Programsko rješenje za sigurnosnu zonu s kontrolom sigurnosnih vrata i uređaja unutar zone

Šubarić, Igor

Master's thesis / Diplomski rad

2020

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:842052

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-19**

Repository / Repozitorij:

Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET

Sveučilišni studij

PROGRAMSKO RJEŠENJE ZA SIGURNOSNU ZONU S KONTROLOM SIGURNOSNIH VRATA I UREĐAJA UNUTAR ZONE

Diplomski rad

Igor Šubarić

Osijek, 2019.

FERIT
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK

Obrazac D1: Obrazac za imenovanje Povjerenstva za obranu diplomskog rada

Osijek, 09.12.2019.

Odboru za završne i diplomske ispite

Imenovanje Povjerenstva za obranu diplomskog rada

Ime i prezime studenta:	Igor Šubarić
Studij, smjer:	Diplomski sveučilišni studij Elektrotehnika
Mat. br. studenta, godina upisa:	D-1132, 27.09.2019.
OIB studenta:	59915200308
Mentor:	Prof.dr.sc. Dražen Slišković
Sumentor:	
Sumentor iz tvrtke:	Marko Španović
Predsjednik Povjerenstva:	Doc.dr.sc. Damir Filko
Član Povjerenstva:	Doc.dr.sc. Emmanuel-Karlo Nyarko
Naslov diplomskog rada:	Programsko rješenje za sigurnosnu zonu s kontrolom sigurnosnih vrata i uređaja unutar zone
Znanstvena grana rada:	**Automatika (zn. polje temeljne tehničke znanosti)**
Zadatak diplomskog rada:	(sumentor: Marko Španović, Danieli-Systec d.o.o.)
Prijedlog ocjene pismenog dijela ispita (diplomskog rada):	Izvrstan (5)
Kratko obrazloženje ocjene prema Kriterijima za ocjenjivanje završnih i diplomskih radova:	Primjena znanja stečenih na fakultetu: 3 bod/boda Postignuti rezultati u odnosu na složenost zadatka: 3 bod/boda Jasnoća pismenog izražavanja: 2 bod/boda Razina samostalnosti: 2 razina
Datum prijedloga ocjene mentora:	09.12.2019.

Potpis mentora za predaju konačne verzije rada u Studentsku službu pri završetku studija:	Potpis:
	Datum:

FERIT
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA **OSIJEK**

IZJAVA O ORIGINALNOSTI RADA

Osijek, 06.01.2020.

Ime i prezime studenta:	Igor Šubarić
Studij:	Diplomski sveučilišni studij Elektrotehnika
Mat. br. studenta, godina upisa:	D-1132, 27.09.2019.
Ephorus podudaranje [%]:	5

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom**: Programsko rješenje za sigurnosnu zonu s kontrolom sigurnosnih vrata i uređaja unutar zone**

izrađen pod vodstvom mentora Prof.dr.sc. Dražen Slišković

i sumentora

moj vlastiti rad i prema mom najboljem znanju ne sadrži prethodno objavljene ili neobjavljene pisane materijale drugih osoba, osim onih koji su izričito priznati navođenjem literature i drugih izvora informacija.
Izjavljujem da je intelektualni sadržaj navedenog rada proizvod mog vlastitog rada, osim u onom dijelu za koji mi je bila potrebna pomoć mentora, sumentora i drugih osoba, a što je izričito navedeno u radu.

Potpis studenta:

Sadržaj

1. UVOD 1

1.1. Zadatak diplomskog rada 1

2. SIEMENSOV SIGURNOSNI DISTRIBUIRANI SUSTAV 2

2.1. Slojevi zaštite 2

2.1.1. Sigurnosni ulazni modul 3
2.1.2. Sigurnosna komunikacijska mreža 3
2.1.3. Sigurnosni PLC 3
2.1.4. Sigurnosni izlazni modul 4

2.2. Prednosti Sigurnosnog PLC sustava 4

2.3. Siemensov sigurnosni distribuirani sustav u SIMATIC Manageru Step 7 4

2.3.1. Karakteristike 6
2.3.2. Hardverske i softverske komponente 6
2.3.3. Komunikacija 8
2.3.4. Programiranje 9

3. OPIS POSTROJENJA KOJE SE OSIGURAVA 12

3.1. Oprema potrebna za realiziranje sigurnosnog distribuiranog sustava 12

3.1.1. Centralna procesorska jedinica 414F – 3 PN/DP 13
3.1.2. Napajanje PS 407 10 A 14
3.1.3. Simatic ET 200SP modul 15
3.1.4. Signalni semafor 8WD42 16
3.1.5. Svjetlosna barijera C4000 Palletizer standard 18
3.1.6. Tipka za zaustavljanje u nuždi / gljiva 19
3.1.7. Sigurnosna brava 20
3.1.8. Moduli digitalnih ulaza i izlaza 21

4. IZRADA SIGURNOSNOG PROGRAMA I PROVJERA RJEŠENJA 22

4.1. Dodavanje hardverske konfiguracije postrojenja 22

4.1.1. Konfiguracija PLC-a 22
4.1.2. Konfiguracija ET200SP modula 24

4.2. Ulazni i izlazni signali 27

4.3. Sigurnosni program 28

4.3.1. Dijagram toka funkcionalnosti sigurnosnog programa 29
4.3.2. F-I/O podatkovni blokovi 31
4.3.3. Izrada sigurnosnog programa postrojenja 31
4.3.4. Kreiranje sigurnosne grupe i aktivacija sigurnosnog programa 37
4.4. Vizualizacija 41
4.4.1. Statusi postrojenja 43
4.4.2. Alarmi postrojenja 48
4.5. Provjera funkcionalnosti izrađenog sigurnosnog programa 52
5. ZAKLJUČAK 54
LITERATURA 55
SAŽETAK 57
ABSTRACT 58
ŽIVOTOPIS 59
PRILOG 1 60
PRILOG 2 61
PRILOG 3 62
PRILOG 4 63
PRILOG 5 64
PRILOG 6 65
PRILOG 7 66

1. UVOD

U današnje vrijeme u automatizacijskim procesima osim uobičajenih zaštitnih sustava javlja se potreba za dodatnim zaštitnim sustavom koji je pouzdaniji, učinkovitiji i sigurniji u odnosu na uobičajene zaštitne sustave. S ciljem da se što više minimizira opasnost po ljude i okoliš te da se smanji vrijeme zastoja automatskog procesa kada se pojavi greška na procesu.

Jedan od načina zaštite automatizacijskih postrojenja koji zahtijevaju veliki stupanj sigurnosti je Siemensov sigurnosni sustav (engl. *Fail-safe system*). Sigurnosni sustavi se koriste za zaštitu ljudi i okoliša koji se nalaze u blizini strojeva koji su dio postrojenja, gdje se sigurno stanje može postići isključivanjem izlaza sigurnosnog sustava. Kako bi se mogao implementirati Siemensov sigurnosni sustav u neko postrojenje također je potreban i programski alat s kojim se programira rad ovog sigurnosnog sustava. Jedan od programa, a koji je i korišten pri izradi ovog diplomskog rada, je Siemensov programski alat SIMATIC Manager Step 7. Kako bi se mogao programirati Siemensov sigurnosni sustav osim programskog alata SIMATIC Manager Step 7, zahtjeva se i dodatna instalacija Siemens distributed safety paketa u SIMATIC Manager Step 7 u kojem se nalaze blokovi pomoću kojih se programira sigurnosni sustav.

U ovom radu je opisan Siemensov sigurnosni distribuirani sustav (engl. *Siemens distributed safety system*). U drugom poglavlju je detaljno opisan Siemensov sigurnosni distribuirani sustav, njegova svojstva i postrojenja gdje je moguća implementacija ovog sigurnosnog sustava. U trećem poglavlju je opisano postrojenje na koje je implementiran sigurnosni distribuirani sustav kao i opis dijelova postrojenja. Kroz četvrto poglavlje je detaljno opisana izrada programa u alatu SIMATIC Manager Step 7 kao i provjera ispravnosti programa na postrojenju. Peto poglavlje predstavlja zaključak i osvrt na cjelokupni diplomski rad.

1.1. Zadatak diplomskog rada

Treba izraditi program za kontrolu pristupa sigurnosnoj zoni. Program se treba sastojati od dijela koji kontrolira pristup sigurnosnoj zoni, dijela koji uređaje unutar zone postavlja u stanje sigurno za pristup (imobilizacija) i otključavanja sigurnosnih vrata, te nakon zatvaranja sigurnosnih vrata vraća uređaje unutar zone u stanje spremno za rad. Diplomski zadatak uključuje razvoj softvera u alatu Step7 te vizualizaciju u alatu WinCC.

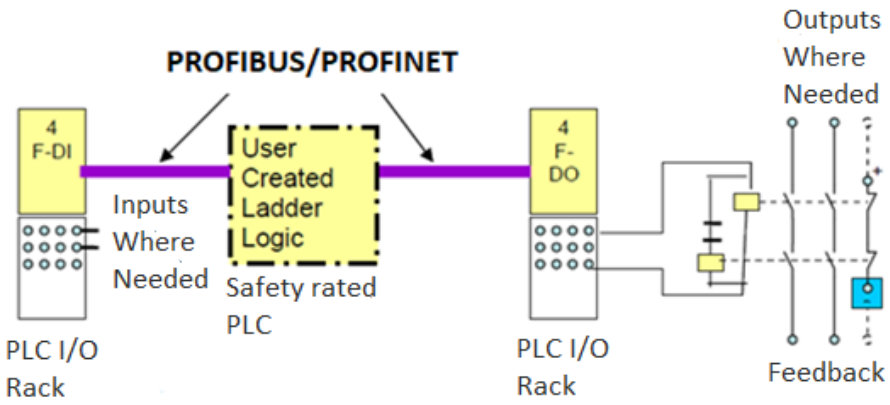
2. SIEMENSOV SIGURNOSNI DISTRIBUIRANI SUSTAV

Siemensov sigurnosni distribuirani sustav (engl. *Siemens distributed safety system*) koristi Sigurnosni PLC za upravljanje procesima koji isključenjem procesa može odmah postići sigurnosno stanje. Što znači da Siemensov sigurnosni distribuirani sustav provjerava procese pri kojem trenutno isključenje procesa ne ugrožava okoliš i ljude [1].

Sigurnosni PLC kombinira funkcionalnost upravljačkog sustava sa sigurnosnim sustavom na jednoj upravljačkoj platformi, čime se omogućuje znatno smanjenje troškova održavanja postrojenja. Prednost kombiniranja je mogućnost korištenja jednog programskog jezika za logiku upravljačkih i sigurnosnih krugova. Sigurnosni distribuirani sustavi koji koriste Sigurnosne PLC-ove daju višestruke slojeve zaštite koje rade zajedno kako bi osigurale siguran sustav upravljanja. Inženjeri iz Siemensa stvaranjem koncepta integracije višestrukih slojeva zaštite standardnog PLC-a pod nazivom "Slojevi zaštite", koji su nekada bili dostupni samo u sigurnosnim relejnim sustavima postigli su razinu zaštite potrebnu da se dobije SIL 3 klasa sigurnosti. Slojevi se sastoje od standardnih dijelova PLC-a, od kojih svaki sloj radi zasebno, ali i zajedno s ostalim slojevima, kako bi se osigurala zaštita da se greške uoče i otklone prije nego što prouzroče štetu. Sigurnosni PLC-i sada koriste pouzdano upravljanje i slojeve zaštite kako bi zadovoljili visoke razine pouzdanosti koje zahtijevaju trenutni standardi sigurnosti [6].

2.1. Slojevi zaštite

Slojevi zaštite u Siemensovom sigurnosnom PLC sustavu sastoje se od četiri dijela : sigurnosnog ulaznog modula, sigurnosne komunikacijske mreže, Sigurnosnog PLC-a i sigurnosnog izlaznog modula (Slika 2.1.) [6].



Slika 2.1. *Integracija višestrukih slojeva zaštite* [6].

2.1.1. Sigurnosni ulazni modul

Prvi sloj zaštite nalazi se u sigurnosnom ulaznom modulu koji je preuzeo zadatak kontrole pouzdanog nadzora i zaštite. Ovi moduli se prebacuju na siguran način rada nakon otkrivanja kvara neovisno o Sigurnosnom PLC-u i ne oslanjaju se na Sigurnosni PLC ili mrežu za lokalno rukovanje pogreškama. Sigurnosni ulazni moduli obavljaju funkcije koje su prethodno odrađivane samo u sigurnosnim relejnim sustavima. Svaki sigurnosni ulazni modul obavlja nekoliko zadataka koji osiguravaju ispravan nadzor sigurnih ulaza [6]:

- Testiranje signalnog vodiča - ulazni modul ima ugrađeno samotestiranje, na način da generira impulsne signale koji se koriste za osiguranje valjanog praćenja spojenih ulaznih uređaja,
- Inteligentni moduli pružaju lokalne zaštitne radnje zaustavljanje i resetiranje,
- Analiza odstupanja i vremensko ograničenje, kako bi se osigurale reakcije na pogrešne ulazne vrijednosti.

2.1.2. Sigurnosna komunikacijska mreža

Sigurnosna komunikacijska mreža (engl. *PROFISafe*) osigurava pouzdanost kako bi se osiguralo da podaci koji se prenose između slojeva dolaze ispravno do odgovarajućeg sloja i ispravno se interpretiraju. Glavne značajke sigurnosne komunikacijske mreže su otkrivanje i otklanjanje pogrešaka [6].

2.1.3. Sigurnosni PLC

Središnji sloj zaštite je Sigurnosni PLC koji stvara redundantnu provjeru digitalnih ulaza i sigurnosnih naredbi za digitalne izlaze. Kako bi se osigurala iznimna razina pouzdanosti, Sigurnosni PLC je dizajniran za otkrivanje pojedinačnih pogrešaka u izvršavanju programa i hardvera dok se izvršava logika programa. Da bi se to postiglo, u sigurnosnom programu, Sigurnosni PLC provodi automatske sigurnosne provjere i veze u dodatnim redundantnim sigurnosnim blokovima za prepoznavanje pogrešaka. Ovi blokovi stvaraju vremenski ograničenu logiku koja kontinuirano prati softverske i hardverske pogreške. Kada dođe do smetnji, održavaju sigurnosni sustav u sigurnosnom stanju ili ga prebacuju u sigurnosno stanje, dovodeći Sigurnosni PLC do sigurnog zaustavljanja ili šaljući signale za isključivanje drugim slojevima, prije nego pogreške u programu utječu na osiguravani stroj u postrojenju [6].

2.1.4. Sigurnosni izlazni modul

Krajnji sloj zaštite je izlazni modul koji periodički prati svoje redundantne funkcije kako bi osigurao da će biti u stanju ukloniti napajanje kada je zadana naredba za isključivanje. Kao i kod sigurnosnog ulaznog modula, ovaj modul pruža lokalnu zaštitu u slučaju bilo kakve unutarnje pogreške modula ili greške u ožičenju. Sigurnosni izlazni modul će napojiti svoje izlaze samo ako su svi ostali slojevi izvršili svoju funkciju bez greške i poslali naredbu za napajanjem izlaza sigurnosnog izlaznog modula [6].

2.2. Prednosti Sigurnosnog PLC sustava

Imajući u vidu da se za sigurnosne funkcije brine operacijski sustav na Sigurnosnom PLC-u, programer vrlo jednostavno može napisati sigurnosni program u relejnoj logici (engl. Ladder Logic), te se mogu iskoristiti prednosti koje nudi Sigurnosni PLC sustav. Neke od prednosti Sigurnosnog PLC sustava su [6]:

- Rukovanje standardnim i sigurnosnim funkcijama omogućuje brzo rješavanje problema u sigurnosnom sustavu, čime se značajno smanjuju zastoji,
- Zahvaljujući integraciji operativnih informacija i podataka o lokaciji iz svih sigurnosno povezanih ulaza / izlaza, operater može brzo locirati probleme,
- Fleksibilna topologija pruža mogućnost postavljanja sigurnosnih ulaza i izlaza gdje god je to potrebno duž PROFIBUS/PROFINET mreže.

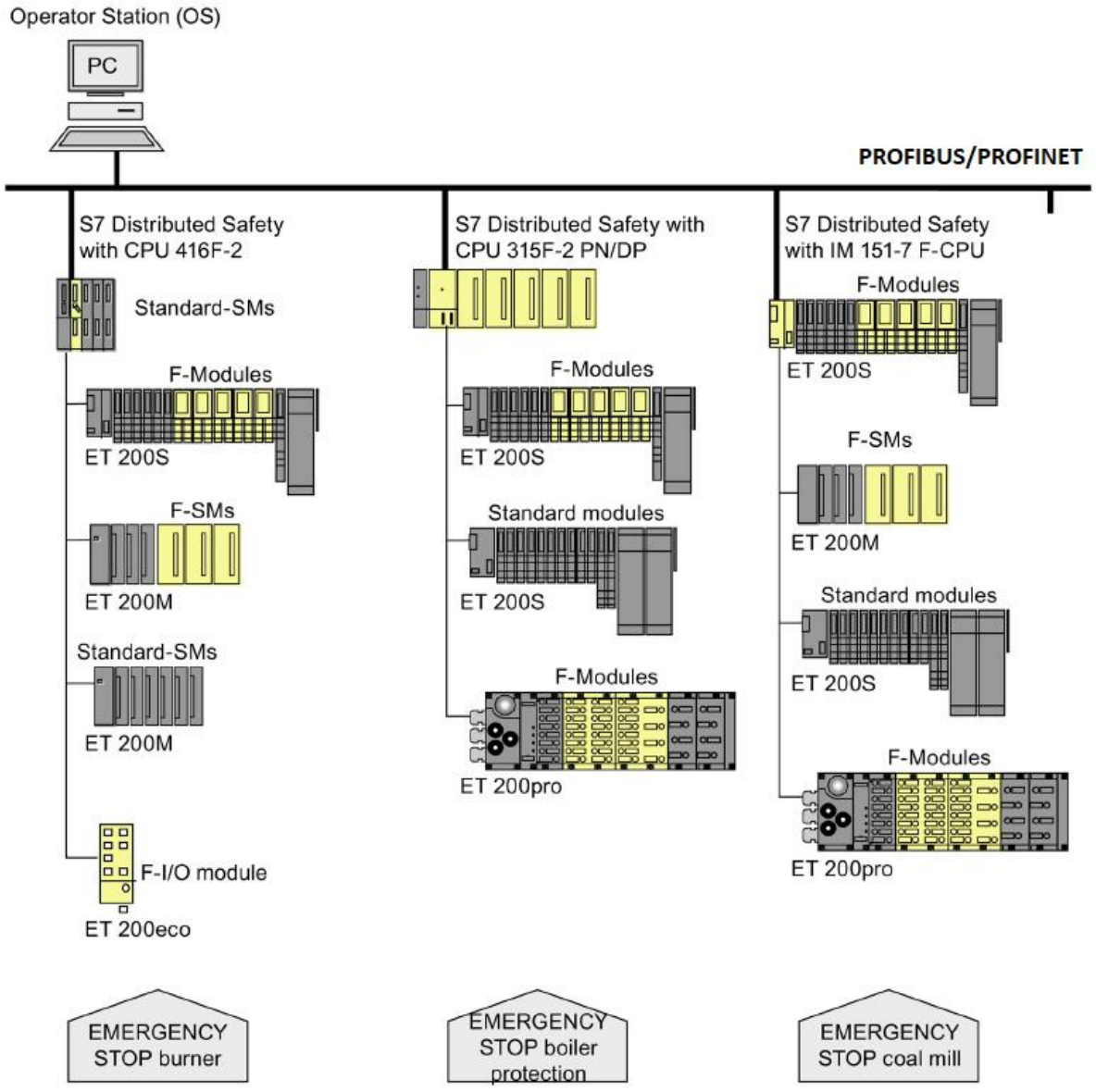
2.3. Siemensov sigurnosni distribuirani sustav u SIMATIC Manageru Step 7

Siemensovi sigurnosni distribuirani sustavi (engl. *Siemens distributed safety systems*) se uglavnom koriste za zaštitu strojeva i ljudi koji se nalaze u neposrednoj blizini strojeva (oprema za rad s alatom i obradu strojevima) i u industriji za upravljanje procesima (provedba zaštitnih funkcija za zaštitnu instrumentaciju i kontrolnu opremu i za plamenike), gdje se sigurno stanje može postići isključivanjem izlaza sigurnosnog sustava. Primjeri integracije sigurnosnog distribuiranog sustava u automatizaciji postrojenja prikazane su prema slici 2.2. na kojoj su vidljivi primjeri tri sigurnosna sustava kojima upravljaju tri različite procesorske jedinice preko Profibus ili Profinet komunikacije. U Siemensovom programskom alatu SIMATIC Manager Step 7 postoji više vrsta programskih jezika u kojima se može programirati, a to su [1,7]:

- LAD-Dijagrami relejne logike (engl. *Ladder Logic*),
- FBD-Funkcijski blokovski dijagram (engl. *Function Block Diagram*),

- STL-Lista naredbi (engl. *Statement List*),
- SCL-Strukturirani upravljački jezik (engl. *Stuctured Control Language*),
- GRAPH-Sekvencijalno upravljanje (engl. *Sequence Control*),

s tim da se Siemensov sigurnosni distribuirani sustav može programirati samo u dva programska jezika, LAD ili FBD [1,2].



Slika 2.2. *Primjer integracije Siemensovog sigurnosnog distribuiranog sustava* [1].

2.3.1. Karakteristike

Siemensov sigurnosni distribuirani sustav integrira se u automatizacijske sustave S7-300 i S7-400, ovisno o vrsti postrojenja koje se štiti. Omogućava izvođenje standardnih upravljačkih i zaštitnih funkcija na istom sustavu (standardni sustavi s mogućnošću zaštite od kvarova, čime se eliminira potreba za dodatnim sigurnosnim rješenjima), te se prilagođava raznim zahtjevima pomoću širokog spektra sigurnosnih ulaza i izlaza (engl. *Fail-safe I/O*). Detaljnije karakteristike sustava su dane u tablici 2.1. [1].

Tablica 2.1. *Karakteristike Siemensovog sigurnosnog distribuiranog sustava* [1].

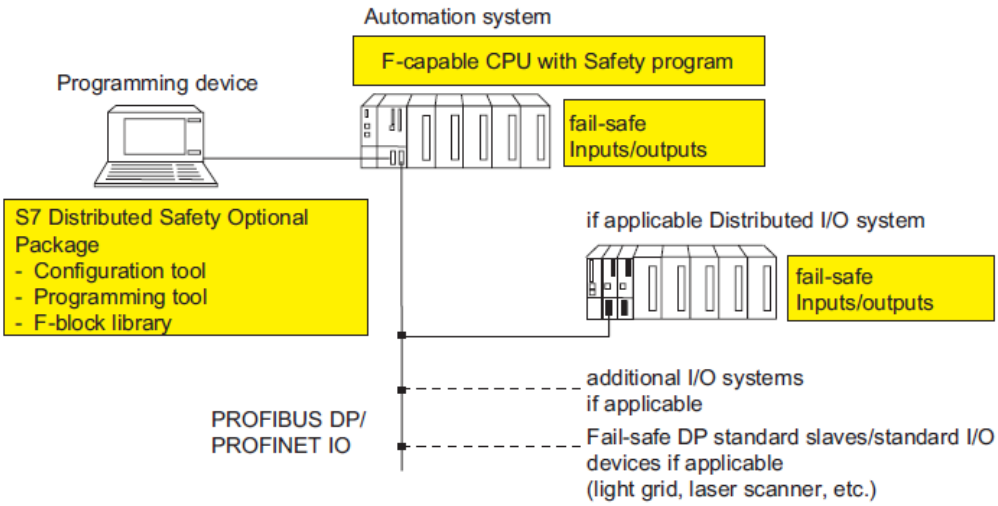
Dostupne klase sigurnosti	SIL3/Cat.4/PLe
Dostupnost sustava otpornog na kvarove	Ne
Povezivanje sigurnosnih ulaza i izlaza (I/O)	• Centralno • Distribuirano putem PROFIBAS DP • Distribuirano putem PROFINET IO
Minimalno vrijeme odziva (ovisno o konfiguraciji)	50 ms
Uobičajeno vrijeme odziva	100 – 200 ms
Izrada programa	LAD ili FBD programski jezik u Simatic S7
Komunikacija	• Master - master • Master - I - slave • I – slave – I – slave • I – slave – slave • Industrial ethernet (industrijski internet) • WLAN
Najčešća područja primjene	Zaštita radnika i strojeva u postrojenju Upravljanje plamenicima

2.3.2. Hardverske i softverske komponente

Da bi se moglo uspješno instalirati i upravljati Siemensovim sigurnosnim distribuiranim sustavom moraju se zadovoljiti hardverske i softverske komponente (Slika 2.3.) koje su potrebne da bi sam sustav bio funkcionalan, a to su [1]:

- CPU-kompatibilan sa sigurnosnim programom,
- Siemensov distribuirani sigurnosni programski paket,
- Profibus DP ili Profinet IO,

- Moduli sa sigurnosnim ulazima i izlazima.



Slika 2.3. *Hardverske i softverske komponente potrebne za konfiguraciju i rad sustava* [1].

Hardver

Popis hardverskih komponenata kompatibilnih sa Siemensovim sigurnosnim distribuiranim sustavom za S7-300 i S7-400 automatizacijske sustave dani su u tablici 2.2. [1, 2].

Tablica 2.2. *Mogućnost integracije za S7-300 i S7-400 sustave* [1, 2, 8].

Centralna procesorska jedinica - CPU	Sigurnosni moduli (F - I/O)
• IM 151-7 F-CPU • IM 151-8F PN/DP CPU • CPU 315F-2 DP • CPU 315F-2 PN/DP • CPU 317F-2 DP • CPU 317F-2 PN/DP • CPU 319F-3 PN/DP • CPU 414F-3 PN/DP • CPU 416F-2 • CPU 416F-3 PN/DP	• ET 200S • ET 200pro • ET 200eco • ET 200M • S7-300 F-SMs • ET 200SP

Softver

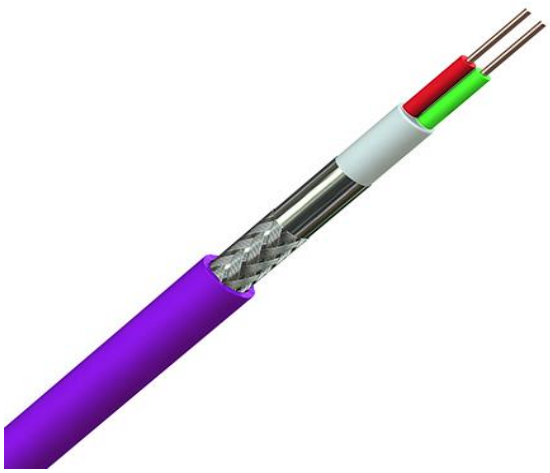
Siemensov distribuirani sigurnosni programski paket se sastoji od alata za konfiguraciju, programiranje i biblioteke sa sigurnosnim blokovima koji su potrebni za programiranje Siemensovog sigurnosnog distribuiranog sustava. Uz Siemensov sigurnosni distribuirani paket potreban je Siemensov programski alat SIMATIC Manager Step 7 na računalu za programiranje i konfiguraciju PLC-a [1].

2.3.3. Komunikacija

Komunikacija u Siemensovom sigurnosnom distribuiranom sustavu se ostvaruje pomoću Profibus DP ili Profinet IO komunikacijskog protokola. Izabrana komunikacija koja je korištena pri izradi sigurnosnog programa na postrojenju je ostvarena pomoću Profinet IO komunikacijskog protokola (vidljivo u poglavlju 4) [1].

Profibus DP komunikacijski protokol

PROFIBUS DP komunikacijski protokol je projektiran kako bi zadovoljio potrebe brze komunikacije između distribuiranih sustava u automatiziranim postrojenjima. PROFIBUS DP zasniva se na RS-485 standardu koji definira korištenje oklopljenog, upletenog, dvožilnog kabela (Slika 2.4.). Brzine prijenosa se kreću od 9.6Kbit/s do 12Mbit/s, pri čemu se ta brzina odnosi na sve uređaje koji su priključeni na komunikacijsku sabirnicu. Povezivanje uređaja na profibus se ostvaruje pomoću 9-pinskog sub-D konektora [4].



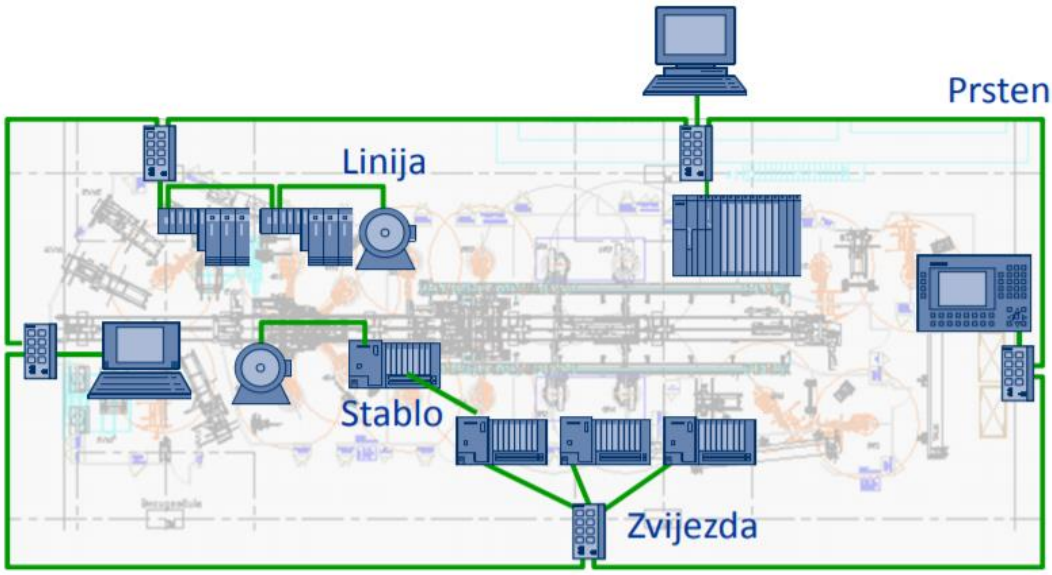
Slika 2.4. *Izgled profibus DP kabela* [3].

Profinet IO komunikacija

Profinet IO komunikacija se koristi u industrijskoj automatizaciji za integraciju distribuiranih jedinica na Ethernet mrežu. Podrazumijeva komunikaciju u stvarnom vremenu te podržava sljedeće topologije: zvijezdu, stablo, prsten i liniju (Slika 2.5.). U Profinet IO komunikaciji koriste se tri tipa uređaja [5]:

- IO kontroleri-upravljanje IO uređajima,
- IO uređaj za nadzor-služi za puštanje u pogon ili podešavanje parametara IO uređaja,
- IO uređaj-periferni uređaj koji dorađuje signale i prenosi ih IO kontroleru ili IO uređaju za nadzor.

Profinet IO koristi cikličku i acikličku komunikaciju. Cikličku komunikaciju koristi za razmjenu procesnih podataka između IO kontrolera i IO uređaja, a acikličku koristi za konfiguraciju i parametriranje IO uređaja te za razmjenu dijagnostičkih podataka [5].



Slika 2.5. *Topologije* Profinet IO komunikacije [5].

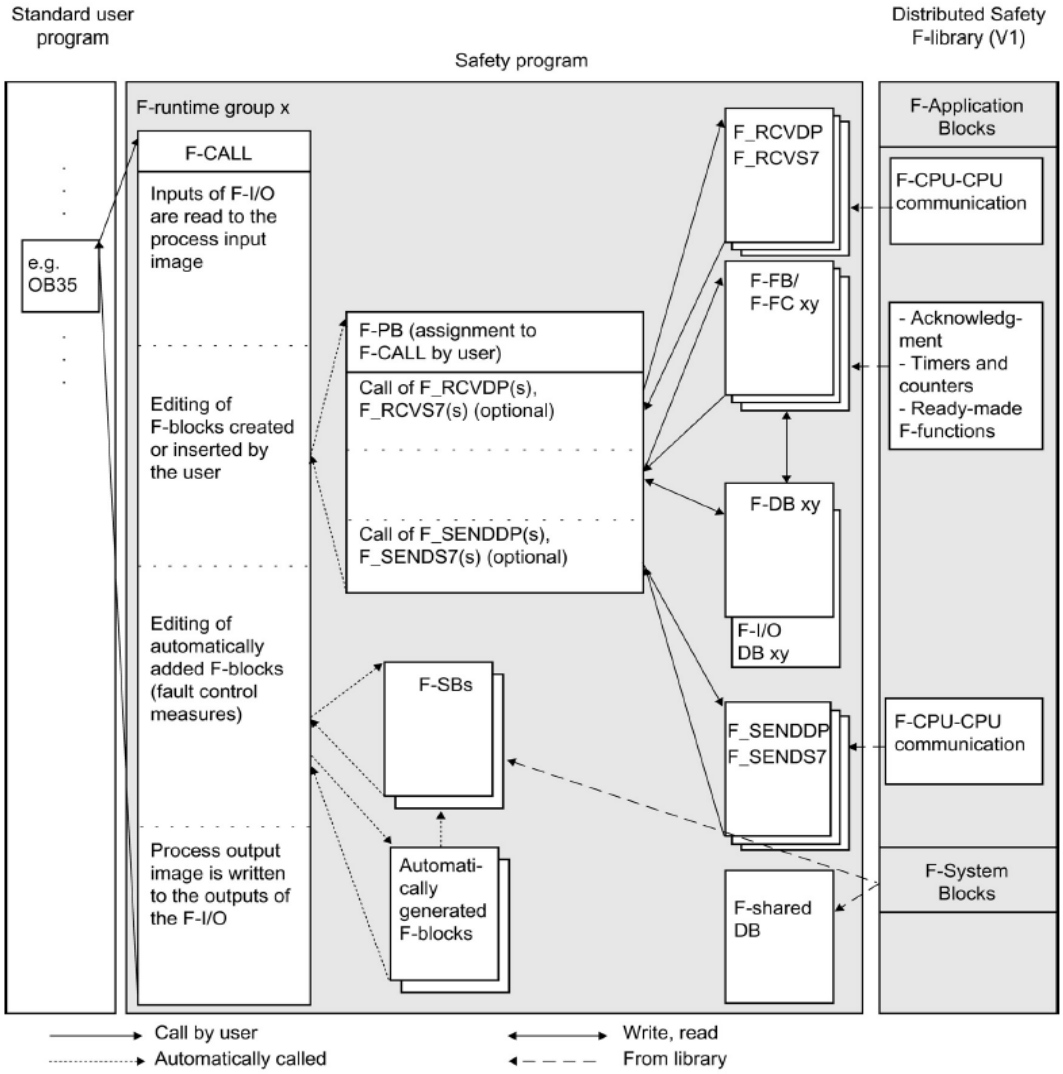
2.3.4. Programiranje

Sigurnosni program sastoji se od sigurnosnih blokova koji se odabiru iz F-biblioteke ili kreiraju pomoću F-FBD ili F-LAD programskih jezika i sigurnosnih blokova koji se automatski dodaju pri sastavljanju sigurnosnog programa. Mjere kontrole pogrešaka automatski se dodaju u sigurnosni program koji se kreira, a izvode se i dodatni sigurnosni testovi [2].

Struktura programa

Struktura Siemensovog sigurnosnog distribuiranog programa (Slika 2.6.) se sastoji od jedne ili dvije sigurnosne skupine (engl. *F-runtime groups*), a to su [2]:

- F-blokovi koje kreira korisnik u LAD ili FBD programskom jeziku ili su dodani iz biblioteke sa sigurnosnim blokovima (Distributed Safety F-library (V1)),
- F-blokovi koji su automatski dodani.



Slika 2.6. *Programska struktura sigurnosnog distribuiranog sustava* [2].

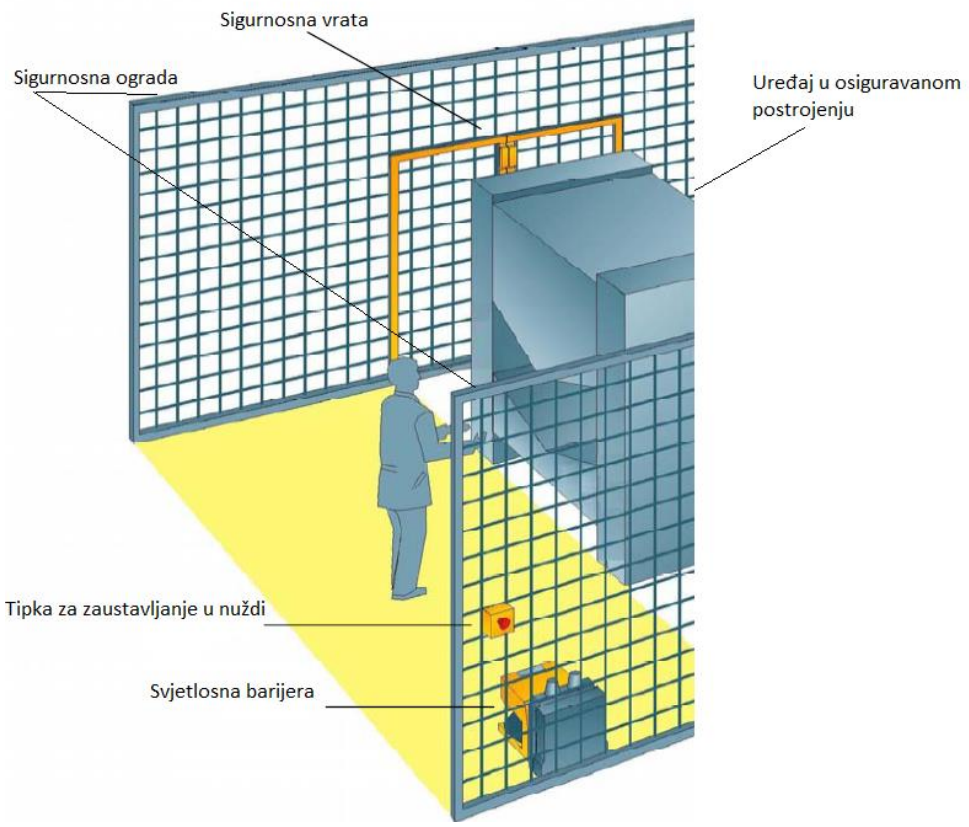
Sigurnosna grupa

Kako bi se olakšalo upravljanje, sigurnosni program sastoji se od jedne ili dvije sigurnosne grupe (engl. *F-runtime groups*). Grupa uključuje logičku konstrukciju nekoliko povezanih F-blokova koji se formiraju interno pomoću F-sustava. Sigurnosna grupa se sastoji od [2]:

- Jednog F-CALL bloka,
- Jednog F-PB programskog bloka,
- Dodatnog F-FB ili F-FC-a koji se programira pomoću F-FBD ili F-LAD-a, prema potrebi,
- Jedan ili više F-DB-a, prema potrebi,
- F-I/O DB-a,
- F blokova iz biblioteke sa sigurnosnim blokovima (*Distributed Safety F-library (V1)*),
- F blokova koje kreira korisnik,
- Sustavnih blokova F-SB,
- Automatski generiranih F blokova.

3. OPIS POSTROJENJA KOJE SE OSIGURAVA

Za implementaciju sigurnosnog programa korišten je simulator postrojenja (vidljivo u PRILOGU 1). Simulator je umanjena verzija stvarnog postrojenja, koji se sastoji od opreme za samu realizaciju sigurnosnog programa. Zbog malih dimenzija simulatora postrojenja oprema je međusobno zbijena, te daje pogrešnu percepciju kako stvarno postrojenje izgleda, te zbog toga na slici 3.1. prikazan je primjer razmještaja opreme u stvarnom postrojenju.



Slika 3.1. *Primjer stvarnog razmještaja sigurnosne opreme u postrojenju* [25].

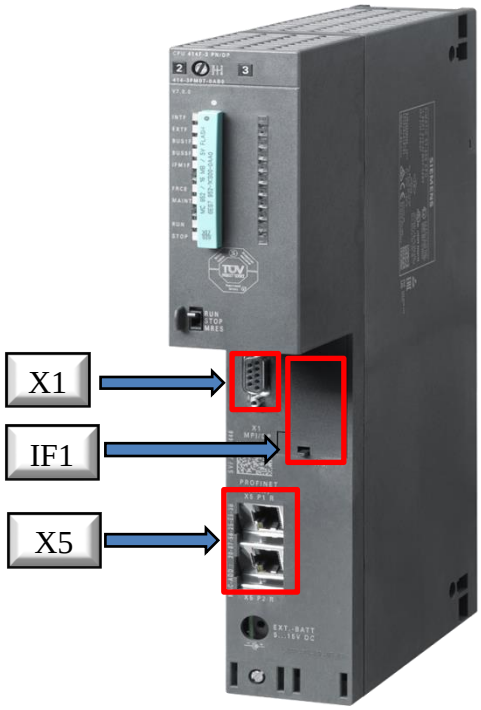
3.1. Oprema potrebna za realiziranje sigurnosnog distribuiranog sustava

Kako bi se mogao implementirati Siemensov sigurnosni distribuirani sustav korištena je sljedeća oprema: centralna procesorska jedinica 414F – 3 PN/DP (Slika 3.2.), napajanje PS 407 10 A (Slika 3.3.), I/O modul SIMATIC ET 200SP (Slika 3.4.), signalni semafor 8WD42 (Slika 3.5.), svjetlosna barijera C4000 Palletizer standard (Slika 3.6.), tipke za zaustavljanje u nuždi (gljiva) (Slika 3.8.), sigurnosna brava (Slika 3.9.), te moduli digitalnih ulaza i izlaza (Slika 3.10.) [9, 10, 11, 12, 14, 16, 18, 19, 20].

3.1.1. Centralna procesorska jedinica 414F – 3 PN/DP

SIMATIC S7-400, CPU414F-3 PN / DP (Slika 3.2.) je središnja procesorska jedinica s radnom memorijom 4 MB (2 MB program, 2 MB podaci) i tri sučelja (detaljnije karakteristike dane su u tablici 3.1.). Središnja procesorska jedinica provodi automatske sigurnosne provjere i veze u dodatnim redundantnim sigurnosnim blokovima za prepoznavanje pogrešaka. Prilikom smetnji koje se mogu dogoditi, dovode Sigurnosni PLC do sigurnog zaustavljanja, odnosno isključuju postrojenje [9]:

- Sučelje MPI /PROFIBUS DP 12 Mbit / s, (X1),
- Sučelje Ethernet / PROFINET, (X5),
- Sučelje PROFIBUS DP sa IF 964-DP, (IF1).



Slika 3.2. *Središnja procesorska jedinica sigurnosnog PLC-a* [9].

Tablica 3.1. *Karakteristike središnje procesorske jedinice CPU 414F-3 PN / DP* [9].

<table>
<tr><td colspan="3">Oznaka proizvoda</td><td colspan="2">CPU 414F-3 PN/DP</td></tr>
<tr><td colspan="3">Serijski broj</td><td colspan="2">6ES7414 – 3FM07 – 0AB0</td></tr>
<tr><td colspan="3">Verzija</td><td colspan="2">7.0.2</td></tr>
<tr><td colspan="3">Potreban programski alat</td><td colspan="2">STEP 7 V5.5 ili viša verzija sa HSP 262</td></tr>
<tr><td colspan="3">Napajanje</td><td colspan="2">24 V istosmjerno preko napajanja sustava</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Ulazna struja</td><td colspan="2">Iz sabirnice 24 V DC</td><td colspan="2">300 mA; 150 mA po DP sučelju</td></tr>
<tr><td colspan="2">Iz sučelja 5 V DC</td><td colspan="2">90 mA; svako DP sučelje</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Gubici</td><td colspan="2">Prosječni</td><td colspan="2">6.5 W</td></tr>
<tr><td colspan="2">Maksimalni</td><td colspan="2">8 W</td></tr>
<tr><td colspan="3">Tip memorije</td><td colspan="2">RAM</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Sučelje</td><td></td><td>MPI/PROFIBUS DP</td><td>PROFINET</td><td>PROFIBUS DP sa IF 964-DP</td></tr>
<tr><td>Broj utora</td><td>1</td><td>2</td><td>1</td></tr>
<tr><td>Naziv utora</td><td>RS 485 / PROFIBUS + MPI</td><td>Ethernet RJ45</td><td>RS 485 / PROFIBUS</td></tr>
<tr><td>Broj mogućih priključaka</td><td>MPI: 32,
DP: 16</td><td>64</td><td>16</td></tr>
</table>

3.1.2. Napajanje PS 407 10 A

Za napajanje postrojenja korišteno je napajanje PS 407 10A tvrtke Siemens (Slika 3.3.). Samo napajanje je relativno malih dimenzija i ima širok naponski i frekvencijski opseg. Detaljnije karakteristike napajanja dane su u tablici 3.2. [10].

Slika 3.3. *Napajanje PS 407 10 A* [10].

Tablica 3.2. *Karakteristike napajanja PS 407 10A* [10].

Ulazni napon	120 – 230 V DC (88 V min. – 300 V maks.), 120 – 230 V AC (85 V min. – 264 V maks.)
Ulazna struja	1 A (ulazni napon 120 V DC), 0.5 A (ulazni napon 230 V DC), 0.9 A (ulazni napon 120 V AC), 0.5 A (ulazni napon 230 V AC)
Izlazni napon	5 V DC, 24 V DC
Izlazna struja	10 A (izlazni napon 5 V DC), 1 A (izlazni napon 24 V DC)
Radna frekvencija	50 – 60 Hz (47 Hz min. – 63 Hz maks.)
Ulazna snaga	95 W
Prosječni gubici	20 W
Radna temperatura	0 – 60 °C

3.1.3. Simatic ET 200SP modul

I/O modul ET 200SP (Slika 3.4.) je skalabilan i fleksibilan distribuirani sustav za povezivanje ulaznih i izlaznih procesnih signala s kontrolerom više upravljačke razine preko

fieldbus protokola. SIMATIC ET 200SP s procesorskom jedinicom omogućuje inteligentnu pred obradu signala kako bi olakšao rad kontrolera više upravljačke razine. Pogodan je za implementaciju u automatizirane sustave u kojima se koriste sigurnosni procesori, odnosno u sigurnosne sustave. SIMATIC ET 200SP sastoji se od [11, 12]:

- Centralne procesorske jedinice,
- Do 64 ulazna/izlazna modula,
- Server modula.

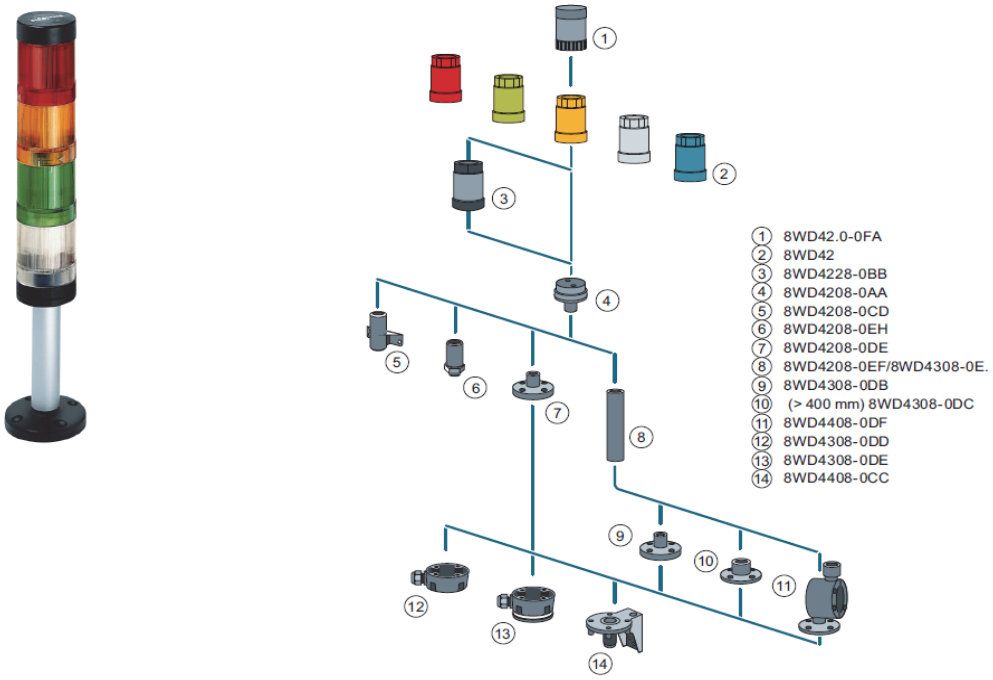
Slika 3.4. *Simatic ET 200SP* [13].

3.1.4. Signalni semafor 8WD42

Signalni semafor 8WD42 (Slika 3.5.) koristi se u automatizacijskim procesima za praćenje složenih operacija ili kao vizualni ili kao zvučni uređaj za upozoravanje u izvanrednim situacijama, npr. za prikaz pojedinih dijelova faze montaže. Signalni semafor 8WD42 može se izravno spojiti na sustav sabirnice aktuator-senzor sučelja preko adapterskog elementa koji se može integrirati u stup. Rezultat toga je smanjenje ožičenja. Na signalni semafor 8WD42 se mogu postaviti do četiri signalna elementa pomoću adapterskog elementa. Prednosti signalnog semafora 8WD42 su [14]:

- Izbor različitih svjetlosnih i akustičnih elemenata s različitim funkcijama: kontinuirano svjetlo, treptajuće svjetlo i zujalo,
- Raznolikost boja: crvena, žuta, zelena, bijela ili plava,
- Optimizirano osvjetljenje kroz poboljšanu tehnologiju prizme,
- Zvučni elementi mogu se podešavati u tonu i glasnoći,
- Vrlo otporan na udarce i vibracije,
- Jednostavno spajanje i održavanje,
- Sposobnost komunikacije putem povezivanja na aktuator-senzor sučelje.

Detaljnije karakteristike signalnog semafora dane su z tablici 3.3..



Slika 3.5. *Signalni semafor* [15].

Tablica 3.3. *Karakteristike signalnog semafora 8WD42* [16].

Područje primjene	Strojevi, instalacije i automatizirani procesi
Nazivni napon	24 – 230 V AC/DC
Promjer	50 mm
Broj optičkih modula	Do 4 modula
Boje optičkih modula	Crvena, zelena, žuta, bijela i plava
Vrste optičkih modula	Žarulje sa žarnom niti i LED žarulje
Stupanj zaštite	IP54
Zvučni modul (zujalica)	kontinuiranog ili pulsirajućeg zvuka 85 dB

3.1.5. Svjetlosna barijera C4000 Palletizer standard

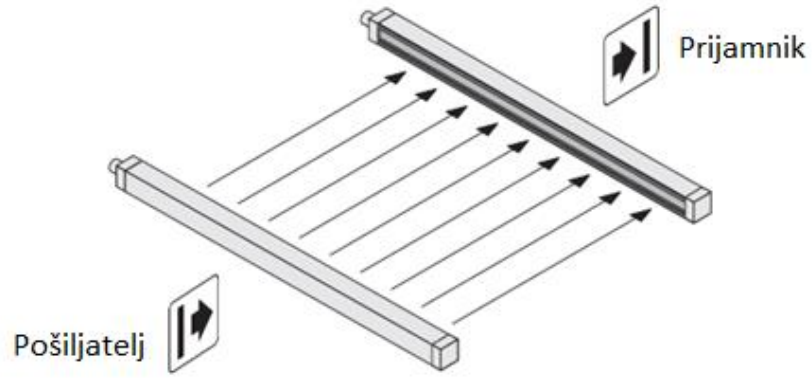
Svjetlosna barijera C4000 palletizer standard (Slika 3.6.) je elektro-osjetljiva zaštitna oprema koja ima područje primjene za zaštitu opasnog područja i zaštitu pristupa. Na samom postrojenju imati će ulogu zaštitnog uređaja koji isključuje postrojenje i postavlja ga u sigurno stanje sve dok se osoba nalazi u opasanom području tj. u području koje pokrivaju laserske zrake svjetlosne barijere [18].

Slika 3.6. *Svjetlosna barijera C4000 Palletizer standard* [17].

Svjetlosna barijera sastoji se od pošiljatelja i prijemnika (Slika 3.7.). Između njih je zaštitno polje, definirano kao duljina zaštitnog polja i širina zaštitnog polja. Visina konstrukcije određuje duljinu zaštitnog polja sustava. Širina zaštitnog polja je izvedena iz dimenzije putanje svjetla između pošiljatelja i primatelja, koja ne smije prelaziti maksimalnu nazivnu širinu zaštitnog polja (detaljnije karakteristike dane su u tablici 3.4.). Pošiljatelj i primatelj se automatski sinkroniziraju optički, a električna veza između njih nije potrebna. Svi optički, elektronički dijelovi i sklopovi su smješteni u tankom i krutom kućištu. Svjetlosna barijera će ispravno raditi kao zaštitni uređaj samo ako su ispunjeni sljedeći uvjeti [18]:

- Upravljanje strojem mora biti električno,

- Mora biti moguće postići sigurno stanje na stroju u bilo kojem trenutku,
- Odašiljač i prijamnik moraju biti postavljeni tako da su predmeti koji ulaze u područje opasnosti sigurno identificirani,
- Gumb za ponovno pokretanje mora biti postavljen izvan opasnog područja tako da ga ne može dotaknuti osoba koja radi unutar opasnog područja,
- Prilikom pokretanja gumba za resetiranje, rukovatelj mora imati potpuno vizualno upravljanje opasnim područjem.



Slika 3.7. *Pošiljatelj i prijamnik svjetlosne barijere* [18].

Tablica 3.4. *Karakteristike svjetlosne barijere* [18].

Duljina zaštitnog polja	0.75 – 1.8 m
Širina zaštitnog polja	0.5 – 19 m
Razina sigurnosti	SIL3 (IEC 61508), SILCL3 (IEC 62061)
Stupanj zaštite	IP65
Nazivni napon napajanja	19.2 – 28.8 V DC
Sinkronizacija	Optička
Temperatura rada	-25 do +70 °C
Valna duljina pošiljatelja	950 nm
Vrijeme odziva primatelja	≤ 94 ms

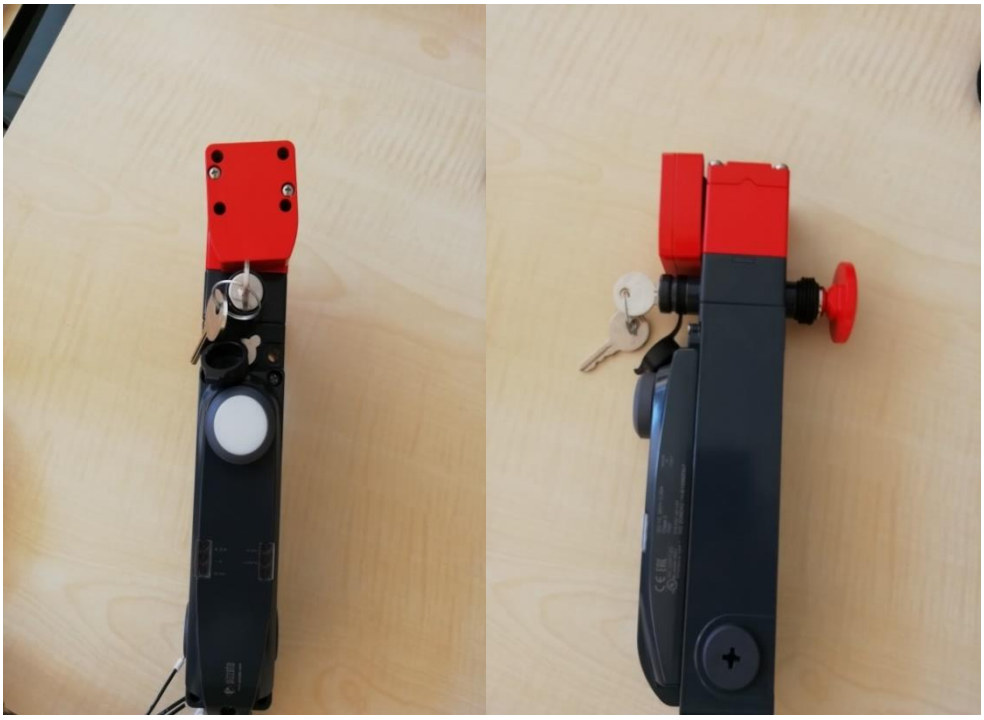
3.1.6. Tipka za zaustavljanje u nuždi / gljiva

Tipka za zaustavljanje u nuždi (tzv. gljiva) (Slika 3.8.) koristi se za sigurnosno prekidanje strujnih krugova, odnosno za prekid napajanja uređaja koje se nalaze u postrojenju. Gljiva je malih dimenzija, vrlo visokog stupnja zaštite IP 69 te je izrađena od plastike [19].

Slika 3.8. *Tipka za zaustavljanje u nuždi* [20].

3.1.7. Sigurnosna brava

Sigurnosna brava (Slika 3.9.) je prekidač sa solenoidom i RFID tehnologijom (engl. *Radio-frequency identification technology*) koja je projektirana za kontrolu vrata, odnosno za zaštitu ljudi u postrojenju koje se osigurava. Brava je relativno malih dimenzija i izrađena je od metala. Detaljnije karakteristike sigurnosne brave dane su u tablici 3.5. [21].



Slika 3.9. *Sigurnosna brava.*

Tablica 3.5. *Karakteristike sigurnosne brave* [21].

Napon napajanja	24 V DC, SELV
Struja	• Min. 40 mA • Sa uključenim solenoidom 0.4 A • Sa uključenim solenoidom i svim izlazima 1.2 A
Razina sigurnosti	SIL 3
Temperatura rada	-20 do + 50 °C
Vrijeme paljenja	2 s
Zaštita od kratkog spoja	DA
Prekostrujna zaštita	DA
Mehanička izdržljivost	1 milijun ponavljanja

3.1.8. Moduli digitalnih ulaza i izlaza

Moduli koji su korišteni na postrojenju su: četiri modula digitalnih ulaza (DI 8x24VDC), dva modula digitalnih izlaza (DQ 8x24VDC/0.5A) i jedan modul digitalnih izlaza (DQ 4x24VDC/2A) (Slika 3.10.) [22, 23, 24].

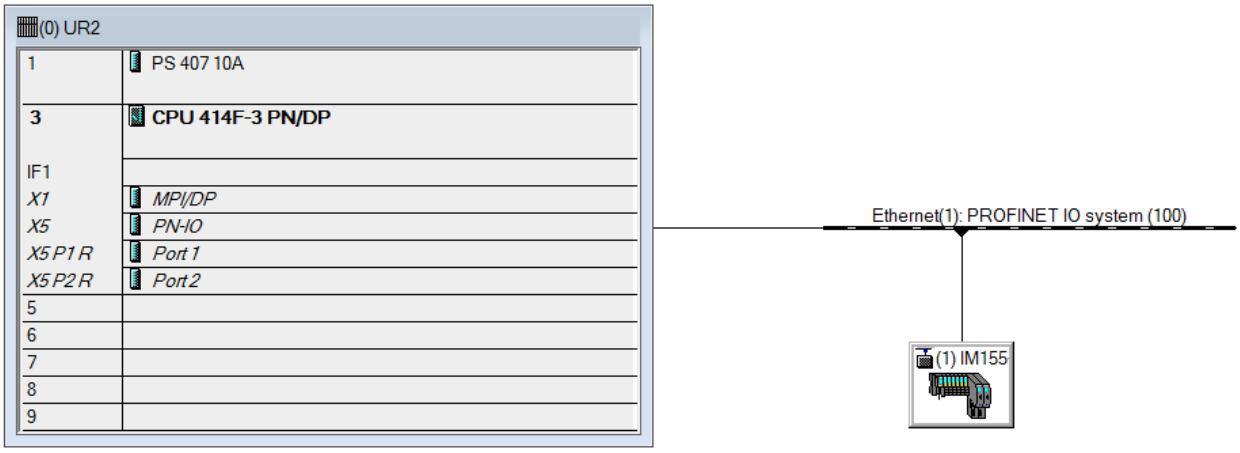
Slika 3.10. *Moduli digitalnih ulaza i izlaza* [22, 23, 24].

4. IZRADA SIGURNOSNOG PROGRAMA I PROVJERA RJEŠENJA

U ovom poglavlju detaljno je opisan postupak dodavanja hardverske konfiguracije postrojenja, izrada sigurnosnog programa u SIMATIC Manageru Step 7 te njegova provjera na postrojenju, također napravljena je vizualizacija u WinCC programskom alatu.

4.1. Dodavanje hardverske konfiguracije postrojenja

Kako bi se mogla uspostaviti veza između računala i PLC-a te uređaja koji su spojeni na PLC, potrebno je dodati hardversku konfiguraciju postrojenja. Hardverska konfiguracija postrojenja se dodaje otvaranjem izbornika HW Config koji se nalazi u programskom alatu SIMATIC Manager Step 7. Cjelokupna konfiguracija postrojenja koja je potrebna za provjeru rada postrojenja sastoji se od PLC-a, Profinet IO komunikacije i ET200SP modula s ulaznim i izlaznim digitalnim karticama (Slika 4.1.).

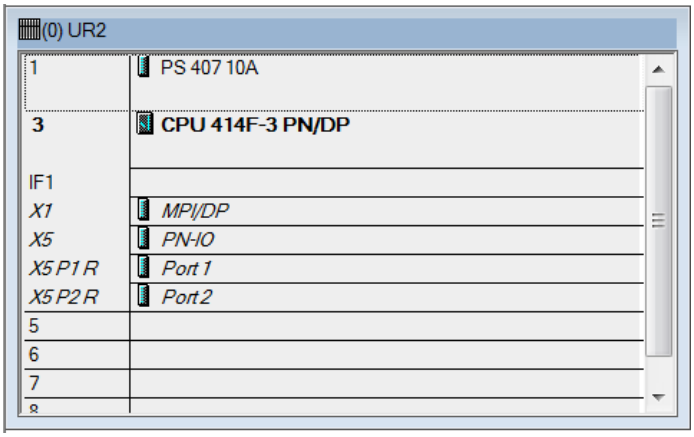


Slika 4.1. *Hardverska konfiguracija postrojenja.*

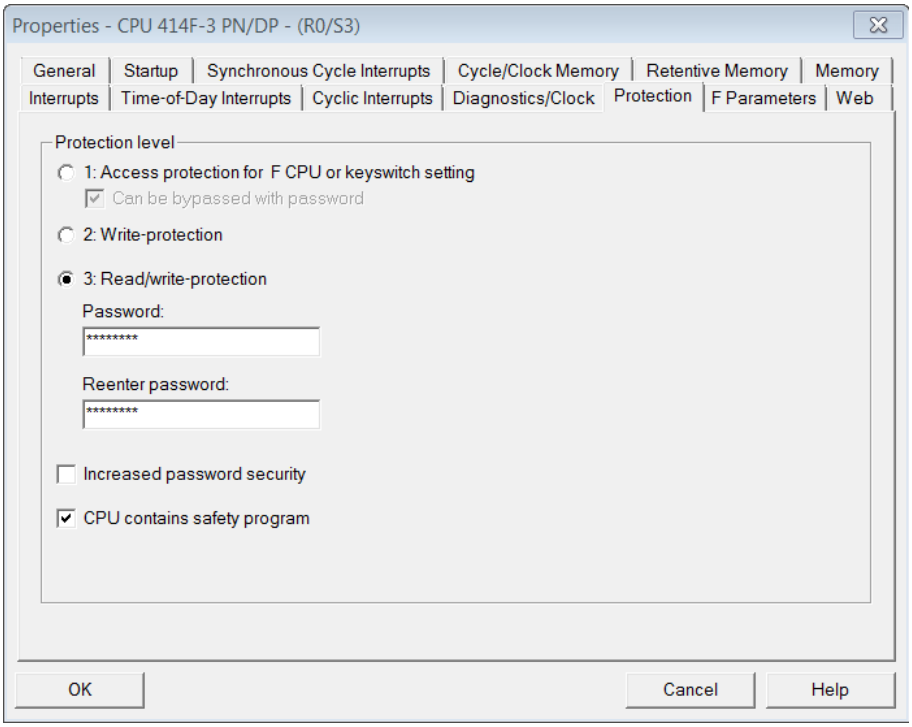
4.1.1. Konfiguracija PLC-a

Konfiguracija PLC-a (Slika 4.2.) sastoji se od postolja UR2, napajanja PS 407 10A i CPU-a 414F-3 PN/DP (karakteristike komponenta opisane su u poglavlju 3). Kako bi se mogao implementirati sigurnosni program na PLC i ostvariti pravilan rad sigurnosnog programa potrebno je konfigurirati CPU samog PLC-a (HW Config > desni klik na CPU 414F-3 PN/DP > Object Properties > Protections) tako što se označi Read/write-protection te upiše lozinka za CPU-u PLC-a i postavi kvačica da CPU sadrži sigurnosni program (engl. *CPU contains safety program*), (Slika 4.3.). Nakon postavke CPU-a dodaje se komunikacija, koja je potrebna da bi se

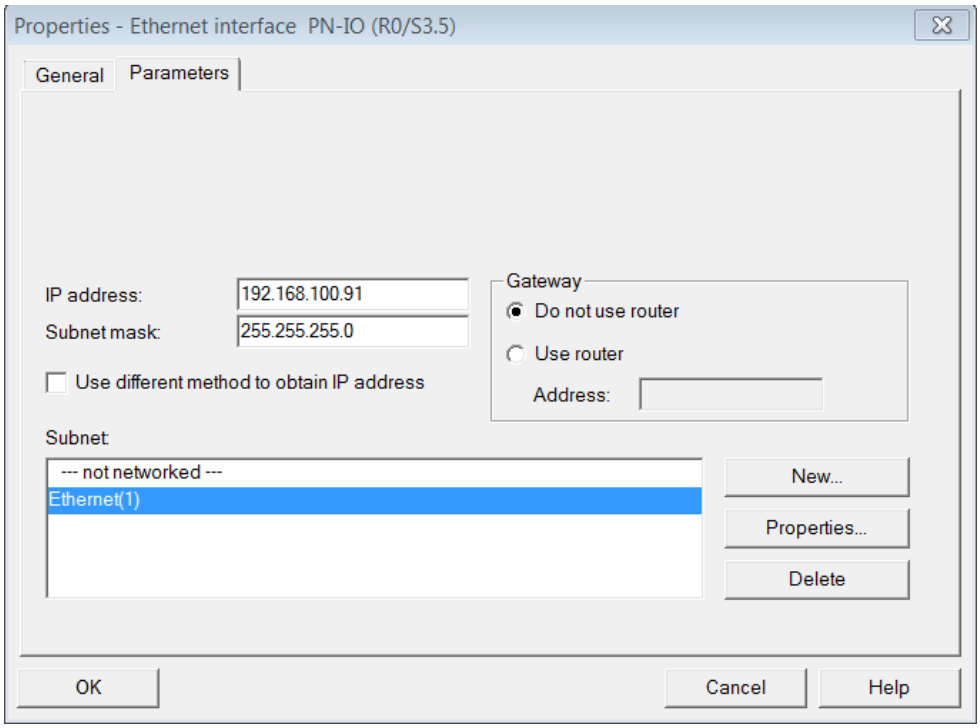
PLC mogao povezati sa ET200SP modulom, na kojoj se nalaze ulazne i izlazne digitalne kartice (HW Config > desni klik na PN-IO > Insert PROFINET IO System > New > OK), (Slika 4.4.). Nakon ovih postupaka konfiguracija PLC-a i komunikacije je uspješno postavljena.



Slika 4.2. *Konfiguracija Sigurnosnog PLC-a.*



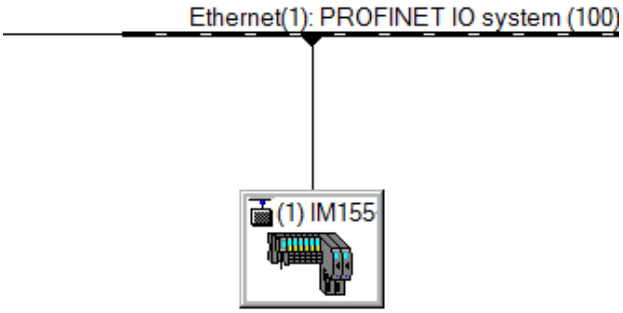
Slika 4.3. *Postavke CPU-a Sigurnosnog PLC-a.*



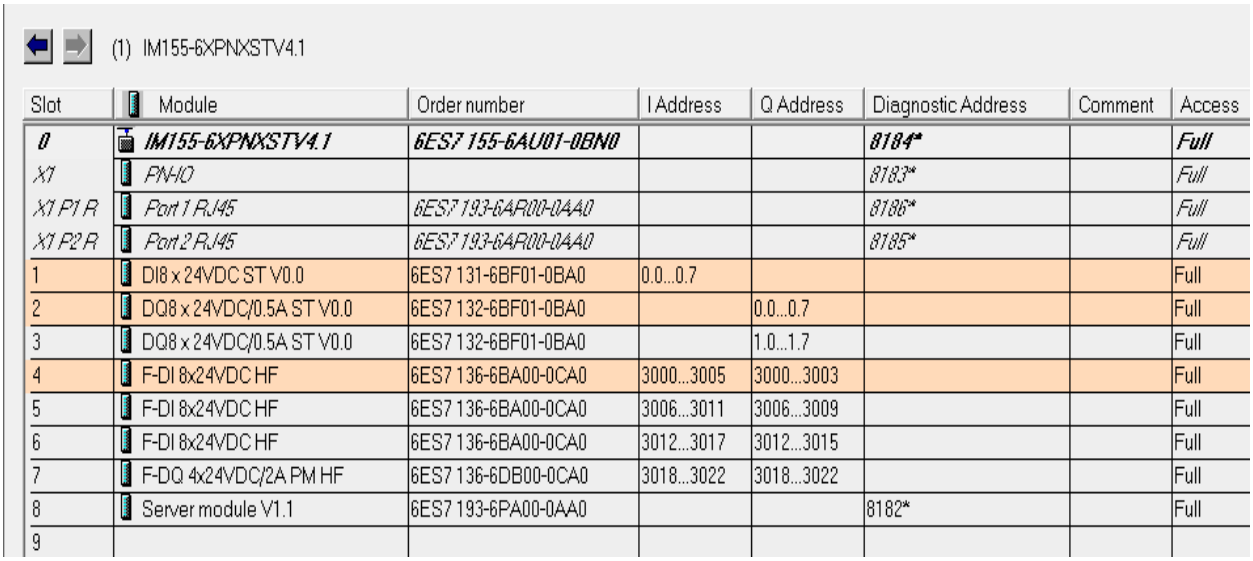
Slika 4.4. *Postavke PROFINET IO komunikacije.*

4.1.2. Konfiguracija ET200SP modula

Nakon postavljanja konfiguracije PLC-a i komunikacije preostalo je još konfigurirati ET200SP modul (Slika 4.5.). Konfiguracija ET200SP modula sastoji se od jedne standardne ulazne, dvije standardne izlazne, tri safety ulazne i jedne safety izlazne digitalne kartice (Slika 4.6.). Nakon što se modul postavi na PROFINET IO komunikaciju postavlja se IP adresa ET200SP modula (Slika 4.7.).



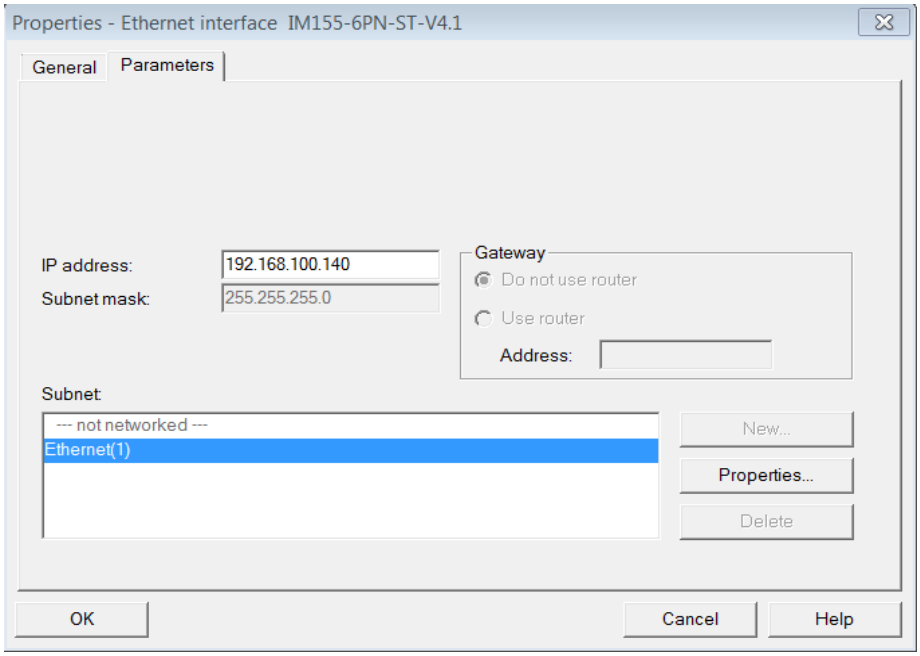
Slika 4.5. *ET200SP modul.*



(1) IM155-6XPNXSTV4.1

Slot	Module	Order number	I Address	Q Address	Diagnostic Address	Comment	Access
0	*IM155-6XPNXSTV4.1*	*6ES7 155-6AU01-0BN0*			*8184**		*Full*
X1	*PN-IO*				*8183**		*Full*
X1 P1 R	*Port 1 RJ45*	*6ES7 193-6AR00-0AA0*			*8186**		*Full*
X1 P2 R	*Port 2 RJ45*	*6ES7 193-6AR00-0AA0*			*8185**		*Full*
1	DI8 x 24VDC ST V0.0	6ES7 131-6BF01-0BA0	0.0...0.7				Full
2	DQ8 x 24VDC/0.5A ST V0.0	6ES7 132-6BF01-0BA0		0.0...0.7			Full
3	DQ8 x 24VDC/0.5A ST V0.0	6ES7 132-6BF01-0BA0		1.0...1.7			Full
4	F-DI 8x24VDC HF	6ES7 136-6BA00-0CA0	3000...3005	3000...3003			Full
5	F-DI 8x24VDC HF	6ES7 136-6BA00-0CA0	3006...3011	3006...3009			Full
6	F-DI 8x24VDC HF	6ES7 136-6BA00-0CA0	3012...3017	3012...3015			Full
7	F-DQ 4x24VDC/2A PM HF	6ES7 136-6DB00-0CA0	3018...3022	3018...3022			Full
8	Server module V1.1	6ES7 193-6PA00-0AA0			8182*		Full
9							

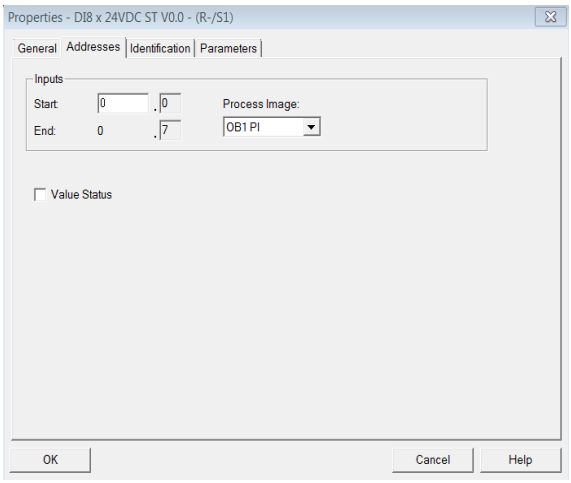
Slika 4.6. *Konfiguracija ET200SP modula.*



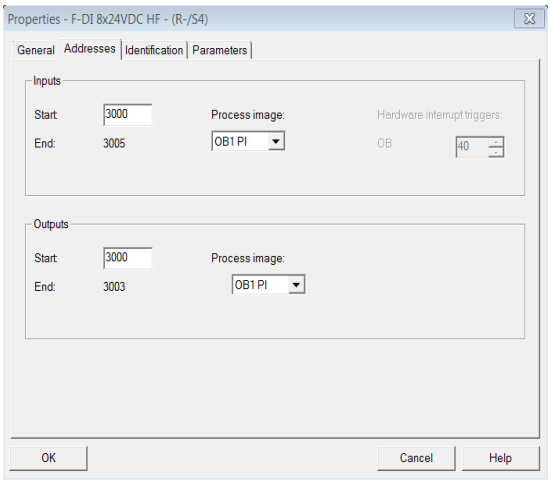
Slika 4.7. *Postavke IP adrese komunikacije.*

Nakon postavljanja ET200SP modula preostaje još postaviti ulazne i izlazne digitalne kartice koje se nalaze na modulu. Bitna napomena je da se mora poštovati stvarni fizički redoslijed kartica i u samoj konfiguraciji jer u suprotnom PLC će slati obavijest o grešci. Nakon što se pravilno postavi redoslijed ulaznih i izlaznih digitalnih kartica postavlja se adresa svake kartice (HW Config > desni klik na željenu karticu > Object Properties > Addresses), (Slika 4.8.,

4.9.). Adrese kartica se nalaze u električnoj shemi postrojenja (vidljivo u PRILOGU 3, 4, 5, 6, 7).



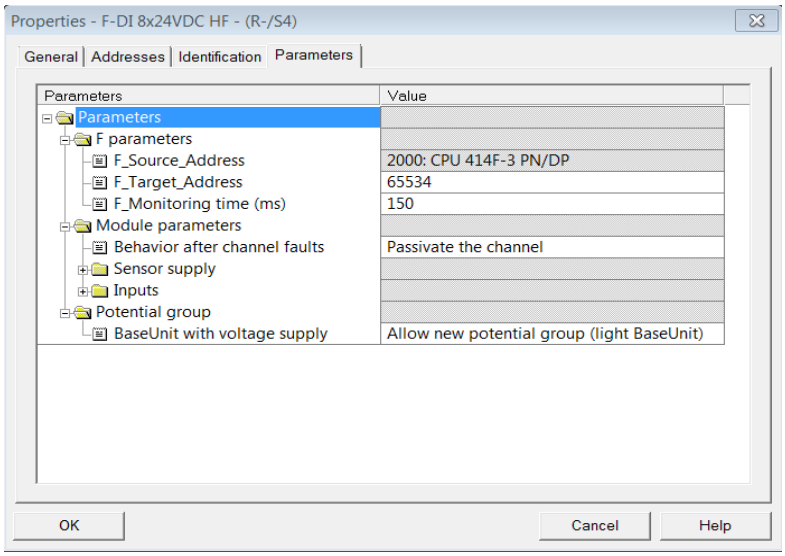
Slika 4.8. *Sučelje standardne kartice.*



Slika 4.9. *Sučelje safety kartice.*

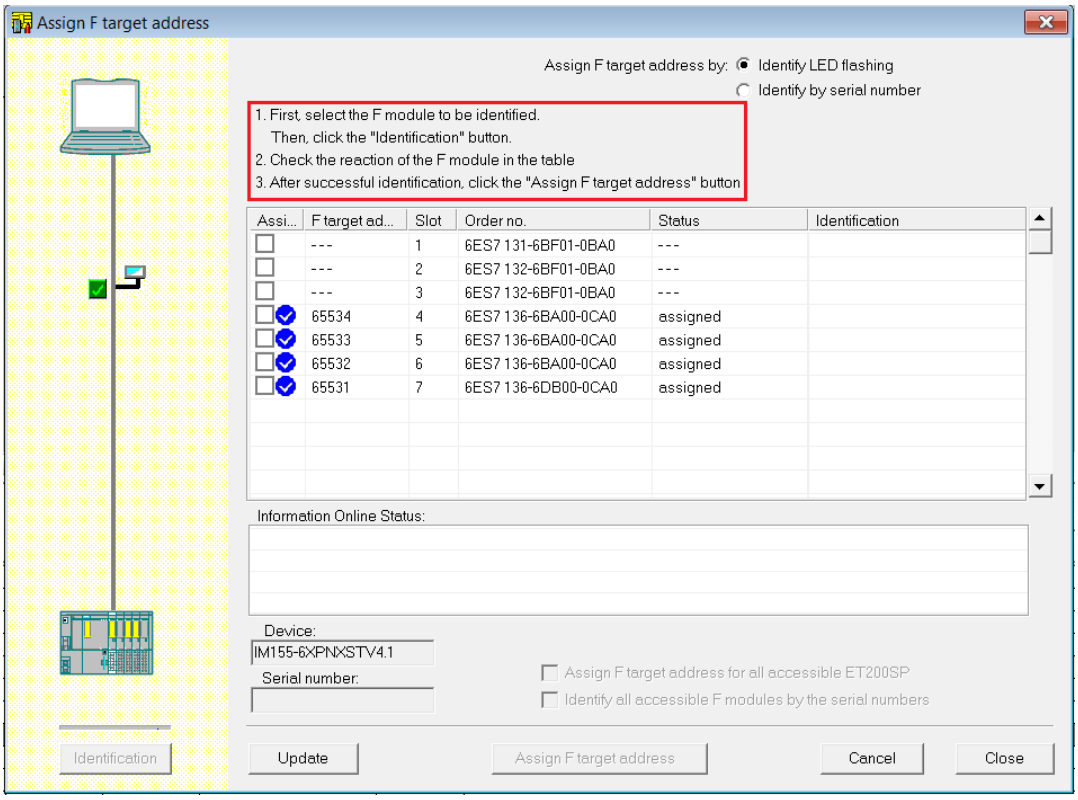
Nakon postavljanja adresa kartica izvršavaju se dodatne postavke safety kartica, a to su (Slika 4.10.):

- Postavke F-parametara (engl. *F- parameters*),
- Postavke kartica (engl. *Module parameters*),
- Postavke potencijalne grupe (engl. *Potential group*).



Slika 4.10. *Izgled sučelja postavki safety kartice.*

U posljednjem koraku izvršava se identificiranje i dodjeljivanje F-adresa safety kartica (HW Config > Online > Desni klik na prvu safety karticu > Name F addresses). Nakon što se prozor otvorio po uputama (crveni pravokutnik, Slika 4.11.) provodi se identificiranje i dodjeljivanje F-adresa safety kartica. Nakon identificiranja posljednje safety kartice hardverski dio postavki je završen te se može pisati programski dio potreban za rad postrojenja.



Slika 4.11. *Identifikacija i imenovanje safety kartica.*

4.2. Ulazni i izlazni signali

Pri izradi postrojenja korištene su ulazne i izlazne digitalne kartice. Kako bi se olakšao rad s navedenim ulaznim i izlaznim signalima koristi se tablica simbola (engl. *Symbol table*) u kojoj se dodjeljuju imena ulaznim i izlaznim digitalnim signalima. Tablica simbola sadrži sljedeća polja koja se mogu popuniti a, to su:

- Simboličko ime (engl. *Symbol*),
- Adresa (engl. *Address*),
- Tip podatka (engl. *Data type*),
- Komentar (engl. *Comment*).

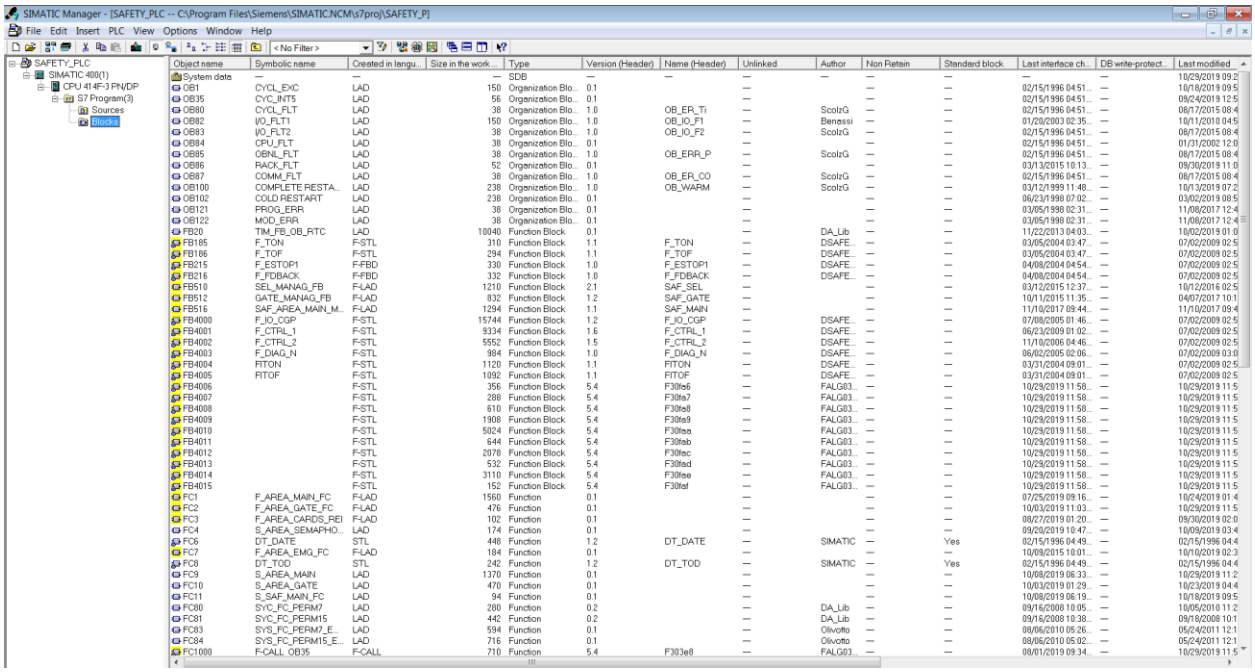
Princip označavanja ulaznih i izlaznih signala je potpuno identičan jedina razlika se pojavljuje u adresiranju signala. Adrese ulaznih signala se označavaju s „I“ (npr. I0.0) gdje slovo „I“ označava ulazni signal (engl. *Input*), prvi broj označava byte adresu, dok drugi broj označava bit u byte adresi. Izlazni signali se označavaju s „Q“ (npr. Q0.0) gdje slovo „Q“ označava izlazni signal (engl. *Output*), a brojevi imaju isto značenje kao i brojevi kod ulazni signala. Na slici 4.12. može se vidjeti primjer unošenja ulaznih signala u tablicu simbola.

	Simboličko ime	Adresa	Tip podatka	Komentar
49	GATE_CLS_MONITOR	I 0.0	BOOL	Gate close monitor
50	GATE_ULC_REQ	I 0.1	BOOL	Gate unlock request
51	GATE_RES_REQ_I	I 0.2	BOOL	Gate reset request input
52	AREA_ADJ_FDBK	I 0.3	BOOL	Area adjust feedback
53	GATE_LCK_MONITOR	I 0.4	BOOL	Gate lock monitor
54	MAIN	I 3000.0	BOOL	Maintanance
55	PRD	I 3000.1	BOOL	Production
56	IMM	I 3000.2	BOOL	Immobilization
57	EN_SAF_DOOR	I 3000.3	BOOL	Safety area enable
58	EMG	I 3006.0	BOOL	Emergency
59	SLC_ALM	I 3006.1	BOOL	Safety light curtain alarm
60	GATE_CLS	I 3006.2	BOOL	Gate close
61	SLC_RES	I 3012.6	BOOL	Safety light curtain reset
62	EMG_RES	I 3012.7	BOOL	Emergency reset

Slika 4.12. *Tablica simbola.*

4.3. Sigurnosni program

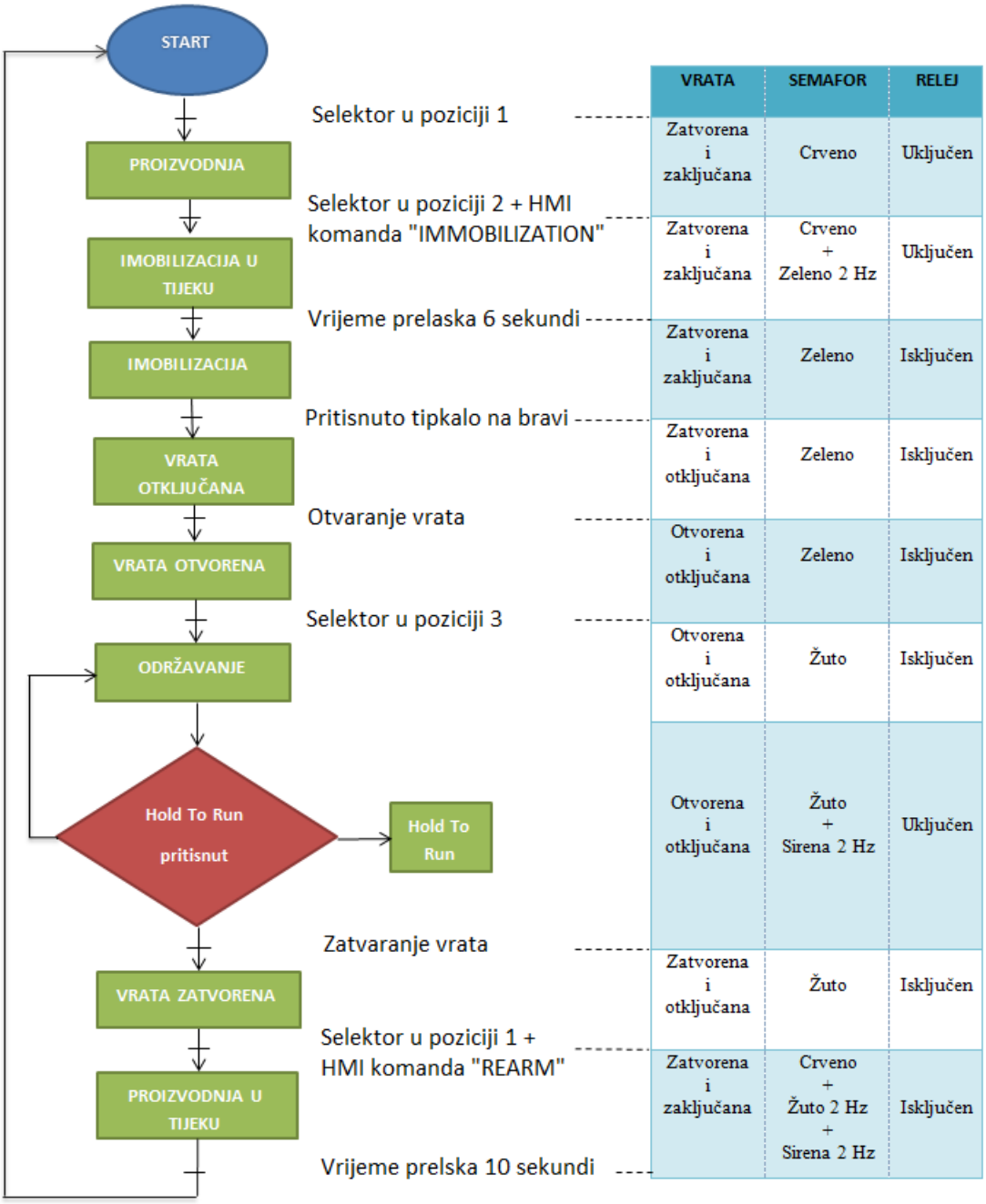
Sigurnosni program postrojenja napravljen je u programskom alatu SIMATIC Manager Step 7 (Slika 4.13.). Osim osnovnih uputa kako kreirati sigurnosni program prikazan je dijagram toka funkcionalnosti programa, kao i neki dijelovi programskog koda koji su korišteni za izradu sigurnosnog programa postrojenja.



Slika 4.13. *Izgled sučelja SIMATIC Managera Step 7.*

4.3.1. Dijagram toka funkcionalnosti sigurnosnog programa

Kako bi se olakšalo praćenje toka i realizacije sigurnosnog programa na slici 4.14. prikazan je dijagram toka kako se izvodi algoritam sigurnosnog programa. Dijagram toka se sastoji od simbola povezanih strelicama koji definiraju smjer realizacije sigurnosnog programa. Također na dijagramu se nalaze i stanja u kojima se nalaze vrata, semafor i relej (kontaktor) tijekom stanja u kojima se može nalaziti sigurnosno postrojenje.



Slika 4.14. *Dijagram toka funkcionalnosti sigurnosnog programa*.

4.3.2. F-I/O podatkovni blokovi

Kako se prethodno postavila hardverska konfiguracija za svaku dodanu safety karticu automatski se stvara po jedan F-I/O podatkovni blok (F-I/O DB). U ovom primjeru postoje četiri safety kartice, tako da se kreiraju četiri F-I/O podatkovna bloka DB 4001 do DB 4004 (Slika 4.15.). Također, osim podatkovnih blokova safety kartica, stvara se i jedan zajednički podatkovni blok. U ovom slučaju je to DB 4000 pod nazivom F_GLOBDB koji sadrži sve podatke i osnovne informacije sigurnosnog programa. Također, u isto vrijeme automatski se kreiraju simbolička imena safety kartica u tablici simbola (Slika 4.16.). F-I/O podatkovni blokovi u sigurnosnom programu se koriste za reintegraciju safety kartica koja je potrebna ako se pojavi greška u komunikaciji ili greška na kartici.

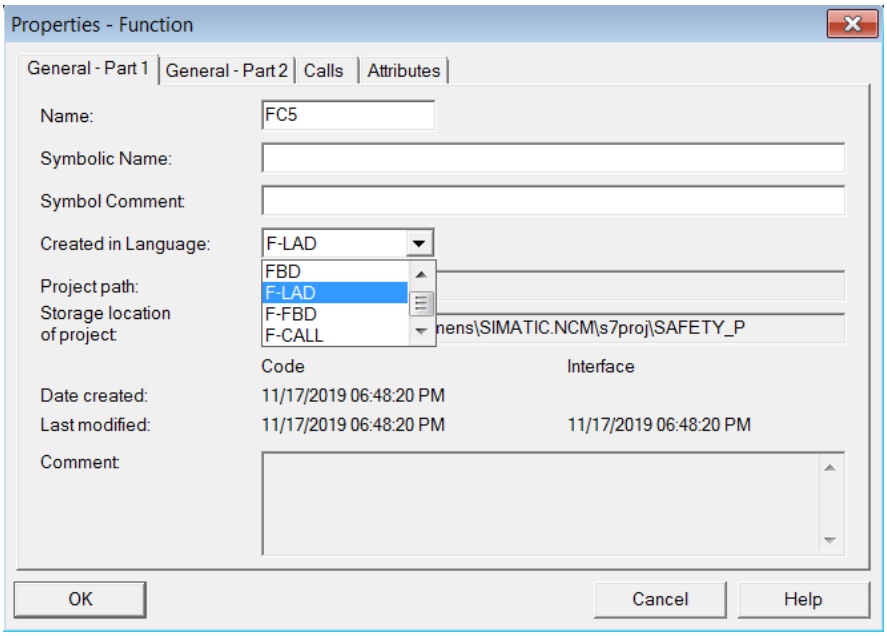
Slika 4.15. *F-I/O podatkovni blokovi.*

14		F_GLOBDB	DB 4000	DB 4000	F_: F_Global_Data Block
15		F03000_F_DI_8x24VDC_HF	DB 4001	FB 4000	
16		F03006_F_DI_8x24VDC_HF	DB 4002	FB 4000	
17		F03012_F_DI_8x24VDC_HF	DB 4003	FB 4000	
18		F03018_F_DQ_4x24VDC_2A_P	DB 4004	FB 4000	

Slika 4.16. *F-I/O podatkovni blokovi u tablici simbola.*

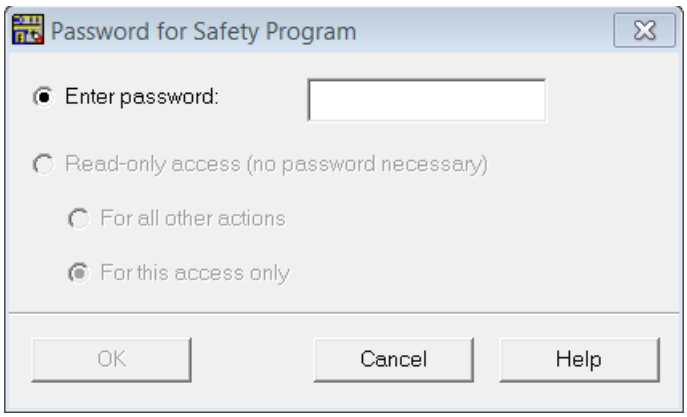
4.3.3. Izrada sigurnosnog programa postrojenja

Programski dio počinje dodavanjem F-blokova (F-FC blokovi) u kojima se piše logika potrebna za rad sigurnosnog programa postrojenja (Slika 4.17.). Kako se logika za sigurnosni program može pisati samo u programskim jezicima FBD i LAD za programiranje postrojenja, izabran je programski jezik LAD radi lakšeg razumijevanja programa postrojenja. F-blokovi potrebni za programiranje sigurnosnog programa navedeni su poglavlju (2.3.4. Programiranje).

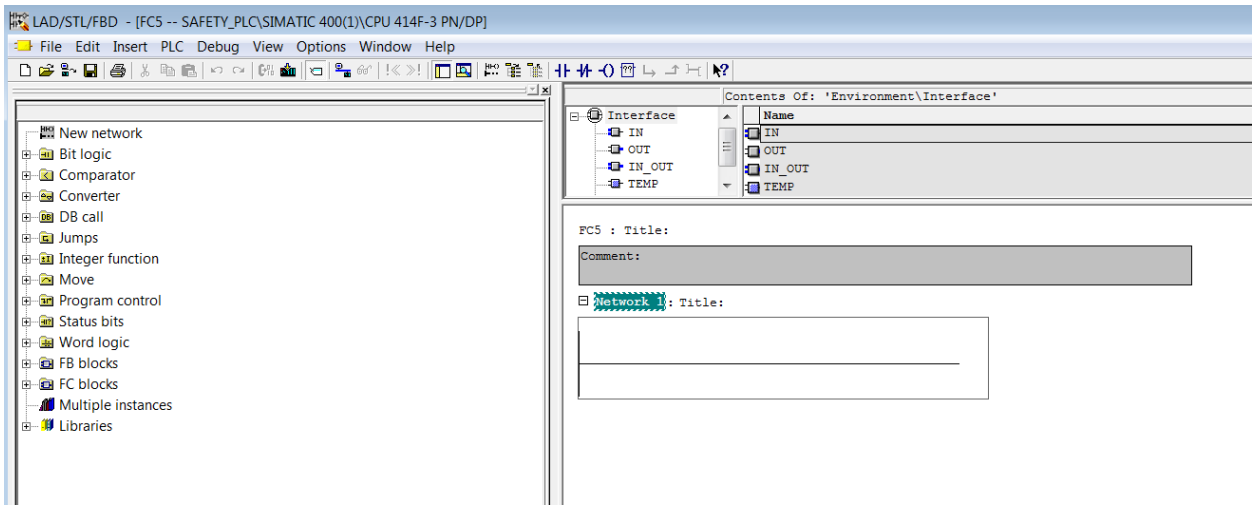


Slika 4.17. *Primjer kreiranja F-FC bloka.*

Nakon kreiranja F-FC bloka i njegovog otvaranja pojavljuje se prozor u kojem se kreira lozinka za sigurnosni program (Slika 4.18.). Upisivanjem željene lozinke i njenim potvrđivanjem otvara se prozor F-FCa u kojem se može pisati logika potrebna za rad postrojenja (slika 4.19.).

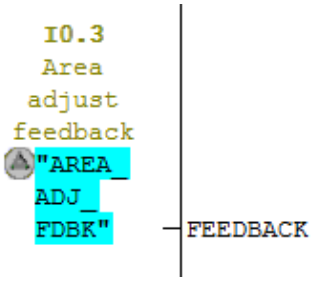


Slika 4.18. *Kreiranje lozinke za sigurnosnog program.*



Slika 4.19. *Izgled prozora F-FCa.*

Nakon otvaranja prozora F-FCa potrebno je postaviti pozadinsku boju za adrese koje nisu dio sigurnosnog programa (Options > Customize > View > Not failsafe addresses). To su memorijske adrese standardnog dijela programa ili ulazni i izlazni signali koji nisu spojeni na safety kartice. U ovom primjeru to je ulaz I0.3 (Slika 4.20.) koji je spojen na standardnu karticu. Pozadinska boja proizvoljno je postavljena u svijetlo plavu boju kako bi bila uočljiva.

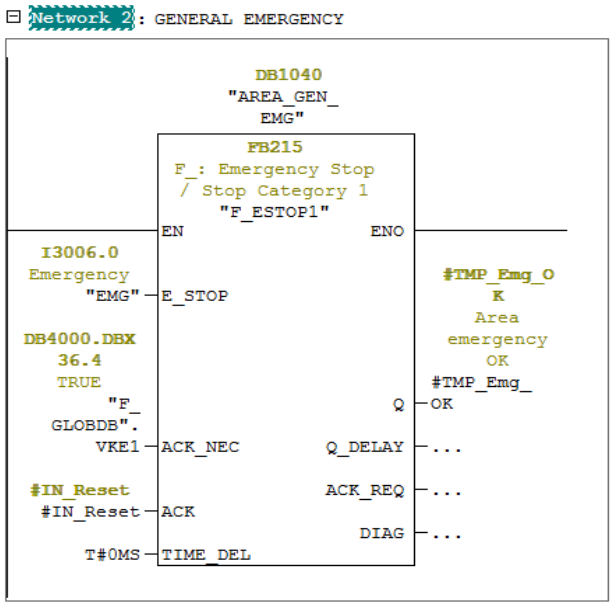


Slika 4.20. *Dodjeljivanje boje za adrese koje nisu dio sigurnosnog programa.*

Programiranje gljive i laserske barijere

Za programiranje postrojenja potrebni su funkcijski blokovi koji se nalaze u biblioteci sa sigurnosnim blokovima (Distributed Safety F-library (V1)). Također, za programiranje postrojenja potrebna je logika koju piše sam programer. U ovom slučaju za rad postrojenja bilo je potrebno programirati lasersku barijeru, gljivu, sigurnosnu bravu i rad kontaktora. Za

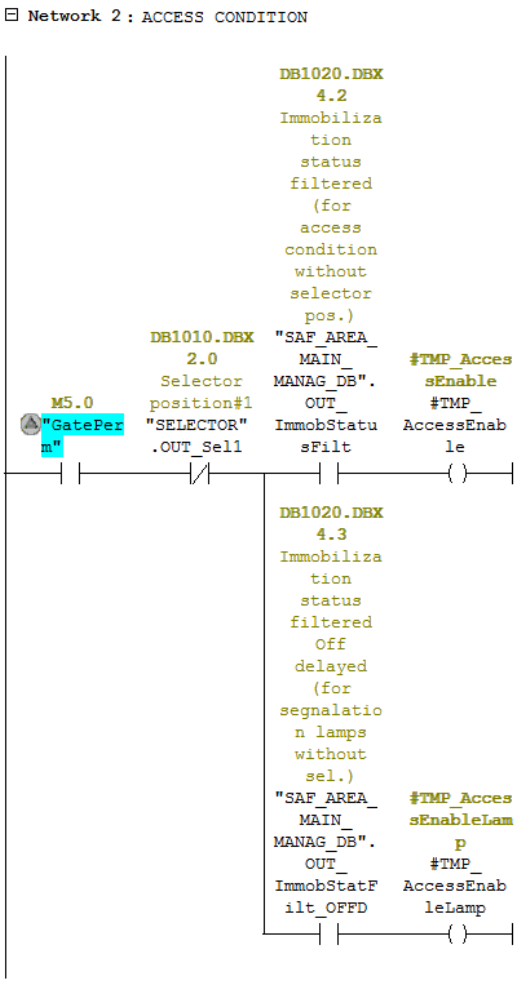
programiranje gljive i laserske barijere koristi se funkcijski blok FB215 (Slika 4.21.) koji se nalazi u biblioteci sa sigurnosnim blokovima. Funkcijski blok ima ulogu da pritiskom gljive ili prekidom laserske barijere automatski zaustavi postrojenje koje se štiti i onemogući njegovo ponovno pokretanje sve dok je gljiva stisnuta ili barijera prekinuta, odnosno izlaz Q iz funkcijskog bloka jednak je „0“. Izlaz Q će ostati u stanju „0“ sve dok se ne pošalje pulse reset na ulaz ACK bloka, iako je gljiva otpuštena ili barijera više nije u prekidu.



Slika 4.21. *Programiranje rada gljive.*

Programiranje sigurnosne brave

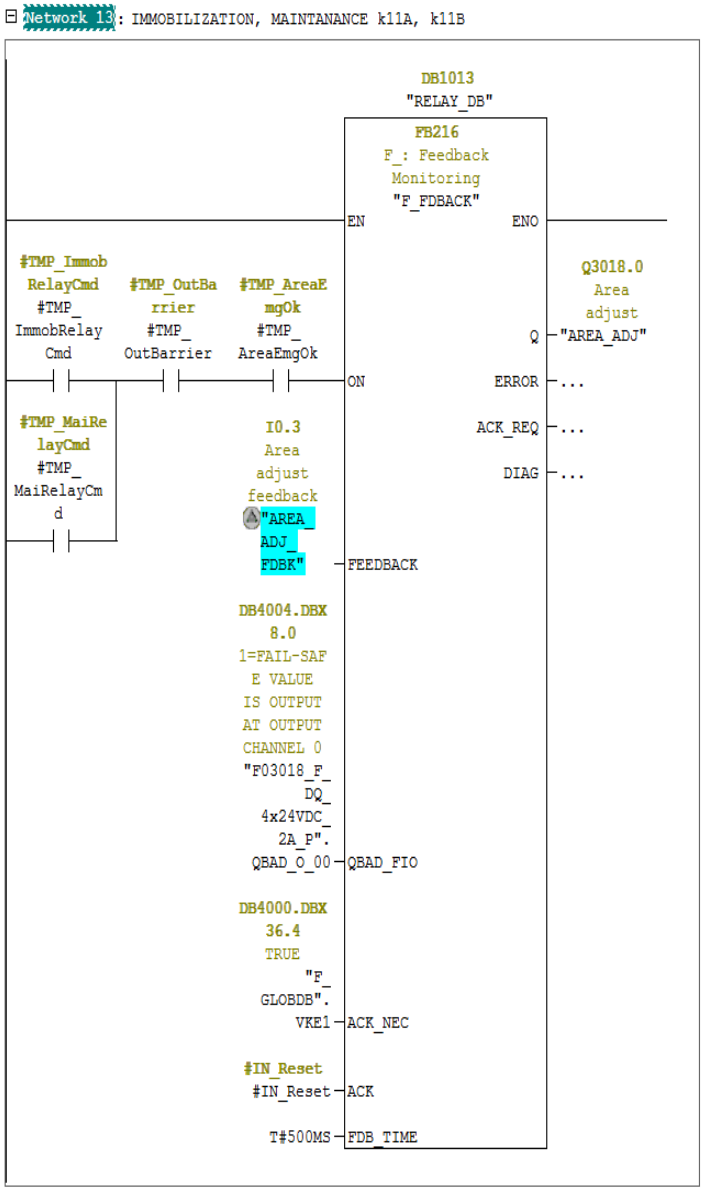
Programski dio sigurnosne brave sastoji se od uvjeta koji se trebaju ispuniti kako bi se sigurnosna vrata mogla otvoriti i omogućiti siguran ulazak u zonu postrojenja koje se štiti. Uvjeti koji se moraju ispuniti su da: laserska barijera nije prekinuta, gljiva stisnuta, sigurnosna vrata zatvorena i zaključana te da je postrojenje imobilizirano odnosno da su svi releji koji se nalaze u toj zoni isključeni, a s tim i svi uređaji u zoni. Kada se svi uvjeti ispune sigurnosna brava omogućava otvaranje sigurnosnih vrata i ulazak u zonu postrojenja koje se štiti (Slika 4.22.)



Slika 4.22. *Uvjeti za sigurnosnu bravu.*

Programiranje rada kontaktora

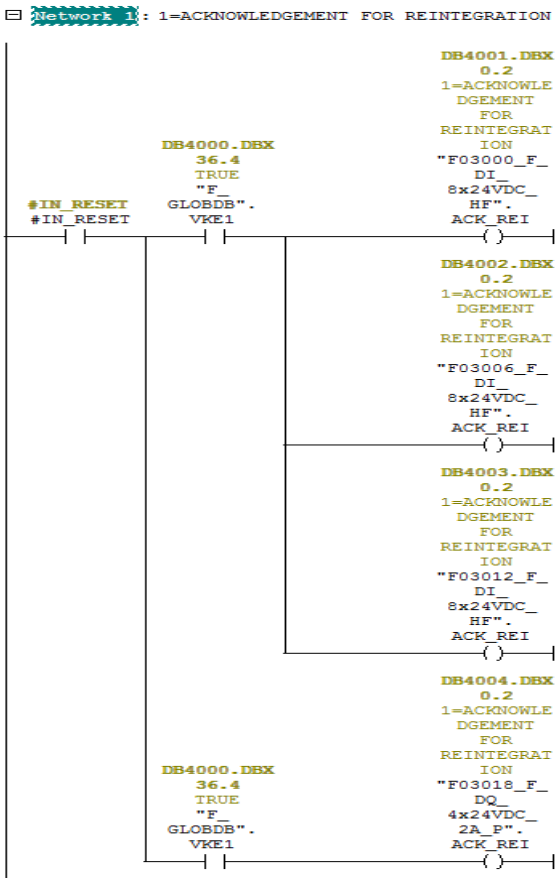
Kontaktor na postrojenju ima ulogu izvršnog člana, odnosno uključenost ili isključenost kontaktora predstavlja uključenost ili isključenost uređaja u zoni postrojenja koje se štiti. Za programiranje kontaktora potreban je funkcijski blok FB216 (*Feedback Monitoring*) koji se nalazi u biblioteci sa sigurnosnim blokovima (Slika 4.23.). Izlaz iz bloka Q ovisi o stanju ulaza bloka ON ali i ovisi o stanju ulaza FEEDBACK, te ako feedback signal koji dolazi s releja nije u redu, onda će izlaz iz bloka biti u „0“ te ako se pojavi greška u feedbacku ona se mora resetirati puls resetom na Ack ulaz bloka.



Slika 4.23. *Programiranje rada kontaktora.*

Programiranje reintegracije safety kartica

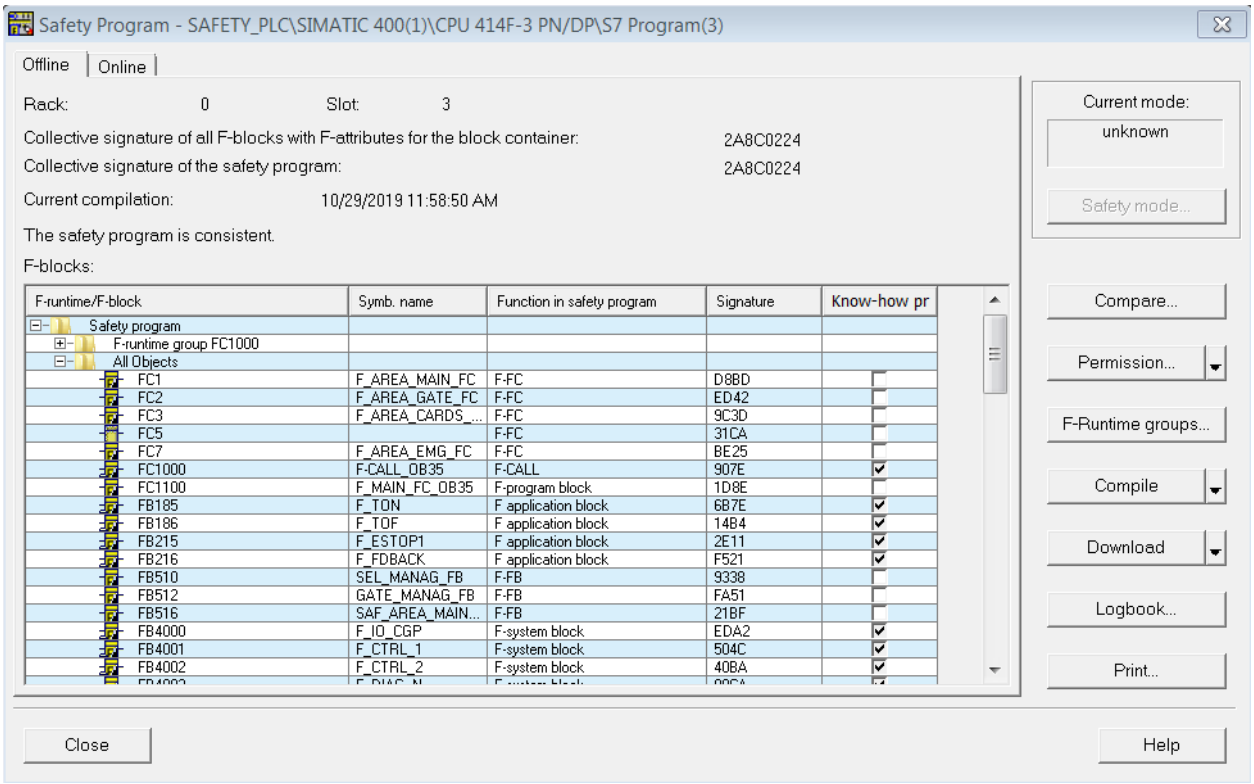
U slučaju ako se pojavi greška u komunikaciji ili greška na safety kartici, kartica odlazi u stanje stopa te je nemoguće daljnje izvršavanje sigurnosnog programa te je nužno izvršiti reintegraciju kartice. Nakon što se greška otkloni i izvrši reintegracija kartice, kartica je spremna za nastavak rada. U ovom primjeru na postrojenju postoje četiri safety kartice za koje je potrebno napisati program njihove reintegracije (Slika 4.24.).



Slika 4.24. *Reintegracija kartica.*

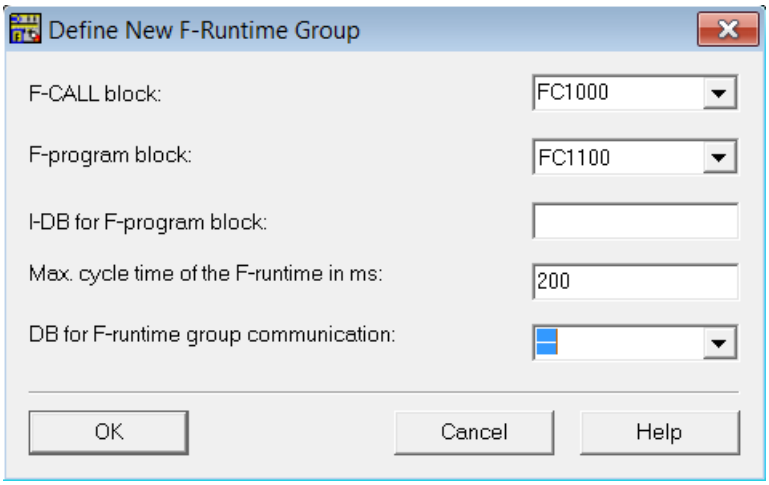
4.3.4. Kreiranje sigurnosne grupe i aktivacija sigurnosnog programa

U posljednjem koraku potrebno je kreirati sigurnosnu grupu i aktivirati sigurnosni program kako bi postrojenje u potpunosti bilo funkcionalno. Kreiranje sigurnosne grupe započinje se otvaranjem prozora za uređivanje sigurnosnog programa (SIMATIC Manager > Options > Edit safety program), što se može vidjeti na slici 4.25..

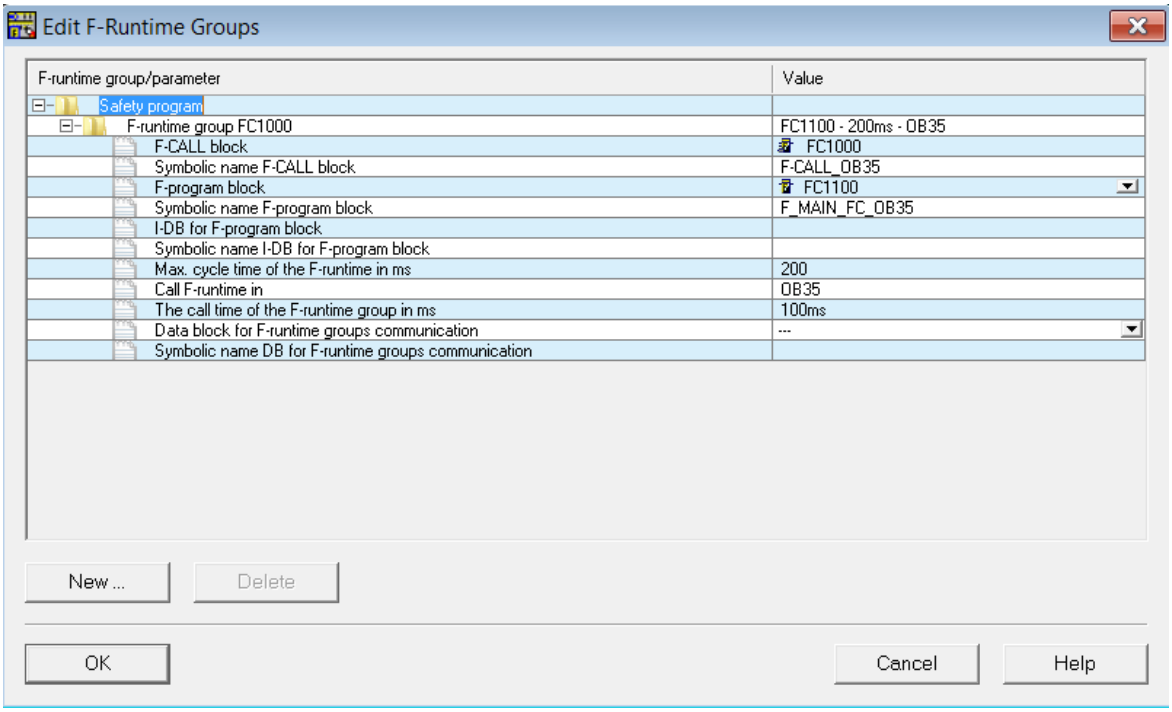


Slika 4.25. *Prozor za uređivanje sigurnosnog programa.*

Nakon što se prozor za uređivanje sigurnosnog programa otvorio potrebno je definirati sigurnosnu grupu (F-Runtime groups > New). U prozoru za definiranje sigurnosne grupe (Slika 4.26.) definira se F-CALL blok i F-programski blok. Uloga F-CALL bloka u sigurnosnom programu je ta da služi za pozivanje sigurnosnog programa u standardni korisnički program, dok F-programski blok sadrži svu programsku logiku sigurnosnog programa koju je kreirao programer. U primjeru ma slici 4.27. definirana je sigurnosna grupa FC1000 u kojoj se nalazi programski blok FC1100.

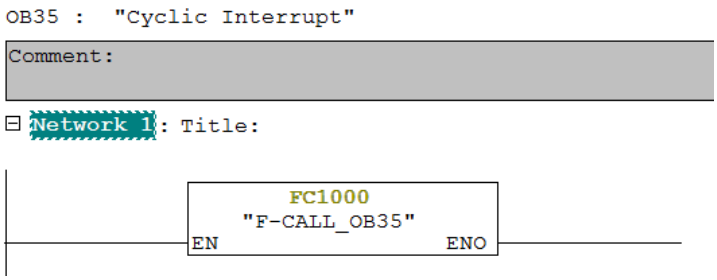


Slika 4.26. *Definiranje sigurnosne grupe.*



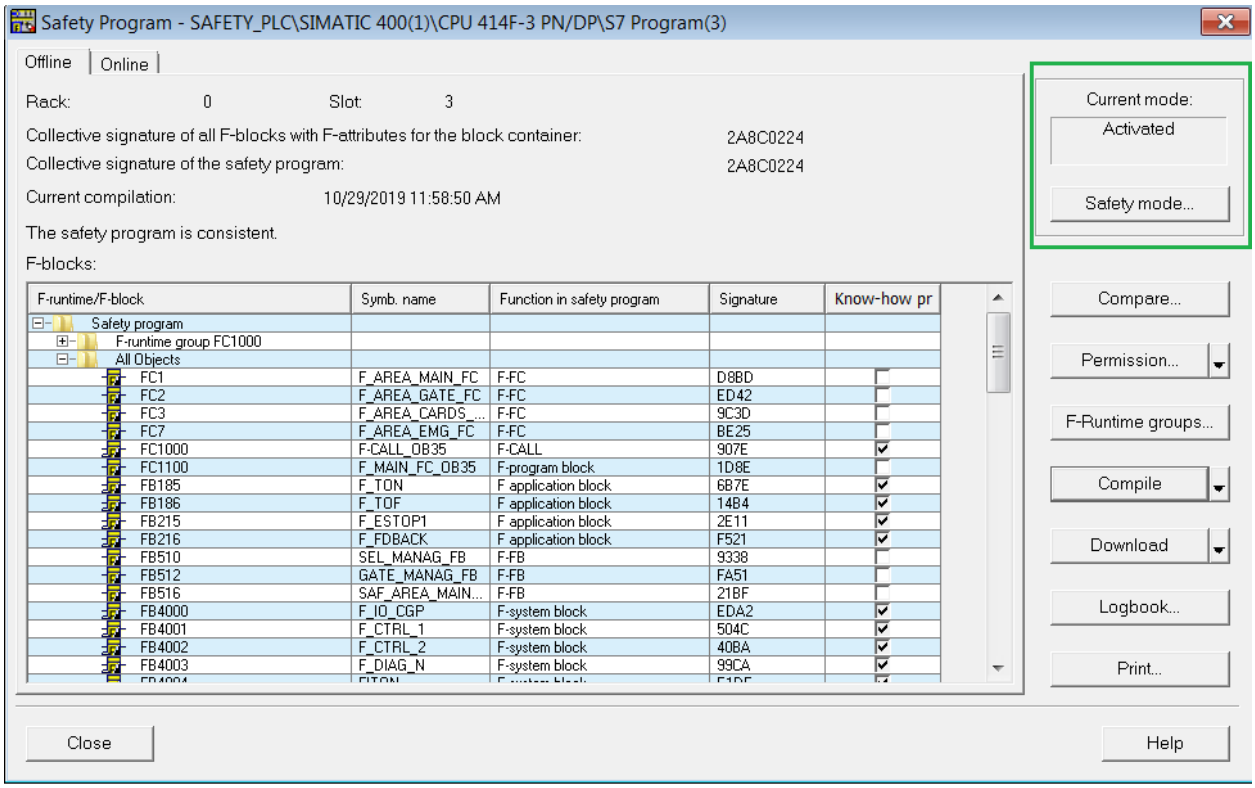
Slika 4.27. *Sigurnosna grupa.*

Da bi se aktivirao sigurnosni program, program se mora pozvati u standardnom korisničkom programu. U ovom primjeru sigurnosni program se poziva pomoću F-CALL bloka FC1000 u organizacijskom bloku OB35 standardnog korisničkog programa (Slika 4.28.).



Slika 4.28. *Pozivanje F-CALL bloka.*

U završnom koraku otvara se prozor za uređivanje sigurnosnog programa te odabirom opcije (*Download*) sigurnosni program prenosi na Sigurnosni PLC te se u gornjem desnom kutu prozora za uređivanje sigurnosnog programa (Slika 4.29., zeleni pravokutnik) pojavljuje obavijest da je sigurnosni program aktiviran. S tim je završen posao programiranja postrojenja te se može početi s testiranjem.



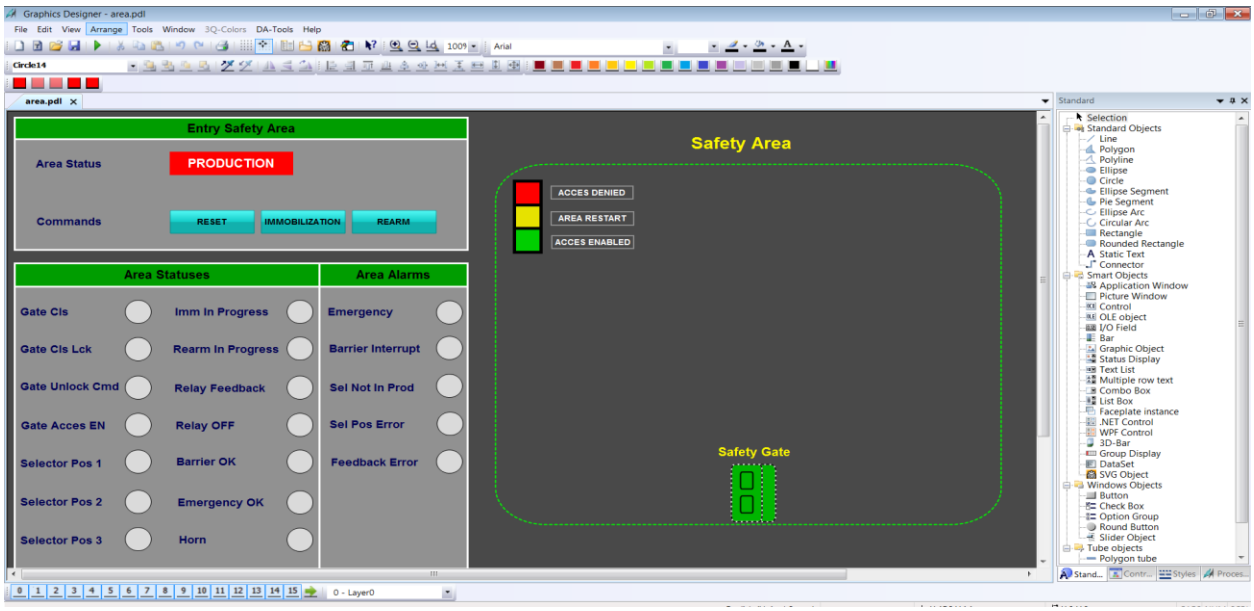
Slika 4.29. *Aktivacija sigurnosnog programa.*

4.4. Vizualizacija

Kako je navedeno i u zadatku diplomskog rada, vizualizacija postrojenja je napravljena u programskom alatu WinCC. Programski alat WinCC omogućava da se na jednostavan način vizualizira automatizirani sustav. Osim za vizualizaciju (statusi, alarmi) može se koristiti kao korisničko sučelje HMI (engl. *Human-Machine Interface*). Vizualizacija postrojenja je napravljena u grafičkom dizajneru (Slika 4.30.) koji je dio WinCC programskog alata. Vizualizacija postrojenja sadrži:

- Statuse sigurnosnog područja;
  - Kružnica ispunjena zelenom bojom status uključen,
  - Kružnica ispunjena bijelom bojom status isključen,
- Alarme sigurnosnog područja;
  - Kružnica ispunjena crvenom bojom alarm uključen,
  - Kružnica ispunjena bijelom bojom alarm isključen,
- Komande,
- Signalni semafor,
- Prikaz sigurnosnog područja,
- Prikaz sigurnosnih vrata.

Opis naziva statusa, alarma, kao i opis stanja rada semafora dani su u tablicama 4.1., 4.2., 4.3..



Slika 4.30. *Prozor grafičkog dizajnera.*

Tablica 4.1. *Opis naziva statusa.*

Gate Cls	Vrata zatvorena
Gate Cls Lck	Vrata zatvorena i zaključana
Gate Unlock Cmd	Tipkalo za otključavanje pritisnuto
Gate Acces EN	Dopušten pristup sigurnosnom području
Selector Pos 1	Selektor u poziciji 1 - proizvodnja
Selector Pos 2	Selektor u poziciji 2 - imobilizacija
Selector Pos 3	Selektor u poziciji 3 - održavanje
Imm In Progress	Imobilizacija u tijeku
Rearm In Progress	Povratak u proizvodnju u tijeku
Relay Feedback	Povratna veza Kontaktora
Relay OFF	Kontaktor isključen
Barrier OK	Svjetlosna barijera nije prekinuta
Emergency OK	Gljiva nije stisnuta
Horn	Sirena

Tablica 4.2. *Opis naziva alarma.*

Emergency	Tipka za zaustavljanje u nuždi/gljiva stisnuta
Barrier Interrupt	Barijera prekinuta
Sel Not In Prod	Selektor nije u poziciji 1 - proizvodnja
Sel Pos Error	Pogreška pozicije selektora
Feedback Error	Pogreška povratne veze kontaktora

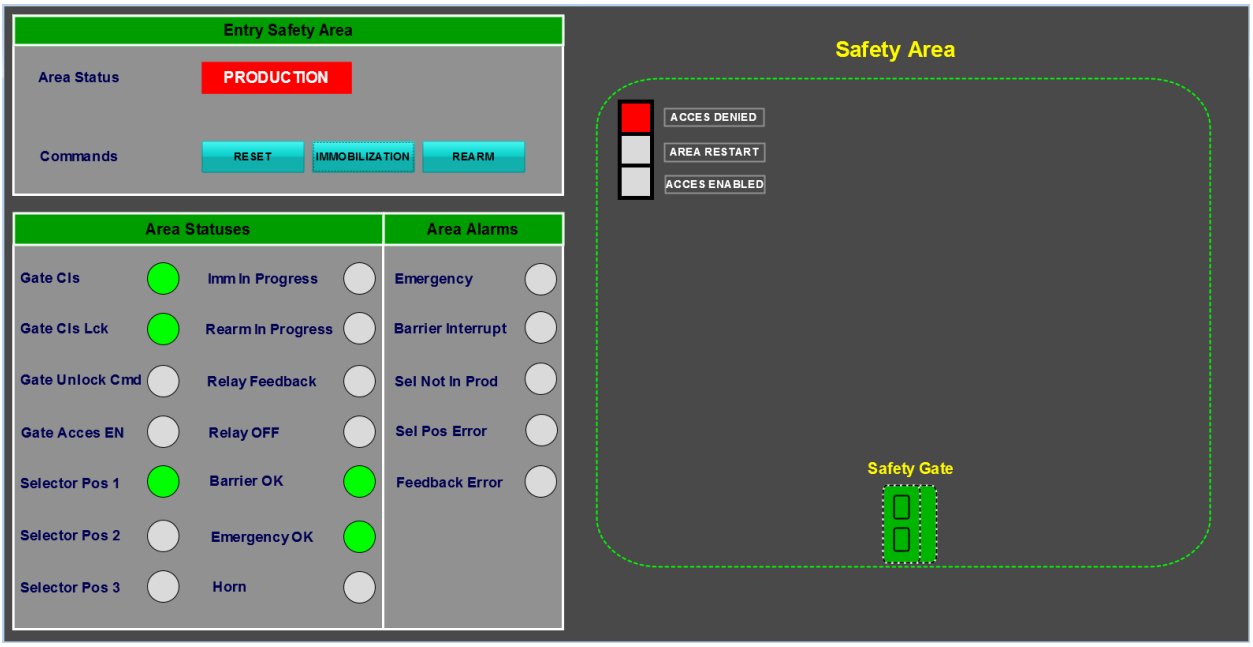
Tablica 4.3. *Opis stanja rada semafora.*

ŽARULJA/SIRENA	STANJE	OPIS
Crvena žarulja uključena	Proizvodnja	Područje je u stanju proizvodnje, pristup odbijen
Zelena žarulja uključena	Imobilizacija	Područje je u stanju imobilizacije, pristup odobren svi strojevi su isključeni

Crvena žarulja uključena Zelena žarulja uklj./isklj.	Imobilizacija u tijeku	Prijelaz iz proizvodnje u imobilizaciju
Crvena žarulja uključena Žuta žarulja uklj./isklj. Sirena uklj./isklj.	Povratak u proizvodnju u tijeku	Prijelaz iz imobilizacije u proizvodnju
Žuta žarulja uključena	Održavanje	Područje je imobilizirano i spremno za stanje održavanja
Žuta žarulja uključena Sirena uklj./isklj.	Održavanje s pritisnutim Hold To Run tipkalom	Područje je u stanju održavanja, Hold To Run tipkalo pritisnuto, uređaji spremni za pokretanje

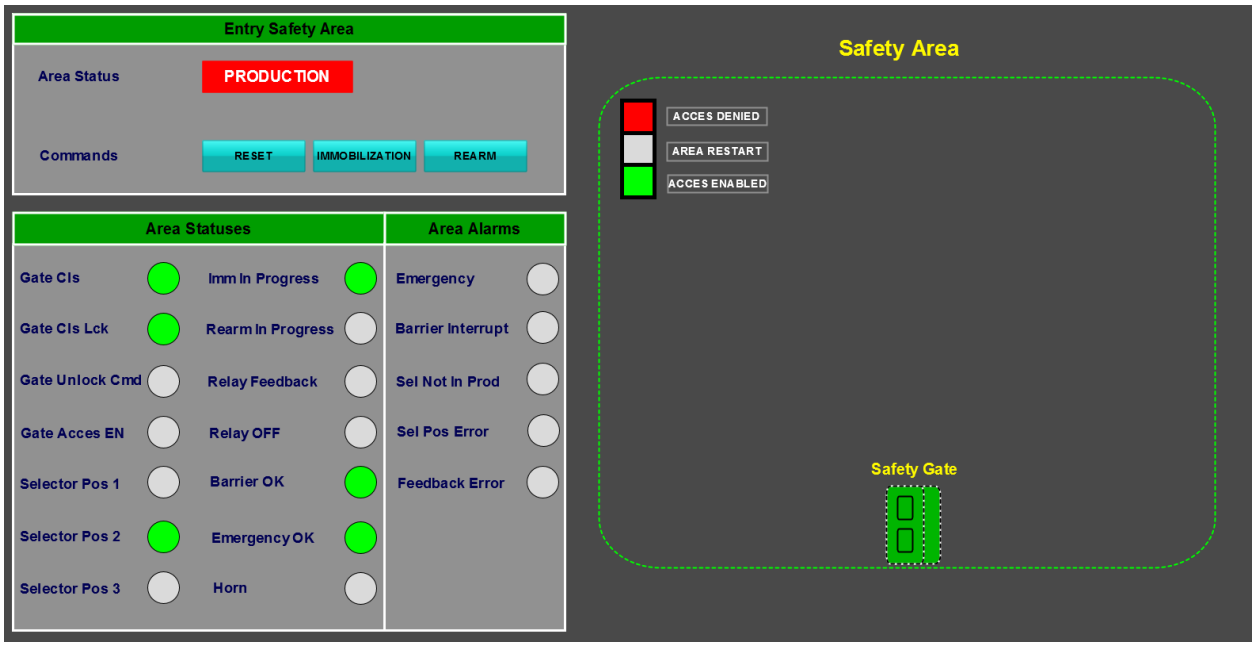
4.4.1. Statusi postrojenja

Na slici 4.31. prikazano je početno stanje rada postrojenja, a to je proizvodnja (engl. *Production*). Kada je postrojenje u statusu proizvodnje ulazak u sigurnosno područje nije dozvoljen, odnosno sigurnosni program onemogućava otvaranje sigurnosnih vrata i ulazak u postrojenje. To je vidljivo iz statusa koji su prikazani na slici 4.31., gdje su vrata zatvorena i zaključana, selektor je u poziciji 1 i na semaforu je uključena crvena žarulja, odnosno pristup sigurnosnom području je odbijen.



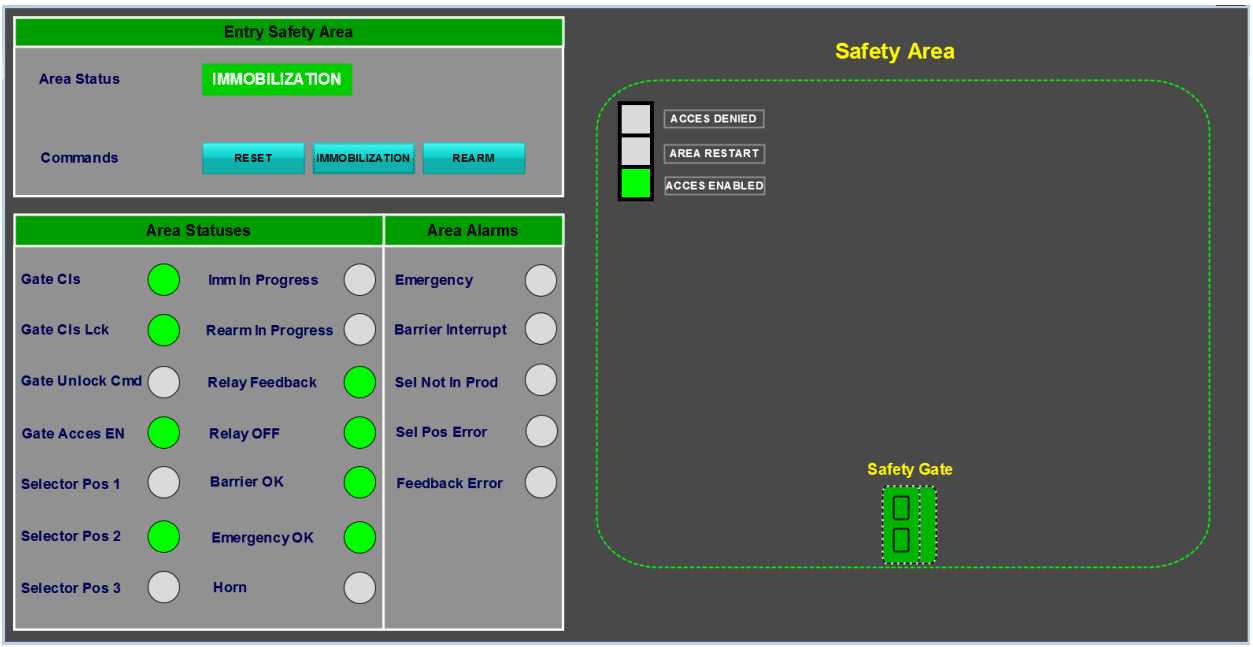
Slika 4.31. *Status proizvodnje.*

Na slici 4.32. prikazuje se prelazak iz statusa proizvodnje u status imobilizacije, odnosno postupak isključivanja kontaktora. Dok je postrojenje u statusu imobilizacije u tijeku, kontaktor je još uvijek uključen i zona je u proizvodnji. Klikom na komandu IMMOBILIZATION i prebacivanjem selektora u poziciju 2, na semaforu se uključuju crvena i zelena žarulja (crvena konstantno uključena, a zelena uključuje/isključuje frekvencijom 2Hz) u vremenu 6 sekundi, koje označava vrijeme potrebno da bi postrojenje iz statusa proizvodnje prešlo u status imobilizacije.



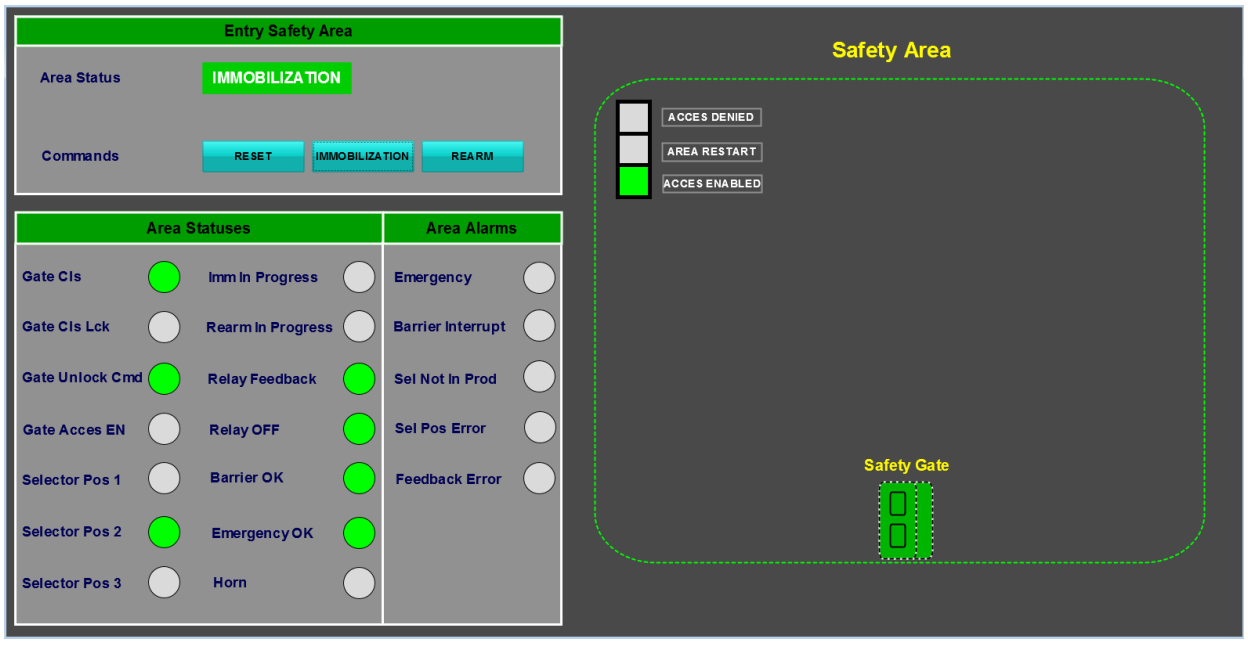
Slika 4.32. *Imobilizacija u tijeku.*

Nakon isteka 6 sekundi postrojenje iz imobilizacije u tijeku prelazi u stanje imobilizacije (Slika 4.33.). Na semaforu se isključuje crvena žarulja, a zelena ostaje konstantno uključena, selektor je u poziciji 2, kontaktor je isključen te je odobren ulazak u sigurnosno područje kroz sigurnosna vrata.

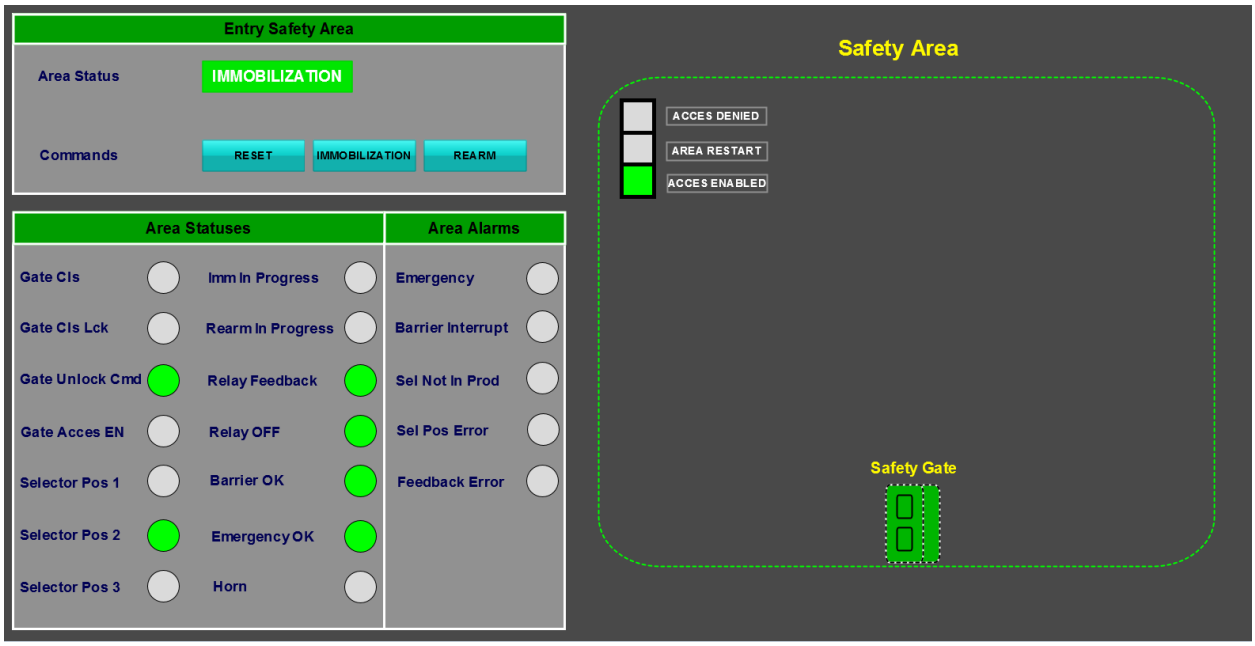


Slika 4.33. *Status imobilizacije.*

Nakon što je postignuto stanje imobilizacije pritiskom tipkala (koje se nalazi na sigurnosnoj bravi za otključavanje brave) isključuje se status da su vrata zaključana. Sigurnosna vrata se sada mogu otvoriti te je dozvoljen ulazak u sigurnosno područje (Slika 4.34.). Otvaranjem vrata isključuje se status da su vrata zatvorena te zaposlenik nesmetano i sigurno može ući u sigurnosno područje (Slika 4.35.).

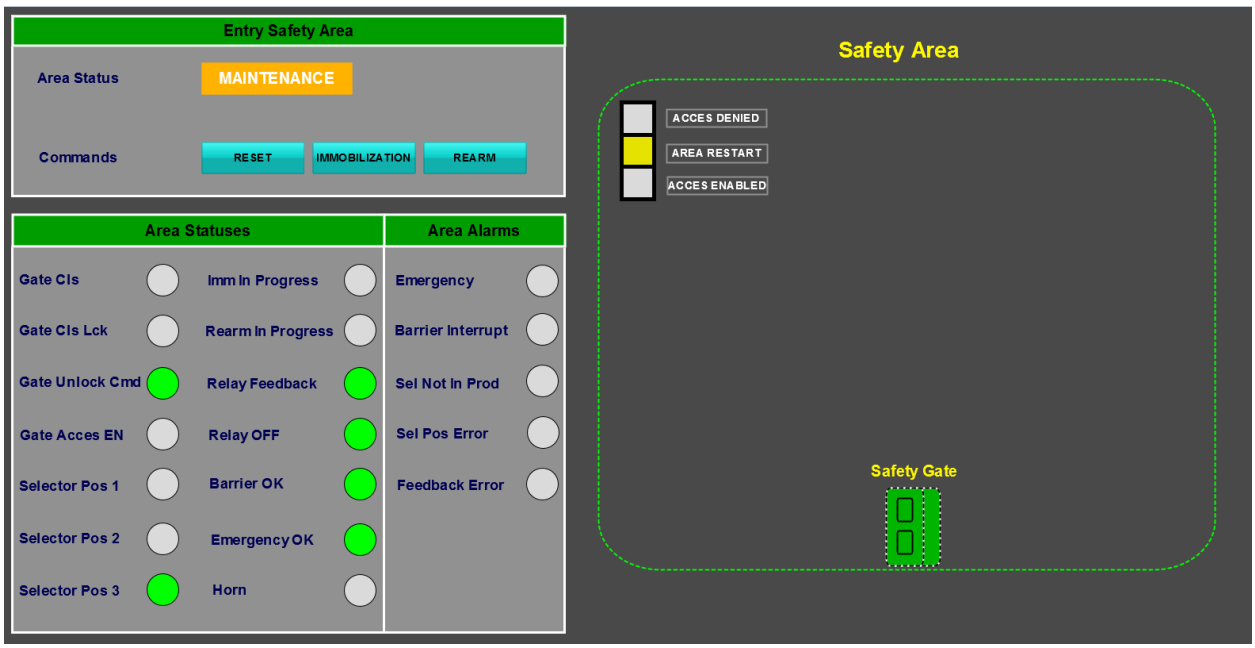


Slika 4.34. *Imobilizacija - sigurnosna vrata zatvorena.*



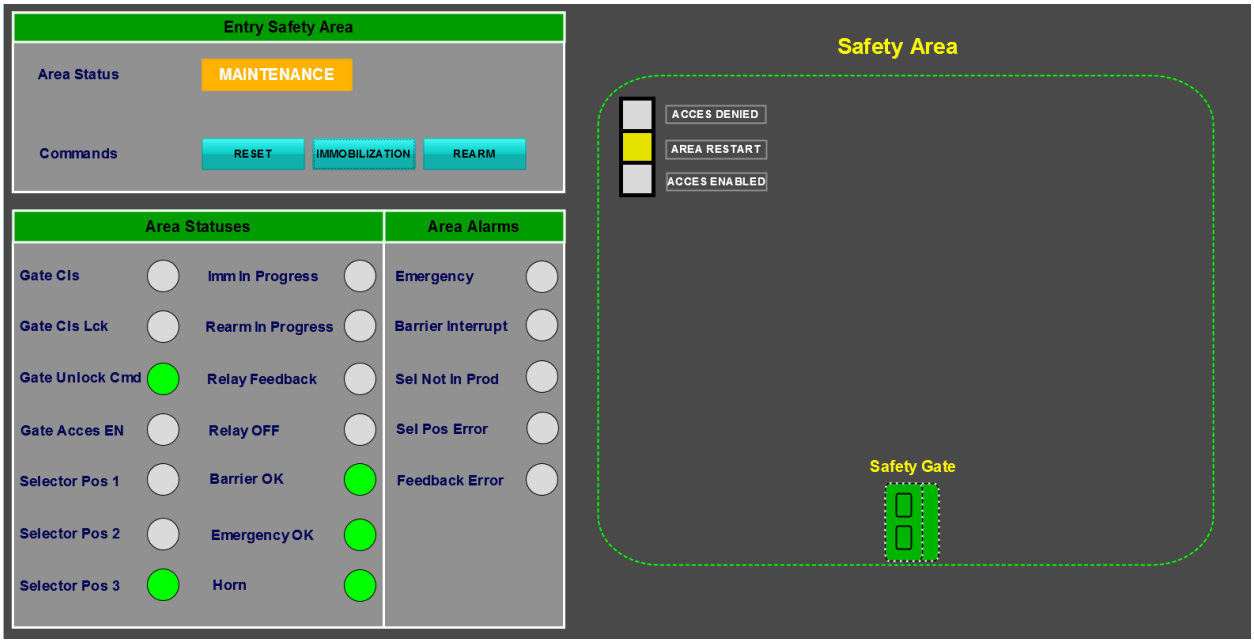
Slika 4.35. *Imobilizacija - sigurnosna vrata otvorena.*

Prebacivanjem selektora u poziciju 3 postrojenje prelazi u stanje održavanja (Slika 4.36.), žuta žarulja na semaforu je konstantno uključena. Stanje održavanja (engl. *maintanance*) je jedinstveno stanje imobilizacije pri kojem se može uključiti dozvoljene dijelove postrojenja pri smanjenim brzinama kako bi se bolje uočilo ponašanje uređaja (strojeva) u sigurnosnom području.



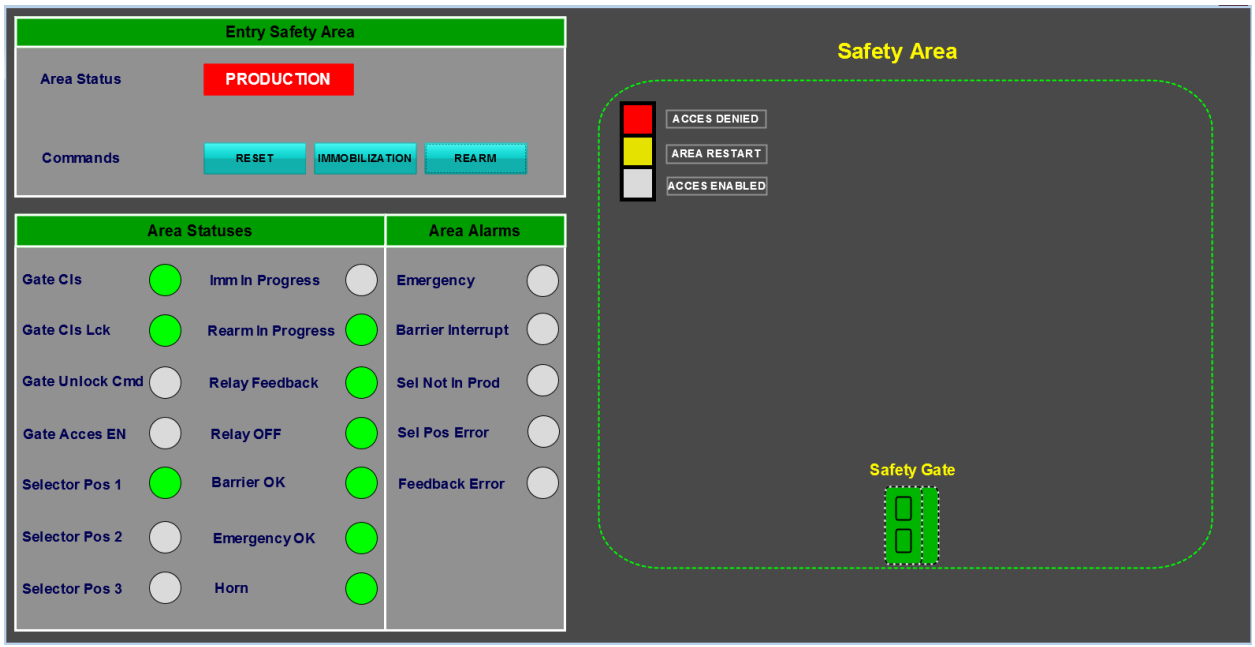
Slika 4.36. *Jedinstveno stanje imobilizacije-Održavanje.*

Uključivanje pojedinih dijelova postrojenja se postiže sa tzv. Hold To Run tipkalom. Pritiskom na tipkalo dozvoljeni dijelovi postrojenja su uključeni sve dok je tipkalo stisnuto, otpuštanjem tipkala dozvoljeni dijelovi postrojenja se isključuju. U ovom primjeru na postrojenju pritiskom tipkala uključuje se žuta žarulja i sirena na semaforu (žarulja konstantno uključena, a sirena se uključuje/isključuje frekvencijom 2 Hz), što predstavlja uključenost dozvoljenih dijelova postrojenja. Otpuštanjem tipkala sirena se isključuje, a žuta žarulja ostaje konstantno uključena, odnosno dozvoljeni dijelovi postrojenja su isključeni (Slika 4.37.).



Slika 4.37. *Održavanje – omogućavanje sigurnosnog područja.*

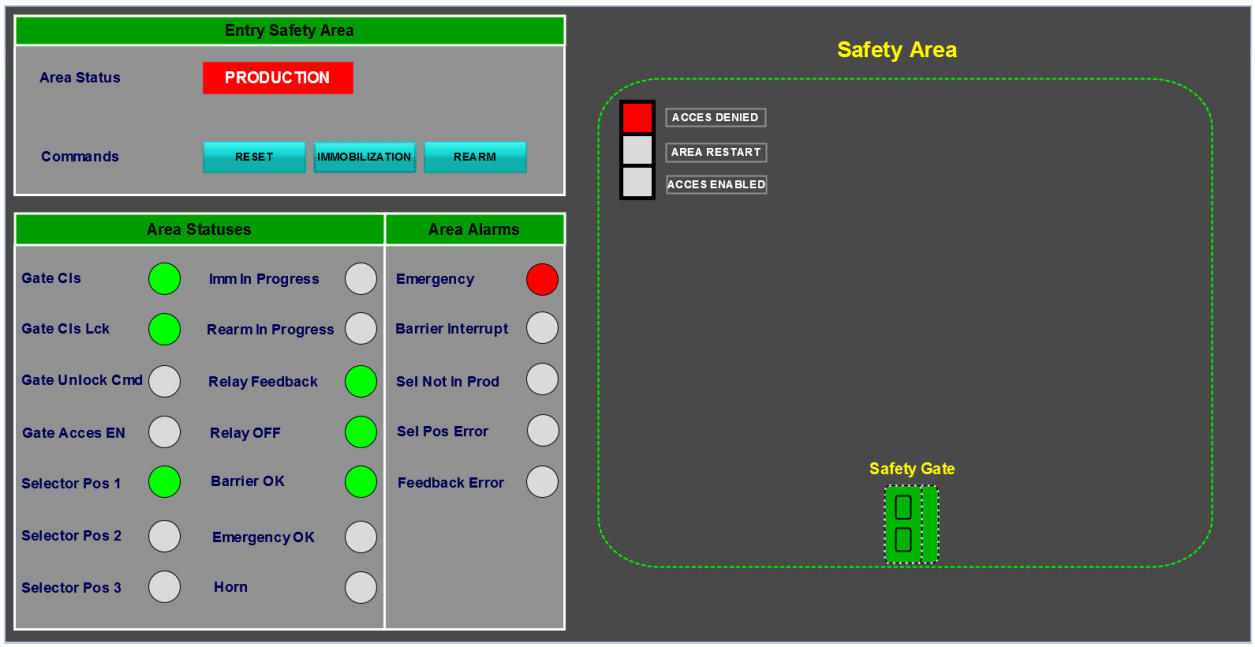
Povratak u stanje proizvodnje iz stanja imobilizacije postiže se pritiskom komande REARM te prebacivanjem selektora u poziciju 1. Nakon ovih radnji uključuju se crvena i žuta žarulja (crvena konstantno uključena, a žuta žarulja se uključuje/isključuje frekvencijom 2 Hz), također se uključuje/isključuje i sirena frekvencijom žute žarulje u trajanju od 10 sekundi. Ovo stanje na semaforu predstavlja povratak u proizvodnju u tijeku (Slika 4.38.). Nakon 10 sekundi isključuju se žuta žarulja i sirena na semaforu dok crvena žarulja ostaje konstantno uključena, što govori da se postrojenje vratilo u proizvodnju, odnosno u početno stanje.



Slika 4.38. *Povratak u proizvodnju u tijeku.*

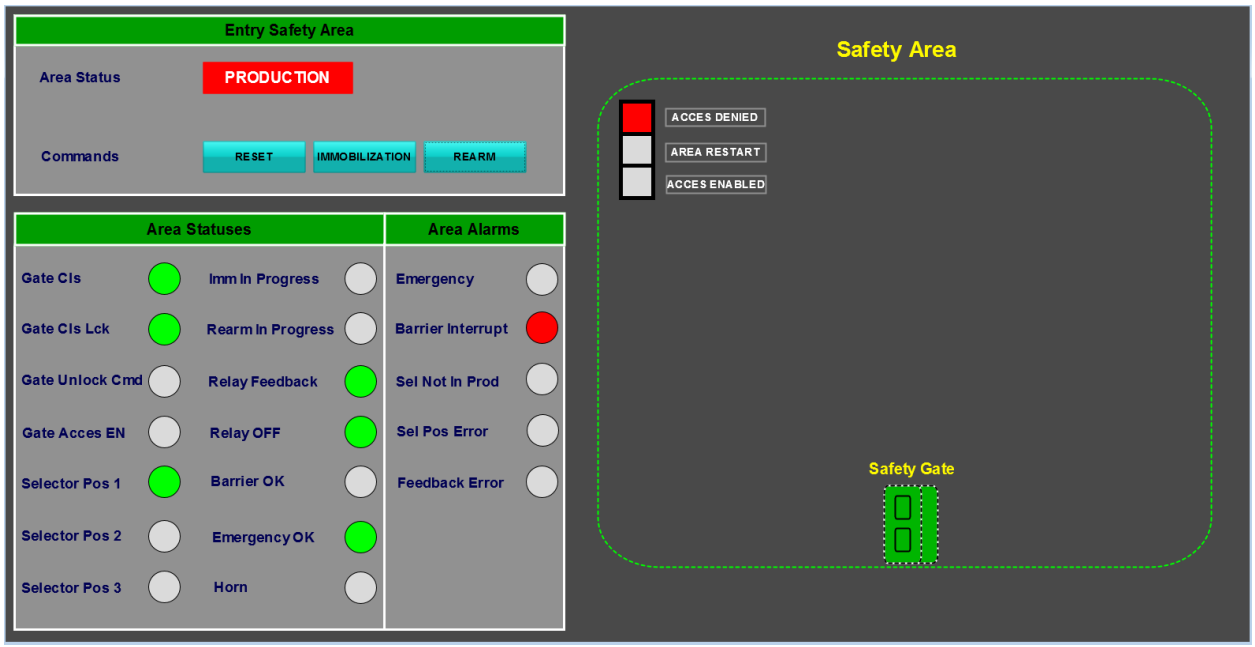
4.4.2. Alarmi postrojenja

Osim statusa, u vizualizaciji su napravljeni alarmi koji se javljaju prilikom situacija koje ne pripadaju u uobičajeni način upravljanja postrojenjem. Na slici 4.39. prikazan je alarm kada je stisnuta tipka za zaustavljanje u nuždi (gljiva).



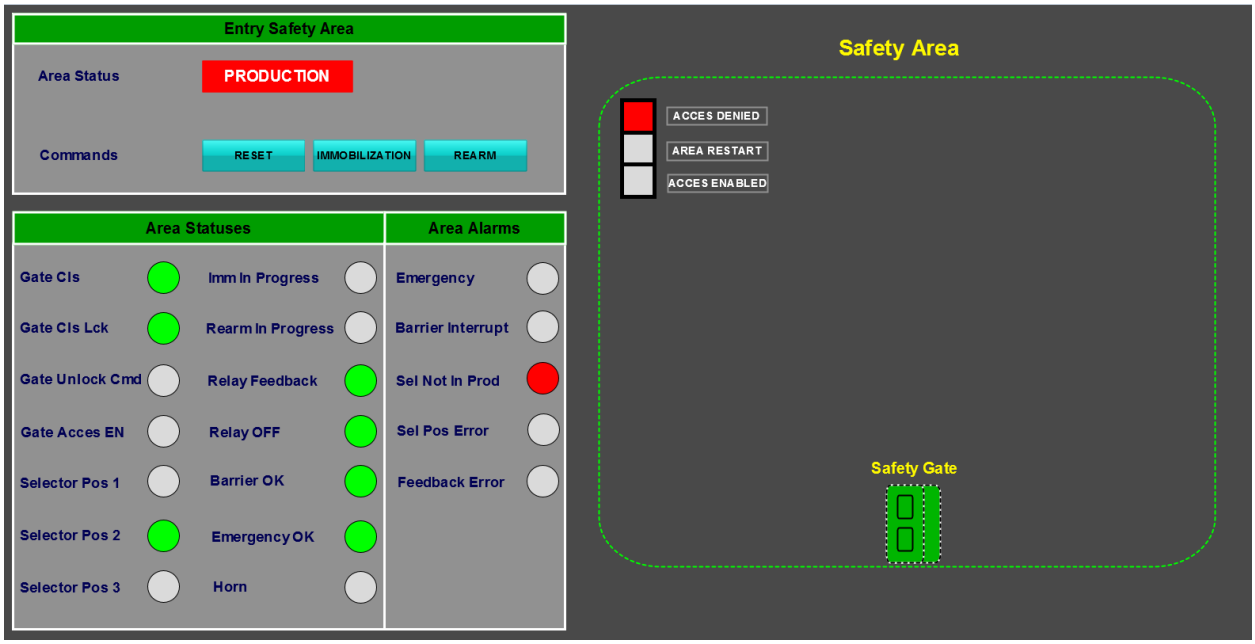
Slika 4.39. *Stisnuta tipka za zaustavljanje u nuždi.*

Alarm prekida laserske barijere (Slika 4.40.) javlja se prilikom detekcije objekta ili osobe koja se nalazi u području koje zahvaća laserska barijera. Nakon detektiranja laserska barijera isključuje uređaje u području koje se osigurava. U ovom primjeru na postrojenju isključuje kontaktor koji se ne može uključiti sve dok se objekt ili osoba ne skloni iz područja detekcije i izvrši reset laserske barijere.

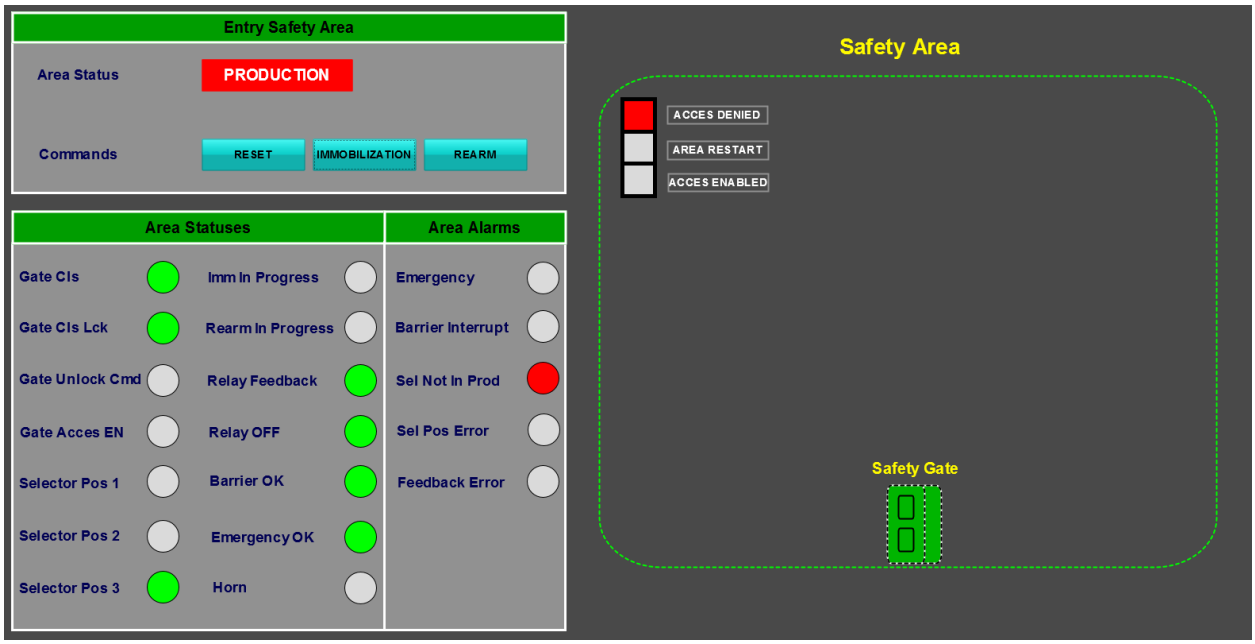


Slika 4.40. *Prekid laserske barijere.*

Alarm selektor nije u poziciji proizvodnje javlja se pri početnom pokretanju postrojenja. Kako je prethodno navedeno, početno stanje postrojenja je stanje proizvodnje u tom slučaju selektor mora biti u poziciji 1 (pozicija proizvodnje). Na slikama 4.41. i 4.42. vidljivo je da je selektor u poziciji 2 odnosno 3 i zbog toga se javlja alarm koji je aktivan sve dok selektor nije u poziciji 1.

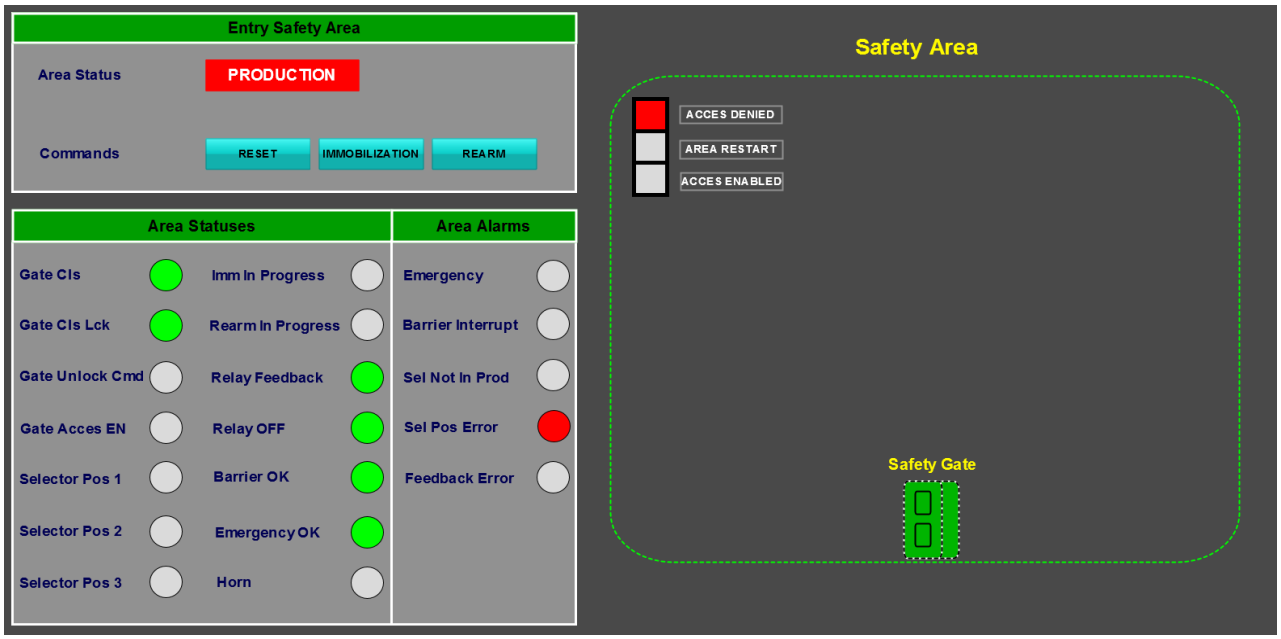


Slika 4.41. *Selektor nije u poziciji proizvodnje, pozicija 2 .*



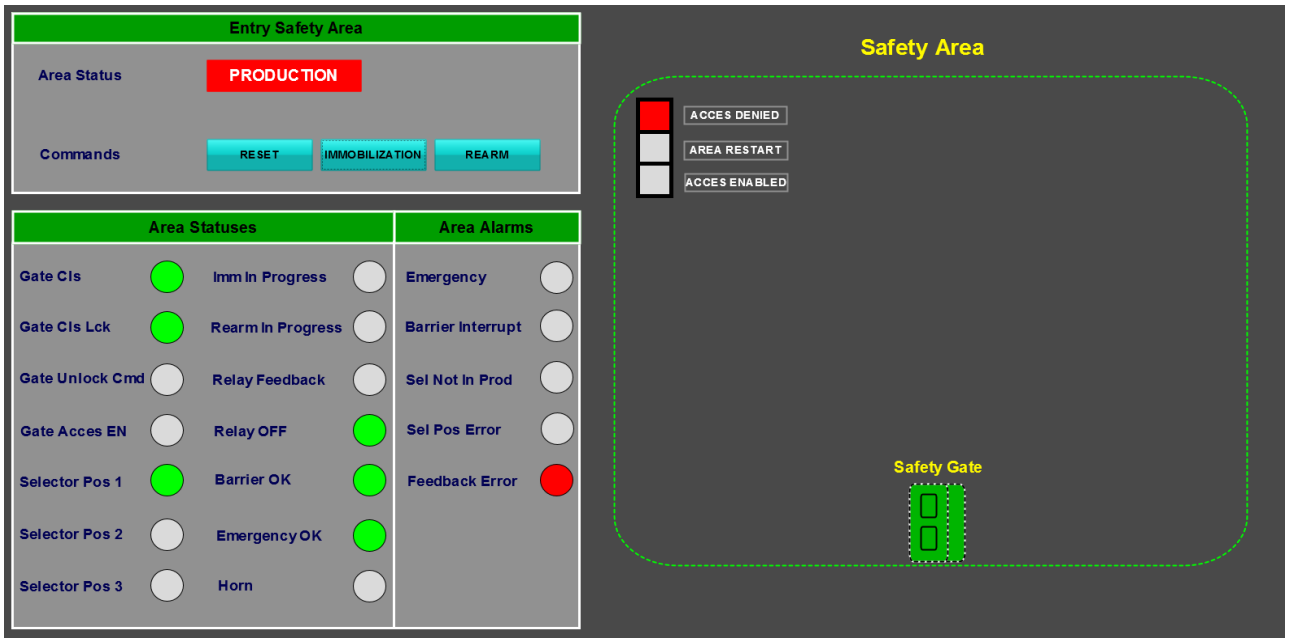
Slika 4.42. *Selektor nije u poziciji proizvodnje, pozicija 3 .*

Alarm pogreške pozicije selektora je stanje kada selektor nije niti u jednoj od mogućih 3 pozicija u kojima može biti (Proizvodnja, Imobilizacija i Održavanje) odnosno selektor je neispravan (Slika 4.43.).



Slika 4.43. *Pogreška pozicije selektora.*

Alarm pogreške povratne veze se javlja kada je relej neispravan ili kada je vodič kojim je relej (kontaktor) povezan na digitalni ulaz kontrolera u prekidu. U slučaju na slici 4.44. isceniran je prekid vodiča povratne veze, nakon čega se uključio alarm.



Slika 4.44. *Pogreška povratne veze.*

4.5. Provjera funkcionalnosti izrađenog sigurnosnog programa

Provjera funkcionalnosti sigurnosnog programa izvršena je na simulatoru postrojenja, te pomoću vizualizacije napravljene u programskom alatu WinCC. Sama provjera ispravnosti izvršava se pomoću uključenosti žarulja signalnog semafora, koji se nalazi na simulatoru postrojenja i uz paralelnu provjeru uključenosti statusa i alarma u vizualizaciji koja se nalazi na računalu.

Kako bi se moglo provjeriti da li je sigurnosni program funkcionalan moramo znati stanja rada semafora (vidljivo u tablici 4.3.). Provjera programa započinje uključivanjem simulatora postrojenja, pri kojem se uključuje crvena žarulja na signalnom semaforu. Crvena žarulja označava početno stanje proizvodnje, odnosno ulazak u postrojenje nije dozvoljen (vrata su zaključana). Slijedeće stanje je stanje prelaska u imobilizaciju. Stanje prelaska u imobilizaciju pokreće se prebacivanje selektora u poziciju 2 i stiskom komande u vizualizaciji (IMMOBILIZATION) koje traje 6 sekundi, pri čemu je na semaforu uključena crvena žarulja, a zelena se uključuje/isključuje frekvencijom 2 Hz. Nakon 6 sekundi dolazi do isključivanja svih uređaja koji se nalaze u osiguravanom postrojenju, te kako je opisano u tablici 4.3. uključuje se zelena žarulja, koja označava da je postrojenje imobilizirano (vrata su otključana). Slijedeće stanje je jedinstveno stanje imobilizacije, a naziva se održavanje. Da bi se postiglo to stanje, selektor se prebacuje u poziciju 3, koji označava stanje održavanja, te se na signalnom semaforu uključuje žuta žarulja koja konstantno uključena. Stanje održavanja je jedinstveno stanje imobilizacije, u kojem se mogu pokrenuti dozvoljeni dijelovi postrojenja pri puno manjim brzinama, nego kada su u proizvodnji s ciljem uočavanja pogrešaka koje se mogu dogoditi u postrojenju. Pokretanje uređaja (u našem slučaju uređaj izveden pomoću kontaktora) u postrojenju postižemo stiskom Hold To Run tipkala, pri čemu se uključuje žuta žarulja na signalnom semaforu, kao i sirena koja se uključuje i isključuje frekvencijom 2 Hz. Puštanjem Hold To Run tipkala uređaj (kontaktor) se isključuje, na semaforu se žuta žarulja ostaje uključena, a sirena se isključuje. Slijedeće stanje je stanje vraćanja postrojenja iz imobilizacije u proizvodnju, što se postiže prebacivanje selektora u poziciju 1 i stiskom komande u vizualizaciji (REARM). Na semaforu se uključuje/isključuje žuta žarulja, kao i sirena frekvencijom 2 Hz, a crvena žarulja je konstantno uključena. Nakon isteka 10 sekundi žuta žarulja i sirena se isključuju, a crvena žarulja ostaje konstanto uključena što predstavlja da je simulator postrojenja u proizvodnji, odnosno uređaj (kontaktor) se uključio.

Na simulatoru postrojenja uz normalan rad iscenirana su i nedozvoljena stanja u kojem dolazi do sigurnosnog isključenja uređaja (kontaktora). Prilikom tih stanja na vizualizaciji simulatora postrojenja dolazi do uključenja alarma i sigurnosnog isključivanja kontaktora.

Nakon ispitivanja simulatora postrojenja na kojem je ispitivana funkcionalnost sigurnosnog programa pomoću stanja uključenosti žarulja signalnog semafora i vizualizacije simulatora postrojenja na računalu, utvrđeno je da je program u potpunosti ispravno napisan i funkcionalan.

5. ZAKLJUČAK

U diplomskom radu je bilo potrebno opisati Siemensov sigurnosni distribuirani sustav, prikazati njegovu primjenu na stvarnom primjeru te izraditi vizualizaciju postrojenja. Za prikaz primjene sigurnosnog sustava i provjeru izrađenog sustava zaštite izrađeno je postrojenje na kojem je implementiran program. Postrojenje se sastoji od tri zaštitna uređaja: tipka za zaustavljanje u nuždi (gljiva), laserska barijera i sigurnosna brava, koji zajedno postižu potrebnu klasu sigurnosti SIL 3. Osim zaštitnih uređaja na postrojenju se nalaze i drugi uređaji koji su potrebni za rad postrojenja, kao što je signalni semafor, selektor, tipkala, I/O modul sa ulaznim i izlaznim digitalnim karticama, kontaktor te sam PLC.

Postrojenje posjeduje tri stanja u kojima se može nalaziti, a to su proizvodnja, imobilizacija i održavanje. Proizvodnja je stanje kada su uređaji u postrojenju koje se štiti uključeni te je onemogućen ulazak u postrojenje sve dok se uređaji ne isključe. Imobilizacija je stanje kada je postignuto isključeno stanje uređaja i omogućen je ulazak u postrojenje koje se štiti. Održavanje je posebno stanje imobilizacije u kojem se pomoću Hold to run tipkala mogu pokrenuti dozvoljeni dijelovi postrojenja pri smanjenim brzinama u svrhu opažanja ponašanja postrojenja u radu kako bi se otklonile greške koje se događaju u postrojenju za vrijeme stanja proizvodnje.

Također izrađena je i vizualizacija u programskom alatu WinCC. Vizualizacija sadržava statuse, alarme i komande preko kojih se mogu vidjeti stanja u kojima je postrojenje, a preko komandi omogućeno je upravljanje postrojenje.

Posebno treba voditi računa pri dodavanju hardverske konfiguracije postrojenja, kao i o postavkama safety kartica. Pogrešno dodana hardverska konfiguracija kao i postavke safety kartica mogu uzrokovati oštećenje postrojenja te ozlijediti ljude koji se nalaze u sigurnosnom postrojenju.

Svrha ovog diplomskog rada je bila prikazati Siemensov sigurnosni distribuirani sustav na umanjenoj verziji postrojenja što je postignuto izradom simulatora postrojenja koji je uspješno implementiran i testiran.

LITERATURA

1. https://support.industry.siemens.com/cs/attachments/12490443/s7_safety_engineering_system_manual_en-US_en-US.pdf?download=true (pristup 7. 5. 2019)

2. https://public.eandm.com/Public_Docs/S7_Failsafe_safety_config_and_prog.pdf (pristup 6.5.2019)

3. https://www.google.com/search?q=profibus+dp+cable&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjq2oTv583iAhXjl4sKHXBpAtoQ_AUIECgB&biw=1229&bih=603#imgrc=4Yo1pOZUYAdTfM: (pristup 10.5.2019)

4. https://www.automatika.rs/baza-znanja/obrada-signala/profibus-dp-protokol-povezivanje-komunikacija-i-mreza.html (pristup 10.5.2019)

5. https://www.fer.unizg.hr/_download/repository/EMP_Profinet[5].pdf (pristup 10.5.2019)

6. https://www.pccweb.com/wpcontent/uploads/2015/08/Siemens_PLC_Trusting_Safety_PLCs.p df (pristup 10.5.2019)

7. http://www.graphis.hr/news/simatic/Simatic_perje_web.pdf (pristup 14.5.2019)

8. https://media.distributordatasolutions.com/seimens/2017q1/de8a09e1be60925af0982464a418c518b370ef89.pdf (pristup 12.5.2019)

9. https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Product/6ES7414-3FM07-0AB0 (pristup 24.5.2019)

10. https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Product/6ES7407-0KA02-0AA0 (pristup 24.5.2019)

11. https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Product/6ES7155-6AU01-0BN0 (pristup 25.5.2019)

12. https://media.distributordatasolutions.com/seimens/2017q1/a6bc6fc3c1a0f4718f02b41469a645f51828afdf.pdf (pristup 25.5.2019)

13. https://octopart.com/6es71556aa010bn0-siemens-85334568 (pristup 25.5.2019)

14. http://www.filkab.com/files/category_files/file_3029_bg.pdf (pristup 30.5.2019)

15. https://support.industry.siemens.com/cs/document/6008679/siriussignaalkolommen?dti=0&dl=nl&pnid=16027&lc=de-AT,pristupljeno (pristup 30.5.2019)

16. https://ua.all.biz/en/alarm-columns-of-sirius-8wd42-g6699280#.XPKlhogzZPY

(pristup 1.6.2019)

17. https://www.sick.com/us/en/opto-electronic-protective-devices/safety-light-curtains/c4000-palletizer/c/g187263 (pristup 1.6.2019)

18. https://www.sick.com/media/docs/5/15/615/Operating_instructions_C4000_Palletizer_Standard_Adcanced_C4000_Fusion_en_IM0026615.PDF (pristup1.6.2019)

19. https://www.electricautomationnetwork.com/en/siemens/3su1000-1hb20-0aa0-3su10001hb200aa0-siemens-em-stop-mushroom-pushbutton-22mm-round-plastic-red-40mm-p (pristup 2.6.2019)

20. https://www.electricautomationnetwork.com/en/siemens/3su1000-1hb20-0aa0-3su10001hb200aa0-siemens-em-stop-mushroom-pushbutton-22mm-round-plastic-red-40mm-p (pristup 3.6.2019)

21. https://www.pizzato.com/media/images/catalog/item/File/pdf/ZE_GCS01A17/ZE_GCS01A17-ENG_113-126.pdf (pristup 3.6.2019)

22. https://w3.siemens.com/mcms/distributed-io/en/ip20-systems/et-200sp/failsafe-io/pages/default.aspx#w2gImg-/mcms/distributed-io/en/ip20-systems/et-200sp/failsafe-io/PublishingImages/et200-sp-f-dq-450.jpg (pristup 3.6.2019)

23. https://www.automation24.co.uk/siemens-simatic-et-200sp-di-8x-24vdc-st-6es7131-6bf01-0ba0 (pristup 3.6.2019)

24. https://www.plc-city.com/shop/en/siemens-distributed-i-o-simatic-et-200sp/6es7136-6db00-0ca0-nfs.html (pristup 3.6.2019)

25. https://www.scribd.com/document/101457392/S7-Distributed-Safety-Getting-Started (pristup 7.12.2019)

SAŽETAK

U ovom diplomskom radu opisano je postrojenje na kojoj je implementiran Siemensov sigurnosni distribuirani sustav. Programski dio pisan je u Siemensovom programskom alatu SIMATIC Manager Step 7. Radom postrojenja upravlja Siemensov PLC iz serije S7-400 koji je spojen na I/O modul ET 200SP, na kojem se nalaze ulazne i izlazne standardne i safety kartice. Postrojenje sadržava tri zaštitna uređaja koji postižu klasu sigurnosti SIL 3, a to su sigurnosna brava, laserska barijera, tipka za zaustavljanje u nuždi (gljiva). Vizualizacija postrojenja je izrađena u programskom alatu WinCC koji sadržava komande, alarme i statuse. Postrojenje posjeduje tri stanja u kojima se može nalaziti, a to su proizvodnja, imobilizacija i održavanje. Stanja u kojima se nalazi postrojenje vidljivi su preko stanja uključenosti žarulja signalnog semafora.

Ključne riječi: Siemensov sigurnosni distribuirani sustav, SIMATIC Manager, ET 200SP, SIL3, safety kartice, WinCC, proizvodnja, imobilizacija, održavanje.

ABSTRACT

SAFETY AREA SOFTWARE WITH CONTROL OF SAFETY GATE/LOCK AND DEVICES INSIDE SAFETY AREA

This thesis describes a model on which a Siemens distributed safety system was implemented. The software part is written in the Siemens SIMATIC Manager Step 7. The model is operated by the Siemens PLC of the S7-400 series, which is connected to the I / O module ET 200SP which contains standard and safety card inputs and outputs. The model contains three safety devices that achieve the safety class SIL 3, security lock, light curtain, emergency stop mushroom pushbutton. The visualization was created in a WinCC software package containing commands, alarms and statuses. The model has three states in which it can accur: production, immobilization and maintenance. The states in which the model is accurred are visible via the light of signal semaphore.

Key words: Siemens Distributed Safety System, SIMATIC Manager, ET 200SP, SIL3, Safety Cards, WinCC, production, immobilization, maintenance.

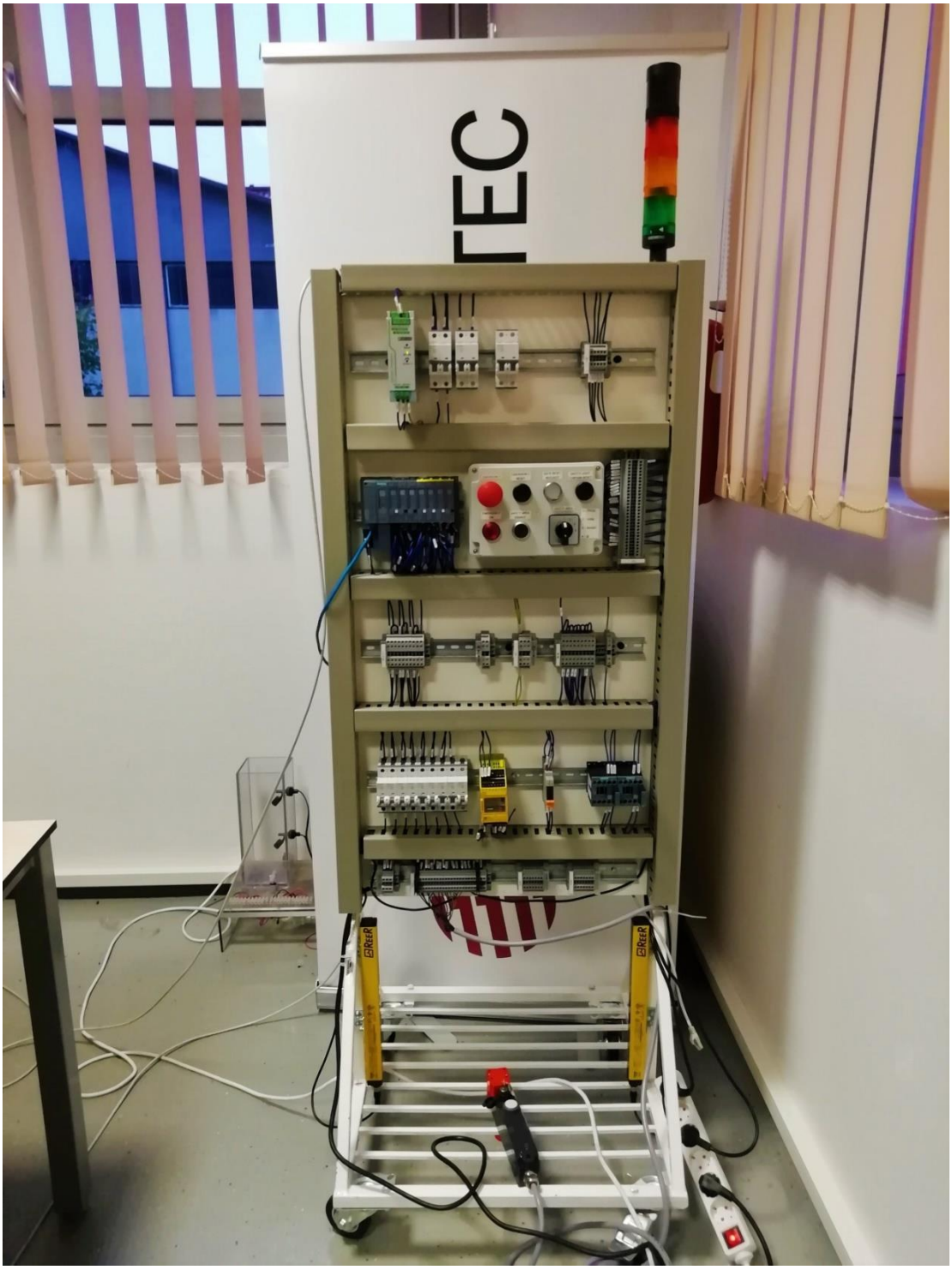
ŽIVOTOPIS

Igor Šubarić, rođen je 4. travnja 1994. godine. Osnovnu školu od prvog do četvrtog razreda pohađa u mjestu Ivanovo, a zatim od petog do osmog razreda pohađa u mjestu Viljevo, te ju završava 2009. godine. Po završetku osnovne upisuje srednju Stručnu školu u Valpovu, smjer elektrotehničar, te ju 2013. godine završava i stječe zvanje elektrotehničar s temom maturalnog rada (Sklop za ispitivanje dioda i tranzistora). Godine 2013. upisuje se na Elektrotehnički fakultet u Osijeku smjer elektroenergetika stručni studij, koji završava pod nazivom završnog rada (Mjerenje struje bez prekidanja strujnog kruga). Nakon razlikovnih obveza upisuje diplomski studij na Fakultetu elektrotehnike računarstva i informacijskih tehnologija u Osijeku, smjer industrijska elektroenergetika.

Vlastoručni potpis:_____

PRILOG 1

Slika P.1. predstavlja izgled simulatora postrojenja na kojem je implementiran sigurnosni program.



Slika P.1. *Simulator postrojenja.*

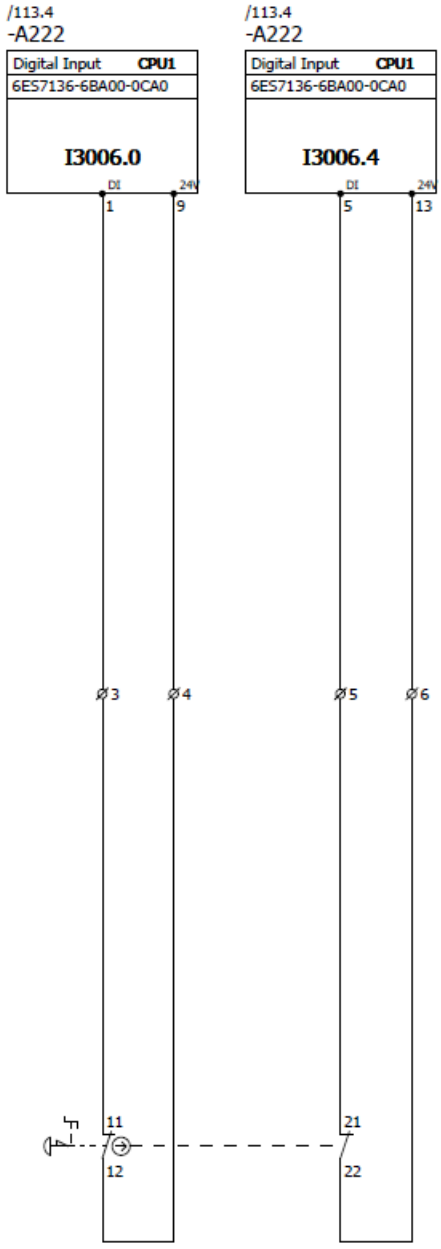
PRILOG 2

Slika P.2. predstavlja izgled komandnog panela simulatora postrojenja koji se nalazi izvan osiguravanog postrojenja

Slika P.2. *Komandni panel simulatora postrojenja.*

PRILOG 3

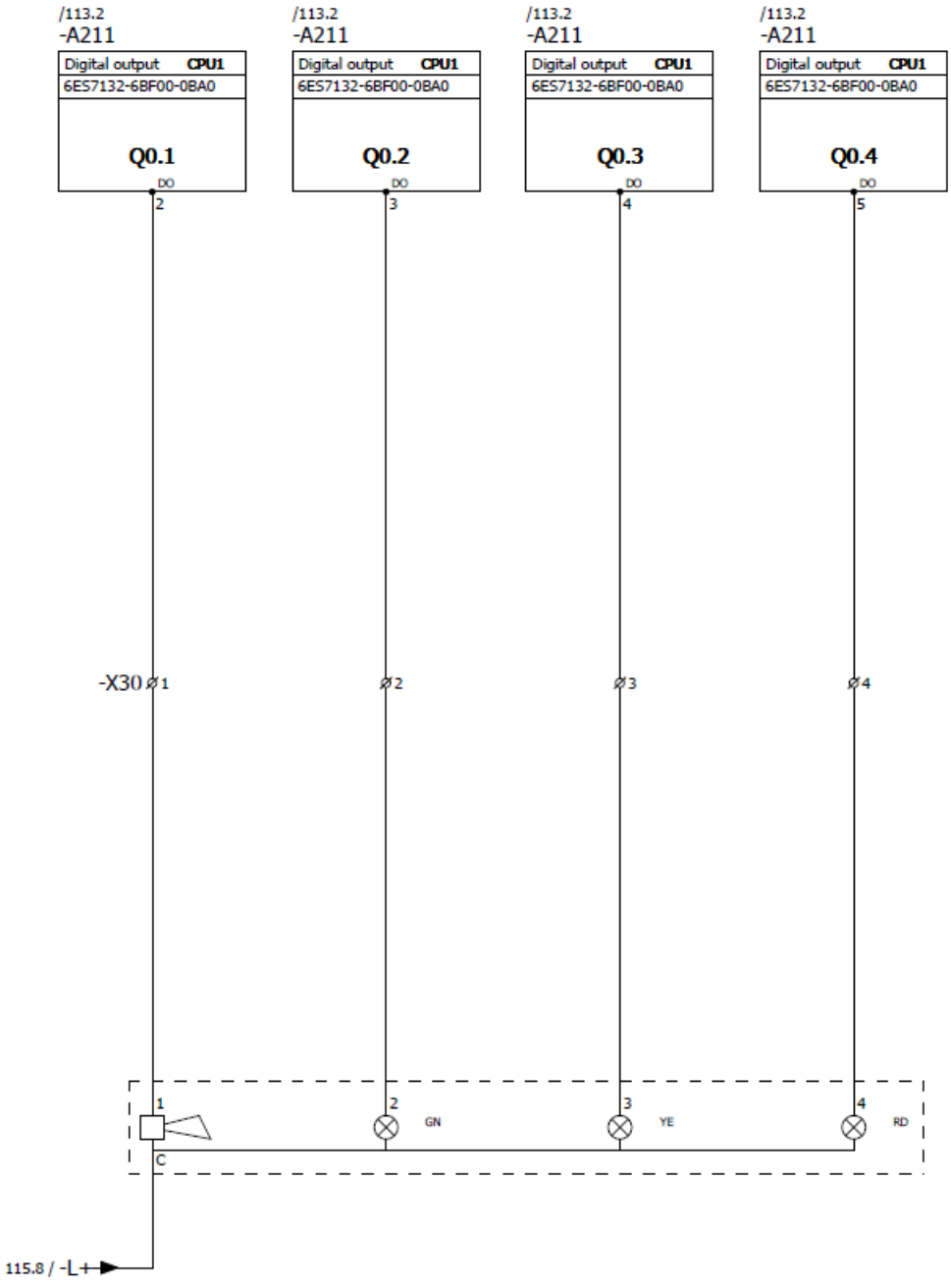
Slika P.3. predstavlja električnu shemu spajanja tipke za zaustavljanje u nuždi na safety karticu.



Slika P.3. *Električna shema tipke za zaustavljanje u nuždi.*

PRILOG 4

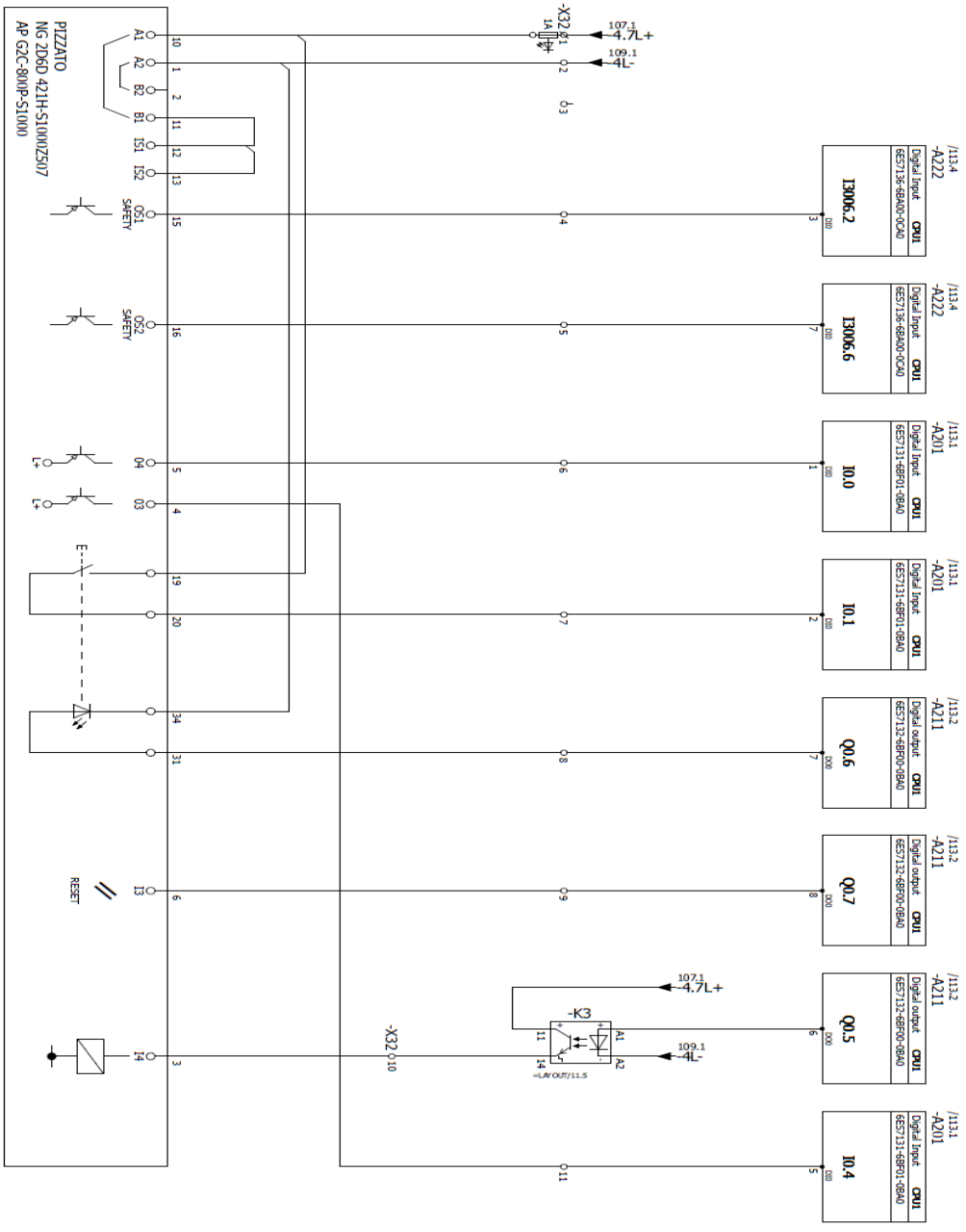
Slika P.4. predstavlja električnu shemu spajanja signalnog semafora na safety karticu.



Slika P.4. *Električna shema signalnog semafora.*

PRILOG 5

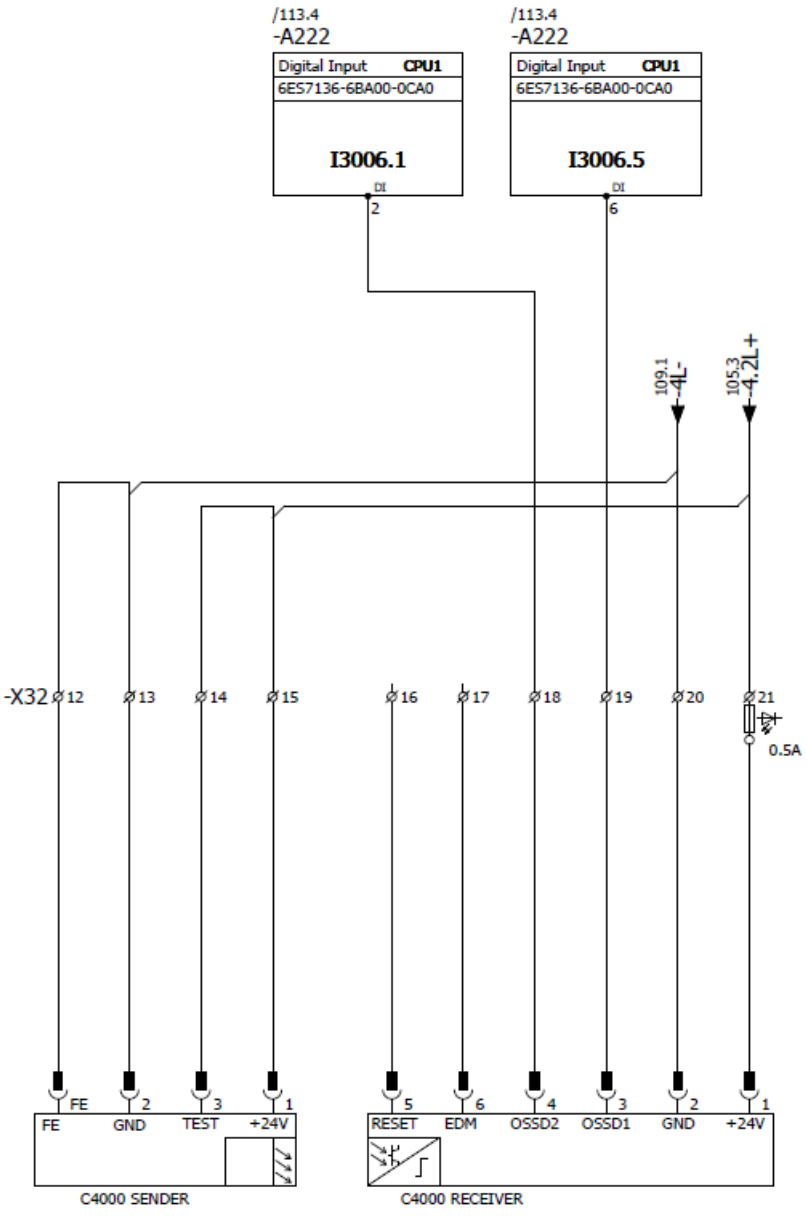
Slika P.5. predstavlja električnu shemu spajanja sigurnosne brave na safety karticu.



Slika P.5. *Električna shema sigurnosne brave.*

PRILOG 6

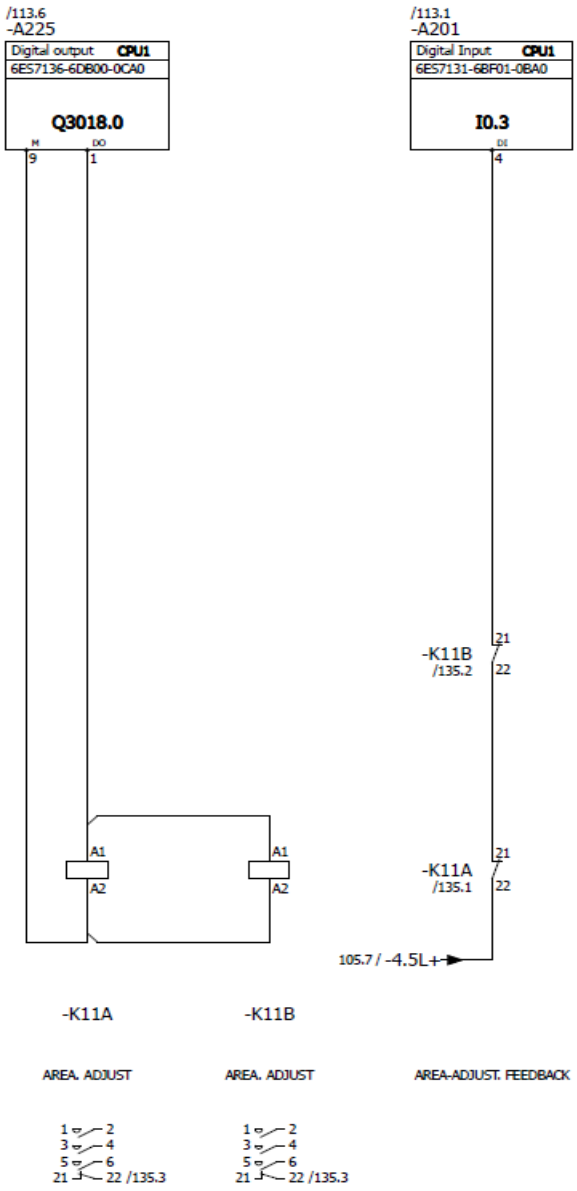
Slika P.6. predstavlja električnu shemu svjetlosne barijere na safety karticu.



Slika P.6. *Električna shema svjetlosne barijere.*

PRILOG 7

Slika P.7. predstavlja električnu shemu spajanja kontaktora na safety karticu.



Slika P.7. *Električna shema kontaktora.*