

Projektiranje sustava upravljanja za dva električna dizala na upravljačkom sklopovlju proizvođača Mitsubishi Electric

Marčeta, Martina

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:660273>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-10**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Martina Marčeta

Zagreb, 2020.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Izv. prof. dr. sc. Danijel Pavković, dipl. ing.

Student:

Martina Marčeta

Zagreb, 2020.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se mentoru prof. Danijelu Pavkoviću i asistentu Matiji Krznar na pomoći pri izradi ovog završnog rada.

Zahvaljujem se i svojoj obitelji na neizmjerne podršci tokom studiranja.

Martina Marčeta



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za završne ispite studija strojarstva za smjerove:
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment, inženjerstvo
materijala i mehatronika i robotika

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Martina Marčeta** Mat. br.: 0035207256

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Projektiranje sustava upravljanja za dva električna dizala na upravljačkom sklopovlju proizvođača Mitsubishi Electric**
Naslov rada na engleskom jeziku: **Design of control system for two elevators based on Mitsubishi Electric control hardware**
Opis zadatka:

Dizala su transportne naprave koja služe za dizanje, prijenos, pretovar, skladištenje, rukovanje materijalom i predmetima te prijevoz ljudi na kraćim udaljenostima. U zgradama gdje boravi veliki broj ljudi (npr. obrazovne ustanove, bolnice, trgovački centri, itd.) često su prisutna rješenja s dva i više dizala kako bi se transfer između katova ubrzao.

U radu je potrebno:

1. Ukratko opisati vrste dizala i njihove pogonske sustave.
2. Proučiti relevantnu dokumentaciju te ukatko opisati principe rada programibilnog logičkog kontrolera (PLC-a) FX5U-32MT/ESS i grafičkog operatorskog terminala GS2107-WTBD proizvođača tvrtke Mitsubishi Electric.
3. Osmisliti i realizirati algoritam upravljanja za dva dizala u slučaju zgrade od tri kata.
4. Projektirati i simulacijski ispitati sustav upravljanja dizalima koji će uključiti i realizaciju grafičkog sučelja prema korisniku.

Zadatak zadan:
28. studenog 2019.

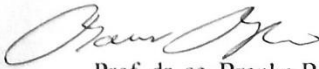
Datum predaje rada:
1. rok: 21. veljače 2020.
2. rok (izvanredni): 1. srpnja 2020.
3. rok: 17. rujna 2020.

Predviđeni datumi obrane:
1. rok: 24.2. – 28.2.2020.
2. rok (izvanredni): 3.7.2020.
3. rok: 21.9. - 25.9.2020.

Zadatak zadao:


Izv. prof. dr. sc. Danijel Pavković

Predsjednik Povjerenstva:


Prof. dr. sc. Branko Bauer

SADRŽAJ

SADRŽAJ	I
POPIS SLIKA	II
POPIS TABLICA.....	III
POPIS OZNAKA	IV
SAŽETAK.....	V
SUMMARY	VI
1. UVOD.....	1
2. VRSTE DIZALA.....	2
2.1. Platforme	2
2.2. Pokretne stepenice i trake	4
2.3. Etažna dizala	5
3. KOMPONENTE PLC SUSTAVA	8
3.1. PLC FX5U-32MT/ESS	8
3.2. GX Works3 softver	9
3.3. HMI- GS2107-WTBD	10
4. ALGORITAM UPRAVLJANJA	12
4.1. Najčešće korišteni algoritmi.....	13
4.2. Algoritam upravljanja korišten u radu	14
5. PROGRAMSKO RJEŠENJE	16
5.1. Poziv dizala	17
5.2. Lokacija kabine dizala	19
5.3. Kretanje dizala	22
5.4. Zaustavljanje dizala, otvaranje i zatvaranje vrata	27
6. REALIZACIJA GRAFIČKOG SUČELJA	29
7. SIMULACIJSKO ISPITIVANJE SUSTAVA UPRAVLJANJA.....	31
7.1. Odabir lokacije dizala	32
7.2. Simulacija kretanja dizanja	34
7.3. Simulacija otvaranja i zatvaranja vrata	36
8. ZAKLJUČAK.....	39
LITERATURA.....	40
PRILOZI.....	41

POPIS SLIKA

Slika 1.	Koso podizna platforma [2].....	3
Slika 2.	Teretna platforma s hidrauličnim pogonom [3]	4
Slika 3.	Pokretne trake [5]	5
Slika 4.	Pogon električnim motorom u izvedbi sa i bez strojnice [6].....	6
Slika 5.	Hidraulično dizalo s bočno postavljenim cilindrom [6]	7
Slika 6.	PLC FX5U-32MT/ESS [8].....	9
Slika 7.	GX Works3 [9].....	10
Slika 8.	GS2107-WTBD [9]	11
Slika 9.	Algoritam otpreme na odredište [10]	14
Slika 10.	Dijagram toka dizala	15
Slika 11.	Pozivi dizala s katova	18
Slika 12.	Pozivi iz kabina prvog i drugog dizala	18
Slika 13.	Lokacija prvog dizala	20
Slika 14.	Lokacija drugog dizala	22
Slika 15.	Kretanje prvog dizala prema gore	23
Slika 16.	Kretanje drugog dizala prema gore	24
Slika 17.	Kretanje prvog dizala prema dolje	25
Slika 18.	Kretanje drugog dizala prema dolje	26
Slika 19.	Otvaranje i zatvaranje vrata prvog dizala.....	27
Slika 20.	Otvaranje i zatvaranje vrata drugog dizala.....	28
Slika 21.	Dizajniranje izgleda zaslona HMI modula	29
Slika 22.	Postavke za prikaz kretanja prvog dizala prema dolje	30
Slika 23.	Implementacija programa u PLC	31
Slika 24.	Izgled HMI ekrana za odabir lokacija dizala.....	32
Slika 25.	Prikaz uključene lokacije u programu	33
Slika 26.	Izgled HMI zaslona pri gibanja prvog dizala s prvog na treći kat	34
Slika 27.	Izgled programa pri kretanju prvog dizala s prvog na treći kat.....	35
Slika 28.	Otvaranje vrata drugog dizala	36
Slika 29.	HMI zaslon pri otvaranju vrata drugog dizala uz postojanje prepreke	37
Slika 30.	Zatvaranje vrata prvog dizala	38

POPIS TABLICA

Tablica 1. Digitalni ulazi 16
Tablica 2. Digitalni izlazi 17

POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
<i>FS</i>		Ocjena prikladnosti
<i>N</i>		Broj kata
<i>d</i>		Udaljenost između kata i poziva
<i>C</i>		Višak kapaciteta dizala

SAŽETAK

U ovom završnom radu opisan je algoritama upravljanja dizalima za vertikalni prijevoz osoba. Za automatizaciju dizala koriste se programibilni logički kontroleri, PLC (*engl. Programmable Logic Controller*). Korišten je PLC FX5U-32MT/ESS proizvođača tvrtke Mitsubishi Electric. U radu je realizirano i grafičko sučelje, HMI (*engl. Human Machine Interface*) koje je povezano s PLC-om i preko kojeg je moguće upravljati dizalom. HMI modul zamjenjuje fizičke tipke koje služe za pozivanje dizala i za odabir kata na koje će dizalo treba ići. U posljednjem dijelu simulacijski je ispitan projektirani sustav upravljanja.

Ključne riječi: električna dizala, programibilni logički kontroler, sustav upravljanja, grafičko sučelje

SUMMARY

In this paper, elevator control algorithms for vertical transport of persons are described. Programmable Logic Controllers (PLCs) are used to automate elevators. A PLC FX5U-32MT / ESS manufactured by Mitsubishi Electric was used. The paper also includes a graphical interface, HMI (Human Machine Interface), which is connected to the PLC and through which it is possible to control the elevator. The HMI module replaces the physical keys that are used to call the elevator and to select the floor to which the elevator will go. In the last part, the designed control system is simulated.

Key words: electric elevators, Programmable Logic Controller, control system, Human Machine Interface

1. UVOD

Dizala su jedan od najistaknutijih izuma svih vremena. Iako početci ideje uređaja koji olakšava i ubrzava prijevoz osoba i tereta seže još u daleku prošlost, električna dizala dolaze u uporabu krajem 19. stoljeća. Od tada se dizala ubrzano razvijaju sve do današnjih modernih dizala ugrađenih u poslovne i stambene zgrade, bolnice, trgovačke centre. Električna dizala programiraju se programibilnim logičkim kontrolerom, a program se može lako mijenjati onako kako se mijenjaju zahtjevi za dizalo.

Rad je organiziran kako slijedi:

U poglavlju 2. prikazana je osnovna podjela dizala i njihove glavne karakteristike. Navedeni su i pogonski sustavi koji se koriste u današnjim dizalima.

U poglavlju 3. opisane su komponente sustava upravljanja koje su korištene u radu.

U poglavlju 4. opisani su neki najkorišteniji algoritmi za upravljanje dizalima te je ukratko opisan i algoritam korišten u radu.

U poglavlju 5. prikazan je program upravljanja dva električna dizala u zgradi od tri kata.

U poglavlju 6. realizirano je grafičko sučelje preko kojeg će se upravljati program i pratiti tok njegovog odvijanja.

U poglavlju 7. simulacijski je ispitan sustav upravljanja.

2. VRSTE DIZALA

Iako je uloga svih dizala da prenose teret sa jednom mjesta na drugo razne su izvedbe u ovisnosti o potrebama koje treba zadovoljiti.

Prema tome dizala se mogu podijeliti prema vrsti pogona, prema vrsti tereta, prema putu vožnje, brzini itd.

Prema vrsti tereta dizala mogu biti osobna i teretna dizala.

- Osobna dizala mogu biti za stambene zgrade, javna ili industrijska poduzeća. Služe za vertikalni transport putnika. Dizajnirani su za relativno malu težinu a njihova nosivost u pravilu je od 650 kg do 2t.
- Teretna dizala se najčešće koriste u rudnicima, brodovima, gradilištima, industrijskim postrojenjima. Teretna dizala imaju povećane dimenzije kabine i veće otvore vrata. Njihova nosivost je veća od osobnih vozila zbog potrebe za prenošenjem težih tereta a najčešće se kreće od 2300 kg do 4500 kg.

Prema brzini kretanja kabine dizala se dijele na [1]:

- Sporohodna dizala kod kojih brzina iznosi do 1 m/s
- Brzohodna dizala s brzinama od 1 m/s do 2 m/s
- Ekspres dizala s brzinama većim od 2 m/s

Osnovna podjela dizala izvodi se po konstrukciji i tehničkoj opremljenosti dizala, koje podliježu pravilniku o sigurnosti dizala. Prema toj podijeli razlikuju se platforme, pokretne stepenice i trake, te etažna dizala.

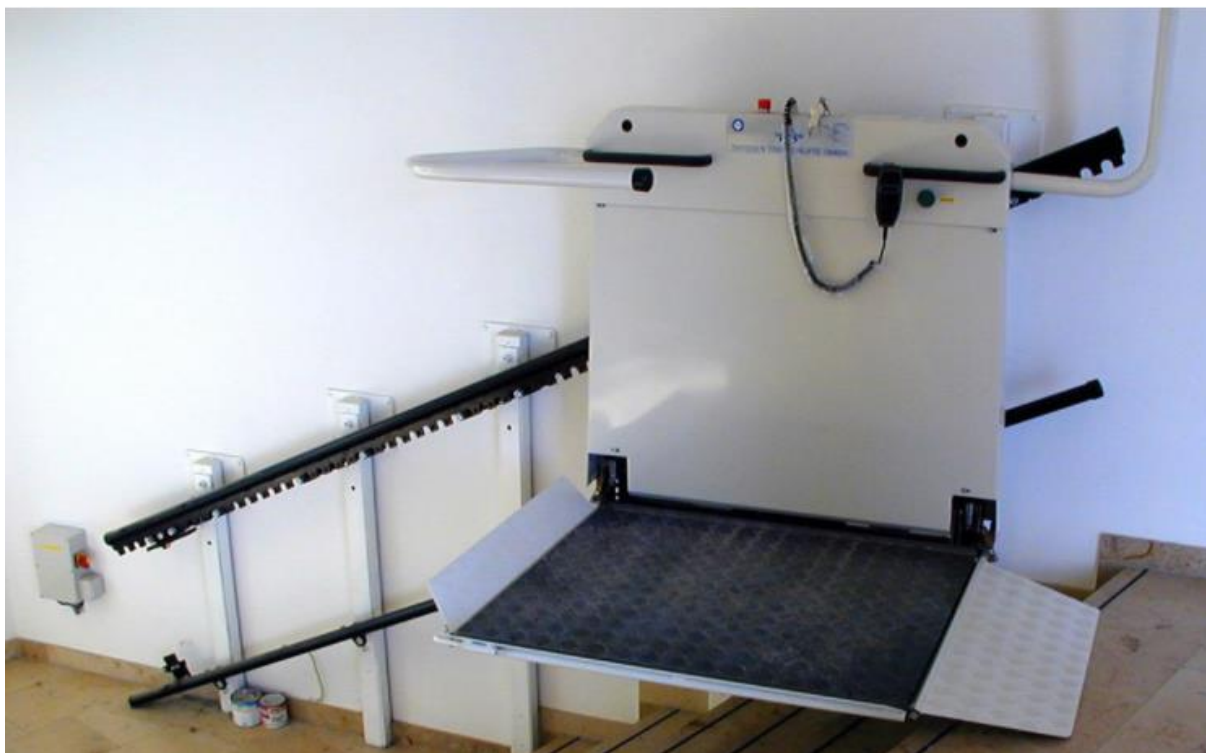
2.1. Platforme

Služe za savladavanja visinskih razlika nekih arhitektonskih barijera, kao što su stepeništa i pretežito su namijenjena osobama smanjene pokretljivosti i osobama u kolicima. Montiraju se u građevinskim objektima gdje ne postoji mogućnost ugradnje etažnih dizala a uz to je prednost jednostavna ugradnja koja ne zahtjeva građevinske radove.

Pogonjene su sa istosmjernim elektromotornima. Brzina platformi kreće se od 0,3 do 0,6 m/s ovisno o izvedbi, a nosivost iznosi oko 250 kg a može doseći i 400 kg

S obzirom na tehničku opremljenost platforme, platforma može i ne mora imati pratioca.

Postoje platforme za invalidska kolica, platforme za sjedenje, stajanje i druge namjene.



Slika 1. Koso podizna platforma [2]

Osim platformi za osobe s invaliditetom postoje i teretne platforme, namijenjene za podizanje tereta. Teretne platforme imaju veću nosivost od osobnih platformi te sadrže hidraulički ili trapezni vretenasti pogon. Koriste se u skladištima, bolnicama, trgovinama itd.



Slika 2. Teretna platforma s hidrauličnim pogonom [3]

2.2. Pokretne stepenice i trake

Pokretne stepenice ili eskalator (*engl. escalator*) je uređaj za brzo uspinjanje, pokretne stube izvedene na načelu elevatora, a u obliku beskrajnoga lanca s el. pogonom. Služi za prijevoz velikoga broja ljudi (uspinjanje i silaženje) u postajama podzemne željeznice, velikim robnim kućama, podhodnicima i sl. [4]



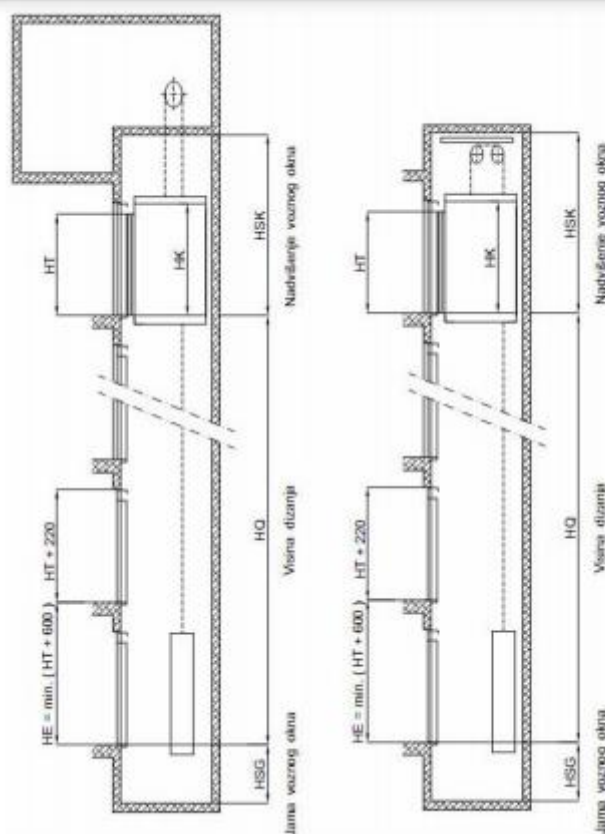
Slika 3. Pokretne trake [5]

2.3. Etažna dizala

Etažna dizala dijele se prema namjeni na osobna i teretna. Osnovna podjela etažnih dizala je prema vrsti pogona na užetna dizala s električnim pogonom i hidraulična dizala. Takav način je zanimljiv građevinskim inženjerima koji po odabiru tipa pogona mogu unaprijed rezervirati potreban prostor za montažu dizala, potrebnu debljinu nosivog armiranog betonskog zida, raspored mogućih međustanica i tome slično.

Pogon je većinom električni zbog veće učinkovitosti a sastoji se od pogonske užnice i užeta na kojoj vise kabina i protuuteg. Rad električnog dizala zasniva se na okretanju elementa za vođenje užadi (pogonske užnice) pomoću elektromotora. Za poslovne zgrade iznad deset katova i stambene zgrade s većim brojem katova koristi se neposredni električni pogon bez reduktora čime se dobiva veća učinkovitost prijenosa snage jer nema gubitaka u reduktoru. Takvi liftovi dostižu brzine od 2,5 do 3 m/s. Za zgrade s manjim brojem katova brzine su do 2 m/s.

Na Slika 4 4. je prikazan pogon s električnim motorom sa i bez strojarnice.

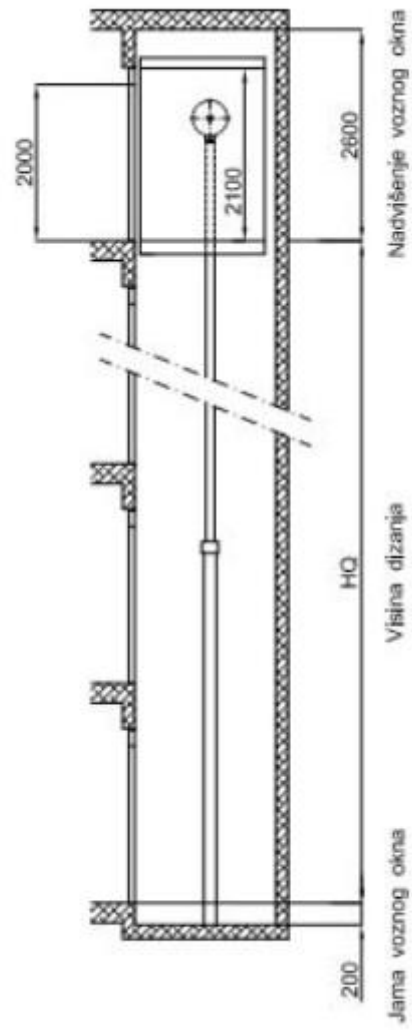


Slika 4. Pogon električnim motorom u izvedbi sa i bez strojarnice [6]

Hidraulični pogoni se koriste za velike nosivosti ali za manje visine dizanja (do približno 20 m). Pod hidrauličnim dizalom smatramo dizala koja pogoni hidraulični agregat sa vijčanom pumpom spojenom sa hidrauličnim cilindrom i klipom visokotlačnim hidrauličnim crijevom. Hidraulični agregat sa grupom upravljanja dizala, može se opcionalno smjestiti u upravljački ormarić, čime se pribjegava tehničkom rješenju dizala bez strojarnice. Upravljački ormarić može se smjestiti u razini bilo koje od etaža, na maksimalnoj udaljenosti do 15 m od vaznog okna dizala. Hidraulična dizala konstruiraju se za zgrade visine do pet katova. Hidraulični pogon zahtjeva minimalan prostor i zbog svoje fleksibilnosti može biti postavljen na pogodnim lokacijama u zgradi. Navedene prednosti pogodne su za montaže u postojećim starim zgradama. Brzina dizala je uglavnom 0,63 m/s, no može biti i veća. [7]

Na Slici 5. prikazana je izvedba hidrauličnog dizala s bočno postavljenim cilindrom.

Hidraulični klip u bočnoj izvedbi ima visinu podizanja do 20 m, dok u centralnoj izvedbi do 7 m. Brzine su jednake u obadvije izvedbe.



Slika 5. Hidraulično dizalo s bočno postavljenim cilindrom [6]

3. KOMPONENTE PLC SUSTAVA

PLC (*engl. Programmable Logic Controller*) je programibilni logički kontroler, tj. industrijsko računalo koje se sastoji od memorije, procesora, industrijskih ulaza i izlaza. Svojim malim dimenzijama i povoljnom cijenom kompaktni kontroleri otvorili su nove mogućnosti na području industrijske automatizacije.

MELSEC IQ- F serija programibilnih logičkih kontrolera serija je kompaktnih PLC-a tvrtke Mitsubishi Electric. Serija iQ-F je nasljednik serije F ili FX3, i nudi poboljšani *high-speed bus*, proširene ugrađene funkcije, naprednu SSCNETIII/H podršku i poboljšano inženjersko okruženje. Program i parametri podešavaju se u GXWorks3 inženjerskom softveru. Od samostalne upotrebe do aplikacije na mreži, MELSEC iQ-F kontroleri dižu vaš posao i procese na novi nivo. [8]

3.1. PLC FX5U-32MT/ESS

Neke od glavnih karakteristike ovog PLC-a su [9] :

- Podrška za analogne signale, ulaze i izlaze
Mogućnostima upravljanja analognim signalima bez upotrebe „*ladder*“ logike u postavkama parametara.
- Podrška za memorijske kartice (*engl. SD Card slot*)
Mogućnost vanjske memorije što pruža spremanje podataka sa PLC-a te, jednostavno prenošenje podataka na različite uređaje, daljnju analizu i razradu spremljenih podataka.
- RUN/STOP/RESET sklopka
PLC može biti isključen bez isključivanja glavnog napajanja za učinkovito traženje greški.
- MRS-485(MODBUS®) komunikacija
Podržava pouzdano i efikasno spajanje s ostalim PLC-ima, senzorima i slično. Sistemska sabirnica visoke brzine (*engl. High-speed System Bus*) pruža brzi prijenos podataka između računala i PLC-a.
- Ethernet priključak
Za mrežnu komunikaciju i spajanje za povezivanje s HMI-jem (*engl. Human Machine Interface*).

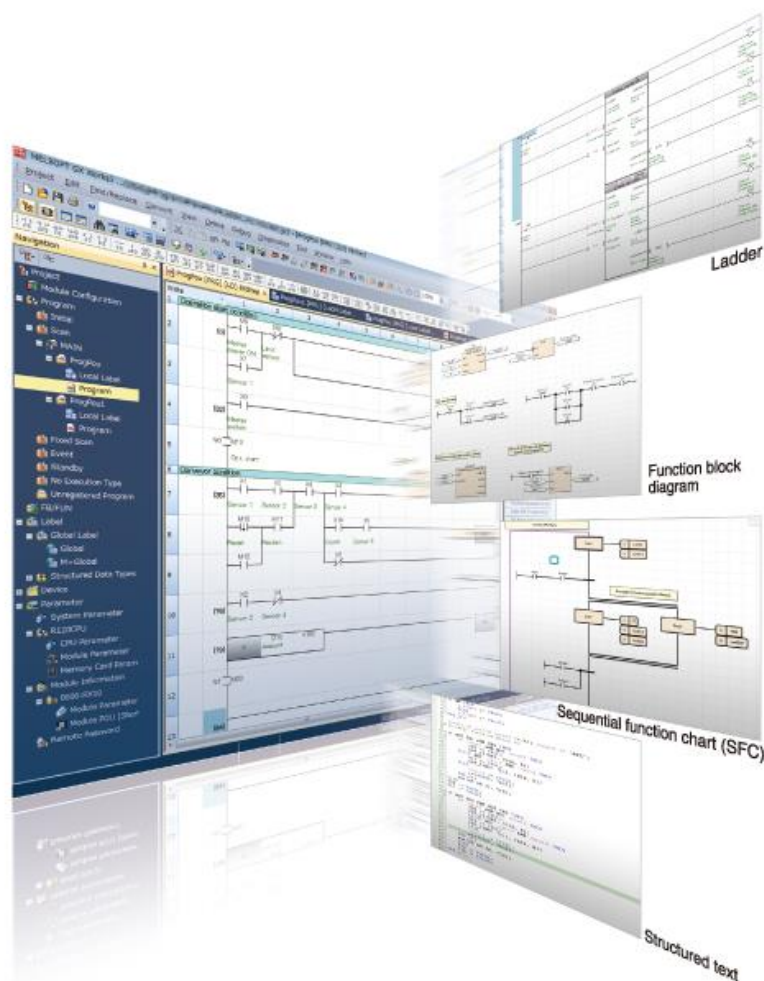
- Pozicioniranje
Mogućnost nezavisnog pozicioniranja u četiri osi za servo i step motore.
- Sigurnosne značaje
Ograničavanje pristupa PLC-u pomoću zaporke.



Slika 6. PLC FX5U-32MT/ESS [8]

3.2. GX Works3 softver

GX Works3 zadnja je generacija programskog alata za programiranje i održavanje PLC-a tvrtke Mitsubishi Electric. Podržava glavne IEC jezike. Smatra se jezgrom sustava koja uključuje različite korake životnog ciklusa proizvoda, od faze projektiranja pa sve do puštanja u rad i održavanja upravljačkog sustava. Varijable i uređaji koji se koriste u svakom programu mogu se dijeliti na više platformi, uz podržane korisnički definirane funkcionalne blokove. [9]



Slika 7. GX Works3 [9]

3.3. HMI- GS2107-WTBD

Human-machine interface ili skraćeno HMI korisničko je sučelje koje povezuje operatora i upravljačku jedinicu industrijskog sustava. HMI posjeduje elektroničke komponente za signalizaciju i kontrolu sustava automatike. Neki HMI moduli prevode podatke iz industrijskih sustava u jezik koji operator može razumjeti. Pomoću HMI modula operator može vidjeti sheme sustava, pokretati i upravljati sustavom, izvršavati nadzor sustava (alarmi, errori, grafovi, recepti...) i slično. U osnovi HMI modul je povezan sa PLC-om i većinom zamjenjuje prekidače, indikatore i slične elemente, koji su prije morali biti kabelom povezani s PLC-om. Mitsubishi Electric tvrtka nudi mogućnost promjene izgleda zaslona, kao i mnoge druge napredne funkcije u softveru za konfiguriranje HMI modula – GT Designer3. U završnom radu korišten je HMI panel iz GOT Simple serije Mitsubishi Electric operatorskih panela – GS2107-WTBD. [9]



Slika 8. GS2107-WTBD [9]

4. ALGORITAM UPRAVLJANJA

Algoritam je konačan slijed dobro definiranih naredbi za ostvarenje zadatka. Postoji veliki broj algoritama za upravljanje dizalima a odabire se prema potrebama koje dizalo treba zadovoljiti. Zahvaljujući praćenju u stvarnom vremenu i predviđanju prometa, dizala se sada mogu prebacivati između algoritama kako bi se prilagodili vremenima i situacijama poput jutarnjih gužvi.

Pri odabiru algoritma upravljanja utječu mnogi čimbenici. Potrebno je odlučiti da li će dizalo prvo odgovoriti osobi koja je duže čekala ili će odabrati najefikasniji put i odgovoriti na poziv osobe koja se nalazi najbliže trenutnoj lokaciji kabine dizala. Moguće je odabrati i kompromis između brzine i smanjenja potrošnje energije.

Najraniji i najjednostavniji pristup upravljanja dizalima je još uvijek iznenađujuće prisutan.

Poznat kao "kolektivna kontrola" ili jednostavno "algoritam dizala", sastoji se od dva pravila:

1. Sve dok je netko unutar lifta ili ispred njega i želi ići u trenutnom smjeru, nastavite kretati u tom smjeru.
2. Kad dizalo iscrpi zahtjeve u trenutnom smjeru, promijenite smjer ako postoji zahtjev u drugom smjeru. U suprotnom, zaustavite se i pričekajte poziv.

Zbog toga karakterističan prostor za dizalo ima tipke za pozive prema gore i dolje: tako da se dizalo koje se već kreće prema gore može zaustaviti kako bi prihvatilo korisnike. Ovo pravilo ne uzima u obzir većinu prethodno spomenutih čimbenika, ali nije loš algoritam za početak. Ovaj jednostavni pristup obično se koristi u malim uredskim i stambenim zgradama u kojima nije velika potreba za učinkovitošću. Međutim u većim zgradama ovaj algoritam ne zadovoljava. Iz tog razloga potrebno je stvoriti novi, složeniji algoritam koji će zadovoljiti veće potrebe za dizalom. Jedno od rješenja za velike zgrade je ugradnja više dizala umjesto samo jednog. Pri tome je potrebno ipak promijeniti algoritam i uskladiti ga između više dizala jer se pojavljuje problem ako se u svako dizalo zasebno primjeni prethodno navedeni algoritam. Naprimjer ako prvo dizalo krene prema gore, drugo dizalo može izvršiti zahtjev u prizemlju. Jedna od strategija kojom se smanjuje vrijeme čekanja lifta i povećava efikasnost je da se liftovi koji ne obavljaju ni jedan zahtjev vraćaju na najviše pozivani kat.

4.1. Najčešće korišteni algoritmi

U nastavku su navedeni neki od algoritama koji se najčešće koriste.

1. Sektori- svako dizalo ima svoj vlastiti sektor, podskup katova, i jedino se odaziva na pozive koji dolaze iz tog sektora. Pri tome svako dizalo posluhuje prizemlje jer prizemlje ima najveću stopu dolazaka.
2. Najbliže dizalo- svakom putniku dodijeljeno je najbliže dizalo, određeno prema položaju dizala, smjeru poziva i smjeru dizala. Izračunava se ocjena prikladnosti (FS) za svako dizalo kada dođe novi putnik.
 - Prema pozivu, za isti smjer
 $FS = (N+2)-d$
 - Prema pozivu, za suprotan smjer
 $FS = (N+1)-d$
 - Daleko od poziva
 $FS = 1$

Pri čemu je N označava broj kata umanjen za jedan, a d označava udaljenost između kata i poziva.

3. Najbliže dizalo s obzirom na kapacitet- slično kao najbliže dizalo ali u obzir se uzima i opterećenje svakog dizala. Također se izračunava ocjena prikladnosti (FS) za svako dizalo kada dođe novi putnik.
 - Prema pozivu, za isti smjer
 $FS = (N+2) - d + C$
 - Prema pozivu, za isti smjer
 $FS = (N+1)- d + C$
 - Daleko od poziva
 $FS = 1 + C$

Pri čemu N i d imaju isto značenje kao kod najbližeg dizala, a C označava višak kapaciteta dizala.

4. Otprema na određište- smatra se vrhom kompjuterizirane kontrole. Prisutno je u neboderima koji su izgrađeni ili modernizirani nakon 1990-ih. U tim zgradama, umjesto da odabirete tipke za gore ili dolje, na tipkovnici unesete na koji kat želite ići, a kao odgovor se dobije koje će dizalo doći do vas. Budući da točno znaju kamo idete, ovi se sustavi približavaju savršenoj učinkovitosti. Ljudi koji se upućuju na isti kat skupljeni

su, pretvarajući svako dizalo u brzi vlak. Kao takvi, možda ćete morati dulje čekati na lift, tako da odredišni sustavi često pomiču svoje prioritete ovisno o dobu dana. Tijekom jutarnje gužve, kada je neto kapacitet ključan, dešava se kako sustav smanji ukupno vremena putovanja.

Na pitanje koji je algoritam najbolji ne postoji općenit odgovor. Algoritmi su prilagođeni potrebama korisnika, te se odabire onaj koji je najbolji za zadanu situaciju. Koristeći tehnike strojnog učenja, inženjeri mogu odrediti kako izgleda uspješan algoritam, a zatim pustiti da kontroler dizala samostalno eksperimentira u simulaciji. U svakom trenutku sustav provjerava stanje svakog simuliranog dizala i parametre svakog neriješenog zahtjeva, te odlučuje što učiniti.



Slika 9. Algoritam otpreme na odredište [10]

4.2. Algoritam upravljanja korišten u radu

U ovom radu koristit će se algoritam prema kojem učinkovitost nije najvažnija značajka, najvažnije je da dizalo slijedi svaki poziv. Potrebno je osigurati da dizalo posjećuje sve katove a ne samo one koji su najbliži lokaciji dizala i koji se stalno pozivaju. Naprimjer ako netko pozove dizalo na dvadesetom katu, a više poziva dolazi stalno s prvog i drugog kata,

najučinkovitije je da dizalo stalno putuje između prvog i drugog kata, ali potrebno je da dizalo posjeti sve katove kojih dobiva pozive.

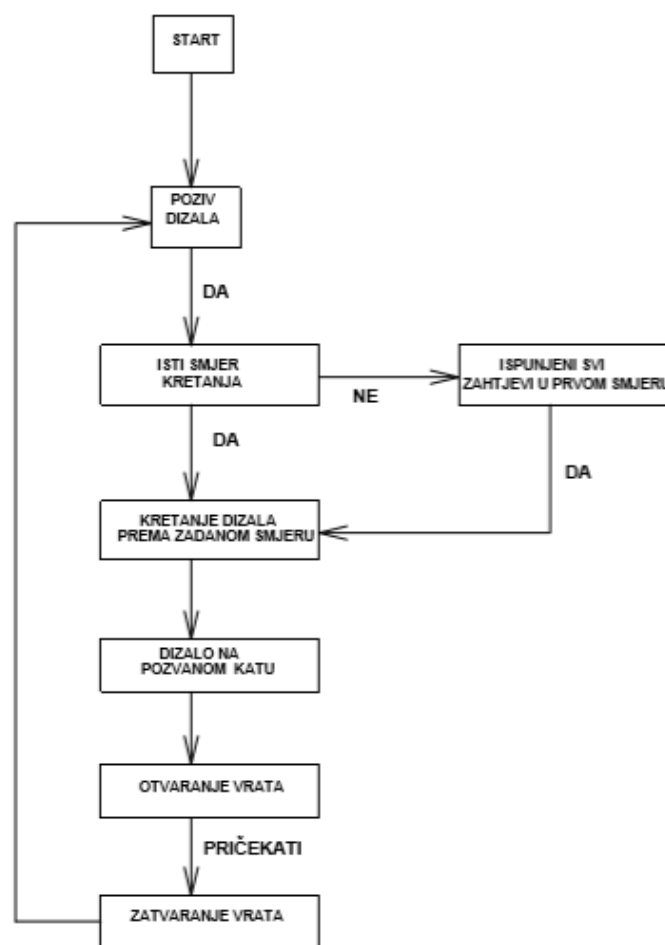
Navedena su pravila koja će se koristiti tijekom programiranja dizala zadana u ovom radu:

1. Dizalo ide u smjeru prve stisnute tipke i prati se smjer njegovog kretanja.
2. Kada dizalo stigne na kat koji je korisnik odabrao, dizalo se zaustavlja i otvaraju se vrata. Tipka za poziv se vraća u neaktivno stanje.
3. Ako postoji još poziva s drugih katova i koji su u istom smjeru gibanja dizalo, dizalo se nastavlja kretati u tom smjeru.

Ako nema više poziva u tom smjeru, dizalo odgovara na pozive u suprotnom smjeru.

Ako nema poziva ni u tom smjeru onda dizalo zaustavlja kretanje i čeka sljedeći poziv.

Na slici 10. prikazan je dijagram toka koji opisanog algoritma upravljanja.



Slika 10. Dijagram toka dizala

5. PROGRAMSKO RJEŠENJE

Program za upravljanje za dva električna dizala u slučaju zgrade od 3 kata pisan je u GX Works3 softverskom paketu. Program je pisan u LAD programskom jeziku (*engl. Ladder Diagram*) koji je najjednostavniji za korištenje i upravo je zbog njega PLC uređaj doživio najveći uspjeh u industriji. Po izgledu je sličan električnim shemama u relejnoj tehnici.

Prije pisanja programa potrebno je definirati ulazne i izlazne varijable kao i pomoćne releje i vremenske releje koji se koriste kao uvjeti za ispunjavanje određene radnje.

Ulazi od X3 do X5 označavaju tipke unutar kabine prvog dizala za odabir kata na koji se želi ići, dok ulazi X6, X7 i X10 označavaju tipke za odabir kata unutar kabine drugog dizala. U tablici će se dati samo kratki opis o tome za koji kat je određena tipka i u kojoj se kabini nalazi.

Ulazi od X11 do X16 označavaju senzore lokacije dizala, koji se nalaze na svakom katu kako bi se u svakom trenutku znala lokacija dizala.

Ulazna varijabla označena s X17 predstavlja fizičku prepreku koja onemogućava zatvaranje vrata te nastavak njihov gibanja.

Tablica 1. Digitalni ulazi

Logička adresa	Opis
X0	Tipka za poziv dizala na prvom katu
X1	Tipka za poziv dizala na drugom katu
X2	Tipka za poziv dizala na trećem katu
X3	Tipka za prvi kat- dizalo 1
X4	Tipka za drugi kat- dizalo 1
X5	Tipka za treći kat- dizalo 1
X6	Tipka za prvi kat - dizalo 2
X7	Tipka za drugi kat - dizalo 2
X10	Tipka za treći kat - dizalo 2
X11	Senzor prvi kat za dizalo 1
X12	Senzor drugi kat za dizalo 1
X13	Senzor treći kat za dizalo 1
X14	Senzor prvi kat za dizalo 2

X15	Senzor drugi kat za dizalo 2
X16	Senzor treći kat za dizalo 2
X17	Fizička prepreka

Tablica 2. Digitalni izlazi

Logička adresa	Opis
Y1	Prvo dizalo prema gore
Y2	Prvo dizalo prema dolje
Y3	Drugo dizalo prema gore
Y4	Drugo dizalo prema dolje
Y5	Otvaranje/ zatvaranje vrata prvog dizala
Y6	Otvaranje/ zatvaranje vrata drugog dizala

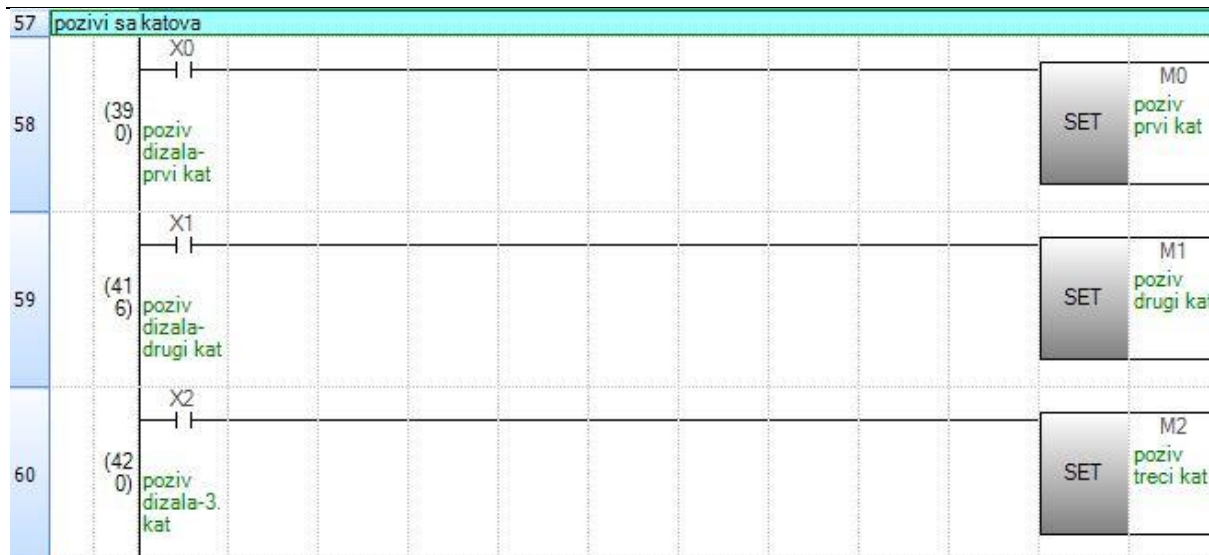
Osim digitalnih ulaza i izlaza u izradi programa će se koristiti i pomoćni releji M te vremenski releji T čija će se funkcija i opis prikazati u nastavku rada.

U nastavku je dano programsko rješenje podijeljeno u smislene dijelove od pozivanja dizala pa sve do ispunjavanja poziva i otvaranja vrata dizala.

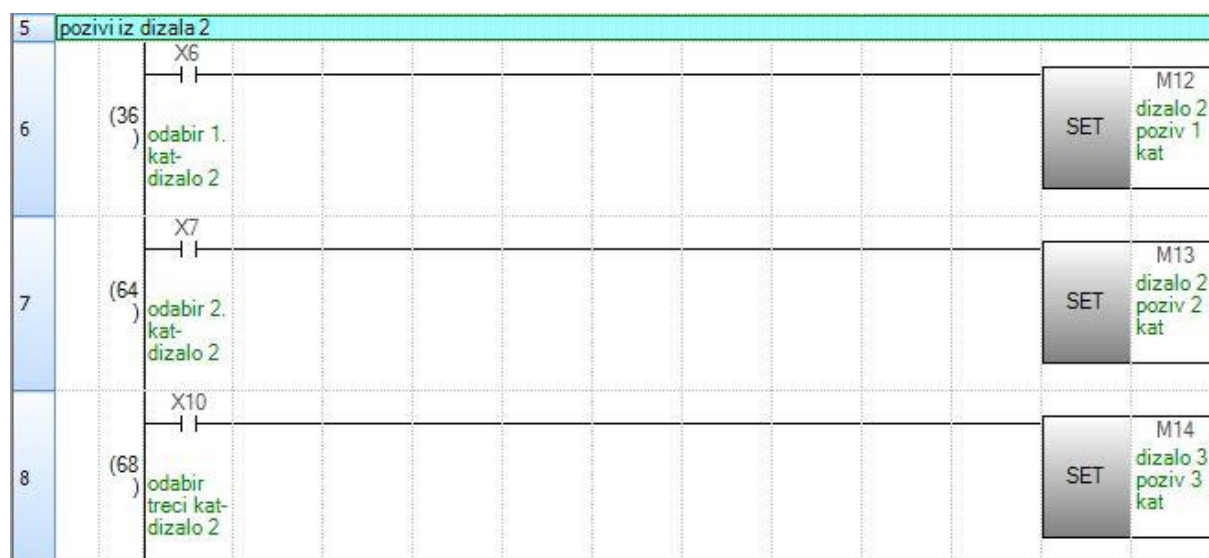
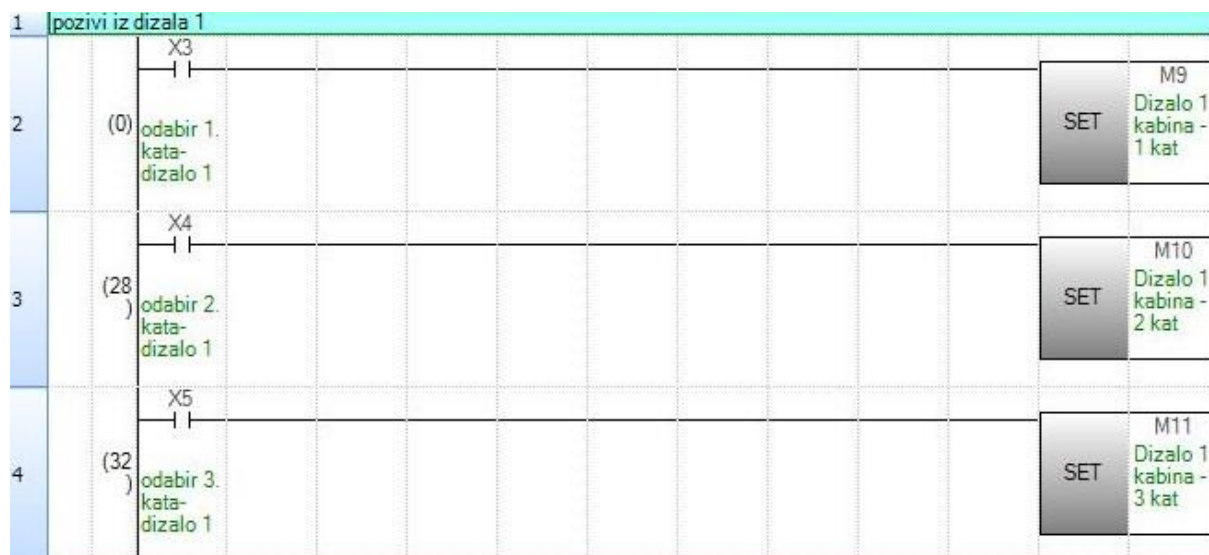
5.1. Poziv dizala

Prva logička operacija je pozivanje dizala koja omogućava kretanje dizala. Razlikuju se poziv dizala iz kabine dizala i poziv s kata. Da bi se dizalo pokrenulo potrebno je da postoji barem jedan poziv dizala, bilo to sa kata ili iz kabine dizala. Na sljedećim slikama prikazano je programsko rješenje za pozivanje dizala.

Pritiskanjem tipkala unutar dizala ili izvan njih uključuju se određeni pomoćni releji M pomoću operacije SET.



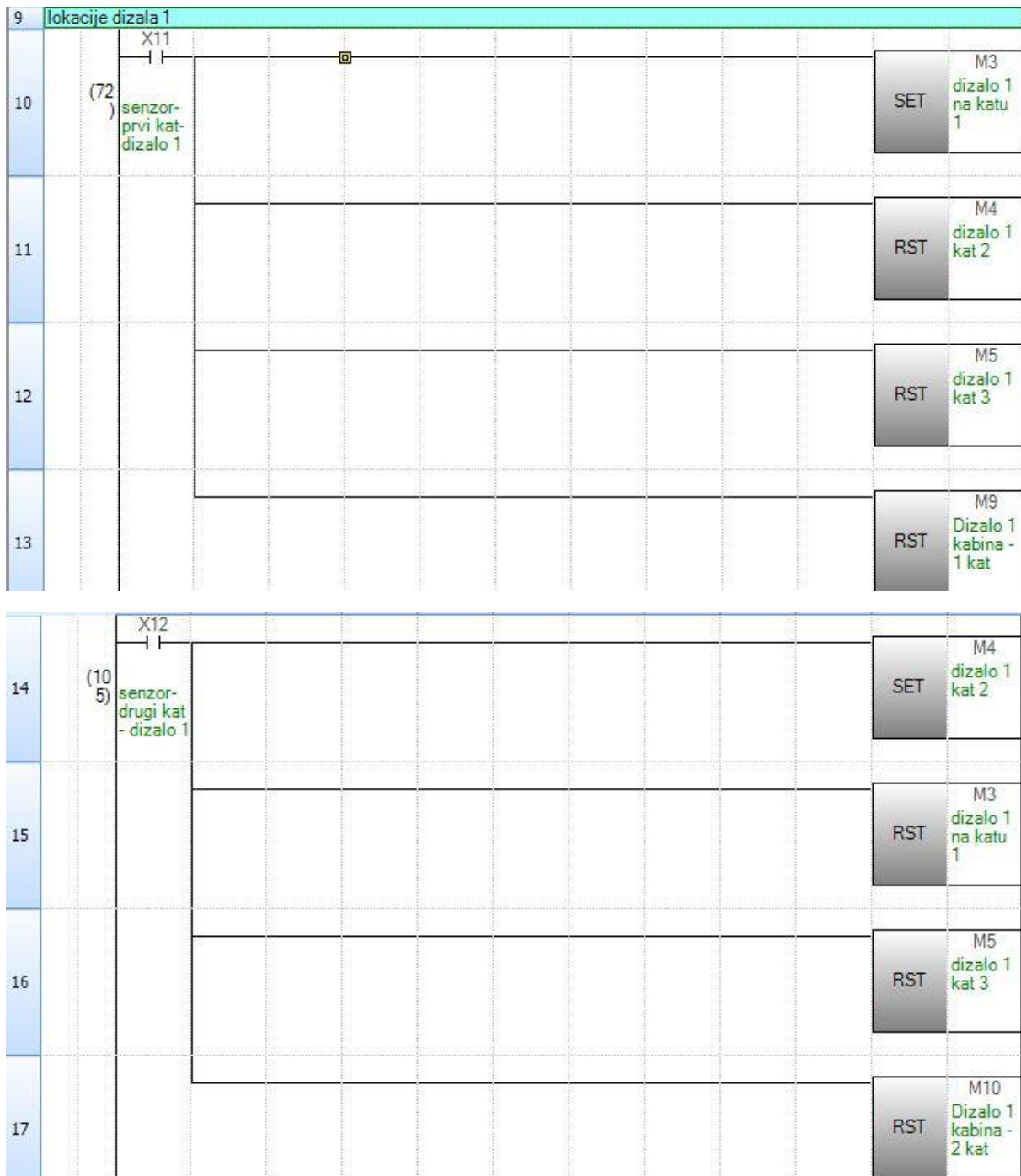
Slika 11. Pozivi dizala s katova

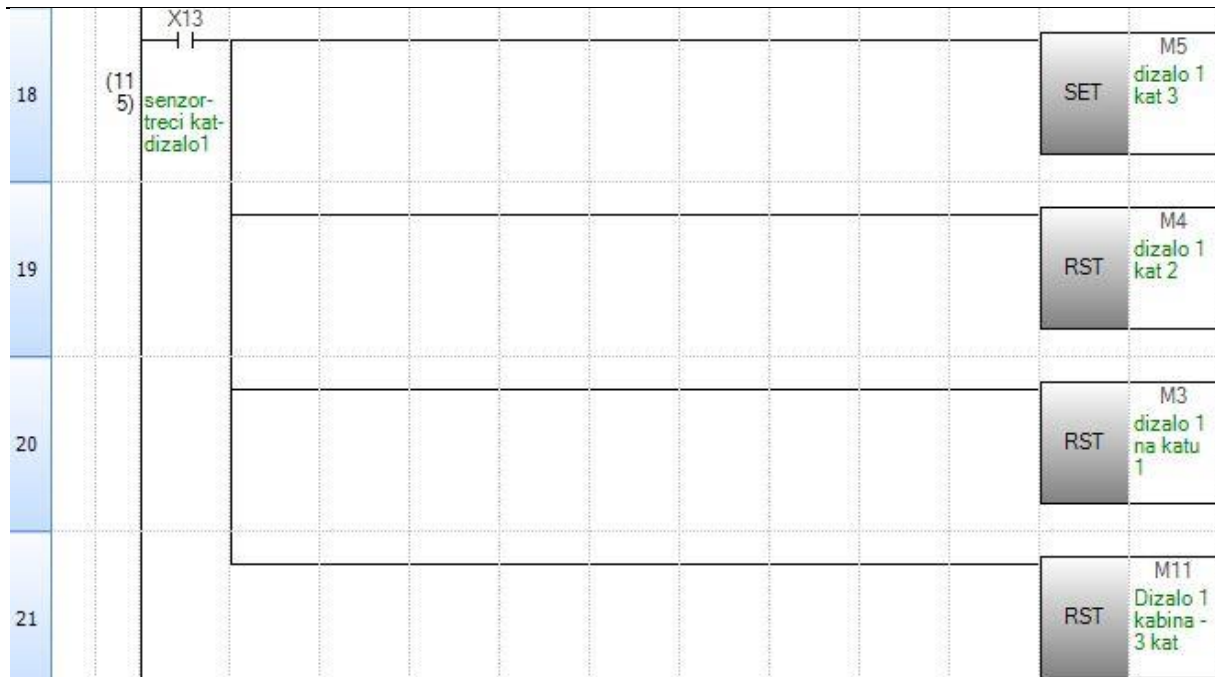


Slika 12. Pozivi iz kabina prvog i drugog dizala

5.2. Lokacija kabine dizala

Zbog neposjedovanja fizičkih senzora koji bi davali informaciju o lokaciji pojedinog dizala u svakom trenutku, u softveru za konfiguriranje HMI modula stvorene su tipke koje zamjenjuju senzore u simulaciji rada dizala.

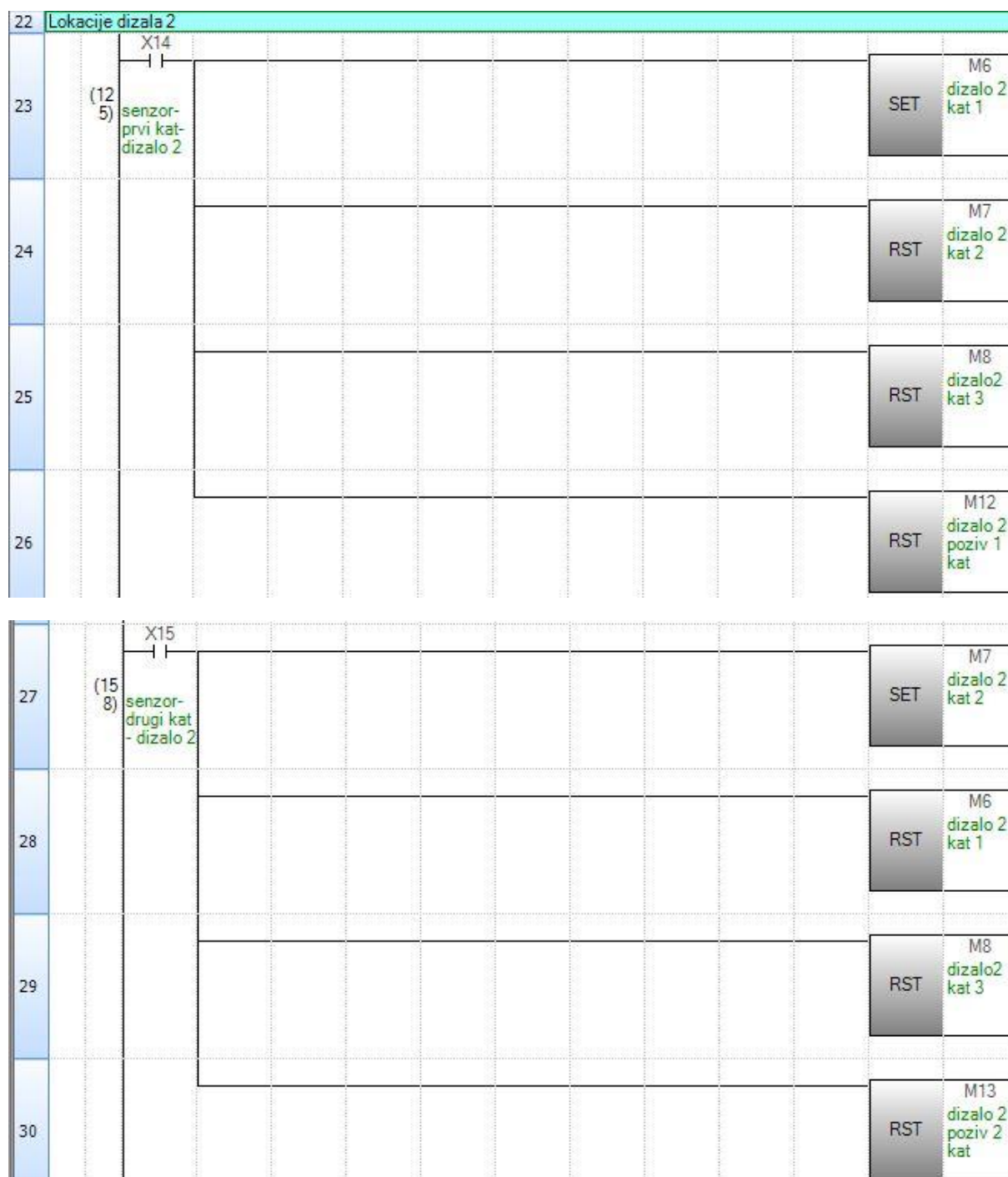


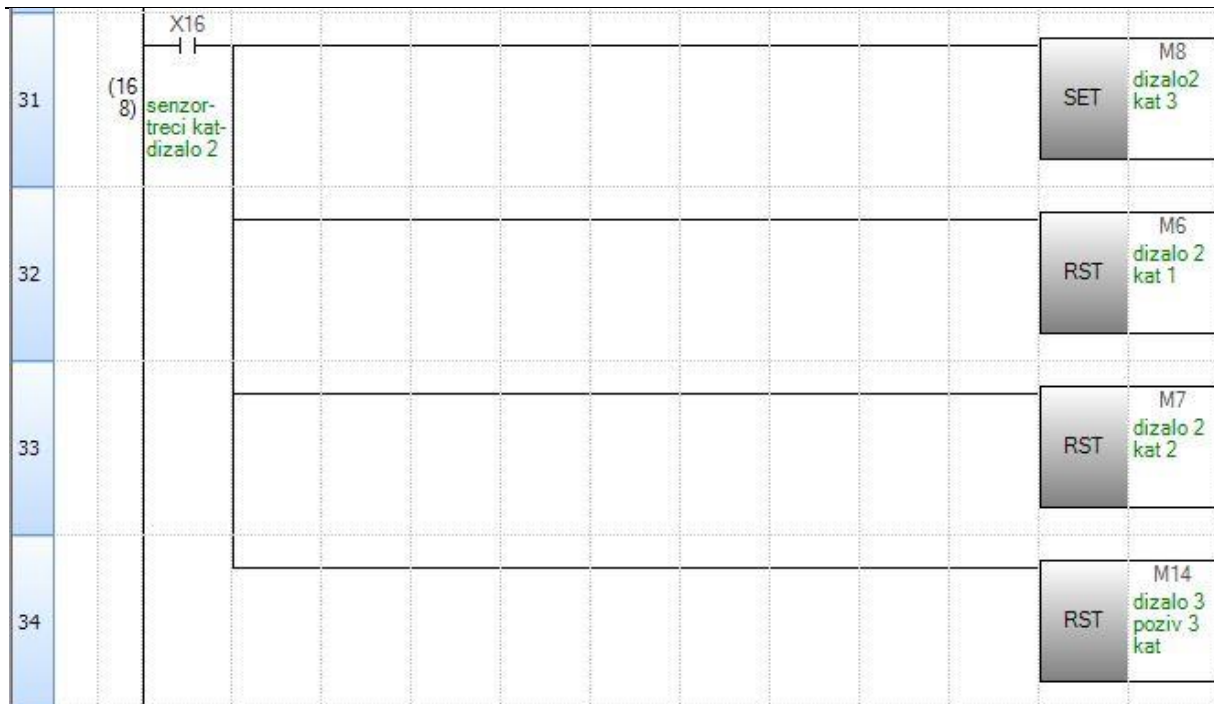


Slika 13. Lokacija prvog dizala

Na slici 13. prikazano je koje se naredbe izvršavaju pritiskanjem tipki za zaslonu HMI modula za odabir lokacije dizala. Operacijom SET uključen je pomoćni relej koji govori na kojem katu se dizalo nalazi, a operacijom RST osigurano je da dizalo u tom trenutku ne može biti ni na jednom drugom katu, što fizički i nije moguće. Osim toga operacijom RST isključuje se i poziv dizala na taj kat jer se smatra da je poziv obavljen.

Lokacija drugog dizala određuje se na analogan način s pripadajućim ulaznim i izlaznim varijablama. Programsko rješenje za lokaciju drugog dizala prikazano je na slici 14.





Slika 14. Lokacija drugog dizala

5.3. Kretanje dizala

Ispunjavanjem određenih ulaznih uvjeta izlazi od Y1 do Y4 postaju aktivirani te se dizalo kreće. Da bi dizalo započelo kretanje potrebno je da postoji poziv i da je poznata lokacija dizala. Te ulazne varijable određuju kretanje dizala.

Na slici 15. prikazano je gibanje prvog dizala prema gore.

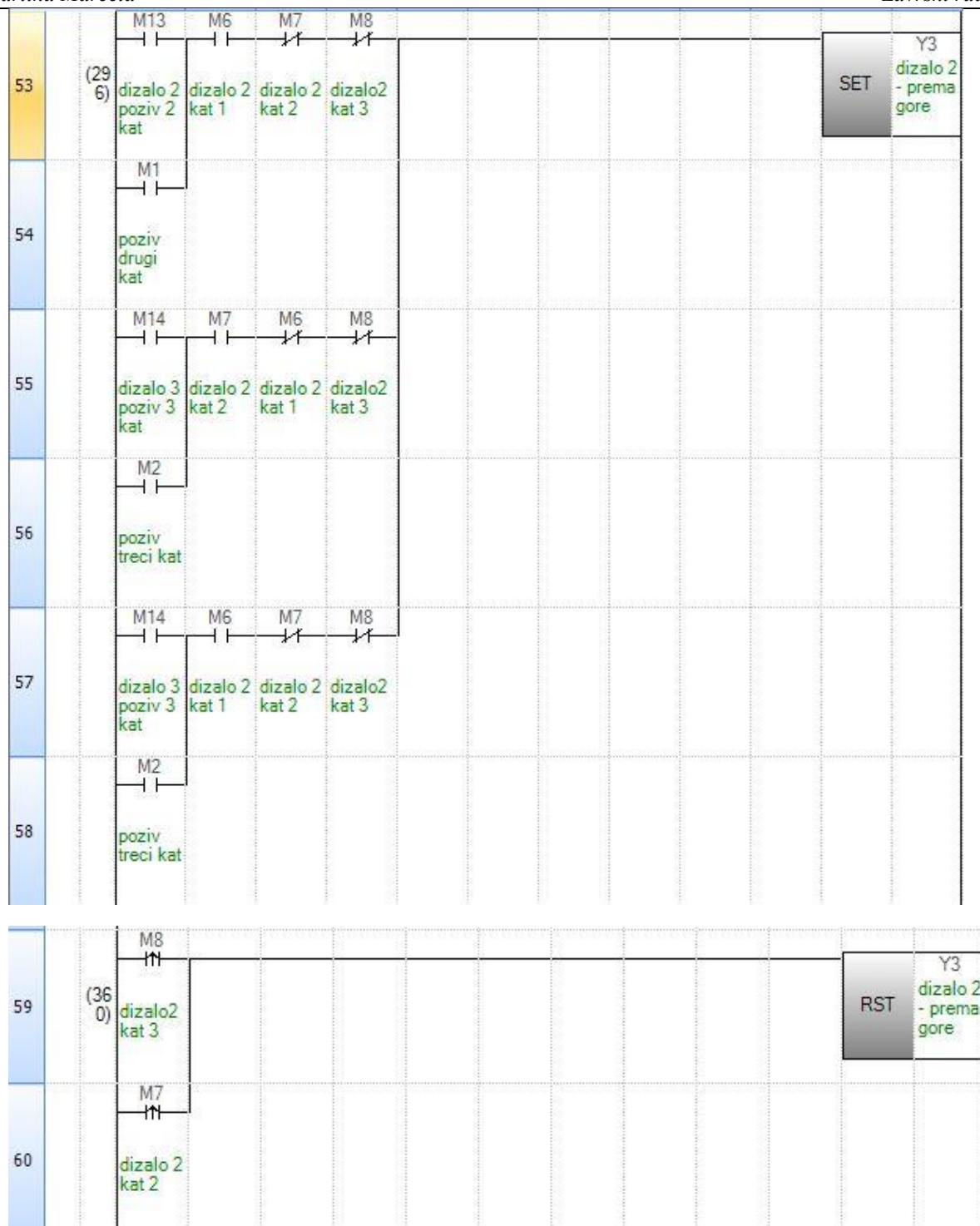
Prva linija prikazuje kretanje prvog dizala s prvog na drugi kat. Za to kretanje potrebno je da je dizalo na prvom katu i da postoji poziv dizala da ide na drugi kat. Druga linija prikazuje kretanje sa drugog na treći kat dok treća linija prikazuje kretanje prvog dizala sa prvog na treći kat.

Analogan postupak vrijedi i za gibanje drugog dizala prema gore sa odgovarajućim varijablama a programsko rješenje za drugo dizalo prikazano je na slici 16.



Slika 15. Kretanje prvog dizala prema gore

Kretanje dizala potrebno je i isključiti naredbom RST jer se vrata dizala mogu otvoriti tek onda kada je kretanje dizala zaustavljeno.



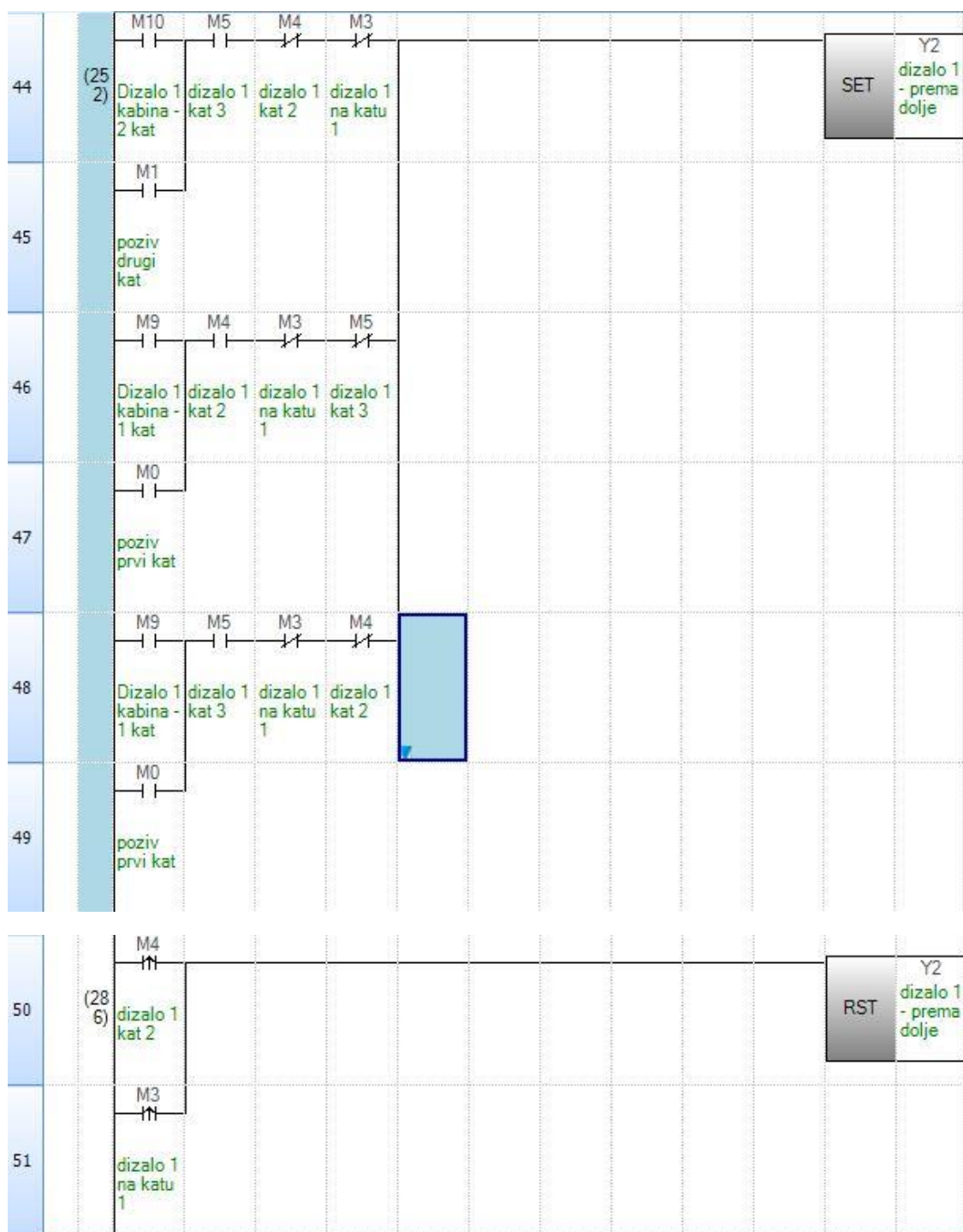
Slika 16. Kretanje drugog dizala prema gore

Nakon što je definirano kretanje dizala prema gore, potrebno je definirati i gibanje u suprotnom smjeru.

Na slici 17. prikazano je programsko rješenje za gibanje prvog dizala prema dolje.

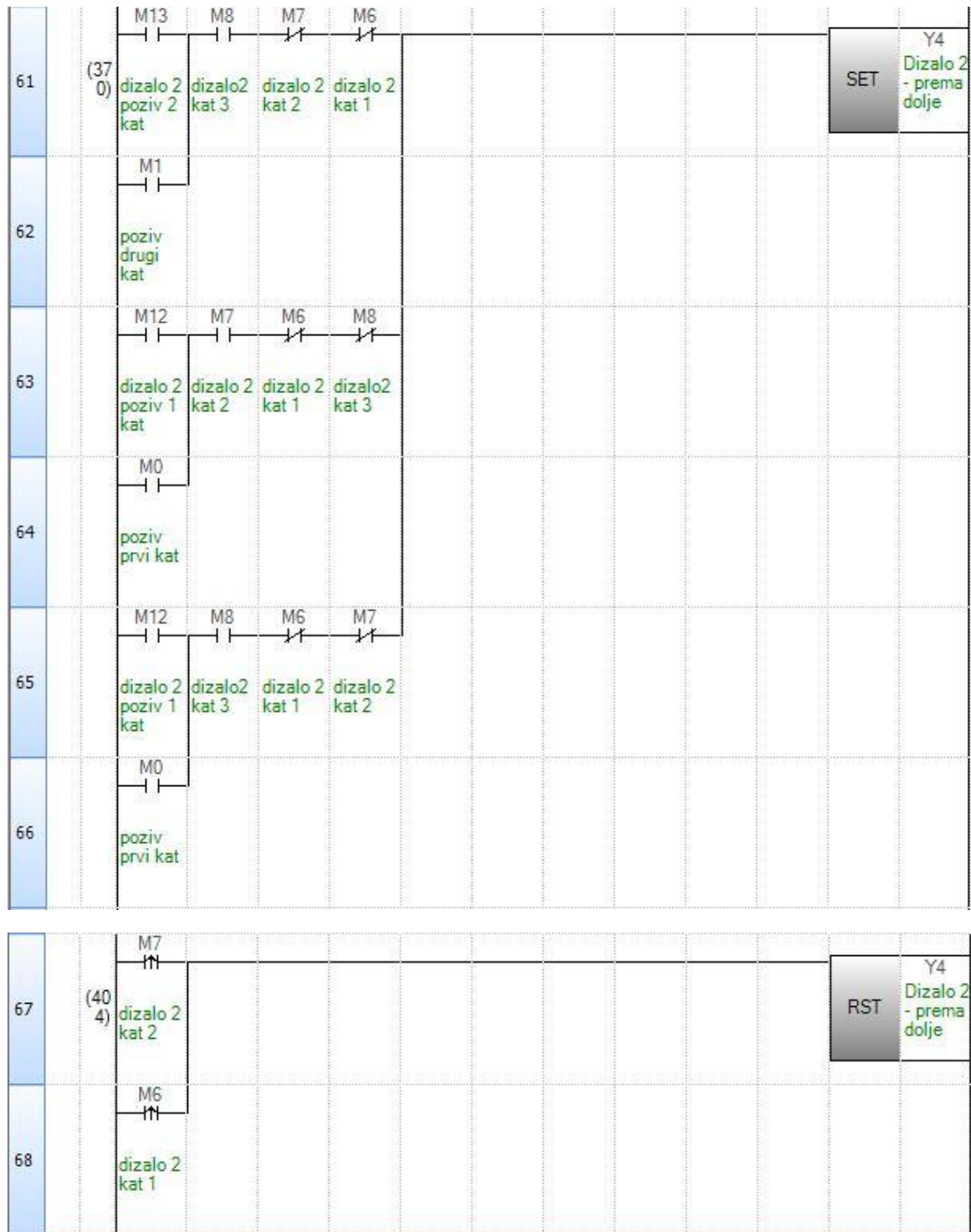
Prva linija prikazuje kretanje prvog dizala s trećeg na drugi kat, pri tome je potrebno da postoji poziv s drugog kata te da se dizalo nalazi na trećem katu. Druga linija koda prikazuje kretanje dizala s prvog na drugi kat, dok treća linija prikazuje kretanje s trećeg na prvi kat.

Kao i kod gibanja prema gore potrebno je isključiti naredbom RST kretanje dizala za izvršavanje poziva dizala i otvaranje vrata.



Slika 17. Kretanje prvog dizala prema dolje

Na slici 18. prikazano je kretanje drugog dizala prema dolje.



Slika 18. Kretanje drugog dizala prema dolje

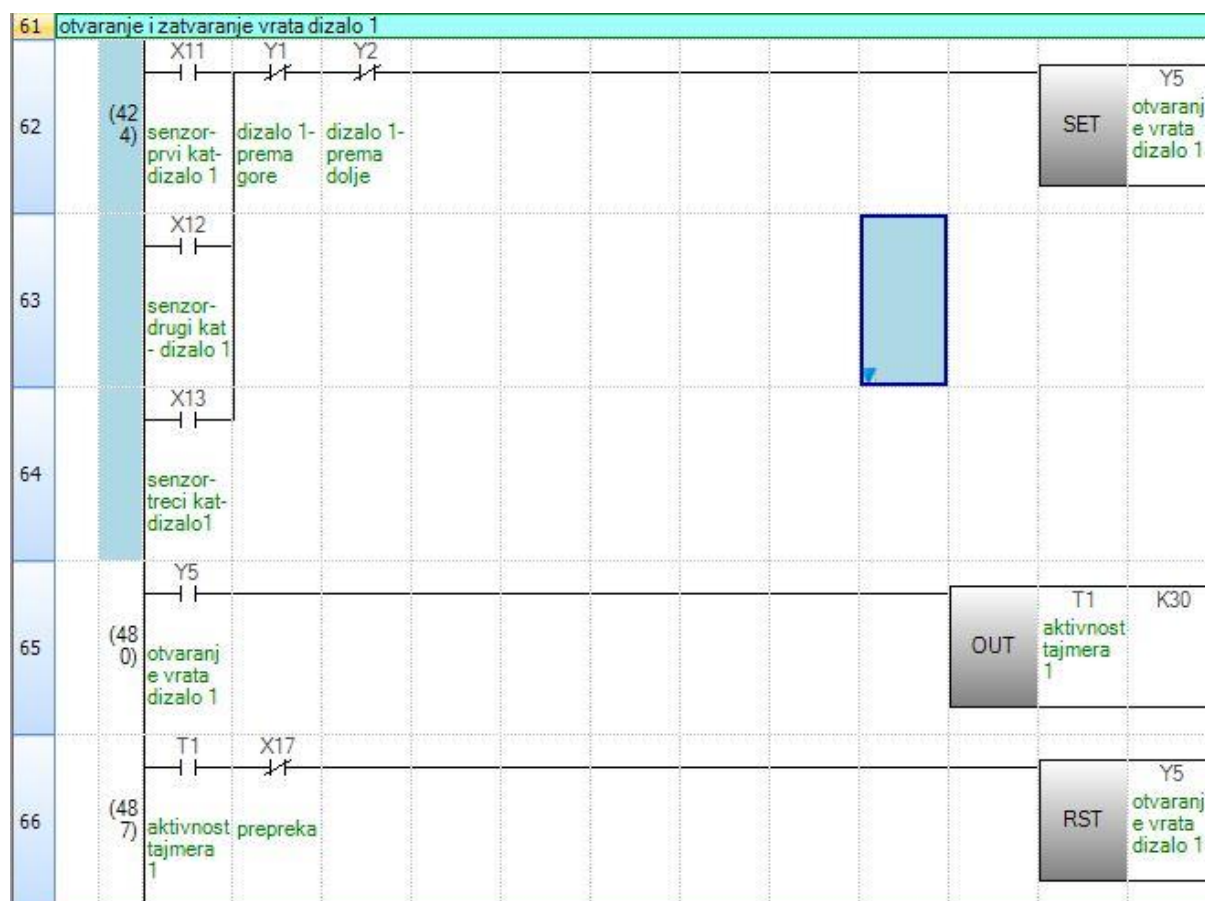
5.4. Zaustavljanje dizala, otvaranje i zatvaranje vrata

Posljednji korak je definiranje uvjeta koje je potrebno ispuniti da bi se vrata dizala mogla otvoriti a nakon nekog vremenskog intervala i zatvoriti.

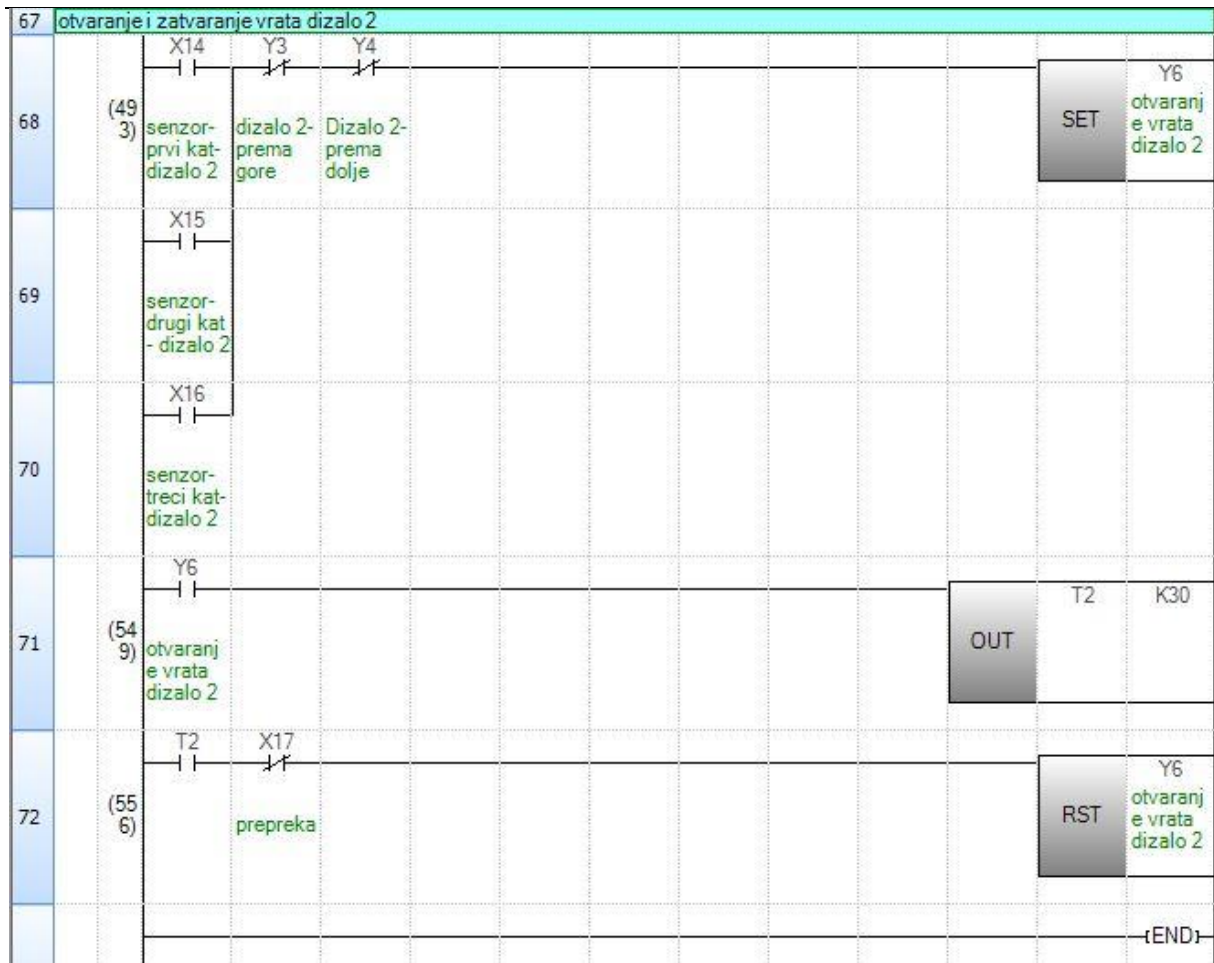
Otvaranje vrata je moguće samo onda kada je zaustavljeno gibanje dizala odnosno odgovarajući izlazi Y su isključeni. Uz to je potrebno da je senzor koji označava na kojem se katu dizalo nalazi uključen.

Kada su ti uvjeti ispunjeni vrata se otvaraju te ostaju otvorena za vrijeme definirano vremenskim relejom T1 za prvo dizalo, odnosno T2 za drugo dizalo. Nakon isteka tog vremena vrata se zatvaraju ali samo onda se između vrata ne nalazi neka fizička prepreka.

Na slici 19. prikazano je otvaranje i zatvaranje vrata prvog dizala.



Slika 19. Otvaranje i zatvaranje vrata prvog dizala



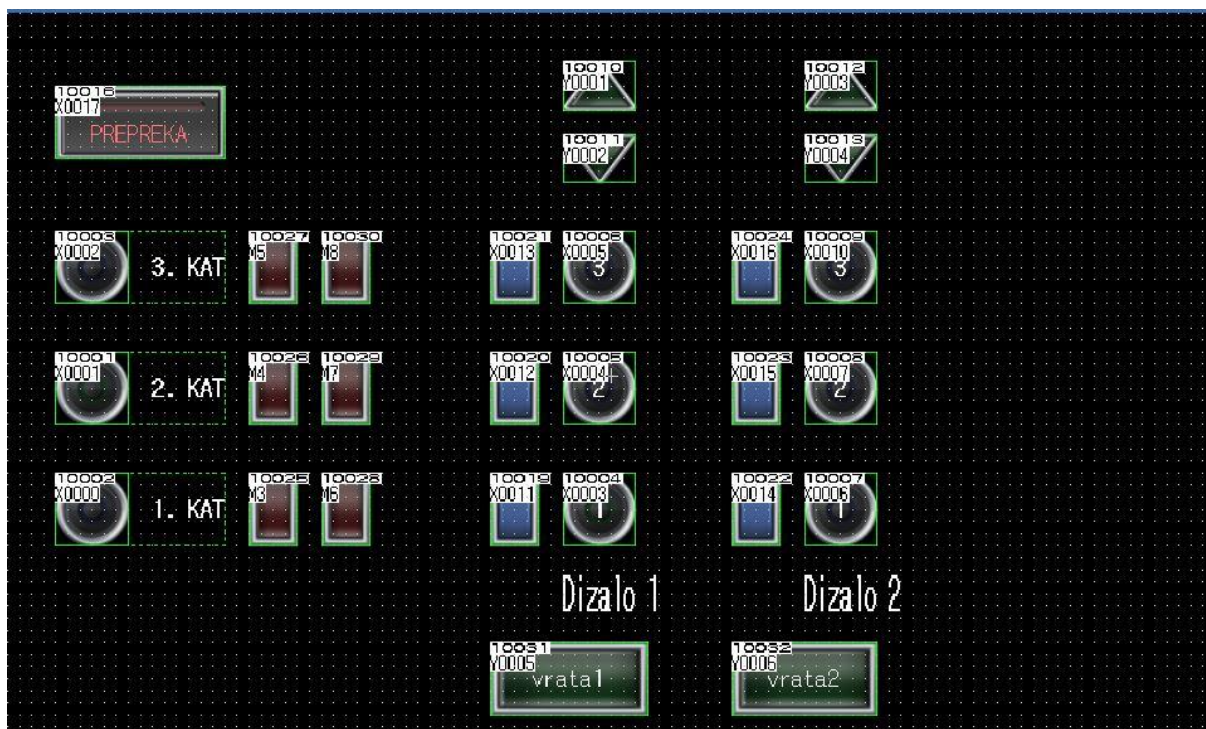
Slika 20. Otvaranje i zatvaranje vrata drugog dizala

6. REALIZACIJA GRAFIČKOG SUČELJA

Da bi se moglo upravljati sustavom upravljanja i pratiti tijek odvijanja programa potrebno je realizirati grafičko sučelje. U ovom završnom radu korišten je GS2107-WTBD HMI a pomoću GT Designer3 dizajniran je izgleda zaslona HMI.

Dodane su tipke za pozive dizala i za odabir lokacije dizala. Uz to dodane su i tipke koje pokazuju uključeno ili isključeno stanje kao npr. da li postoji prepreka, jesu li vrata otvorena ili da li se dizalo kreće prema gore ili prema dolje.

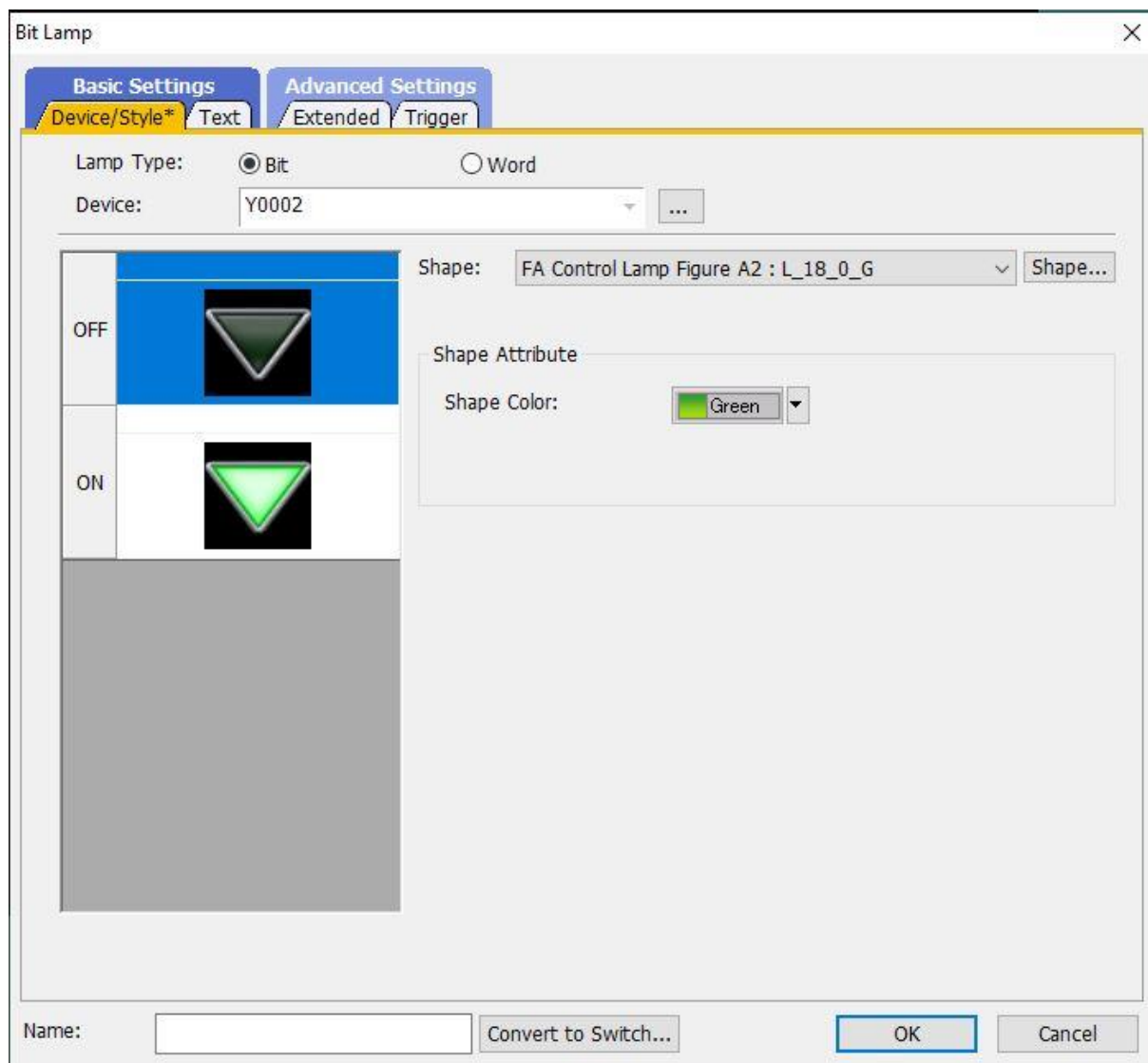
Kada je određena varijabla aktivna tj. uključena tipke poprimaju svijetlu zelenu ili crvenu boju, kako je već definirano za pojedinu tipku. Pomoću toga lako se odabiru ulazne varijable za simulaciju rada dizala ali i praćenje toka odvijanja programa.



Slika 21. Dizajniranje izgleda zaslona HMI modula

Na slici 21. prikazane su postavke za definiranje tipki koje pokazuju da li se prvo dizalo kreće prema dolje.

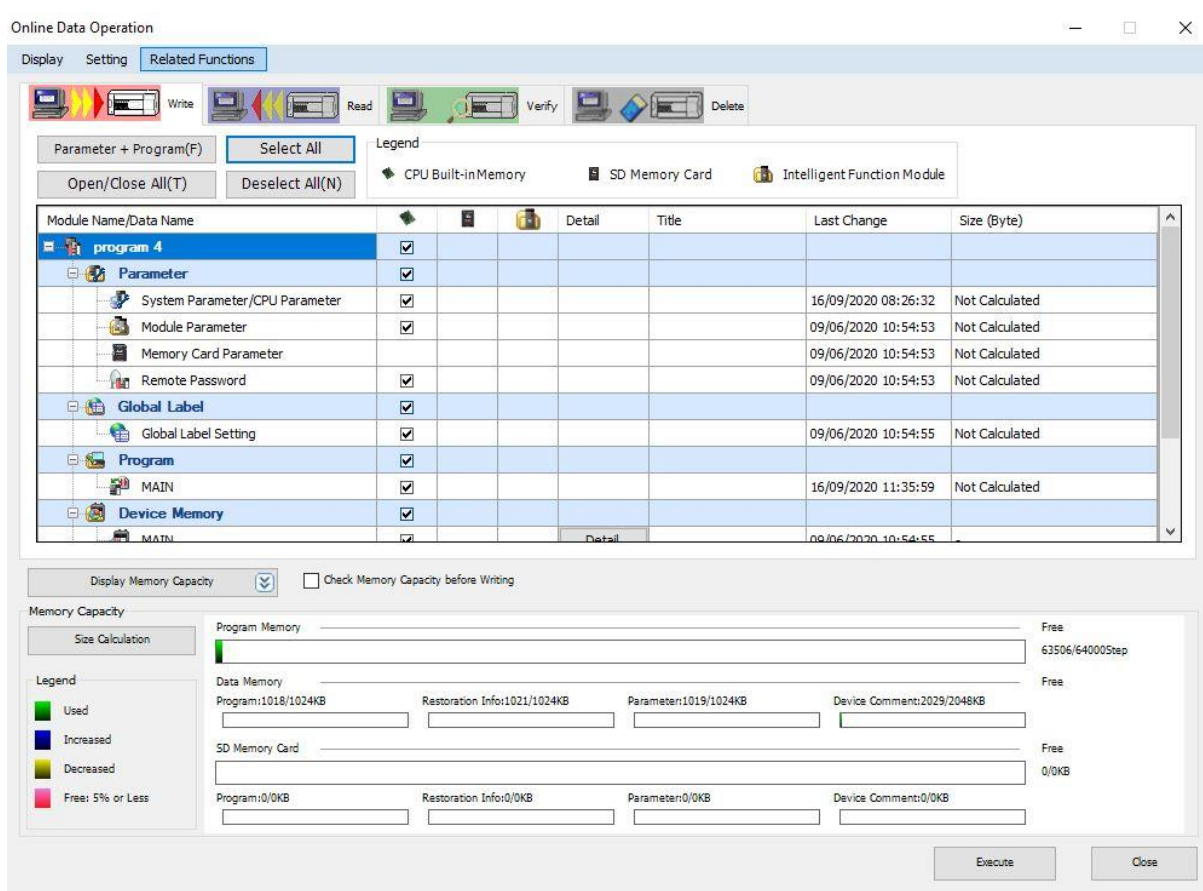
Na sličan način definirane su i ostale tipke na zaslonu HMI modula.



Slika 22. Postavke za prikaz kretanja prvog dizala prema dolje

7. SIMULACIJSKO ISPITIVANJE SUSTAVA UPRAVLJANJA

Nakon što je program napisan u GX Works3-u potrebno je pritiskom tipke F4 uraditi *Compile* programa te ako nema javljenih grešaka program se implementira na PLC naredbom *Write to PLC*.



Slika 23. Implementacija programa u PLC

U otvorenom prozoru potrebno je odabrati *Select All* te nakon toga *Execute*.

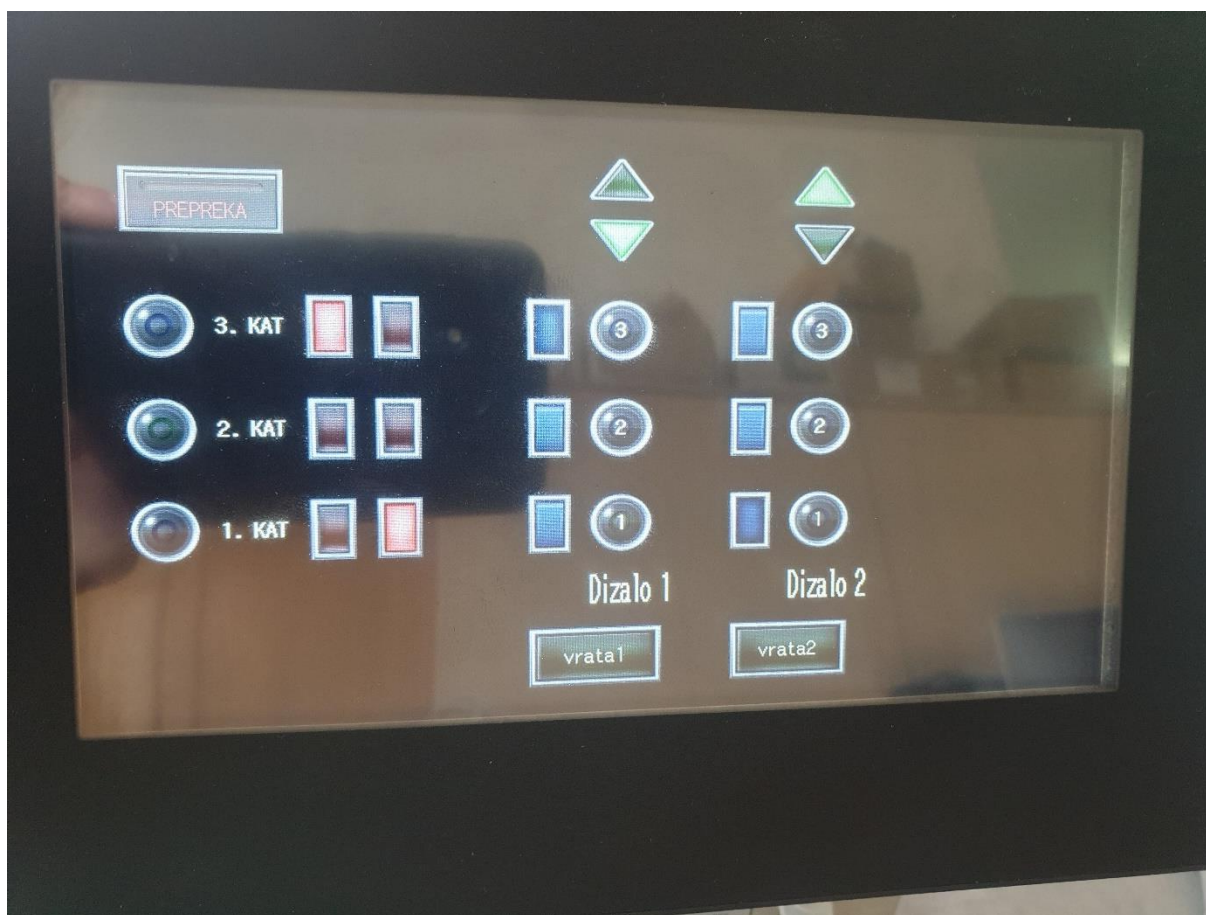
Za lakše praćenje tijekom odvijanja programa odabire se naredba *Start Monitoring*.

7.1. Odabir lokacije dizala

Na HMI modulu pritiskom na tamno crvene tipke odabire se lokacija dizala. Prvi stupac s lijeve strane služi za odabir lokacije prvog dizala a drugi stupac služi za lokacije drugog dizala. Prva tipka označuje prvi kat, tipka iznad nje drugi kat a najgornja treći kat.

Na ekranu je prikazan odabir prvog kata prvog dizala, i trećeg kata drugog dizala.

Pritiskanjem određenih tipki na zaslonu u programu se aktiviraju uključuju varijable X11 i X16.



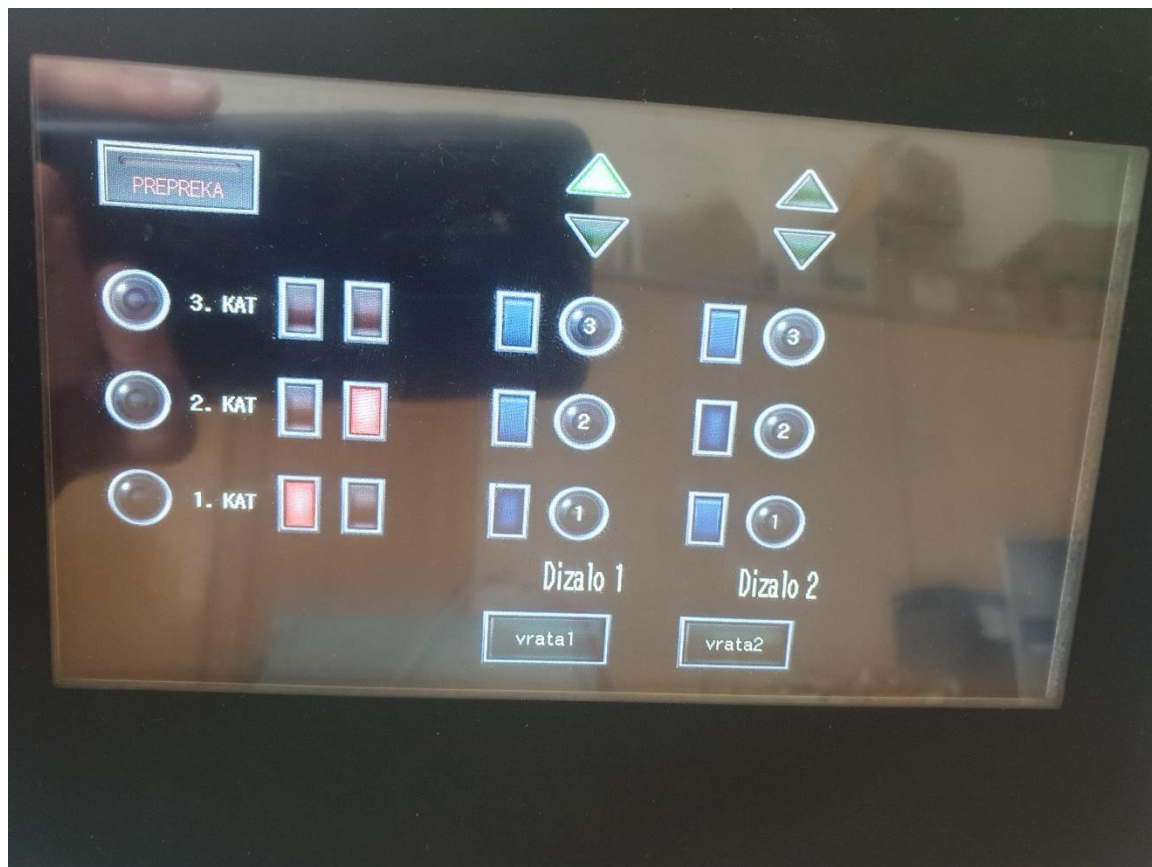
Slika 24. Izgled HMI ekrana za odabir lokacija dizala



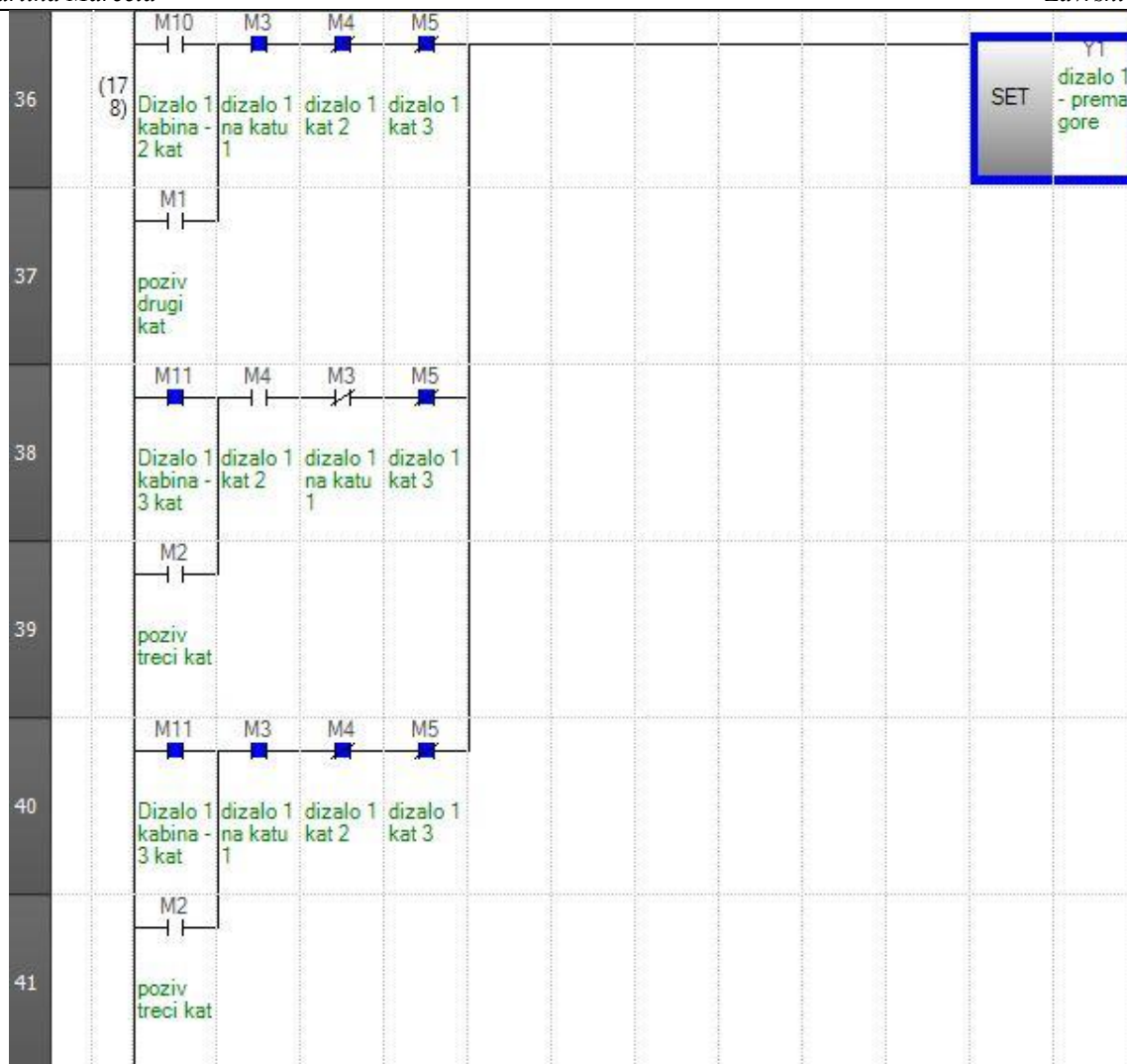
Slika 25. Prikaz uključene lokacije u programu

7.2. Simulacija kretanja dizanja

Na slici 26. prikazana je simulacija kretanja prvog dizala s prvog na treći kat. Uvjet da se dizalo pri tome nalazi na prvom katu ispunjen je prethodno odabranom lokacijom dizala na HMI zaslonu, te je na zaslonu pritisnuta tipka za poziv dizala na treći kat.



Slika 26. Izgled HMI zaslona pri gibanja prvog dizala s prvog na treći kat

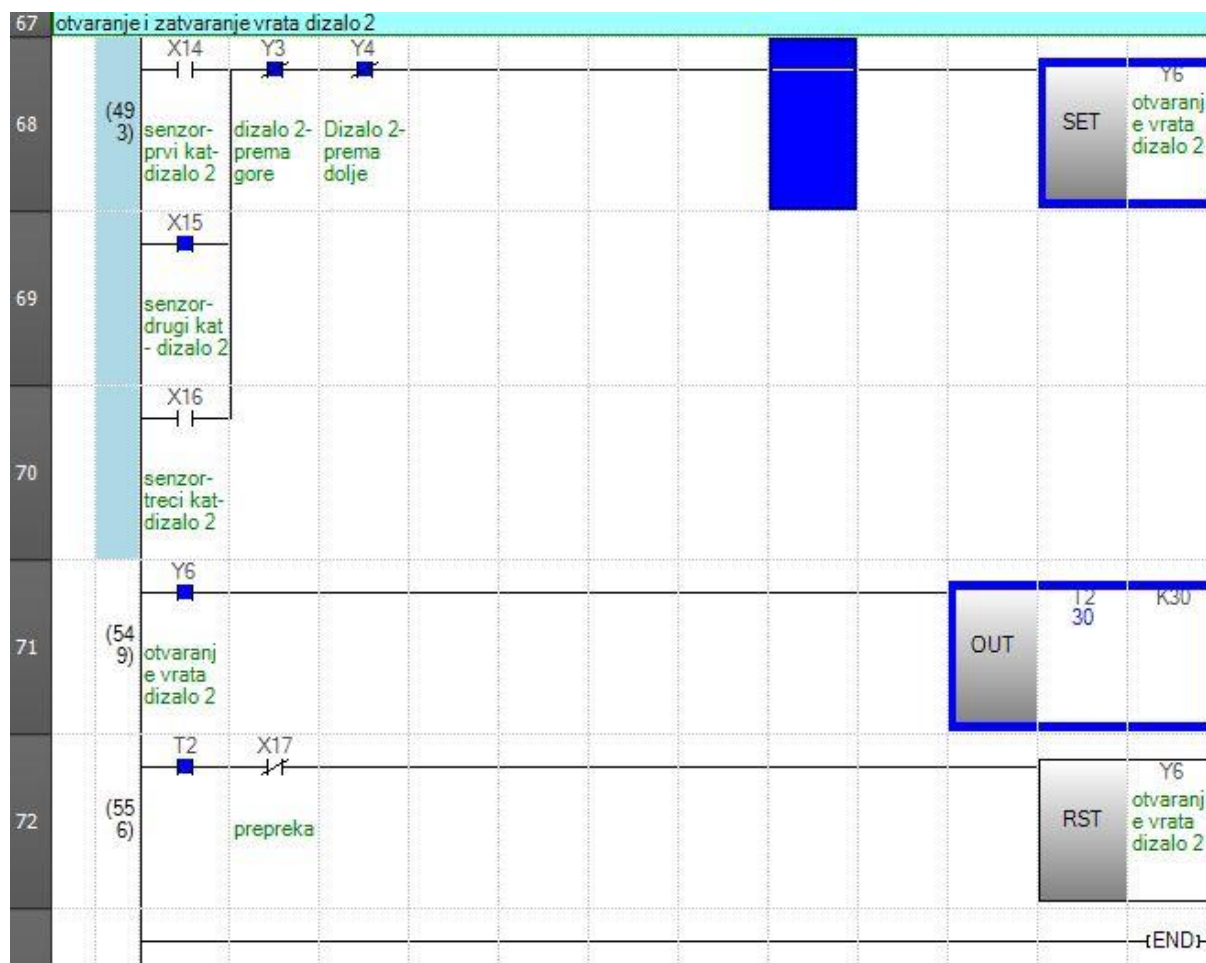


Slika 27. Izgled programa pri kretanju prvog dizala s prvog na treći kat

7.3. Simulacija otvaranja i zatvaranja vrata

Na slici 28. prikazano je otvaranje vrata drugog dizala uz uvjet da nema gibanja dizala ni u jednom smjeru te da je uključen senzor koji jasno pokazuje na kojem se katu dizalo nalazi. Nakon otvaranja vrata odnosno uključivanjem varijable Y6 aktivira se vremenski relej T2 koji odbrojava definirani vremenski interval a nakon toga zatvara vrata.

Na sljedećoj slici ispunjeni su uvjeti za otvaranje vrata ali ne i za zatvaranje jer je aktivna varijabla X17 koja označava postojanje prepreke.



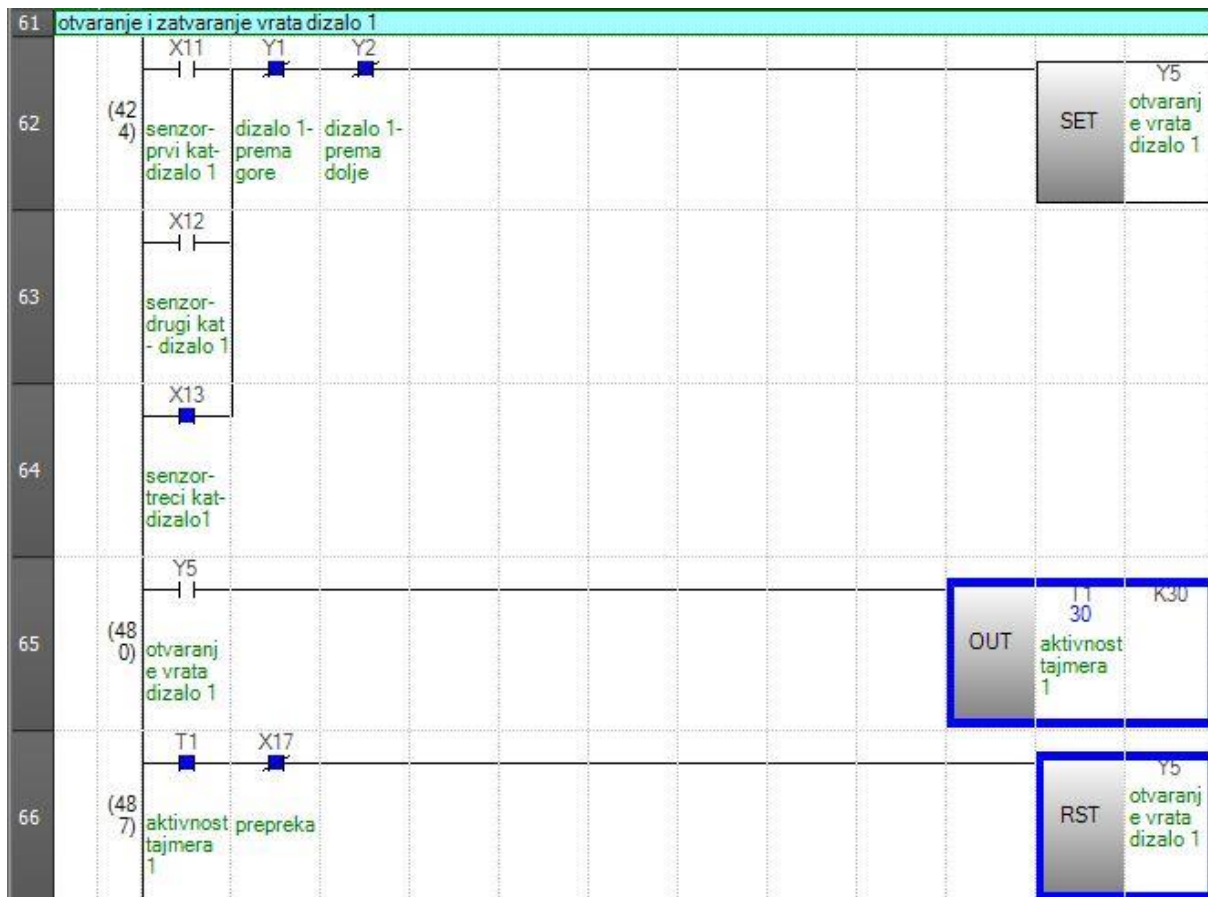
Slika 28. Otvaranje vrata drugog dizala

Pri tome za opisani slučaj HMI zaslon prikazan je na slici 29.



Slika 29. HMI zaslon pri otvaranju vrata drugog dizala uz postojanje prepreke

Ako prepreka ne postoji vrata se zatvaraju nakon odbrojavanja vremenskog releja kako je prikazano na slici 30. za prvo dizalo.



Slika 30. Zatvaranje vrata prvog dizala

8. ZAKLJUČAK

Nakon opisa komponenti sustava i projektiranja sustava upravljanja dizalima, simulacijski je ispitan rad sustava. Pokazana je realizacija grafičkog sučelja preko kojeg je upravljano procesom simulacije sustava. Na zaslonu HMI zadavane su ulazne vrijednosti lokacije dizala i poziva dizala te prepreke. Izvršavanjem programa na zaslonu HMI modula pojavljuju se rezultati naredbi u obliku upaljenih ili ugašenih tipki što je realizirano promjenom boje tipki kada se stanje varijable promijeni iz neaktivnog u aktivno. Programibilni logički kontroleri nude niz mogućnosti za automatizaciju dizala, od jednostavnih programa koji je prikazan u ovom radu pa sve do složenih programa za upravljanje dizalima u neboderima. Prikazani algoritam upravljanja moguće je proširiti većim brojem ulaznih varijabli, ali zbog ograničenog broja od 16 ulaza u radu su prikazane samo nužne tipke za simulaciju rada dizala. Iako je korišten manji broj ulaznih varijabli i naredbi prikazan je cjelokupni rad dizala od pozivanja dizala pa do zatvaranja vrata nakon ispunjavanja zahtjeva. Moguće je u budućnosti proširiti rad na izradu makete dizala za opisani zadatak, te prikazani program proširiti i prilagoditi maketi na kojoj bi se provela simulacija rada dizala.

LITERATURA

- [1] Penavić Marin, Projekt fasadnog dizala, Diplomski rad, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Sveučilište u Zagrebu, 2017.
- [2] <http://swissescalift.hr/cherry-services/koso-podizne-platforme/>, pristupljeno 01.09.2020.
- [3] <http://triplex-yulift.com/hidraulicna-teretna-platforma-compact-ap-sidro-beograd/>, pristupljeno 01.09.2020
- [4] Eskalator. Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=18367>, pristupljeno 02.09.2020
- [5] <http://ba.aoyama-elevator.jp/machine-room-passenger-elevator/moving-automatic-walkway-passenger-conveyors.html>, pristupljeno 03.09.2020
- [6] <https://www.webgradnja.hr/specifikacije/799/osobna-dizala-za-stambene-zgrade-sa-strojarnicom-tip-mrs/>, pristupljeno 03.09.2020
- [7] <https://www.taradizala.com/dizala/hidraulicna-dizala/>, pristupljeno 05.09.2020
- [8] <https://www.inea.hr/produkti/mitsubishi-electric/kompaktni-plc-kontroleri/>, pristupljeno 03.09.2020
- [9] <https://www.mitsubishielectric.com/en/index.html>, pristupljeno 05.09.2020
- [10] http://www.mceinc.com/products/dbd/DBD_Brochure.pdf, pristupljeno 05.09.2020

PRILOZI

I. CD-R disc