

Automatizacija linije punjenja posuda sa kreatinom

Švaco, Marko

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:908661>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-27**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





Sveučilište Sjever

Završni rad br. 541/EL/2024

Automatizacija linije punjenja posuda sa kreatinom

Marko Švaco, 0336051301

Varaždin, rujan 2024. godine



Sveučilište Sjever

Odjel za Elektrotehniku

Završni rad br. 541/EL/2024

Automatizacija linije punjenja posuda sa kreatinom

Student

Marko Švaco, 0336051301

Mentor

Doc.dr.sc. Dunja Srpak

Varaždin, rujan 2024. godine

Prijava završnog rada

Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za elektrotehniku		
STUDIJ	preddiplomski stručni studij elektrotehnike		
PRISTUPNIK	Marko Švaco	MATIČNI BROJ	0336051301
DATUM	23.08.2024.	KOLEGIJ	Automatizacija strojeva i uređaja
NASLOV RADA	Automatizacija linije punjenja posuda sa kreatinom		
NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	Automation of the filling line for boxes with creatine		

MENTOR	Dunja Srpak	ZVANJE	docent
ČLANOVI POVJERENSTVA	1. prof.dr.sc. Dario Matika		
	2. Josip Srpak, viši predavač		
	3. Doc.dr.sc. Dunja Srpak		
	4. Miroslav Horvatić, viši predavač		
	5. _____		

Zadatak završnog rada

BROJ	541/EL/2024
------	-------------

OPIS
U završnom radu treba objasniti način primjene upravljanja automatiziranim linijama pomoću PLC-a i vizualizacije, s naglaskom na prednostima u odnosu na proizvodnju pomoću pojedinačnih nezavisnih strojeva. Zatim opisati način rada automatizirane linije sa strojevima za punjenje i pakiranje kreatina. Nakon toga je potrebno izraditi program za PLC i vizualizaciju i izvršiti testiranje u simulatoru.

Pri tome rad treba sadržavati:

- opis načina automatiziranja primjenom suvremenih tehnologija
- opis predviđene opreme za izradu automatizacije linije za punjenje i pakiranje
- sheme spajanja predviđenih elemenata sustava automatizacije
- opis rada programa za PLC
- prikaz načina upravljanja pomoću HMI sučelja
- analizu rezultata testiranja izrađenog rješenja.

ZADATAK URUČEN

26.08.2024.



Dunja Srpak

Predgovor

Zahvaljujem se mentorici Dunji Srpak na pomoći, kvalitetnim uputama i prenesenom znanju tijekom pisanja. Također zahvaljujem na savjetima i podršci kolega. Zahvaljujem se svim profesorima i djelatnicima Sveučilišta Sjever na prenijetom znanju i iskustvima. Zahvaljujem se obitelji i prijateljima na njihovoj podršci i razumijevanju te odricanju koje su imali tijekom moga školovanja.

Marko Švaco

Sažetak

Ideja završnog rada je napraviti program i vizualizaciju za dio postrojenja koji se koristi u tvornici. Postrojenje se sastoji od dvije pokretne trake, dva servo motora, te dva laserska senzora. Iznad prvog senzora nalazi se stroj koji može obavljati funkcije punjenja, a iznad drugog senzora se nalazi stroj koji obavlja funkciju pakiranja punih posuda s kreatinom. Za vizualizaciju i izradu programa korištena je Siemens oprema, koja je poznata po svojoj pouzdanosti i širokoj upotrebi u industrijskim automatizacijama. Programiranje je izvršeno u Siemens TIA Portal v18, što omogućava komunikaciju svih komponenti sustava u jedno okruženje i olakšava proces razvoja, testiranja i održavanja programa. Vizualizacija je izrađena s pomoću S7-PLCSIM v18 softvera, koji simulira rad PLC-a i omogućava provjeru ispravnosti programa prije nego što se implementira na stvarnom postrojenju. Ova linija predstavlja osnovu za industrijsku primjenu i može se dalje nadograđivati kako bi se prilagodila potrebama tvornice. Nadogradnja je moguća dodavanjem drugih senzora i aktuatora, optimizacije postojećih funkcija te komunikacije s drugim sustavima u tvornici.

KLJUČNE RIJEČI : PLC, HMI, senzor, servo motor, servo pogon.

Summary

The idea of the final work is to create a program and visualization for a part of the plant that is used in the factory. The plant consists of two conveyor belts, two servo motors and two laser sensors. Above the first sensor, is a machine that can perform filling functions, and above the second sensor there is a machine that performs the function of packing full containers with creatine. Siemens equipment, known for its reliability and wide use in industrial automation, was used for visualization and program creation. Programming was done in Siemens TIA Portal v18, which enables communication of all system components in one environment and facilitates the process of program development, testing and maintenance. The visualization was made using S7-PLCSIM v18, a software that simulates the operation of the PLC and checks the correctness of the program before it is implemented in a real plant. This line represents the basis for industrial application and can be further upgraded to adapt to the needs of the factory. Upgrading is possible by adding other sensors and actuators, optimization of existing functions and communication with other systems in the factory.

KEY WORDS: PLC, HMI, sensor, servo motor, servo drive.

Popis korištenih kratica

A	(eng. ampere) - amper
AI	(eng. Artificial intelligence) - umjetna inteligencija
DC	(eng. Direct current) – istosmjerna struja
FBD	(eng. Function Block Diagram) - funkcijski blok dijagram
HMI	(eng. Human Machine Interface) – čovjek stroj sučelje
HSC	(eng. High Speed Counting) – brzi brojač
Hz	(eng. Herz) – herz
IoT	(eng. Internet of Things) - internet stvari
IIoT	(eng. Industrial Internet of Things) - industrijski internet stvari
LAD	(eng. Ladder Diagram) - ljestvičasti dijagram
mA	(eng. Milliampere) – miliamper
MAC	(eng. Media Access Control) - kontrola pristupa medijima
PLC	(eng. Programmable Logic Controller) – programabilni logički kontroler
PTO	(eng. Pulse Train Output) - izlaz slijeda impulsa
PH	(eng. Idling) – prazan hod
SCL	(eng. Structured Control Language) - strukturirani kontrolni jezik
STL	(eng. Statement List) - popis izjava
TIA	(eng. Totally Integrated Automation) - softver
USB	(eng. Universal Serial Bus) - univerzalna serijska sabirnica
V	(eng. Voltage) – mjerna jedinica za napon , volt

Sadržaj

1.	Uvod.....	1
2.	Suvremena tehnologija.....	2
2.1	Industrijska automatizacija.....	2
2.2	Prednosti potpuno automatiziranih sustava.....	4
3.	Opis načina rada postrojenja.....	6
3.1	Opis rada postojenja	6
4.	Oprema i alati.....	8
4.1.	PLC.....	8
4.2.	HMI.....	8
4.3.	TIA Portal.....	9
4.4.	EPLAN	11
4.5.	Servo motor	12
4.6.	Servo pogon.....	15
4.7.	Senzor Turck Q4XFILAF610-Q8	17
4.8.	Povezivanje PLC – HMI - S7-PLCSIM v18.....	19
5.	Program.....	23
5.1	Main	23
5.2	Funkcijski blok.....	24
5.3	Vizualizacija.....	28
6.	Električna shema.....	31
6.1	Vrste shema	31
7.	Upravljačka shema.....	35
7.1	Opis upravljačke sheme	35
8.	Analiza ideje i usporedba s sličnim postrojenjima	37
8.1	Prednosti i mane	37
8.2	Usporedba s drugim postrojenjima za punjenje kreatinom	38
9.	Zaključak.....	39
	Literatura.....	40
	Popis slika	41
	Popis tablica.....	43
	Prilozi.....	44

1. Uvod

U današnjem svijetu industrije, automatizacija predstavlja ključnu ulogu za povećanje efikasnosti i kvalitete proizvoda. Automatizacija omogućava smanjenje troškova, povećanje proizvodnje i poboljšanje kvalitete proizvoda. Ona je značajna u raznim sektorima uključujući prehrambenu, farmaceutsku, kemijsku industriju, ali i mnoge druge grane industrije kao što su automobilska, tekstilna i elektronička. Za izradu sustava automatizacije nužno je pripremiti projektnu dokumentaciju i odabrati potrebnu opremu. PLC je glavna komponenta svakog automatiziranog sustava i omogućava fleksibilno programiranje i prilagodbu na različite operativne procese.

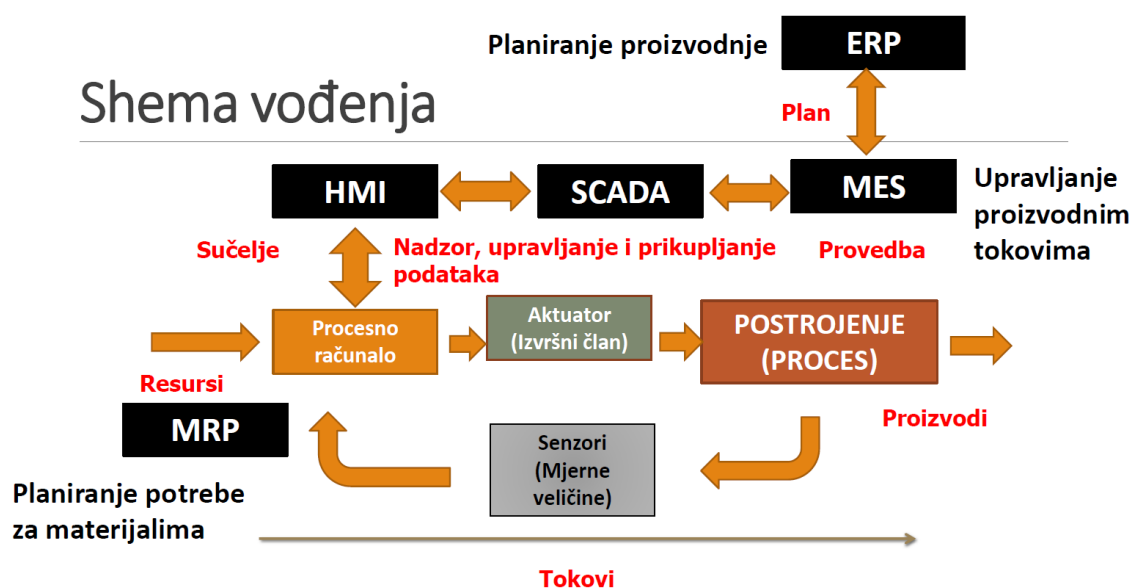
U ovom završnom radu, svrha je bila napraviti jednostavni dio postrojenja za punjenje kreatinom, koristeći dva servo motora i dva laserska senzora. Laserski senzori šalju signal do stroja za punjenje i pakiranje, koji zatim precizno dozira i pakira kreatin u posude. Ovaj jednostavni primjer može poslužiti kao osnova za daljnju nadogradnju i proširenje sustava, uključujući implementaciju dodatnih senzora i aktuatora, te optimizaciju procesa kako bi se postigla još veća efikasnost i kvaliteta proizvodnje. Također, ovaj sustav može biti dio šireg automatiziranog proizvodnog procesa, povezan s drugim sustavima za skladištenje.

2. Suvremena tehnologija

2.1 Industrijska automatizacija

Suvremene tehnologije, posebno one razvijene od strane velikih tvrtki kao što je Siemens, Allen-Bradley, Schneider Electric itd [1], značajno su unaprijedile industrijsku automatizaciju, čineći proizvodne procese učinkovitijima, preciznijima i sigurnijima. Automatizacija omogućava zamjenu mnogih ručnih manipulativnih postupaka, koji su nekada zahtijevali puno vremena i truda, modernim sustavima koji povećavaju produktivnost i smanjuju ljudske pogreške. Prije uvođenja automatizacije, industrijski procesi su se u velikoj mjeri oslanjali na ručni rad. Radnici su morali nadzirati strojeve, mjeriti parametre, prilagođavati postavke i održavati sustave ručno, što je bilo zamorno, sklonije greškama i često opasno. Osnovni elementi za upravljanje u suvremenim sustavima automatizacije su :

- PLC – uređaji, omogućuju programiranje i kontrolu složenih procesa s visokom preciznošću. Siemensov SIMATIC serija PLC-ova je jedna od najpoznatijih i najpouzdanijih na tržištu.
- HMI – sustavi, omogućuju operaterima jednostavno i intuitivno upravljanje i nadzor nad proizvodnim procesima putem zaslona osjetljivih na dodir i vizualnih sučelja.
- SCADA - sustavi omogućuju centralizirano nadgledanje i kontrolu cjelokupnog industrijskog postrojenja, prikupljajući podatke u stvarnom vremenu i omogućujući brzo donošenje odluka, prikazano na slici 2.1.1.



Slika 2.1.1 Shema suvremenih sustava automatizacije [3]

U posljednjih nekoliko godina, implementacija senzora u industriji je napredovala zahvaljujući tehnologijama kao što su internet stvari (IoT), umjetna inteligencija (AI), i industrija 4.0.

IIoT primjenjuje tehnologiju internet stvari (Iot) u industrijskoj grani. Omogućava povezivanje i komunikaciju strojeva, senzora i drugih fizičkih sustava putem interneta. IoT naziv je za fizičke uređaje povezane s internetom (slika 2.1.2). Zahvaljujući sveprisutnim mikrokontrolerima moguće je pretvoriti skoro bilo što u IoT. U kontekstu automatizacije postrojenja, IoT omogućava povezivanje i kontrolu različitih strojeva i uređaja putem interneta. Svi uređaji su povezani putem bežičnih ili žičanih mreža (Wi-Fi, Ethernet). Povezivanje različitih objekata i dodavanjem senzora dolazi do digitalne inteligencije uređaja. IIoT je tehnologija za poboljšanje procesa industrijske proizvodnje. Osnovna platforma za IIoT je Internet stvari (IoT), što je mreža fizičkih uređaja sa sensorima, aktuatorima, elektronikom, softverom i mogućnošću povezivanja i razmjene podataka. Karakteristika u IIoT je da su senzori ugrađeni sve komponente povezane s procesom proizvodnje.

Bitni elementi u IoT sustavu su:

1. senzori - oni prikupljaju podatke iz postrojenja (linije).
2. upravljačka jedinica - podaci prikupljeni s pomoću senzora se pohranjuju u upravljačku jedinicu koja grafički prikazuje prikupljene podatke. Zbog toga se koriste mikrokontroleri s pristupom Internetu [3].
3. izvršni elementi - PLC nadzire izvršne elemente na temelju prikupljenih podataka iz senzora, a pomoću prikupljene vrijednosti moguća je kontrola, kao što je : uključenje i isključenje linije, strojeva u postrojenju itd.
4. komunikacijski protokol - najzastupljeniji protokol u PLC programiranju je Ethernet u okviru PROFINET i PROFIBUS-a, glavni protokol za komunikaciju između uređaja. Korisnost : komunikacija je u "stvarnom vremenu", mogućnost upravljanja motorima, sensorima, HMI uređajima itd.



Slika 2.1.2 Povezivanje IoT uređaja [17]

Umjetna inteligencija (AI) se koristi za optimizaciju performansi, kvalitete, upravljivost i transparentnost proizvodnih procesa. AI ima sposobnost tumačenja vanjskih podataka, učenja iz podataka i s pomoću znanja postiže specifičnost rješavanja problema, samim time jednostavnost i fleksibilnost. Korištenje umjetne inteligencije može modernizirati industriju. AI se odnosi i na inteligenciju koju pokazuju strojevi, odnosno skup algoritama koji omogućuje da stroj radi složene zadatke, pregled radne okoline i poduzimanje akcije kako bi se maksimizirala mogućnost uspješnog postizanja unaprijed zacrtanih ciljeva.

Industrija 4.0 integrira digitalizaciju i automatizaciju, stvarajući pametne tvornice koje su prilagodljive i optimizirane za učinkovitost (slika 2.1.3). Industrije 4.0, uvodi razdoblje inteligentnih i međusobno povezanih sustava. Podaci s IIoT uređaja neprocjenjivi su za održavanje, omogućujući identificirati i riješiti potencijalne kvarove opreme, čime se smanjuje vrijeme zastoja i povećanje operativne učinkovitosti. Drugi značajan trend unutar Industrije 4.0 je povećani fokus na kibernetičku sigurnost, kako tvornice i opskrbeni lanci postaju sve više međusobno povezani i ovisni o digitalnim tehnologijama. Proizvođači ulažu značajna sredstva u napredna sigurnosna rješenja da zaštite osjetljive industrijske podatke, osiguravajući njihov integritet i dostupnost sustava. To uključuje implementaciju tehnika šifriranja, protokola provjere autentičnosti i sustava za otkrivanje upada za povredu kritičnih informacija. [4]



Slika 2.1.3 Primjer industrije 4.0 [21]

2.2 Prednosti potpuno automatiziranih sustava

Automatizacija cjelokupnog proizvodnog procesa, u usporedbi s kupovinom pojedinačnih strojeva, donosi niz prednosti koje značajno poboljšavaju učinkovitost, produktivnost i sigurnost u industrijskim postrojenjima. U ovom završnom radu stroj za pakiranje automatski prima proizvode s proizvodne linije, pakira ih i šalje na sljedeću traku bez potrebe za ljudskom

intervencijom. Mogu raditi neprekidno 24/7, što značajno povećava proizvodnju, dok ručno manipuliranje proizvodom zahtijeva pauze, smjene i može biti usporen ljudskim umorom ili greškama. Automatizacija osigurava kvalitetu proizvoda jer svaki korak u procesu slijedi definirane parametre, dok uz ručne manipulacije procesima, kvaliteta može varirati ovisno o vještinama i pažnji operatera. Automatizirani sustavi mogu se brzo prilagoditi promjenama u proizvodnim zahtjevima, dok u ručnim procesima takve promjene zahtijevaju obuku radnika i prilagodbu radnog procesa. Prikupljanje podataka u stvarnom vremenu, omogućava bolje praćenje i brzu identifikaciju problema, dok je u ručnim procesima praćenje podataka sporije i manje precizno. Kao rezultat svih ovih prednosti, moderni industrijski procesi su mnogo učinkovitiji, pouzdaniji i sigurniji nego prije, smanjujući potrebu za ručnim radom, minimizirajući ljudske pogreške i omogućujući kontinuirani rad, što rezultira većom produktivnošću i nižim troškovima proizvodnje. Slika 2.2.1 prikazuje jedan primjer automatiziranog postrojenja.



Slika 2.2.1 Primjer automatiziranog postrojenja [18]

3. Opis načina rada postrojenja

U ovom završnom radu je za primjer na kojem će biti demonstrirana izrada sustava automatizacije, odabrano postrojenje za punjenje posuda kreatinom.

3.1 Opis rada postrojenja

Na slici 3.1.1 prikazan je dio postrojenja. U nastavku slijedi opis i način rada sklopa.



Slika 3.1.1 Stroj za pakiranje posuda [11]

Opis rada postrojenja:

Prazna posuda dolazi iz postrojenja prema prvom senzoru gdje staje i puni se određeno vrijeme (četiri ili šest sekundi). Nakon što se posuda napuni s kreatinom, stroj za punjenje staje i traka se uključuje nakon čega dolazi na sljedeću pokretnu traku koja je duža radi lakšeg postupka pakiranja. Posuda s kreatinom dolazi puna na drugi senzor gdje se prikupljaju po 3 ili 6 komada (slika 3.1.2). Nakon što je posuda stigla na senzor, detektira dolazak posude i ovisno od odabranoj količini posuda, način rada se mijenja ako je odabrano tri posude u paketu onda nakon svake posude transportna traka se pomakne u vremenskom intervalu od jedne sekunde, no kod naiđe na posljednju posudu traka se pomakne u vremenskom intervalu od tri sekunde. U drugom slučaju ako je odabran način rada od šest posuda nakon svake dvije posude transportna trake se pomiče u vremenskom intervalu od jedne sekunde i posljednji par posuda se pomiče za tri sekunde kad naiđe na senzor broji dva. Nakon prikupljanja pokreće se stroj odnosno mehanizam koji pakira posude. Pakiranje traje određeno vrijeme, kada je pakiranje završeno kartonska kutija se prenosi dalje ili sprema za skladištenje ili transport (slika 3.1.3). U slučaju kvara ili neispravnosti strojeva aktivirat će se alarm. Cijeli proces je automatski, precizan i osigurano je da ne dođe do kontaminacije sadržaja ili pogrešnog pakiranja.



Slika 3.1.2 Prikupljanje posuda [11]



Slika 3.1.3 Transport kroz postrojenje [11]

4. Oprema i alati

U ovom poglavlju je opisana glavna oprema i alati potrebni za realizaciju automatizacije odabranog postrojenja, odnosno linije za punjenje posuda kreatinom.

4.1. PLC

U završnom radu korišten je PLC proizvođača Siemens CPU 1214C DC/DC/DC (6ES7214-1AG40-0XB0), slika 4.1.1 PLC ima firmware verziju 4.6, napon napajanja 24 V. Radna memorija 150 kB. Ugrađeno je 14 digitalnih ulaza od kojih šest ima mogućnost za rad sa brzim brojačima (HSC), 10 digitalnih izlaza, od kojih su četiri PTO, te dva analogna ulaza 0 – 10 V 10bitni.



Slika 4.1.1 PLC S7-1200 [12]

4.2. HMI

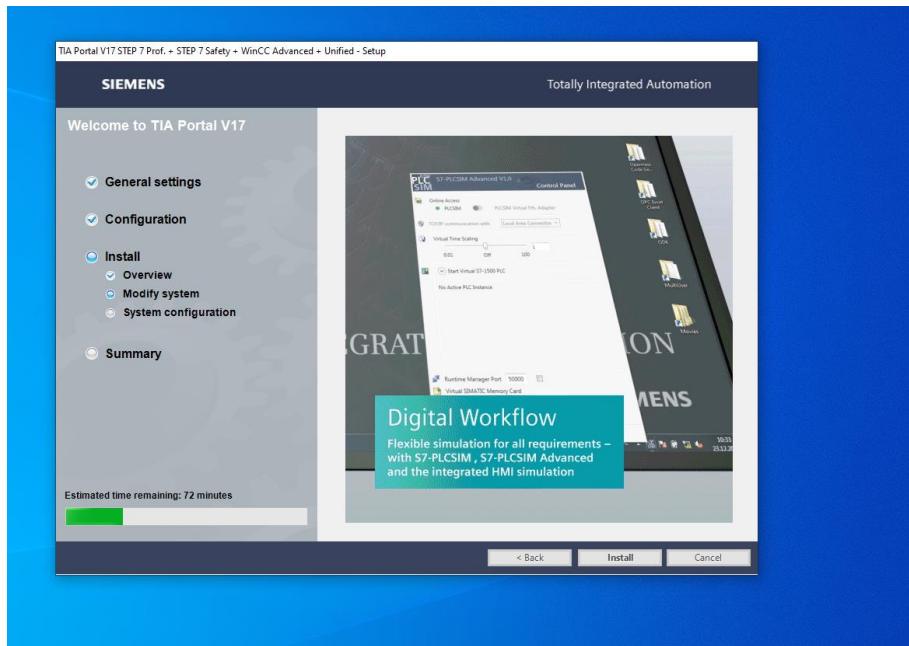
Za upravljanje korišten je HMI KTP1200 Basic PN (6AV2123-2MB03-0AX0). Zaslon je veličine 12“ mogućnost rada dodir ili 10 tipki na ekranu. Napon napajanja 24 V DC , sučelja koja sadrži su profinet, ethernet i USB. Rezolucija ekrana je 1280 x 800. Memorija samog ekrana je 10 MB. Slika 4.2.1 prikazuje HMI korišten u završnom radu.



Slika 4.2.1 HMI KTP1200 [13]

4.3. TIA Portal

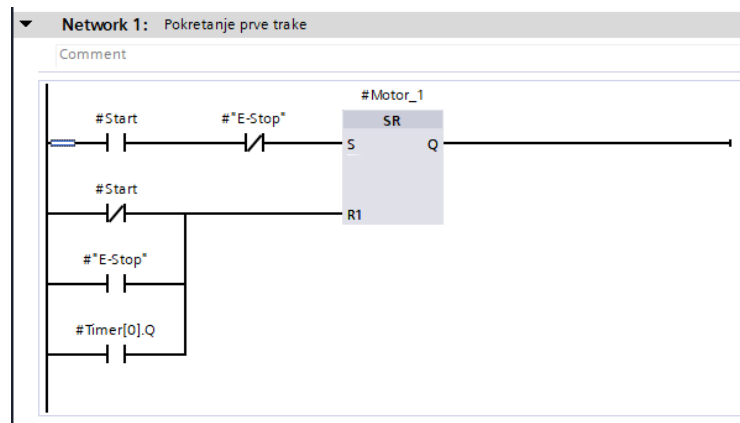
Za izradu programa korišten je TIA Portal v18 (Totally Integrated Automation) trenutno najnovija verzija koju je razvio Siemens za automatizaciju industrijskih postrojenja (slika 4.3.1). TIA Portal je univerzalan program koji omogućava programiranje, dizajniranje automatskih sistema i procesa, odnosno spaja programiranje u više jezika, vizualizaciji s pomoću HMI sustava i prikupljanje i analizu podataka sa SCADA-e.



Slika 4.3.1 Instalacija Tia Portal v18

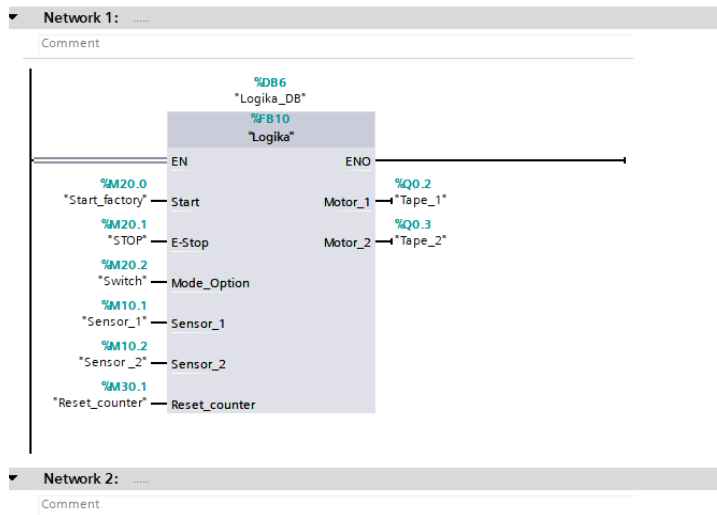
Pregled jezika koji se mogu koristiti u TIA Portalu :

- LAD (Ladder Diagram), slika 4.3.2 :
- grafički programski jezik
- jednostavno razumjevanje koda
- sličnost relejno logici



Slika 4.3.2 Prikaz Ladder Diagram-a

- FBD (Function Block Diagram), slika 4.3.3:
 - grafički jezik
 - programiranje s pomoću funkcijskih blokova
 - standard funkcije (I , ILI , NE, XILI, itd.)



Slika 4.3.3 Prikaz funkcijskog bloka

- SCL (Structured Control Language), slika 4.3.4 :
 - tekstualni jezik
 - strukturan način pisanja
 - zahtjevan program

```

1 //===== REGION 1 =====
2 FOR #i := 0 TO 4 DO
3   IF #myArray[#i] = 3 THEN
4     #bAnElementIs3 := TRUE;
5     EXIT;
6   END_IF;
7 END_FOR;
8 //===== REGION 2 =====
9 FOR #i := 0 TO 4 DO
10  IF #myArray[#i] = 3 THEN
11    #bAnElementIs3 := TRUE;
12    EXIT;
13  END_IF;
14 END_FOR;
15 //===== REGION 3 =====
16 FOR #i := 0 TO 4 DO
17  IF #myArray[#i] = 3 THEN
18    #bAnElementIs3 := TRUE;
19    EXIT;
20  END_IF;
21 END_FOR;

```

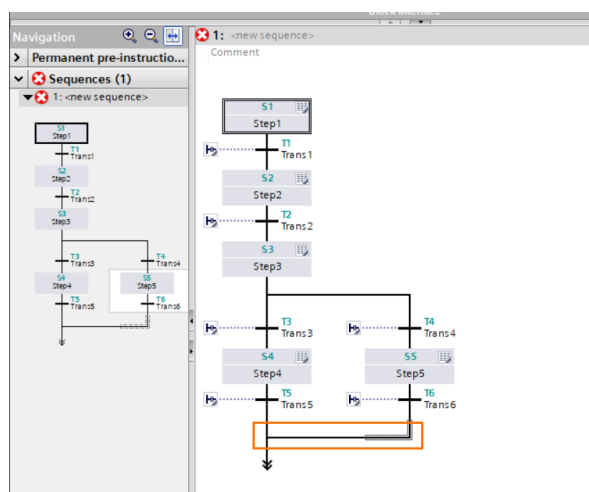
Slika 4.3.4 Prikaz strukturalnog jezika [14]

- STL (Statement List), slika 4.3.5 :
 - tekstualni jezik, jednostavan za početnike
 - detaljno pisanje instrukcija
 - kontrola nad programom

Network 6:		
Comment		
1	CALL CTU , "CounterL_DB"	%DB5
2	Int	
3	CU :=#Lbox_passed	
4	R := "Stop"	%I0.1
5	PV :=0	0
6	Q :=	
7	CV := "num_L"	%MW2
8		
9	CALL CTU , "CounterS_DB"	%DB6
10	Int	
11	CU :=#Sbox_passed	
12	R := "Stop"	%I0.1
13	PV :=0	0
14	Q :=	
15	CV := "num_S"	%MW4

Slika 4.3.5 Prikaz tekstualnog jezika [15]

- GRAPH (Sequential Function Chart), slika 4.3.6 :
 - grafički jezik
 - programiranje sekvencijalnih procesa
 - dijagram stanja

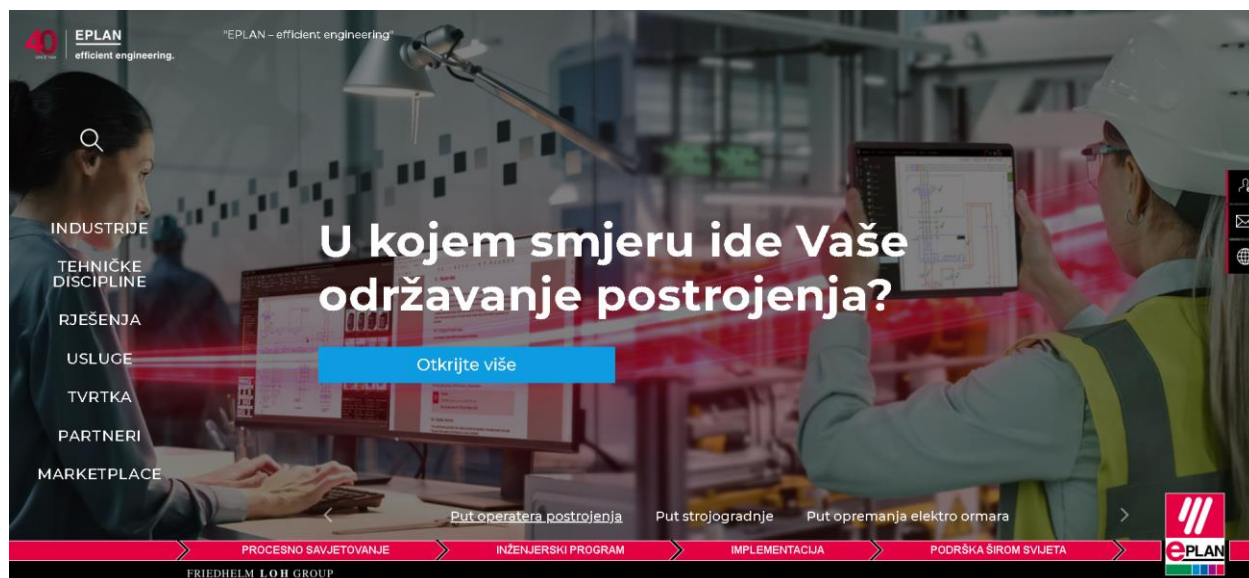


Slika 4.3.6 Prikaz sekvencijalnog funkcijskog dijagrama [16]

4.4. EPLAN

EPLAN je softverski alat za projektiranje u području elektrotehnike, automatizacije i mehatronike (slika 4.4.1). Koristi se za planiranje, upravljanje i dokumentiranje automatizacijskih projekata. Ovaj alat omogućava kreiranje detaljnih električnih shema i planova, uključujući dijagrame ožičenja, sheme povezivanja i planove za PLC sisteme, uz podršku za automatizirano kreiranje i upravljanje projektima, smanjujući ručni unos podataka i mogućnost grešaka. EPLAN se može integrirati s CAD, ERP i PLM sistemima, olakšavajući razmjenu podataka i suradnju među različitim odjelima. Podržava međunarodne standarde i norme, omogućavajući usklađenost dokumentacije s relevantnim propisima [3]. Neki moduli

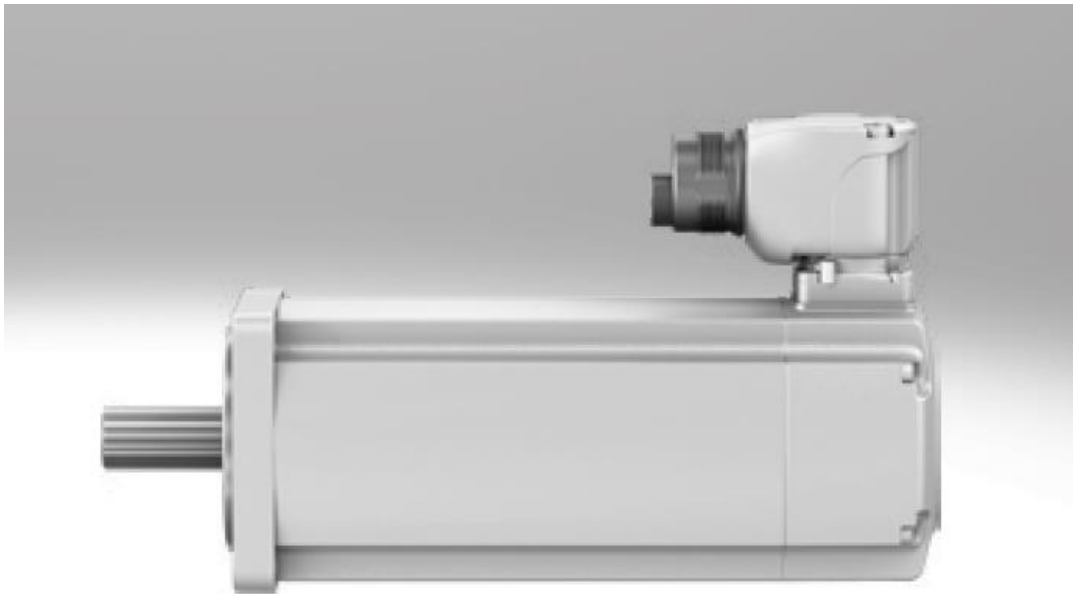
omogućavaju simulaciju i testiranje električnih shema i automatizacijskih sistema prije implementacije, što smanjuje vrijeme i troškove razvoja. EPLAN se može koristiti u različitim granama industrije, uključujući strojogradnju i izgradnju postrojenja, opremanje elektro ormara, proizvodnju komponenti, automobilske industriji, prehrambenoj industriji, procesnoj industriji, energetici, pomorstvu i zgradarstvu.



Slika 4.4.1 EPLAN program [3]

4.5. Servo motor

Servo motor EMMT-AS (slika 4.5.1) predstavlja vrhunsko rješenje u industrijskim primjenama koje zahtijevaju visoku preciznost i kontrolu. Karakteristike motora su dinamičan, bez četkica, trajno uzbuđen, kompaktan, nizak zakretni moment što omogućava visoku sinkronizaciju pri niskim brzinama vrtnje, optimiziran za sustave automatizacije. Tehnologija kontrole pozicije i brzine omogućava izuzetnu točnost. Opremljen je digitalnim enkoderom, s mogućnošću odabira između jednookretajnog i višeokretajnog. Optimiziran je da smanjuje potrošnju energije i samim time povećava ukupnu produktivnost. Prednost malih dimenzija omogućavaju veliki spektar mogućnosti, a visoka kvaliteta materijala izrade osigurava dug vijek trajanja i pouzdan rad. Motor podržava razne industrijske komunikacijske protokole, kao što su EtherCAT i CANopen, što olakšava implementaciju u postojeće sustave. EMMT-AS je idealan za industrijsku automatizaciju, pakiranje i sklapanje, gdje su potrebni precizni pokreti i kontrola.



Slika 4.5.1 EMMT-AS [7]

Tehničke specifikacije servo motora odabrane veličine prirubnice i potrebnih podataka za regularan rad postrojenja slijede u tablici (tablica 4.5.1).

Tablica 4.5.1 Specifikacije odbranog servo motora [7]

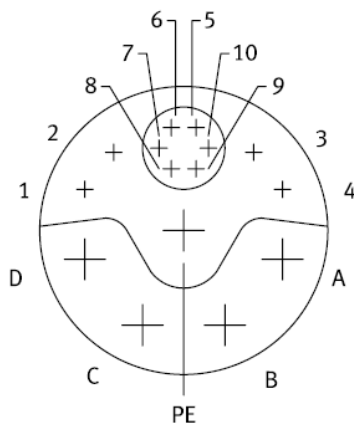
Veličina prirubnice	80	
Dujina	L	
Navijanje	LS	HS
Nazivni radni napon [V DC]	325	680
Nazivna struja [A]	5.5	3.5
Nazivna snaga [W]	910	910
Nazivni moment [Nm]	2.9	2.9
Najveći zakretni moment [Nm]	9.9	9.9
Nazivna brzine vrtnje [rpm]	3000	
Maksimalna brzina vrtnje [rpm]	6400	8540
Maks. broj okretaja u P.H. s kočnicom [rpm]	10000	
Konstanta motora [Nm/A]	0.53	0.82
Konstanta napona [m/Vmin]	36	56
Električna vremenska konstanta [ms]	6.9	7
Termička vremenska konstanta [min]	48	48
Toplinska otpornost [K/W]	0.68	0.68

Broj pari polova	5	5
Otpor namota [Ω]	1.13	2.69
Induktivitet namota [mH]	5.2	12.6
Ukupni izlazni moment inercije [$kgcm^2$]	1.47/1.99	1.4/1.99

Nadalje, raspored pinova na motoru je od ključnog značaja (slika 4.5.2). Jasno označeni pinovi i njihov raspored olakšavaju povezivanje motora s kontrolnim sistemom, čime se smanjuju greške pri instalaciji i osigurava se pouzdan rad cjelokupnog sistema. Ove oznake ne samo da pojednostavljaju proces instalacije, već i olakšavaju dijagnostiku i održavanje, omogućavajući brzo identificiranje i rješavanje eventualnih problema u radu motora. Raspored pinova prikazanih na slici 4.5.2, slijedi u tablici 4.5.2.

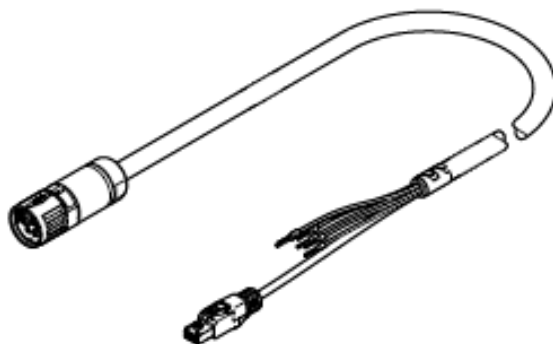
Tablica 4.5.2 Raspored pinova [7]

Pin	Funkcija
1	BR – kočnica
2	/
3	/
4	BR - kočnica
5	Up encoder napajanje
6	0 V
7	Data +
8	Data -
9	CLK+
10	CLK-
A	U
B	V
C	W
D	/
PE	Uzemljenje



Slika 4.5.2 Raspored pinova [7]

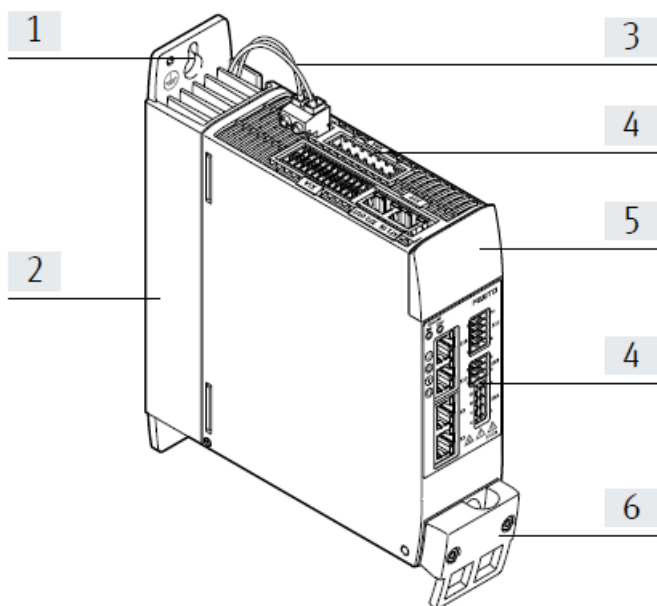
Za povezivanje servo motora sa servo pogonom potrebno je koristiti za to određeni kabel (slika 4.5.3.) koji osigurava pravilnu komunikaciju. Dimenzije kabela ovisna je o struju koja prolazi kroz kabel, dimenzije kabela se kreću od 0.75 mm^2 do 6 mm^2 [4].



Slika 4.5.3 Prikaz kabela [7]

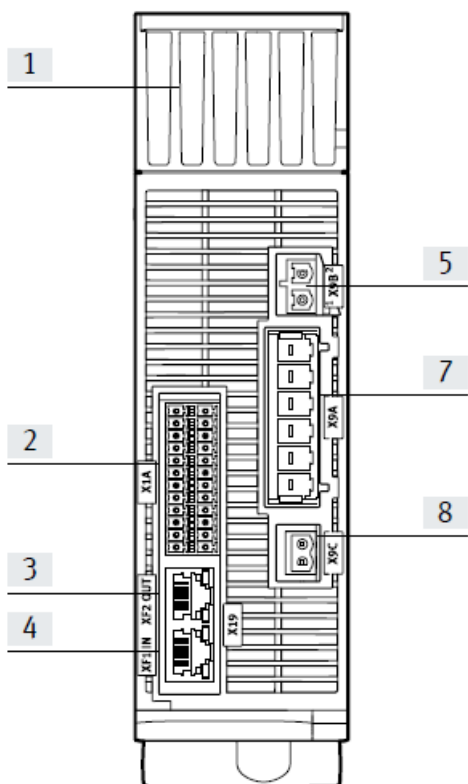
4.6. Servo pogon

Servo pogon odabran u završnom radu je **CMMT-AS** (slika 4.6.1.), proizvođač Festo je napredno rješenja za kontrolu električnih motora u industrijskim procesima. Ovaj pogon nudi visoku preciznost pozicioniranja brzu reakciju promjene signala i efikasan rad. Pogodan za robotiku, transport i pakiranje. Ima ulazni napon od 24 V do 48 V DC i podržava različite kontrolne modove odnosno pozicioniranje, brzine i momenta [5]. Komunikacijski protokoli kojima se može povezati su EtherCAT, PROFINET i Modbus (slika 4.6.2.). Jednostavna je instalacija i korištenje same aplikacije. Električni podaci servo pogona C7-11 A se nalaze u tablici (4.6.1.).



- [1] Otvor za montažu servo pogona
- [2] Rashladni element za odvođenje topline.
- [3] Priključak za kočioni otpornik
- [4] Veze
- [5] Slijepa ploča
- [6] Zaštitna stezaljka i rasterećenje naprezanja

Slika 4.6.1 Servo pogon CMMT-AS (prednja strana) [8]



- [1] Rashladni element
- [2] I/O sučelje
- [3] RTE priključak 2 sučelja
- [4] RTE priključak sučelja 1
- [5] Priključak za kočioni otpornik
- [7] Napajanje: mrežni
- [8] Napajanje: logički napon

Slika 4.6.2 Servo pogon CMMT-AS (stražnja strana) [8]

Tablica 4.6.3 Specifikacija servo pogona CMMT-AS [8]

Električni podaci		C7-11A
Nazivna struja po fazi [Aeff]		7
Vršna struja po fazi [Aeff]		21
Maks. Trajanje vršne struje (pri $f_s > 5$ Hz) [s]		2
Nazivna snaga [W]		4000
Vršna snaga [W]		12000
Izlazna frekvencija		0 ... 599
Maks. Duljina kabela motora		25/100
Napon opterećenja AC		
Nazivni napon[V AC]		200 ... 480 (-+10%)
Nazivna struja [Aeff]		9
Vršna struja [Aeff]		27
Mrežna frekvencija [Hz]		48 ...62
Maks. Nazivna struja kratkog spoja mreže [kA]		10
Mrežni tip uzemljenja sustava		TN , IT

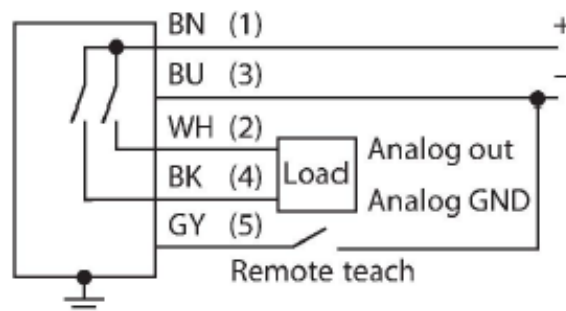
4.7. Senzor Turck Q4XFILAF610-Q8

Visoko precizni laserski senzor s refleksijom (slika 4.7.1), dizajniran za raznovrsne industrijske aplikacije koje zahtijevaju točnu detekciju i mjerenje udaljenosti. Senzor koristi crveni laser koji omogućava vidljivost i precizan svjetlosni snop. Raspon detekcije ovog senzora je do 610 mm, što ga čini pogodnim za aplikacije koje zahtijevaju srednju do veliku udaljenost detekcije. Senzor radi na naponu od 10-30 V DC. Q4XFILAF610-Q8 može biti PNP ili NPN izlaz, s mogućnošću izbora između svijetlog i tamnog kontakta. Ima zaštitu od prašine i otporan je na industrijske uvjete rada. Temperaturni opseg rada senzora je od -10 °C do +50 °C, što ga dovodi do pouzdanog rada u različitim okruženjima. Konektor M12 osigurava lako povezivanje i implementaciju u postojeće sisteme automatizacije. Q4XFILAF610-Q8 je idealan za postrojenja kod kojih je potrebna preciznost.



Slika 4.7.1 Laserski senzor [9]

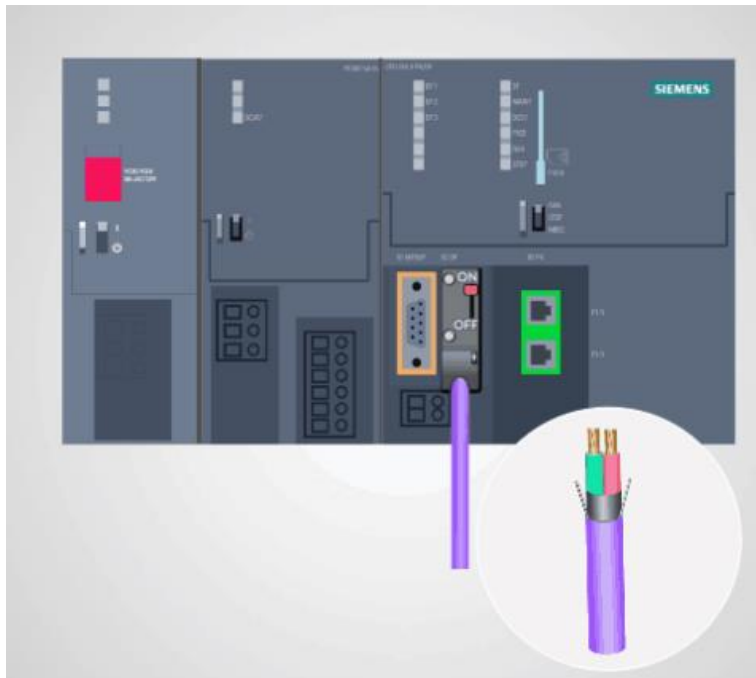
Funkcija laserskog senzora temelji se na tehnologiji potiskivanja pozadine i prednjeg plana, što omogućuje precizno mjerenje udaljenosti i detekciju objekata u različitim industrijskim postrojenjima. Za spajanje laserskog senzora koristi se dijagram ožičenja (slika 4.7.2). Snop svjetla je crvene boje, s valnom duljinom od 655 nm. Optička rezolucija senzora je visoka, iznosi 2 mm, dok je ponovljivost mjerenja 1 mm, što omogućuje vrlo precizne rezultate. Raspon detekcije senzora je od 35 do 610 mm, a može raditi čak i u uvjetima jakog ambijentalnog svjetla, do preko 5000 luksa. Senzor se napaja naponom od 10 do 30 V DC, pri čemu maksimalna istosmjerna struja iznosi 28 mA. Ima zaštitu od kratkog spoja i obrnutog polariteta. Analogni izlaz senzora je tipa 4-20 mA, s otporom opterećenja do 1000 Ω , što omogućava jednostavnu implementaciju u različite sustave automatizacije. Vrijeme odgode spremnosti je do 750 ms, dok je vrijeme odziva manje od 0,5 ms, što znači da senzor brzo reagira na promjene u okruženju. Dimenzije uređaja su kompaktne, 33.5 x 18 x 57.5 mm, što omogućava jednostavnu ugradnju u različite sustave. Električni priključak se ostvaruje putem standardnog M12 \times 1 konektora. Senzor može raditi u širokom temperaturnom rasponu od -10 do +50 $^{\circ}\text{C}$, što ga čini pogodnim za različite radne uvjete. Uz klasu zaštite IP67, senzor je otporan na prašinu i vodu, a također je i otporan na kemikalije [6], što osigurava dugovječnost i pouzdanost u teškim uvjetima. Dodatno, senzor je opremljen žutom LED svjetlo koja indicira stanje sklopke te 4-znamenkastim 7-segmentnim LED zaslonom koji omogućuje jasno očitavanje podataka.



Slika 4.7.2 Dijagram ožičenja [9]

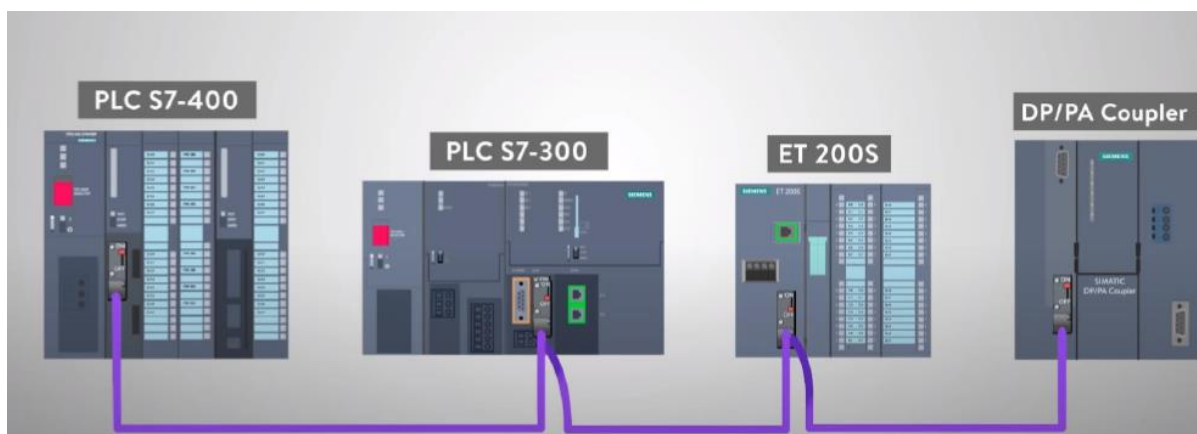
4.8. Povezivanje PLC – HMI - S7-PLCSIM v18

Profibus (PROcess-FIeld-BUS) provjereni je i pravi industrijski komunikacijski protokol, koristi se u različitim kontrolnim aplikacijama. Profibus priključak izgleda kao standardni DB-9 serijski konektor. Izgled kabela koji se koristi za Profibus spoj je prikazan na slici 4.8.1.



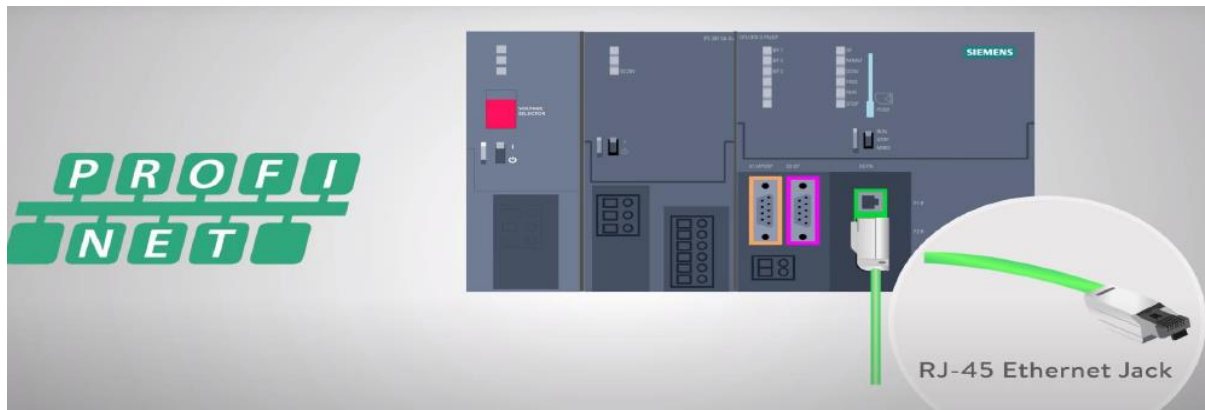
Slika 4.8.1 Izgled kabela [3]

Neki Profibus konektori imaju prolazni priključak na stražnjoj strani konektora tako da se može spojiti drugi uređaj na sabirnicu. Oba konektora imaju crveni prekidač na stražnjoj strani koji kontrolira završni otpornik. Uključen je na zadnjem uređaju, a na svakom drugom je isključeno. Suprotno tome, doći će do greške u komunikaciji (slika 4.8.2). Na jednoj PROFIBUS mreži može biti 127 uređaja s jedinstvenom adresom jer ima granicu od 1 do 127. Profibus mreže rade na brzinama od 9600 bita u sekundi do 12 megabita u sekundi. Dok Profibus kabele mogu biti dugi do 1000 metara, za veće brzine prijenosa podataka potrebne su kraće duljine kabela.



Slika 4.8.2 Povezivanje uređaja [3]

Standardni RJ-45 Ethernet priključak se koristiti za spajanje Profinet-om (slika 4.8.3). Ethernet kabel može koristiti za povezivanje više profinet uređaja. Profinet radi brzinom od 100 megabita u sekundi, a kabele mogu biti dugi i do 100 metara[2]. Stroj za pakiranje povezan je putem Ethernet kabela s PLC-om, što olakšava proces.

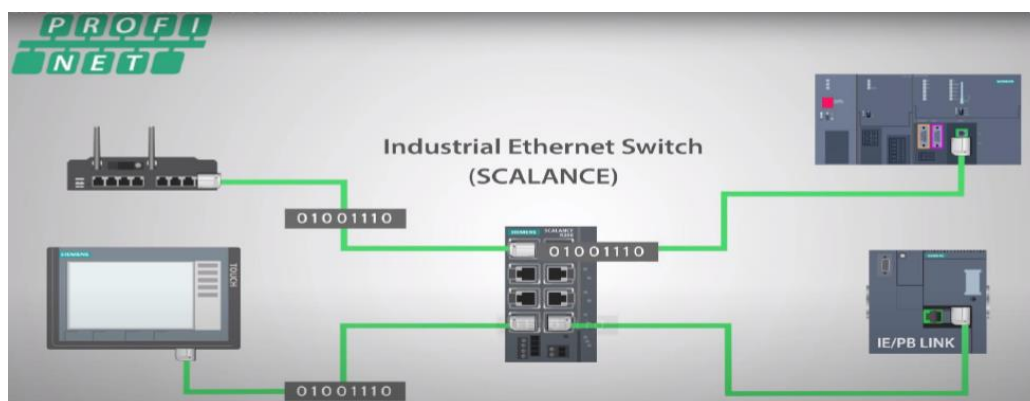


Slika 4.8.3 RJ45 konektor [3]

Zbog svoje velike brzine rada i vremena odziva manjeg od 1 milisekunde, profinet je idealan za aplikacije velike brzine. Profinet koristi standarde fizičke veze kao i Ethernet, standardni Ethernet preklopnici mogu se koristiti za proširenje vaše mreže. Profinet uređaji imaju tri različite vrste adresa:

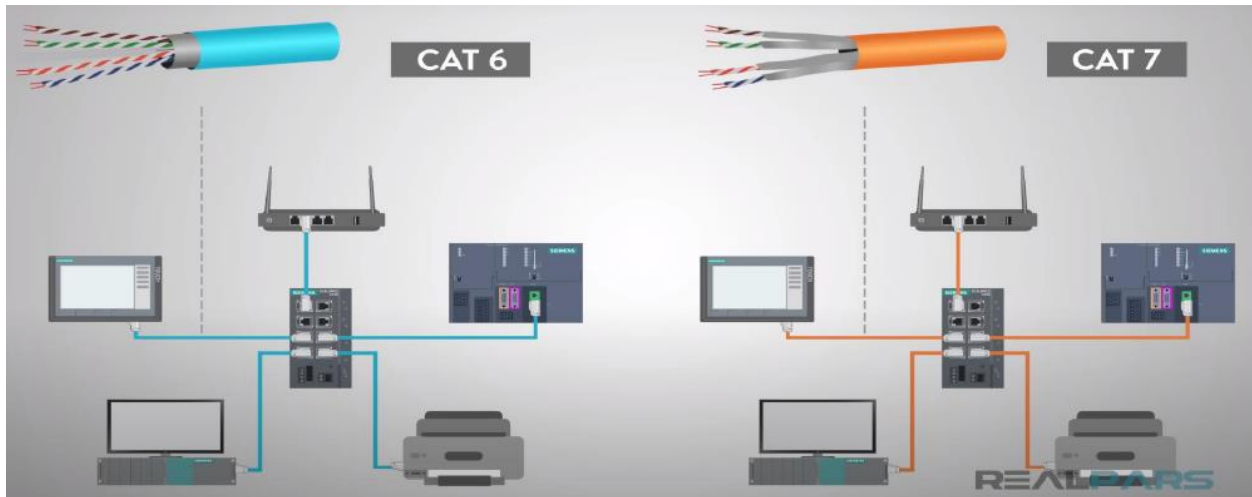
- IP adresa
- MAC adresa
- Naziv uređaja

Svi Ethernet uređaji koriste IP adrese i MAC adrese, ali naziv uređaja je jedinstven za profinet uređaje. Profinet postaje preferirani komunikacijski protokol za industrijsku primjenu, zbog svoje fleksibilnosti i jednostavnosti spajanja u postrojenjima (slika 4.8.4).



Slika 4.8.4 Prikaz jednostavnosti spajanja [3]

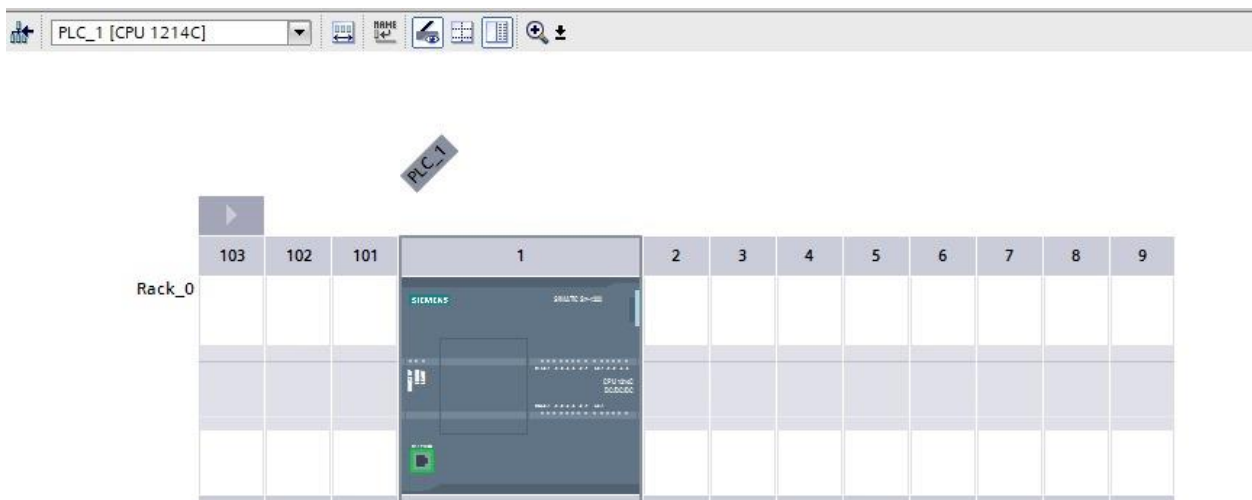
Protokol korišten kod komunikacije u lokalnom području je CSMA/CD (Carrier-sense multiple access with collision detection), metoda kontrole srednjeg pristupa (MAC) koja se najviše koristila u ranoj Ethernet tehnologiji za lokalno umrežavanje. Često korištena topologija su zvijezda i bus. Za ožičenje se koriste kablovi CAT 6 i CAT 7 (slika 4.8.5). [2]



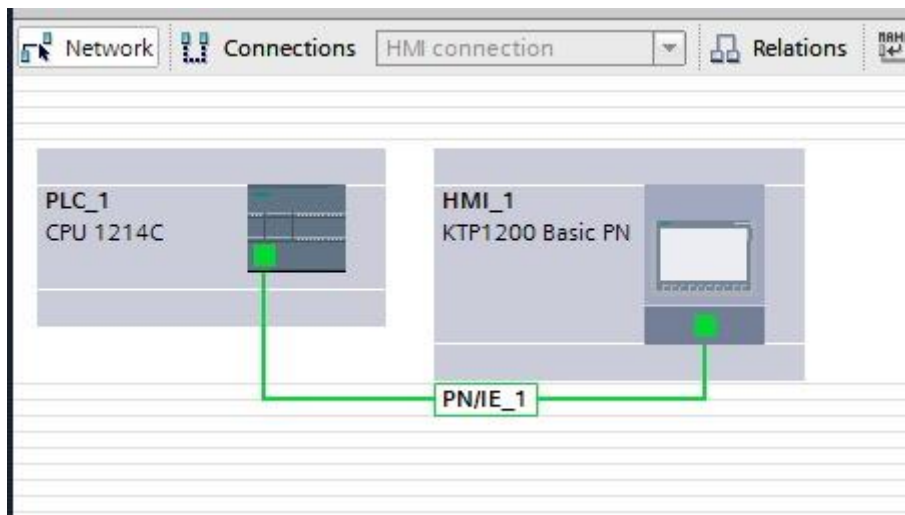
Slika 4.8.5 Ožičenje [3]

Nadalje, slijedi postupak pokretanja simulacije u TIA Portalu. Postupak je sljedeći :

Pokretanje programa TIA Portal v18, nakon kreiranja ili otvaranja postojećeg projekta dodaje se novi PLC uređaj te započinje konfiguracija PLC-a (slika 4.8.6) i dodavanjem HMI uređaja povezuju se preko Ethernet kabela (slika 4.8.7).

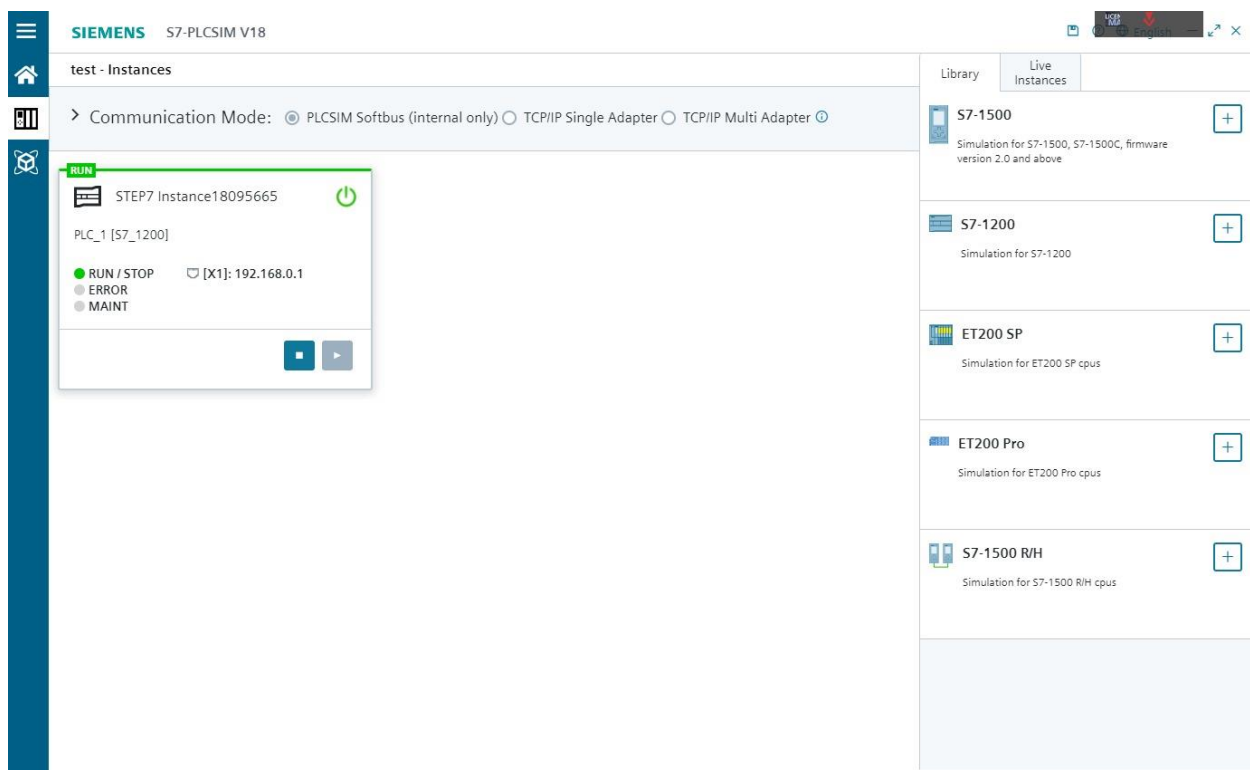


Slika 4.8.6 PLC konfiguracija



Slika 4.8.7 Povezivanje preko Ethernet kabla

Nakon toga pokretanjem S7-PLCSIM v18 kreira se radni prostor (4.8.8). Sljedeći korak, nakon uspješnog kreiranja radnog prostora kreće spremanje odnosno prebacivanje koda u PLCSIM s tipkom Go Online.



Slika 4.8.8 PLCSIM v18

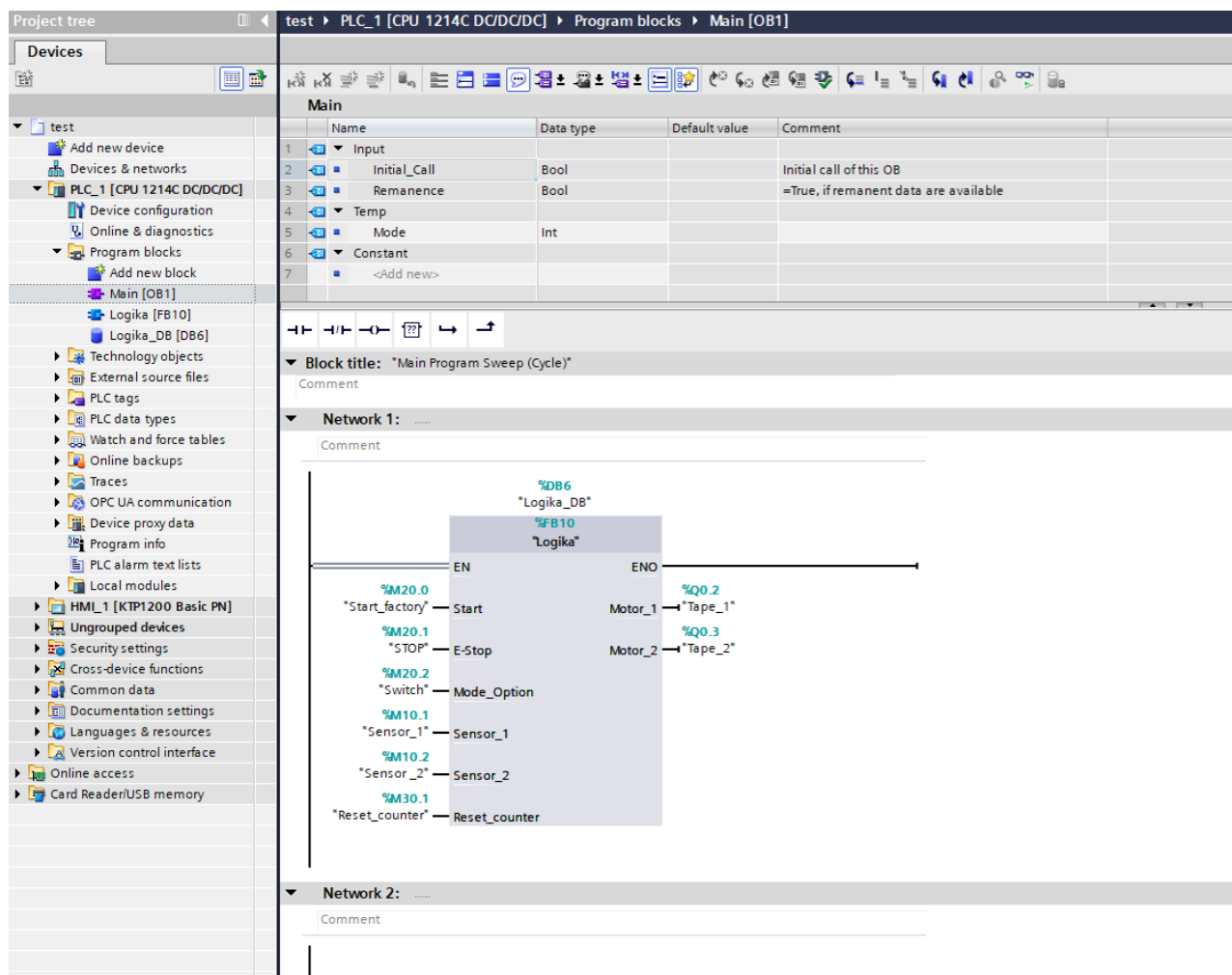
Nakon toga, može se pratiti rad PLC-a u stvarnom vremenu, te provoditi detaljno otklanjanje grešaka (debugging) i testiranje logike programa, osiguravajući ispravnost i optimalnu funkcionalnost. Po završetku postupka, zaustavite simulaciju i sigurno prekinite komunikaciju s uređajem kako biste spriječili potencijalne neželjene posljedice ili gubitak podataka.

5. Program

Ovo poglavlje prezentira aplikativni program za PLC koji služi za upravljanje predloženim postrojenjem, linijom za punjenje posuda s kreatinom, izrađen s pomoću TIA portala.

5.1 Main

Glavni dio programa označen kao Main, obavezan je sastavni dio svakog aplikativnog programa. Slika 5.1.1 prikazuje main network u kojem prikazuje funkcijski blok s ulazima i izlazima na PLC-u.



Slika 5.1.1 Network 1 main

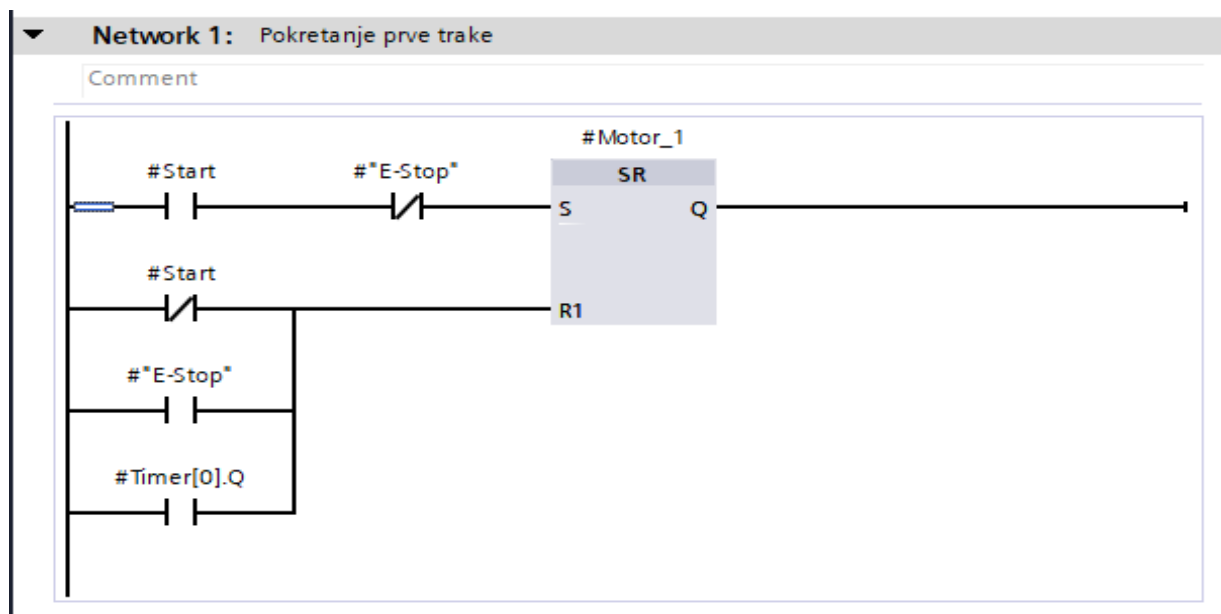
Na slici 5.1.2 nalazi se blok podataka korištenih memorija za funkcionalnost programa i vizualizacije. U podatkovnom bloku koristi se memorijski prostor označen s "M", jer ovaj tip memorije omogućava ispravan rad vizualizacije. Upotreba stvarnog ulaza, poput „I0.0“, može prouzročiti pogreške u sustavu, jer ulazi ovog tipa nisu prilagođeni za direktnu interakciju s vizualizacijskim procesom.

Name	Data type	Start value	Retain	Accessible F.	Write	Visible in ...	Setpoint	Comment
1	Input							
2	Start	Bool	false					
3	E-Stop	Bool	false					
4	Mode_Option	Bool	false					
5	Sensor_1	Bool	false					
6	Sensor_2	Bool	false					
7	Reset_counter	Bool	false					
8	Output							
9	Motor_1	Bool	false					
10	Motor_2	Bool	false					
11	InOut							
12	Static							
13	Mode	Int	0					
14	Packing_time	Time	T#0ms					
15	Timer	Array(0..5) of IEC_T...						
16	Count_packing	CTU_INT						
17	Packing	Bool	false					
18	P_trig	Array(0..5) of Bool						
19	H_trig	Array(0..5) of Bool						

Slika 5.1.2 Blok podataka

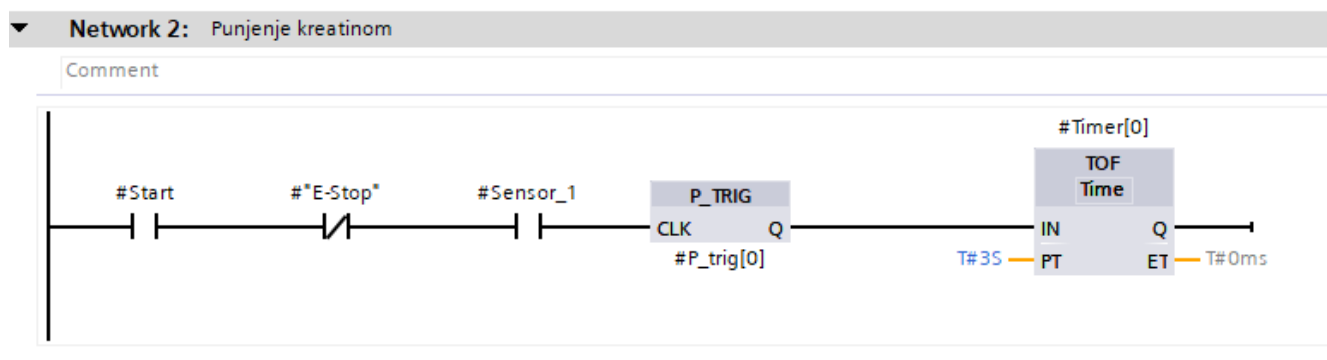
5.2 Funkcijski blok

Slika 5.2.1 prikazuje network u kojem se pokreće prvi motor koji služi za pokretanje prve trake na kojoj će se kretati posuda. Uvjet za pokretanje „Motor_1“ je pritisnuta tipka „Start“ i nije pritisnuta gljiva „E_stop“. Isključenje „Motor_1“ su uvjeti da nije pritisnuta tipka „Start“, da je pritisnuta gljiva „E-stop“ i prošlo vrijeme punjenja kreatinom.



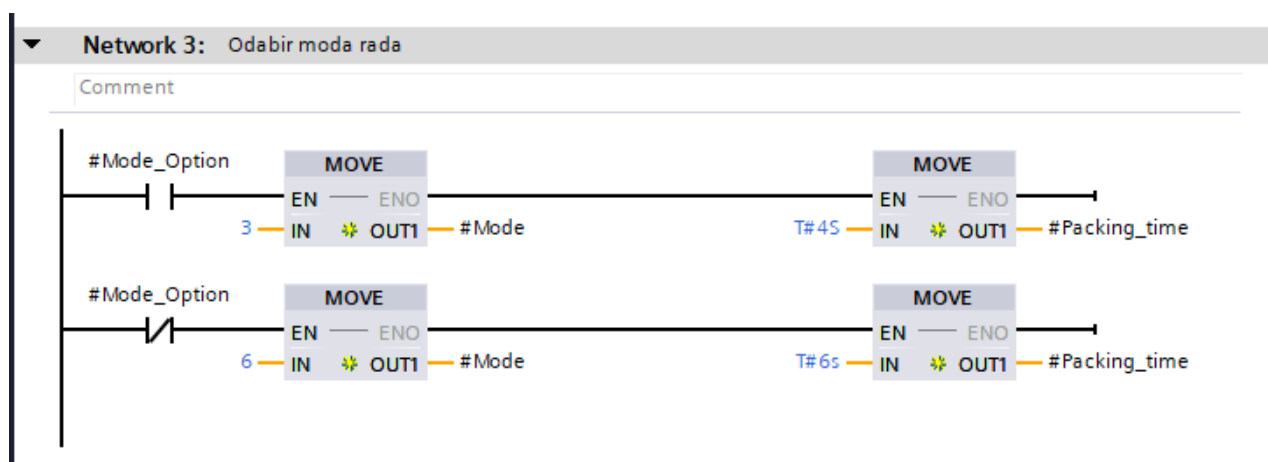
Slika 5.2.1 Pokretanje prve trake

Slika 5.2.2 prikazuje network za mjerač vremena potrebno za punjenje posude. Vrijeme je određeno tako da posuda teži točno 500 g. Uvjeti za odbrojavanje vremena su tipka „Start“ , „Sensor_1 koji detektira pozitivan brid i gljiva nije aktivirana.



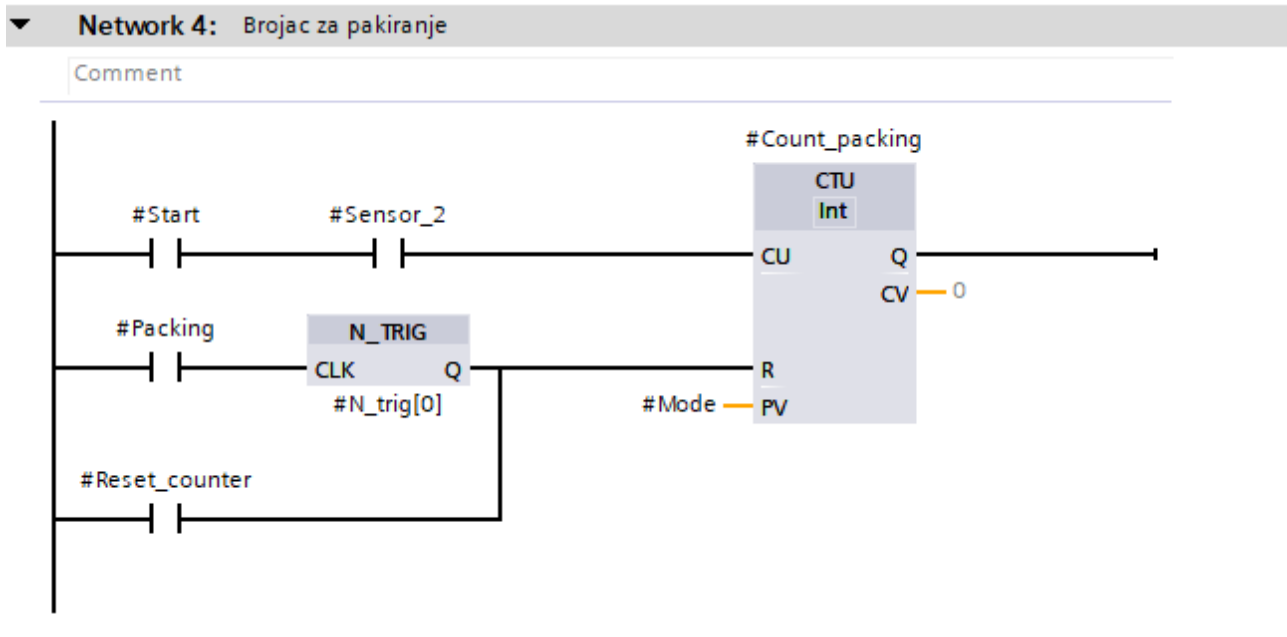
Slika 5.2.2 Mjerač vremena

Slika 5.2.3 prikazuje network u kojem se omogućava odabir željenog načina rada. Režim od tri komada, namijenjen je za manje kartonske kutije, a šest komada za veću kutiju i veću serijsku proizvodnju i transport.



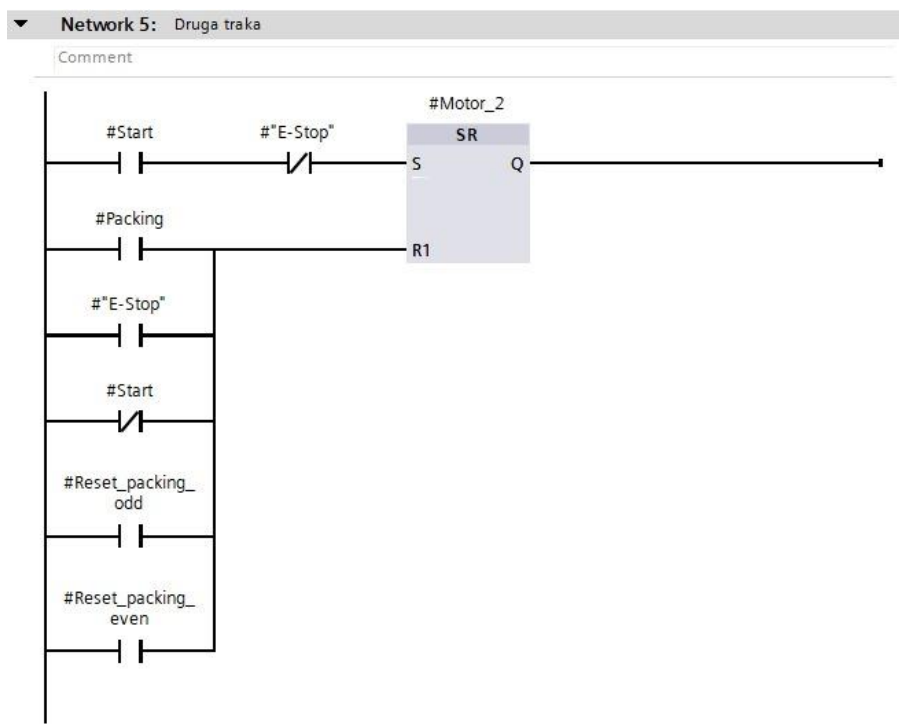
Slika 5.2.3 Odabir način rada

Slika 5.2.4 prikazuje network kojim će se broj punih posuda pokazati na LED zaslonu. Uvjet za ispravno brojanje posuda je tipka „Start“ i „Sensor_2“ , resetiranje brojača se odvija kad stoj za pakiranje završi svoju funkciju, odnosno pakiranje posuda punih kreatinom.



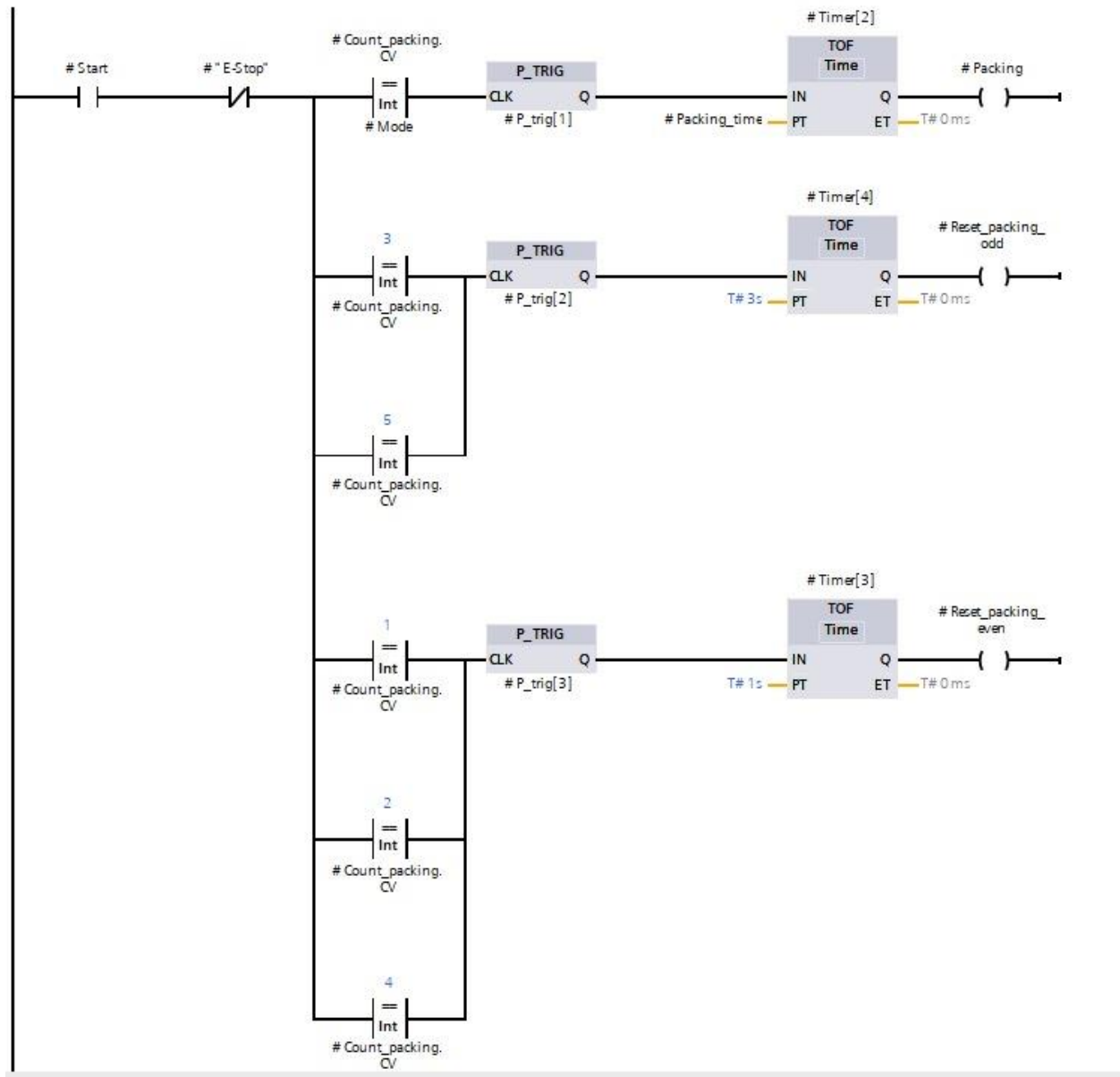
Slika 5.2.4 Brojanje gotovih posuda

Slika 5.2.5 prikazuje network u kojem se pokreće drugi motor, odnosno pokretanje druge trake na kojoj će se transportirati posude. Uvjet za pokretanje „Motor_2“ je pritisnuta tipka „Start“ i nije pritisnuta gljiva „E_stop“. Za isključenje „Motor_2“ su uvjeti da je pakiranje posuda dovršeno („Packing“), da je pritisnuta gljiva „E-stop“, nije pritisnuta tipka „Start“, da je „Reset_packing_odd“ i „Reset_packing_even“.



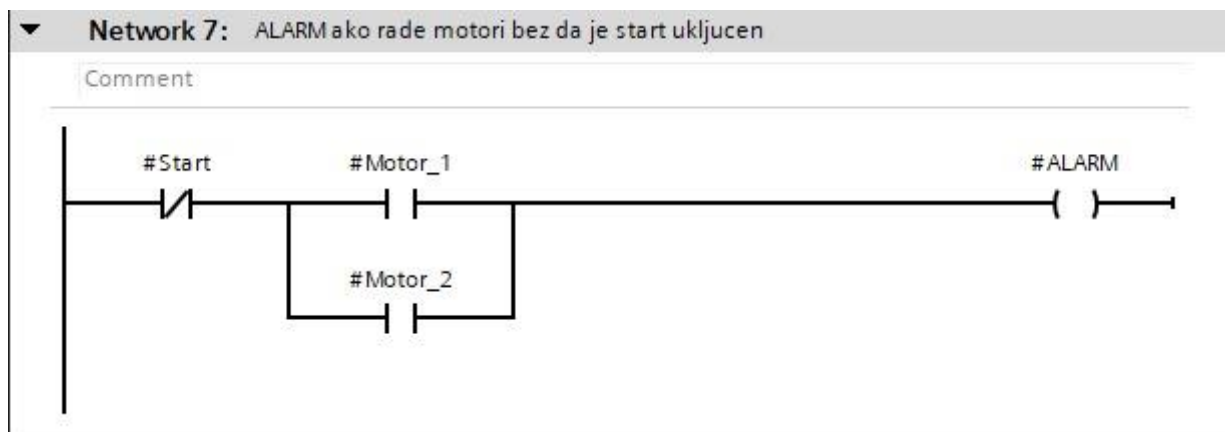
Slika 5.2.5 Pokretanje druge trake

Slika 5.2.6 prikazuje network u kojem se odvija postupak pakiranja posuda s kreatinom. Uvjet za odrađivanje pakiranje su tipka „Start“, nije pritisnuta gljiva „E-stop“, odabran način rada i broj posuda jednak je traženom broju potrebnom za pakiranje. Radi lakšeg prikupljanja posuda nakon svake posude traka će se zaustaviti u vremenskom trajanju od jedne sekunde što je riješeno s pomoću mjerača vremena „Timer[3]“. A mjerač vremena „Timer[4]“ služi za svaku treću i petu posudu koja dođe do senzora dva da se zaustavi na tri sekunde.



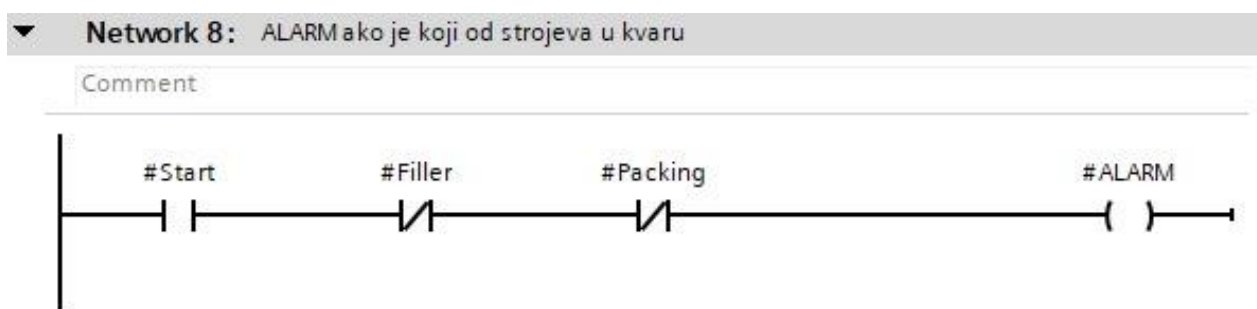
Slika 5.2.6 Pakiranje spremnih posuda

Na slici 5.2.7 prikazuje network s alarmom. Uvjet za aktivaciju alarma su da postrojenje nije uključeno a jedan od motora transportne trake rade.



Slika 5.2.7 Prikaz alarma 1

Slika 5.2.8 prikazuje network s alarmom u slučaju ako je došlo do kvara jednog od strojeva koji su potrebni za rad linije. Uvjet su „Start“ je pritisnut , „Filler“ i „Packing“ ne rade, u tom slučaju se aktivira alarm.



Slika 5.2.8 Prikaz alarma 2

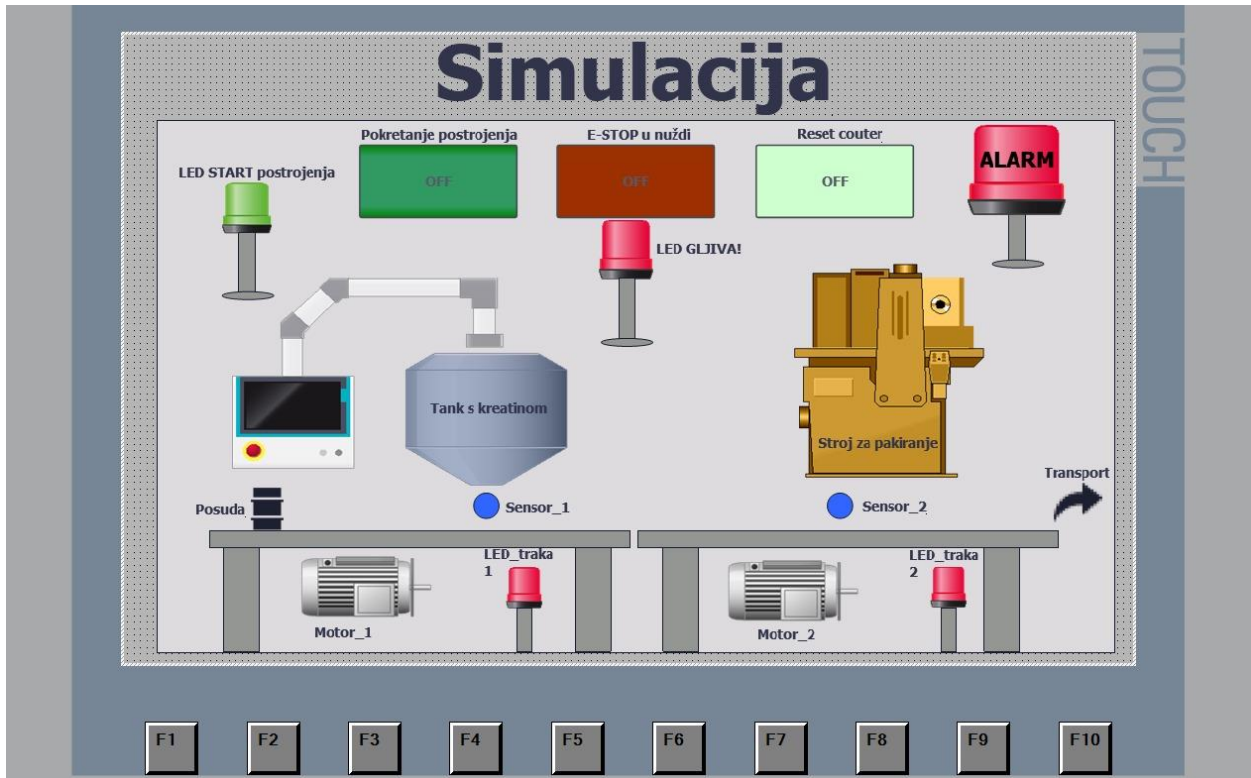
5.3 Vizualizacija

Za upravljanje postrojenjem (linijom) potrebno je izraditi i ekrane za vizualizaciju proces na HMI ekranu. Slika 5.3.1 prikazuje root screen na kojem će biti prikazana vizualizacija postrojenja. Na slici su prikazane tipke s kojima se upravlja postrojenje.



Slika 5.3.1 Prikaz root ekrana

Ostali signalni i upravljački elementi kao što su tipke, gljive, motori, transportne trake, svijetla za označavanje, strojevi za pakiranje / punjenje, senzori se nalaze na drugom ekranu. (slika 5.3.2)



Slika 5.3.2 Prikaz drugog ekrana

Na drugom ekranu prikazana je automatizirana proizvodna linija koja prikazuje cijeli postupak punjenja posuda, od početka do kraja proizvodnog procesa. U početnoj fazi, prazna posuda se kreće po pokretnoj traci i dolazi do prvog senzora, označenog kao "plavi krug". Iznad tog senzora nalazi se tank s kreatinom, dok se pored njega nalazi stroj koji transportira kreatin iz skladišta do tanka. Nakon što se posuda napuni kreatinom, nastavlja se kretati po traci do posljednjeg senzora, gdje je smješten stroj zadužen za pakiranje punih posuda u kutije. Uzduž svake transportne trake nalaze se LED svjetla koja označavaju rad motora, a ista konfiguracija vrijedi i za drugu traku. U gornjem dijelu ekrana nalaze se tipke za upravljanje postrojenjem. Zelena tipka služi za pokretanje i zaustavljanje cijelog sustava, crvena tipka je namijenjena za hitno zaustavljanje u slučaju nužde, dok svjetlozelena tipka služi za resetiranje brojača u slučaju nestanka napajanja u postrojenju.

6. Električna shema

Električna shema je sastavio dio električnog postrojenja. Ona prikazuje cjelokupan električni sustav i komponente koje se koriste u postrojenju, kao što su prekidači, osigurači, transformatori, motori. Simboli koji se koriste su zadani određenim standardima, u prilogu 1. su prikazani korišteni uređaji. Ima puno izvedbi električni shema no najviše korištene su jednopolne i tropolne.

6.1 Vrste shema

Pregledna shema daje pojednostavljeni prikaz cijelog sustava ili uređaja, s naglaskom na odnose između glavnih dijelova. Elementi su prikazani simbolima ili osnovnim oblicima, bez detaljnog prikaza unutrašnjosti. Cilj je pružiti jasan pregled funkcionalne raspodjele komponenti i načina njihove interakcije. Koristi se za brzo razumijevanje sustava, posebno u fazama planiranja ili dijagnostike.

Nadomjesna shema predstavlja komponente sustava kao funkcionalne blokove, koristeći zamjenske simbole ili elemente umjesto stvarnih komponenti. Ova shema pojednostavljuje razumijevanje i analizu, osobito kod složenih ili velikih sustava. Simbolički prikazi često se koriste za ponavljajuće ili prekomplikirane komponente, a korisna je za brzu analizu ili zamjenu dijelova.

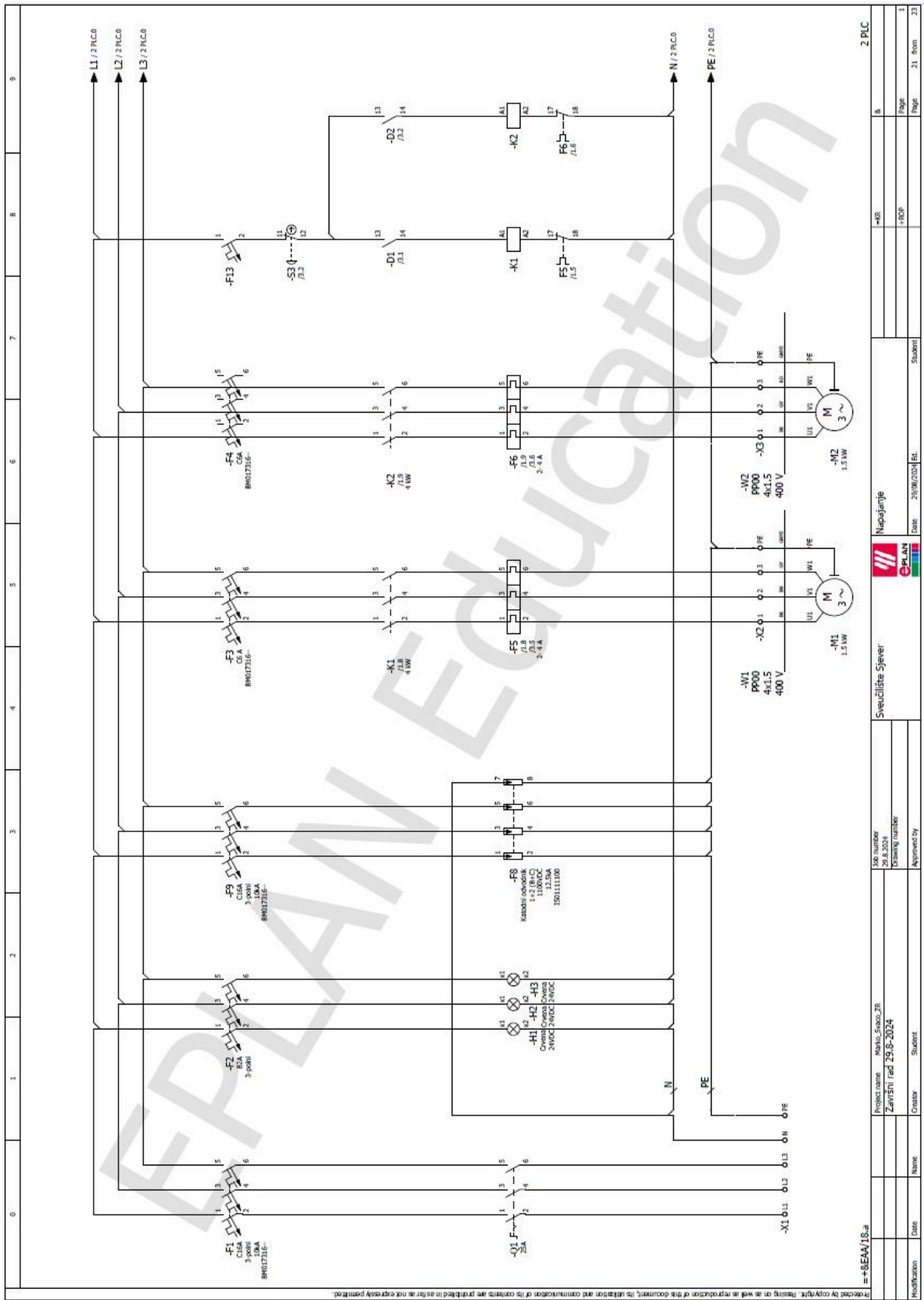
Strujna shema odnosno električna shema, prikazuje detaljan raspored svih električnih komponenti u sustavu i njihove međusobne veze. Sadrži simbole za električne komponente poput otpornika, kondenzatora, dioda, tranzistora i žica, te pokazuje tok električne struje kroz sustav. Strujne sheme su neophodne za dizajn, izgradnju i održavanje elektroničkih uređaja i instalacija, jer omogućuju precizno praćenje protoka električne energije.

Slika 6.1.1 prikazuje tropolnu shemu napajanja motora za pokretne trake. Jasno su prikazani priključci servo motora, korišteni kabel, u prilogu 3. i 4. prikazan je dijagram kabela, prilog 5. i 6. prikazan je dijagram spajanja kabela, u prilogu 7. prikazuje se pregled kabela i u prilogu 8. i 9. prikazuje popis veza.

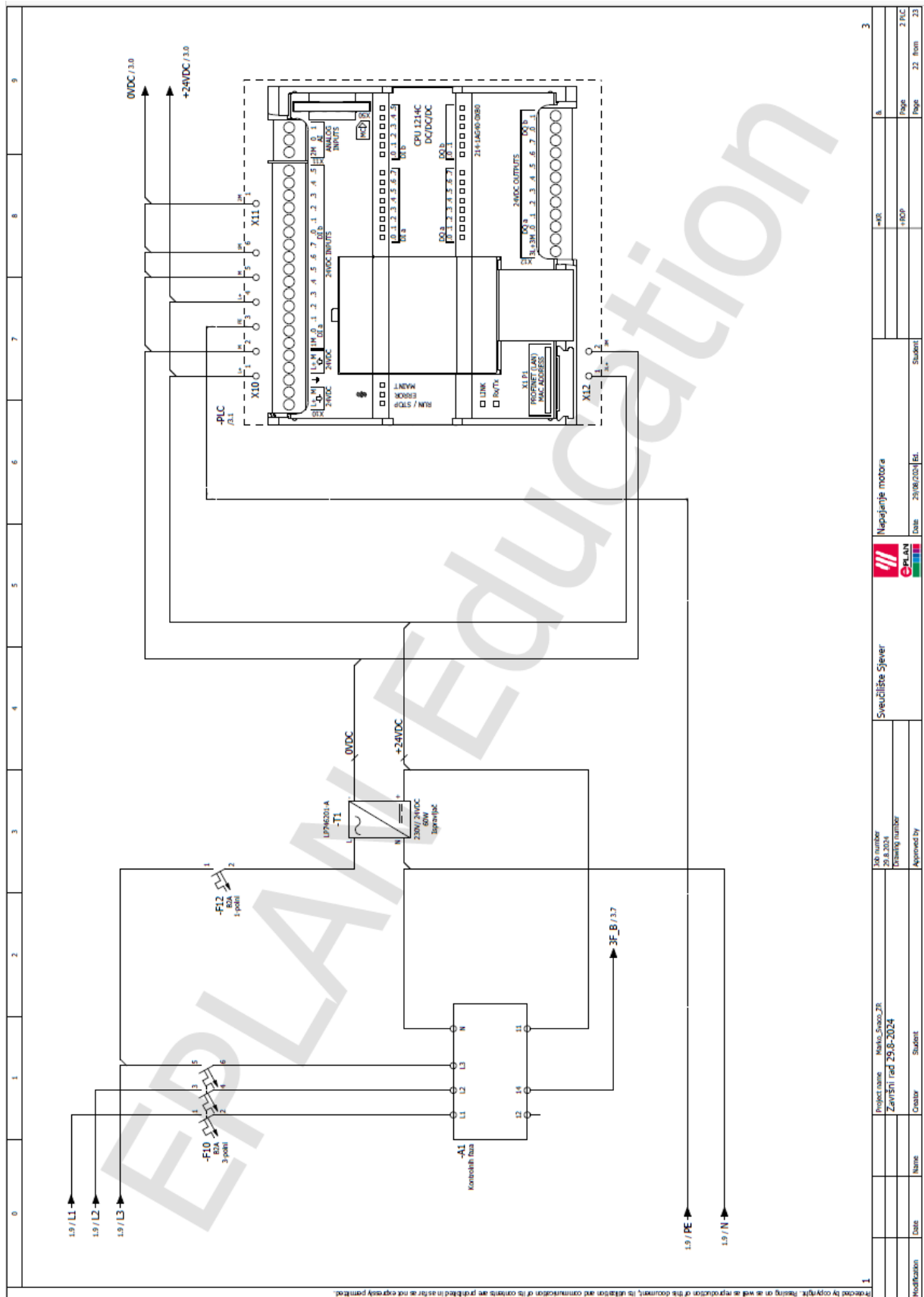
U dokumentaciji su prikazani zaštitni elementi poput jednopolnih o tropolnih osigurača, katodnih odvodnika, bimetala. Svaka faza ima svoje LED svjetlo koje prikazuje ispravnost faze, no postoji i kontrolnik faza odnosno fazni relej koji služi za praćenje nepravilnosti poput gubitka faze, promjene faze. Dakle, na shemi se nalazi glavna sklopka „-Q1“ od 25 A , prije sabirnica s oznakom „L1“, „L2“, „L3“ se nalazi tropolni tromi osigurač od 16 A oznake „-F1“. Vizualizirati ispravnost faze osigurano je brzim, B2 A tropolnim osiguračem oznake „-F2“ koji se spaja na

LED svijetla „H1“, „H2“, „H3“. Katodni odvodnik napona oznake „-F8“ i trolni tromi osigurač C16 A oznake „-F9“ ugrađuje se za sigurnost da ne dođe do prenapona na fazama i nuli. Za prvi motor „M1“ na početku su postavljeni trolni tromi osigurač C6 A oznake „-F3“ koji se spaja na sklopnik prvog motora „-K1“ nakon kojeg slijedi bimetalna zaštita 2-4 A oznake „-F5“, nakon koje slijedi redna stezaljka X2 s oznakama 1, 2, 3, PE, koje se spajaju na ulaz motora „U1“, „V1“, „W1“. Za drugi motor „M2“ isti način prvo trolni tromi osigurač C6 A oznake „-F3“, odlazi osigurača dolaze do sklopnika „-K2“, nakon sklopnika slijedi bimetalna zaštita 2-4 A oznake „-F6“ koja se spajana na redne stezaljke „X3“ s oznakama 1, 2, 3, PE do motora „U2“, „V2“, „W2“. Nakon spojenih motora prikazan je dio upravljanja, odnosno napajanje svitka sklopnika, jednopolni osigurač „-F13“ oznaka 1, 2 se spaja na gljivu oznake „-S3“, nadalje se dijeli na paralelne grane gdje se s jedne strane nalazi kontakt releja „-D1“ s oznakama kontakta 13 i 14 koji se spaja na sklopnik „-K1“ s oznakama A1 i A2 pa do mirnog kontakta bimetalne zaštite „-F5“, a na drugoj strani se nalazi kontakt releja „-D2“ s oznakama 13 i 14 koji se spaja na sklopnik „-K2“ pa do bimetalne zaštite „-F6“ (mirni kontakt).

Slika 6.1.2 prikazuje nastavak sabirnica „L1“, „L2“, „L3“ koje se spajaju na trolni brzi osigurač B2 A oznake „-F10“ odlaze osigurača se spaja na fazni relej oznaka „L1“, „L2“, „L3“, na fazni relej dolazi nula a odlazi mirni kontakt 11 i 14 koji se spaja na „3F_B“ dalje na PLC. Nadalje, s faze „L3“ se spaja na jednopolni brzi osigurač B2 A oznake „-F12“ koji se spaja na ispravljač 230 V / 24 VDC, koji napaja korišteni PLC. Plus ispravljača ide na oznake na PLC-u s „L+“, a minus s ispravljača se spaja na oznake „M“.



Slika 6.1.1 Prikaz trolejne sheme napajanja motora



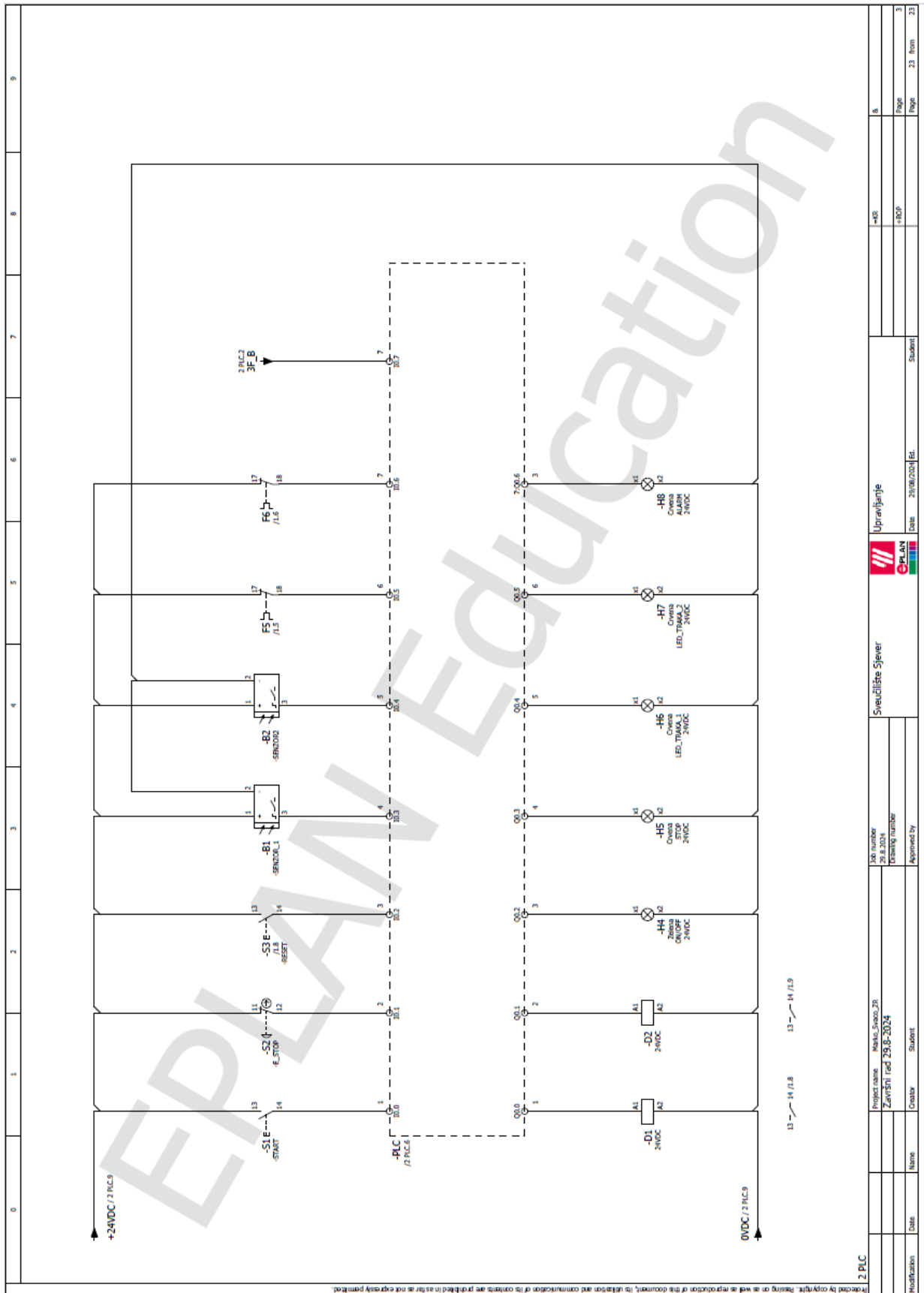
Slika 6.1.2 Prikaz napajanje PLC-a

7. Upravljačka shema

Upravljačka shema je bitan dokument u području automatizacije, služi za precizno prikazivanje logike i procesa upravljanja sustava. Ova shema prikazuje sve uređaje i komponente koje sudjeluju u radu sustava, omogućujući jasno razumijevanje načina funkcioniranja pojedinih dijelova postrojenja ili, ovisno o složenosti, čitavog postrojenja. Svrha upravljačke sheme je da pruža jasan pregled svih elemenata koji čine sustav, čime se olakšava razumijevanje i rad. Bilo da se radi o manjem dijelu postrojenja ili cijelom proizvodnom pogonu, upravljačka shema omogućuje korisnicima da točno shvate kako svaki dio postrojenja radi. Jedna od najvećih prednosti upravljačke sheme je njena uloga u preciznom planiranju, čime se značajno smanjuje rizik od grešaka tijekom instalacije i rada sustava. Detaljan prikaz svih komponenti i njihovih međusobnih veza čini održavanje sustava lakšim, jer tehničari mogu brzo identificirati i riješiti potencijalne probleme. Osim toga, upravljačka shema omogućuje brzo i jednostavno čitanje dokumenta. Njena fleksibilnost također omogućuje jednostavnu prilagodbu promjenama na tržištu ili specifičnim zahtjevima poslodavca.

7.1 Opis upravljačke sheme

Slika 7.1.1 prikazuje shemu s PLC upravljanjem. Doveden je plus „+24 VDC“ koji se spaja na sklopke „S1“ s radnim kontaktima 13 i 14 koji se spajaju na ulaz „I0.0“, „S2“ je gljiva odnosno stop u nuždi s mirnim kontaktima 11 i 12 koji se spajaju na ulaz „0.1“, „S3“ je tipkalo za resetiranje brojača s radnim kontaktima 13 i 14 koji se spaja na ulaz „I0.2“, „B1“ je laserski senzor koji ima plus kontakt 1 i minus kontakt 2, a treći se spaja na ulaz „I0.3“, „B2“ je drugi laserski senzor koji također ima iste kontakte kao i spaja se na ulaz „I0.4“, „F5“ je zaštita za prvi motor na ulazu „I0.5“. „F6“ je također zaštita za motor broj dva na ulazu „I0.6“ i „3F_B“ se spaja s kontakta faznog releja oznake 14 na ulaz „I0.7“. Dovedena je i nula s ispravljača „0 VDC“ na koju se sa izlaza spajaju kontakti releja „-D1“ i „-D2“ i LED svjetla „H4“, „H5“, „H6“, „H7“, „H8“ koja prikazuju je li postrojenje uključeno, je li pritisnuta gljiva, rad motora ili alarm. U prilogu 6. Prikazani su svi elementi koji su korišteni (parts list). Nadalje, u prilogu 7 i 8 su prikazani dijagram spajanja terminala.



Slika 7.1.1 Prikaz upravljačku shemu

8. Analiza ideje i usporedba s sličnim postrojenjima

8.1 Prednosti i mane

Prednosti ove linije u usporedbi s potpuno automatiziranom linijom uključuju niže troškove instalacije, programiranja, pokretanja i održavanja, što znači da nije potrebno imati specijalizirano znanje ili posebne alate za servis. Ova linija je pogodna za početnike jer omogućuje stjecanje novih vještina bez potrebe za skupom opremom. Njena jednostavnost omogućuje veliku fleksibilnost u programiranju, što olakšava brze promjene te prilagodbu različitim procesima i proizvođačima. Promjene u karakteristikama proizvoda ili tržišnim zahtjevima mogu se jednostavno provesti bez dodatnih ulaganja u novi softver, zahvaljujući Siemensovoj kompatibilnosti s ovim postrojenjem (slika 8.1.1). U slučaju značajnih tržišnih promjena, obuka operatera je brza i jednostavna. Ova linija se ističe i financijskom isplativošću zbog nižeg stupnja automatizacije. Za razliku od potpuno automatiziranih linija, koje često nisu isplative za manje proizvodne serije, ova linija nudi učinkovito upravljanje proizvodom.

Mane ove linije u usporedbi s potpuno automatiziranom linijom uključuju nižu produktivnost, što znači da se manji broj posuda može obraditi u jednakom razdoblju. Manji stupanj automatizacije rezultira ograničenjem u brzini i kapacitetu proizvodnje, što može biti nepovoljno za veće serije ili kada je potrebna visoka učinkovitost. Osim toga, niži stupanj automatizacije povećava potrebu za ljudskom radnom snagom, što može podići operativne troškove. Veća ovisnost o ljudskom faktoru također povećava rizik od pogrešaka, koje mogu nastati zbog umora, nepažnje ili monotonosti posla. Ponavljanje istih zadataka može dovesti do zasićenja među radnicima, što dodatno povećava rizik od pogrešaka i smanjuje motivaciju te ukupnu produktivnost na liniji.



Slika 8.1.1 Dostupnost softvera [19]

8.2 Usporedba s drugim postrojenjima za punjenje kreatinom

Potpuno automatsko postrojenje razlikuje se od automatizirane linije postrojenja za punjenje kreatinom, prvenstveno u stupnju automatizacije i potrebi za ljudskim angažmanom. U potpuno automatskom postrojenju sve funkcije i sva događanja su u potpunosti kontrolirane s pomoću automatiziranih sustava, što smanjuje potrebu za ljudskom intervencijom, povećava efikasnost i smanjuje mogućnost ljudske pogreške. S druge strane, linija za punjenje kreatinom zahtijeva određeni stupanj ljudske intervencije, bilo u početnom pokretanju, nadzoru ili završnim fazama proizvodnog procesa. Dok potpuno automatsko postrojenje omogućava veći obujam proizvodnje uz niže operativne troškove. Linija kreatina pruža fleksibilnost, posebno u situacijama gdje je potrebna prilagodba ili intervencija koja zahtijeva ljudsku odluku ili prilagodbu specifičnim uvjetima proizvodnje. [7]

Potpuno automatizirano postrojenje znatno je skuplje u usporedbi s jednom automatskom linijom koja služi za punjenje i pakiranje. Iako automatizirana postrojenja poput postrojenja sa slike 8.2.1 donose značajne prednosti u pogledu učinkovitosti i konzistentnosti proizvodnje, u manjim postrojenjima takva razina automatizacije često nije nužna. U takvim situacijama, ulaganje u jednostavnije, djelomično automatizirane linije može biti daleko isplativije rješenje. Ove linije pružaju dovoljnu funkcionalnost i kapacitet za manje proizvodne procese, uz zadržavanje fleksibilnosti i mogućnosti prilagodbe.



Slika 8.2.1 Prikaz potpuno automatiziranog postrojenja [20]

9. Zaključak

Automatizacija u industriji već dugo nije novost, no napredak u tehnologiji strojeva, razvoju softvera i stalnom usavršavanju znanja donosi nove razine efikasnosti, produktivnosti i jednostavnosti u radu. Razvoj interneta i koncepta interneta stvari (IoT) dodatno olakšava prikupljanje i kontrolu podataka, što zauzvrat povećava sigurnost i kvalitetu procesa. Zahvaljujući nadzoru i vizualizaciji, moguće je detaljno pregledavati sve aspekte rada sustava.

U ovom završnom radu korišteni su suvremeni elementi poput servo motora, pogonskih sustava i senzora, s posebnim naglaskom na jednostavnost i minimalizam. Servo motor se ističe svojim tihim radom i visokom učinkovitošću, dok laserski senzor ima prednost u preciznoj detekciji objekata, poput posuda. Nadogradnja proizvodne linije mogla bi uključivati instaliranje dodatnih strojeva, senzora i frekventnog pretvarača kako bi se olakšalo upravljanje pokretnom trakom. Također, uvođenje Wi-Fi podrške omogućilo bi nadzor putem mobilnih uređaja. Nakon ovih nadogradnji, sustav bi mogao biti ponuđen većim proizvođačima kako bi se dodatno poboljšala efikasnost i konkurentnost na tržištu.

Literatura

- [1] Sveučilište Sjever Prijediplomski stručni studij elektrotehnike Kolegij: Automatizacija strojeva i uređaja Industrijska automatizacija, Prof.dr.sc. Dario Matika.
- [2] Sveučilište Sjever Prijediplomski stručni studij elektrotehnike Kolegij: Automatizacija strojeva i uređaja Vođenje i nadzor procesa , Prof.dr.sc. Dario Matika.
- [3] Unleashing the Power of IoT: A Comprehensive Review of IoT ,Applications and Future ,Prospects in Healthcare, Agriculture, Smart Homes, Smart Cities, and Industry 4.0 , dostupno 28.8.2024
- [4] D. Bajec: Implementacija IoT rješenja u postojeće sustave upravljanja mikrokontrolerima, Završni rad, Sveučilište Sjever, Varaždin, 2020. - <https://zir.nsk.hr/islandora/object/unin%3A3157>
- [5] <https://www.eplan.hr/>
- [6] <https://www.festo.com/media/pim/009/D15000100143009.PDF> , dostupno 24.7.2024
- [7] <https://www.festo.com/media/pim/721/D15000100143721.PDF> , dostupno 24.7.2024
- [8] https://www.turck.de/datasheet/_en/edb_3809946_gbr_en.pdf , dostupno 24.7.2024
- [9] P. Jezidžić: Idejni projekt automatske paletizacije kartonskih kutija, Završni rad, Sveučilište Sjever, Varaždin , 2023. - <https://zir.nsk.hr/islandora/object/unin%3A5772>
- [10] TEHNIČKA DOKUMENTACIJA: Dokumentacija u elektrotehnici, Vrste instalacija, simboli u shemama, Josip Srpak dipl.ing.el.
- [11] https://www.youtube.com/watch?v=ZpwXXEYDZsY&ab_channel=RealGames ,dostupno 15.8.2024
- [12] <https://www.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/s7-1200.html>,dostupno 15.8.2024
- [13] https://media.automation24.com/Artikelbilder/Shop158px/101918_1.jpg,dostupno 15.8.2024
- [14] <https://www.dmcinfo.com/latest-thinking/blog/id/9540/efficient-scl-development-in-tia-portal-v14>,dostupno 15.8.2024
- [15] <https://www.solisplc.com/tutorials/statement-list-stl-programming-in-siemens-tia-portal>,dostupno 15.8.2024
- [16] <https://www.solisplc.com/tutorials/an-introduction-to-the-graph-language-in-tia-portal-sequential-function-chart>,dostupno 15.8.2024
- [17] <https://www.globalsign.com/en-sg/blog/what-internet-things-and-how-does-it-work>,dostupno 15.8.2024
- [18] <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=Hs2vQgivMkg>,dostupno 15.8.2024
- [19] <https://www.electro-matic.com/training-events/2024/10/14/tia-portal-programming-2-20241014/>,dostupno 15.8.2024
- [20] <https://blonyx.com/blogs/blonyx-blog/54473025-understanding-creatine-for-the-layman-part-4-making-creatine-supplements>,dostupno 15.8.2024
- [21] <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2018/09/02/what-is-industry-4-0-heres-a-super-easy-explanation-for-anyone/>, dostupno 28.8.2024

Popis slika

Slika 2.1.1 Shema suvremenih sustava automatizacije [3].....	2
Slika 2.1.2 Povezivanje IoT uređaja [17]	3
Slika 2.1.3 Primjer industrije 4.0 [21]	4
Slika 2.2.1 Primjer automatiziranog postrojenja [18].....	5
Slika 3.1.1 Stroj za pakiranje posuda [11].....	6
Slika 3.1.2 Prikupljanje posuda [11]	7
Slika 3.1.3 Transport kroz postrojenje [11].....	7
Slika 4.1.1 PLC S7-1200 [12]	8
Slika 4.2.1 HMI KTP1200 [13].....	8
Slika 4.3.1 Instalacija Tia Portal v18.....	9
Slika 4.3.2 Prikaz Ladder Diagram-a	9
Slika 4.3.3 Prikaz funkcijskog bloka	10
Slika 4.3.4 Prikaz strukturalnog jezika [14]	10
Slika 4.3.5 Prikaz tekstualnog jezika [15]	11
Slika 4.3.6 Prikaz sekvencijalnog funkcijskog dijagrama [16]	11
Slika 4.4.1 EPLAN program [3]	12
Slika 4.5.1 EMMT-AS [7].....	13
Slika 4.5.2 Raspored pinova [7]	15
Slika 4.5.3 Prikaz kabela [7].....	15
Slika 4.6.1 Servo pogon CMMT –AS (prednja strana) [8]	16
Slika 4.6.2 Servo pogon CMMT-AS (stražnja strana) [8].....	16
Slika 4.7.1 Laserski senzor [9]	18
Slika 4.7.2 Dijagram ožičenja [9].....	18
Slika 4.8.1 Izgled kabela [3].....	19
Slika 4.8.2 Povezivanje uređaja [3].....	19
Slika 4.8.3 RJ45 konektor [3].....	20
Slika 4.8.4 Prikaz jednostavnosti spajanja [3].....	20
Slika 4.8.5 Ožičenje [3].....	21
Slika 5.1.1 Netwrok 1 main	23
Slika 5.1.2 Blok podataka.....	24
Slika 5.2.1 Pokretanje prve trake.....	24
Slika 5.2.2 Mjerač vremena.....	25
Slika 5.2.3 Odabir način rada	25

Slika 5.2.4 Brojanje gotovih posuda.....	26
Slika 5.2.5 Pokretanje druge trake.....	26
Slika 5.2.6 Pakiranje spremnih posuda.....	27
Slika 5.2.7 Prikaz alarma 1	28
Slika 5.2.8 Prikaz alarma 2	28
Slika 5.3.1 Prikaz root ekrana.....	29
Slika 5.3.2 Prikaz drugog ekrana.....	29
Slika 6.1.1 Prikaz trole sheme napajanja motora.....	33
Slika 6.1.2 Prikaz napajanja PLC-a	34
Slika 7.1.1 Prikaz upravljačku shemu	36
Slika 8.1.1 Dostupnost softvera [19]	37
Slika 8.2.1 Prikaz potpuno automatiziranog postrojenja [20]	38

Popis tablica

Tablica 4.5.1 Specifikacije odbranog servo motora [7].....	13
Tablica 4.5.2 Raspored pinova [7].....	14
Tablica 4.6.3 Specifikacija servo pogona CMMT-AS [8].....	17

Prilozi

Prilog 1. Popis oznaka uređaja

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Device tag list										
	Device tag Part number Type number	Function text Article designation	X-Ref	Symbol	Device tag Part number Type number	Function text Article designation	X-Ref	Symbol	FR3_001	
	+R/OP-X1		=KR+RDP%/L.0		=KR+R/OP-F5		=KR+RDP%/Z.3			
	+R/OP-X2		=KR+RDP%/Z.3		=KR+R/OP-F6		=KR+RDP%/Z.6			
	+R/OP-X3		=KR+RDP%/Z.6		=KR+R/OP-F7		=KR+RDP%/Z.3			
	=KR+R/OP-D1		=KR+RDP%/Z.6		=KR+R/OP-H1		=KR+RDP%/L.1			
	=KR+R/OP-D2		=KR+RDP%/Z.7		=KR+R/OP-H2		=KR+RDP%/L.2			
	=KR+R/OP-F1		=KR+RDP%/L.0		=KR+R/OP-H3		=KR+RDP%/L.2			
	=KR+R/OP-F2		=KR+RDP%/L.1		=KR+R/OP-K1		=KR+RDP%/Z.3			
	=KR+R/OP-F3		=KR+RDP%/Z.3		=KR+R/OP-K2		=KR+RDP%/Z.6			
	=KR+R/OP-F4		=KR+RDP%/Z.6		=KR+R/OP-M1		=KR+RDP%/Z.3			

Prepared by copyrite. Printing or as well as reproduction of this document, its distribution and communication of its contents are prohibited insofar as not expressly permitted.

1.7

Modification	Date	Name	Creator	Student	Approved by	Sveučilište Sjever		Device tag list: +R/OP-X1 - =KR+R/OP-M1	SBA	16.a

Prilog 2. Popis oznaka uređaja

0		1		2		3		4		5		6		7		8		9		
Device tag list																				
FD3_001																				
Device tag Part number Type number	Function text Article designation	X-Ref	Symbol	Function text Article designation	X-Ref	Symbol	Function text Article designation	X-Ref	Symbol	Function text Article designation	X-Ref	Symbol	Function text Article designation	X-Ref	Symbol	Function text Article designation	X-Ref	Symbol	Function text Article designation	X-Ref
=KR+RUP-M2		=KR+RUP-M2,6																		
=KR+RUP-Q1		=KR+RUPN/1,0																		
=KR+RUP-S1		=KR+RUPN/3,3																		
=KR+RUP-S2		=KR+RUPN/3,3																		
=KR+RUP-S3		=KR+RUPN/3,3																		
=KR+RUP-S4		=KR+RUPN/3,4																		
=KR+RUP-S5		=KR+RUPN/3,6																		
=KR+RUP-S6		=KR+RUPN/3,7																		
1.8		Project name: Meas. Equip. 2R Završni Test 29.8.2024		Sveučilište Sjever		Job number 29.8.2024		Device tag list: =KR+RUP-M2 - =KR+RUP-S		Date: 29/08/2024		Page: 20		Form: 23		Page: 20		Form: 23		
Modification	Date	Name	Creator	Student	Approved by	Sveučilište Sjever		Date: 29/08/2024		Student		Page: 20		Form: 23		Page: 20		Form: 23		

Prilog 5. Dijagram spajanja kabela

0123456789

Cable connection diagram

Internal targets

External targets

BEAA
Institucionalni dokumenti

Page: 8
Page: 23

Project name: Marko, Sivo, ZB
Završni rad 25.6-2024

Job number: 25.6.2024
Drawing number: Approved by:

Sveučilište Sjever

Cable-connection diagram +RUP-W1

Date: 25.06.2024 Ref. Student:

789

Prilog 6. Dijagram spajanja kabela

0123456789

FDZ 004
Student: 281062024

Cable connection diagram

Internal targets

External targets

Modification	Date	Name	Creator	Student	Approved by

Job number	281062024
Planning number	ZAVRŠNI rad 29.6-2024

Project name	Meko, Sivo, ŽR

Sveučilište Sjever	
--------------------	--

Cable-connection diagram +R0/P-W2	
-----------------------------------	--

Date	29.06.2024
Est.	
Student	

BFAA	
Page	9
From	23

10



IZJAVA O AUTORSTVU
I
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, Marko Švaco (*ime i prezime*) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (*obrisati nepotrebno*) rada pod naslovom Automatizacija linije punjenja posuda sa kreatinom (*upisati naslov*) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:
(*upisati ime i prezime*)

(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, Marko Švaco (*ime i prezime*) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (*obrisati nepotrebno*) rada pod naslovom Automatizacija linije punjenja posuda sa kreatinom (*upisati naslov*) čiji sam autor/ica.

Student/ica:
(*upisati ime i prezime*)

(vlastoručni potpis)