

UNIVERZA V MARIBORU
FAKULTETA ZA ELEKTROTEHNIKO,
RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKO
FAKULTETA ZA STROJNIŠTVO

Jernej Križaj

**POSODOBITEV KRMILNIKA ZA
AVTOMATIZACIJO SISTEMA ZA
KONTINUIRNO LITJE**

Diplomsko delo

Maribor, oktober 2019

POSODOBITEV KRMILNIKA ZA AVTOMATIZACIJO SISTEMA ZA KONTINUIRNO LITJE

Diplomsko delo

Študent:	Jernej Križaj
Študijski program:	Univerzitetni študijski program Mehatronika
Mentor FERI:	Doc. dr. Miran Rodič
Mentor FS:	Red. prof. dr. Franc Zupanič
Lektorica:	Helena Kolar, predmetna učiteljica slovenskega in nemškega jezika

Zahvala

Zahvaljujem se mentorjema doc. dr. Miranu Rodiču in prof. dr. Francu Zupaniču za vodenje pri opravljanju diplomske naloge. Prav tako se zahvaljujem tudi mag. Marijanu Španerju za vso pomoč pri diplomskem delu.

Posebna zahvala gre mami, ki mi je stala ob strani ter mi omogočila študij.

Posodobitev krmilnika za avtomatizacijo sistema za kontinuirno litje

Ključne besede: kontinuirno litje, avtomatizacija sistema, SCADA, PLK

UDK: 681.51:621.74.047(043.2)

Povzetek

Diplomsko delo obsega tako strojno nadgradnjo sistema za kontinuirno litje, kot tudi programsko nadgradnjo, narejeno po zahtevah Laboratorija za materiale na Fakulteti za strojništvo. Podrobneje je opisan spremenjen grafični vmesnik in logika, ki se skriva v odsekih kode nadzornega programa. Prav tako je opisan celotni postopek nadgraditve obstoječe strojne opreme do stopnje za namestitev in priklop na peč za kontinuirno litje. Posodobljen sistem je bil priklopljen na priključke starega sistema, testirano je bilo delovanje spremenjenega programa in simulacija kontinuirnega litja.

Update of controller for automation of continuous casting system

Keywords: continuous casting, automation, SCADA, PLC

UDK: 681.51:621.74.047(043.2)

Summary

The diploma thesis focuses on the hardware and software upgrade of the system for continuous casting in accordance with the Laboratory of materials of the Faculty of Mechanical Engineering. The thesis includes an in-depth analysis of the modified user interface and the logic behind sections of code of the monitoring program. We described the complete upgrade procedure of the existing hardware as well as the phase of installation and coupling to the casting furnace. At the final phase the upgraded system was coupled with the previous system. Furthermore, we tested the operation of the upgraded program and ran simulations of continuous casting.

KAZALO VSEBINE

KAZALO SLIK	VII
1 UVOD	1
2 TEORETIČNO OZADJE KONTINUIRNEGA LITJA	3
3 SPLOŠNO O PROGRAMIRLJIVIH LOGIČNIH KRMILNIKIHI.....	7
4 OPIS IZHODIŠČNEGA STANJA	9
4.1 Obstoječa aplikacija	9
4.1.1 Mehanski del	9
4.1.2 Programski del (SCADA).....	10
4.2 Opis peči za kontinuirno litje.....	12
5 OPIS IN DELOVANJE NADGRADNJE PROGRAMA	14
5.1 Opis režimov delovanja.....	14
5.1.1 Ročni režim delovanja	14
5.1.2 Avtomatski režim delovanja	16
5.2 Opis programskih funkcij v nadzornem programu.....	20
5.2.1 Izračun poti in hitrosti	20
5.2.2 Ročni pomik zelene poti	26
5.2.3 Hitrostni profil	28
5.2.4 Položajni regulator	34
5.2.5 Povratni sunek.....	36
5.3 Opis parametrov.....	38
5.3.1 Parametri v ročnem režimu delovanja	38
5.3.1.1 Korekcija v milimetre na sekundo.....	38
5.3.1.2 Izbrana hitrost	39
5.3.1.3 Želen premik.....	39
5.3.2 Parametri v avtomatskem režimu delovanja	39
5.3.2.1 Parametri v hitrostnem profilu	39
5.3.2.2 Prvi čas (t_1)	41

5.3.2.3	Pot1 (s_1) in Pot2 (s_2)	41
5.3.2.4	Hitrost v odstotkih in povprečna hitrost.....	42
5.3.2.5	Pot v odstotkih in celotna pot.....	43
5.3.3	Parametri za povratni sunek.....	44
5.3.3.1	Pomik povratnega sunka.....	44
5.3.3.2	Čas povratnega sunka	44
5.3.3.3	Tokovna omejitev motorja.....	45
5.3.4	Parametri za pogon motorja	45
5.3.4.1	Število pulzov na obrat.....	45
5.3.4.2	Premer valja	45
5.3.4.3	Prestavno razmerje	46
5.3.5	Parametri za regulator.....	46
5.3.5.1	K_p položajnega regulatorja	46
5.3.5.2	Korekcija izhodne napetosti.....	46
5.3.5.3	Maksimalna hitrost motorja	47
6	NADGRADNJA STROJNE OPREME	48
6.1	Prilagoditev inkrementalnih signalov	48
6.1.1	Vezje za ojačanje signalov	48
6.1.2	Vezje za galvansko ločitev signalov	50
6.2	Panel za ročno vodenje	52
6.3	Plošča s pripadajočimi komponentami	54
7	PRIKLJUČITEV USTREZNIH SIGNALOV ZA PRIPADAJOČ SISTEM.....	56
7.1	Referenčna napetost.....	57
7.2	Signali inkrementalnega dajalnika.....	58
7.3	Enable pogoj.....	59
7.4	Temperatura v loncu in kokili	60
7.5	Tok motorja	61
8	PRIKLJUČITEV IN PREIZKUS DELOVANJA SISTEMA.....	62
9	SKLEP.....	64

10 VIRI.....65

KAZALO SLIK

SLIKA 2.1: KONTINUIRNO LITJE V PREREZU	4
SLIKA 2.2: SESTAVA LIVNEGA CIKLA	5
SLIKA 2.3: PRIMER TRANSPORTA LITE PALICE V INDUSTRIJI [2].....	6
SLIKA 3.1: MODULARNA ZGRADBA KRMILNIKA	8
SLIKA 4.1: PREDHODNA NAREJENA APLIKACIJA ZA SIMULIRANJE KONTINUIRNEGA LITJA.....	10
SLIKA 4.2: PREDHODNO NAREJEN PROGRAM ZA SIMULIRANJE KONTINUIRNEGA LITJA	12
SLIKA 4.3: VAKUUMSKA PEČ, KI SE NAHAJA NA FAKULTETI ZA STROJNIŠTVO V PROSTORIH INŠTITUTA ZA MATERIALE	13
SLIKA 5.1: POGOJI ZA PREKLOP MED REŽIMOMA DELOVANJA V NADZORNEM PROGRAMU	14
SLIKA 5.2: OZNAČITEV ROČNEGA REŽIMA DELOVANJA V SCADA	15
SLIKA 5.3: POGOJI ZA DELOVANJE AVTOMATSKEGA REŽIMA V NADZORNEM PROGRAMU	16
SLIKA 5.4: REGULIRANA ZANKA SISTEMA.....	18
SLIKA 5.5: OZNAČITEV AVTOMATSKEGA REŽIMA DELOVANJA V SCADI.....	19
SLIKA 5.6: ODSEK OKNA POLOŽAJNA REFERENCA IN DEJANSKA POT V SCADI	19
SLIKA 5.7: ODSEK OKNA GRAFIČNI PRIKAZ PODATKOV V SCADI	20
SLIKA 5.8: NASTAVITEV HITRIH ŠTEVCEV	21
SLIKA 5.9: FUNKCIJSKI BLOK ZA IZRAČUN POTI V LESTVIČNI OBLIKI.....	22
SLIKA 5.10: KODA V FUNKCIJSKEM BLOKU ZA IZRAČUN POTI.....	23
SLIKA 5.11: FUNKCIJSKI BLOK ZA IZRAČUN TRENUTNE HITROSTI	24
SLIKA 5.12: KODA V FUNKCIJSKEM BLOKU ZA IZRAČUN HITROSTI.....	25
SLIKA 5.13: FUNKCIJSKI BLOK ZA IZRAČUN CELOTNE POTI	26
SLIKA 5.14: FUNKCIJSKI BLOK ZA PREMİK ŽELENE VREDNOSTI V ROČNEM REŽIMU DELOVANJA	27
SLIKA 5.15: KODA V FUNKCIJSKEM BLOKU ZA PREMİK ŽELENE VREDNOSTI	28
SLIKA 5.16: POGOJI ZA SETIRANJE MERKERJA W3.06	29
SLIKA 5.17: FUNKCIJSKI BLOK ZA IZRAČUN POTI HITROSTNEGA PROFILA	30
SLIKA 5.18: KODA V FUNKCIJSKEM BLOKU ZA IZRAČUN TOČK HITROSTNEGA PROFILA.....	31
SLIKA 5.19: NASTAVITEV ČASOVNEGA INTERVALA ZA PROGRAMSKO SEKCIJO SCHEDULED INTERRUPT	33
SLIKA 5.20: UPORABA SEŠTEVALNIKOV IN PISANJE REFERENČNE POTI V POMNILNIK KRMILNIKA.....	33
SLIKA 5.21: BRANJE ZAPISANE REFERENČNE POTI IZ POMNILNIKA V PREKINITVENI RUTINI	34
SLIKA 5.22: FUNKCIJSKI BLOK POLOŽAJNEGA REGULATORJA	35
SLIKA 5.23: KODA V FUNKCIJSKEM BLOKU POLOŽAJNEGA REGULATORJA.....	36
SLIKA 5.24: FUNKCIJSKI BLOK POVRATNEGA SUNKKA	37
SLIKA 5.25: KODA V FUNKCIJSKEM BLOKU POVRATNEGA SUNKKA	38
SLIKA 5.26: SKICA HITROSTNEGA PROFILA IN OBMOČJE PARAMETROV	42
SLIKA 5.27: SPREMINJANJE PARAMETRA HITROSTI V ODSOTKIH.....	43
SLIKA 5.28: SPREMINJANJE PARAMETRA POTI V ODSOTKIH	44
SLIKA 6.1: SHEMATSKI PRIKAZ VEZJA ZA OJAČANJE SIGNALOV	49
SLIKA 6.2: SHEMATSKI PRIKAZ VEZJA ZA GALVANSKO LOČITEV SIGNALOV.....	50
SLIKA 6.3: VEZJI ZA PRILAGODITEV INKREMENTALNIH SIGNALOV V BOARD NAČINU. A) VEZJE ZA OJAČANJE SIGNALOV. B) VEZJE ZA GALVANSKO LOČITEV.....	51

SLIKA 6.4: VEZJI ZA OJAČANJE SIGNALOV IN GALVANSKO LOČITEV INTEGRIRANI NA PLOŠČI.....	52
SLIKA 6.5: PANEL ZA ROČNO VODENJE.....	53
SLIKA 6.6: PLOŠČA Z INTEGRIRANIMI STROJNIMI KOMPONENTAMI	55
SLIKA 7.1: PRIKLJUČITEV POSODOBLJENEGA SISTEMA	57
SLIKA 7.2: PRIKLJUČITEV REFERENČNE NAPETOSTI IN MERJENEGA TOKA NA MOTORJU	58
SLIKA 7.3: PRIKLJUČITEV INKREMENTALNEGA DAJALNIKA.....	59
SLIKA 7.4: PRIKLJUČITEV ENABLE POGOJA NOVEGA SISTEMA	60
SLIKA 7.5: PRIKLJUČITEV OBEH TEMPERATUR NA LETEV NOVEGA SISTEMA.....	61
SLIKA 8.1: TESTIRANJE DELOVANJA NOVEGA SISTEMA.....	63
SLIKA 8.2: TESTIRANJE AVTOMATIZACIJE VLEČENJA PALICE PRI KONTINUIRNEM LITJU.....	63

PRILOGE:

Priloga A: Električna vezalna shema komponent

Priloga B: Nadgrajen uporabniški vmesnik

Priloga C: Lestvični program krmilnika

SEZNAM UPORABLJENIH SIMBOLOV

V – volt

A – amper

W – vat

% – odstotek

kHz – kiloherc

kg – kilogram

mm – milimeter

m – meter

mm/s – milimeter na sekundo

s – sekunda

ms – milisekunda

mF – mikro farad

s_1 – pot prve daljice hitrostnega profila [mm]

s_2 – pot druge daljice hitrostnega profila [mm]

s_3 – pot tretje daljice hitrostnega profila [mm]

s_4 – pot četrte daljice hitrostnega profila [mm]

t_1 – čas prve daljice hitrostnega profila [s]

t_2 – čas druge daljice hitrostnega profila [s]

t_3 – čas tretje daljice hitrostnega profila [s]

t_4 – čas četrte daljice hitrostnega profila [s]

t_s – čas postanka [s]

t_p – čas povratnega sunka [s]

SEZNAM UPORABLJENIH KRATIC

PLK – programirljivi logični krmilnik

A/D – analogno digitalni pretvornik

D/A – digitalno analogni pretvornik

PID – ang. proportional integral derivative controller

SCADA – sistem za nadzor in zajemanje podatkov (ang. supervisory control and data acquisition)

CIO – skupek vhodnih in izhodnih bitov (ang. common input output bits)

INTEGER – številski tip s celoštevilsko aritmetiko

REAL – številski tip z aritmetiko s plavajočo vejico

SIGNED – predznačen zapis števil

UNSIGNED – nepredznačen zapis števil

UTP – neoklopljena sukana parica (ang. unshielded twisted pair)

1 UVOD

Današnja industrija temelji na čim večji avtomatizaciji sistemov s preglednejšo uporabo ter hitrejši in točnejši izdelavi z neprisitnostjo ali delno prisotnostjo človeka, kar omogočajo programirljivi logični krmilniki z ustreznimi grafičnimi vmesniki.

Na Fakulteti za strojništvo, v Laboratoriju za materiale, se je v osemdesetih letih prejšnjega stoletja uveljavil avtomatiziran sistem proizvajalca Siemens za kontinuirno litje, ki jo povezan z vakuumsko indukcijsko pečjo. Uporablja se za eksperimentalne namene, in sicer za testiranje novih zlitin z namenom ugotovitve idealne hitrosti ohlajanja in s tem idealnega ulitka za nadaljnjo proizvodno industrijo. Med litje se spreminjajo različni parametri in s temi ohlajevalne lastnosti, ki določajo različne lastnosti materiala, kot so trdota, natezna trdnost, žilavost in mnoge druge. Pred začetkom litja je treba v kokilo vstaviti kos palice, da se prepreči iztekanje taline iz kokile. Izbrana zlitina se v loncu pod vakuumom tali in vertikalno dovaja v vodno hlajeno kokilo. Tam se sprime z vstavljenjo palico. Vlečenje palice omogočata dva valja, ki se nahajata pod kokilo in ju poganja servomotor.

Projekt nadgradnje peči za kontinuirno litje se je začel že pred leti, zato se je bilo potrebno seznaniti z obstoječo literaturo ter preučiti izhodiščno programsko in strojno opremo. Namen tega diplomskega dela je izboljšati in nadgraditi obstoječo strojno opremo do stopnje integracije v nov sistem in s tem nadaljevanje testiranja zlitin. Potrebno je bilo preučiti dokumentacijo naprave, ki je samo v nemškem jeziku, ter v njej poiskati ustrezne priključke za priklop potrebnih signalov na obstoječ programirljivi logični krmilnik (PLK) proizvajalca Omron. Nekatere priključke je bilo potrebno tudi preurediti zahtevam PLK. Za simulacijo kontinuirnega litja je bil narejen program, tako v grafičnem vmesniku SCADA, kot tudi v nadzornem programu, ki je bil spremenjen in preurejen zahtevam Laboratorija za materiale. Ob uspešno doseženem zastavljenem

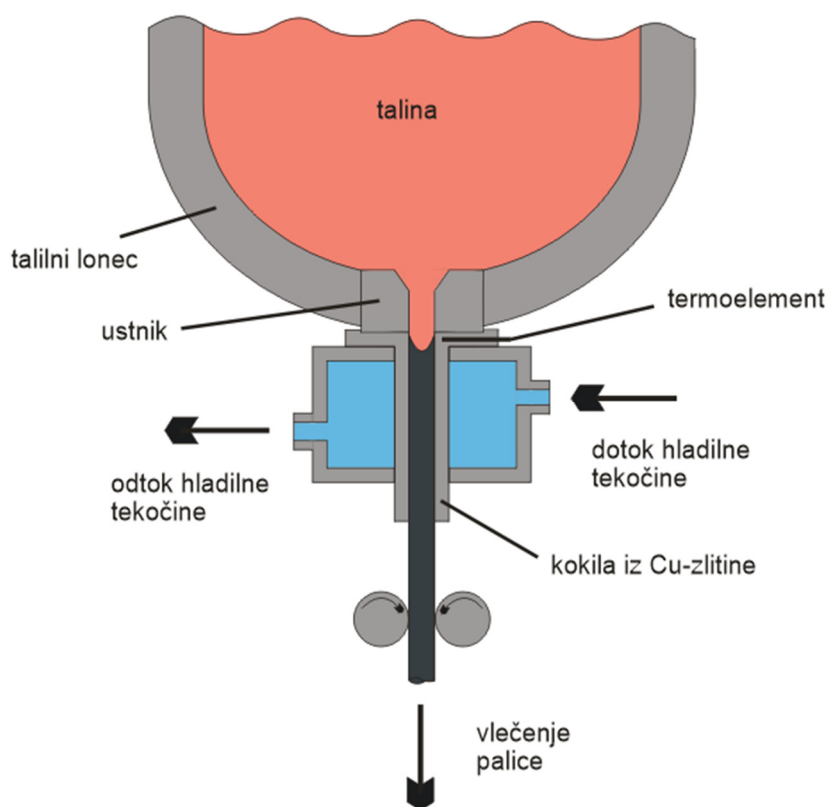
cilju je bilo testirano delovanje spremenjenega programa ob priključitvi na ustrezne priključke in s tem se je testirala avtomatizacija vlečenja palice.

V drugem poglavju naloge je predstavljeno splošno teoretično ozadje kontinuirnega litja, ki je potrebno za razumevanje diplomskega dela. V tretjem poglavju se spoznava splošno znanje PLK-ja. Kot že omenjeno, se je projekt začel že pred leti, zato se je bilo potrebno seznaniti z že narejenima izdelkoma, kar je predstavljeno in opisano v četrtem poglavju. V petem poglavju je opisan spremenjeni program, tako v grafičnem vmesniku, kot tudi v nadzornem programu. Podrobneje je opisana nastavitve vseh parametrov v programskem okolju SCADA. V šestem poglavju je navedena vsa fizična sprememba strojne opreme, ki je bila potrebna za optimalno delovanje sistema. Prav tako je to končni produkt za integracijo v obstoječi sistem kontinuirnega litja. V sedmem poglavju je opisana lokacija priključkov na obstoječem sistemu za priklop ustreznih signalov na posodobljeni sistem. Zaključnemu delu sledi testiranje končanega programa ter ustrezna priključitev posodobljenega sistema na obstoječi sistem, kar je predstavljeno v poglavju osem.

2 TEORETIČNO OZADJE KONTINUIRNEGA LITJA

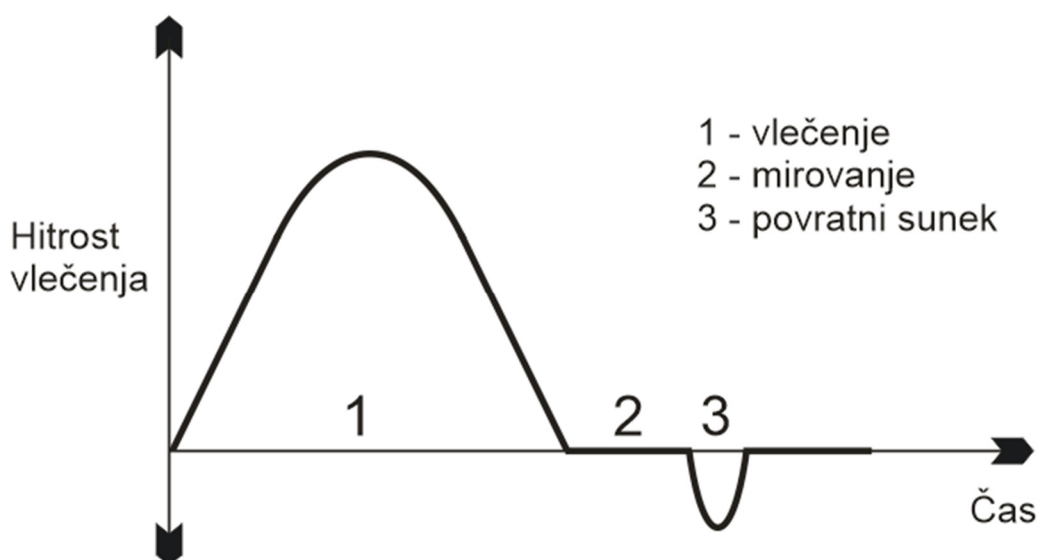
Proces kontinuirnega litja jekla je bil izumljen leta 1958, v letu 1960 pa se je kontinuirno litje pojavilo tudi na trgu. Kontinuirno litje, imenovano tudi neskončno litje, je proces, ki se uporablja v proizvodni industriji za litje neprekinjene dolžine ulitka. Procesi kontinuirnega litja so najučinkovitejši in najpogostejši pri strjevanju velike prostornine kovin v preproste oblike za poznejšo obdelavo. Na leto se pri kontinuirnem litju proizvede preko 500 milijonov ton jekla, 20 milijonov ton aluminija in 1 milijon ton bakra in niklja. Glede na ostale procese litja ima kontinuirno litje višji kapitalski strošek, a manjši obratovalni strošek, zato se kontinuirno litje uporablja za velike šarže.

V lonec se konstantno dovaja količina talilnega materiala, da je priskrbljena zadostna količina za neprekinjeno delovanje kontinuirnega litja. Nekateri sistemi litja velikih količin imajo v loncu senzor nivoja taline in glede porabe se določi konstanten dovod talilnega materiala. Da je talina v popolnoma tekočem stanju, mora biti začetna temperatura v območju, kjer je material v popolnoma tekočem stanju. Če je temperatura taline premajhna ali je talina preveč viskozna, se zgodi, da preneha teči in talina ostane v loncu, nakar se zgodi, da jo je potrebno po ohladitvi zavreči. Kadar pa je temperatura taline prevelika ali premalo viskozna, se zgodi, da začne talina nenadzorovano teči skozi kokilo, kar bi bilo nevarno za operaterja. Začetna temperatura je odvisna od materiala in se ugotovi na osnovi termične analize. Za enakomerno polnjenje zlitine materiala v sistemu pripomore gravitacijska sila, ki omogoča potovanje zlitine vzdolž kokile. V loncu se iz taline izločijo nečistoče in žindra. Za talilni material se lahko uporablja več materialov, ki so iz plemenitih kovin, nekovin ter železovih zlitin. Za začetek kontinuirnega litja se v kokilo na koncu lonca vstavi kos že ulite palice, ki se nato napolni s staljeno kovino, da se prepreči iztok. K strditvi taline pripomore vodno hlajena kokila, v katero se konstantno odvaja in dovaja hladilna tekočina, kot kaže slika 2.1.



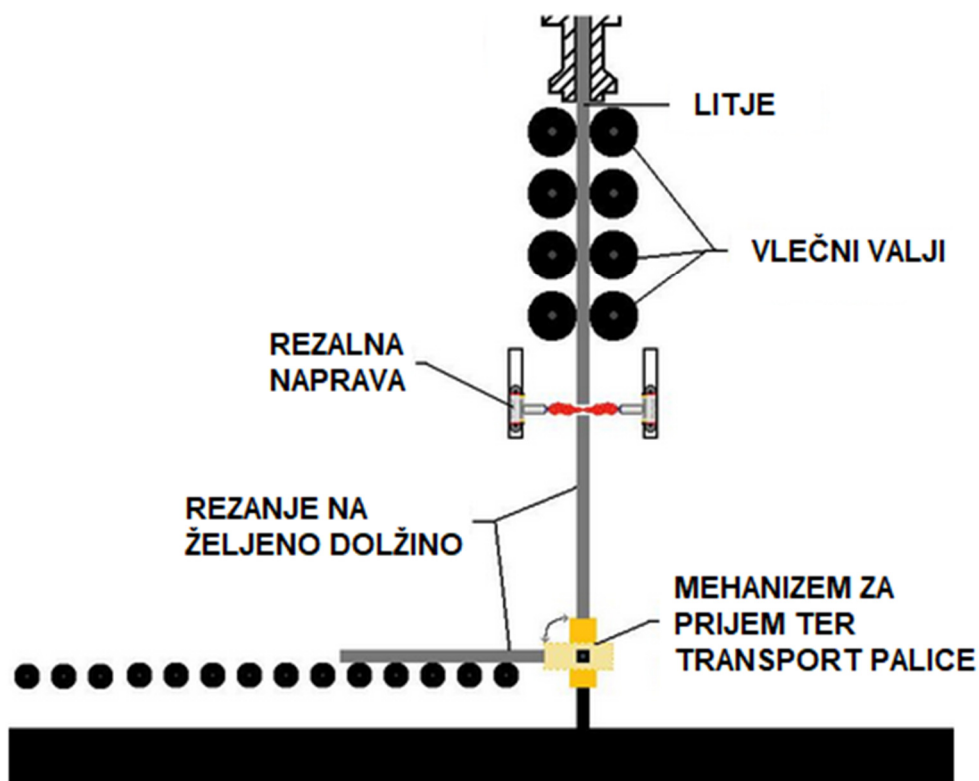
Slika 2.1: Kontinuirno litje v prerezu

Staljena kovina se nato ob njeni strditvi sprime s kosom lite palice, ki je vstavljena v kokilo. Ulita palica se s pomočjo valjev, pritrjenih na pnevmatski cilinder, stisne ob valja, ki sta vezana na pogon motorja. Tako se omogoči fiksna pritrditev palice in premik je možen samo po želji operaterja. Staljena kovina se ob strditvi sprime s kosom lite palice v kokili, ki se ga nato s pomočjo valjev vleče z nastavljeno hitrostjo. Vlečenje palice poteka na način, kot je prikazan na sliki 2.2, in sicer zaradi optimalnega delovanja kontinuirnega litja ter z namenom zmanjšanja reakcije med steno kokile in talino [1]. Kontinuirno litje poteka vertikalno. Pri želeni dolžini se ulitek odreže s pomočjo plamenskega rezalnika ali brusilke. Izkoristek odpadnega materiala je pri kontinuirnem litju večji, saj se lahko odpadni material znova uporabi in pretali v talino.



Slika 2.2 Sestava livnega cikla

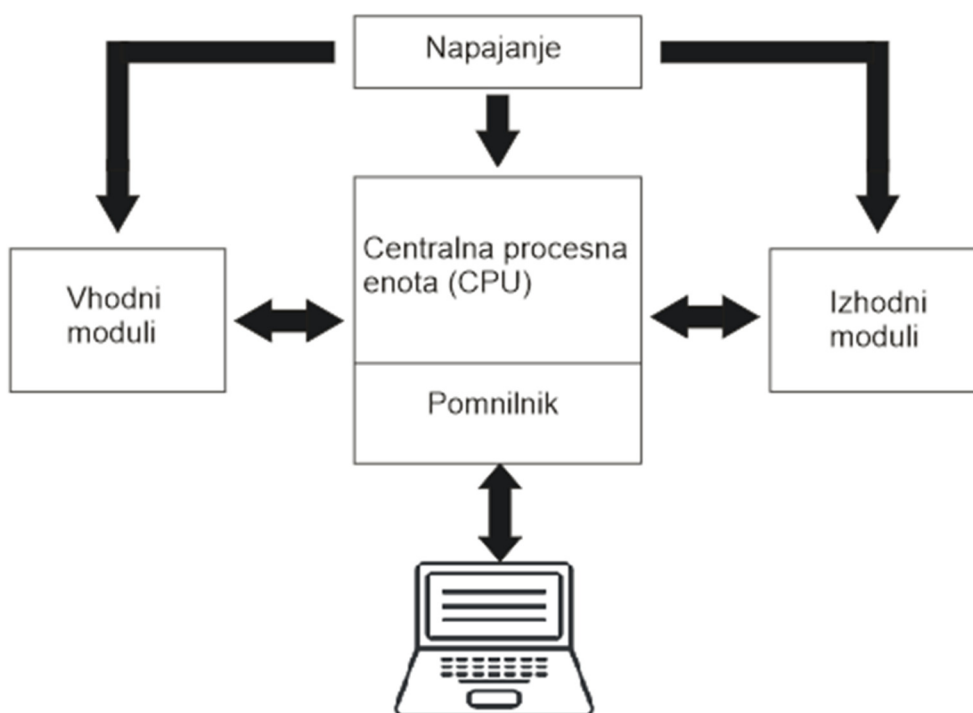
Slika 2.3 prikazuje avtomatiziran postopek kontinuirnega litja z zaporedno implementiranim sistemom z možnostjo odreza ter transporta lite palice. Na začetku se mora kos že ulite palice vstaviti v kokilo, dolžina tega pa mora biti tolikšna, da bo oprijet med vsemi vlečnimi valji. Nato poteka litje, dokler lita palica ne doseže mehanizma za prijem palice. Za odrez ulitka je potreben premik rezalne naprave med rezanjem z enako hitrostjo, kot je hitrost litja. V tem primeru se kot rezalna naprava uporablja plazemski rezalnik. Ko je lita palica odrezana, to mehanizem zazna ter odloži palico na transportni trak, po katerem se pelje naprej do naslednje točke procesa obdelovanja. V proizvodnji se za postopek litja uporablja operacija za mehansko oblikovanje izdelka zaporedno in poteka tako, da se z različnimi velikostmi valjev plastično preoblikuje v želeno obliko izhodnega izdelka. Za avtomatiziran proces mora biti hitrost litja sorazmerna hitrosti valjev, ki nadalje plastično oblikujejo lito palico [2].



Slika 2.1: Primer transporta lite palice v industriji [2]

3 SPLOŠNO O PROGRAMIRLJIVIH LOGIČNIH KRMILNIKI

V času pred programirljivimi logičnimi krmilniki se je za avtomatizacijo sistema in za preverjanje raznih pogojev uporabljala relejna tehnika. To ni bilo idealno, saj je skupek relejev zavzemal velik prostor v elektro omari, in kadar je prišlo do odpovedi enega releja, se je sistem okvaril in delovanje ni bilo več pravilno. Zato se je leta 1968 pri podjetju Hydramatic začel prvi razvoj na področju elektronike, ki naj bi nadomestila relejno tehniko. Po nekaj neuspešnih poskusih je bil istega leta, s sodelovanjem podjetja Hydramatic in podjetja General Motors, razvit prvi PLK proizvodne serije 084 Madicon, v angleščini modular digital controller, kar pomeni modularni digitalni krmilnik [4]. Namenjen je bil za možno uporabo v industrijskih okoljih, kjer so prisotni razni vplivi okolja, visoke temperature ter razne motilne veličine. V okviru izbire strukture programskega jezika so se odločili za lestvično obliko, ki je bila istega izgleda kot shematski pregled relejne logike. Vhodni moduli so lahko samo v digitalni obliki in potrebno jih je pretvoriti na delovno napetost PLK, medtem ko so lahko signali izdani iz izhodnega modula tudi v analogni obliki. Digitalna oblika izhodnega modula je lahko nastavljiva, in sicer po več izhodov skupaj z različnimi napetostnimi pretvorniki. Nekateri PLK imajo zelo malo analognih vhodov in ti so omejeni, zato je potrebno za večjo območje analognega signala in za večjo število le-teh vzporedno priklopiti analogno digitalni pretvornik z razširitveno kartico. Osrednji modul vsebuje centralno procesno enoto ter pomnilnik, ki omogočata pravilno delovanje programa ter vodenje procesov. Pomnilnik PLK je sestavljen iz programskega in podatkovnega dela. Ob izklopu napajanja se podatki v pomnilniku ne izbrišejo, saj imajo krmilniki integrirano pomožno napajanje z baterijo. Za lažje upravljanje in nadzor avtomatizacije sistema se krmilnik poveže z računalniško enoto, na kateri je nameščeno razvojno okolje za grafični vmesnik.



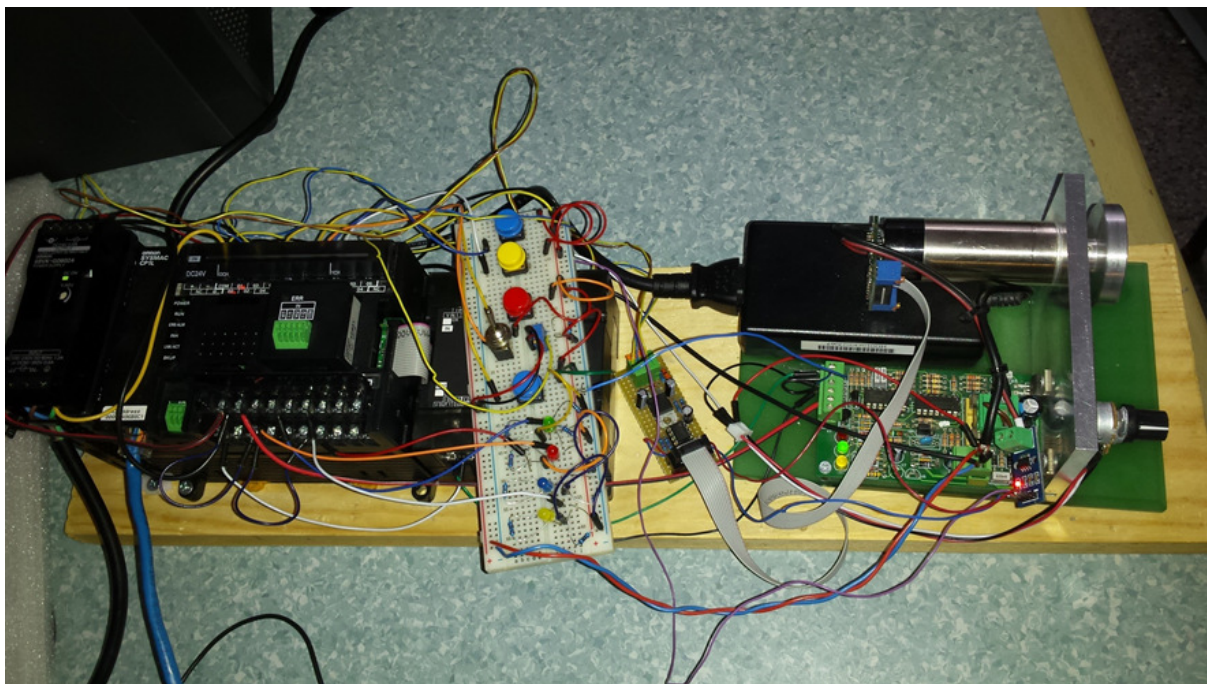
Slika 3.1: Modularna zgradba krmilnika

4 OPIS IZHODIŠČNEGA STANJA

4.1 Obstoječa aplikacija

4.1.1 Mehanski del

Projekt nadgradnje peči za kontinuirno litje je bil izvajan že v preteklih letih, zato je bilo potrebno preučiti in se seznaniti s pripravljeno literaturo in z narejenim izdelkom. Prav tako se je bilo potrebno seznaniti o teoretičnem ozadju kontinuirnega litja za pravilno razumevanje delovanje aplikacije. Aplikacija je bila sestavljena iz Omronovih komponent, in sicer iz napajalnika, A/D (analogno digitalnega) pretvornika, razširitvene kartice ter PLK, ki so bili pritrjeni na leseno podlago in med seboj povezani. Zraven se je nahajalo vezje, na katerem so bila razna tipkala, svetleče diode ter potenciometri, ki so ponazarjali različne funkcije kontinuirnega litja. Pri tipkalih in svetlečih diodah je šlo za digitalni 24 V signal na vhod in izhod iz PLK-ja, medtem ko pri potenciometrih za analogni signal na vhod A/D pretvornika. Analogni signali so bili preurejeni tako, da so imeli takšno vrednost kot signali termo elementov pri peči za kontinuirno litje. Za testiranje vrtenja motorja se je uporabljal servomotor z inkrementalnim dajalnikom ter z regulacijsko karto. Na regulacijsko karto je bila pripeljana referenčna napetost od -10 do 10 V, ki predstavlja različno hitrost ter izbrano smer vrtenja. Pozitivni predznak referenčne napetosti predstavlja vrtenje v smeri urinega kazalca, medtem ko negativni vrtenje v nasprotni smeri urinega kazalca. Da lahko servoregulator obdela referenčno napetost in jo posreduje servomotorju, potrebuje dovoljenje v obliki 24 V signala, ki se imenuje omogočitveni (enable) signal. Brez tega signala motor ne bi dobil nobene napetosti in ne bi deloval. Inkrementalni signali se podajo v vrednosti na nivoju 5 V, delovna napetost krmilnika pa je 24 V, zato je bilo za ojačanje teh signalov narejeno vmesniško vezje med krmilnikom in signali inkrementalnega dajalnika. Narejena aplikacija za simulacijo kontinuirnega litja je bila predhodno diplomsko delo Matevža Lešnika in je prikazana na sliki 4.1.

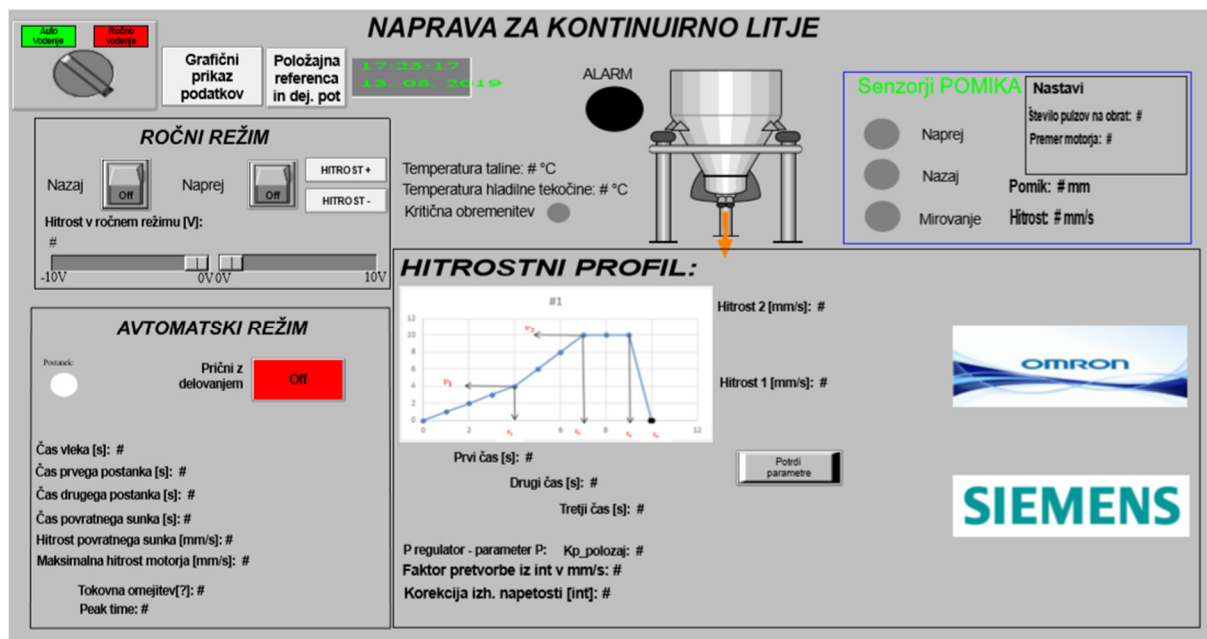


Slika 4.1: Predhodna narejena aplikacija za simuliranje kontinuirnega litja

4.1.2 Programski del (SCADA)

Končni izdelek v programski obliki je zaznamovan in oblikovan v programskem okolju SCADA, angleško Supervisory Control And Data Acquisition. Služi namenu grafičnega nadzora in zajemanju podatkov izbranega sistema. Uporablja se za vodenje nadzornega procesa na visoki ravni. Programska oprema SCADA se lahko upravlja iz osebnih računalnikov, omrežnih podatkovnih komunikacij, grafičnih uporabniških vmesnikov, PLK ter PID krmilnikov. Izbrano merjeno veličino je možno spremljati v nekem časovnem obdobju ter jo prikazati na različne načine. Prav tako je možna uporaba različnih virtualnih tipk ter opozorilnih lučk. S spreminjanjem spremenljivk v SCADA se stanja zapisujejo v nastavljeni obliki v pomnilnik PLK in se lahko nadalje uporabijo v programu, ki je namenjen programiranju. Vsak proizvajalec ima drugačno programsko okolje za upravljanje sistema SCADA. Za proizvajalca Omron se za urejanje in upravljanje SCADA uporablja programski paket CX-Supervisor, ki je na voljo v dveh različnih verzijah, in sicer kot polni paket (full package) ali kot samo zagonski paket (runtime only). Polni paket se uporablja za oblikovanje, nastavljanje ter urejanje programskega okolja SCADA, medtem

ko se zagonski paket uporablja samo za nadzor in potek procesa. Za uporabo teh programov v industriji ali v znanstvene namene je potrebna licenčna programska oprema, kar pomeni, da je potrebno zraven programskega paketa kupiti tudi licenco. Predhodno programsko okolje SCADA simulira kontinuirno litje, ki je sestavljeno iz okna ročni režim, avtomatski režim in hitrostni profil. V polju ročnega režima se z drsnikoma nastavlja želena izhodna napetost, ki jo izda D/A pretvornik. S preklopom stikala nazaj se napetost nastavlja v drsniku prenese na regulacijsko karto servomotorja in s tem poteka premik motorja nazaj s konstantno nastavljenimi hitrostjo. Pri priklopu tipke naprej velja isti postopek kot za tipko nazaj, vendar gre za vrtenje motorja v drugo smer. Pred vklopom avtomatskega režima je bilo potrebno vnesti parametre za hitrostni profil. Ob potrditvi parametrov se je v pomnilnik krmilnika začela zapisovati pot, izračunana po vnesenem hitrostnem profilu. V enem hitrostnem profilu se je zapisalo 500 različnih točk izračunane poti in v celoti opravilo 12 hitrostnih profilov. Torej se je v roku 1 sekunde opravilo 50 izračunov, kar pomeni, da se je ena točka zapisovala vsakih 20 milisekund. Dobra stran tega je, da se je zapisala pot zelo dobre resolucije in s tem so sledili zelo natančni premiki, vendar so ti izračuni pred litjem terjali čas, pred začetkom litja je bilo potrebno čakati 120 sekund. Prav tako je bilo potrebno čakati, če so se parametri spremenili in potrdili tudi med delovanjem litja. Kar seveda ni bilo idealno, saj so pri kontinuirnem litju prisotne visoke temperature. Če bi se čakalo dlje časa, bi se talina nekontrolirano strjevala in lita palica bi se zataknila. To bi pomenilo zavrnitev taline in prekinitev litja. Zaznamovanje programa ter programskega okolja SCADA je bilo diplomsko delo študenta Domna Goška in je prikazano na sliki 4.2.



Slika 4.2: Predhodno narejen program za simuliranje kontinuirnega litja

4.2 Opis peči za kontinuirno litje

Na Fakulteti za strojništvo v prostorih laboratorija za materiale se nahaja sistem za kontinuirno litje za indukcijsko taljenje zlitin proizvodne serije IS01, IS1 in IS1.5. Naprava se uporablja za raziskovalne namene ter za eksperimentiranje obnašanja mikrostrukture ulitka pri spremembi različnih parametrov litja raznih zlitin. Material se tali v vakuumsko nadziranem loncu in se vertikalno dovaja vzdolž kokile. Polnilna masa lonca je med 3 do 15 kg. Sistem je namenjen serijski proizvodnji in je zastavljen tako, da se odvisno od želje stranke namestijo komponente, ki bodo zadoščale pogojem. To pomeni, da se prilagajajo samo komponente, medtem ko potek avtomatizacije ostaja isti. Sistem je sestavljen iz več delov, in sicer iz nadzornega sistema, peči za kontinuirno litje, iz sistema za reguliranje temperature v kokili in peči ter sistema za hlajenje in vzdrževanje temperature v kokili. Sistem se ne uporablja le v raziskovalne namene, ampak tudi v industriji, kjer se za litje uporabljajo plemenite kovine, nekovine ter železove zlitine. Vakuumska komora je vodno hlajena in je narejena iz dvojne stene nerjavečega ali nemagnetnega materiala. Na vakuumski komori so narejene prirobnice za poznejšo priključitev z ustreznimi standardnimi pripomočki oziroma napravami. Prav tako je na

njem narejeno okence, skozi katerega se lahko opazuje celoten proces litja. Za lažje čiščenje je notranjost lonca polirana. Tako se s pomočjo stopinjskega premika ročice talina prelije iz talilnega lonca natanko v kokilo. Za optimalen delovni pritisk poskrbijo modularne črpalke, ki tvorijo kombinacijo oljnih difuzijskih ali rotacijskih batnih črpalk.

Prednosti tega sistema so:

- možnosti izbire med različnimi operacijami: vakuumska, pod inertnim plinom, v normalni atmosferi in v reaktivni atmosferi,
- možnost sintranja,
- možnost izbire med več različnimi črpalkami,
- enostavnejša uporaba po poskusni dobi,
- velika stopnja varnosti in lažja dostopnost komponent,
- velika izbira standardnih komponent in prilagoditev sistema po želji stranke.



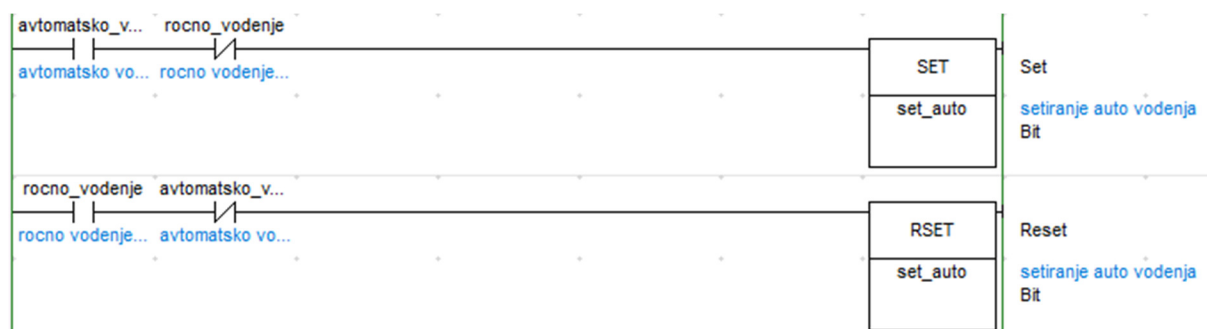
Slika 4.3: Vakuumska peč, ki se nahaja na Fakulteti za strojništvo v prostorih Inštituta za materiale

5 OPIS IN DELOVANJE NADGRADNJE PROGRAMA

5.1 Opis režimov delovanja

5.1.1 Ročni režim delovanja

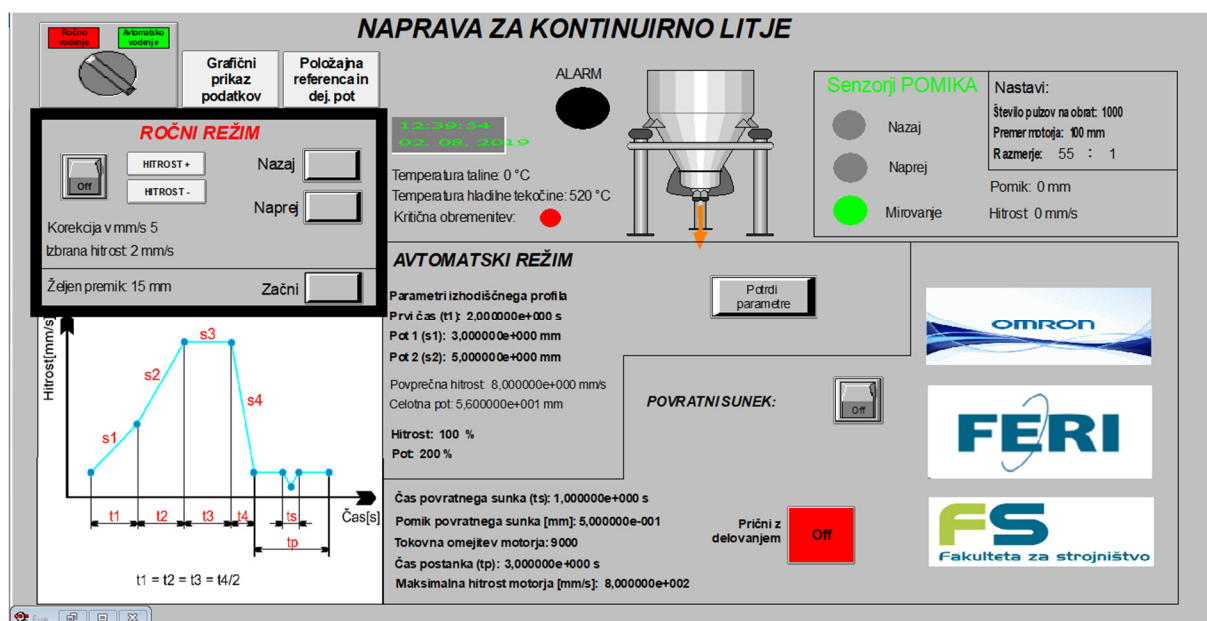
Aktivnost režimov delovanja se nastavlja z virtualnim stikalom, levo zgoraj v programskem okolju SCADA, ob preklopu katerega se v nadzornem programu postavlja in briše merker `set_auto`, kar prikazuje slika 5.1. Merkerji so definirani kot pomnilniška mesta v PLK-ju v različnih zapisih. Ob pritisku tipke ročno vodenje na panelu ter ob preklopu virtualnega stikala na ročno vodenje se merker `set_auto` briše in tako je v programu aktiven ročni režim delovanja, ob katerem se vklopijo posamezne funkcije v oknu ročnega režima v SCADA. Program je zaznamovan tako, da se ob preklapljanju tipk za ročno in avtomatsko vodenje na ročnem panelu spreminja tudi stanje virtualnega stikala levo zgoraj v SCADA in obratno.



Slika 5.1: Pogoji za preklop med režimoma delovanja v nadzornem programu

Ročni način delovanja se uporablja v primeru, kadar hoče operater premakniti lito palico za določeno pot ter hitrost v izbrano smer. Ročno se premika v situacijah potrebnih za vstavev palice pred začetkom litja, po končanem litju pa jo je treba premakniti. Prav tako tudi takrat, kadar se lita palica zatakne in je potrebno ročno voditi premik ter palico odlomiti za nadaljnje litje. Za delovanje ročnega režima mora biti virtualno stikalo zgoraj levo v SCADI nastavljeno na ročni režim ter v področju ročnega režima omogočeno preklopno stikalo na *On*. Zraven tipke za vklop in izklop ročnega režima se nahajata tipki,

ki višata in nižata izbrano hitrost za 1 mm/s. V ročnem načinu se lahko motor premika na ročnem panelu s tipko litje naprej ali litje nazaj, možno pa je tudi v SCADA z virtualnima tipkama. Motor se premika z izbrano hitrostjo, ki je določena z nastavljenim parametrom v mm/s. Za pravilno dobljeno hitrost poskrbi parameter korekcija v mm/s, s katerim se deli izbrana hitrost za končni produkt v potrebnih enotah A/D pretvornika. Ročni režim ima tudi možnost, da se opravi nastavljen želen premik s pritiskom na virtualno tipko *začni*. Takrat se bo motor premikal tako dolgo z izbrano hitrostjo, dokler se opravljena pot ne izenači z nastavljeno vrednostjo parametra želenega premika. Ob delovanju le tega so vse druge funkcije ročnega režima, ki omogočajo premikanje motorja, onemogočene. Ko se nastavljen premik izenači z opravljeno potjo, se motor ustavi in so ponovno omogočene ostale funkcije za premik motorja. Opravljena pot ter hitrost v ročnem režimu se prikazujeta v grafih. Ob aktivnem ročnem režimu delovanja so funkcije v avtomatskem režimu brezpredmetne in ne delujejo.



Slika 5.2: Označitev ročnega režima delovanja v SCADA

5.1.2 Avtomatski režim delovanja

Kot sem že omenil v poglavju ročnega režima delovanja, se med ročnim in avtomatskim načinom delovanja preklaplja s pomočjo spremenljivke *set_auto*. Ob njegovi aktivnosti in v delovanju brez prisotnega alarma se omogoči avtomatsko vodenje v programu. Stanje indikatorja alarma se spremeni ob pritisku tipke *stop* na ročnem panelu in je signaliziran z utripajočo virtualno lučjo v SCADI ter z utripajočo realno lučjo na ročnem panelu, integrirano v tipki *stop*. Ob prisotnosti alarma se pojavi tudi opozorilno okno v SCADI, nakar se v nadaljnjem onemogočijo vse funkcije v njem. Zato je potrebno za odpravo alarma napako potrditi in jo brisati, kar se opravi s tipko *reset* na ročnem panelu. Ob preklopu virtualnega stikala na avtomatsko vodenje se vklopi merker *m_auto_vodenje* in takrat je prisotno stanje, v katerem je možno spreminjati parametre v oknu avtomatskega režima v SCADI in s tem računanje hitrostnega profila. V naslednji vrstici, na sliki 5.3, se ob prisotnosti stanja avtomatskega vodenja ter pritiska tipke za pričetek avtomatskega litja vklopi merker *avtomatsko* in s tem se prične avtomatsko litje palice iz vakuumske peči po predpisanih parametrih ter ustreznem hitrostnem profilu.



Slika 5.3: Pogoji za delovanje avtomatskega režima v nadzornem programu

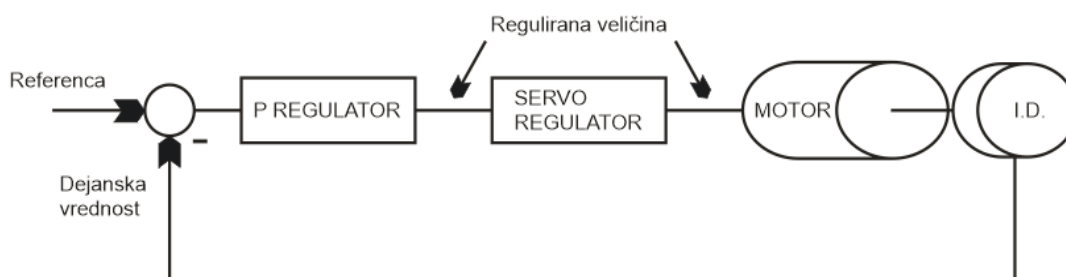
Avtomatski režim deluje po predpisanem hitrostnem profilu, ki ga je potrebno definirati s parametri za izhodiščni profil. Za idealno litje je hitrostni profil sestavljen iz štirih različnih hitrostnih daljic, ki definirajo opravljeno pot v določenem časovnem obdobju. Daljici s potjo s_1 in s_2 predstavljata pospešeno gibanje, daljica s potjo s_3 premo enakomerno gibanje in daljica s potjo s_4 pojemajoče gibanje. Po vsakem hitrostnem profilu se zgodi postanek, ki je ključen za sprjem taline z že strjeno lito palico. Ob časovnem čakanju med postankom se odda odvečna toplota taline, ki se začne kristalizirati in prehajati v trdno stanje litega materiala. Kadar tipka za zagon avtomatskega litja ni aktivna in je želja po spremembi parametrov hitrostnega profila, je

potrebno po potrditvi parametrov počakati priporočenih 10 sekund, da se do konca zapiše ter izračuna pot hitrostnega profila. Če se parametri potrdijo med avtomatskim litjem palice, se po pretečenem trenutnem hitrostnem profilu začne računanje ter zapisovanje želene poti za spremenjen hitrostni profila na pomnilnik PLK, in čakanje za izračunavanje ni potrebno. Litje se takoj v naslednjem ciklu nadaljuje po novem spremenjenem hitrostnem profilu, kar je prikazano na desnem grafu na sliki 5.7. To omogoča neprekinjeno delovanje litja ter možnost spreminjanja in eksperimentiranja z obliko hitrostnega profila in s tem spremembo lastnosti lite palice. Ob potrditvi parametrov se izračuna 31 različnih točk v času ene sekunde hitrostnega profila, torej se točka izračuna na vsakih 32 milisekund. V celoti se izvede 12 vlečnih ciklov s pripadajočimi postanki. V pomnilniku PLK se hitrostni profil izrisuje kot časovno odvisna pot, imenovana referenčna pot. Ob začetku litja se referenčna pot izrisuje iz pomnilnika krmilnika direktno v nastavljen graf in ob vsaki prekinitvi litja ali po pretečenih 12 ciklih hitrostnega profila postavi na nič, tako da se ob vsakem zagonu referenčna pot začne od začetka. Čas ene točke oziroma enega cikla krmilnika niha med 1 do 3 ms, tako da je povprečna časovna vrednost cikla 2 ms. Vzporedno z referenčno potjo poteka in se izračunava realna pot, ki se resetira samo s tipko *reset poti*. Prav tako je možnost prikaza dveh različnih temperatur, in sicer temperature v loncu ter v kokili, kar se prikazuje v levem grafu na sliki 5.7. Pri litju mora biti sistem optimalen, saj se lahko zgodi, da zaradi manjše napake oziroma okvare sistema talina steče skozi kokilo, kar je zelo nevarno za operaterja.

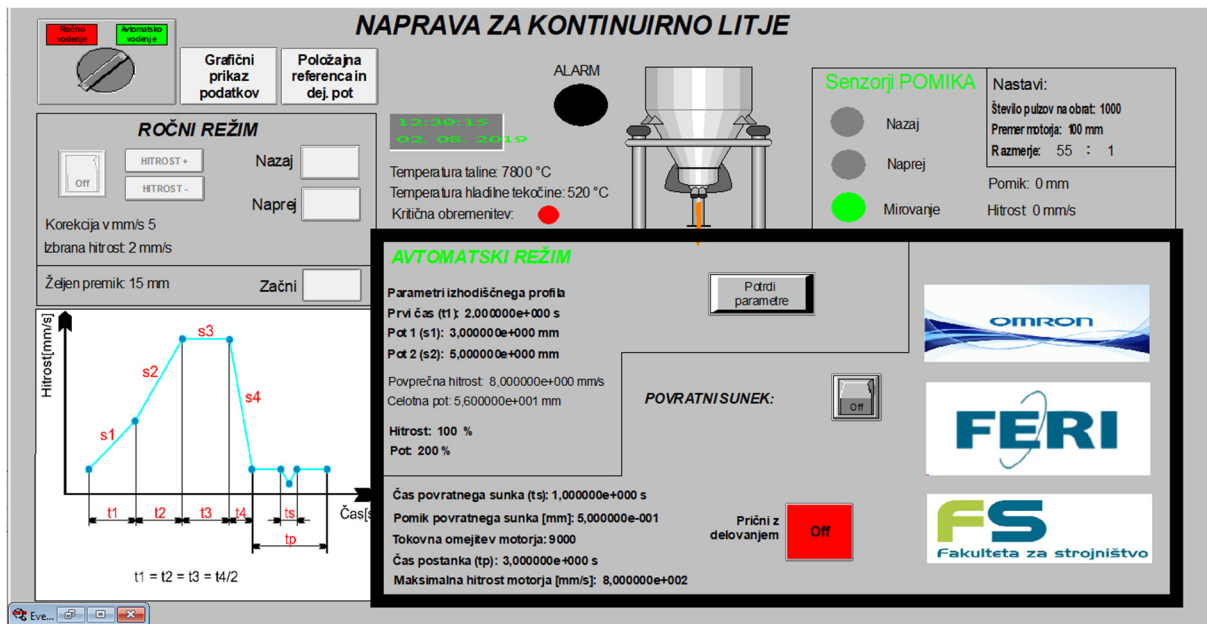
Pri kontinuirnem litju se včasih zgodi, da se zaradi nepravilno nastavljenih parametrov ali katerihkoli zunanjih fizičnih dejavnikov začne talina strjevati v loncu ali se prične reakcija med talino in steno kokile. Zato se za vsakim ciklom hitrostnega profila zgodi še povratni sunek, ki ob premiku v notranjost lonca privarjeno palico odlomi od stene kokile in jo omehča. Tako se omogoča neprekinjeno delovanje kontinuirnega litja brez kakršnih koli zatikov palice. Povratni sunek ni vedno rešitev pred zatikajočo se palico, zgodi se lahko tudi, da se palica dokončno zatakne, in takrat je potrebno talino zavreči. Pri premiku gre za majhno pot v določenem časovnem obdobju, s katero se palica premakne nazaj v lonec. Kadar je dosežena ta pot, se palica pomakne na dolžino, na kateri je bila

pred povratnim sunkom, z isto hitrostjo. Povratni sunek se zgodi v času postanka in ga je možno vklopiti ali izklopiti ter spremeniti njegove parametre tudi med delovanjem avtomatskega režima.

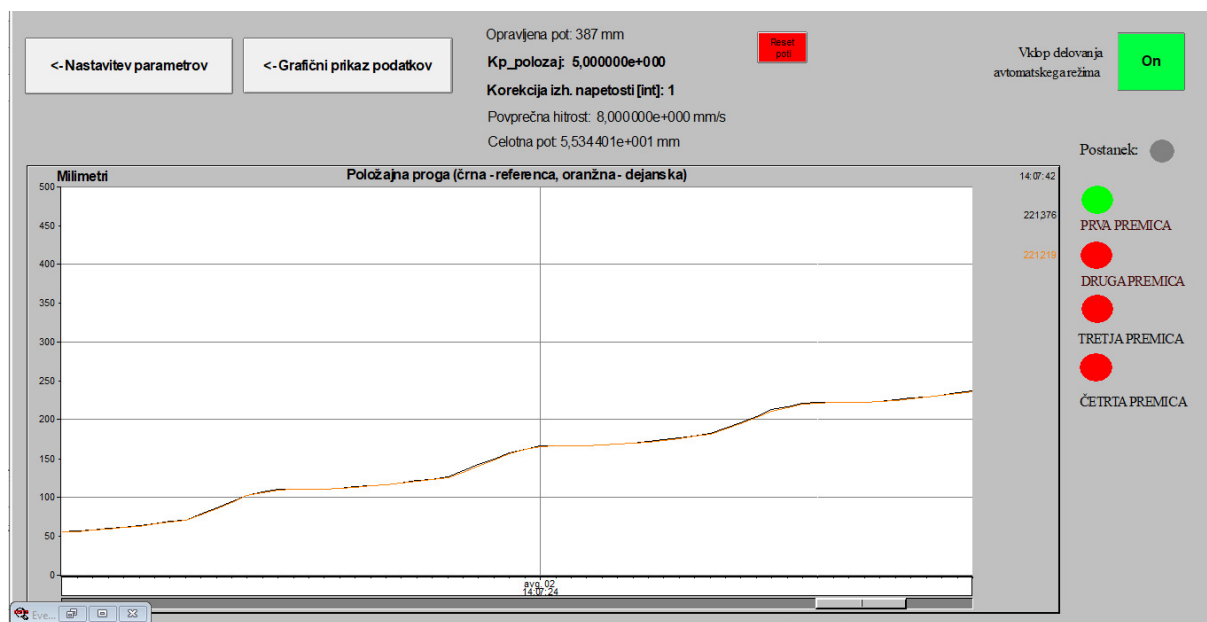
Vsak avtomatiziran sistem potrebuje za vzdrževanje želene vrednosti skozi časovno obdobje določen regulator. Pri izbiri regulatorja je potrebno spoznati celotno delovanje sistema in pri ustreznih pogojih obratovanja določiti regulator za pravilno, varno in zanesljivo delovanje. Pri sistemu kontinuirnega litja smo prišli do zaključka, da je za delovanje primeren že položajni P regulator. Regulator primerja vsaki cikel PLK, s časom se spreminjajočo zapisano referenčno pot na pomnilniškem mestu in dejansko pot, ki jo opravi lita palica. Dejanska pot se pridobi iz signalov inkrementalnega dajalnika, ki se nadalje z nastavitvenimi parametri za pogon motorja v nadzornem programu izračunajo v opravljeno pot. Regulator, glede na referenco in dejansko vrednost, izračuna pogrešek in na podlagi velikosti pogreška določi regulirano veličino. Ta se poda v vrednosti od -10 do 10 V na vhod servoregulatorja. Če je pogrešek pozitiven, ostane regulirana veličina za servomotor pozitivna, drugače pa se regulirana veličina negira ter prilagodi glede na velikost pogreška.



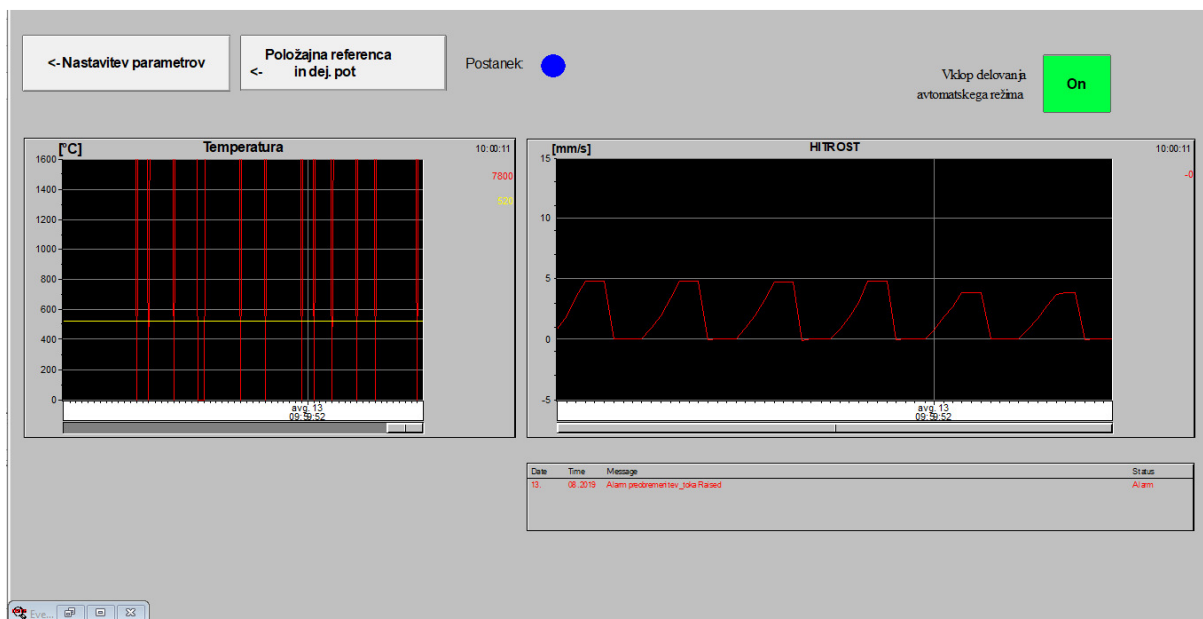
Slika 5.4: Regulirana zanka sistema



Slika 5.5: Označitev avtomatskega režima delovanja v SCADI



Slika 5.6: Odsek okna Položajna referenca in dejanska pot v SCADI



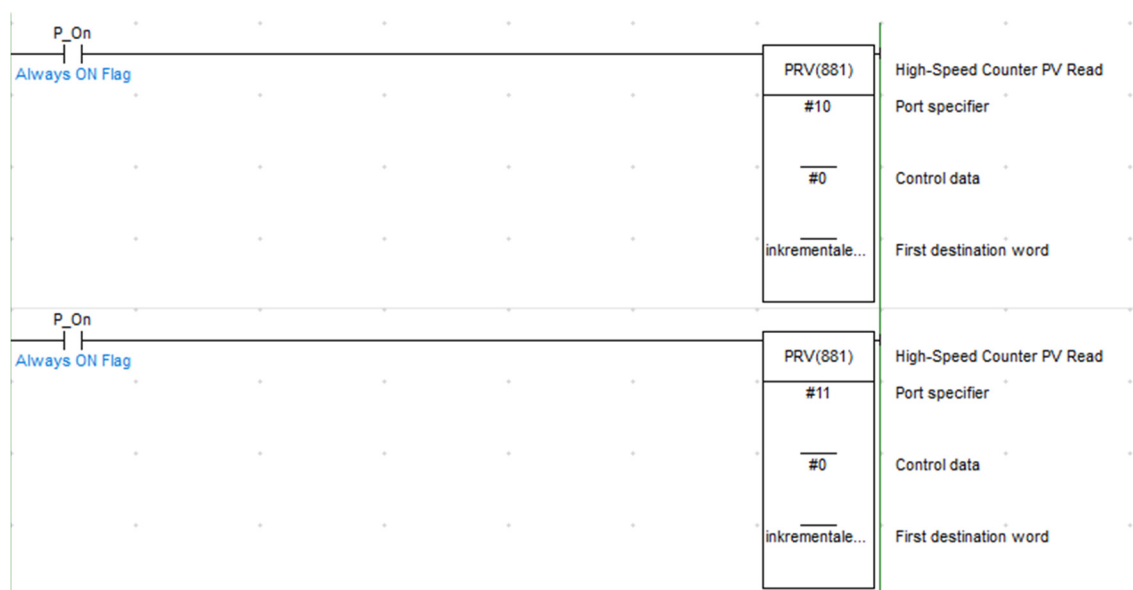
Slika 5.7: Odsek okna Grafični prikaz podatkov v SCADI

5.2 Opis programskih funkcij v nadzornem programu

5.2.1 Izračun poti in hitrosti

Potrebno je bilo spremeniti rotacijski kotni premik motorja v opravljeno dolžino lite palice v mm, ki se jo izračuna s pomočjo rotacijskega enkoderja in njegovih signalov. Rotacijski enkoder oziroma inkrementalni dajalnik je sestavljen iz svetlobnega vira, senzorja in vrtečega se diska, ki vsebuje enakomerno razporejene zareze okoli obsega le-tega. Kadar svetlobni pulzi skozi zarezo trčijo v senzor, ta svetlobne pulze pretvori v električni signal. Na disku se pogosto nahajajo tri proge zarez, ki se skozi senzorsko pretvorbo preoblikujejo v električni signal A in B ter referenčni signal indeks. Med seboj so proge zarez zamaknjene za 90° , kar pomeni, da so signali med seboj zamaknjeni za $1/4$ periode. Če nastopi prehod A pred B, potem vrtenje poteka v smeri urinega kazalca, v obratni smeri vrtenje poteka v nasprotni smeri urinega kazalca. V lestvičnem programu je možno s pomočjo hitrih števecv in pravilno nastavitvijo le-teh nastaviti seštevanje pulzov, ko se prehod A pojavi pred preходом B, in odštevanje, ko se prehod B pojavi pred preходом A. Za hitre števecv je potrebno signale inkrementalnega dajalnika pripeljati na vhode krmilnika, ki so definirani za hitre števecv, in sicer (v našem primeru)

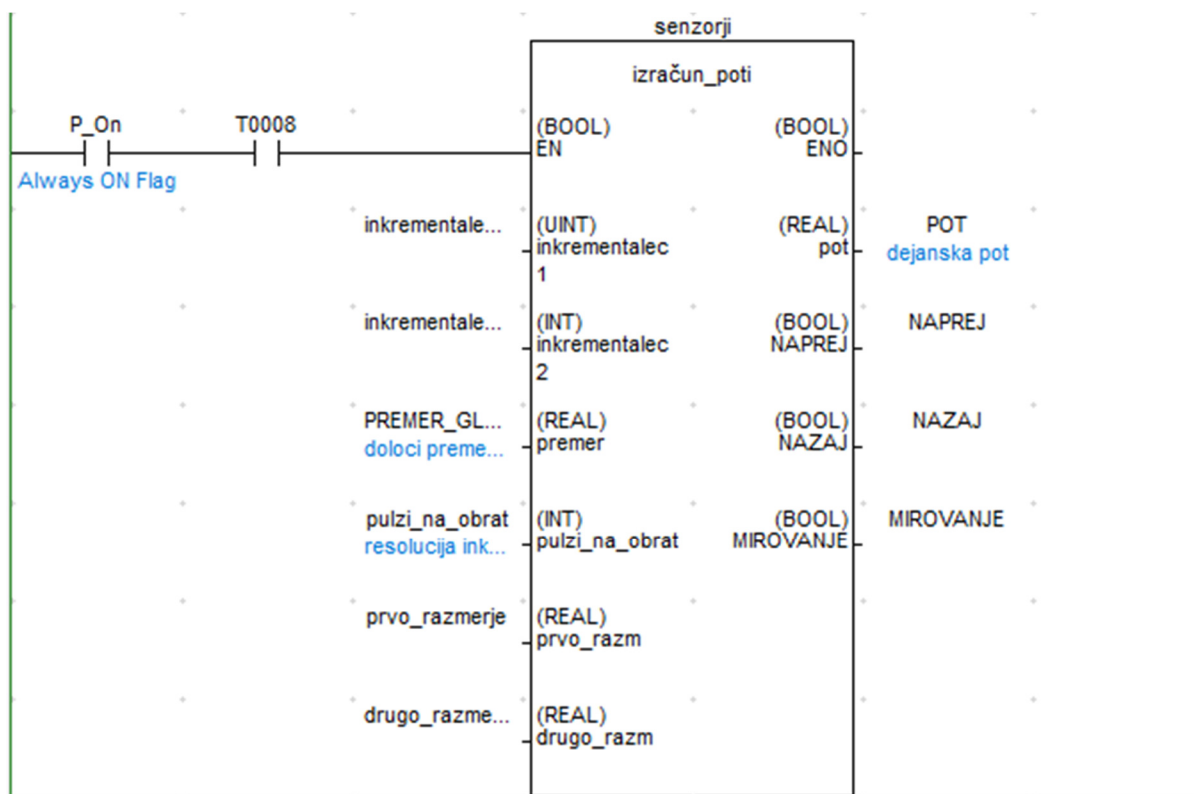
na vhode CIO 0.00 do 0.03. V programu sta uporabljena dva hitra števec, prvi števec je namenjen seštevanju in odštevanju inkrementalnih signalov glede na smer vrtenja motorja. Kadar se doseže največje možno število, se zapis znova začne šteti od začetka. Ta prehod zazna drugi hitri števec in ga zabeleži na določeno pomnilniško mesto. V prvem hitrem števcu se enote beležijo v tipu *unsigned integer*, katerega štetje poteka od 0 do števila 65 535, pri drugem števcu pa v tipu *signed integer*, katerega štetje poteka od -32 767 do števila 32 767. Pri odštevanju števila hitrega števca se ob prihodu odšteva vrednost v drugem števcu in obratno pri seštevanju. Hitri števeci zapisujejo vrednost na pomnilniško mesto takrat, kadar je vklopljen merker *P_On*, ki je ob aktivnosti krmilnika vedno vklopljen. Medtem pa sta funkcijska bloka za izračun poti in hitrosti aktivna ob vklopu kontakta za časovnik T0008, ki se vklopi vsakih 20 ms, kar pomeni, da se vrednosti osvežujeta vsakih 20 ms. Za izračun poti so zraven inkrementalnih signalov potrebni še parametri število pulzov na obrat, premer vlečnega valja ter določeno prestavno razmerje reduktorja.



Slika 5.8: Nastavitev hitrih števecv

Ker se seštevanje pulzov zgodi v celoštevilčnem ali v šestnajstiškem zapisu, je najprej potrebno te enote pretvoriti v enote tipa *real*, saj so potrebne iste enote za izračun v nadaljnjih enačbah. Če sta zapisa hitrih števecv večja ali enaka 0, se bo uporabila enačba

za izračun poti za pozitivno smer, če pa pogoji niso izpolnjeni, se bo uporabila enačba za negativno smer poti.

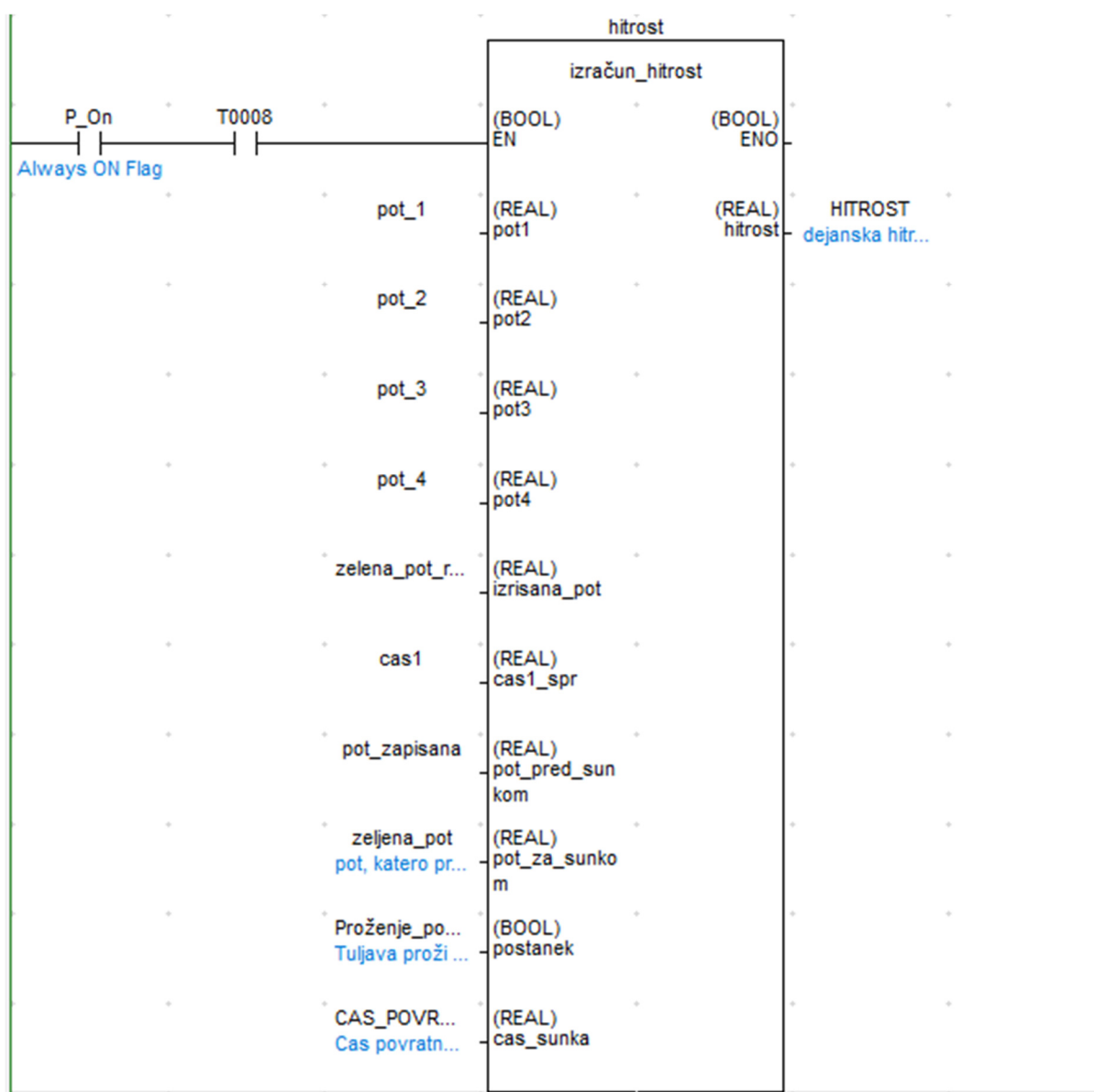


Slika 5.9: Funkcijski blok za izračun poti v lestvični obliki

```
1 i1:=UINT_TO_REAL( inkrementalec1);
2 i2:=INT_TO_REAL( inkrementalec2);
3
4 obseg:= 3,14159*premer;
5 izr_obseg:= (obseg*INT_TO_REAL(drugo_razm))/INT_TO_REAL(prvo_razm);
6 pot_enea_pulza:= izr_obseg/INT_TO_REAL(pulzi_na_obrat);
7 pot_pulza_out:= pot_enea_pulza;
8
9 IF i1 >= 0,0 THEN
10   IF i2 >= 0,0 THEN
11     pot:=(65536,0 *i2+i1)*pot_enea_pulza;
12   ELSE
13     pot:=(-(65536,0-i1)+(65536,0*(i2+1,0)))*pot_enea_pulza;
14   END_IF;
15 END_IF;
16
17 IF pot > stara_pot THEN
18   NAPREJ:=TRUE;
19   NAZAJ:=FALSE;
20   MIROVANJE:=FALSE;
21 ELSE IF pot < stara_pot THEN
22   NAPREJ:=FALSE;
23   NAZAJ:=TRUE;
24   MIROVANJE:=FALSE;
25 ELSE
26   NAPREJ:=FALSE;
27   NAZAJ:=FALSE;
28   MIROVANJE:=TRUE;
29 END_IF;
30 END_IF;
31
32 stara_pot:= pot;
```

Slika 5.10: Koda v funkcijskem bloku za izračun poti

V funkcijskem bloku za izračun hitrosti, prikazan na sliki 5.12, se izračunava trenutno opravljena hitrost glede na trenutno opravljeno pot, zato je potreben definiran in konstanten čas. Vzdolž kode se primerja opravljena pot z izračunano potjo v nadzornem programu in se pri danih pogojih izračunava ustrezna hitrost. Ob neaktivnem postanku se izračunava hitrost v območju celotnega hitrostnega profila, pri aktivnem postanku pa se izračunava hitrost v povratnem sunku.



Slika 5.11: Funkcijski blok za izračun trenutne hitrosti

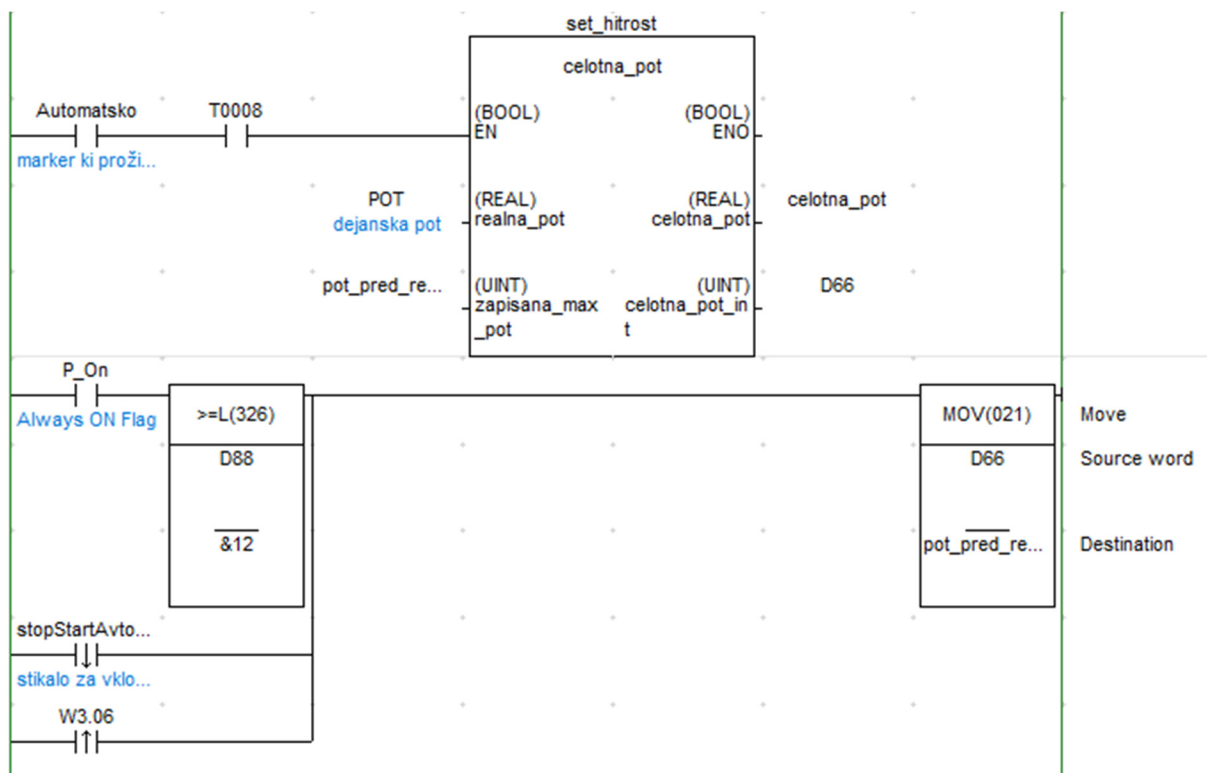

```

1 IF postanek = FALSE THEN
2   IF izrisana_pot < pot1 THEN
3     v1:= (2,0*izrisana_pot)/(cas1_spr);
4     hitrost:= v1;
5
6   ELSE
7     IF izrisana_pot >= pot1 AND izrisana_pot < (pot1+pot2) THEN
8       v2:= (2,0*(izrisana_pot-pot1))/(cas1_spr);
9       hitrost:= v1+v2;
10
11    ELSE
12     IF izrisana_pot >= (pot1+pot2) AND izrisana_pot <= (pot1+pot2+pot3) THEN
13       hitrost:= v1+v2;
14
15    ELSE
16     IF izrisana_pot > (pot1+pot2+pot3) THEN
17       v4:= (2,0*pot4)/(cas1_spr/2,0);
18       hitrost:= (v1+v2)-v4;
19
20    END_IF;
21  END_IF;
22 END_IF;
23 END_IF;
24
25 ELSE
26   IF postanek = TRUE THEN
27     v5:= (2,0*(pot_pred_sunkom-pot_za_sunkom))/(cas_sunka/2,0);
28     hitrost:= -v5;
29
30   END_IF;
31 END_IF;

```

Slika 5.12: Koda v funkcijskem bloku za izračun hitrosti

Slika 5.13 prikazuje funkcijski blok za izračun celotne poti litja, ki je aktivna samo ob delovanju avtomatskega režima. Po 12 pretečenih hitrostnih profilih, ob vsaki spremembi parametrov hitrostnega profila in ob vsakem izklopu delovanja avtomatskega režima se dejanska pot resetira in postavi na logično vrednost 0. Če se realna pot konstantno resetira, operater ne bo mogel vedeti, kakšna je celotna dolžina lite palice. Beleženje dejansko opravljene poti brez kakršnega koli reseta omogoča funkcijski blok *celotna_pot*. Ob vsakem resetu dejanske poti se zapiše njegova vrednost pred resetom na pomnilniško mesto D66 PLK-ja. V funkcijskem bloku je parameter *celotna_pot* seštevek dejanske poti s potjo zapisan v pomnilniškem mestu D66 in se lahko resetira samo s pritiskom na gumb reset poti v SCADI.

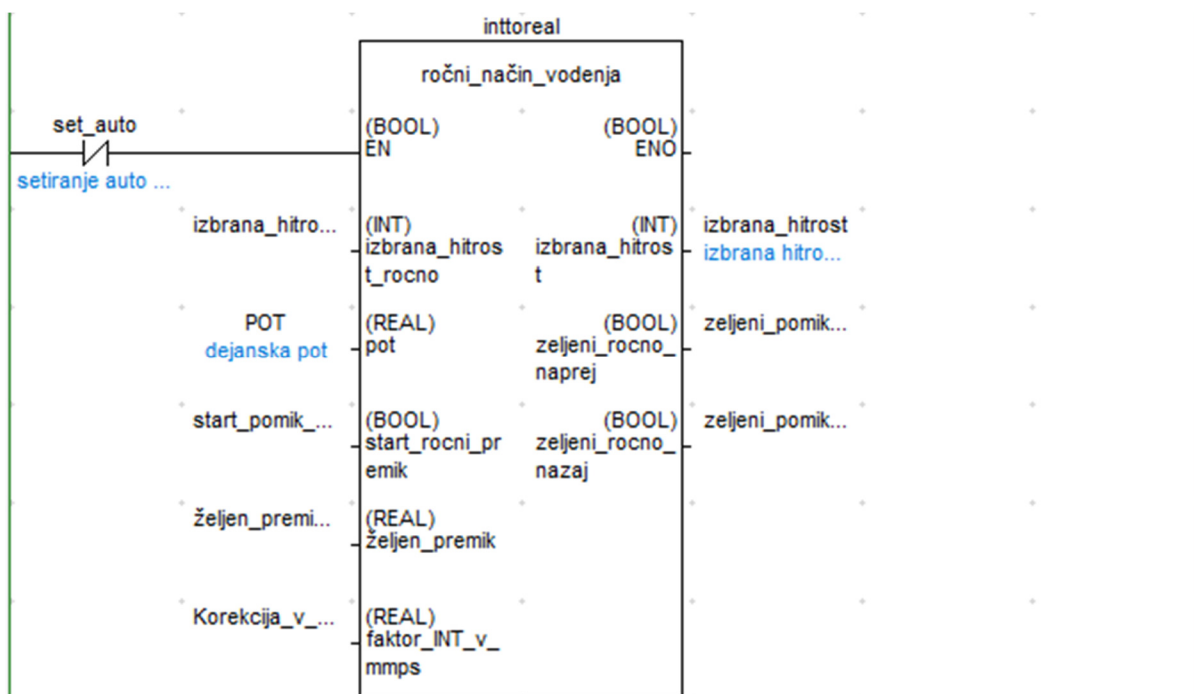


Slika 5.13: Funkcijski blok za izračun celotne poti

5.2.2 Ročni pomik želene poti

Kadar hoče operater opraviti določen premik v izbrani hitrosti, pride v poštev ročni pomik želene poti. Možno ga je uporabljati samo v primeru, če je vklopljen ročni režim delovanja. Izbrana pot je lahko pozitivna ali negativna in glede na izbran predznak se prenese v obliki napetosti imenovane referenčna napetost na izhod modula D/A pretvornika. Kadar dejanska pot doseže vrednost nastavljenega parametra izbrane poti, se spremenljivke za izbrano smer izklopijo in s tem se zaustavi prenos napetosti na izhod D/A pretvornika, kar pomeni zaustavitev motorja. Ob aktivnosti tipke začni premik se bo prebrala zapisana hitrost ter želena pot v SCADI in na podlagi tega se bo izračunala potrebna hitrost, s katero bo želena pot opravljena v takšnem času, ki bo ustrezal opravljeni poti z izbrano hitrostjo. Na začetku, ko se bodo ustrezno nastavili vsi parametri za pogon motorja, je potrebno opraviti premik in glede tega primerjati opravljen čas pri premiku lite palice ter čas izračunan iz opravljenega premika pri izbrani

hitrosti. Parameter korekcija se nastavi tako, da se opravljen čas pri premiku lite palce izenači s časom, izračunanim iz opravljenega premika pri izbrani hitrosti.



Slika 5.14: Funkcijski blok za premik želene vrednosti v ročnem režimu delovanja

```

1  zeljeni_rocno_nazaj:= FALSE;
2  zeljeni_rocno_naprej:= FALSE;
3  hitrost_real_izb:= INT_TO_REAL(izbrana_hitrost_rocno);
4
5  IF start_rocni_premik = TRUE THEN
6  IF željen_premik < 0,0 AND pot >= željen_premik THEN
7  izbrana_hitrost:=REAL_TO_INT(hitrost_real_izb/(faktor_INT_v_mmmps/100,0));
8  zeljeni_rocno_naprej:= TRUE;
9  zeljeni_rocno_nazaj:= FALSE;
10
11 ELSIF željen_premik > 0,0 AND pot <= željen_premik THEN
12 izbrana_hitrost:=REAL_TO_INT(hitrost_real_izb/(faktor_INT_v_mmmps/100,0));
13 zeljeni_rocno_naprej:= FALSE;
14 zeljeni_rocno_nazaj:= TRUE;
15
16 ELSIF pot = željen_premik THEN
17 izbrana_hitrost:= 0;
18 zeljeni_rocno_nazaj:= FALSE;
19 zeljeni_rocno_naprej:= FALSE;
20
21 END_IF;
22
23 ELSE
24 izbrana_hitrost:=REAL_TO_INT(hitrost_real_izb/(faktor_INT_v_mmmps/100,0));
25
26 END_IF;

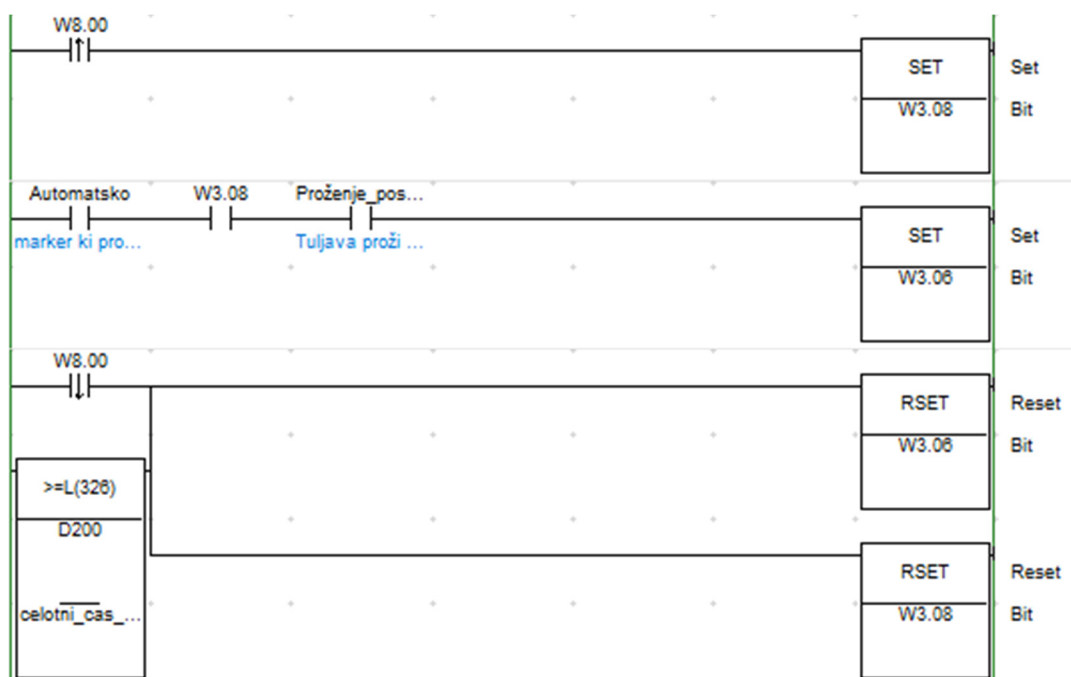
```

Slika 5.15: Koda v funkcijskem bloku za premik zelene vrednosti

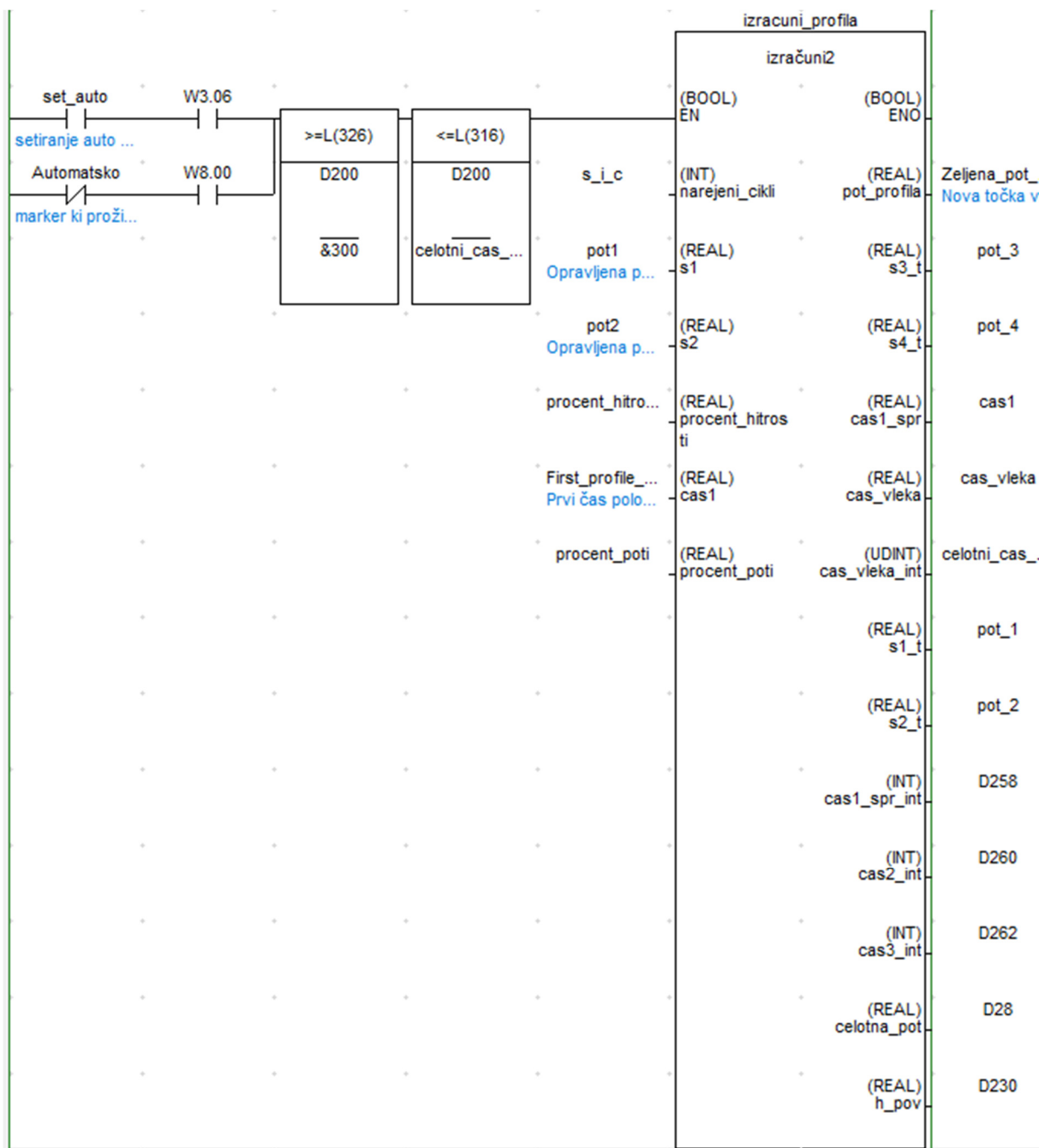
5.2.3 Hitrostni profil

Pri hitrostnem profilu se izračunava ter na izhodu funkcijskega bloka poda referenčna pot pri trenutno nastavljenih parametrih na vhodu funkcijskega bloka, kar je prikazano na sliki 5.17. Do izračuna hitrostnega profila pride takrat, kadar je izpolnjen vsaj eden od dveh danih pogojev. Za prvi pogoj je potreben preklon na avtomatsko vodenje v programu ter z aktivnostjo merkerja W3.06. Merker se postavi ob prisotnosti avtomatskega režima delovanja, trenutnega postanka in aktivnega merkerja W3.08. Iz prve vrstice lestvičnega programa na sliki 5.16 je razvidno, da je za postavitev merkerja W3.08 potreben pogoj W8.00, ki ponazarja tipko potrditve parametrov v SCADI. Integrirana puščica usmerjena navzgor v simbolu tipke W8.00 pomeni, da se stikalo vklopi ob prehodu tipke iz izklopljenega v vklopljeno stanje in vklop je prisoten samo za trajajoč prehod. Oba merkerja se brišeta ob končanem izračunu točk hitrostnega profila

ter ob prehodu tipke potrditev parametrov iz vklopljenega v izklopljeno stanje. Drugi pogoj za izračun točk v hitrostnem profilu je mogoč takrat, kadar je neaktiven avtomatski režim delovanja ter prisotna tipka potrdi parametre. Pri tem pogoju je potrebno za izračun točk pred začetkom litja počakati do 10 sekund, da se izračuna celotna pot hitrostnega profila. Kajti, če bi se litje začelo pred nedokončanimi izračuni, bi se pri tej točki ustavili in hitrostni profil bi bil nepopoln ter nedokončan. Medtem ko pri prvem pogoju ni potrebno čakati na izračun točk poti hitrostnega profila, kajti izračuni se zgodijo v začetku postanka in so časovno hitrejši od časa branja poti, tako da se spremenjen hitrostni profil zgodi že po postanku, kar je prikazano v desnem grafu slike 5.7. V funkcijskem bloku hitrostnega profila poteka več izračunov, in sicer izračunava hitrost in čas glede na izbran procent hitrosti in poti, izračunava povprečne hitrosti in celotne poti, izračunava čase hitrostnih daljic ter poti hitrostnih daljic.



Slika 5.16: Pogoji za setiranje merkerja W3.06



Slika 5.17: Funkcijski blok za izračun poti hitrostnega profila

```

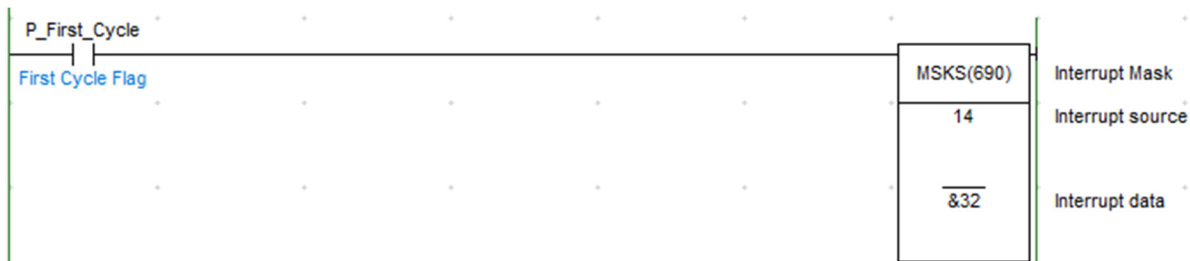
1  realni_cas:= 0,032 * INT_TO_REAL(narejeni_cikli);
2
3  procent_p:= procent_poti/100,0;
4  procent_h:= procent_hitrosti/100,0;
5
6  (* izračunava hitrosti ter časa za izbran procent hitrosti ter poti *)
7  v1:= ((2,0*s1)/cas1)*procent_h;
8  v2:= (((2,0*s2)/cas1)+(2,0*s1)/cas1)*procent_h;
9  cas1_spr:= ((2,0*s1)/v1)*procent_p;
10
11  (* izračunava celotne poti in povprečne hitrosti *)
12  izrs1:= (v1*cas1_spr)/2,0;
13  izrs2:= ((v2-v1)*cas1_spr)/2,0;
14  izrs3:= (v2*cas1_spr);
15  izrs4:= (v2*(cas1_spr/2,0)-(v2*(cas1_spr/2,0)/2,0);
16  h_pov:= (izrs1/cas1_spr)+(izrs2/cas1_spr)+(izrs3/cas1_spr)-(izrs4/(cas1_spr/2,0));
17  celotna_pot:= izrs1+izrs2+izrs3+izrs4;
18
19  (* izračunava časov hitrostnih daljic *)
20  cas_vleka:= (cas1_spr^3,0)+(cas1_spr/2,0);
21  cas_vleka_int:= REAL_TO_UDINT(((2,0*cas_vleka)/0,032)+300,0);
22  cas1_spr_int:= REAL_TO_INT(cas1_spr*100,0);
23  cas2_int:= cas1_spr_int^2;
24  cas3_int:= cas1_spr_int^3;
25
26  (* izračun poti daljic hitrostnega profila *)
27  IF realni_cas >= 0,0 AND realni_cas < cas1_spr THEN
28      pot1:= ((v1*realni_cas)/2,0);
29      pot_profila:= pot1;
30
31  ELSE
32  IF realni_cas >= cas1_spr AND realni_cas < (cas1_spr^2,0) THEN
33      pot2:= (((v2-v1)*(realni_cas-cas1_spr))/2,0);
34      pot_profila:= pot1 + pot2;
35
36  ELSE
37  IF realni_cas >=(cas1_spr^2,0) AND realni_cas < (cas1_spr^3,0) THEN
38      pot3:= (v2*(realni_cas-(cas1_spr^2,0)));
39      pot_profila:= pot1 + pot2 + pot3;
40
41  ELSE
42  IF realni_cas >= (cas1_spr^3,0) AND realni_cas < cas_vleka THEN
43      pot4:= (v2*(realni_cas-(cas1_spr^3,0)))+(-v2*(realni_cas-(cas1_spr^3,0)))/2,0;
44      pot_profila:= pot1 + pot2 + pot3 + pot4;
45
46  ELSE
47      pot_profila:= pot1 + pot2 + pot3 + pot4;
48
49  END_IF;
50  END_IF;
51  END_IF;
52  END_IF;
53
54  s1_t:= pot1;
55  s2_t:= pot2;
56  s3_t:= pot3;
57  s4_t:= pot4;

```

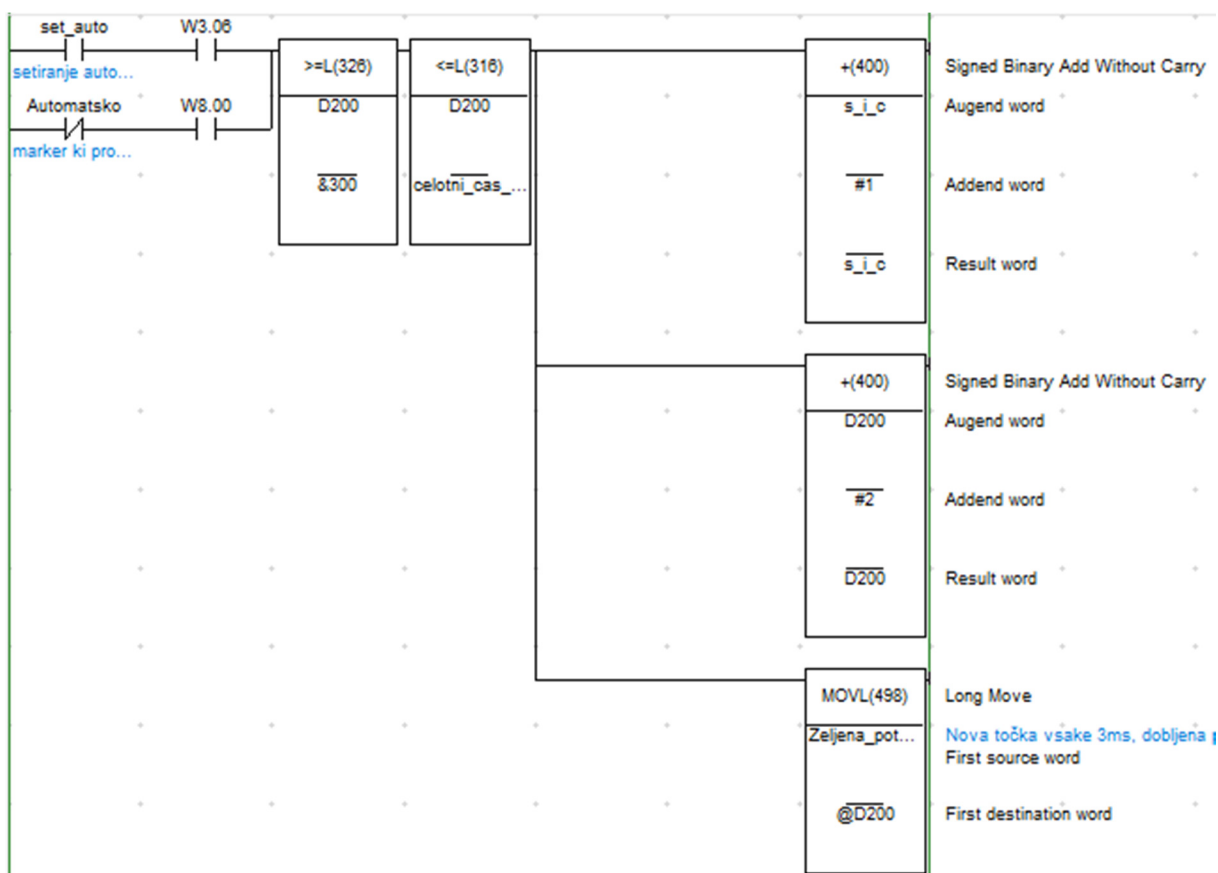
Slika 5.18: Koda v funkcijskem bloku za izračun točk hitrostnega profila

Ob izpolnitvi katerega koli pogoja se zapiše vrednost 300 na pomnilniško mesto D200 in se začne seštevanje ter zapisovanje referenčne poti na pomnilniška mesta od vrednosti 300 naprej. Nekatere spremenljivke in parametri se nahajajo na pomnilniških mestih do D300, in če bi se zapisovanje začelo od D0 naprej, bi ta pomnilniška mesta prepisalo na vrednost trenutno izračunane poti. Zapisovanje referenčne poti se začne takrat, kadar je prisoten eden od dveh pogojev in kadar je vrednost v pomnilniškem mestu D200 večja ali enaka številu 300. Traja pa tako dolgo, dokler vrednost v pomnilniškem mestu D200 ne doseže vrednosti celotnega časa hitrostnega profila. V enakih izpolnjenih pogojih delujeta tudi seštevalnika, ki sta prikazana na sliki 5.20. Prvi seštevalnik prišteva vsaki cikel krmilnika vrednost 1 na pomnilniško mesto imenovano *s_i_c*, ki pomeni število izvedenih ciklov in se v funkcijskem bloku hitrostnega profila pretvori v enote časa. Pri spodnjem seštevalniku se na pomnilniško mesto D200 vsakega cikla krmilnika prišteva število 2 od 300 naprej. Torej se izračunana pot enega hitrostnega profila, imenovana *zeljena_pot*, izračunava in hkrati zapisuje na pomnilniška mesta od D300 naprej na vsa soda števila, in sicer isti čas, kot poteka seštevanje. Zapisovanje na vrednosti sodega števila se je uporabilo zato, ker se ena realna enota s plavajočo vejico v programu zapisuje na pomnilniško mesto D in na D+1, torej na dve pomnilniški mesti. Branje se izvaja v programski sekciji *scheduled interrupt* in pomeni prekinitvena rutina, za katero se nastavi časovni interval, v katerem se bo izvajal program. Časovni interval se nastavi s pomočjo bloka *interrupt mask*, ki je prikazan na sliki 5.19. V njem je za *interrupt source* nastavljeno število 14, kar pomeni, da se ob vsakem prvem ciklu krmilnika poenostavi časovnik v programski sekciji *scheduled interrupt* in se ponovno štetje začne z nastavljenim časom v ms v odseku *interrupt data*. Nastavljen čas je na začetku potrebno uskladiti času enega opravljenega cikla krmilnika za izenačitev časovnih enot ter za točne rezultate. Zapisana referenčna pot se iz pomnilnika bere ob delovanju avtomatskega režima in ob neprisotnosti postanka. Programska sekcija *scheduled interrupt* vsebuje seštevalnik, katerega seštevanje se začne in poteka v pomnilniško mesto D280, enako kakor seštevalnika v programski sekciji avtomatskega režima za pisanje v pomnilnik. Tako se bo ob določenem času izvedlo branje referenčne poti iz pravilnega pomnilniškega mesta PLK-ja. Ob vsakem pretečenem postanku se vrednost v

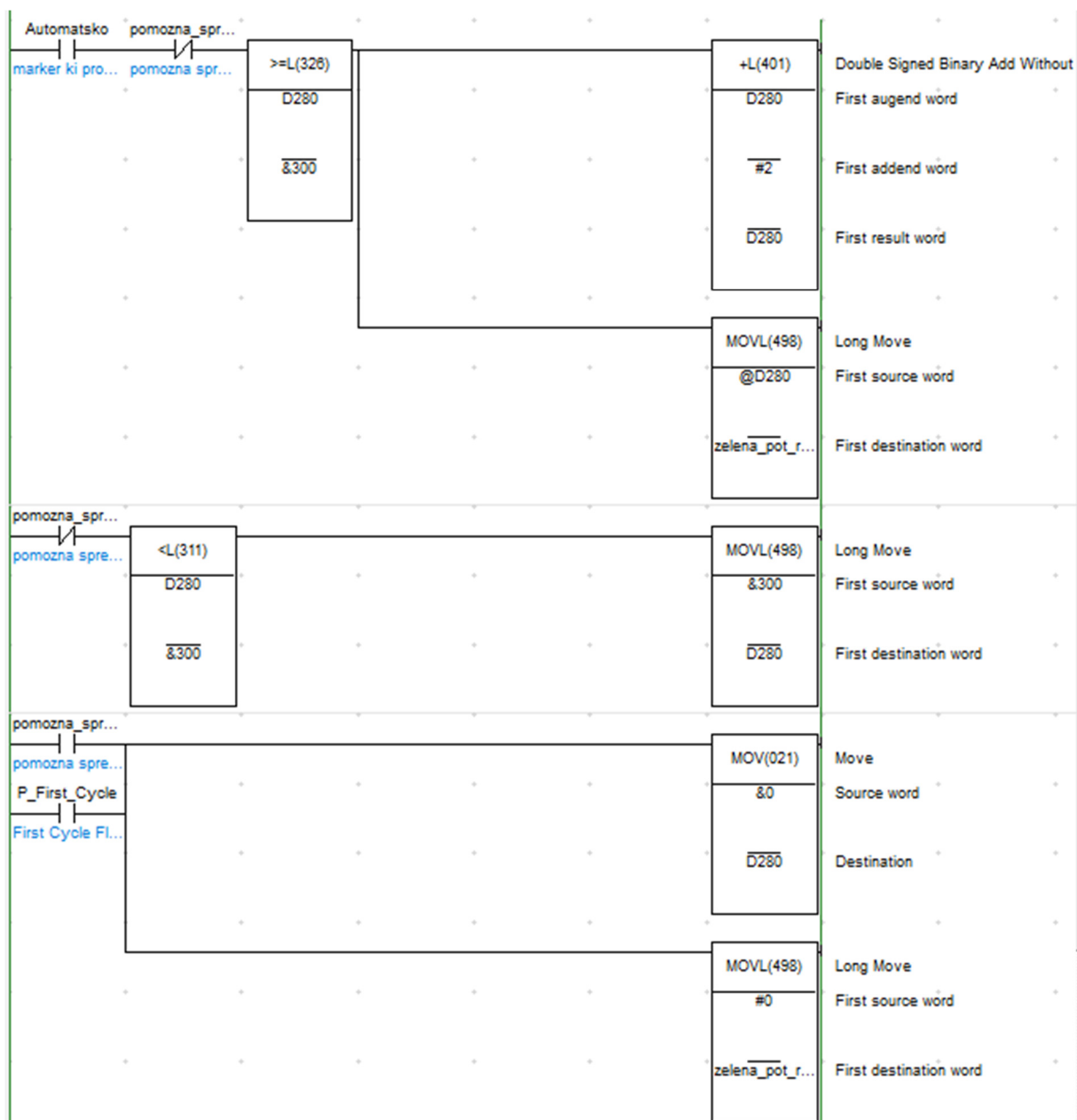
pomnilniškem mestu D280 briše in po pretečenem postanku začne znova od števila 300 in branje referenčne vrednosti se neskončno ponavlja do prekinitve litja.



Slika 5.19: Nastavitev časovnega intervala za programsko sekcijo scheduled interrupt



Slika 5.20: Uporaba seštevalnikov in pisanje referenčne poti v pomnilnik krmilnika

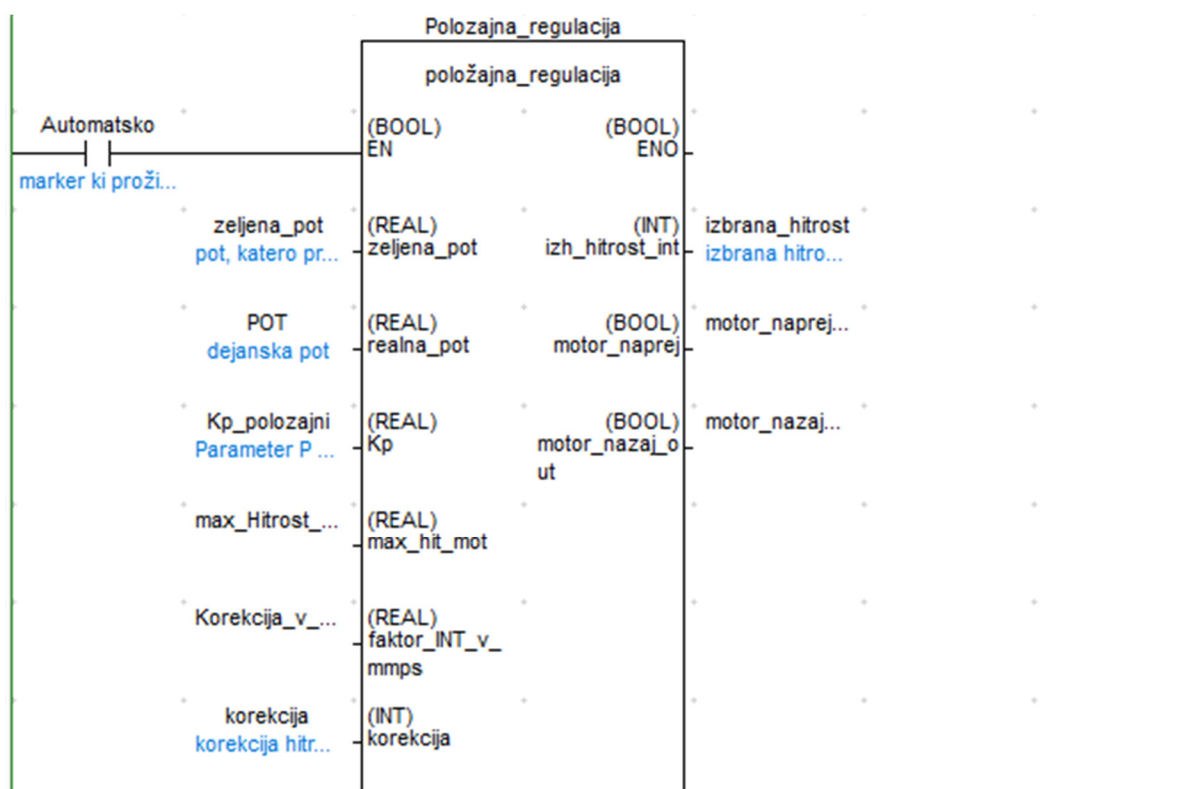


Slika 5.21: Branje zapisane referenčne poti iz pomnilnika v prekinitveni rutini

5.2.4 Položajni regulator

Pri avtomatizaciji sistema je prišlo do odločitve za uporabo P regulatorja, ki primerja vrednosti referenčne poti ter opravljene poti in na podlagi pogreška med njima izda potrebno izhodno hitrost, ki je odvisna od parametra K_p , velikosti pogreška ter od korekcije izhodne napetosti. V nadzornem programu se izhodna hitrost nastavlja v

območju med -6000 do 6000 in se na izhodu D/A pretvornika pojavi v napetosti med -10 do 10 V, zato je potrebno izhodno hitrost deliti s parametrom korekcije v mm/s, da se izenači hitrost lite palice z nastavljenno hitrostjo v SCADI. Za delovanje položajnega regulatorja je potrebna aktivnost merkerja za avtomatsko litje ter vklop tipke za potrditev parametrov hitrostnega profila. Kadar je hitrost večja od največje možne hitrosti, takrat program še isti cikel krmilnika izenači trenutno hitrost z največjo možno hitrostjo, ki se nastavlja v SCADI. Tako dejanska hitrost ne more preseči vrednosti nastavljene največje hitrosti. Čim večji je pogrešek, tem večja je hitrost in s tem opravljena pot. Pogrešek se konstantno spreminja in je lahko pozitiven, takrat je izhodna hitrost pozitivna in obratno. Referenčna pot se po 12 ciklih hitrostnega profila začne od začetka, takrat je izhodna hitrost manjša od -3000 in se resetirajo hitri števcji in opravljena pot. Pri produktu izhodne hitrosti se prišteva korekcija izhodne napetosti za doseganje hitrejših odzivov ter za nastavljanje linearnosti opravljene poti.



Slika 5.22: Funkcijski blok položajnega regulatorja

```

1  symbol:= max_hit_mot/(faktor_INT_v_mmpps/100,0);
2  pogresek_poti:= zeljena_pot-realna_pot;
3  izh_hitrost_izr:= (Kp*pogresek_poti)/(faktor_INT_v_mmpps/100,0);
4  izh_hitrost_real:=izh_hitrost_izr;
5
6  IF izh_hitrost_real > symbol THEN
7
8      max_hitrost_mot:= REAL_TO_INT(symbol);
9      izh_hitrost_int:= max_hitrost_mot;
10     motor_naprej:= TRUE;
11     motor_nazaj_out:= FALSE;
12
13     ELSIF izh_hitrost_real<0,0 AND izh_hitrost_real>=-3000,0 THEN
14         izh_hitrost_int:=REAL_TO_INT(izh_hitrost_real)+korekcija;
15         motor_nazaj_out:= FALSE;
16         motor_naprej:= TRUE;
17
18     ELSIF izh_hitrost_real<-3000,0 THEN
19         izh_hitrost_int:= 0;
20         motor_nazaj_out:= FALSE;
21         motor_naprej:= FALSE;
22
23     ELSE
24         izh_hitrost_int:=REAL_TO_INT(izh_hitrost_real)+korekcija;
25         motor_nazaj_out:= FALSE;
26         motor_naprej:= TRUE;
27
28     END_IF;

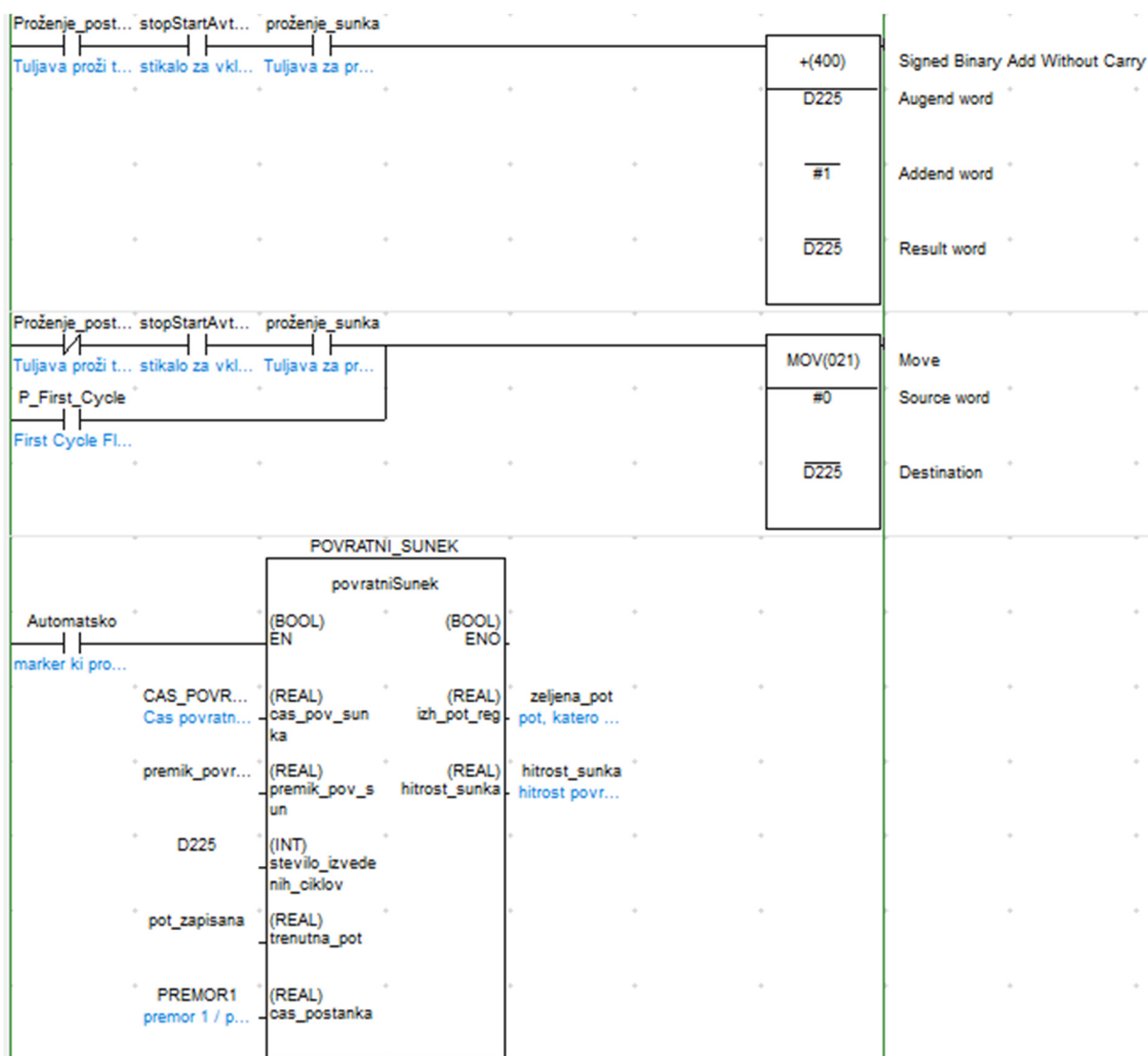
```

Slika 5.23: Koda v funkcijskem bloku položajnega regulatorja

5.2.5 Povratni sunek

Funkcijski blok za povratni sunek začne delovati ob vklopu avtomatskega režima delovanja. Povratni sunek se zgodi na polovici postanka in premik sunka se zgodi v obe smeri v izbranem času. Ob vklopu povratnega sunka v SCADI se začne seštevanje ciklov PLK-ja, ki trajajo od 1 do 3 ms. Iz števila ciklov se izračuna čas, in kadar je izračunan čas izenačen času začetka sunka, se začne izračunavati pot povratnega sunka, ki se odšteva referenčni poti. Kadar se pot povratnega sunka izenači nastavljeni poti sunka, se premik začne v pozitivno smer z isto hitrostjo do vrednosti pred njim. Referenčna pot se nadaljuje v funkcijski blok regulatorja, ki opravi svoje delo pri reguliranju referenčne poti z opravljeno potjo. Ob neaktivnosti stikala za povratni sunek se cikli ne seštevajo, kar

pomeni, da se pogoji v kodi ne izpolnjujejo, zato se referenčni poti ne odšteje želena pot sunka in referenčna pot se prenese na izhod funkcijskega bloka v nespremenjenem zapisu.



Slika 5.24: Funkcijski blok povratnega sunka

```

1  cas:=0,024*INT_TO_REAL(stevilo_izvedenih_ciklov);
2  hitrost_sunka:= (2,0*premik_pov_sun)/(cas_pov_sunka/2,0);
3  zacetek_sunka:= ((cas_postanka-cas_pov_sunka)/2,0);
4
5
6  IF cas >= zacetek_sunka AND cas < zacetek_sunka+(cas_pov_sunka/2,0) THEN
7      pot_sunka:= (hitrost_sunka*(cas-zacetek_sunka))/2,0;
8      pot_za_sunek:= trenutna_pot-pot_sunka;
9      izh_pot_reg:=pot_za_sunek;
10
11 ELSE
12 IF cas >= zacetek_sunka+(cas_pov_sunka/2,0) AND cas <= zacetek_sunka+cas_pov_sunka THEN
13     pot_sunka:= (hitrost_sunka*(cas-(zacetek_sunka+(cas_pov_sunka/2,0))))/2,0;
14     izh_pot_reg:= pot_za_sunek+pot_sunka;
15
16     ELSE
17     izh_pot_reg:= trenutna_pot;
18
19 END_IF;
20 END_IF;

```

Slika 5.25: Koda v funkcijskem bloku povratnega sunka

5.3 Opis parametrov

Za lažjo preglednost parametrov so se parametri oblikovali tako, da so tisti, ki se nahajajo v SCADI in niso napisani krepko, namenjeni samo opazovanju, napisani krepko pa namenjeni tudi spreminjanju.

5.3.1 Parametri v ročnem režimu delovanja

5.3.1.1 Korekcija v milimetre na sekundo

Enote A/D pretvornika niso enake enotam v mm/s, zato je potrebna pretvorba iz mm/s v ustrezne enote PLK-ja, ki določajo hitrost motorja. Za izbrano hitrost se uporablja enačba, v kateri se hitrost v mm/s deli z korekcijo, za pridobitev ustreznega premika. Za nastavev korekcije je potrebno primerjati čas, v katerem opravi palica določeno pot, ter realni čas, v katerem se je to zgodilo. Korekcijo je potrebno nastaviti samo na začetku, ko se vnesejo vsi parametri za lastnost motorja ter inkrementalnega dajalnika. Ob nastavitvi teh parametrov je korekcija konstantna in je ni potrebno več nastavljanja.

Korekcija se pojavi tam, kjer je potrebna pretvorba iz mm/s v enote A/D pretvornika ali obratno.

5.3.1.2 Izbrana hitrost

Tukaj je potrebno vpisati želeno hitrost, s katero se bo motor premikal samo v ročnem režimu delovanja. Podana je v mm/s in se pozneje pretvori v korigirane enote PLK-ja. Ta hitrost je zelo majhna, saj kontinuirno litje poteka zelo počasi po nekaj mm/s. Izbere jo operater, saj sam najbolje ve, s kakšno hitrostjo se mora lita palica premakniti, ne da bi se pretrgal spoj med talino ter že ulito palico.

5.3.1.3 Želen premik

Ta parameter se uporabi takrat, kadar je želja po litju palice do nastavljene dolžine. Nastavi se dolžina, do katere naj se zgodi premik lite palice. Ob pritisku tipke začni se bo začel premik s hitrostjo definirano s parametrom *izbrana hitrost* do nastavljene dolžine. Ko bo dosežena zelena dolžina, se bo premik končal. Pot in hitrost, ki sta prikazani v SCADI, se bosta ob pritisku te tipke brisali in postavili na število 0. V ročnem načinu ni možno hkrati uporabljati zelenega premika ter ročnega premika z realnimi ali virtualnimi tipkami.

5.3.2 Parametri v avtomatskem režimu delovanja

5.3.2.1 Parametri v hitrostnem profilu

Nastavitev parametrov za hitrostni profil je odvisna od talilnega materiala ter od zelene dobljene mikrostrukture po strditvi taline. Zato je potrebno za vsak material posebej nastaviti parametre hitrostnega profila za neprekinjeno in nemoteno litje ter pridobitev idealnega izdelka. Ampak na Fakulteti za strojništvo se vakuumska peč uporablja za litje zgolj v eksperimentalni namen, zato se parametri med litjem večkrat spreminjajo za

opazovanje odziva zlitine pri strjevanju v ulitek. Hitrostni profil se nahaja v grafu hitrosti odvisno od časa in je sestavljen iz premic, ki zaznamujejo dve pospešeni gibanji, prikazani v (5.1) in (5.2), enakomernega prikazanega v (5.3) in pojemajočega prikazanega v (5.4) ter iz sledečega postanka, v katerem je možen tudi povratni sunek. Časi v hitrostnem profilu so definirani, zato se zmanjša vnos parametrov zanj. Enačba (5.5) prikazuje izračun celotne poti hitrostnega profila skozi časovno obdobje.

$$s_1 = \frac{v_1 t_1}{2} \quad (5.1)$$

$$s_2 = \frac{(v_2 - v_1) t_1}{2} \quad (5.2)$$

$$s_3 = v_2 t_1 \quad (5.3)$$

$$s_4 = v_2 \frac{t_1}{2} + \left(-\frac{v_2 \left(\frac{t_1}{2} \right)}{2} \right) \quad (5.4)$$

$$s_{cel} = s_1 + s_2 + s_3 + s_4 \quad (5.5)$$

Tu so:

t_1 – prvi čas hitrostnega profila (s),

v_1 – prva hitrost hitrostnega profila (mm/s),

v_2 – druga hitrost hitrostnega profila (mm/s),

s_1 – prva pot hitrostnega profila (mm),

s_2 – druga pot hitrostnega profila (mm),

s_3 – tretja pot hitrostnega profila (mm),

s_4 – četrta pot hitrostnega profila (mm),

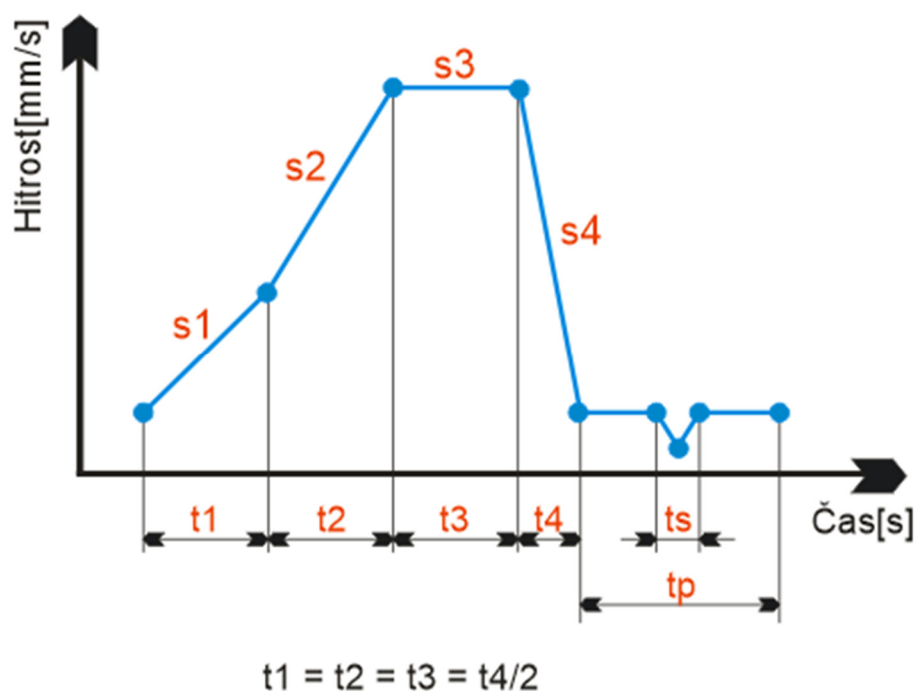
s_{cel} – celotna pot hitrostnega profila (mm).

5.3.2.2 Prvi čas (t_1)

Zahteve inštituta so bile, da so časi premic v hitrostnem profilu enaki, razen pri pojemajočem gibanju, kjer se čas razpolovi. Ob nastavitvi prvega časa se hkrati definirajo tudi ostali časi v hitrostnem profilu, zato ni potrebe po ostalih nastavitvah časa. Pri litju so ti časi zelo majhni in se uporabljajo največ do ene sekunde.

5.3.2.3 Pot1 (s_1) in Pot2 (s_2)

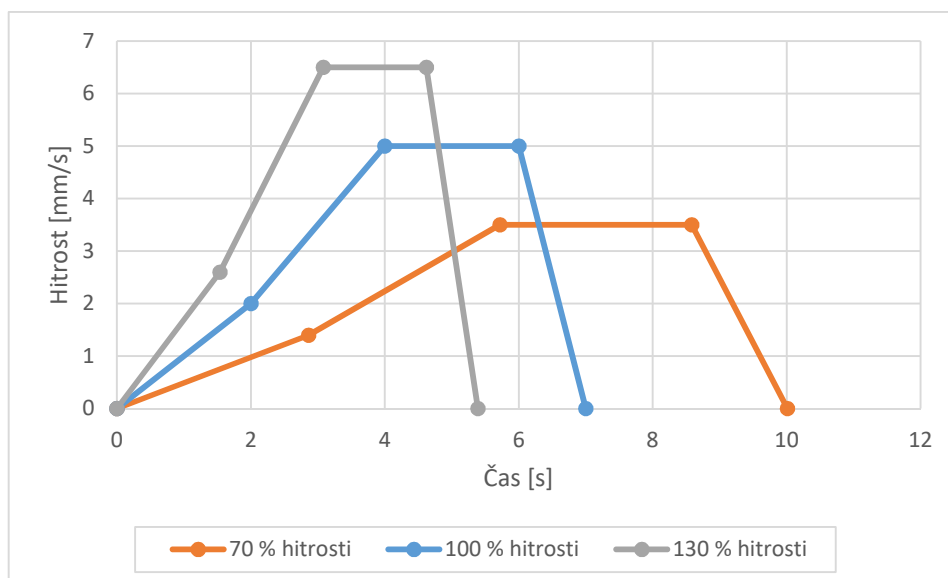
Parametra predstavljata enakomerno pospešeni gibanji, ki sta izvršeni zaporedno v hitrostnem profilu. Ob definiranju teh spremenljivk in parametra prvi čas (t_1) se v programu izračuna pot3 (s_3), ki predstavlja enakomerno gibanje, in pot4 (s_4), ki predstavlja pojemajoče gibanje. Če bi ob točkah, na katerih se stikajo premice hitrostnega profila, potegnili horizontalni črto, ki bi sekala vertikalno os v grafu za hitrost, bi se namesto s parametroma pot1 in pot2 hitrostni profil nastavljal z dvema hitrostma. Vendar je bila želja inštituta, da naj se hitrostni profil nastavlja z dvema potema in da se lahko hitrostni profil izračuna in izriše le s parametri s_1 , s_2 in t_1 .



Slika 5.26: Skica hitrostnega profila in območje parametrov

5.3.2.4 Hitrost v odstotkih in povprečna hitrost

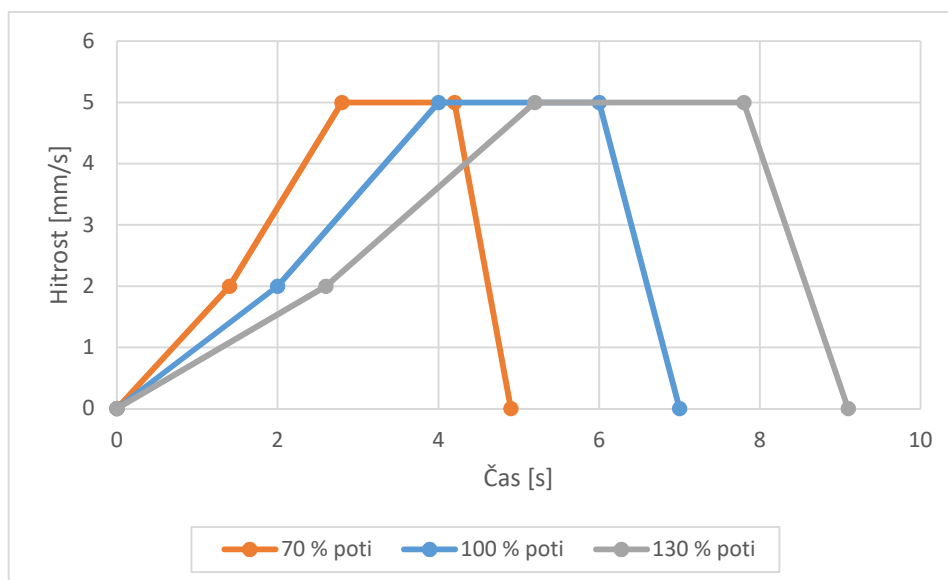
Ta parameter se nastavlja samo v odstotkih in ob spremembi le-tega se hitrost spremeni v hitrostnem profilu na tolikšno vrednost, kot je nastavljena hitrost v odstotkih. Če pogledamo primer, prikazan na sliki 5.27, kjer je pri 100 odstotkih hitrosti na koncu prve premice 2 mm/s. Ob spremembi hitrosti na 70 odstotkov se hitrost na koncu prve premice spremeni na 1,4 mm/s, torej za 30 odstotkov. Ob procentualni spremembi hitrosti se za isto vrednost spremeni tudi parameter povprečna hitrost, ki je namenjena samo opazovanju. Povprečna hitrost je skupen seštevek vseh hitrosti daljic v hitrostnem profilu pri povprečni vrednosti. Ob procentualni spremembi hitrosti se nastavljena pot v profilu ne spremeni, medtem ko se čas spremeni po izpeljani enačbi za vsako daljico in njeno hitrostno gibanje posebej. Tako se lahko oblika hitrostnega profila spreminja po višini.



Slika 5.27: Spreminjanje parametra hitrosti v odstotkih

5.3.2.5 Pot v odstotkih in celotna pot

Pri izračunu hitrostnega profila se izračuna tudi celotna pot, ki jo opravi lita palica v enem hitrostnem profilu. Celotna pot poteka od začetka prve daljice do konca četrte daljice v hitrostnem profilu. Pri primeru na sliki 5.28 se ob procentualni spremembi celotne poti za isto vrednost spremeni tudi čas ene daljice oziroma čas celotnega profila in s tem tudi celotna pot profila, medtem ko hitrost ostane ista. Tako se ob spreminjanju celotne poti hitrostni profil enakomerno podaljšuje in krajša.



Slika 5.28: Spreminjanje parametra poti v odstotkih

5.3.3 Parametri za povratni sunek

Povratni sunek se zgodi na polovici dogajajočega se postanka in traja za določen čas. Potrebno je nastaviti dva parametra, in sicer parameter za pomik povratnega sunka ter čas trajanja povratnega sunka v prisotnem postanku.

5.3.3.1 Pomik povratnega sunka

Ob aktivnem povratnem sunku se lita palica za nastavljeno potjo s tem parametrom premakne nazaj v talino, da se konec palice omehča in se segreje na višjo temperaturo. Ob doseženi nastavljeni poti valjčki lito palico premaknejo nazaj na pot, na kateri je bila pred povratnim sunkom, vendar z isto hitrostjo.

5.3.3.2 Čas povratnega sunka

Zajema celotno opravljeno pot v povratnem sunku, in sicer pot, ki jo opravi lita palica nazaj v lonec, ter pot vrnitve lite palice na mesto, kjer je ostala, kar je razvidno s slike 5.26. Pomiki povratnega sunka so zelo majhni in trajajo zelo kratek čas.

5.3.3.3 Tokovna omejitev motorja

Kadar se zgodi, da se palica v kokili zatakne in je motorji ne morejo premakniti, se poveča tok na motorju. Ob prekoračitvi nastavljenega parametra tokovne omejitve v programskem okolju SCADA se pojavi alarmno okno, ki opozori na zatik palice. Prav tako se signalizira virtualni indikator, imenovan kot kritična obremenitev.

5.3.4 Parametri za pogon motorja

Nahajajo se v desnem zgornjem kotu v SCADI, z njimi se nastavljajo specifikacije za pogon motorja. Iz teh parametrov se kasneje izračuna pot, ki jo opravi en pulz inkrementalnega dajalnika, ki je ključen za opravljeno pot lite palice.

5.3.4.1 Število pulzov na obrat

Inkrementalni dajalnik ima signale A, B in Index ter njihove negirane vrednosti, ki imajo določeno število pulzov glede na progo. Signala A in B se uporabljata za določanje smeri vrtenja motorja, medtem ko se signal index pojavi samo enkrat na obrat in se uporablja za določanja absolutnega položaja. Parameter je potrebno poiskati v specifikacijah izbranega inkrementalnega dajalnika.

5.3.4.2 Premer valja

Lito palico potiskata valja enakih oblik, ki sta povezana do motorja preko reduktorja. Potrebno je izmeriti premer valja za izračun obsega, za nadaljnji izračun. Valja sta prikazana na sliki 8.2.

5.3.4.3 Prestavno razmerje

Med valjem in motorjem se nahaja reduktor s predpisanim prestavnim razmerjem. Dogajajo se zelo majhni premiki in motor ne bi imel dovolj moči za obrat pri tako majhni napetosti, zato se uporablja reduktor kot zviševalec prestavnega razmerja. Ker je po obsegu valjev narejen utor za tesen oprijem palice, se ob različni debelini palice spreminja obodna hitrost. Zato se dejanskemu prestavnemu razmerju prišteva ali odšteva vrednost tako dolgo, dokler se opravljena pot palice ne izenači z nastavljeno potjo v SCADI.

5.3.5 Parametri za regulator

5.3.5.1 K_p položajnega regulatorja

Ta parameter je ključen pri izračunu izhodne hitrosti pri primerjanju referenčne poti z realno potjo. Kolikšna bo vrednost K_p položajnega regulatorja, s toliko se bo pogrešek referenčne in realne poti množil vsak cikel PLK-ja. Z višanjem vrednosti se bo realna pot približevala referenčni poti in parameter bo nastavljen takrat, ko bosta referenčna pot in dejanska pot izenačeni.

5.3.5.2 Korekcija izhodne napetosti

Nastavljen parameter korekcije izhodne napetosti se prišteva izračunani vrednosti izhodne hitrosti za hitrejši odziv regulatorja in s tem realne poti. Vrednost ne sme biti prevelika, drugače bi regulator izdal večjo hitrost, kot je potrebna za izenačenje realne poti z referenčno potjo. Regulator bi to zaznal in izdal bi negativno vrednost hitrosti, ki bi bila večja od hitrosti, potrebne za izenačitev realne poti z referenčno. To bi pomenilo, da bi se motor vrtel s konstantno hitrostjo v eno in v drugo smer. Korekcija se prišteva vsakemu ciklu krmilnika tako dolgo, dokler ne doseže maksimalne hitrosti vrtenja, takrat se hitrost izenači s parametrom maksimalne hitrosti motorja. Korekcija izhodne napetosti se zapisuje samo v integer obliki.

5.3.5.3 Maksimalna hitrost motorja

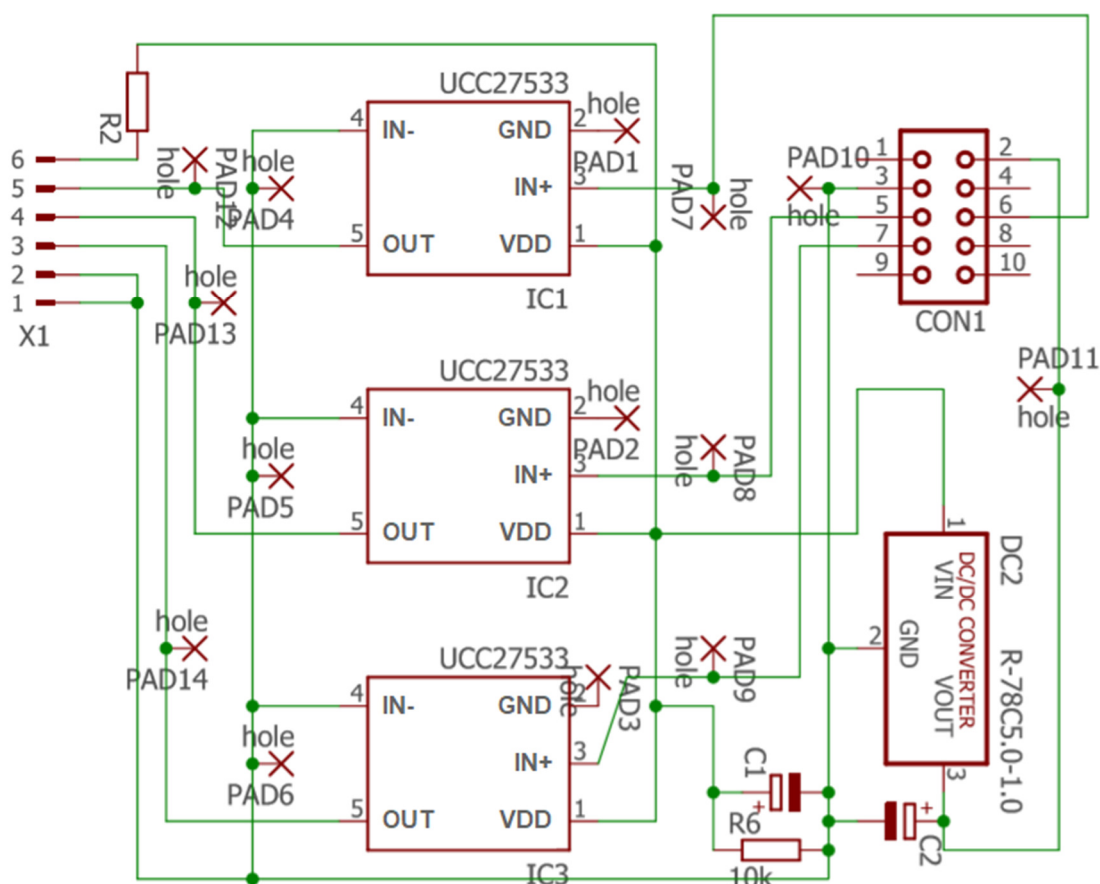
Regulator izdaja izračunano hitrosti, ki se spreminja glede opisanih parametrov v poglavju Parametri za regulator ter velikosti nastalega pogreška med referenčno potjo in realno potjo. Kadar je ta hitrost večja od parametra nastavljene maksimalne hitrosti motorja, se hitrost izenači z njim, kar pomeni, da regulator ne bo izdal večje hitrosti, kot je maksimalna hitrost motorja. Maksimalno hitrost je potrebno nastaviti tako, da se ob poteku pri tej hitrosti ne pretrga vez med talino in lito palico, kar bi pomenilo izlitje taline.

6 NADGRADNJA STROJNE OPREME

6.1 Prilagoditev inkrementalnih signalov

6.1.1 Vezje za ojačanje signalov

Na obstoječi aplikaciji je bil inkrementalni dajalnik izbran tako, da je bila napetost prihajajočih signalov enaka napetosti signalov iz inkrementalnega dajalnika v starem sistemu. Signali inkrementalnega dajalnika se izdajajo na nivoju 5 V, zato je bilo potrebno izdelati vezje, ki bo ojačalo te signale na delovno napetost PLK, ki je 24 V. Vezje je že bilo izdelano, vendar je imelo počasnejše čipe in frekvenca prihajanja pulzov je bila precej manjša, zato je bilo potrebno izdelati novo vezje s čipi, ki bodo vzdržali frekvenco do 100 kHz. Prav tako je bilo predhodno vezje narejeno samo za priklop dveh signalov, in sicer za signala A in B, na novejšem vezju pa je še možnost priklopa referenčne proge. Delovna napetost čipov, ki se napajajo iz Omronovega napajalnika, je 24 V. Dioda in upor na vezju sta bolj zaščitniška elementa, kajti če pride do kakšnega kratkega stika, se najprej poškodujeta le-ta in prekine se napajanje do čipov, kar je v nekaterih primerih rešitev čipov pred uničenjem.



Slika 6.1: Shematski prikaz vezja za ojačanje signalov

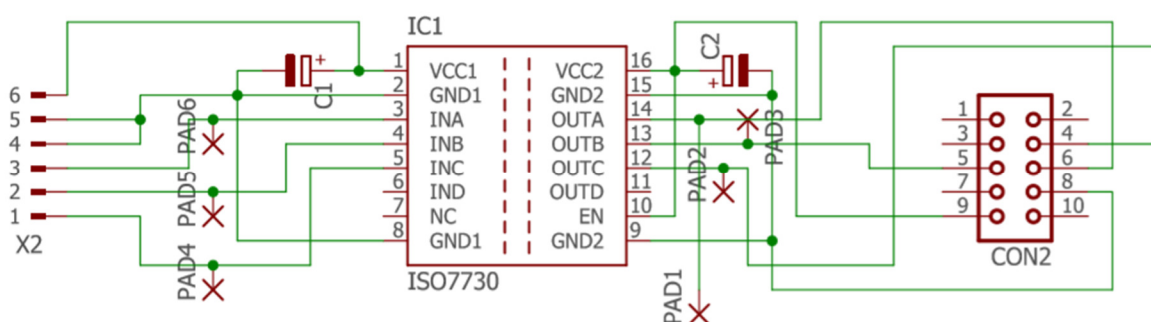
Obstaja več programov za risanje vezij, ampak zaradi več izkušenj v zvezi s tem je pripeljalo do odločitve za program Eagle. Program služi konstruiranju različnih vezij za izdelavo ter vsebuje knjižnice raznih elementov različnih proizvajalcev. Konstruiranje vezja v programu Eagle poteka v dveh stopnjah. V prvi stopnji se vezje nariše v shematskem načinu, kar ponazarja slika 6.1. Nato se komponente v načinu board razporedijo na želeno velikost podlage ter v pravilno postavitev, da bo izrezkano vezje na koncu takšne oblike, kot je razporeditev v board načinu. Če se med elementi poveže z rdečo žico, bo rezkalnik vezje izrezkal na zgornjo stran plošče, če se pa med elementi poveže z modro žico, ga bo rezkalnik izrezkal na spodnjo stran plošče. Pri izrezkanem vezju se sprednja stran poveže z zadnjo ročno s pomočjo žic, kar ponazarjajo vse luknje v vezju, imenovane pad.

Vezje je sestavljeno iz naslednjih komponent:

- 3 čipi proizvajalca Texas Instruments UCC27533,
- 2 kondenzatorja 100 mF,
- 2,0 A dioda,
- 270-ohmski upor,
- napetostni pretvornik Recom R-785.0-1.0,
- 10-pinski priključek za flat vodnik,
- 6-pinski priključek za vijačenje.

6.1.2 Vezje za galvansko ločitev signalov

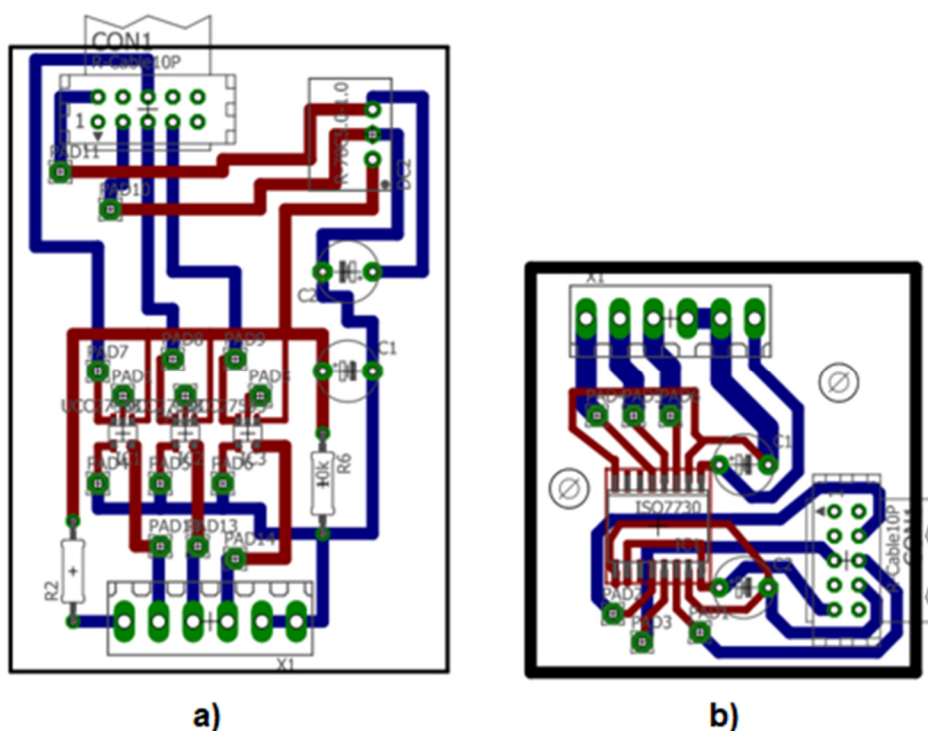
Galvanska ločitev se uporablja, kadar je želja po ločitvi dveh električnih napajanj, z namenom, če pride do kakšnega kratkega stika, da se nadaljnja vezja ter komponente ne poškodujejo oziroma uničijo. Pri izbiri ustreznega čipa se je potrebno seznaniti s frekvenco prihajajočih signalov, ki je 100 kHz, zato je bil izbran čip proizvajalca Texas Instruments model ISO7730. S pomočjo integrirane fotodiode in fototranzistorja lahko čip naenkrat galvansko loči kar tri visokofrekvenčne signale. Potrebno ga je napajati z dvema različnima 5 V napetostma. Vezje se nahaja na isti plošči kot vezje ojačevalnika signalov. Med seboj sta povezani zaporedno s pomočjo flat vodnika tako, da so vhodni signali najprej galvansko ločeni, nato pa ojačani na napetost 24 V. Postopek izdelave vezja je bil enak postopku izdelave vezja za ojačanje signalov.



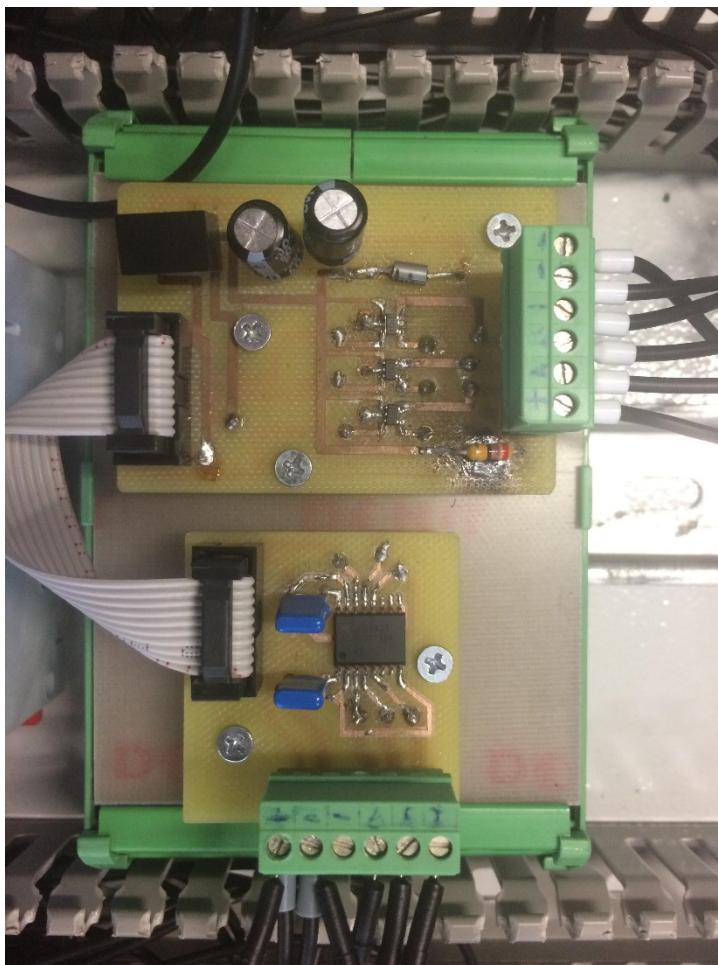
Slika 6.2: Shematski prikaz vezja za galvansko ločitev signalov

Vezje sestavljajo naslednje komponente:

- čip proizvajalca Texas Instruments ISO7730,
- 2 kondenzatorja 0,1 mF,
- 10-pinski priključek za flat vodnik CON10,
- 6-pinski priključek za vijačenje.



Slika 6.3: Vezji za prilagoditev inkrementalnih signalov v board načinu. a) Vezje za ojačanje signalov. b) Vezje za galvansko ločitev.



Slika 6.4: Vezji za ojačanje signalov in galvansko ločitev integrirani na plošči

6.2 Panel za ročno vodenje

Uporablja se takrat, ko se pojavi kakšna napaka v sistemu in jo je potrebno s pomočjo ročnega vodenja odpraviti. Ročni panel je sestavljen iz ohišja tipk in iz šest nanj pritrjenih tipk ter svetlečih diod, ki imajo vsaka svojo funkcijo v avtomatizaciji sistema. Na desno stran ohišja je pritrjeno stikalo za zasilni izklop, ob pritisku katerega se prekine napajanje za vse komponente na plošči. Prav tako se napajanje prekine takrat, kadar se ročni panel odklopi iz priključka na plošči s komponentami. Panel je z vhodi in izhodi PLK-ja povezan preko priključka imenovanega DB25, ki je pritrjen na ploščo s komponentami. Ob priklopu tipkala ročnega režima delovanja je možnost z izbrano hitrostjo vrteti motor v smeri urinega kazalca in s tem litje naprej ter vrteti motor v obratni smeri urinega kazalca

in s tem litje nazaj. Ob prisotnosti nepričakovanega zunanjskega vpliva ali napake v sistemu je možno pritisniti tipko stop, ki prekine delovanje programa in zaustavi sistem. V programskem okolju SCADA se pojavi opozorilno okno, ki opozarja, da je bila vključena tipka stop, in takrat so vse funkcije onemogočene. Prav tako se napaka signalizira tudi na ročnem panelu z led diodo integrirano v tipkalu za stop. Po vsakem pritisku te tipke je potrebno pritisniti tipko reset in s tem potrditi ter izbrisati napako, javljeno v programskem okolju SCADA. Vsako tipkalo ima svojo opozorilno lučko, ki ponazarja različno delovanje sistema, na primer ob prisotnem ročnem režimu delovanja se prižge lučka, integrirana v tej tipki. Opozorilne luči so kot potrditev PLK-ja za uspešno delovanje. Za lažje sporazumevanje je bila za podlago tipkal narejena skica, na kateri je opisan posamezni namen vsakega tipkala. Skica je bila zaznamovana v programu Corel Draw, ki je namenjen za grafično oblikovanje. Zaradi nečistoč in visoke temperature je bilo potrebno za obstojnost in daljšo življenjsko dobo list papirja plastificirati.



Slika 6.5: Panel za ročno vodenje

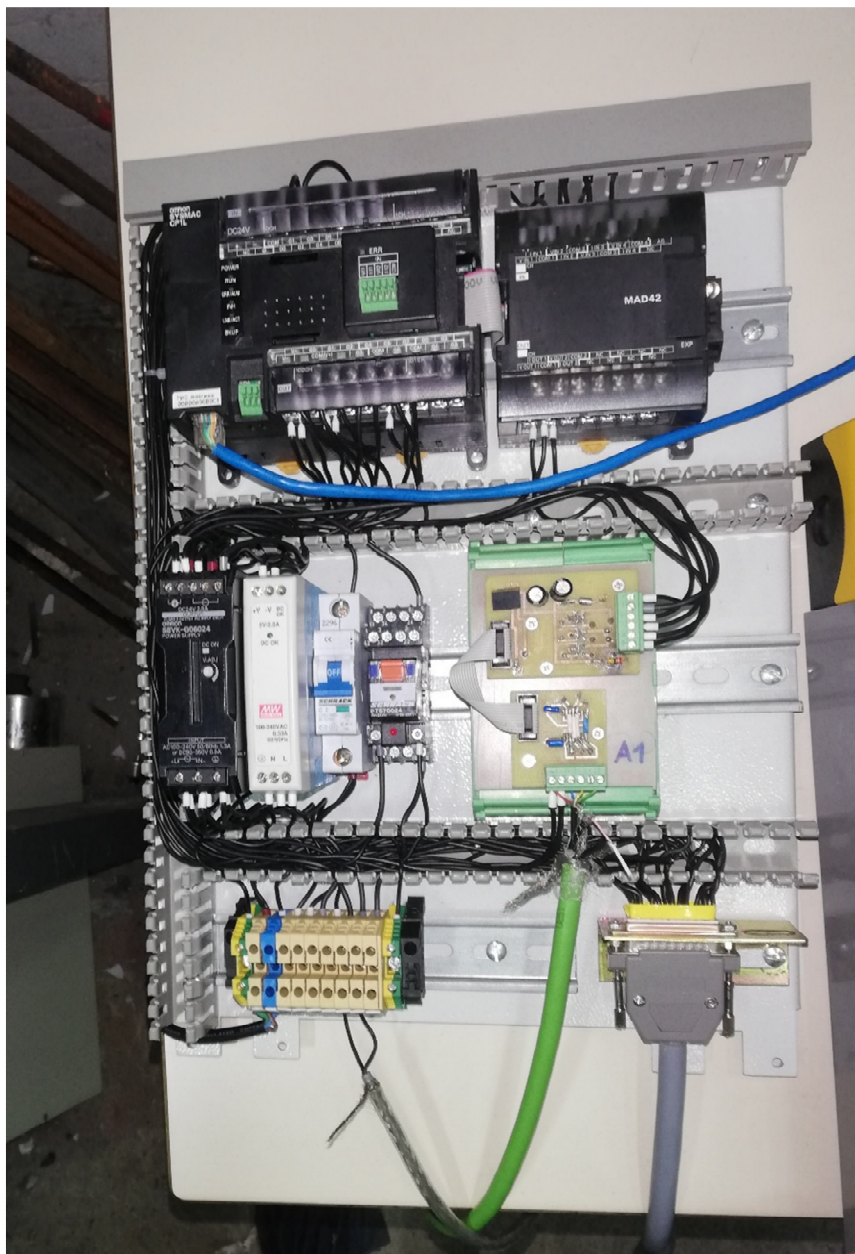
6.3 Plošča s pripadajočimi komponentami

Zaradi varčevanja s prostorom je prišlo do odločitve, da se vse izbrane komponente namestijo na jekleno ploščo in se ta namesti že v obstoječo omaro starega sistema. Na plošči so komponente razporejene v 3 enako porazdeljene vrste. V prvi vrsti se nahajata PLK in A/D pretvornik. V drugi vrsti od leve proti desni je na začetku Omronov napetostni pretvornik iz 220 na 24 V. Omronovemu napajalniku sledi napetostni pretvornik iz 220 na 5 V, ki je potreben za napajanje vezja za galvansko ločitev ter napajanje inkrementalnega dajalnika, tako da sta električni napajanja popolnoma ločeni. Naslednja komponenta je 2 A varovalka proizvajalca Schrack, na katero se pripelje 220 V napajanje iz omrežja in je zaščitnik komponent pred poškodbami ob raznih izpadih ter prevelikem vhodnem toku. Ob pritisku na tipko zasilni izklop, ki se nahaja na panelu za ročno vodenje ali ob izklopu priključka DB25, se prekine dovod napajanja iz omrežja do varovalke; to sta ključna pogoja za delovanje sistema. Zraven se nahaja rele proizvajalca Schrack in deluje na 24 V napetosti. Vklaplja ga PLK za sklenitev potrditvene napetosti, imenovane enable signal. V drugi vrsti na skrajni desni strani letve se nahaja plošča A1, na kateri sta pritrjeni vezje za galvansko ločitev in vezje za ojačanje priključenih inkrementalnih signalov. V zadnji letvi so sponke za priključitev potrebnih napetosti, kot je napajalna napetost plošče, napetosti za signaliziranje temperatur in toka, referenčna napetost ter priključitev enable signala. Prav tako se na tej letvi na skrajni desni strani nahaja ženski priključek DB25 za priključitev ročnega panela.

Na ploščo so integrirane naslednje komponente:

- PLK CP1L Omron,
- A/D pretvornik MAD42,
- 24-V napajalnik S8VK-G06024 znamke Omron,
- 5-V napajalnik MDR-10 10W znamke Mean Well,
- DC inštalacijski odklopnik Schrack C2 IEC 947-2 2A,
- 24-V rele PT570024 Schrack,
- plošča A1 z vezjema za galvansko ločitev in ojačanje signalov,

- ženski priključek DB-25 za priklop ročnega panela,
- sponke za dovod potrebnih signalov.



Slika 6.6: Plošča z integriranimi strojnimi komponentami

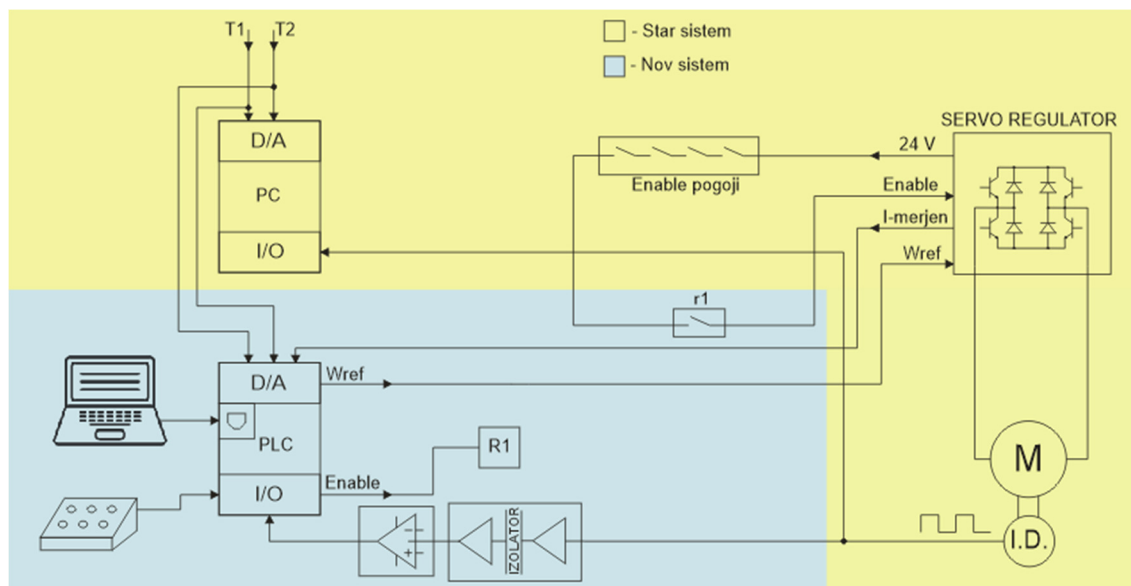
7 PRIKLJUČITEV USTREZNIH SIGNALOV ZA PRIPADAJOČ SISTEM

Na začetku je bil cilj diplomskega dela vzporedna priključitev novega sistema k obstoječemu tako, da je še stari sistem vedno v uporabi in se med njunima delovanjema izbira s pomočjo stikala. Vendar se je pred nadaljnjo uporabo starega sistema pokvarila računalniška enota in sistem se ni več odzival na avtomatsko delovanje programa. Tako se je spremenil cilj diplomskega dela, in sicer da se v celoti uveljavi posodobljen sistem in je litje možno nadzorovati in upravljati le z njim. Posodobljen sistem je za testiranje programa in za simulacijo litja uporabljal nadomestne komponente, zato je bilo potrebno v dokumentaciji naprave poiskati ustrezne priključke naprav v starem sistemu za priključitev ustreznih signalov. Sistem kontinuirnega litja je bil izdelan in uvožen iz Nemčije. Slika 7.1 prikazuje shemo priključitve posodobljenega sistema na komponente starega sistema. Sistem poganjajo komponente, ki so porazdeljene v dve električni omari, in sicer v omari imenovani ZS2, kjer se nahajajo komponente za močnostni del elektronike, kot so razni transformatorji, releji, varnostne varovalke, regulacijske karte; v drugi električni omari imenovani ZS1 pa se nahajajo komponente za upravljanje sistema, kot so računalniška enota, analogno digitalni pretvorniki, monitor in priključki signalov za razne funkcije sistema. Servoregulator se nahaja v električni omari ZS2 in je sestavljen iz štirih tiristorskih kart, ki so med seboj povezane ter opravljajo določeno nalogo v pogonskem sistemu motorja:

- A1 – karta za reguliranje vrtilne frekvence,
- A2 – karta za krmiljenje,
- A3 – karta za priskrbovanje napajanja ter zapora pogona,
- A4 – karta za prenašanje pulzov.

Pri izbiri vodnikov je bilo potrebno paziti na količino toka potujočega po žicah in pravilno izbrati debelino žic v vodnikih. V takšnem okolju obratovanja so prisotne velike temperature in napetosti, vodijo lahko do raznih motenj, zato so bili izbrani ustrezno oklopljeni vodniki. Oklopi vodnikov so sestavljeni iz jeklenega prepletenelega plašča, ki se

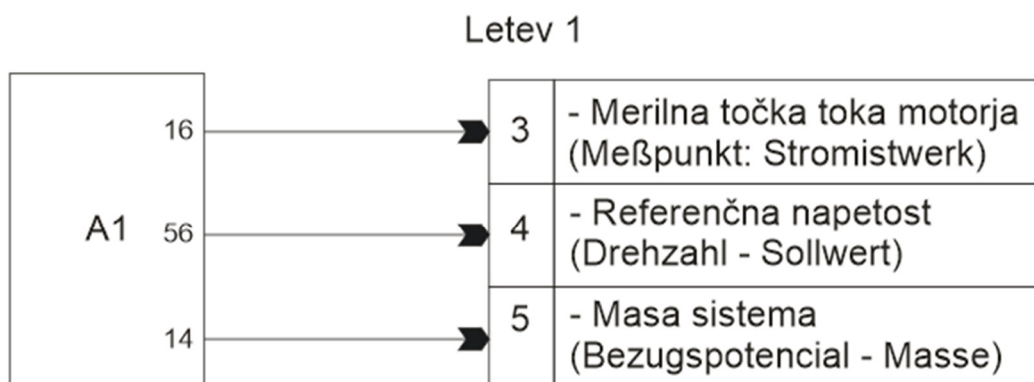
nahaja okoli žic in ki ga je potrebno ozemljiti vsaj na enem koncu vodnika za odpravo motenj.



Slika 7.1: Priklučitev posodobljenega sistema

7.1 Referenčna napetost

Referenčna napetost se je iz A/D pretvornika izdajala v vrednosti od -10 do 10 V in se je povezala iz sponke številka 4 iz nove plošče na tiristorsko karto A1, in sicer na priključek 56. Zraven referenčne napetosti se je povezala tudi GND, ki predstavlja maso v novem sistemu napajanja. Za ustrezno delovanje je potrebno maso starega in novega sistema med seboj priključiti in izenačiti na isti potencial, da ne pride do potencialne razlike. Masa se je povezala iz sponke številka 5 iz nove plošče prav tako na tiristorsko karto A1, in sicer na priključek 14. Med povezavami je 10 m razdalje, zato je bil uporabljen dvožilni oklopljen vodnik dimenzije 2 x 0,5 mm. Iz tiristorske karte A4 servoregulatorja se napetost v obliki pulzov prenese na servomotor proizvajalca Siemens serije 1HU3 10.



Slika 7.2: Priključitev referenčne napetosti in merjenega toka na motorju

7.2 Signali inkrementalnega dajalnika

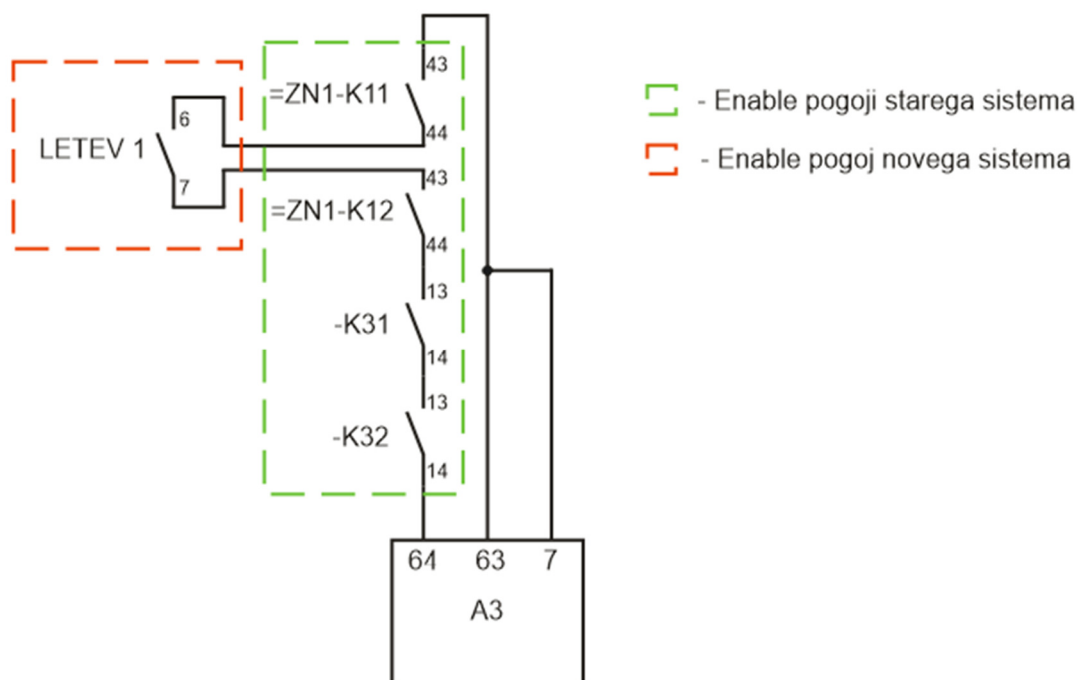
Zaradi popolne uvedbe novega sistema je bilo potrebno inkrementalni dajalnik priključiti in ga napajati samo iz novega sistema. Napaja ga 5-V napetostni pretvornik moči 10 W proizvajalca Mean Well. Inkrementalni dajalnik je iz serije ROD 320 proizvajalca Siemens in je pritrjen na konec motorja. Vodnik napajanja inkrementalnega dajalnika je oklopljen in speljan do električne omare ZS1, kjer je priključen na 12-polni konektor M23, kot kaže slika 7.3. Sistem je imel na voljo priključitev dveh inkrementalnih dajalnikov, zato se je za nov sistem uporabil neuporabljen konektor in je za zamenjavo sistemov potrebno inkrementalni dajalnik preklopiti na konektor X10. Za povezavo med konektorjema X10 in X2 na plošči A1 novega sistema je uporabljen standardni oklopljen vodnik dimenzije $3 \times (2 \times 0,14) + (2 \times 0,5)$, pri katerem sta po 2 vodnika še posebej oklopljena.



Slika 7.3: Priklučitev inkrementalnega dajalnika

7.3 Enable pogoj

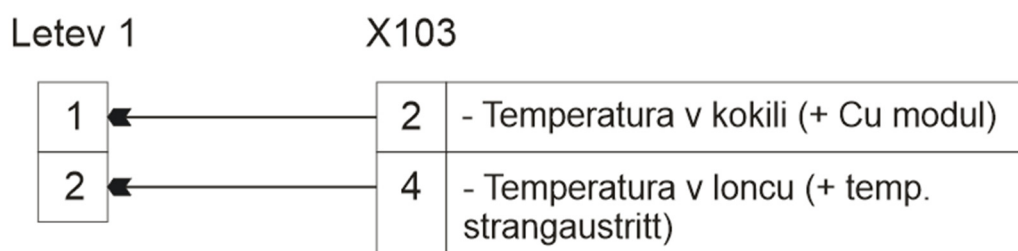
Na tiristorski karti A3 se na priključek 64 poveže napetost v obliki 24 V, imenovana enable signal, ki je potreben kot potrditev za delovanje motorja. Potrebna napetost se poveže iz tiristorske karte A3 iz priključkov 63 in 7 na priključek 64 skozi določene pogoje, kot kaže slika 7.4. Obstoječi sistem ima že določene pogoje za postavitve enable signala; to so relejni kontakti, ki se sklenejo ob pritisku tipke vklop sistema, vklop pogona in neaktivnosti tipke zasilni izklop, ki se nahajajo na električni omari ZS1 starega sistema. Pri novem sistemu je izvir enable signala iz PLK-ja, ki nadaljnje vklopi 24-V rele in hkrati njegove kontakte. Da bi se integriral pogoj novega sistema v že obstoječe pogoje, je relejev kontakt vezan zaporedno s pogoji starega sistema, tako da morajo za delovanje biti prisotni vsi pogoji obeh sistemov.



Slika 7.4: Priklučitev enable pogoja novega sistema

7.4 Temperatura v loncu in kokili

Pri kontinuirnem litju je zelo pomembna temperatura, na katero se segreje talina v loncu, ter temperatura hlajenja kokile in s tem strjevanje zlitine. Temperatura v loncu je merjena na dveh mestih, temperaturo v kokili pa je možno meriti samo na enem mestu. Z različno hitrostjo ohlajanja pridobi material različne lastnosti, kot so trdota, trdnost, žilavost in s tem različna mikrostruktura. Temperaturi v termoelementu se pretvorita z ustreznima vezjema v napetost, ki je v območju med 0 do 2,5 V, povezano na priključku električne omare ZS1. Slika 7.5 prikazuje priklučitev teh temperatur vzporedno staremu sistemu. V programu se ti napetosti ustrezno pretvorita v temperaturi in sproti izrisujeta v levi graf, ki je prikazan na sliki 5.7.



Slika 7.5: Priključitev obeh temperatur na letev novega sistema

7.5 Tok motorja

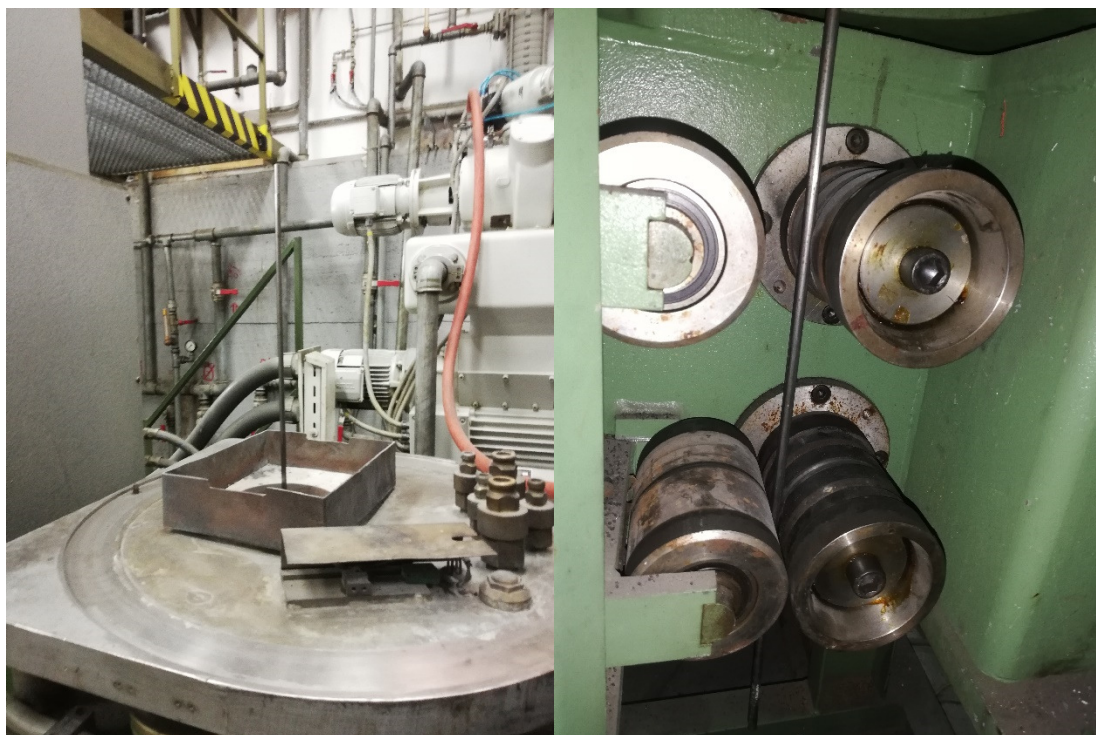
Med delovanjem litja se lahko zgodi, da se zaradi nepravilno nastavljenih parametrov ali zaradi kakšnega drugega dejavnika lita palica zatakne znotraj kokile ali lonca. Takrat se motor, ki poganja valja, ustavi, saj nima več moči za premik lite palice, in začne se večati tok na motorju. Ta signal je povezan iz tiristorske karte A1 priključka 16 na sponko številka 3 novega sistema, kar prikazuje slika 7.2. Limit naraščajočega toka se nastavlja s parametrom tokovna omejitev, ki predstavlja maksimalen dopustni tok pred opozoritvijo v SCADI.

8 PRIKLJUČITEV IN PREIZKUS DELOVANJA SISTEMA

Cilj diplomskega dela je priklop nadgrajene strojne opreme na priključke, kot so opisani v poglavju Priključitev potrebnih signalov za pripadajoči sistem. Za testiranje sta bili plošča s komponentami in panel za ročno vodenje v času testiranja nameščeni na mizo, kot kaže slika 8.1. Na ploščo so bili ustrezno povezani signali starega sistema. Za nadzor avtomatizacije sistema se je potrebno povezati s PLK-jem in računalnikom preko UTP vodnika ter na računalniku imeti okolje za grafični vmesnik SCADA. Pred začetkom delovanja je potrebno nastaviti parametre za pogon motorja, da se lita palica premakne za premik, ki je identičen nastavljenemu premiku in omogoča točnejše rezultate. Nato je bila testirana avtomatizacija sistema vlečenja palice po predpisanem hitrostnem profilu v avtomatskem režimu delovanja in vlečenje palice s konstantno hitrostjo v ročnem režimu delovanja. Kot je prikazano na sliki 8.2, se je palica vlekla ob neprisotnosti lonca in taline, saj je potekalo obdobje testiranja, odkrivanja nepredvidljivih napak ter izpolnjevanje dodatnih želja uporabnika. Ker se plošča nahaja na odprtem prostoru brez zaščite, so se pojavile motnje, zaradi katerih je prišlo do odstopanja ter nihanja rezultatov. Zato bo v prihodnje plošča s komponentami nameščena v že obstoječo omaro starega sistema, ki bo služila kot Faradejeva kletka, in s tem bodo odpravljene motnje.



Slika 8.1: Testiranje delovanja novega sistema



Slika 8.2: Testiranje avtomatizacije vlečenja palice pri kontinuirnem litju

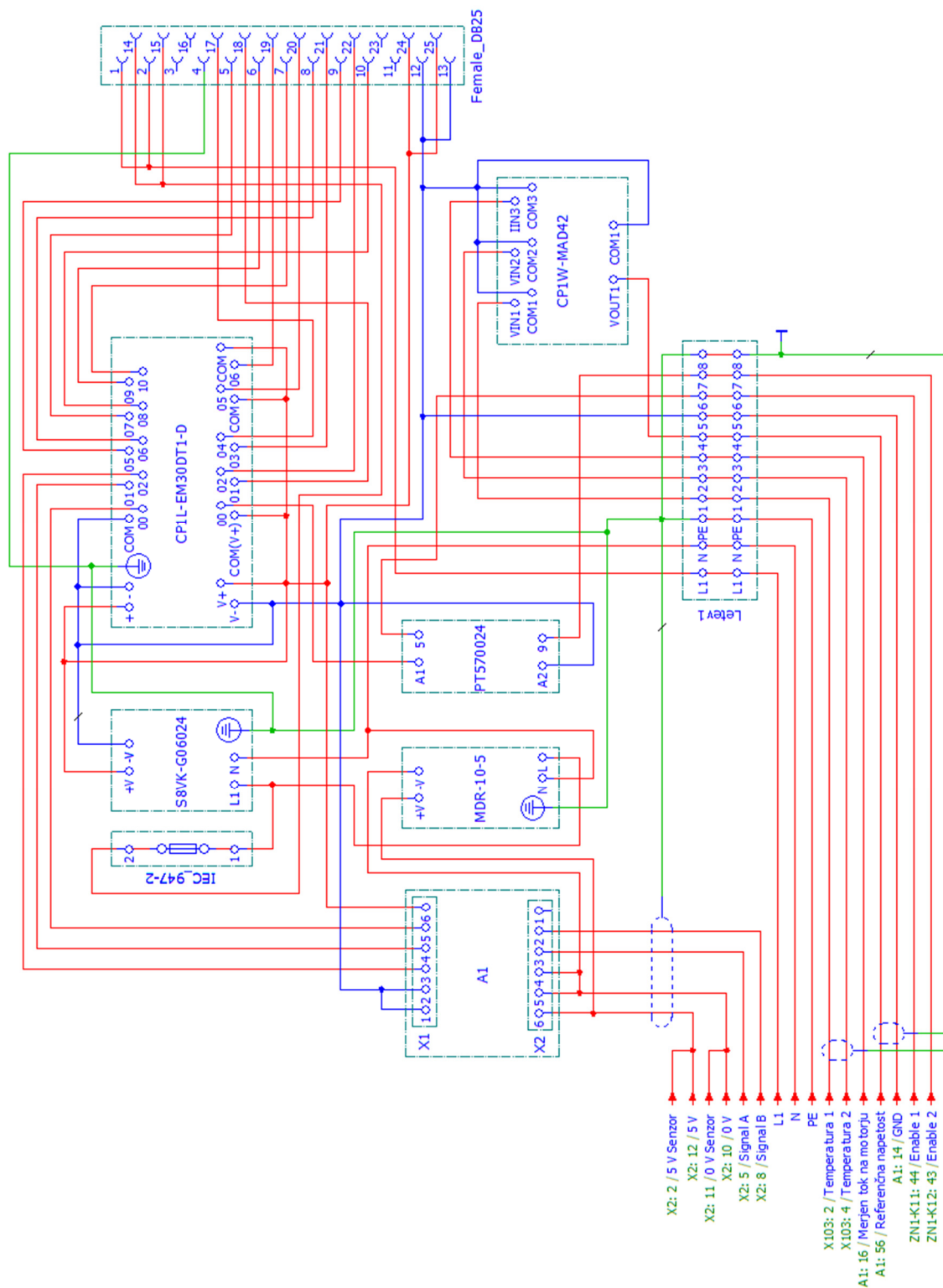
9 SKLEP

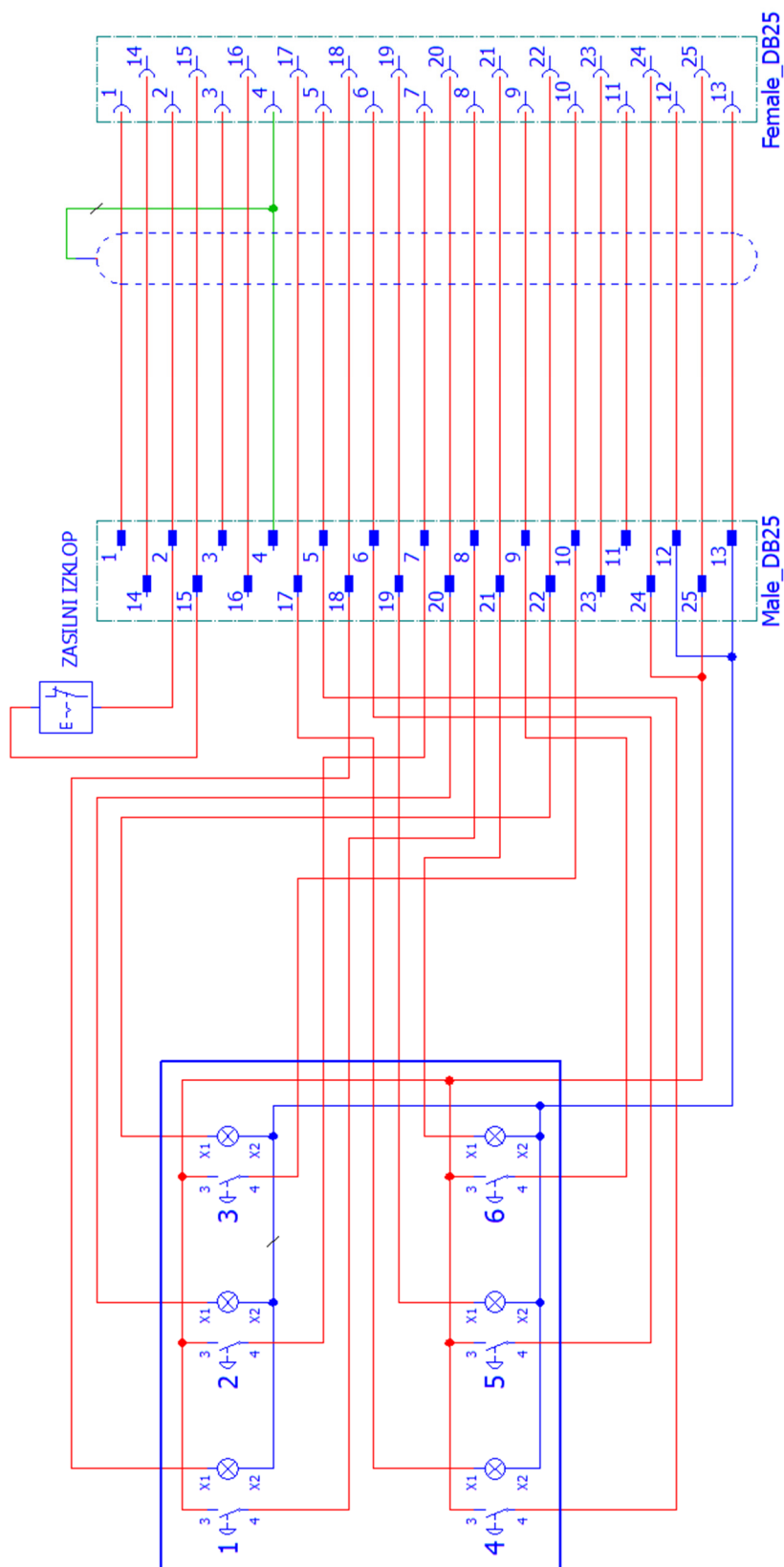
Cilj diplomske naloge je bil implementirati celoten posodobljeni sistem v realen sistem peči za kontinuirno litje, saj se je pokvarila računalniška enota le-tega. Za nadaljevanje tega projekta se je bilo potrebno seznaniti s celotnim delovanjem kontinuirnega litja in narejene programske opreme ter aplikacije za simuliranje kontinuirnega litja. Sledila je ustrezna strojna nadgradnja narejene aplikacije ter študij dokumentacije naprave za ustrezno implementacijo v realen sistem na ustrezne priključke. Prav tako se je zaradi drugačnih zahtev Inštituta za materiale preuredil tudi celoten program, ki je integriran v pomnilnik PLK-ja. Ob ustrezno izpolnjenih zahtevah se je začelo testiranje programa na realnem sistemu, nato je sledila faza za izpolnitev dodatnih pogojev in odpravo nepredvidljivih napak. Glede na nadgrajeno avtomatizacije vlečenja palice pri kontinuirnem litju sem mnenja, da smo zahteve, ki smo si jih zadali, ustrezno izpolnili. Avtomatizacija vlečenja palice poteka v treh ciklih, in sicer je najprej vlečenje, nato sledi čakanje in na koncu povratni sunek. Povratni sunek je ključen takrat, ko se zgodi reakcija med talino in steno kokile, nakar se lita palica zatakne. Poveča se tok na motorju, in ko preseže nastavljeno tokovno omejitev, javi kot opozorilo v SCADI. Ker je potrebno tukaj zelo hitro odreagirati, bi se lahko program nadgradil tako, da bi se ob zatiku palice in ob povečanju toka avtomatsko vklopil poseben način delovanja naprave, npr. počasnejše vlečenje. Pri postopku kontinuirnega litja poteka litje različno debelin palic, pri katerih je potrebno pred začetkom litja nastaviti parameter za prestavno razmerje, tako da se izenači opravljena pot lite palice z nastavljeno potjo v SCADI. Pri vsaki debelini palice se mora poiskati in nastaviti svoje prestavno razmerje. Tukaj bi se lahko v grafičnem vmesniku SCADA ter v nadzornem programu implementirala možnost, pri kateri bi se nastavila debelina lite palice, na podlagi katere bi se v nadzornem programu avtomatsko izračunalo prestavno razmerje za natančen premik. Za doseganje tega bi bilo potrebno podrobno preučiti obliko valja po obsegu.

10 VIRI

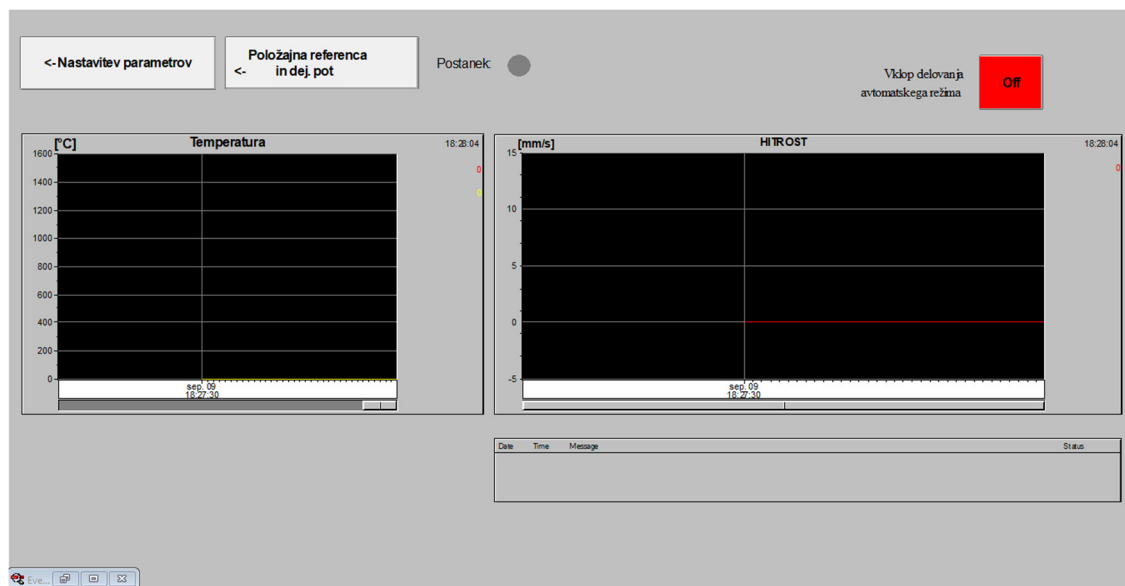
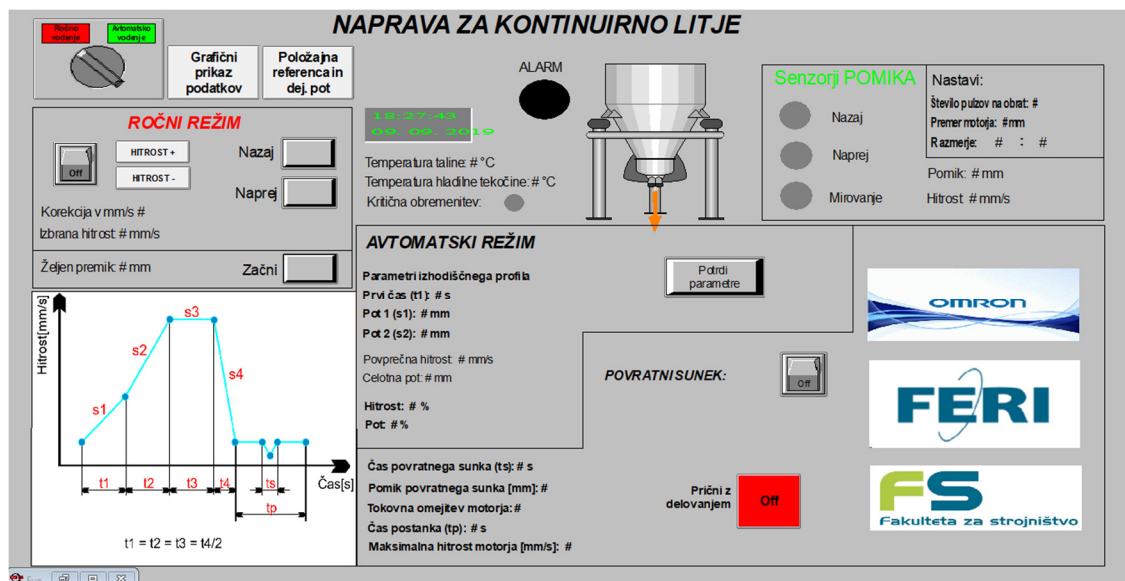
- [1] F. Zupanič, Kontinuirno litje nikljevih superzlitin v vakuumu, VAKUUMIST 29/1–2 (2009).
- [2] Kontinuirno litje. Dostopno na:
https://thelibraryofmanufacturing.com/continuous_casting.html [3.7.2019].
- [3] Continuous Casting of Steel and Simulation for Cost Reduction. Dostopno na:
https://www.researchgate.net/publication/299324047_Continuous_Casting_of_Steel_and_Simulation_for_Cost_Reduction [3.7.2019].
- [4] Programmable logic controller. Dostopno na:
https://en.wikipedia.org/wiki/Programmable_logic_controller#cite_note-3
[27.8.2019].
- [5] Technica – Guß GmbH 1986, Vakuum-Mikro-Strangießanlage: Teil 1.
- [6] Technica – Guß GmbH 1986, Vakuum-Mikro-Strangießanlage: Teil 2.

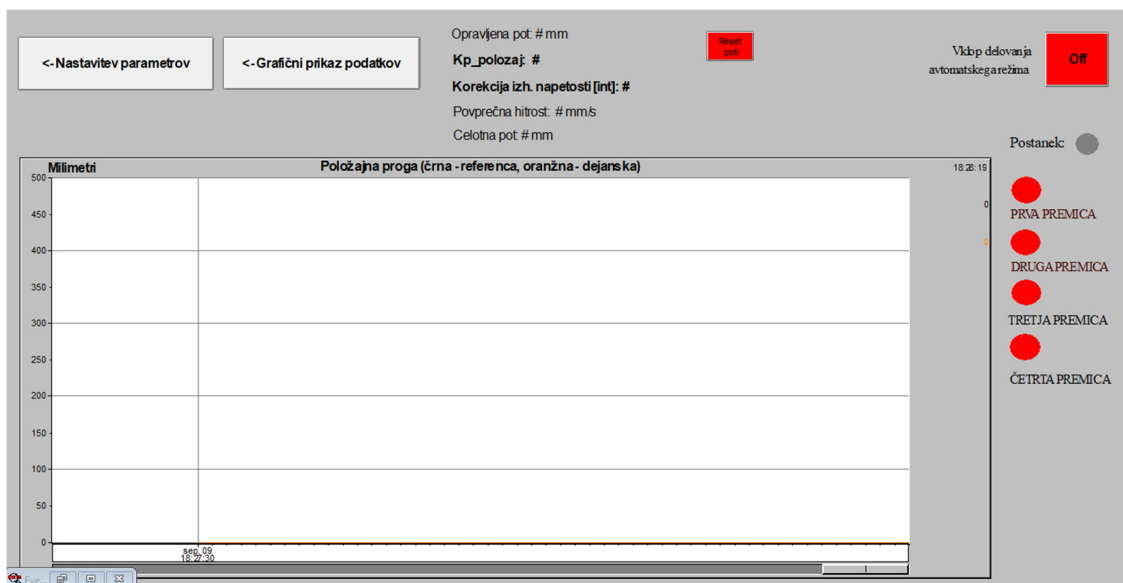
Priloga A: Električna vezalna shema komponent



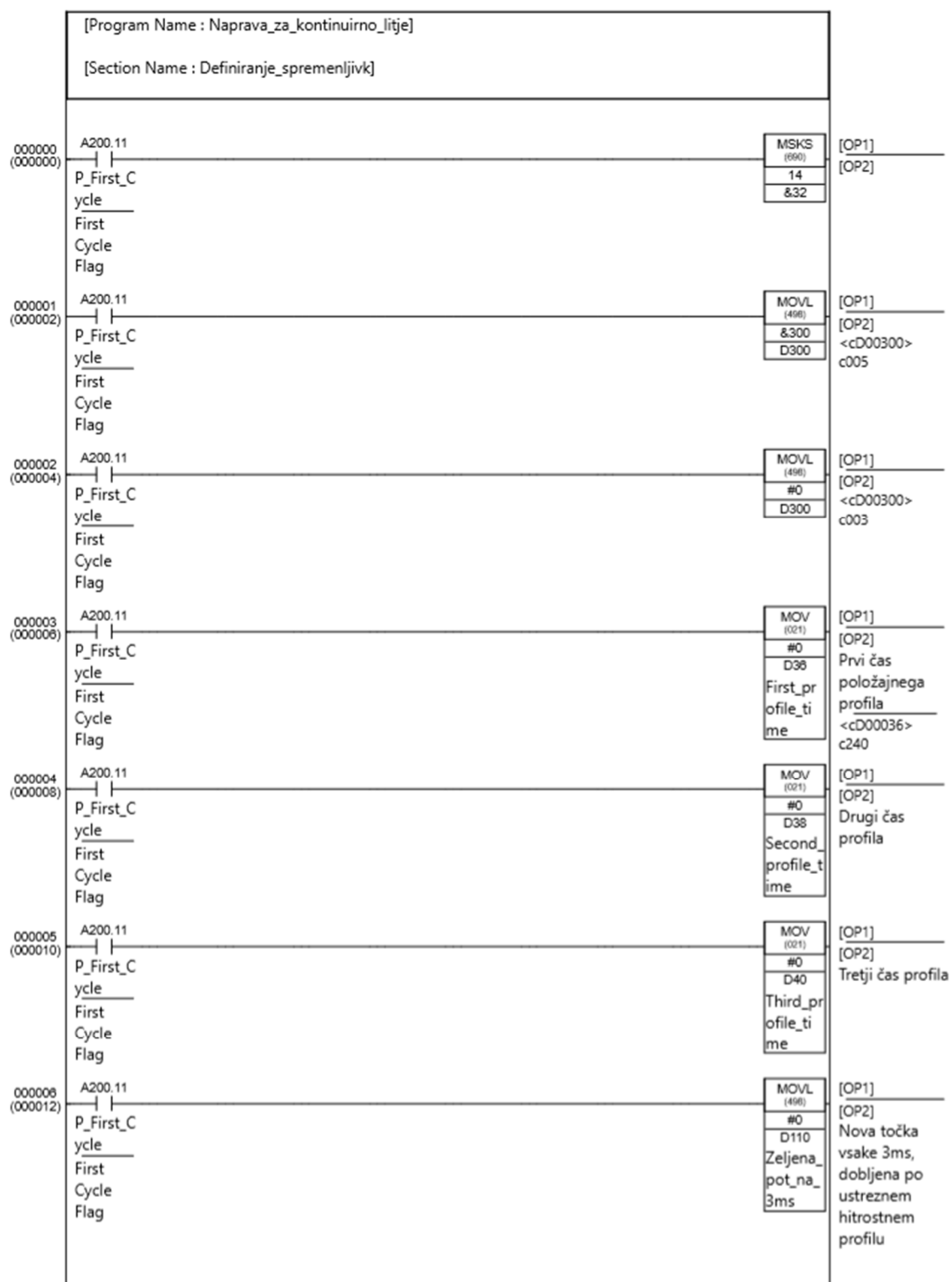


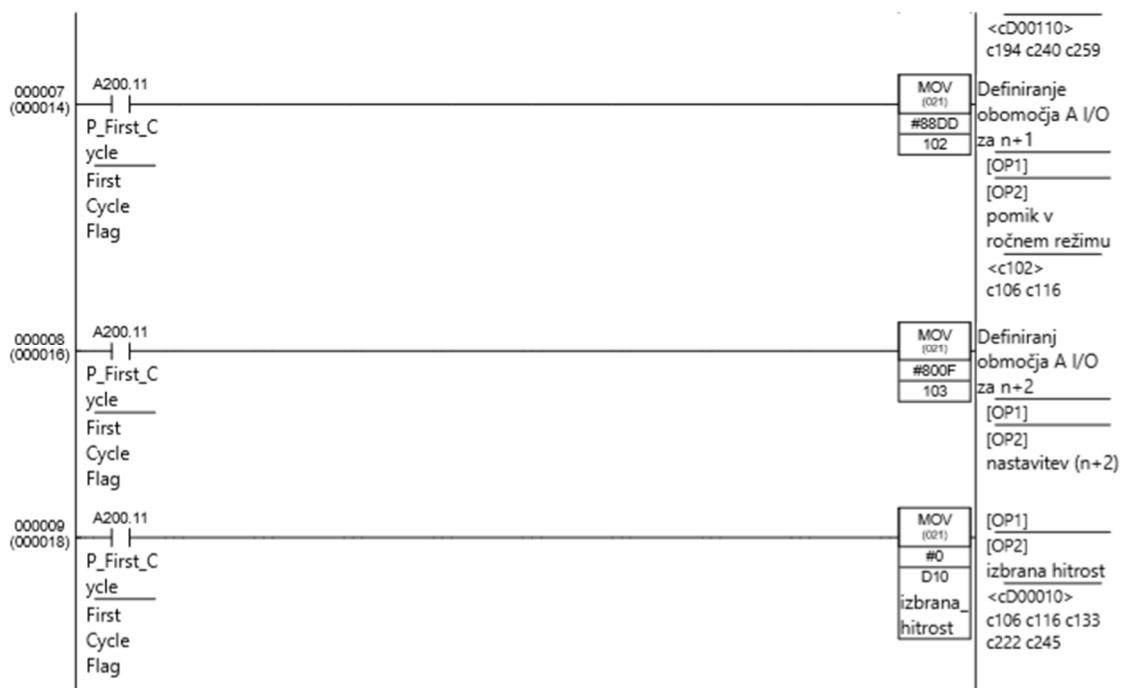
Priloga B: Nadgrajen uporabniški vmesnik

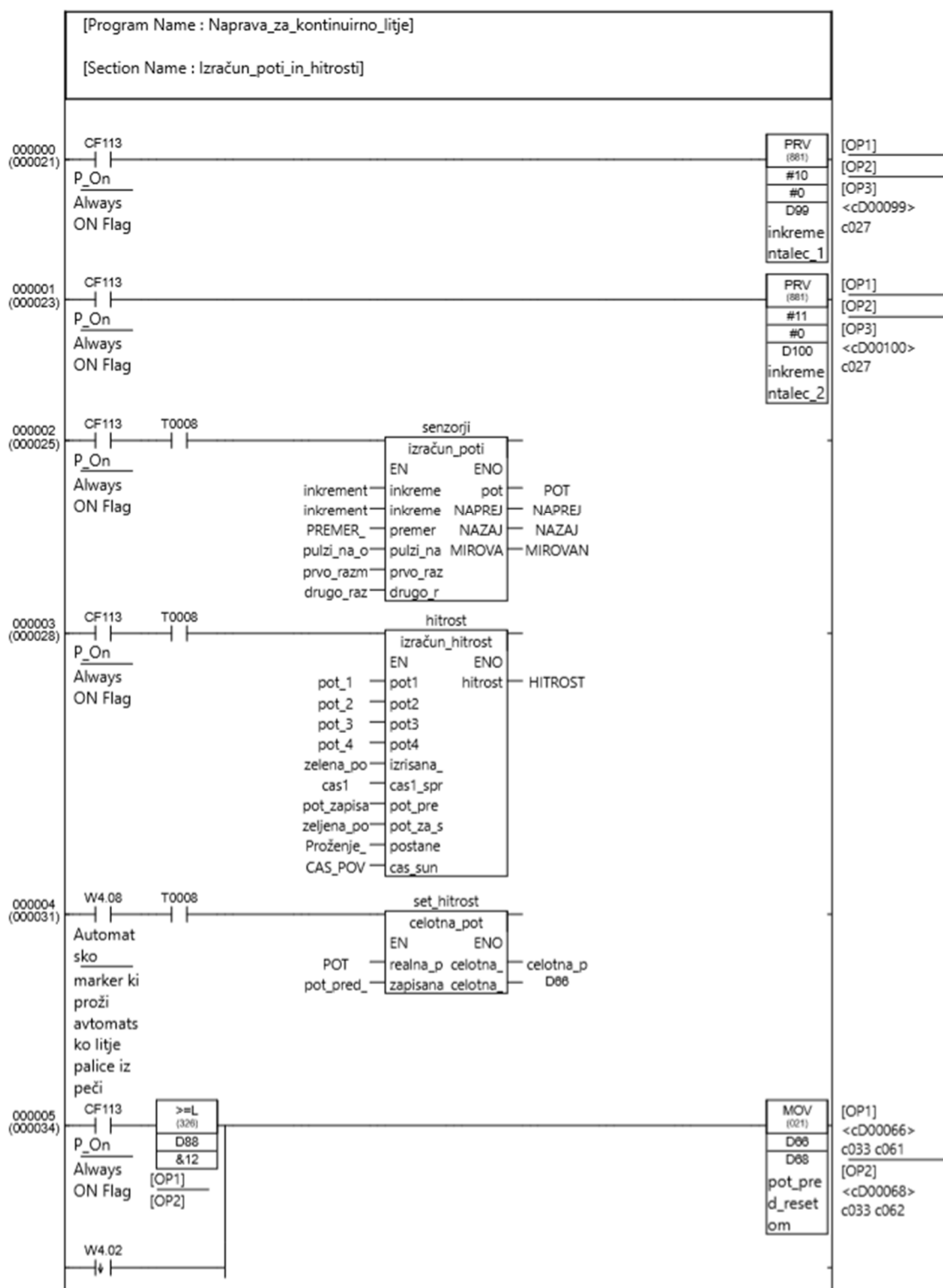


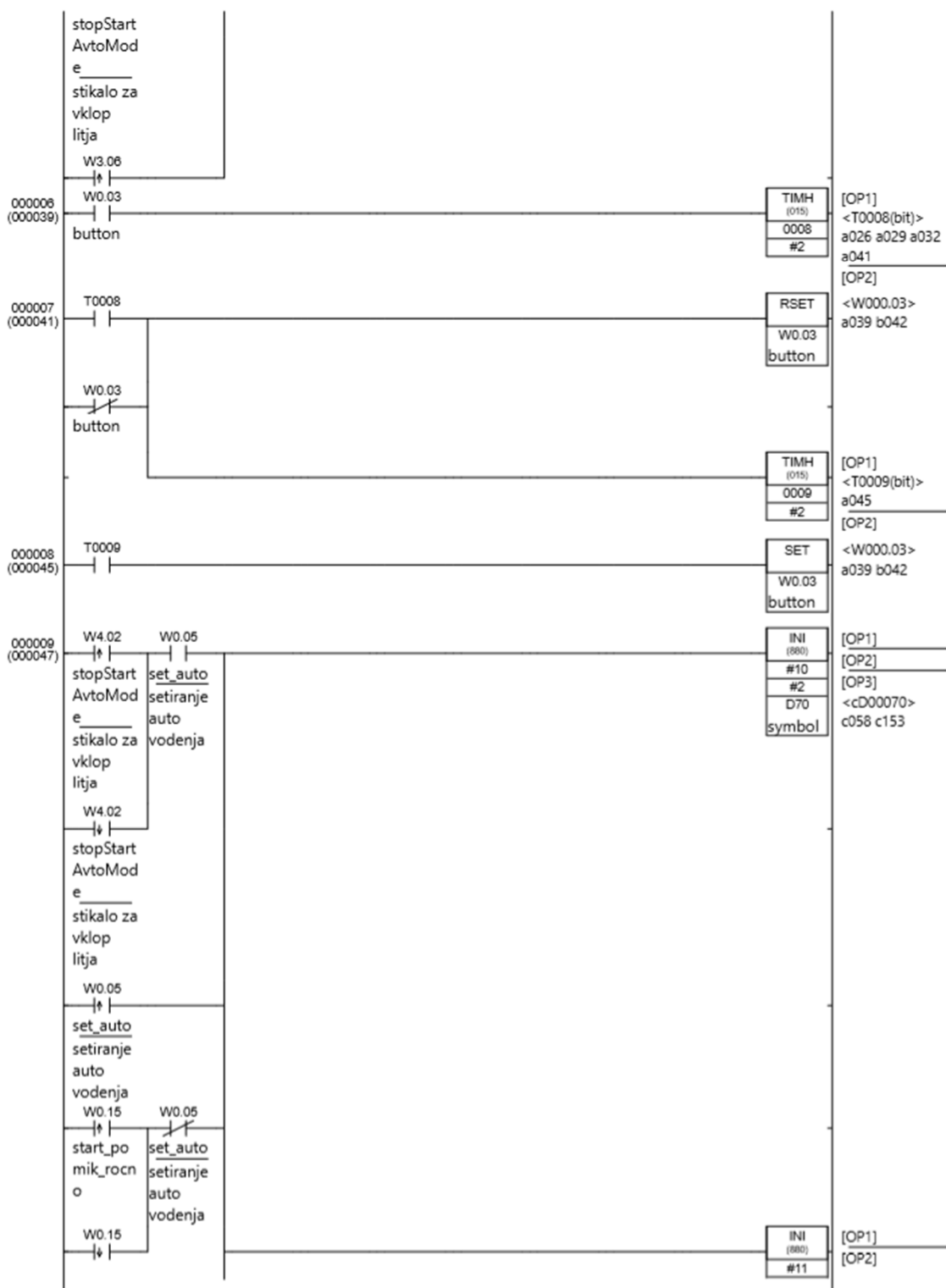


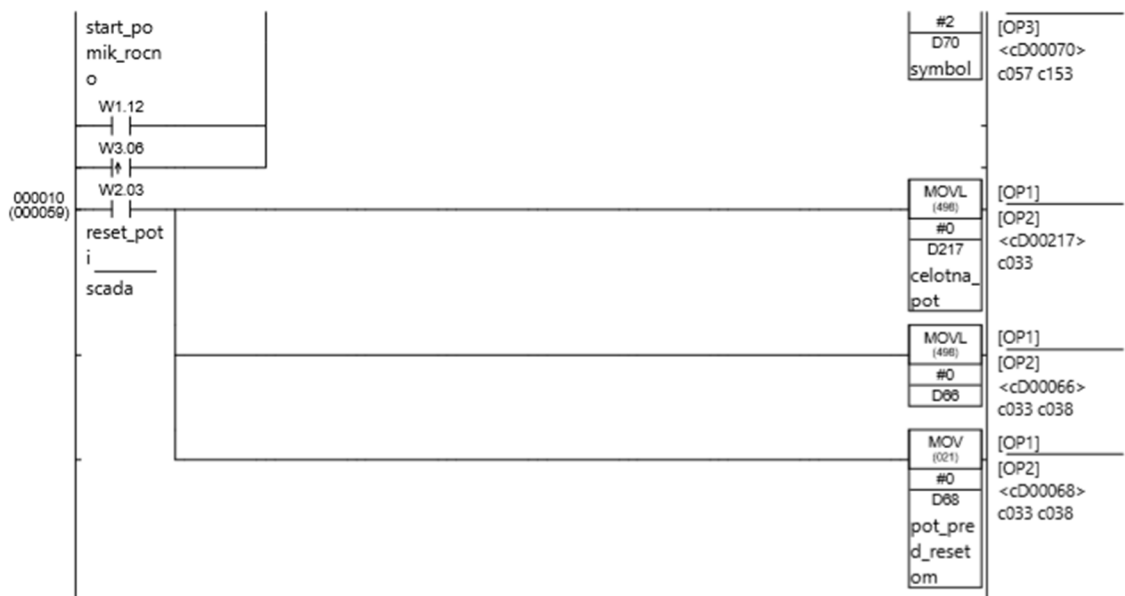
Priloga C: Lestvični program krmilnika

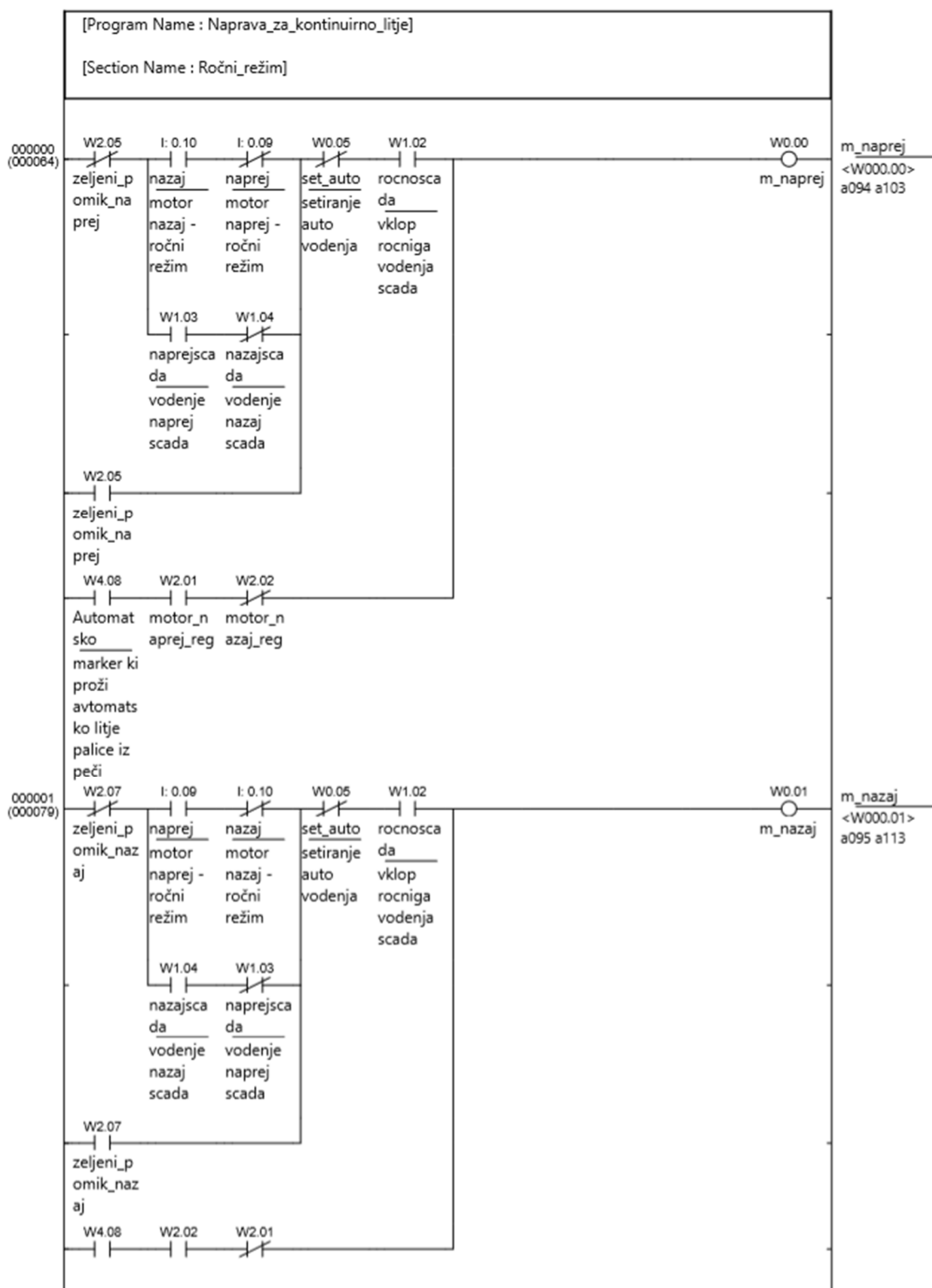


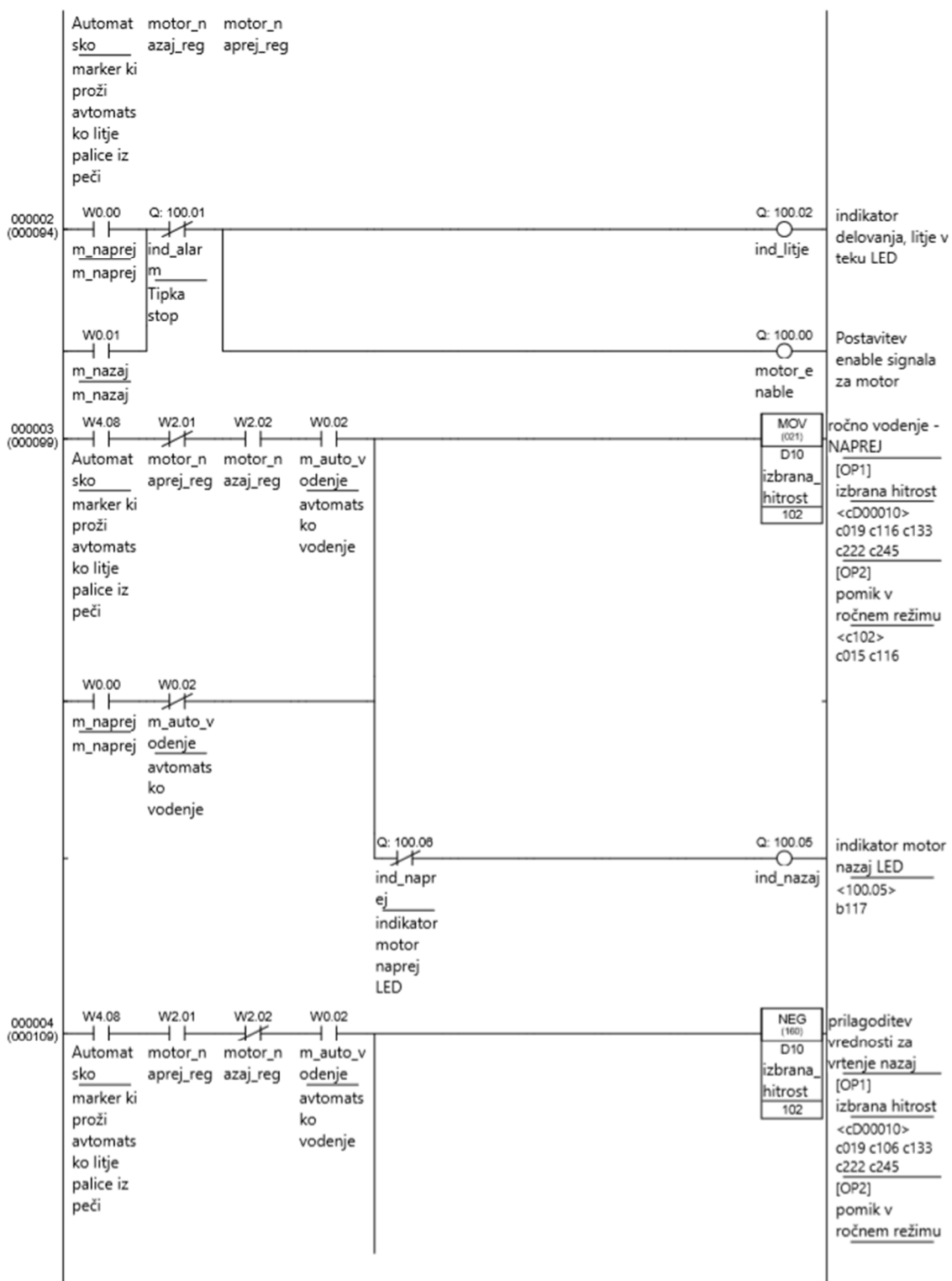


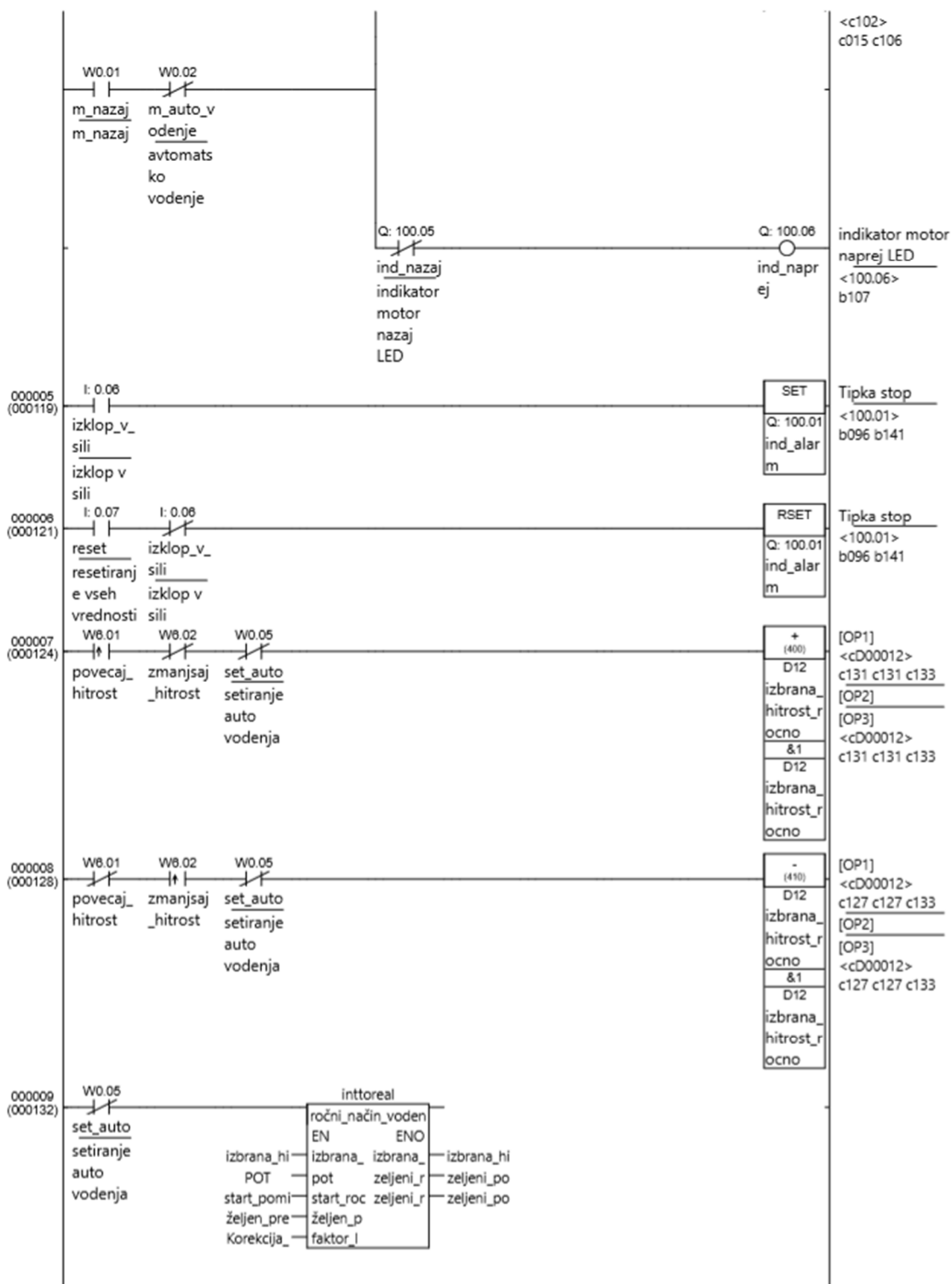


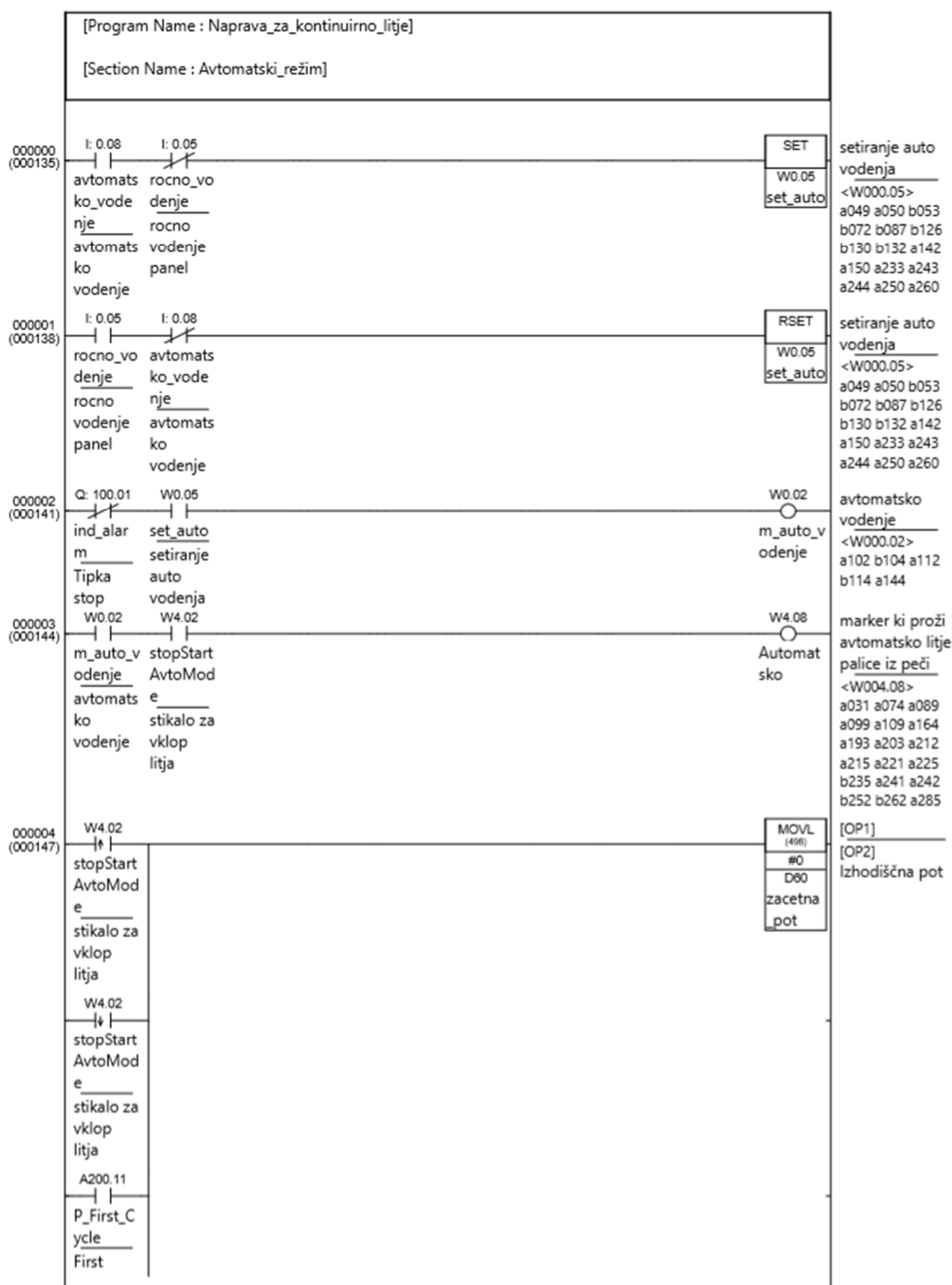












Cycle Flag w0.05 ↑↑ set_auto setiranje auto vodenja	MOVL (496) #0 D116 HITROS T	[OP1] [OP2] dejanska hitrost <cD00116> c030
	MOVL (496) #0 D70 symbol	[OP1] [OP2] <cD00070> c057 c058
	MOVL (496) #0 D84 zelena_ pot_reg ulator	[OP1] [OP2] <cD00084> c030 c194
	MOVL (496) #0 D42 zeljena_ pot	[OP1] [OP2] pot, katero primerja regulator z realno potjo <cD00042> c030 c222 c286
	RSET W4.09 Proženj e_posta nka	Tuljava proži timerje za postanka <W004.09> a030 b163 a182 a197 a227 a276 b280
	RSET W5.10 pomozn a_sprem enljivka 2	pomožna spremenljivka pri timerjih <W005.10> a202 b214
	RSET W4.05 button2	timer tipka za pulz <W004.05> a195
	RSET W7.01 prva_pr emica	
	RSET W7.02 druga_p remica	
	RSET W7.03	

