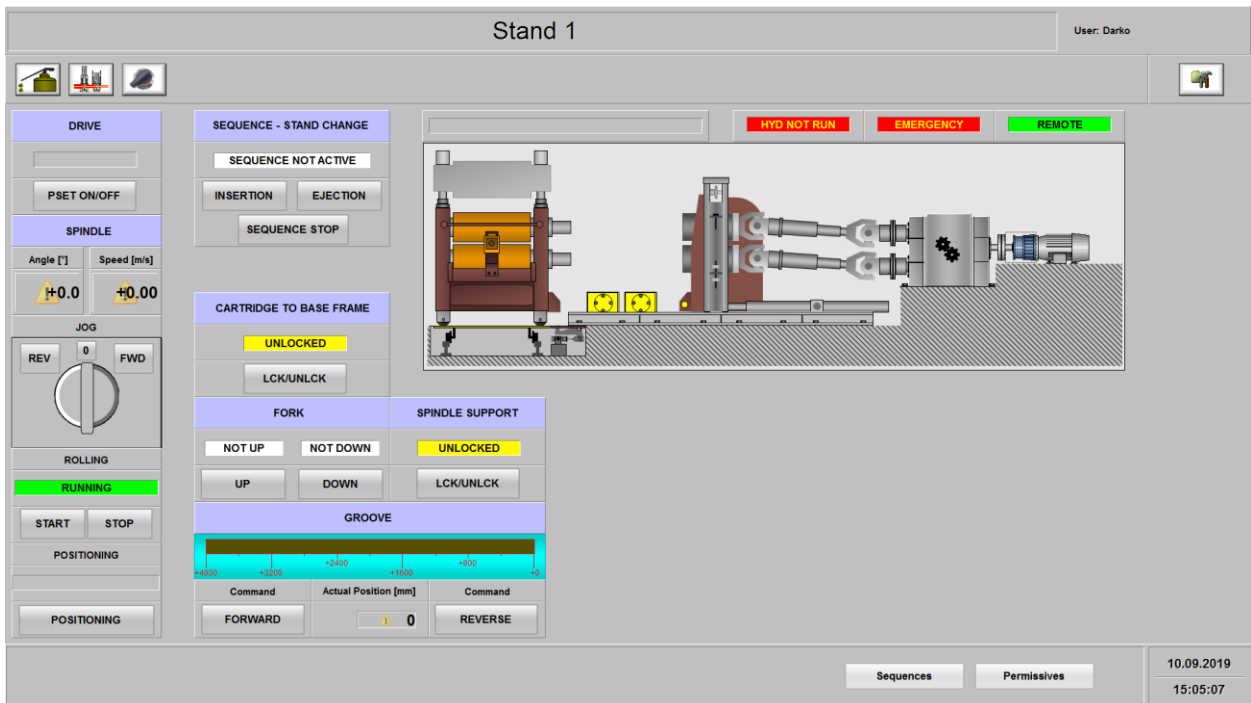
Ručno upravljanje aktuatorima mora biti omogućeno operaterima u svakoj tvornici. Ručno upravljanje najčešće se upotrebljava prilikom održavanja ili puštanja u pogon tvornice. U tvornicama često postoji više pozicija s kojih se može upravljati istim aktuatorom. Neke od strojeva potrebno je vizualno nadgledati i biti blizu kako bi se ispravno upravljalo istima. Lokalno upravljanje (engl. *Local Control*) je slučaj kada operater vidi stroj i upravlja istim, a pult s naredbama i statusima se naziva lokalna upravljačka stanica (engl. *Local Control Station*). Također operater može upravljati strojem s udaljenih pozicija (engl. *Remote Control*) prilikom kojega su mu minimizirane mogućnosti upravljanja. Sukladno tome u diplomskome radu izrađena je stranica sa simuliranim lokalnim pultom te HMI stranica. Izgled stranica na HMI-u je prikazan na slikama 5.1 i 5.2.

Na HMI-u izrađena je jedna stranica za hidrauliku sa statusima i naredbama. (Slika 5.3) Za rad hidraulike potrebni su određeni uvjeti (engl. *Permissives*). Uvjet imaju sve pumpe, grijač i hidraulička jedinica kao cjelina. Uvjeti za hidrauliku se nalaze u prilogu br. 2 (Tablica 5.1). Uvjeti mogu biti za početak rada i tijekom rada, npr. za početak uvjet - nije previsoka temperatura ulja, a tijekom rada - nije izvanredno stanje. Također za rad aktuatora su potrebni uvjeti koji se nalaze u prilogu br. 3 (Tablica 5.2).

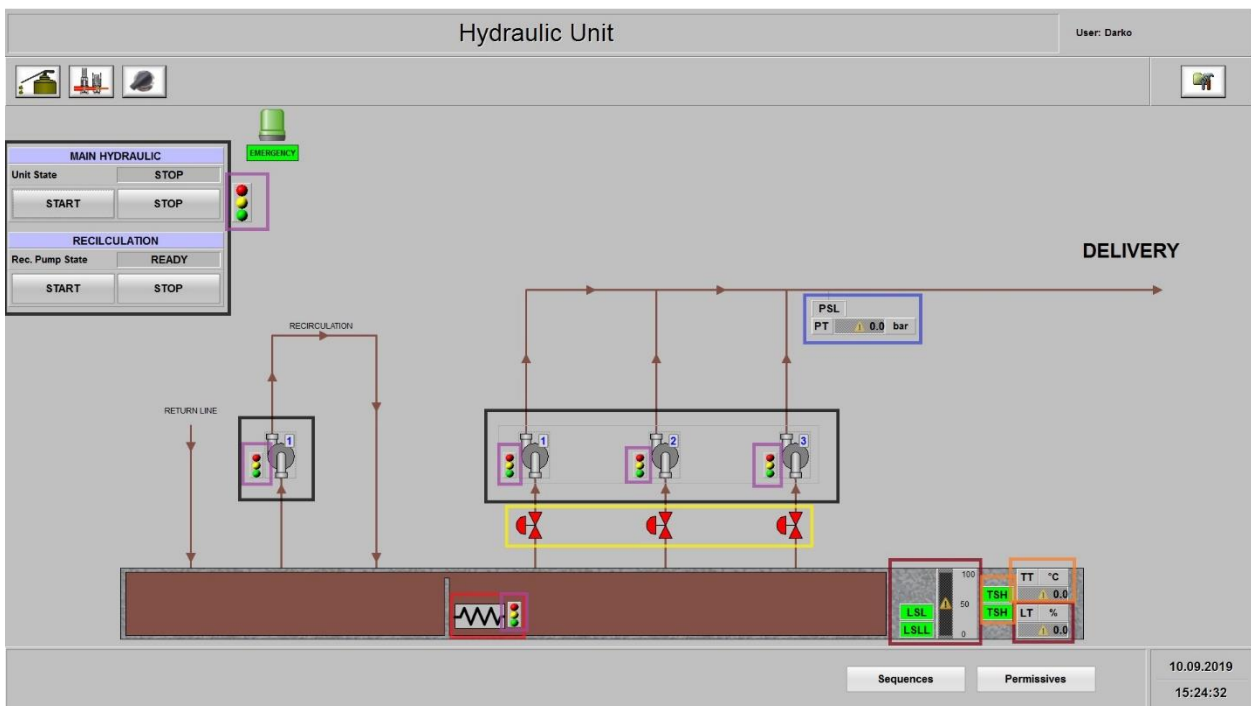


Slika 5.1 HMI stranica za simuliranu lokalnu kontrolnu stanicu

-  simulirana lokalna kontrolna stanica
-  moguće komande aktuatora i motora
-  permisivi pojedinog aktuatora



Slika 5.2 HMI za udaljenu kontrolu



Slika 5.3 HMI - hidraulička jedinica

- | | | |
|---|--|--|
| Kontrole pumpi i statusi | Grijač ulja | Uvjeti za rad (<i>Permissives</i>) |
| Ulazni ventili | Izlazni tlak | |
| Razina ulja u spremniku | Temperatura ulja u spremniku | |

Naredbe i statusi su podijeljeni u skupine. Hidraulička jedinica ima DB420 „HYD_DB“ s naredbama, statusima i drugim varijablama. Funkcije od FC420 - FC423 služe za pokretanje recirkulacijske i glavne pumpe, kontrolu temperature, razine i pritiska ulja. FB20 „PUMP_FB_CUM_STBY“ sa svojim DB422 „HYD_IDB“ služi za odabir radnih i rezervnih pumpi. Jedna je recirkulacijska pumpa i ona uvijek radi. Postoje tri glavne pumpe, od kojih je jedna uvijek rezervna. U slučaju prestanka rada jedne od glavnih pumpi koje rade, automatski se pokreće rezervna pumpa. Recirkulacijska pumpa se pali prije glavnih pumpi i mora raditi stalno.

Hidraulički aktuatori za zamjenu imaju DB460 „S01_DB“ s naredbama, statusima i drugim varijablama. FC460 „S01_FC_MAIN“ služi za ručno i automatsko upravljanje hidrauličkim aktuatorima. Primjer upravljanja hidrauličkim aktuatorima se nalazi u prilogu br. 4.

Logika za upravljanje motorom se nalazi u FC440 „DRIVE_FC_CTRL“. U DB440 „DRIVE_DB“ se nalaze naredbe prema pretvaraču te statusi i alarmi koji dolaze iz pretvarača. Zbog jednostavnosti izrađeni su *data type* (UDT) za naredbe, statuse i alarme. PLC šalje naredbe pretvaraču kao *word* tip podatka. *Word* tip veličine je 2 bajt-a, što znači ima 16 bitova od 0-15. *Word 01* naziva se naredbena riječ (*Command Word 1*), svaki bit unutar naredbene riječi ima određeno značenje koje ovisi o pretvaraču. Binarni zapis pretvara se u heksadekaski te šalje pretvaraču kao riječ putem *PROFIBUS* komunikacije. Referenca ili željena vrijednost skalira se ovisno o pretvaraču i maksimalnoj vrijednosti koja se može poslati putem komunikacije. Također referenca se pretvara u heksadekaski zapis i šalje kao *Word 02*. Na isti način u PLC dolaze statusi (*Word 01*) i alarmi (*Word 03*) te skalirana stvarna brzina motora (*Speed Feedback – Word 02*). Mjerna jedinica reference brzine je u [m/s]. Skaliranje referentne brzine se vrši prema izrazu (5-2). Detaljniji opis pojedinog *word*-a nalazi se u prilogu br. 5 (Tablica 5.3).

Formule koje su upotrebljavane prilikom komunikacije PLC-a i pretvarača:

- Izračun maksimalne linearne brzine:

$$v_{max} = \frac{RPM_{max} \cdot \pi \cdot d}{i \cdot 60 \cdot 1000} \left[\frac{m}{s} \right] \quad (5-1)$$

gdje je:

v_{max} – maksimalna linearna brzina valjaka [m/s]

RPM_{max} – maksimalna brzina motora [RPM]

d – promjer valjka [m]

i – prijenosni omjer mjenjača.

- Skaliranje reference brzine koju PLC šalje pretvaraču:

$$v_{PLC \rightarrow DRIVE} = \frac{v_{ref}}{v_{max}} \cdot N \quad (5-2)$$

gdje je:

$v_{PLC \rightarrow DRIVE}$ – skalirana referenca brzine motora

v_{ref} – referenca linearne brzine valjaka [m/s]

v_{max} – maksimalna linearna brzina [m/s]

N – maksimalan broj koji se može prenijeti putem komunikacije.

- Pretvaranje skalirane trenutne brzine koja dolazi iz pretvarača u linearnu brzinu:

$$v_{act} = \frac{v_{DRIVE \rightarrow PLC}}{N} \cdot v_{max} \quad (5-3)$$

gdje je:

v_{act} – trenutna linearna brzina valjaka [m/s]

$v_{DRIVE \rightarrow PLC}$ – skalirana trenutna brzina motora

N – maksimalan broj koji se može prenijeti putem komunikacije

v_{max} – maksimalna linearna brzina [m/s].

6. SIMULATOR

Simulator senzora aktuatora i hidraulike je izrađen u FC300 „SIM_FC_CMD“. Simulator služi kako bi nakon dane naredbe vratio stanje aktuatora. Analogni signali pozicije simulirani su tako da se povećava ili smanjuje vrijednost varijable za vrijeme dok se daje naredba. Senzor razine izrađen je da varira između neke vrijednosti, dok je senzor temperature ovisan o stanju grijača. Kada grijač ulja radi, temperatura ulja se povećava, a kada je grijač ulja isključen temperatura se smanjuje. Digitalni senzori hidraulike ovisni su o analognoj vrijednosti koja se simulira. Kada temperatura ulja prijeđe zadanu maksimalnu vrijednost, induktivni senzor maksimalne temperature ulja će se prisilno postaviti u stanje „0“. Ako temperatura ulja padne ispod zadane minimalne vrijednosti, induktivni senzor minimalne temperature će se prisilno postaviti u stanje „0“. Na istom principu je izrađena simulacija induktivnih senzora razine ulja u spremniku. Ulazni ventili pumpi su prisilno postavljeni u stanje „otvoreno“ na početku simulacije.

Funkcija FC445 „DRIVE_FC_MAIN“ predstavlja simulator pretvarača i motora. Pokretanje motora vrši se sljedećim redoslijedom:

1. PLC šalje komandu pretvaraču *Preset ON*
2. pretvarač šalje PLC-u status da je motor *Preset ON*
3. PLC šalje pretvaraču komandu *START*
4. pretvarač vrati status da je motor startan
5. PLC šalje referencu brzine
6. pretvarač šalje PLC-u *Speed Feedback*.

Unutar funkcije se nalaze alarmi koji se mogu prisilno postaviti kako bi pretvarač ušao u *fault* te zaustavio motor. Kako bi se otklonila greška, potrebno je ručno pritisnuti tipkalo *reset fault*. Statusi koje pretvarač šalje PLC-u ovise o stanju motora te se mogu pogledati u prilogu br. 6. FC60 „DTS_FC_SRAMP“ simulira odziv brzine motora. Odziv brzine kreće se prema S-rampi (6-3) te se parametri maksimalnih vrijednosti porasta akceleracije; akceleracije i brzine upisuju prema prilogu br. 7. FC301 „SIM_FC_ENC“ simulira rad inkrementalnog enkodera koji je potreban pretvaraču kako bi imao povratnu vezu stvarne brzine. Pomoću inkrementalnog enkodera se mogu pozicionirati i vratila. Da bi se vratila zaustavila u željenoj poziciji, mora se znati koliki kut naprave vratila od početka usporavanja do brzine nula. Zbog toga se izračunava ploština ispod krivulje brzine prilikom usporavanja. Zbog jednostavnosti simulira se zalet motora do neke manje brzine, prema toj brzini se izračuna kut koji je potreban da bi se vratila zaustavila na željenu poziciju (engl.

Distance to Stop - DTS). Postoji dodatan induktivni senzor koji potvrđuje da su vratila u poziciji za zamjenu valjačkog stana.

Formule koje su korištene za izradu simulatora motora (S-rampe) i enkodera:

- Porast akceleracije: $j(t) = konst. \left[\frac{m}{s^3} \right]$ (6-1)

- Akceleracija: $\int j(t) dt = a(t) = j \cdot t + a_0 \left[\frac{m}{s^2} \right]$ (6-2)

- Brzina: $\int a(t) dt = v(t) = \frac{1}{2}j \cdot t^2 + a \cdot t + v_0 \left[\frac{m}{s} \right]$ (6-3)

- Put: $\int v(t) dt = s(t) = \frac{1}{6}j \cdot t^3 + \frac{1}{2}a \cdot t^2 + v \cdot t + s_0 [m]$ (6-4)

- Kut: $\varphi(t) = \int \omega(t)dt [rad]$ (6-5)

- Pretvaranje skalirane referentne brzine što dolazi iz PLC-a u [RPM]:

$$v_{RPM} = \frac{v_{PLC \rightarrow DRIVE}}{N} \cdot RPM_{max} \quad (6-6)$$

gdje je:

v_{RPM} – referentna brzina motora [RPM]

$v_{PLC \rightarrow DRIVE}$ – skalirana trenutna brzina motora

N – maksimalan broj koji se može prenijeti putem komunikacije

RPM_{max} – maksimalna brzina motora [RPM].

- Skaliranje trenutne brzine koju pretvarač šalje PLC-u:

$$v_{DRIVE \rightarrow PLC} = \frac{RPM_{act}}{RPM_{max}} \cdot N \quad (6-7)$$

gdje je:

$v_{DRIVE \rightarrow PLC}$ – trenutna skalirana brzina motora

RPM_{act} – trenutna brzina motora

N – maksimalan broj koji se može prenijeti putem komunikacije

RPM_{max} – maksimalna brzina motora [RPM].

7. SEKVENCA

Izmjena valjačkog stana podjeljena je na dvije sekvence, a to su:

- sekvenca izvlačenja valjačkog stana (engl. *Ejection Sequence*)
- sekvenca umetanja valjačkog stana (engl. *Insertion Sequence*)

Za pojedinu sekvencu potrebni su određeni uvjeti, stoga svaka sekvenca ima uvjete za početak. Sekvenca se može prekinuti u svakom trenutku iz razloga što se može dogoditi nešto strojevima ili ljudima. FB525 „AUTOCHANGE_SEQ“ služi za kontrolu sekvenci.

FB525 radi sljedećim redoslijedom:

1. provjerava koliko koraka ima sekvenca
2. provjerava dali su uvjeti uredi
3. kreće sa prvim korakom i prosljeđuje komandu na aktuator
4. provjerava dali je korak završio i dali je to zadnji korak sekvence
5. ako nije zadnji korak odbroji zadano vrijeme između koraka i nastavlja sljedeći korak sve dok ne stigne do posljednjeg koraka gdje završava sekvencu.

FB525 upotrebljava DB465 „S01_AUTO_EJECT_DB“ i DB466 „S01_AUTO_INSERT_DB“ (*Instance Data Block*). FC465 „S01_AUTOCHANGE“ služi da bi provjerio uvjete i proslijedio ka FB525, zatim proslijedio naredbu od FB525 na aktuator i proslijedio status senzora ka FB525. Na kraju same funkcije FC465 provjerava se je li sekvenca završila na vrijeme; ako nije, prekida se trenutna sekvenca i javlja grešku.

7.1. Sekvenca izvlačenja valjačkog stana

Sekvenca izvlačenja ima deset koraka:

1. Pozicioniranje vratila (engl. *Spindle positioning*)
2. Otključavanje steznih klinova od stana (engl. *Cartridge unlocking to baseframe*)
3. Klip pomiče stan u krajnju poziciju do motora (engl. *Cartridge moving in fully backward position*)
4. Zaključavanje steznih klinova za stan (engl. *Cartridge locking to baseframe*)
5. Odvajanje nosača vratila od stana (engl. *Spindle support disengaging*)
6. Otključavanje steznih klinova od stana (engl. *Cartridge unlocking to baseframe*)
7. Klip pomiče stan na pomičnu platformu (engl. *Cartridge moving on switching car*)
8. Podizanje vilice (engl. *Fork lifting*)
9. Klip pomiče stan na središnju poziciju (engl. *Cartridge moving in intermediate position*)
10. Spuštanje vilice (engl. *Fork lowering*).

Uvjeti za početak sekvence izvlačenja su:

- Stan miruje
- Sekvenca izvlačenja nije aktivna
- Vilica spuštена
- Vratila pozicionirana
- Stezni klinovi ili nosač vratila zaključani
- Hidraulička jedinica radi
- Lokalna kontrola
- Nije izvanredno stanje.

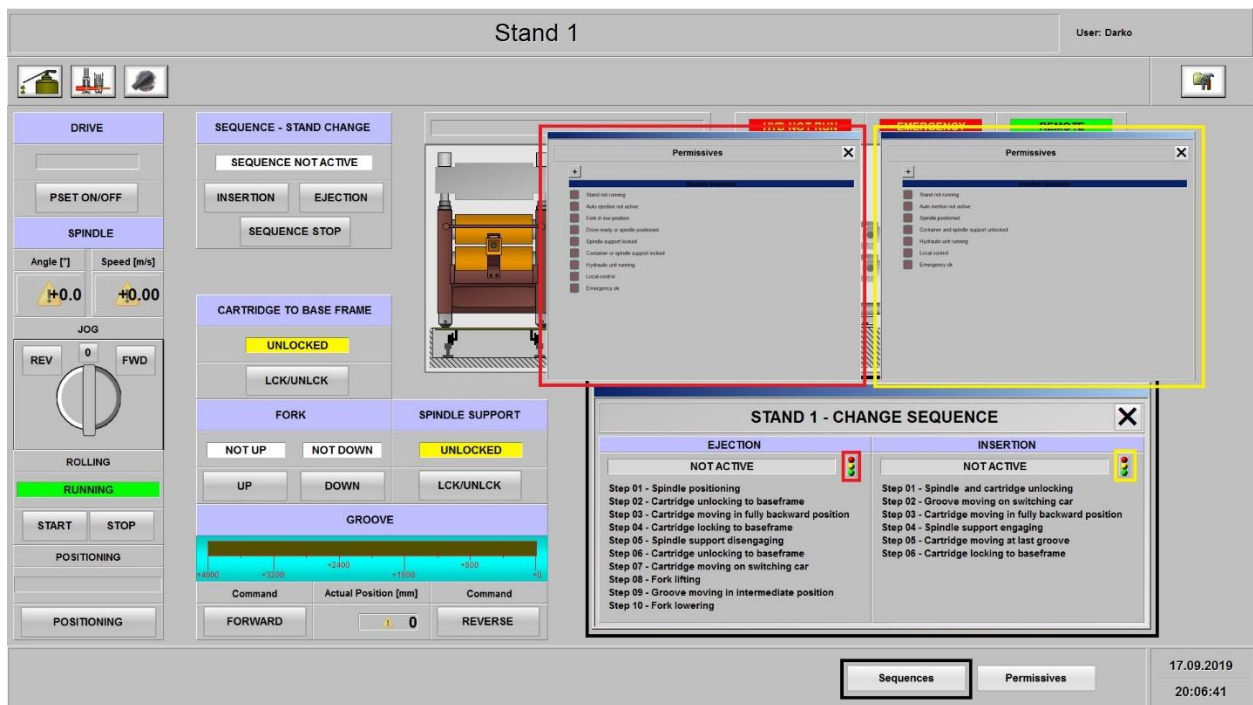
7.2. Sekvenca umetanja valjačkog stana

Sekvenca umetanja ima šest koraka:

1. Otključavanje steznih klinova i klina nosača vratila (engl. *Spindle and cartridge unlocking*)
2. Klip se pomiče na pomičnu platformu (engl. *Cartridge moving on switching car*)
3. Klip pomiče stan u krajnju poziciju do motora (engl. *Cartridge moving in fully backward position*)
4. Povezivanje nosača vratila sa stanom (engl. *Spindle support engaging*)
5. Klip pomiče stan u poziciju za valjanje (engl. *Cartridge moving at last groove*)
6. Zaključavanje steznih klinova za stan (engl. *Cartridge locking to baseframe*).

Uvjeti za početak sekvence umetanja su:

- Stan miruje
- Sekvenca uvlačenja nije aktivna
- Vratila pozicionirana
- Nosač vratila i stezniklinovi otključani
- Hidraulička jedinica radi
- Lokalna kontrola
- Nije izvanredno stanje.



Slika 7.1 HMI – izgled prozora sekvenci i permisiva

- Sekvence zamjene valjačkog stana
- Uvjeti sekvence izvlačenja
- Uvjeti sekvence umetanja

8. ZAKLJUČAK

Diplomski rad je rađen u suradnji s firmom Danieli Systec te su dobivene upute i materijali za izradu softvera i vizualizacije.

U prvom poglavlju je naveden zadatak čiju realizaciju treba sadržavati ovaj diplomski. U drugom poglavlju objašnjen je program koji se upotrebljava za izradu softvera te program za izradu vizualizacije. U trećem poglavlju opisana je hidraulička jedinica, njezini dijelovi, senzori i spremnik s uljem. U četvrtom poglavlju objašnjeni su aktuatori koji se upotrebljavaju za zamjenu valjačkog stana, te ventili pomoću kojih se upravlja istima. Peto poglavlje sadrži ručno upravljanje aktuatorima te je objašnjena struktura izrade programa za aktuatore, motor i pretvarač. U šestom poglavlju je opisan način rada simulatora aktuatora, senzora, motora i pretvarača. U sedmom poglavlju je opisana izrada sekvenci za izmjenu te funkcije i funkcijski blokovi koji se upotrebljavaju.

Kao završetak sve je objedinjeno u vizualizaciji u kojoj se simulira pomicanje svakog aktuatora, senzora, motora i pretvarača.

LITERATURA

- [1] SIMATIC Statement List (STL) for S7-300 and S7-400 Programming (ožujak 2006)
<http://iat.fs.cvut.cz/109/files/S7/S7-SW2.pdf>
- [2] HIDRAULIČKA JEDINICA, Filip Videković, Travanj 2018.
- [3] Priručnik iz tvornice u kojoj se nalazi valjački stan horizontalnog tipa, MOVABLE HOUSINGLESS STANDS VERSION DOM, yzAUTOMATION
- [4] Grijač ulja, <http://www.exheat-industrial.com/template/default/img/fpca.jpg>
- [5] Induktivni senzor, https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fmedia.rs-online.com%2Ft_large%2FF7396604-01.jpg&imgrefurl=https%3A%2F%2Fau.rs-online.com%2Fweb%2Fp%2Finductive-proximity-sensors%2F7396604%2F&docid=fJJp_ZSn3pdHM&tbnid=0tZZOznxTOD_M%3A&vet=10ahUKEwjhv_ziubrAhVEZVAKHR9GBx0QMwhPKAMwAw..i&w=444&h=411&bih=597&biw=1236&q=proximity%20switch%20hydraulic%20oil%20tank&ved=0ahUKEwjhv_ziubrAhVEZVAKHR9GBx0QMwhPKAMwAw&iact=mr&uact=8
- [6] Mjerač razine, <https://www.fozmula.com/wp-content/uploads/2016/04/Oil-Level-Sensor-Deutsch-3qtr-trans-500x500.jpg>
- [7] PT100, <https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/41VPZWC7dDL.jpg>
- [8] Hidraulička pumpa, https://img.directindustry.com/images_di/photo-g/13611-14429369.jpg
- [9] Akumulator ulja, <https://olaer.ch/wp-content/uploads/2015/05/Grundlagen-neu.jpg>
- [10] Filtri, <https://www.hydac.com.au/wp-content/uploads/2016/08/InlineFilterUnder100Bar.jpg>
- [11] Ručni ventil, <https://5.imimg.com/data5/EU/EI/MY-27438860/intervalve-butterfly-valve-500x500.jpg>
- [12] Shema upravljanja motora, <https://qph.fs.quoracdn.net/main-qimg-1ca982c9503d49be282f638c3a559432>

SAŽETAK

U ovom diplomskom radu izrađeni su i objašnjeni dijelovi hidrauličke jedinice, njezin rad te uloga u tvornicama čelika. Zatim objašnjeni su valjački stanovi i razlog izmjene valjačkih stanova. Objašnjeni su aktuatori koji sudjeluju u zamjeni valjačkog stana te on-off ventili pomoću kojih se upravlja hidrauličkim aktuatorima. Objašnjeni su tipovi senzora koji se upotrebljavaju prilikom zamjene valjačkih stanova te kod kojih aktuatora se upotrebljavaju. Pojašnjen je princip ručnog upravljanja aktuatorima i kada se on upotrebljava. Zatim je pojašnjen način izrade simulatora. U tablicama su navedeni uvjeti koji su potrebni prilikom rada aktuatora i hidraulike. U radu se upotrijebila simulacija motora i pretvarača te je pojašnjeno na koji način komunicira PLC i pretvarač te kakav odziv brzine vrtnje ima motor pri zaletu. Navedeni su komunikacijski paketi koji se upotrebljavaju u komunikaciji PLC-a i pretvarača te skaliranje referentne i trenutne brzine. Na samome kraju objašnjena je izrada dvije sekvence za izmjenu valjačkog stana. Svaka sekvenca ima određeni broj koraka i uvjete za početak.

Ključne riječi: valjački stan, hidraulička jedinica, aktuatori, senzori, simulator, sekvenca, upravljanje, motor, pretvarač

ABSTRACT

Hydraulic unit and its function in steelmaking industry is described in this thesis. The rolling mill and reasons for stand replacement are described. An explanation of how actuators and on-off valves take part in stand replacement is also provided. The important role of manually operating stand replacement by actuators is described. This thesis also explains how the simulation of actuators and sensors is done. The list of permissives that need to be satisfied before actuators and hydraulic unit start are provided. Also mentioned are the communication packages that are used for communication between PLC and converters. Two automatic sequences of stand replacement are explained. Each sequence has an exact number of steps and permissives that need to be done before the sequence can start.

Key words: rolling mill stand, hydraulic unit, actuators, sensors, simulator, sequence, control, motor, converter

ŽIVOTOPIS

DARKO ŠTIGLER

Rođen je 16. rujna 1995. godine u Osijeku; danas živi u mjestu Punitovci. Osnovnu školu od prvoga do četvrtoga razreda pohađao je u mjestu Punitovci, a zatim od petoga do osmoga razreda u mjestu Josipovac Punitovački, gdje ju i završava 2010. godine s odličnim uspjehom. Poslije završene osnovne škole upisuje srednju Elektrotehničku i prometnu školu Osijek u Osijeku, smjer elektrotehničar. Srednju školu završava 2014. godine i stječe zvanje elektrotehničar.

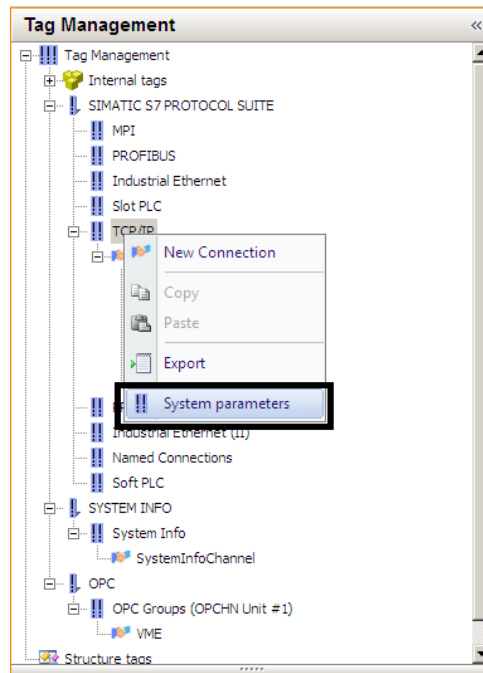
2014. godine upisuje preddiplomski sveučilišni studij elektrotehnike, smjer elektroenergetika na Elektrotehničkom fakultetu u Osijeku te ga završava 2017. godine.

Nakon završetka preddiplomskog studija upisuje diplomski studij elektrotehnike, blok industrijska elektroenergetika na Elektrotehničkom fakultetu u Osijeku. Prilikom pohađanja diplomskog studija odlazi na stručnu praksu u Danieli Systec gdje ostaje raditi četiri mjeseca te u suradnji s firmom izrađuje diplomski rad.

PRILOZI

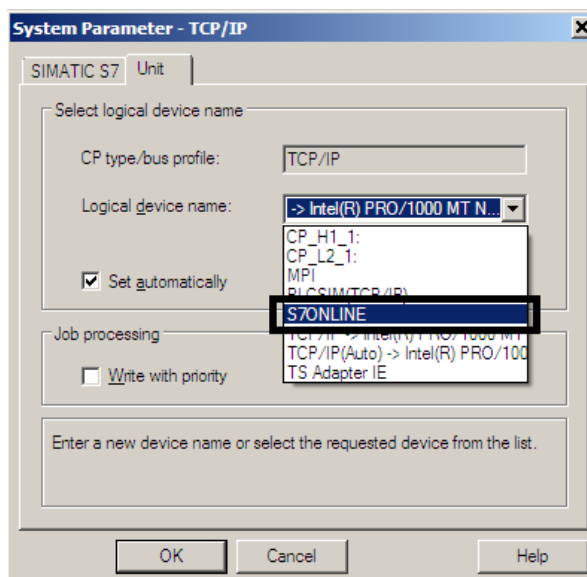
Prilog 1

1. Desni klik na TCP/IP te na *System Parameters*



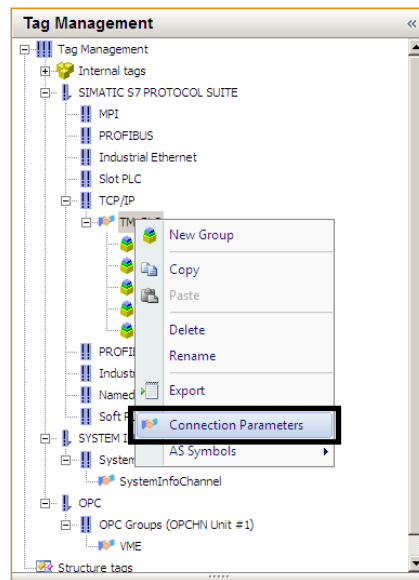
Slika 2.6 Prvi korak

2. *Logical device name* postavlja se na *S7ONLINE*



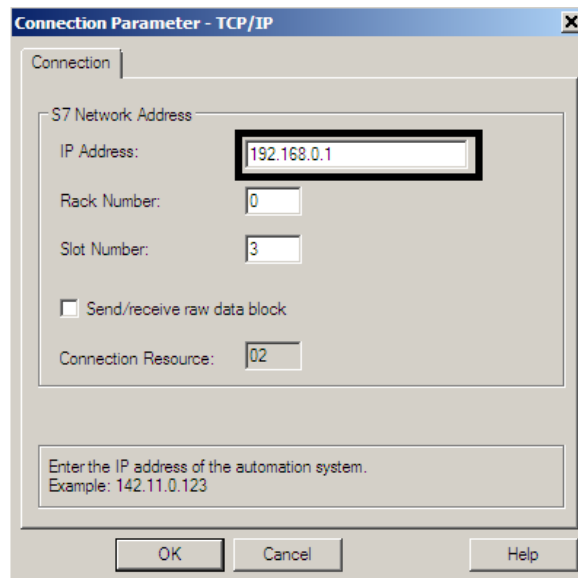
Slika 2.7 Drugi korak

3. Desni klik na „TM_PLC“ te na *Connection Parameters*



Slika 2.8 Treći korak

4. U *IP Address* upisuje se adresa 192.168.0.1 jer je to adresa simulatora



Slika 2.9 Četvrti korak

Prilog 2

Tablica 5.1 Uvjeti za rad hidraulike

Recirkulacijska pumpa	Glavna pumpa	Hidraulička jedinica	Grijač
Početni			
Razina ulja u spremniku iznad minimalne	Razina ulja u spremniku iznad minimalne	Razina ulja u spremniku iznad minimalne	
Temperatura ulja u spremniku dovoljna za pokretanje pumpe	Temperatura ulja u spremniku dovoljna za pokretanje pumpe	Temperatura ulja u spremniku dovoljna za pokretanje pumpe	
	Recirkulacijska pumpa pokrenuta	Previše pumpi s greškom	
Tokom rada			
Nije izvanredno stanje	Nije izvanredno stanje	Nije izvanredno stanje	Nije izvanredno stanje
Pumpa se upalila na vrijeme	Pumpa se upalila na vrijeme	Cijela jedinica se upalila na vrijeme	Grijač se upalio na vrijeme
Razina ulja u spremniku iznad najniže dozvoljenog	Razina ulja u spremniku iznad najniže dozvoljenog	Razina ulja u spremniku iznad najniže dozvoljenog	Razina ulja u spremniku iznad najniže dopuštenog
Motor pumpe spreman	Temperatura ulja u spremniku manja od maksimalne	Temperatura ulja u spremniku manja od maksimalne	Temperatura ulja u spremniku manja od maksimalne
	Tlak ulja iznad minimalnog	Tlak ulja iznad minimalnog	Grijač spreman
	Motor pumpe spreman		
	Ulazni ventil otvoren		

Prilog 3

Tablica 5.2 Uvjet aktuatora za izmjenu valjačkog stana

Stezni klinovi	Klin za nosač	Cilindar za pomicanje	Vilica
Zaključavanje	Zaključavanje	Izvlačenje	Gore
Nije izvanredno stanje	Nije izvanredno stanje	Nije izvanredno stanje	Nije izvanredno stanje
Hidraulička jedinica radi	Hidraulička jedinica radi	Hidraulička jedinica radi	Hidraulička jedinica radi
Stan stoji	Stan stoji	Stan stoji	Stan je pomičnoj platformi
	Stan na poziciji maksimalno uvučen	Stezni klinovi otključani	Vilica nije podignuta
	Stezni klinovi zaključani	Cilindar nije u posljednjoj poziciji zazora valjaka i stan zakvačen	
	Klin nije zaključan za nosač	Cilindar nije maksimalno izvučen i stan odvojen	
Otključavanje	Otključavanje	Uvlačenje	Dolje
Nije izvanredno stanje	Nije izvanredno stanje	Nije izvanredno stanje	Nije izvanredno stanje
Hidraulička jedinica radi	Hidraulička jedinica radi	Hidraulička jedinica radi	Hidraulička jedinica radi
Stan stoji	Stan stoji	Stan stoji	Cilindar za pomicanje je maksimalno izvučen ili na srednjoj poziciji
	Stan na poziciji maksimalno uvučen	Stezni klinovi otključani	Vilica nije spuštена
	Stezni klinovi zaključani	Cilindar nije maksimalno uvučen i stan zakvačen	
		Cilindar nije u središnjoj poziciji i stan odvojen	

Prilog 4

```

Network 13 : SPINDLE SUPPORT LOCK MANUAL REQUEST
A      "S01_DB".LCS.IN.SPI_LCK      DB460.DBX64.3      -- Spindle support lock
FP     "S01_DB".WORK.Oms[1]        DB460.DBX324.0
A      "S01_DB".PERM.SPI_LCK      DB460.DBX134.7      -- Spindle lock command permissives
AN     "S01_DB".WORK.SEQ_ACT       DB460.DBX346.0      -- Seugence active
A      "S01_DB".WORK.SPI_UNLCK    DB460.DBX332.1      -- Spindle support unlocked
=      "S01_DB".REQ.SPI_LCK_MAN    DB460.DBX148.6      -- Spindle support lock manual request

Network 14 : SPINDLE SUPPORT UNLOCK MANUAL REQUEST
A      "S01_DB".LCS.IN.SPI_LCK      DB460.DBX64.3      -- Spindle support lock
FP     "S01_DB".WORK.Oms[2]        DB460.DBX324.1
A      "S01_DB".PERM.SPI_UNLCK    DB460.DBX135.0      -- Spindle unlock command permissives
AN     "S01_DB".WORK.SEQ_ACT       DB460.DBX346.0      -- Seugence active
A      "S01_DB".WORK.SPI_LCK      DB460.DBX332.0      -- Spindle support locked
=      "S01_DB".REQ.SPI_UNLCK_MAN  DB460.DBX148.7      -- Spindle support unlock manual request

Network 15 : SPINDLE SUPPORT LOCK AUTOMATIC REQUEST
A      "S01_DB".SEQ.INS.STEP_4      DB460.DBX336.3      -- Step 4: Spindle support engaging
FP     "S01_DB".WORK.Oms[3]        DB460.DBX324.2
=      "S01_DB".REQ.SPI_LCK_AUTO    DB460.DBX150.0      -- Spindle support lock automatic request

Network 16 : SPINDLE SUPPORT UNLOCK AUTOMATIC REQUEST
A(
O      "S01_DB".SEQ.EJEC.STEP_5     DB460.DBX50.4      -- Step 5: Spindle support disengaging
)
O      "S01_DB".SEQ.INS.STEP_1     DB460.DBX336.0      -- Step 1: Spindle support and cartridge unlocking
)
FP     "S01_DB".WORK.Oms[4]        DB460.DBX324.3
=      "S01_DB".REQ.SPI_UNLCK_AUTO  DB460.DBX150.1      -- Spindle support unlock automatic request

Network 17 : SPINDLE SUPPORT LOCK MANUAL STATUS
A      "S01_DB".PERM.SPI_LCK      DB460.DBX134.7      -- Spindle lock command permissives
A(
O      "S01_DB".REQ.SPI_LCK_MAN     DB460.DBX148.6      -- Spindle support lock manual request
)
O      "S01_DB".STAT.SPI_LCK_MAN    DB460.DBX164.6      -- Spindle support lock manual status
)
AN     "S01_DB".REQ.SPI_UNLCK_MAN   DB460.DBX148.7      -- Spindle support unlock manual request
AN     "S01_DB".REQ.SPI_UNLCK_AUTO  DB460.DBX150.1      -- Spindle support unlock automatic request
AN     "S01_DB".REQ.SPI_LCK_AUTO    DB460.DBX150.0      -- Spindle support lock automatic request
=      "S01_DB".STAT.SPI_LCK_MAN    DB460.DBX164.6      -- Spindle support lock manual status

Network 18 : SPINDLE SUPPORT UNLOCK MANUAL STATUS
A      "S01_DB".PERM.SPI_UNLCK    DB460.DBX135.0      -- Spindle unlock command permissives
A(
O      "S01_DB".REQ.SPI_UNLCK_MAN   DB460.DBX148.7      -- Spindle support unlock manual request
)
O      "S01_DB".STAT.SPI_UNLCK_MAN  DB460.DBX164.7      -- Spindle support unlock manual status
)
AN     "S01_DB".REQ.SPI_LCK_MAN     DB460.DBX148.6      -- Spindle support lock manual request
AN     "S01_DB".REQ.SPI_LCK_AUTO    DB460.DBX150.0      -- Spindle support lock automatic request
AN     "S01_DB".REQ.SPI_UNLCK_AUTO  DB460.DBX150.1      -- Spindle support unlock automatic request
=      "S01_DB".STAT.SPI_UNLCK_MAN  DB460.DBX164.7      -- Spindle support unlock manual status

Network 19 : SPINDLE SUPPORT LOCK AUTOMATIC STATUS
A      "TRUE"                      M25.1
A(
O      "S01_DB".REQ.SPI_LCK_AUTO     DB460.DBX150.0      -- Spindle support lock automatic request
)
O      "S01_DB".STAT.SPI_LCK_AUTO    DB460.DBX166.0      -- Spindle support lock automatic status
)
AN     "S01_DB".REQ.SPI_UNLCK_AUTO  DB460.DBX150.1      -- Spindle support unlock automatic request
AN     "S01_DB".REQ.SPI_UNLCK_MAN   DB460.DBX148.7      -- Spindle support unlock manual request
AN     "S01_DB".REQ.SPI_LCK_MAN     DB460.DBX148.6      -- Spindle support lock manual request
=      "S01_DB".STAT.SPI_LCK_AUTO    DB460.DBX166.0      -- Spindle support lock automatic status

Network 20 : SPINDLE SUPPORT UNLOCK AUTOMATIC STATUS
A      "TRUE"                      M25.1
A(
O      "S01_DB".REQ.SPI_UNLCK_AUTO   DB460.DBX150.1      -- Spindle support unlock automatic request
)
O      "S01_DB".STAT.SPI_UNLCK_AUTO  DB460.DBX166.1      -- Spindle support unlock automatic status
)
AN     "S01_DB".REQ.SPI_LCK_AUTO     DB460.DBX150.0      -- Spindle support lock automatic request
AN     "S01_DB".REQ.SPI_LCK_MAN     DB460.DBX148.6      -- Spindle support lock manual request
AN     "S01_DB".REQ.SPI_UNLCK_MAN   DB460.DBX148.7      -- Spindle support unlock manual request
=      "S01_DB".STAT.SPI_UNLCK_AUTO  DB460.DBX166.1      -- Spindle support unlock automatic status

Network 21 : SPINDLE SUPPORT STATUS TO MOVE
A      "TRUE"                      M25.1
=      L      1.0
A      L      1.0
A(
O      "S01_DB".STAT.SPI_LCK_MAN     DB460.DBX164.6      -- Spindle support lock manual status
)
O      "S01_DB".STAT.SPI_LCK_AUTO    DB460.DBX166.0      -- Spindle support lock automatic status
)
=      "S01_DB".MOVE.SPI_LCK        DB460.DBX182.6      -- Spindle support lock move
A      L      1.0
A(
O      "S01_DB".STAT.SPI_UNLCK_MAN   DB460.DBX164.7      -- Spindle support unlock manual status
)
O      "S01_DB".STAT.SPI_UNLCK_AUTO  DB460.DBX166.1      -- Spindle support unlock automatic status
)
=      "S01_DB".MOVE.SPI_UNLCK      DB460.DBX182.7      -- Spindle support unlock move

Network 22 : SPINDLE SUPPORT LOCK MOVEMENT DONE
A      "S01_DB".MOVE.SPI_LCK        DB460.DBX182.6      -- Spindle support lock move
A(
O      "S01_DB".WORK.SPI_LCK         DB460.DBX332.0      -- Spindle support locked
)
O      "S01_DB".STAT.SPI_LCK_DONE    DB460.DBX167.2      -- Spindle support lock status done
)
=      "S01_DB".STAT.SPI_LCK_DONE    DB460.DBX167.2      -- Spindle support lock status done

Network 23 : SPINDLE SUPPORT UNLOCK MOVEMENT DONE
A      "S01_DB".MOVE.SPI_UNLCK      DB460.DBX182.7      -- Spindle support unlock move
A(
O      "S01_DB".WORK.SPI_UNLCK       DB460.DBX332.1      -- Spindle support unlocked
)
O      "S01_DB".STAT.SPI_UNLCK_DONE  DB460.DBX167.3      -- Spindle support unlock status done
)
=      "S01_DB".STAT.SPI_UNLCK_DONE  DB460.DBX167.3      -- Spindle support unlock status done

Network 24 : SPINDLE SUPPORT LOCK TIME OUT
A      "S01_DB".MOVE.SPI_LCK        DB460.DBX182.6      -- Spindle support lock move
AN     "S01_DB".STAT.SPI_LCK_DONE    DB460.DBX167.2      -- Spindle support lock status done
=      L      1.0
BLD 103
CALL "SYS_FC_TON_D_ms"              FC20      -- ON-Delay Timer
Start :=L1.0
Set_Time :=3000
Accumulator:="S01_DB".WORK.Timerz[7] DB460.DBW208
A      BR
=      "S01_DB".HMI.ALM.SPI_LCK_TIMEOUT DB460.DBX120.0      -- Spindle support lock time out

```



```

Network 25 : SPINDLE SUPPORT UNLOCK TIME OUT
A      "S01_DB".MOVE.SPI_UNLCK          DB460.DBX182.7  -- Spindle support unlock move
AN     "S01_DB".STAT.SPI_UNLCK_DONE    DB460.DBX167.3  -- Spindle support unlock status done
=      L      1.0
BLD    103
CALL   "SYS_FC_TON_D_ms"                FC20           -- ON-Delay Timer
Start  :=M1.0
Set_Time :=S000
Accumulator:="S01_DB".WORK.Timer#(8)    DB460.DSW210
A      BR
=      "S01_DB".HMI.AL.M.SPI_UNLCK_TIMEOUT DB460.DBX120.1  -- Spindle support unlock time out

Network 26 : SPINDLE SUPPORT LOCK SENSOR LOST
A      "S01_DB".STAT.SPI_LCK_DONE      DB460.DBX167.2  -- Spindle support lock status done
AN     "S01_DB".WORK.SPI_LCK           DB460.DBX332.0  -- Spindle support locked
=      L      1.0
BLD    103
CALL   "SYS_FC_TON_D_ms"                FC20           -- ON-Delay Timer
Start  :=M1.0
Set_Time :=S000
Accumulator:="S01_DB".WORK.Timer#(9)    DB460.DSW212
A      BR
=      "S01_DB".HMI.AL.M.SPI_LCK_SENS_LOST DB460.DBX121.1  -- Spindle support lock sensor lost

Network 27 : SPINDLE SUPPORT VALVE LOCK/UNLOCK COMMAND
A      "TRUE"                           M25.1
=      L      1.0
A      L      1.0
A      "S01_DB".MOVE.SPI_LCK             DB460.DBX182.6  -- Spindle support lock move
=      "S01_DB".FLD.OUT.SPI_LCK         DB460.DBX22.0   -- Spindle support lock
A      L      1.0
A      "S01_DB".MOVE.SPI_UNLCK          DB460.DBX182.7  -- Spindle support unlock move
=      "S01_DB".FLD.OUT.SPI_UNLCK       DB460.DBX22.1   -- Spindle support unlock

```

Prilog 5

Tablica 5.3 Paketi u komunikaciji PLC-a i DRIVE-a za ABB-ov pretvarač

Data from PLC to DRIVE			Data from DRIVE to PLC					
Word 01	bit	Command Word 1	Word 01	bit	Status Word 1	Word 03	bit	Status Word 2
	00	Preset ON/OFF		00	Ready to switch ON		00	Cumulative Fault
	01	Pulse Disable		01	Preset Confirm		01	Not Zero Speed
	02	Fast Stop/Start Consent		02	Start Confirm		02	Emergency Active
	03	Start/Stop		03	Fault		03	Incoming Line Fault
	04	Enable Ramp Output		04	Not Pulse Disable		04	Main Disconnector Switch Open
	05	Enable Ramp		05	Not Fast Stop		05	Inverter Fan Fault
	06	Enable Ramp Input		06	Switch ON Inhibit		06	Resistor Braking Unit Fault
	07	Fault Reset		07	Alarm		07	Motor Fan Alarm
	08			08	No Speed Deviation		08	Motor Brake Fault
	09			09	Remote		09	Motor Brake Released
	10	PLC Control		10	Setpoint Reached		10	Motor Overtemperature Fault
	11			11			11	Main contactor closed
	12			12			12	Overload motor 1
	13			13			13	Overload motor 2
	14			14			14	FWD/HIGH Overtravel
	15			15			15	REV/LOW Overtravel
Word 02		Speed Reference	Word 02		Speed Feedback			

Prilog 6

```

A "TRUE" SET
= L 32.0 SAVE
A L 32.0 CLR
A "DRIVE_FORCE_DB".STATUS.NOT_PULSE_DBLE _006: A BR
= #Status.NOT_PULSE_DBLE )
A L 32.0 A(
A "DRIVE_FORCE_DB".STATUS.NOT_FAST_STP L #MATH_TEMP.TEMP_0
= #Status.NOT_FAST_STP L 1.000000e+001
A L 32.0 <=R
A "DRIVE_FORCE_DB".STATUS.SW_ON_INH )
= #Status.SW_ON_INH = #Status.SET_RCH
A L 32.0 A L 32.0
A( A(
L "DRIVE_DB".DRIVE_TO_PLC.WORK.SPD_ACT L "DRIVE_DB".DRIVE_TO_PLC.WORK.SPD_ACT
L #Speed_Ref L 0.000000e+000
==R <>R
) )
= #Status.NO_SPD_DEV_ACTV = #Alarms.NOT_ZERO_SPD
A( A L 32.0
A( A "DRIVE_FORCE_DB".STATUS.EMG_ACTV_OK
A L 32.0 = #Alarms.EMG_ACTV_OK
JNB _005 A L 32.0
L #Speed_Ref A "DRIVE_FORCE_DB".STATUS.MOT_BREAK_REL
L "DRIVE_DB".DRIVE_TO_PLC.WORK.SPD_ACT = #Alarms.MOT_BREAK_REL
-R A L 32.0
T #MATH_TEMP.TEMP_0 A "DRIVE_FORCE_DB".STATUS.MAIN_CNTC_CLS
AN OV = #Alarms.MAIN_CNTC_CLS
SAVE A L 32.0
CLR A "DRIVE_FORCE_DB".STATUS.FWD_OVT
_005: A BR = #Alarms.FWD_OVT
) A L 32.0
JNB _006 A "DRIVE_FORCE_DB".STATUS.REV_OVT
L #MATH_TEMP.TEMP_0 = #Alarms.REV_OV
ABS
T #MATH_TEMP.TEMP_0

```

Prilog 7

Network 9: Motor Speed Simulation

