

# Izrada prototipnog stroja za izradu trafolimova

---

**Bratanović, Matija**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2016**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Technical College in Bjelovar / Visoka tehnička škola u Bjelovaru**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:144:512713>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-05**



*Repository / Repozitorij:*

[Digital Repository of Bjelovar University of Applied Sciences](#)



**VISOKA TEHNIČKA ŠKOLA U BJELOVARU**

ZAVRŠNI RAD br: 07/MEH/2016

**Izrada prototipnog stroja za izradu  
trafolimova**

Matija Bratanović

Bjelovar, rujan 2016.

**VISOKA TEHNIČKA ŠKOLA U BJELOVARU**

ZAVRŠNI RAD br: 07/MEH/2016

**Izrada prototipnog stroja za izradu  
trafolimova**

Matija Bratanović

Bjelovar, rujan 2016.



**Visoka tehnička škola u Bjelovaru**

**Trg E. Kvaternika 4, Bjelovar**

## 1. DEFINIRANJE TEME ZAVRŠNOG RADA I POVJERENSTVA

Kandidat: **Bratanović Matija**

Datum: 20.04.2016.

Matični broj: 000999

JMBAG: 0314009854

Kolegij: **AUTOMATIZACIJA STROJEVA I UREĐAJA 2**

Naslov rada (tema): **Izrada prototipnog stroja za izradu trafolimova**

Mentor: **dr.sc. Igor Petrović**

zvanje: **viši predavač**

Članovi Povjerenstva za završni rad:

1. mr.sc. Stjepan Golubić, predsjednik
2. dr.sc. Igor Petrović, mentor
3. Zoran Vrhovski, mag.ing.el.techn.inf., član

## 2. ZADATAK ZAVRŠNOG RADA BROJ: 07/MEH/2016

U radu je potrebno:

- opisati stroj za obradu trafolimova
- izraditi dokumentaciju za prijedlog rješenja stroja za izradu trafolimova
- opisati potrebe na automatizaciju stroja za izradu trafolimova
- izraditi prototip stroja za izradu trafolimova
- puštanje u rad stroja za izradu trafolimova
- prikazati i analizirati rezultate stroja za izradu trafolimova u radu

Zadatak uručen: 20.04.2016.

Mentor: **dr.sc. Igor Petrović**



Zahvaljujem svim profesorima VTŠBJ na strpljenju, trudu i prenesenom znanju tijekom školovanja. Zahvaljujem mentoru, dr. sc. Igoru Petroviću na korisnim savjetima i prijedlozima koji su mi pomogli pri izradi završnog rada. Posebno hvala mojoj obitelji na podršci tokom cijelog studijskog obrazovanja.

# Sadržaj

<b>Uvod</b> .....	<b>1</b>
<b>1. Štanca</b> .....	<b>2</b>
1.1 Što je stanca? .....	2
1.2 Princip rada štanice.....	3
<b>2. Izrada prototipa štanice</b> .....	<b>4</b>
<b>3. Programirajući logički kontroler</b> .....	<b>10</b>
3.1 Što je programirajući logički kontroler? .....	10
3.2 Arhitektura PLC-a.....	11
3.3 Princip rada PLC-a.....	12
<b>4. Automatizacija sustava</b> .....	<b>13</b>
4.1 PLC SIMATIC S7-1200.....	15
4.2 Napajanje PM 1207 .....	17
4.3 Napajanje Mean Well DR-60-24.....	17
4.4 Redne stezaljke.....	18
4.5 Osigurači GB2-CB07, GB2-CB09 .....	19
4.6 Releji Finder 34.51.7.....	20
4.7 Drajver za motor TB 6560 .....	21
4.8 Reed relej i optički senzori.....	21
4.9 Motor EM-462.....	22
4.10 Filter zraka s regulatorom SMC EA W2000 – F02 .....	22
4.11 Razvodnici M07 530-HN.....	23
4.12 Cilindri FESTO ADVU-32-30-PA.....	24
<b>5. TIA Portal</b> .....	<b>25</b>
5.1 Izrada novog projekta .....	27
<b>6. Program automatizacije stroja</b> .....	<b>30</b>
6.1 Općenito o programu.....	30
6.2 Korišteni ulazi, izlazi, oznake.....	30
6.3 Program za upravljanje strojem za transformatorske limove .....	34
<b>7. SCADA sustav</b> .....	<b>42</b>
7.1 Konfiguriranje SCADA sustava .....	43
7.2 SCADA sustav stroja za izradu trafolimova.....	45
<b>8. Analiza rezultata</b> .....	<b>49</b>
<b>9. Zaključak</b> .....	<b>52</b>
<b>10. Literatura</b> .....	<b>53</b>

<b>11. Sažetak</b> .....	<b>55</b>
<b>12. Abstract</b> .....	<b>56</b>
<b>13. Privetak</b> .....	<b>59</b>

## Uvod

Ovaj završni rad je iz područja automatizacije strojeva i uređaja te računalnog upravljanja procesima. Još od početka civilizacije se pojavljuju preteče strojeva i uređaja kojima se nastoji zamijeniti fizički rad. Automatizacijom postizemo kontinuiranu kvalitetu, skraćeno vrijeme procesa, visoku učinkovitost, uštedu resursa te smanjujemo utjecaj ljudskog faktora na proces. U konačnici, automatizacija rezultira smanjenjem ljudske radne snage i većom produktivnosti. Na kolegijima Automatizacija strojeva i uređaja te Računalno upravljanje stečene su osnove programiranja PLC-a. Završni rad se odnosi na izradu stroja namijenjenog za bušenje te rezanje papira koji igra ulogu trafolimova na određene standardizirane dimenzije. Stroj se ujedno može nazvati i štancem zbog toga jer po principu rada i je vrsta štanice, pa će se u nastavku rada također koristiti i takav naziv. Svaki korak procesa obrade je automatiziran tako da se ljudski napor svodi na minimum pošto znamo da je čovjek ipak najskuplja radna snaga, u ovom procesu ga u potpunosti zamjenjuju uređaji pogonjeni električnom energijom te komprimiranim zrakom bez koje je u današnjici ljudski život nezamisliv. Rad traži poznavanje programskog jezika kojim se programiraju programirajući logički kontroleri. Potrebno je savladati arhitekturu programirajivog logičkog sklopa, način prikupljanja informacija sa senzora, postavljanje informacija na aktuatora i ožičenje. Kroz sljedeća poglavlja je prikazan postupak samog procesa (pretvorbe promatranog sustava od nekog početnog u neko konačno stanje, pri kojem se mijenja bar jedno njegovo svojstvo). Uz fotografije, skice te sheme će biti prikazan rad te postupak izvršavanja operacija uređaja.

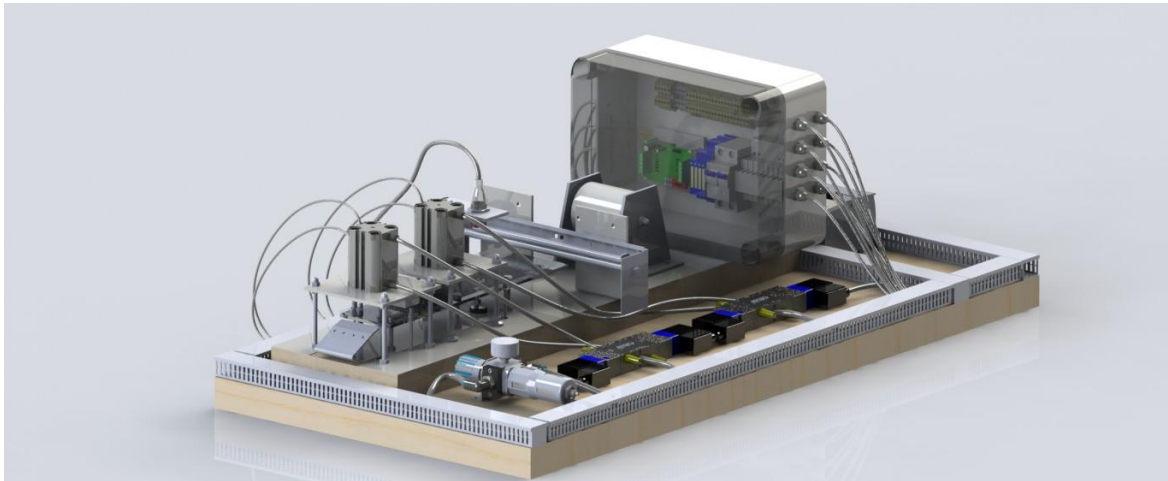


## 1. Štanca

U prvom poglavlju je opisan stroj za izradu trafolimova te način na koji on obavlja svoj zadatak postupkom hladne obrade to jest štancanjem. Štancanje je prastara vrsta strojne obrade različitih vrsta materijala bez odvajanja čestica postupcima rezanja ili trajne deformacije.

### 1.1 Što je štanca?

Štanca (slika 1.1.) je alatni stroj za obradu štancanjem te se sastoji od gornjeg pomičnog sklopa pričvršćenog na pritiskivalo preše i donjeg nepomičnog sklopa pričvršćenog za radni stol. Radni ili rezni elementi štanice su žigovi ugrađeni u gornji sklop i matrica ugrađena u donji sklop.



Slika 1.1. Štanca

Štanice se koriste uglavnom u serijskoj i masovnoj proizvodnji. Klasa točnosti koja se dobije štancanjem je od IT11 do IT9, a kod kalibriranja IT7 do IT6. Štancani proizvodi su lakši u odnosu na kovane ili lijevane. Vrijeme izrade je mnogostruko kraće u odnosu na strojnu obradu odvajanjem čestica. Posluživanje štanice može biti ručno (ulaganje platine ili pomicanje trake lima) ili strojno (automatski - pomoću odmatalice, ravnalice i dodavalice trake koluta lima). Rezna linija na obratku može biti otvoreni rez (reže samo dio obradka, npr: odrezivanje) i zatvoreni rez (reže cijeli oblik obratka, npr: izrezivanje) kao što je opisano u [1].

## 1.2 Princip rada štance

Način funkcioniranja stroja za izradu transformatorskih limova je vrlo jednostavan. Silazni pretvarač napaja PLC uređaj na način da pretvara izmjenični napon 220V (AC) u istosmjerni 24V (DC). Potrebnom energijom su opskrbljeni senzori na cilindrima koji su zaslužni za to da PLC-u prosljeđuju signal kako bi znao u kojem su položaju cilindri, senzor početnog položaja, te elektro-pneumatski ventili koji upravljaju cilindrima. Koračni motor je spojen na napajanje preko drajvera koji ga pogoni. Pneumatski dio je izveden tako da pripremna grupa elemenata stlačeni zrak iz kompresora prosljeđuje do razvodnika koji mijenjaju položaj dvoradnih cilindara. Sve je osigurano senzorima te osiguračima koji ne dozvoljavaju neispravan rad sustava.

Proces štancanja se odvija na način da PLC šalje motoru impulse koji pogone valjke, te vuku papir namotan na rolu pod uvjetom da su oba klipa cilindra u uvučenom to jest gornjem položaju. Nakon što papir dođe do senzora početnog položaja signal se registrira u PLC-u koji zaustavlja motor i počinje s slijedećim ciklusom a to je guranje papira do pozicije za bušenje, taj proces se odvija na način da PLC motoru preko drajvera šalje određen broj impulsa te dovodi papir ispod cilindra na čiji su klip stavljene oštrice za rezanje. Nakon što je papir u predviđenom položaju razvodnik dobije signal i propušta stlačeni zrak iz pripreme grupe do cilindra koji mijenja položaj klipa te buši papir. Cijeli proces prate senzori položaja klipa cilindra te odmah šalju PLC-u signal. Nakon što PLC dobije prije navedeni signal on utječe na razvodnik koji odmah vraća klip u početni položaj nakon čega se taj proces ponavlja nekoliko puta (motor opet gura papir te ga cilindar reže). Poslije nekoliko ciklusa pali se i drugi cilindar koji radi na sukladan način te oba cilindra rade jednako. U slučaju da se izgubi pozitivan signal na senzoru početnog položaja sustav prestaje sa radom. Proces je moguće zaustaviti na više načina a to su isključivanje cijelog sustava ili samo gašenje napajanja PLC-a iskapčanjem kabla iz utičnice ili sklopkom, te postavljanje PLC-a u STOP način rada.

## 2. Izrada prototipa štanice

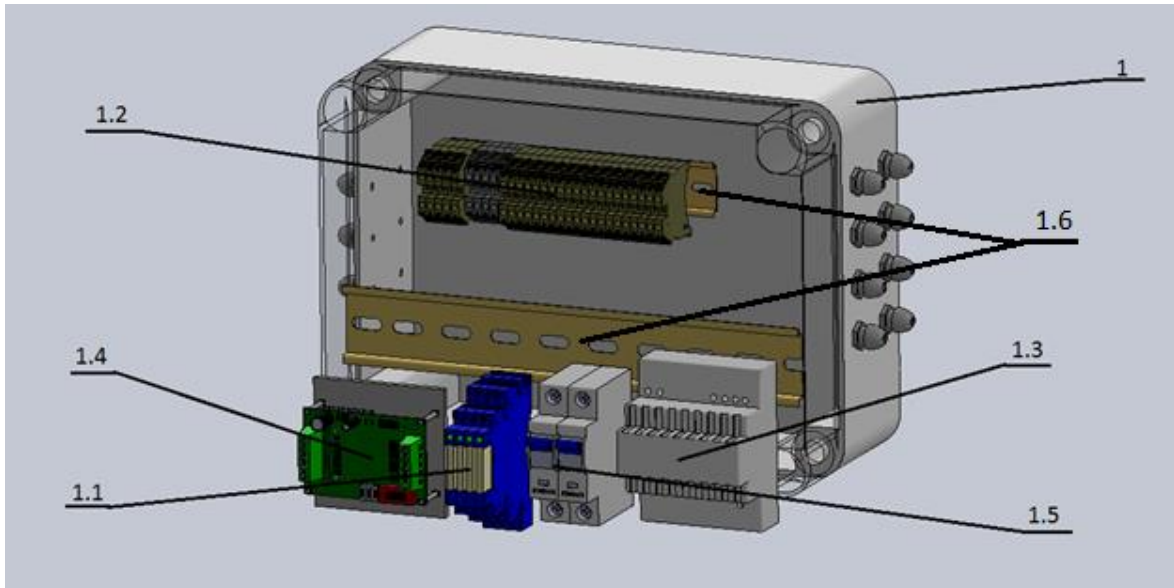
Većina tvrtki se služi 3D modeliranjem i vizualizacijom da bi što brže izradile prototipove proizvoda u cilju ostvarenja visoke preciznosti i fleksibilnosti te učinkovitog kreiranja i modificiranja 3D modela. Prostorno je modeliranje zapravo prva faza kreiranja svakog cjelovitog projekta. Za kreiranje 3D modela, inženjeri se služe programima koji pripadaju skupini CAD (*Computer-Aided Design*). Ti su alati osmišljeni za oblikovanje virtualnog objekta i sadrže mnogo dodatnih informacija o dimenzijama, materijalima i sl. CAD programski alati podržavaju različite načine modeliranja i oblikovanja objekta. Trodimenzionalni 3D prikaz ima veliku prednost, pogotovo kod primjene računala u procesu konstruiranja. Tako konstruirani prostorni objekt posjeduje sve informacije potrebne za izradu, proračun i analizu, simulaciju i kontrolu. Realan izgled modela pruža posebnu pogodnost i za industrijski dizajn. Crtež se dobiva na automatiziran način na osnovu dobivenog 3D modela, kao što je primjerice opisano u [2].

Za kreiranje modela je potrebno uključiti opciju *Sketch*, zatim odabrati ravninu na kojoj se oblikuje skica, parametarski ili eksplicitno. Pomoću komande za izvlačenje (ekstrudiranje) dobiva se 3D objekt - *Ekstrude*. Skica ne mora biti precizno nacrtan presjek, već približna kontura koju je dalje moguće parametarski ili eksplicitno definirati ograničenjima. Daljnji se postupak svodi na obradu 3D objekta operacijama koje su identične tehnološkim, odnosno operacijama kod alatnih strojeva kao što su bušenje, upuštanje, razvrtanje, narezivanje navoja i dr.

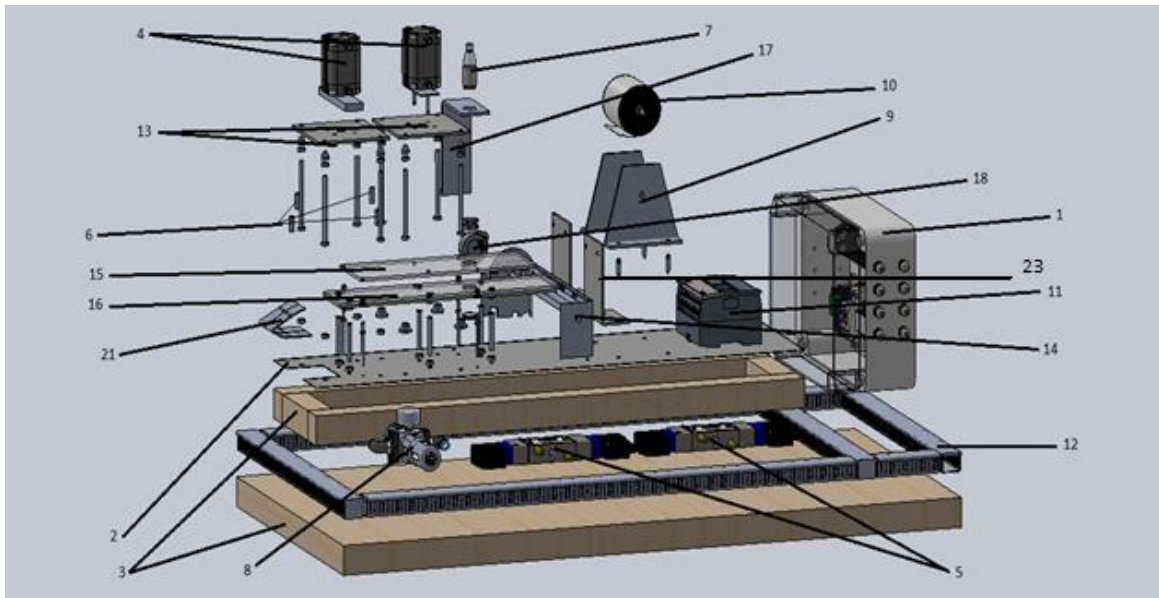
U ovom je dijelu poglavlja prezentiran razvoj sklopa modela, kao i izrada dokumentacije stroja za transformatorske limove. U tu svrhu je objašnjen postupak rada kod kreiranja sklopa modela. Na slikama 2.1. i 2.2. su prikazani glavni dijelovi štanice te je navedeno koji su to dijelovi. Iz slika se može zaključiti da štanca nije jednostavne konstrukcije te da je njezina izrada dosta zahtjevna.

Sastavni dijelovi stroja za transformatorske limove:

1. razvodna kutija koja se sastoji od:
  - 1.1 releji finder 34.51.7,
  - 1.2 redne stezaljke,
  - 1.3 napajanje Mean Well DR-60-24,
  - 1.4 drajver za motor TB 6560,
  - 1.5 osigurači GB2-CB07, GB2-CB09,
  - 1.6 šine,
2. podnožje štanice,
3. postolje,
4. cilindri,
5. razvodnik,
6. magnetni senzori,
7. optički senzor,
8. regulator zraka,
9. držač papira za rezanje,
10. papir za rezanje,
11. PLC,
12. kanalice,
13. postolje cilindra,
14. valjak za guranje papira,
15. gornja pleksiglas ploče,
16. donja pleksiglas ploče,
17. držač senzora,
18. motor za guranje papira,
19. električni vodiči,
20. pneumatske cijevi,
21. lim za spuštanje obradka,
22. matice i vijci,
23. lim za držanje valjaka.



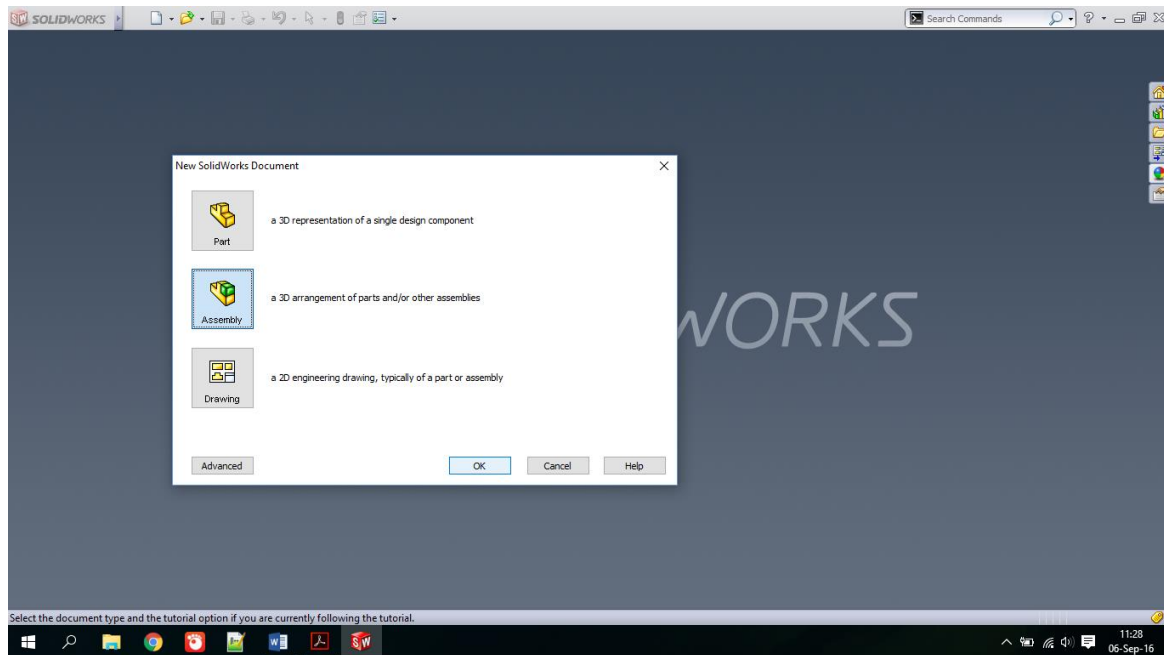
Slika 2.1. Dijelovi razvodnog ormara



Slika 2.2. Dijelovi štanice

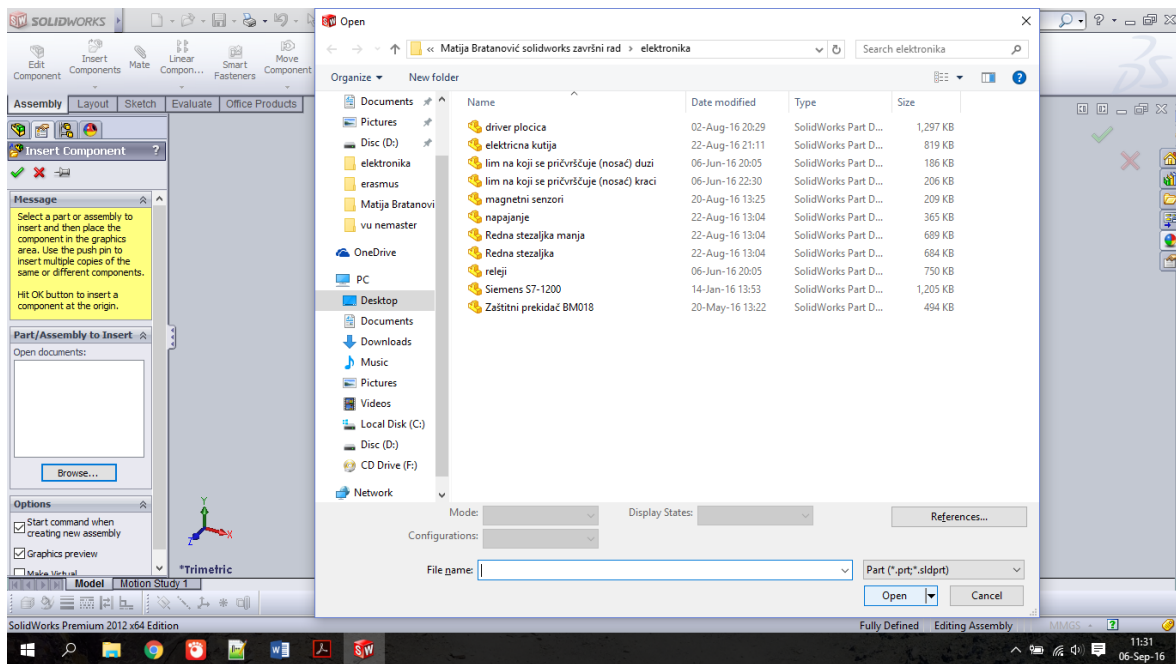
Sklapanje ili modeliranje sklopa (engl. *Assembling Part*) u domeni računalom podržanog konstruiranja je postupak kombiniranja nekoliko računalnih modela dijelova ili pod sklopova postavljanjem međusobnih geometrijskih ograničenja. Postavljanjem geometrijskih ograničenja se pojedinom dijelu oduzimaju stupnjevi slobode kretanja u odnosu na drugi dio. Modeli dijelova su pohranjeni u zasebnim datotekama na serveru i umeću se u datoteku sklopa kao instance. Pri tome je moguće umetnuti više instanci istog modela.

Modul za rad sa sklopovima (*Assembly*) se pokreće kod kreiranja nove datoteke u sučelju *New SolidWorks document*. Potrebno je odabrati *Assembly* modul (slika 2.3.) u predlošcima i sačuvati datoteku na željeno mjesto. Nakon toga se otvara sučelje za modeliranje sklopa i predloženi prozorčić za dodavanje komponenti na lijevoj strani radne površine (engl. *Add Component*).



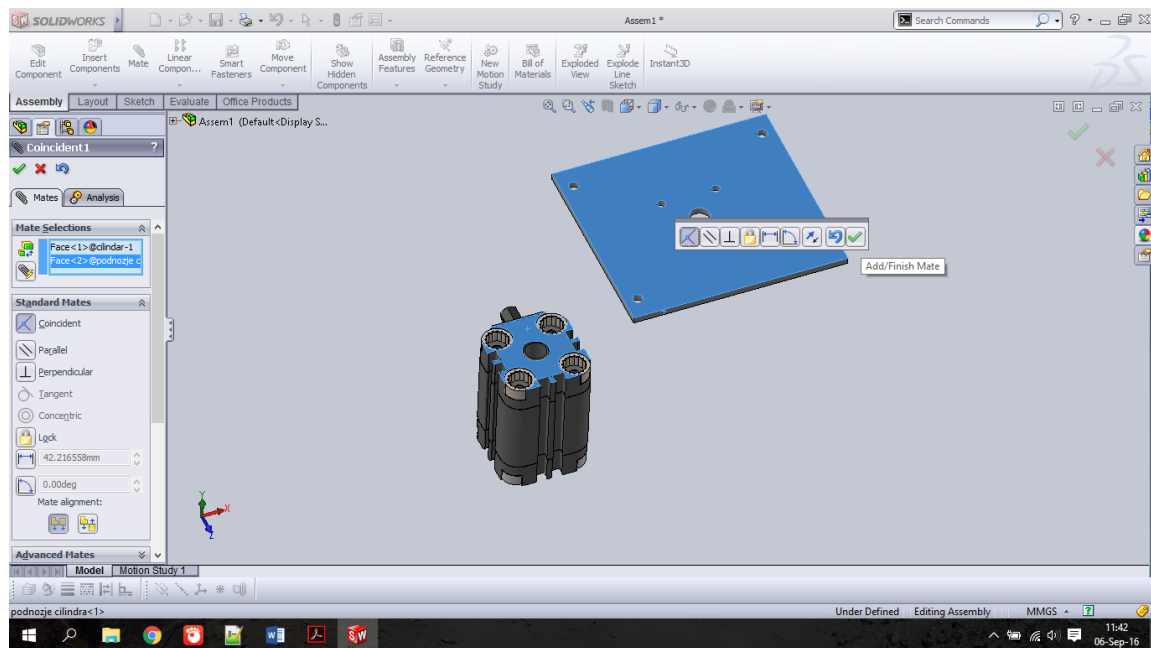
Slika 2.3. Otvaranje projekta u alatu SolidWorks

Dodavanje dijela ili pod sklopa vrši se naredbom *Browse* u prozoru *Add Component*, gdje se pojavljuje prozor za pretraživanje komponenti *File Name* (slika 2.4.). Dovoljno je upisati broj (ime) komponente ili pronaći mapu u koju je spremljena komponenta te odabrati komponentu i pritisnuti gumb *OK* za nastavak sklapanja. Naredbu za dodavanje ostalih komponenti u sklop *Insert Component* se može pozvati preko izbornika *Assemblies -> Components -> Add Component*.



Slika 2.4. Umetanje komponente

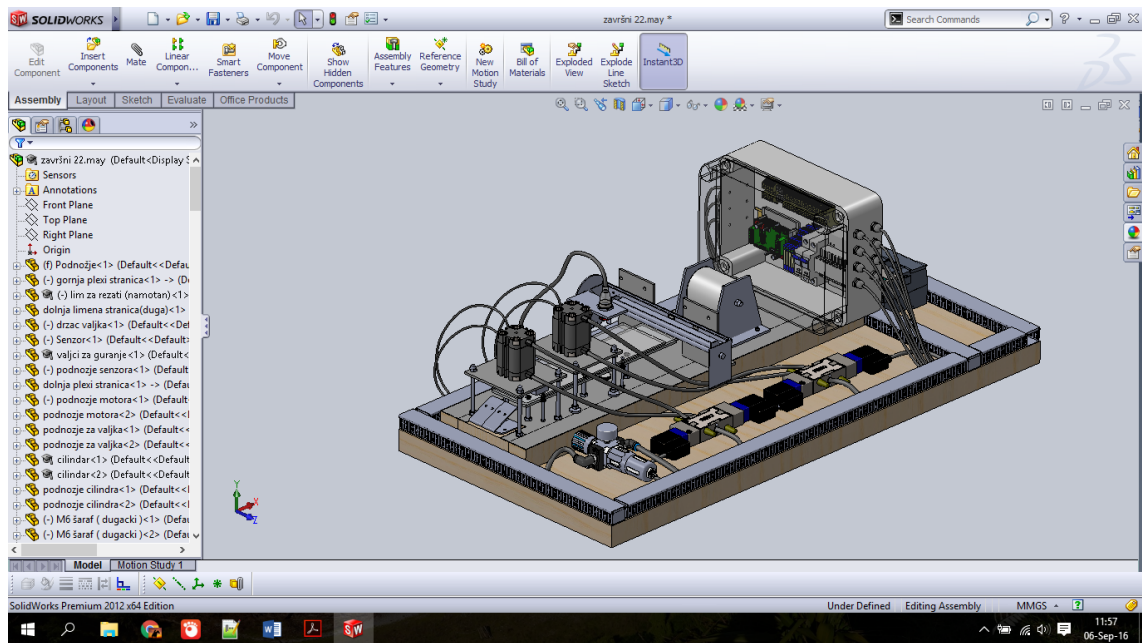
Nakon što su dodane dvije ili više komponenata spajamo ih opcijom *Mate* na način da se na svakoj komponenti odabere površina za koju želimo da bude u istoj ravnini kao i prva odabrana (slika 2.5.), te se svaka komponenta može po potrebi rotirati opcijom *Rotate*.



Slika 2.5. Opcija *Mate*

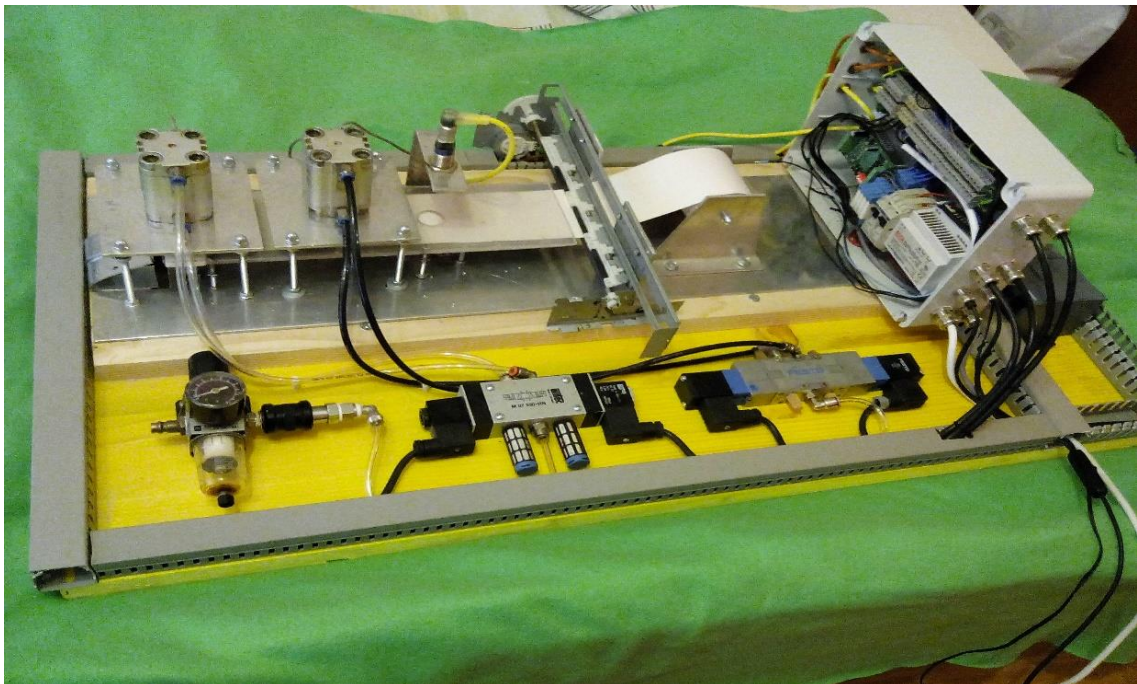


Nakon što su sve komponente spojene, ubačene na radnu površinu te spojene zajedno u jedan sklop dobije se 3D model stroja za transformatorske limove prikazan slikom 2.6., te popis dijelova od kojih se model sastoji. Svaki model se može otvoriti zasebno desnim klikom miša na njega te odabirom opcije *open part*.



Slika 2.6. Model štanice izrađen u alatu SolidWorks

Na slici 2.7. je prikazan gotov prototip stroja za transformatorske limove.



Slika 2.7. Prototip modela štanice



### 3. Programirljivi logički kontroler

U poglavlju 3. je ukratko opisan „mozak“ stroja za trafolimove to jest PLC. Relejna tehnika je bila neizostavni dio upravljanja u industrijskim pogonima do kraja 60-tih godina. Svaka promjena proizvodnog programa zahtijevala je promjenu rasporeda releja i ožičenja, a takav način promjena proizvodnog programa je dug i skup proces. U isto vrijeme je i razvoj mikroprocesora došao do određenog nivoa te se pojavila ideja o izradi elektroničko-računalnog upravljačkog sustava koji bi se dao reprogramirati promjenom proizvodnog programa. Danas se PLC sve više koristi a također i razvija, povećavaju se njegove performanse kao što opisuje [3].

#### 3.1 Što je programirljivi logički kontroler?

Programirljivi logički kontroler prikazan na slici 3.1. (eng. *Programmable Logic Controller*) je industrijsko mikroračunalo koje na temelju stanja ulaznih signala i programom pisane zakonitosti djelovanja stvara izlazne signale. Najvažniji dijelovi za rad PLC-a su procesor, memorija, ulazi i izlazi. Ulazi u ovom slučaju nisu tipkovnica i miš, nego tipkala i sklopke, razne vrste pretvornika i senzora. PLC se najviše koristi kao osnovni dio upravljačkih automatskih sustava u industriji. Njegov program, odnosno algoritam, se može jednostavno mijenjati te je pogodan za brza rješenja i aplikacije. Dio je mnogobrojnih strojeva i procesa u industriji. Projektiran je za teške uvjete rada, otporan na vibracije, temperaturene promjene i električne smetnje. PLC uređaj je izumljen za potrebe američke automobilske i prerađivačke industrije 1968. godine. Prvi PLC uređaj je izrađen od strane „Bedford Associates“, udruge kojoj je to bio 84. projekt, a koja je nakon uspješne prezentacije prototipa osnovala tvrtku sa proizvodnjom, prodajom i servisom prvog modela PLC-a nazvanog „Modicon“. Za razliku od relejne tehnike gdje se svaka promjena na sustavu mora fizički od spojiti i spojiti na drugo predviđeno mjesto u PLC se to radi promjenom programa. Time se smanjuje mogućnost pogreške i smanjuje vrijeme potrebno za izmjene. Neke prednosti PLC-a u odnosu na relejnu tehniku su:

- jednostavno ožičenje,
- male fizičke dimenzije,
- promjena upravljanja traži samo promjenu programa, a ne i fizičko ožičenje,
- smanjenje količine dokumentacije kao što opisuje [4].

## 3.2 Arhitektura PLC-a

Da bi se opisao način rada PLC-a potreban je kratak pregled njegove arhitekture. Arhitektura PLC-a sadrži sve elemente standardne arhitekture digitalnog računala koja uključuje:

- centralnu procesorsku jedinicu (mikroprocesor),
- sabirnice,
- memoriju,
- ulazno/izlazne sklopove.

CPU modul se sastoji od mikroprocesora, memorije, ulaznih i izlaznih sklopova te od sabirnica koje sve povezuju u jednu cjelinu. Istosmjerno napajanje od 24 V je integrirano u modul. S prednje strane su postavljene LED diode za signalizaciju stanja ulaza odnosno izlaza. CPU modul korišten pri automatizaciji također posjeduje PROFINET konektor. CPU jedinica čita stanja svih ulaza PLC-a, logički ih obrađuje u skladu s programom izrađenim od strane korisnika, te upravlja izlazima ovisno o dobivenim rezultatima logičke obrade. Logičke operacije podrazumijevaju Boolean logiku, aritmetiku s cjelobrojnim i realnim tipovima podataka, brojlara, tajmere te komunikaciju s drugim uređajima.

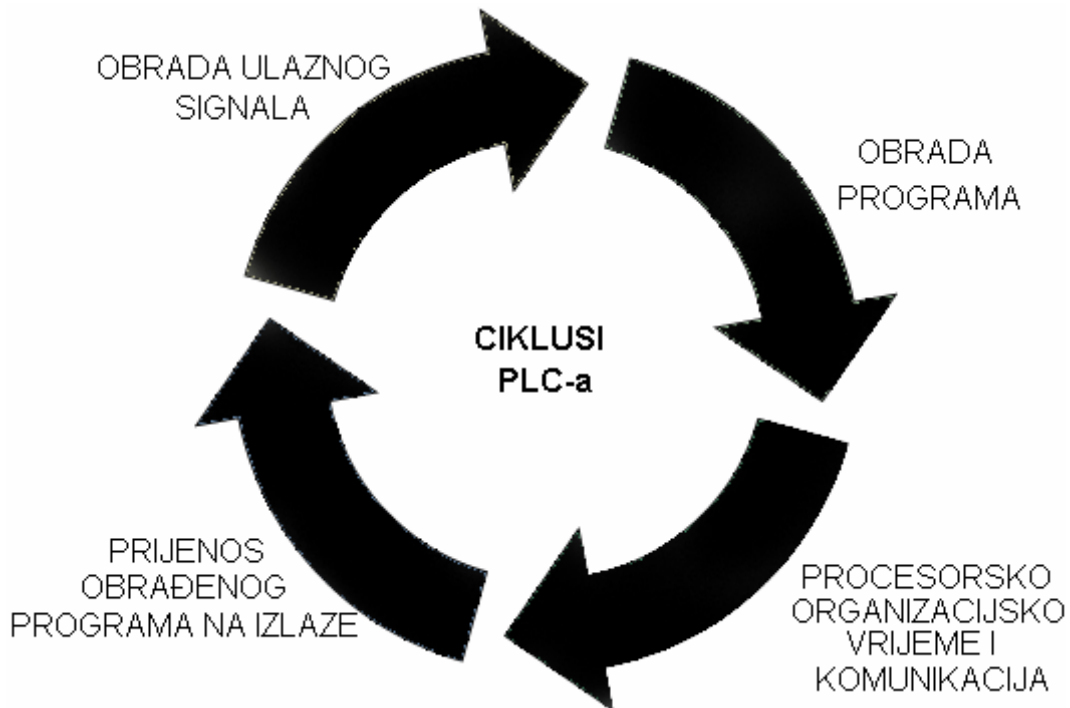
Memorija CPU-a se sastoji od memorije za učitavanje i radne memorije koje zajedno predstavljaju korisničku memoriju te sistemske memorije. U memoriji za učitavanje spremljeni su konfiguracijski parametri sklopovlja PLC-a i korisnički program. Memorija za učitavanje (*eng. Load memory*) je EEPROM memorija (*eng. electrically erasable programmable read only memory*) u koju se trajno spremaju podaci bez obzira na napon napajanja i ona može biti ugrađena u CPU modul ili smještena na SIMATIC memorijskoj kartici čime je omogućena razmjena i transport korisničkih programa. Programska logika i korisnički podaci koji su potrebni za izvođenje programa se iz memorije za učitavanje kopiraju u radnu memoriju (*eng. Work memory*) koja je izvedena kao brza RAM memorija (*eng. Random access memory*) te je potpuno integrirana u CPU modul bez mogućnosti proširenja kao što je opisano u [5].



Slika 3.1. Primjeri PLC uređaja

### 3.3 Princip rada PLC-a

PLC ciklički izvršava program u kojem se jedan puni ciklus sastoji od osvježavanja izlaznih stanja, čitanja ulaznih stanja, izvršavanja programa, osvježavanja internih varijabli, dijagnostičke provjere i procesiranja zahtjeva za komunikaciju što je slikovito prikazano na slici 3.2.



Slika 3.2. Programski ciklus PLC-a

Procesna jedinica čita fizičke ulaze neposredno prije izvršavanja programa i sprema njihove vrijednosti u procesnu memoriju. Takav način rada osigurava konstantne podatke za vrijeme jednog ciklusa kako ne bi došlo do različitih interpretacija nad istom varijablom. Za vrijeme izvršavanja programa CPU obnavlja izlaze u procesnoj memoriji, a fizičke izlaze mijenja tek nakon izvršenja cijelog programa.

Dva su moda rada PLC uređaja, RUN i STOP. Procesorska jedinica će izvoditi korisnički program samo onda kada je u RUN modu, a u STOP modu se obavljaju isključivo naredbe operacijskog sustava. Ako se programski ciklus PLC ne izvrši u predviđenom vremenu odnosno nadzornom vremenu ciklusa, operacijski sustav zaustavlja izvođenje korisničkog programa i vraća PLC u STOP način rada kao što je navedeno u literaturi [6].

## 4. Automatizacija sustava

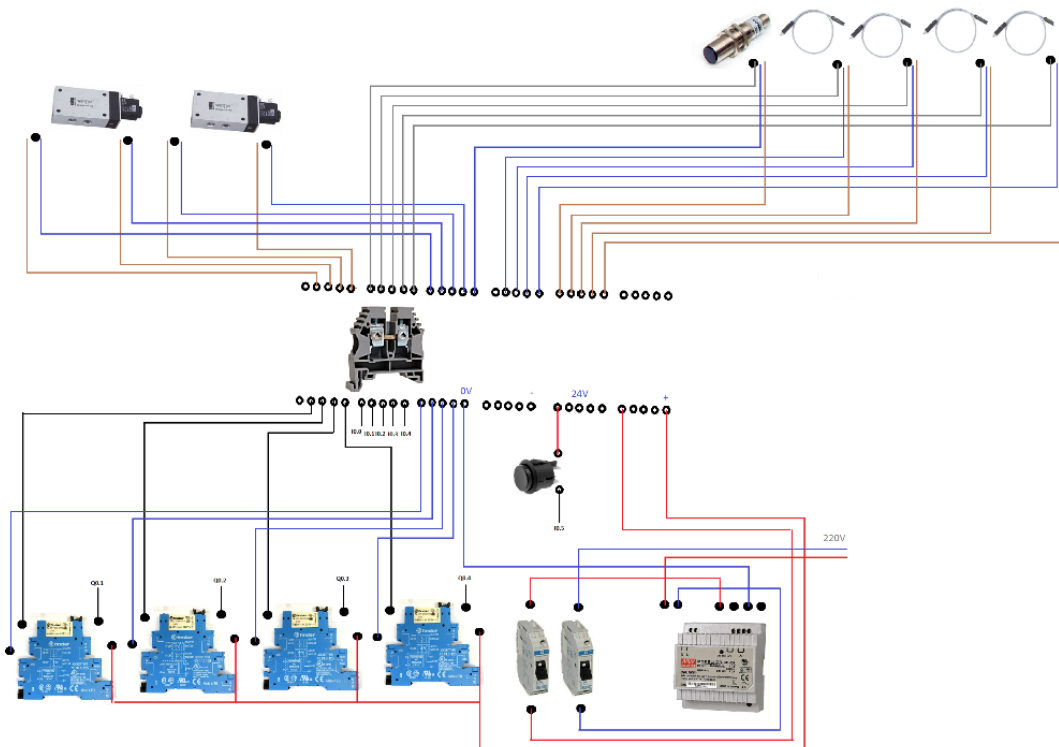
U ovom dijelu završnog rada ukratko je opisan elektroenergetski i upravljački dio štanice. Elektroenergetski dio se odnosi na razvodni ormar (slika 4.1.) u kojem su smješteni osigurači, redne stezaljke, napajanje, sklopnici te drajver za motor, dok se izvan ormara nalazi motor te PLC. Na slici 4.2. je prikazano ožičenje komponenata bez PLC-a. Oprema korištena pri automatizaciji štanice se može podijeliti na izvršni dio u koji spadaju razvodnici, cilindri i motor, te upravljački dio kojem pripada PLC uređaj.

Dijelovi koji su se koristili za automatizaciju štanice su:

1. PLC SIMATIC S7-1200,
2. Napajanje PM 1207,
3. Napajanje MEAN WELL DR-60-24,
4. Redne stezaljke,
5. Osigurači GB2-CB07, GB2-CB09,
6. Releji FINDER 35.51.7,
7. Drajver za motor TB 6560,
8. Reed releji i optički senzor,
9. Motor EM-462,
10. Filtar zraka s regulatorom SMC EA W2000-F02,
11. Razvodnici M07 530-HN,
12. Cilindri FESTO ADVU-32-30-PA.



Slika 4.1. Razvodni ormar prototipa modela štanice



Slika 4.2. Ožičenje senzora i razvodnika

## 4.1 PLC SIMATIC S7-1200

SIMATIC S7-1200 predstavlja seriju PLC uređaja koji se koriste za automatizaciju i upravljanje tehničkih sustava različite složenosti. On se najčešće koristi za automatizaciju jednostavnih do srednje složenih sustava. Osnovu PLC uređaja SIMATIC S7-1200 čini CPU modul koji dolazi u jednoj od tri izvedbe 1211C, 1212C i 1214C koje su različite po broju ulaza/izlaza, naponu napajanja i vrsti upravljačkog napona digitalnih izlaza. Pri automatizaciji štance je korišten tip PLC-a 1214C koji je prikazan slikom 4.3.[7].



Slika 4.3. Siemens S7-1200, 1214C [8]

CPU modul 1214C se sastoji od istosmjernog napajanja 24 V, mikroprocesora, memorije, ulaznih i izlaznih sklopova te od sabirnica koje povezuju sve navedene komponente. Na čeonj strani modula postavljene su LED diode za signalizaciju stanja ulaza odnosno izlaza, i još prikazuju u kojem načinu rada se sam uređaj nalazi. CPU modul također posjeduje i PROFINET konektor za komunikaciju sa računalom ili drugim modulom. U tablici 4.1. su navedeni osnovni parametri CPU modula 1214C.

Tablica 4.1. Osnovni parametri CPU modula 1214C [7]

Dimenzije [mm]	110x100x75	
Memorija za učitavanje	2 Mbytes	
Radna memorija	50 Kbytes	
Sistemska (retentivna) memorija	2 Kbytes	
Digitalni ulazi/izlazi	14/10	
Analogni ulazi/izlazi	2/0	
Mogućnosti eksplicitnih modula	Signalni moduli	8
	Komunikacijski moduli	1
	Signalni board	3
Brzina izvođenja realne instrukcije	18 ms/instrukcija	
Brzina izvođenja Boolean instrukcije	0.1 ms/instrukcija	

Karakteristike S7-1200 PLC uređaja:

- jedan software za programiranje, logiku, HMI panele,
- integrirane hardverske mogućnosti: podrška za mrežno spajanje, analogni ulazi, SD memorijsko sučelje (nisu potrebni posebni moduli za spajanje),
- mogućnost jednostavne nadogradnje s dodatnim modulima,
- mogućnost programiranja u SCL (structured control language) visokom programskom jeziku,
- SIPLUS extreme verzija koja omogućava rad u ekstremnim uvjetima (vrlo visoke i niske temperature, korozija, kondenzacija...),
- male dimenzije,
- omogućava visok nivo automatizacije uz malu cijenu,
- jednostavna instalacija, programiranje i inženjering,
- mogućnost interakcije u velike sustave,
- moguća primjena u jednostavnim i kompleksnim automatizacijskim sustavima,
- CPU može raditi kao samostalan, u mreži ili u velikim distribuiranim strukturama kao što je prikazano u [7].



## 4.2 Napajanje PM 1207

PM 1207 je modul za napajanje prikazan slikom 4.4. Modul se montira na šinu DIN35, a njegova težina je 0,3 kg. Dimenzije modula su 100 x 75 x 70 mm, a glavna uloga mu je osigurati stabilan napon za rad PLC-a. Na ulazu može primiti 120V ili 230V izmjenične struje, a na izlazu daje 24V istosmjerne struje jakosti 2,5A. Maksimalna izlazna snaga je 60W, modul je jednofazni te ima 2 izlaza kao što je navedeno u [9].

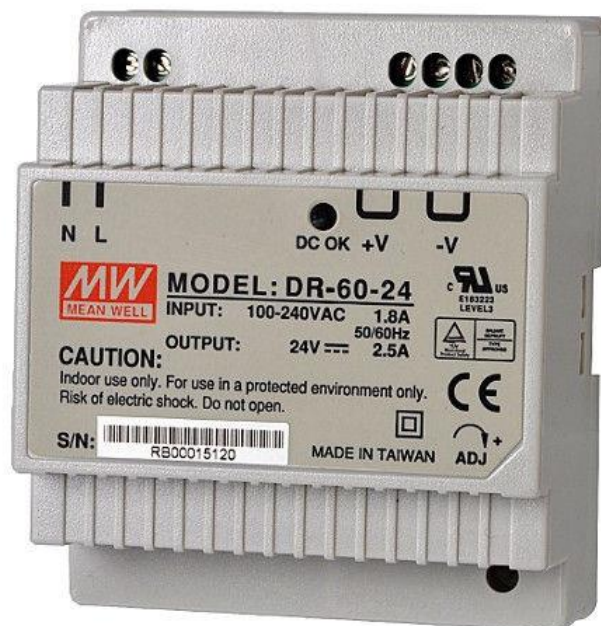


Slika 4.4. Modul za napajanje [10]

## 4.3 Napajanje Mean Well DR-60-24

Montažno prekidačko napajanje za DIN šinu Mean Well DR-60-24 (slika 4.5.) je napajanje koje je u ovom radu korišteno za napajanje ostalih komponenti. Ulazni napon napajanja je u rasponu od 88 – 264 VAC ili VDC, frekvencijski raspon mu je od 47-63 Hz a snaga 60W. Napajanje na izlazu daje napon od 24V te struju 2,5A. Dimenzije napajanja su (D x Š x V): 78 x 93 x 56mm, a masa mu iznosi 300g. [11].

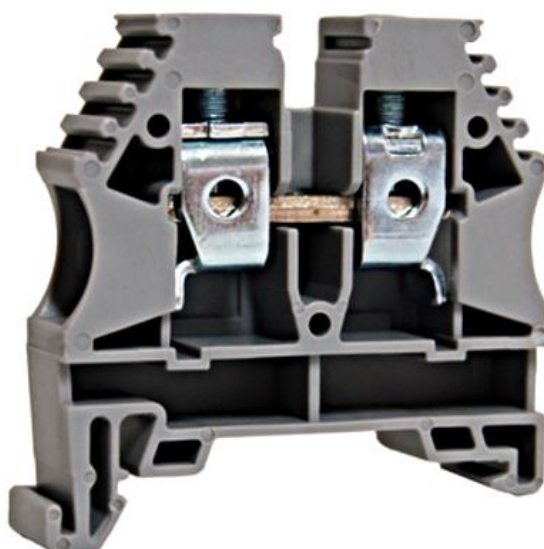




Slika 4.5. Napajanje DR-60-24 [12]

#### 4.4 Redne stezaljke

Redne stezaljke prikazane na slici 4.6. su jedan od učestalijih komponenta električnih sustava te su od velikog značaja zbog toga jer tvore kompletnu seriju, zajedno s priborom i sustavom uzemljenja te označavanja, kako bi korisniku ponudili stručno rješenje. Za izradu stezaljki se koriste izolacijski materijali, povezni metali i materijali za vodiče koji odgovaraju međunarodnim standardima kao što je prikazano u [13].



Slika 4.6. Redna stezaljka [14]

## 4.5 Osigurači GB2-CB07, GB2-CB09

Automatski osigurač ima ulogu ograničenja struje u pojedinom strujnom krugu. Razlikuju se jednopolni, dvopolni, trolepolni i četveropolni automatski osigurači. Na slici 4.7. je prikazan jednopolni automatski osigurač. Automatski osigurači mogu imati nazivne struje iznosa 1 A, 2 A, 6 A, 10 A, 16 A, 20 A, 25 A, 50 A, 63 A i 100 A kao što je navedeno u [14]. Osigurač pomoću bimetala isključuje strujni krug ukoliko trošila u krugu troše više struje od predviđene struje ograničene automatskim osiguračem. Oznaka B, C, D na osiguraču govori o vremenu u kojem on može podnijeti veću struju od nazivne, a da se ne prekine strujni krug. To je jako važno kod uključivanja trošila kada u kratkom vremenskom periodu kroz automatski osigurač proteče struja dva do tri puta veća od nazivne struje. Zbog toga se u industriji koriste osigurači C i D karakteristike, a u kućnim instalacijama automatski osigurači B karakteristike kao što je prikazano u [15].



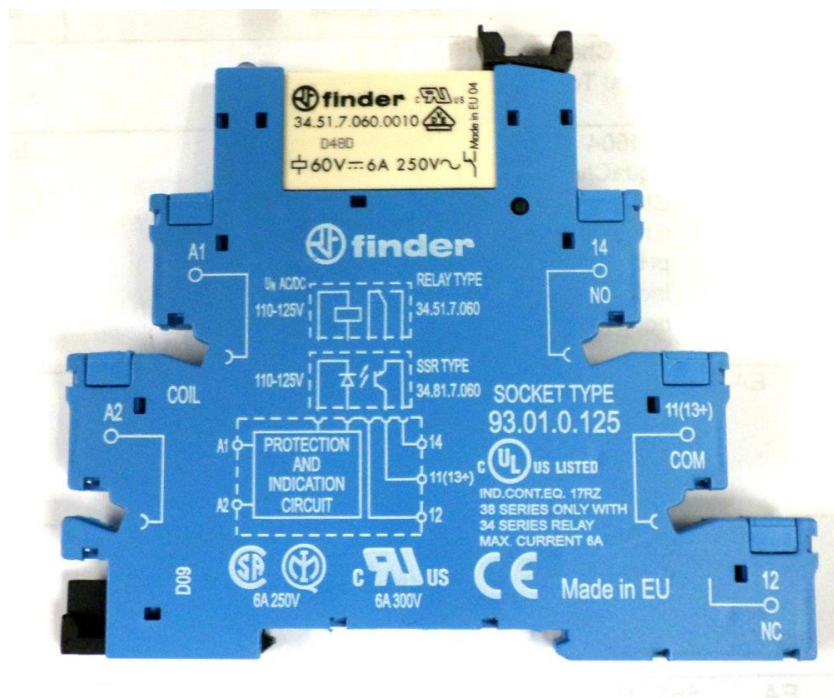
Slika 4.7. Automatski osigurač [16]

Karakteristike osigurača:

- dimenzije: (D x Š x V) 78 x 15 x 74,
- napon: 240V,
- struja: (GB2-CB07) 2A, (GB2-CB09) 4A,
- broj polova: 1 polni,
- snaga: 2W.

## 4.6 Releji Finder 34.51.7

Relej je vrsta prekidača čije je stanje (uključeno ili isključeno) upravljano električnim nabojem. On je jedna od najčešće korištenih električnih komponenata koje se koriste u suvremenoj automatizaciji. Nedostatak releja je ta što vrlo lako može doći do pregaranja njegovog svitka u slučaju ako se na svitak dovede preveliki napon. Ako kroz kontakte protječe struja veća od nazivne oni će se slijepiti i postati neupotrebljivi. Prednost releja je što se on sam može odvojiti od podnožja i zamijeniti kao zasebna cjelina kao što je prikazano u [17]. Relej s podnožjem je prikazan na slici 4.8.



Slika 4.8. Relej

Karakteristike releja:

- uklopni napon: 250V,
- uklopna struja: 6A,
- otpor svitka: 3.35 kohm,
- napon svitka: 24V.

## 4.7 Drajver za motor TB 6560

Drajver za motor (slika 4.9.) je kao malo strujno pojačalo, a radi tako da na ulazu dobiva signal niske struje kojeg pretvara u dovoljno jak strujni signal koji pogoni motor. Postoje različite vrste drajvera za motore a razlikuju se prema maksimalnom ulaznom naponu, maksimalnoj struji izlaza, rasipanju snage, naponu opterećenja te broju izlaza. Broj izlaza može biti od 1 do 12, a najčešće se koristi 1, 2 ili 4 izlaza. Naponi koji se najčešće koriste su 5, 12, 24 te 36V kao što je opisano u [18], dok drajver TB 6560 koji je korišten u radu daje izlaznu struju oko 3A, ulazni signal mu je 5V, a radni napon od 10 do 35V.



Slika 4.9. Drajver za motor [19]

## 4.8 Reed relej i optički senzori

Senzori (slika 4.10.) su uređaji u kojima se najčešće pretvara neka fizikalna veličina u električni signal koji može biti digitalan, diskretan ili analogan. Digitalni signali se spajaju na digitalne ulaze PLC-a, a analogni signali na analogne ulaze PLC-a. Izlazni signal analognog senzora proporcionalan je nekoj mjernoj veličini (npr. visini stupca tekućine u spremniku, vlazi zraka i dr.).

Senzori se primjenjuju kao mehanički prekidači, fotoelektrični senzori, enkoderi, senzori prisutnosti, itd. Senzori prisutnosti se koriste za detekciju prisutnosti nekog predmeta u blizini senzora. Prisutnost predmeta se pretvara u logički signal, npr: logičku 0 (0V) predmet nije prisutan ili logičku 1 (24V) predmet je prisutan. Na taj način su i korišteni u automatizaciji štance. Optički senzor ima za zadatak javljati PLC-u dali je papir prisutan ili nije, a Reed relej senzori javljaju položaj pojedinog cilindra.



Slika 4.10. Reed relej senzor

#### 4.9 Motor EM-462

Koračni motor korišten na projektu automatizacije štanice (slika 4.11.) je proizvođača Epson, on služi za guranje papira preko valjaka do cilindra koji ga buše i režu. Motor je bipolarni s unutarnjim otporom zavojnice od 9,2 Ohma, struja motora je oko 1 A, a napon oko 9 V. Motor se zakreće 7,5 stupnjeva po koraku, što znači da mu je za puni krug potrebno 48 koraka.



Slika 4.11. Koračni motor EM-462

#### 4.10 Filter zraka s regulatorom SMC EA W2000 – F02

Prije ulaska zraka u sustav potrebno ga je pripremiti to jest izvršiti pročišćavanje zraka, zauljivanje zraka i regulaciju tlaka zraka. Jedinica za pripremu zraka se sastoji od filtra, regulatora tlaka i mazalice (zauljivač, uljilo). Filtar i regulator tlaka (slika 4.12.) se često isporučuju kao jedinstveni pneumatski element. Regulator tlaka osigurava stabilan željeni (podešeni) radni tlak s jedne strane, te on neutralizira oscilacije tlaka zbog promjenljive potrošnje zraka (poremećaj na izlaznoj strani regulatora). U njemu se tlak iz glavnog voda (obično 8÷10 bar) reducira na potrebnu vrijednost radnog tlaka (obično 5 - 6 bara) kao što je opisano u [20].



Slika 4.12. Regulator tlaka zraka s pročištačem [21]

#### 4.11 Razvodnici M07 530-HN

Elektromagnetni/pneumatski ventil prikazan slikom 4.13. je ventil koji služi za zatvaranje i propuštanje zraka ovisno o potrebama procesa proizvodnje. Elektromagnetnim ventilom se upravlja pomoću elektromagnetnog svitka. Svitak obično koristi napajanje iznosa 24 V istosmjernog napona ili 230 V izmjeničnog napona. Ventil mora biti pravilno ugrađen u smjeru strujanja koji je označen strelicom na samom kućištu ventila. Ventil M07 530-HN od proizvođača Airtec je 5/3 ventil što znači da ima 3 razvodna položaja i 5 priključaka, te je bistabil (ima više stabilnih stanja) kao što prikazuje [22].



Slika 4.13. Pneumatski ventil [23]



#### 4.12 Cilindri FESTO ADVU-32-30-PA

U pneumatskim sustavima cilindar (slika 4.14.) je najčešći izvršni element. Gibanje cilindra je u principu translacijsko, a jedino zakretni cilindri imaju rotacijsko. Cilindri mogu biti jednoradni i dvoradni. Jednoradni cilindri vrše koristan rad samo u jednom smjeru, dok dvoradni cilindri vrše u oba smjera (guraju i vuku), a njihovi priključci za zrak (prednji i stražnji) se nalaze s obje strane klipa. Za pokretanje klipa stlačeni zrak se dovodi u komoru s jedne strane klipa, a istovremeno se komora na suprotnoj strani mora rasteretiti (odzračiti odnosno spojiti s atmosferom). U radu je korišten dvoradni cilindar FESTO ADVU-32-30-PA. Specifikacije cilindra su: maksimalni tlak 10 Bara, krajnje opterećenje 49.24kg, te udar 30mm kao što se navodi u [24].



Slika 4.14. Pneumatski cilindar ADVU-32-30-PA [25]

## 5. TIA Portal

Proizvođači sa PLC-om isporučuju i njegov operacijski sustav koji uvelike olakšava programiranje i rukovanje samim uređajem. U našem slučaju to je Siemensov programski paket TIA-Portal (eng. *Totally Integrated Automation*). TIA Portal je razvojni programski alat koji se sastoji od Simatic STEP 7 Basic programa koji omogućuje izradu upravljačkih aplikacija za Siemens Simatic S7-1200 PLC uređaje i Simatic WinCC programa za izradu interaktivnih nadzorno-upravljačkih aplikacija za HMI uređaje. Program su napravili Siemensovi stručnjaci koji su pazili na to da alat bude što jednostavniji za korištenje, što lakša izrada, uređivanje i upravljanje programom. TIA-Portal je namijenjen za korištenje u svim verzijama Windows operacijskog sustava, a minimalna konfiguracija računala za pokretanje programa TIA Portal je: procesor Pentium M 1,6GHz, 1GB RAM memorije, 2GB slobodnog mjesta na tvrdom disku. Programski jezici koje TIA Portal podržava su:

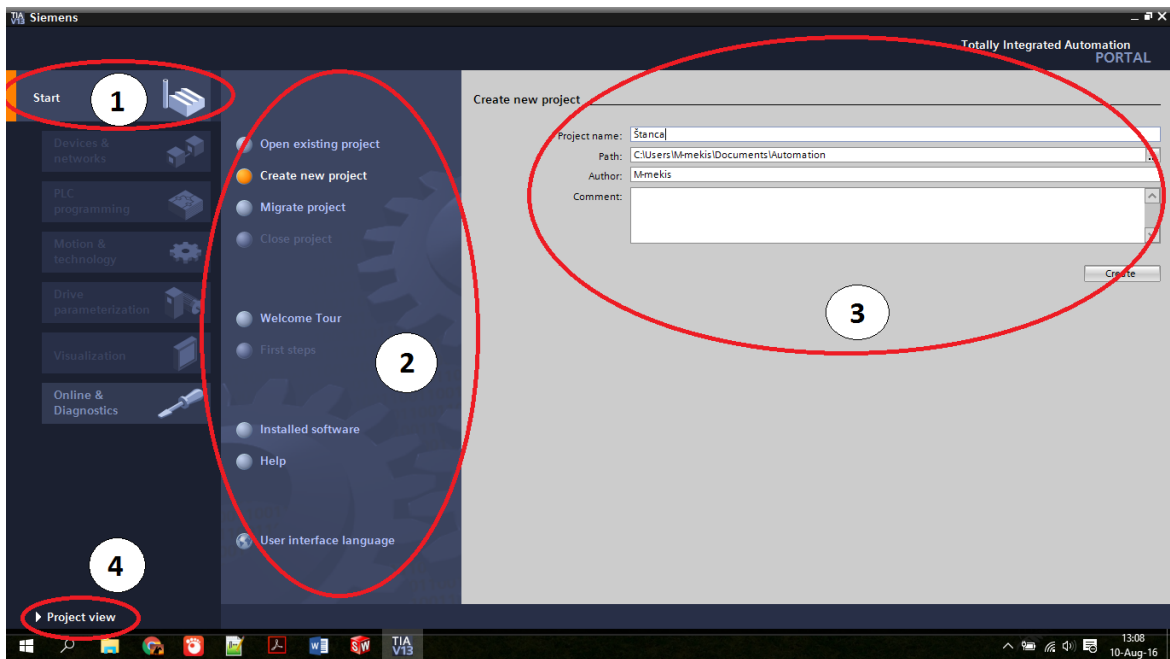
- LAD (eng. *Ladder Logic*) koji je grafički programski jezik baziran na kružnim dijagramima,
- FBD (eng. *Function Block Diagram*) koji je programski jezik baziran na grafičkim logičkim simbolima koji se koriste u Boolean algebri,
- SCL (eng. *Structred Control Language*) koji je tekstualno baziran, programski jezik na visokoj razini.

Izrada projekta u TIA Portalu se sastoji od nekoliko sljedećih glavnih koraka:

- kreiranje projekta,
- izrada sklopovske konfiguracije PLC uređaja,
- izrada i konfiguriranje mrežnih veza između uređaja,
- izrada upravljačkog programa za PLC uređaje,
- izrada vizualizacije za HMI uređaje,
- učitavanje izrađenih aplikacija na PLC i HMI uređaje,
- provjera rada i otklanjanje grešaka u aplikacijama kao što je prikazano u [6].

Rad u TIA Portal aplikaciji je moguć u dva pregleda, a to su: portal pogled – organiziran u obliku portala koji su organizirani prema funkciji te projekt pogled – orijentiran na prikaz elemenata u projektu, sadrži mnogo više opcija potrebnih za izradu programske podrške. Na slikama 5.1 i 5.2 prikazane su vrste pogleda koje lako mijenjamo u samom radu.



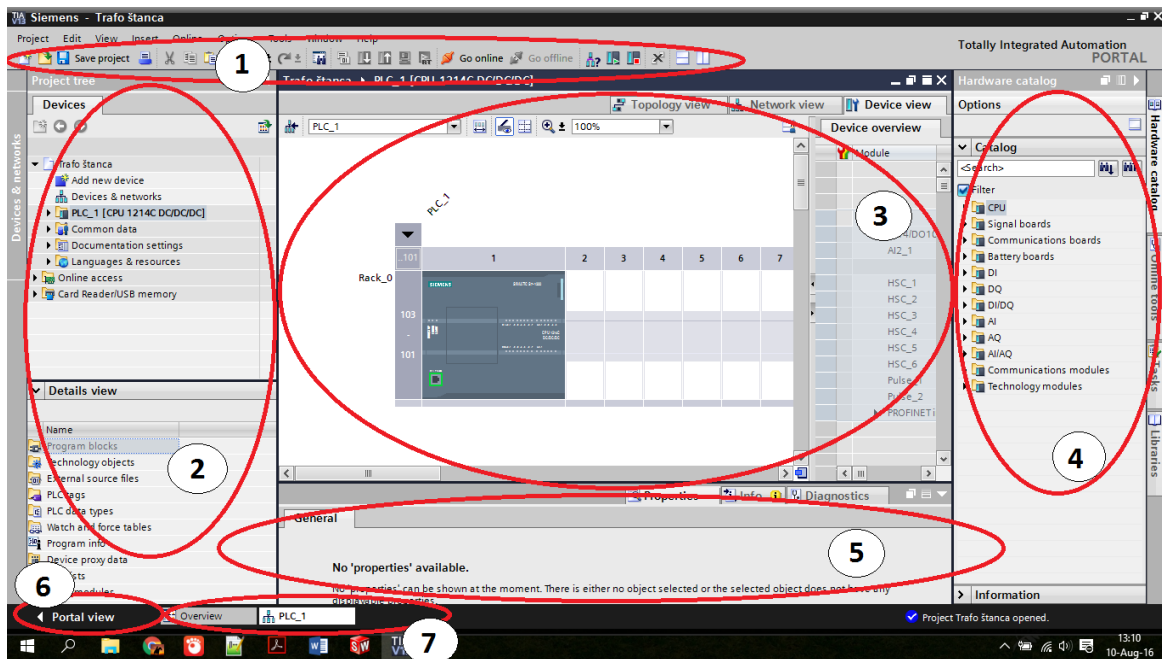


Slika 5.1. Simatic STEP 7 Basic portal pogled

Na prethodnoj slici se nalazi:

1. portali sa različitim zadacima,
2. zadaci odabranog portala,
3. dio za odabir i pokretanje određenog projekta,
4. promjena na projekt pogled.

U radu sa *STEP 7 Basic* programskim alatom kreće se od izrade sklopovske konfiguracije PLC uređaja tako što se na virtualno postolje dodaju moduli (CPU, SM, CM) od kojih se sastoji konfiguracija PLC uređaja. Nakon toga se kreće u izradu upravljačkog programa. Nakon učitavanja sklopovske konfiguracije i korisničkog programa u PLC uređaj odabire se „online“ pogled programa iz PLC uređaja čime je omogućeno njegovo testiranje i otklanjanje grešaka u logici ako je to potrebno.



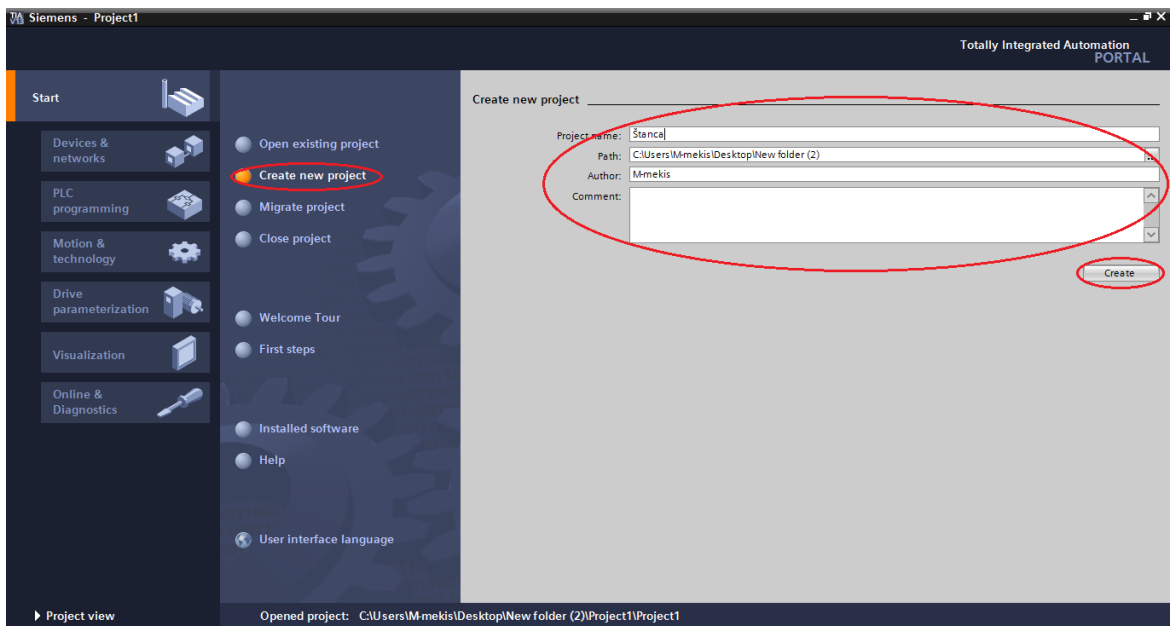
Slika 5.2. Simatic STEP 7 Basic projektni pogled

Na prethodnoj slici se nalazi:

1. meni i alatna traka,
2. projektna navigacija,
3. radni prostor,
4. radne kartice,
5. pregled dodatnih opcija,
6. promjena na zadatak pogled,
7. svi otvoreni prozori.

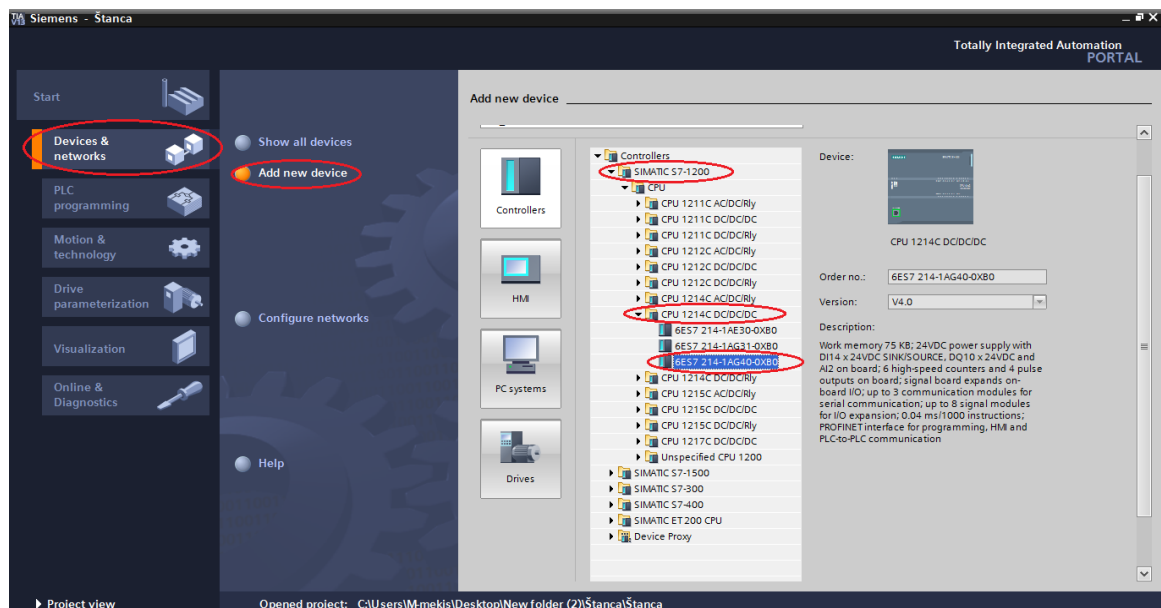
## 5.1 Izrada novog projekta

Pri pokretanju *Totally Integrated Automation Portal* programskog paketa otvara se *Project view* editor. Pritiskom na *Start -> Create new project -> Create*, kreiran je novi projekt odnosno novi upravljački program kao što je to prikazano na slici 5.3. Polja *Project name* i *Autor* se popunjavaju po želji, a u *Path* polju je potrebno odabrati mjesto na koje se želi projekt spremiti.

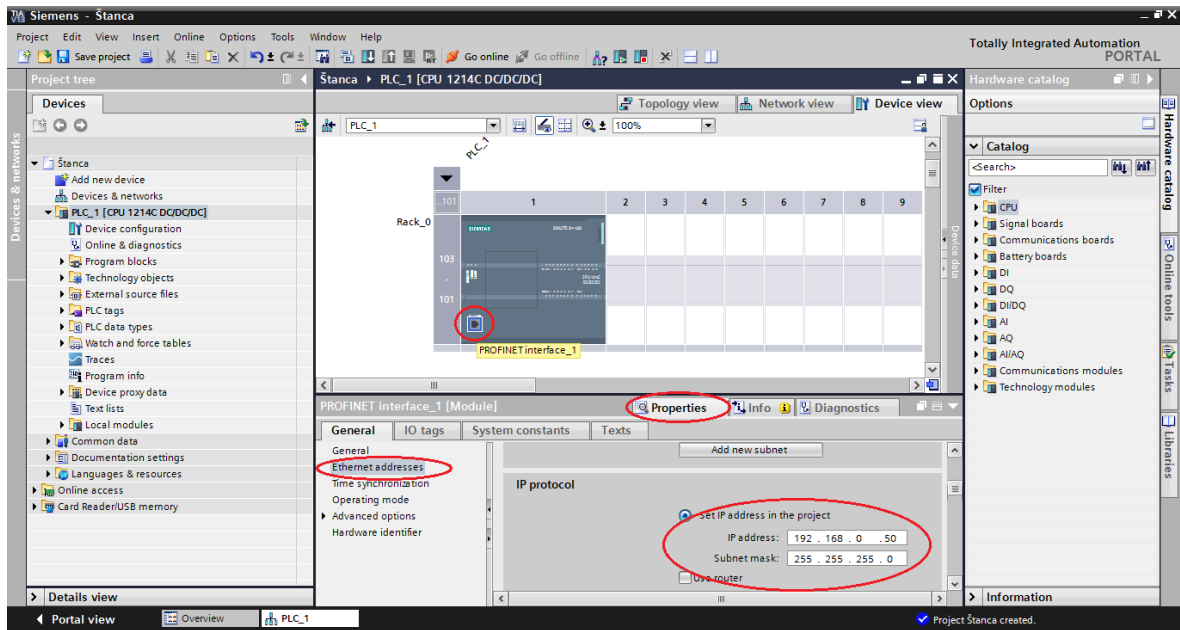


Slika 5.3. Izrada novog projekta

Nakon što je kreiran novi projekt, pritiskom na *Devices & Networks* -> *Add new device* -> *SIMATIC S7-1200* -> *CPU 1214C DC/DC/DC* -> *6ES7 214-1AG40-0XB0* -> *Add*, se odabire određena sklopovska konfiguracija PLC uređaja (slika 5.4.). Nakon čega je potrebno odabrati *PROFINET interface\_1* kako bi se otvorilo sučelje *Properties* (slika 5.5.). Pritiskom na *Ethernet addresses*, otvara se prozor u kojem je potrebno namjestiti adresu PLC-a koja mora biti različita od adrese računala kojeg se želi povezati s PLC uređajem kako bi komunikacija mogla biti uspostavljena.

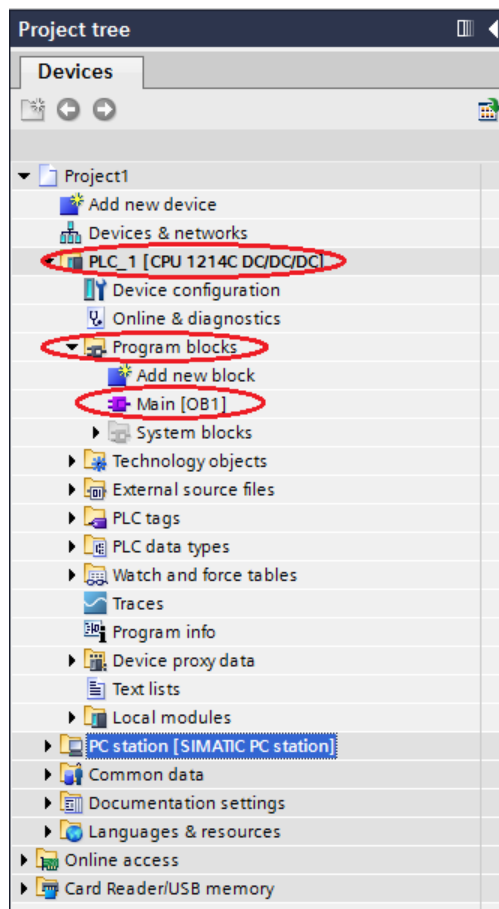


Slika 5.4. Dodavanje novog PLC uređaja



Slika 5.5. Postavljanje *Ethernet* adrese PLC-a

Odabirom *PLC\_1 [CPU 1214C DC/DC/DC]* -> *Program blocks* -> *Main [OB1]* u padajućem izborniku *Devices* je kreiran glavni program kao što je prikazano na slici 5.6.



Slika 5.6. Otvaranje glavnog programa

## 6. Program automatizacije stroja

U ovom poglavlju je prikazano sve u vezi PLC programa programiranog u Ladder logici. Isto tako su prikazani tagovi, oznake i simboli korišteni pri programiranju u alatu TIA Portal radi lakšeg razumijevanja programa automatizacije štanice.

### 6.1 Općenito o programu

Program pomoću elektro magnetskih senzora provjerava u kojem su stanju dvoradni cilindri namijenjeni za bušenje te rezanje papira, ako su cilindri u zatvorenom položaju (gornjem) te ako je na optičkom senzoru logička jedinica (ništa se ne nalazi ispod senzora), tada PLC šalje impulse drajveru koji pogoni motor te gura papir do senzora početnog položaja. Program cijelo vrijeme očitava stanja senzora te ako dođe do bilo kakve smetnje ili greške zaustavlja rad štanice. Nakon što optički senzor očita logičku nulu (papir dođe ispod senzora), program šalje drajveru impulse koji pogone motor. Motor nastavlja gurati papir do prvog cilindra tako da mu drajver šalje točno određeni broj impulsa. Kad papir dođe ispod prvog cilindra razvodnik mijenja njegovo stanje, klipnjače izlaze van te buše i režu papir, dok se to dogodi donji senzori reagiraju na promjenu stanja klipnjača te šalju signal PLC-u koji opet mijenja stanje razvodnika, pa se klipnjače uvlače unutra.

### 6.2 Korišteni ulazi, izlazi, oznake

Ulazi i izlazi koji su korišteni u programu automatizacije štanice prikazani su tablicama 6.1. i 6.2.

Tablica 6.1. Korišteni ulazi









Korišteni ulazi		
Naziv	Tip podatka	Adresa
Senzor optički	Bool	%I0.0
Senzor prvi dole	Bool	%I0.1
Senzor drugi dole	Bool	%I0.2
Senzor drugi gore	Bool	%I0.3
Senzor prvi gore	Bool	%I0.4
Tipkalo	Bool	%I0.5

Tablica 6.2. Korišteni izlazi

Korišteni izlazi		
Naziv	Tip podatka	Adresa
Razvodnik drugi 2	Bool	%Q0.6
Razvodnik prvi 1	Bool	%Q0.7
Razvodnik drugi 1	Bool	%Q0.2
Razvodnik prvi 2	Bool	%Q0.3
Motor uključi	Bool	%Q0.4
Motor impulsi	Bool	%Q0.5

Osnovni simboli (oznake) koji se koriste u ljestvičastom dijagramu prikazani su u tablici 6.3.

Tablica 6.3. Prikaz osnovnih simbola u ljestvičastom dijagramu

	Radni kontakt
	Mirni kontakt
	Pozitivan brid
	Negativan brid
	Izlazni svitak
	Invertirani izlazni svitak
	Set
	Reset

Radni kontakt, mirni kontakt, radni kontakt s pozitivnim bridom i radni kontakt s negativnim bridom se koriste na ulazima PLC-a. Izlazni svitak, invertirani izlazni svitak, setiran svitak i resetiran svitak se koriste na izlazima PLC-a. Ako je radni kontakt aktivan tada se signal s lijeva propušta na desno. Kod mirnog kontakta signal se propušta s lijeva na desno ako kontakt nije aktivan. Kada se koristi pozitivan brid na kontaktu i na njemu se pojavi pozitivan brid, tada se s lijeva na desno propusti impuls dužine jednog ciklusa PLC-a. Kada se koristi negativan brid na kontaktu i na njemu se pojavi negativan brid, tada se s lijeva na desno propusti impuls dužine jednog ciklusa PLC-a. Radni svitak je uključen onoliko dugo koliko traje signal s njegove lijeve strane. Mirni svitak se uključuje ako se s

njegove lijeve strane nije pojavio signal i ostaje uključen dok se s njegove lijeve strane ne pojavi signal. Setiranje se izvodi ako se s lijeve strane svitka pojavio i najkraći signal. Svitak ostaje uključen dok ga god neki drugi uvjet ne isključi, odnosno resetira. Resetiranje se izvodi ako se s lijeve strane svitka pojavio i najkraći signal. Svitak ostaje isključen dok ga god neki drugi uvjet ne uključi, odnosno setira. Simbol % u programu označava da se radi o programskoj varijabli. Kombinacijom simbola % te slova I i Q pristupa se ulaznim, odnosno izlaznim stezaljkama PLC-a. PLC pozicija 0 govori da se radi o *Master* PLC-u, dok se *Slave* PLC-i označavaju oznakama od 1 do 7. Na primjer, oznaka ulaza na PLC-u % I0.4 govori da se radi o četvrtom ulazu na baznom PLC-u, a oznaka izlaza PLC-a %Q0.6 govori da se radi o šestom izlazu na baznom PLC-u kao što je opisano u [7].

Popis korištenih tagova nalazi se na slikama 6.1., 6.2. i 6.3.

Default tag table							
	Name	Data type	Address	Retain	Visibl...	Acces...	
1	Axis_1_Pulse	Bool	%Q0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	Axis_1_Direction	Bool	%Q0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	Axis_1_Pulse(1)	Bool	%Q0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	System_Byte	Byte	%MB1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	FirstScan	Bool	%M1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	DiagStatusUpdate	Bool	%M1.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	AlwaysTRUE	Bool	%M1.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	AlwaysFALSE	Bool	%M1.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
9	Clock_Byte	Byte	%MB0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
10	Clock_10Hz	Bool	%MO.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
11	Clock_5Hz	Bool	%MO.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
12	Clock_2.5Hz	Bool	%MO.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
13	Clock_2Hz	Bool	%MO.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
14	Clock_1.25Hz	Bool	%MO.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
15	Clock_1Hz	Bool	%MO.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
16	Clock_0.625Hz	Bool	%MO.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
17	Clock_0.5Hz	Bool	%MO.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
18	flag	Bool	%M2.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
19	tipkalo	Bool	%I0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
20	senzor 1 dolje	Bool	%I0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
21	drugi cilindar dolje	Bool	%Q0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
22	senzor 2 dolje	Bool	%I0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
23	senzor 2 gore	Bool	%I0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Slika 6.1. Korišteni tagovi – 1. Dio

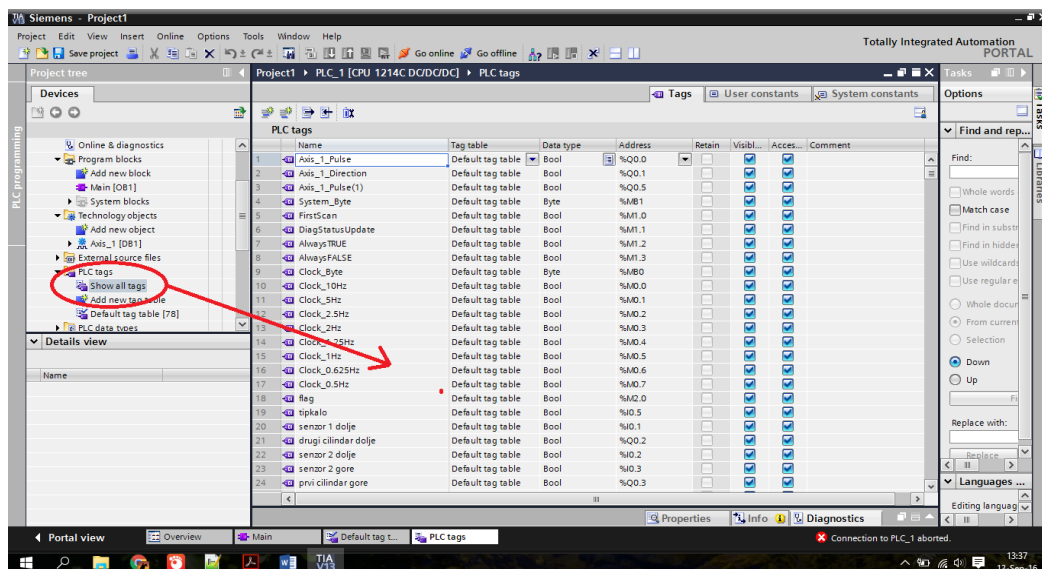
23	senzor 2 gore	Bool	%I0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
24	prvi cilindar gore	Bool	%Q0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
25	senzor 1 gore X	Bool	%I0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
26	senzor opticki	Bool	%I0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
27	motor	Bool	%M4.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
28	Tag_1	Bool	%M10.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
29	Tag_2	Bool	%M10.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
30	Timer	Bool	%M3.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
31	kraj motora 1	Bool	%M5.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
32	Tag_3	Bool	%M10.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
33	Tag_4	Bool	%M10.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
34	Tag_5	Bool	%M10.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
35	Timer 2	Bool	%M3.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Slika 6.2. Korišteni tagovi – 2. Dio

36	kraj motora 2	Bool	%M5.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
37	Timer 3	Bool	%M3.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
38	kraj motora 3	Bool	%M5.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
39	Tag_6	Bool	%M10.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
40	motor prvi run	Bool	%M4.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
41	start motor 1	Bool	%M6.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
42	Tag_9	Bool	%M6.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
43	cilindri dolje jedan	Bool	%M12.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
44	Tag_11	Bool	%M10.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
45	Tag_12	Bool	%M10.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
46	motor kratko	Bool	%M12.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
47	prvi cilindar dolje	Bool	%Q0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
48	drugi cilindar gore	Bool	%Q0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
49	Tag_7	Bool	%M13.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
50	Tag_8	Bool	%M13.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
51	Tag_10	Bool	%M12.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
52	Tag_13	Bool	%M12.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
53	<Add new>			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Slika 6.3. Korišteni tagovi – 3. Dio

Tagovi mogu imati bilo koju lokaciju, a obično se adresiraju po logici koja je najjasnija programeru koji piše program. Lista korištenih ulaza i izlaza se može vidjeti i u programu TIA Portal na način da se iz prozora za pisanje programa klikne na opciju *PLC tags* pa se nakon toga odabere *Show all tags* (slika 6.4.).

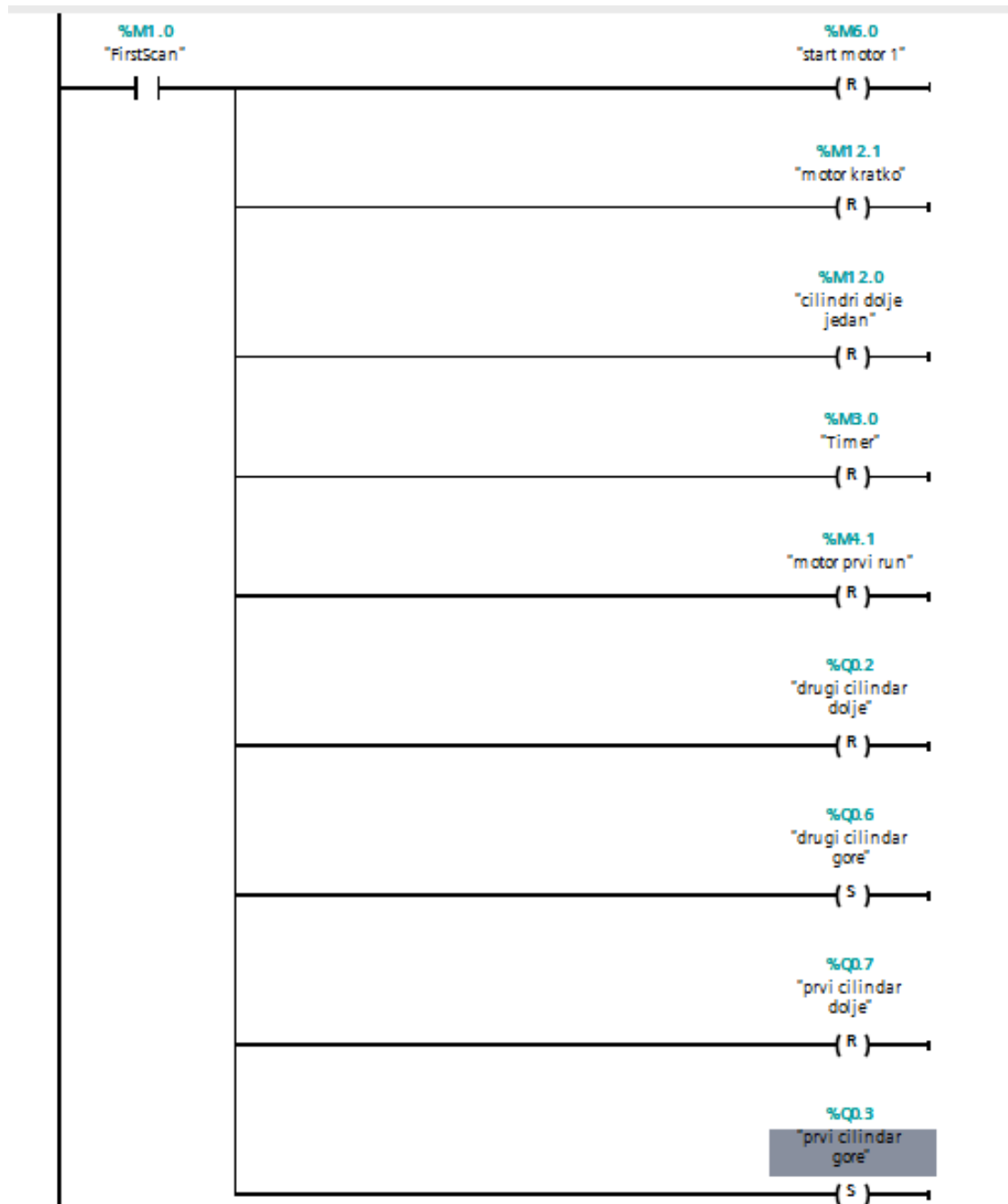


Slika 6.4. Otvaranje preglednika tagova za PLC



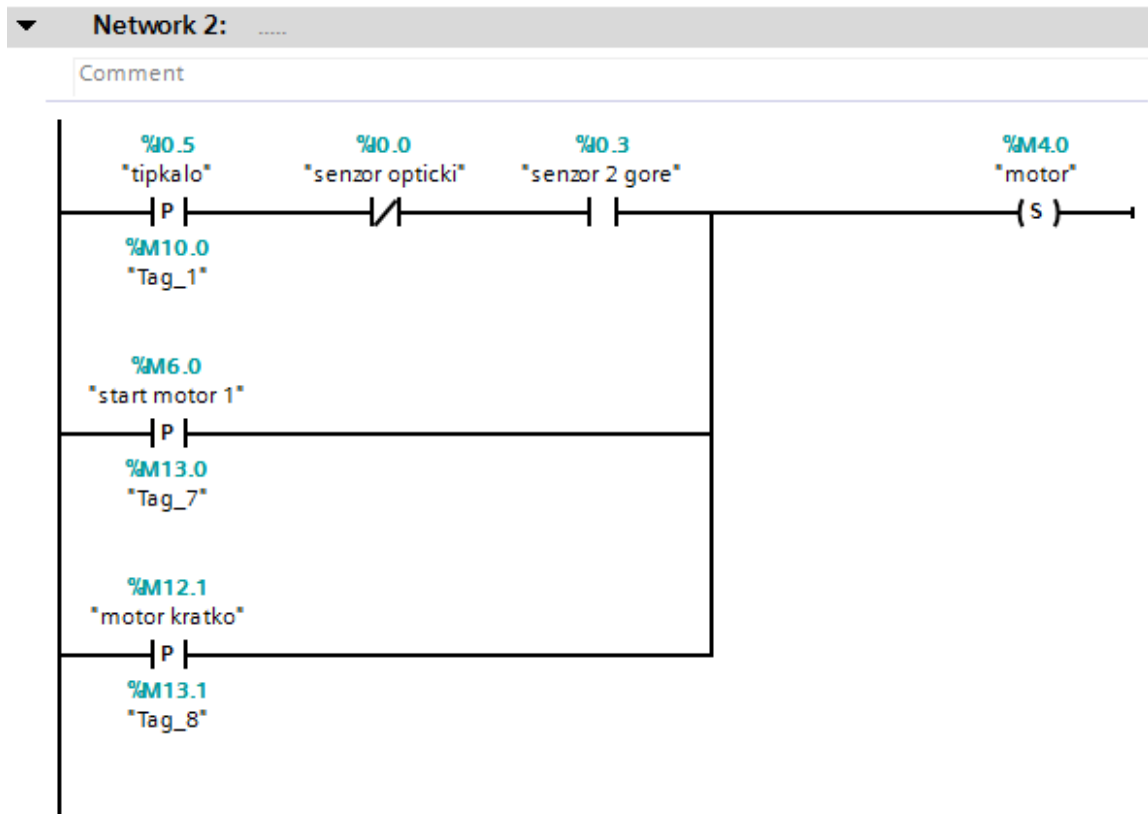
### 6.3 Program za upravljanje strojem za transformatorske limove

Na početku programa prilikom stavljanja PLC-a u *run* način rada memorijski bit %M1.0 prvi put prođe kroz program te resetira sve memorijske bitove koji trebaju biti u niskoj razini, osim toga se još cilindri postavljaju u gornji položaj zato da bi motor mogao nesmetano gurati papir (slika 6.5.).

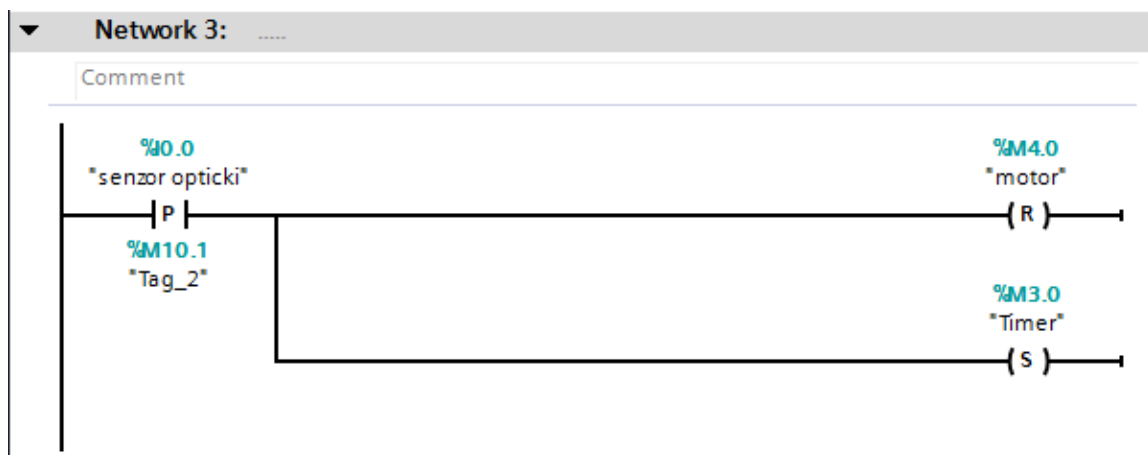


Slika 6.5. Postavljanje početnih stanja bitova

Nakon prvog ciklusa pritiskom tipkala te ako su uvjeti da je optički senzor (senzor početnog položaja) u niskoj razini i ako su cilindri u uvučenom položaju zadovoljeni pali se motor koji gura papir (slika 6.6.). Donji senzori na cilindrima ne smiju davati visoku razinu jer bi to značilo da su klipovi spušteni te bi motor gurao papir u rezne oštrice. Motor se osim tipkalom može upaliti i memorijskim bitovima %M6.0 te %M12.1 što će biti kasnije opisano.

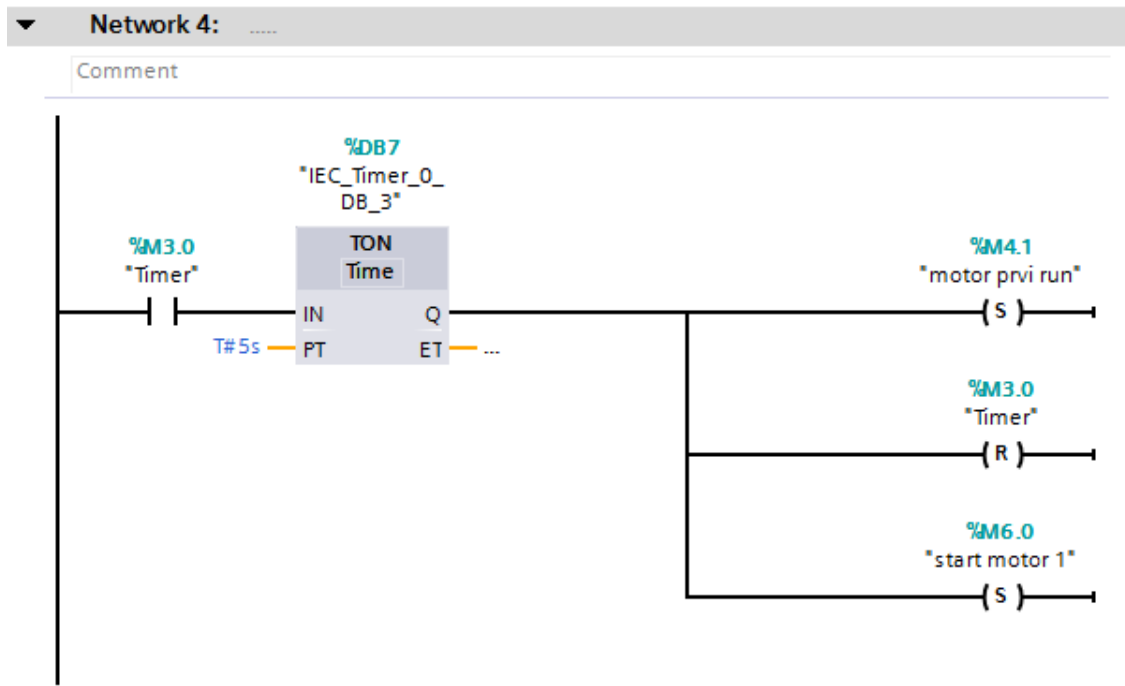


Slika 6.6. Prvo paljenje motora



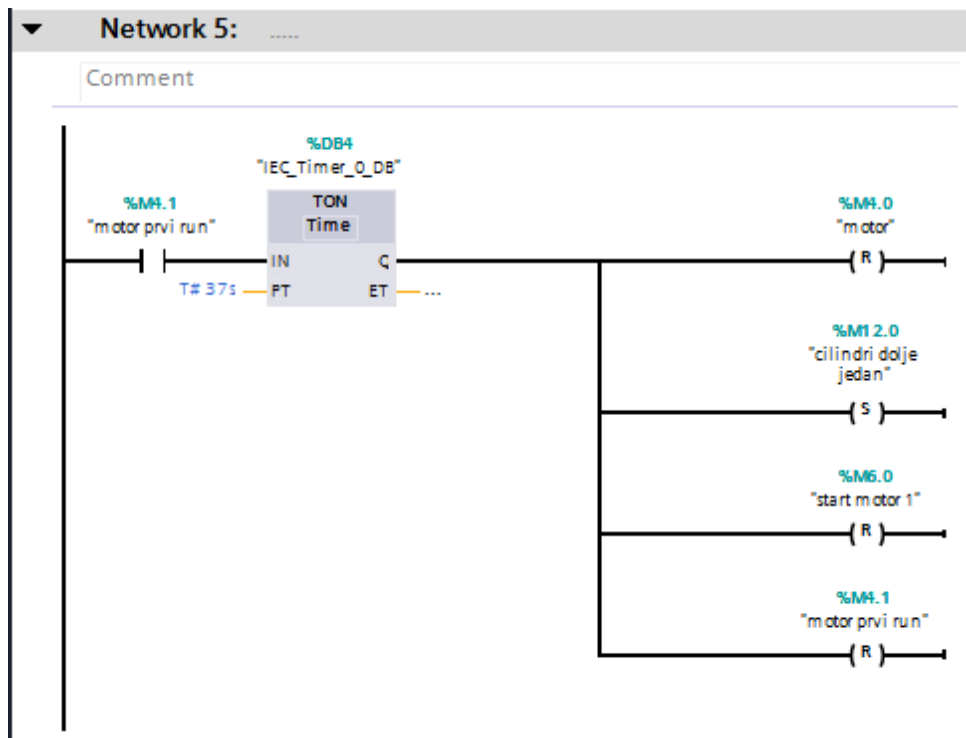
Slika 6.7. Bit optičkog senzora

Slika 6.7. prikazuje bit optičkog senzora. Nakon što motor dovede papir u položaj ispod optičkog senzora što je u radu nazvano „početni položaj“ motor na kratko vrijeme prestaje s radom a PLC uređaj tada zna na kojem se mjestu papir nalazi. Nakon što se motor ugasi memorijski bit %M3.0 se postavlja u visoku razinu i prvi brojač počinje raditi.

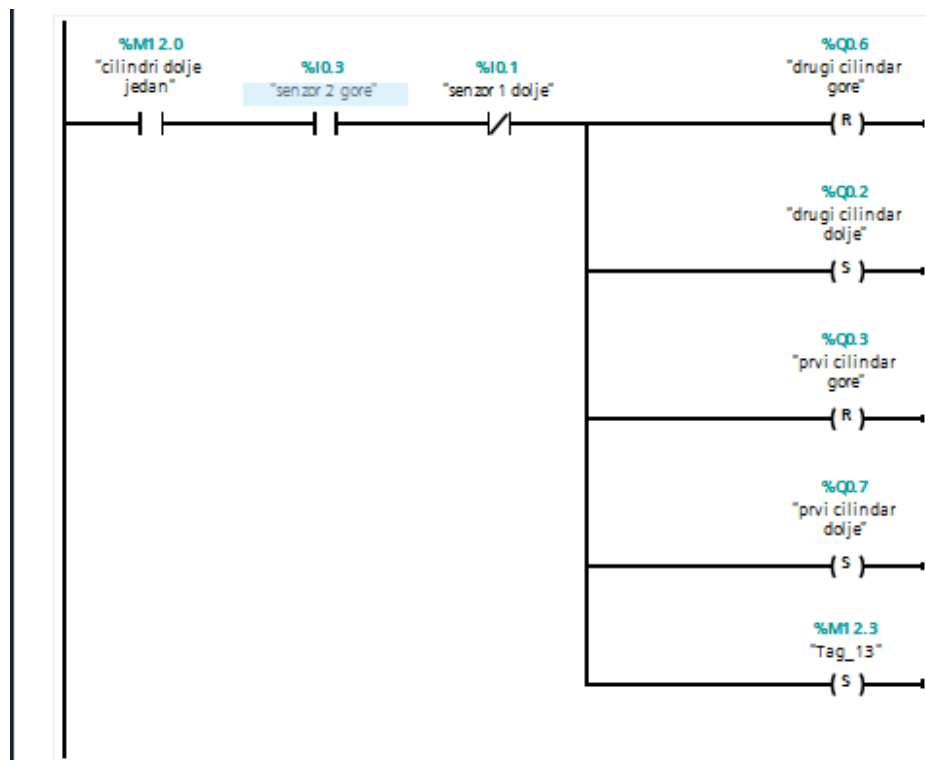


Slika 6.8. Tajmer jedan

Slika 6.8. prikazuje data blok prvog tajmera tj. brojača. Nakon što papir dovedemo u početni položaj s prvim tajmerom %DB7 ga zadržavamo 5 sekundi u tom položaju, te nakon tog vremenskog perioda opet palimo motor no ovog puta se motor ne pokreće tipkalom već memorijskim bitom %M6.0 kao što smo naveli na početku programskog dijela rada. Memorijski bitovi %M6.0 i %M4.1 se postavljaju u visoko stanje te motor radi sve dok papir ne dođe do položaja za bušenje, što znači da motor treba vrtjeti 37 sekundi a to je realizirano s tajmerom TON. TON je tajmer koji radi sve dok ima visoko stanje na svojem ulazu „in“, a na drugi ulaz tajmera se postavlja vrijeme nakon kojeg želimo da on provede visoko stanje na svoj izlaz (slika 6.9.). Nakon što se na izlazu pojavi visoka razina ona setira bit %M12.0 koji nam je bitan za rad cilindra.



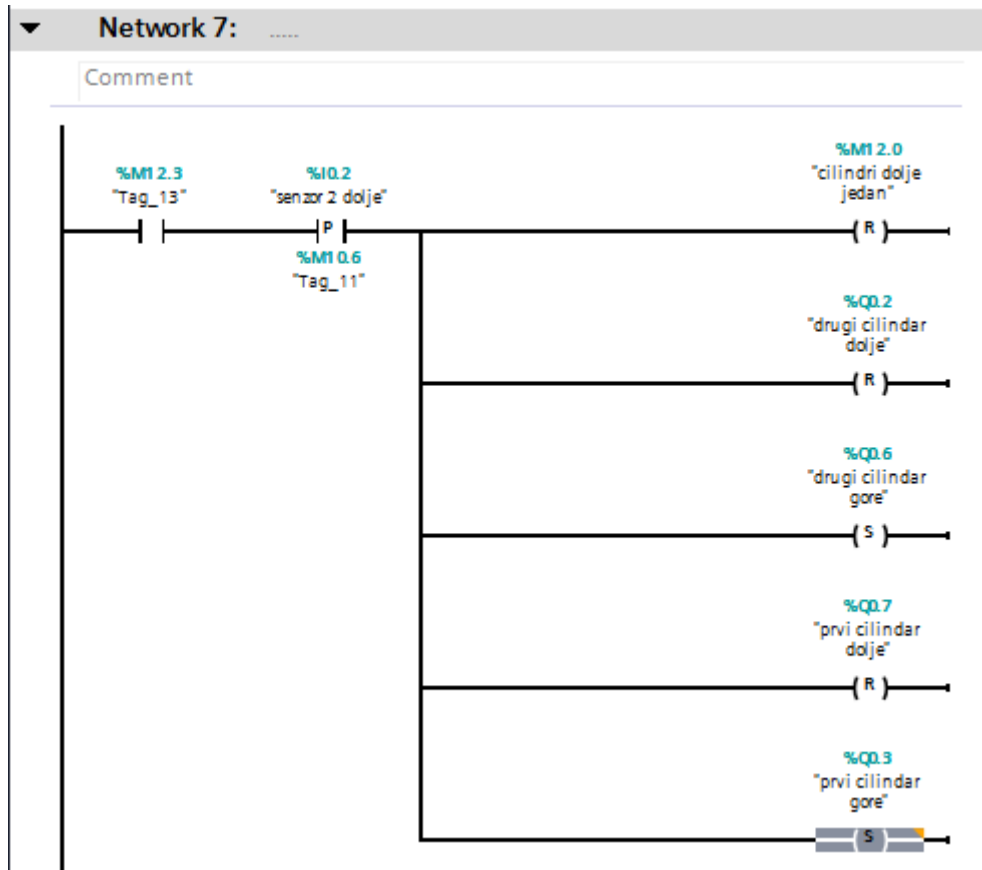
Slika 6.9. Početni položaj



Slika 6.10. Spuštanje cilindara

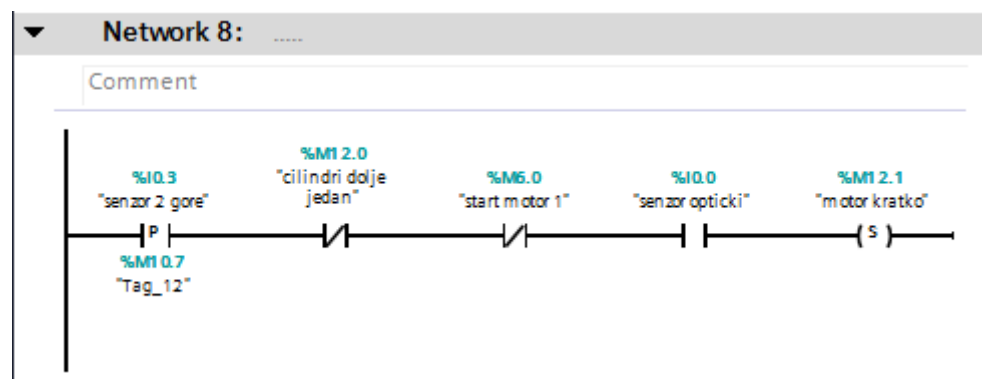
Pošto je bit %M12.0 aktivan te su cilindri u svojim gornjim položajima a papir pozicioniran na pravom mjestu, vrijeme je da razvodnici promijene stanje cilindara koji počinju bušiti i rezati papir. Cilindri se pale odmah nakon pozicioniranja (slika 6.10.).

Rad cilindara cijelo vrijeme prate senzori položaja koji odmah nakon što cilindri dođu u izvučeni položaj registriraju njihovo stanje te to javljaju PLC-u. Slika 6.11. prikazuje dio programa u kojem razvodnici odmah nakon reakcije senzora vraćaju cilindre u početni (gornji) položaj.



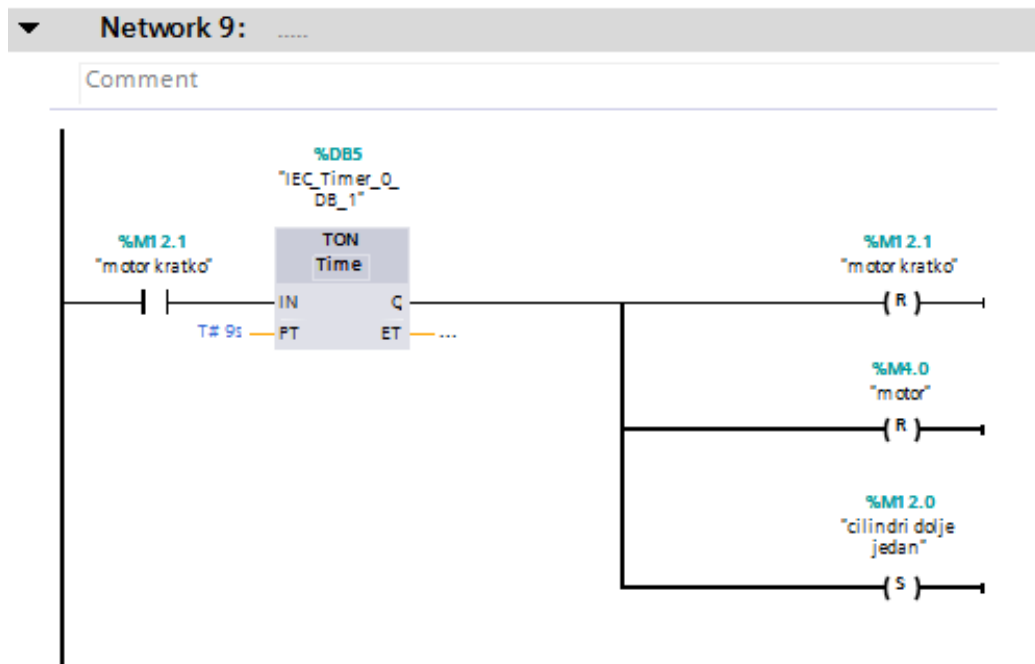
Slika 6.11. Vraćanje cilindara

Nakon što su cilindri vraćeni u gornji položaj senzori to registriraju i nakon toga ukoliko su svi uvjeti zadovoljeni se setira memorijski bit `%M12.1` koji pali motor i tajmer koji određuje da će motor raditi 9 sekundi (slika 6.12.).



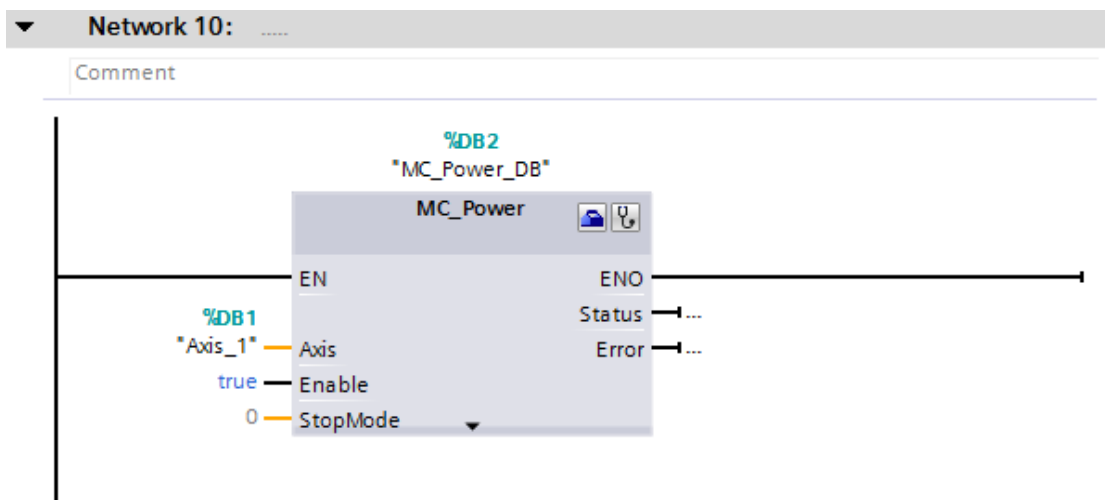
Slika 6.12. Paljenje motora i tajmera

Posljednji tajmer u ovom programu (slika 6.13.) se pali zajedno s motorom a nakon što odbroji zadano vrijeme gasi motor i pali memorijski bit %M12.0 koji je namijenjen za spuštanje a nakon toga i podizanje cilindra, to znači nakon što tajmer odbroji zadano vrijeme on opet uključuje bit koji je napisan ranije u programu tako da se s time dobije jedna zatvorena petlja.

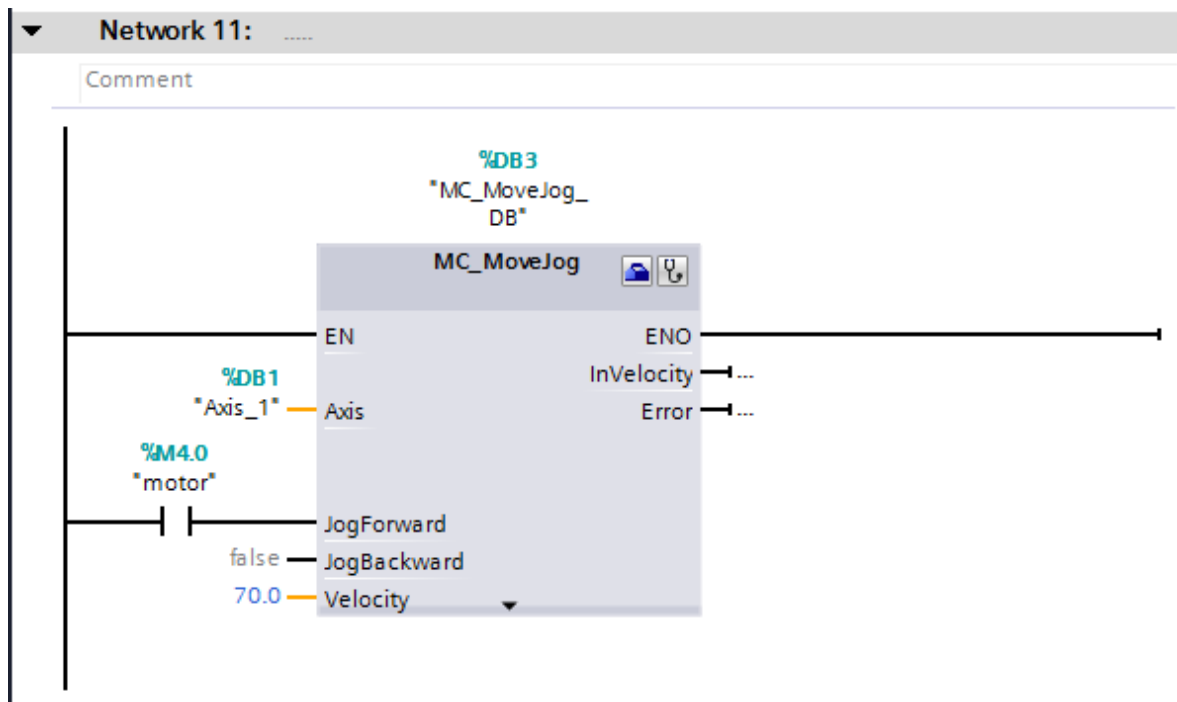


Slika 6.13. Zadnji tajmer

Do sada su navedeni svi blokovi koji upravljaju tokom programa te je još jedino ostao dio programa koji upravlja s motorom, a on je prikazan na slikama 6.14. i 6.15., te dio potreban za praćenje procesa rada motora u SCADA sustavu.

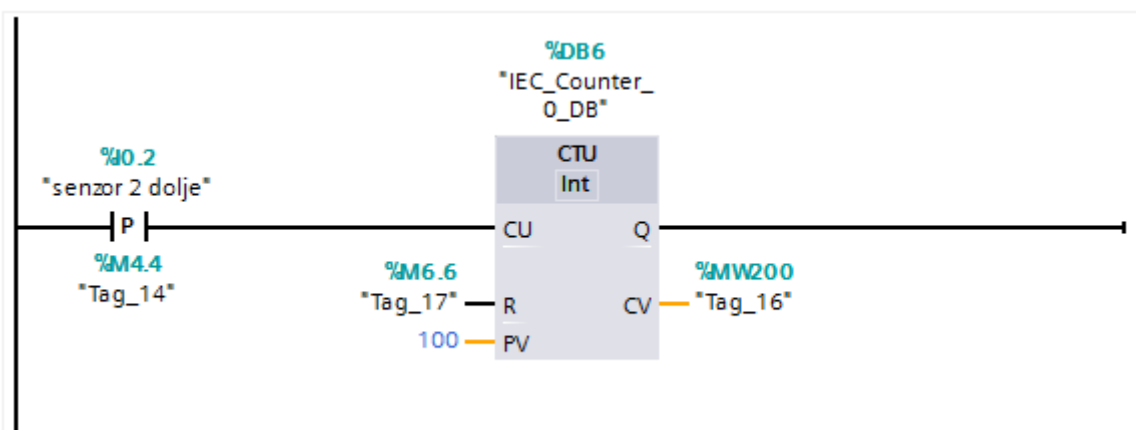


Slika 6.14. Data blok motora



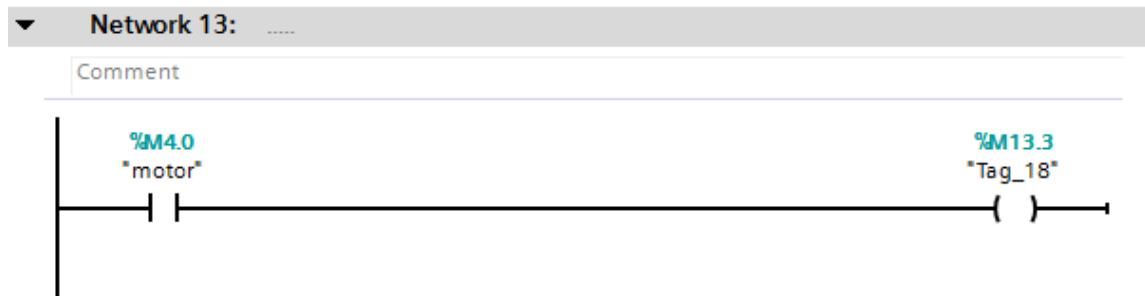
Slika 6.15. „MoveJog“ data blok

Kod programiranja u funkcijskom blok dijagramu ulazi, izlazi i naredbe su predstavljene blokovima, tako da se programiranje PLC-a svodi na povezivanje blokova. Na ulaz bloka dovode se uvjeti koji se ispituju (ulazi u PLC ili izlaz iz prethodnog bloka). U skladu s funkcijom koju predstavlja na izlazu iz bloka generira se izlazni signal tako da je blok ustvari udruženje pojedinačnih procesorskih instrukcija koje su namijenjene obavljanju nekog programskog zadatka: npr. uključivanje motora štanice odgovarajućom logikom. Na slici 6.16. je prikazan još jedan blok koji služi za brojanje gotovih komada koje je štanca izbušila.

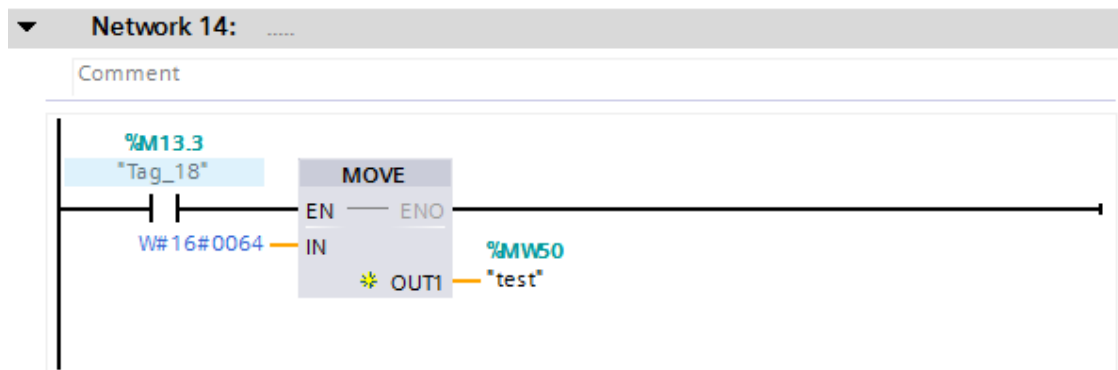


Slika 6.16. Prvi brojač u programu automatizacije

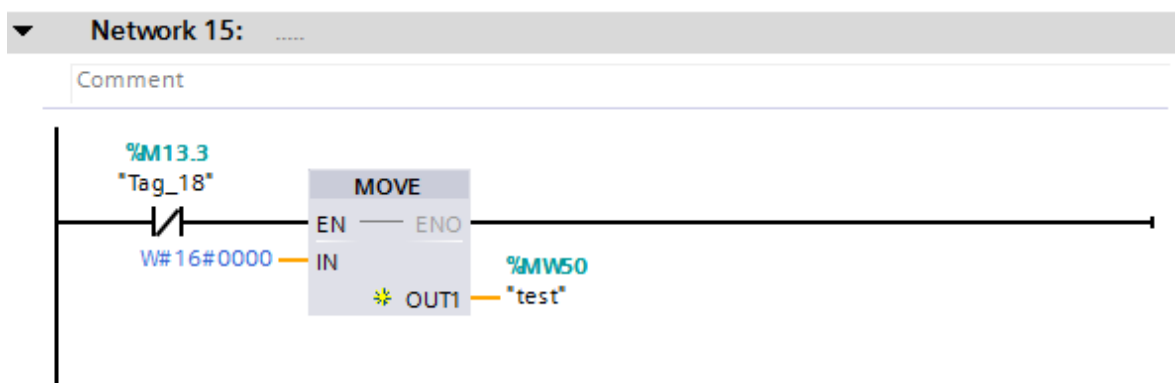
Posljednja tri dijela programa služe za praćenje procesa rada motora, napravljeni su tako da se ukoliko je motor uključen visoko stanje sprema u memorijski bit %M13.3 (slika 6.17.), koji uključuje MOVE blok. Ako MOVE blok ima na svom ulazu logičku jedinicu u memorijsku riječ %MW50 se sprema binarni broj 100 (slika 6.18.), a ukoliko je na ulazu u MOVE blok niska razina to jest motor nije uključen, u memorijsku riječ se sprema binarni broj 0 (slika 6.19.).



Slika 6.17. Prenošenje stanja motora u memorijski bit



Slika 6.18. Spremanje broja 100 u memorijsku riječ



Slika 6.19. Spremanje broja 0 u memorijsku riječ



## 7. SCADA sustav

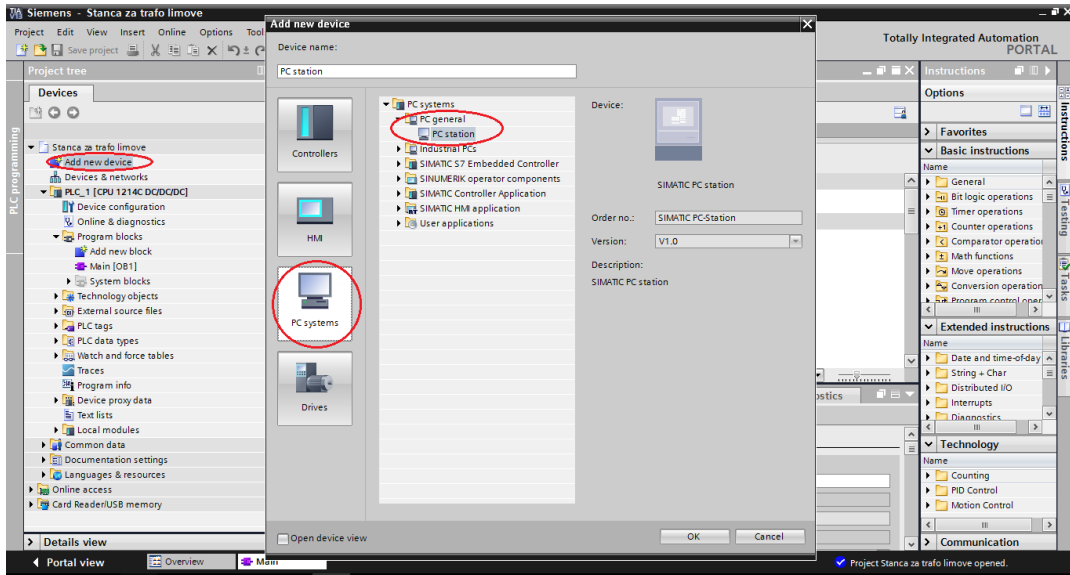
SCADA sustavi (eng. *Supervisory Control And Data Acquisition*) su sustavi koji prikupljaju, prikazuju, pohranjuju i upravljaju podacima u industrijskim ili drugim sustavima. SCADA sustavi se koriste za sakupljanje podataka i ostvarivanje kontrole na nivou nadgledanja. Neki sustavi služe samo za praćenje i nemaju mogućnosti kontrole, ali svejedno spadaju u skupinu SCADA sustava. Pod SCADA sustavom podrazumijeva se računalo opremljeno odgovarajućom programskom podrškom za vizualizaciju. SCADA sustavi omogućuju upravljanje, kontroliranje i nadzor procesa u industrijskoj proizvodnji s jednog mjesta. SCADA sustavom upravlja operator. Operator je osoba zadužena za nadzor i kontroliranje cjelokupnog proizvodnog procesa prikazanog pomoću SCADA sustava. SCADA sustav je namijenjen da:

- prikuplja podatke s PLC-a (s njegovih senzora),
- prikazuje podatke prikupljene s PLC-a, (njihova prezentacija čovjeku na jednostavan način), grafički prikaz, prikazivanje grafova, trendova, brojčani prikaz,
- pohranjuje podatke s PLC-a, pohranjuje međurezultate u bazu podataka,
- upravlja akcijama PLC-a, šalje zahtjeve za promjene.

Tagovi su slike memorijskih lokacija PLC-a. SCADA sustav dobiva informacije o promjenama memorijskih lokacija preko komunikacijske mreže (industrijski Ethernet). Tagovi mogu biti eksterni i interni. Eksterni tagovi predstavljaju stvarne ulaze ili izlaze s PLC-a. Interni tagovi se proračunavaju u samom SCADA sustavu. Alarmi bilježe bitne promjene u sustavu na koje je operateru potrebno obratiti pažnju. Alarme dijelimo na alarme visokog prioriteta, srednjeg prioriteta, niskog prioriteta. Alarmi visokog prioriteta upozoravaju na opasne uvjete koji bi mogli dovesti do neispravnog rada sustava ili isključenja sustava. Alarmi srednjeg prioriteta su alarmi koje bi trebali što brže otkloniti, ali ne mogu dovesti do neispravnog rada sustava ili isključenja sustava. Alarmi niskog prioriteta su alarmi čije uzroke treba otkloniti kad vrijeme dopušta. Alarmi niskog prioritete ne utječu na rad sustava. SCADA sustav je moguće konfigurirati tako da se na događaj nekog alarma pošalje izvještaj alarma na mail adresu, printer ili na GSM kao SMS poruku. Svi alarmi zapisuju se na stranici alarma (eng. *Alarm summary page*). Na stranici alarma prikazuje se vrijeme kada se alarm oglasio, što ga je uzrokovalo i opis alarma. Trendovi osiguravaju praćenje, ponašanje procesa i nadziranje mogućih odstupanja. Nadzirani procesni podaci (uzorkovani ili događajno upravljani) pohranjuju se u povijesnu bazu podataka kao što prikazuje [26].

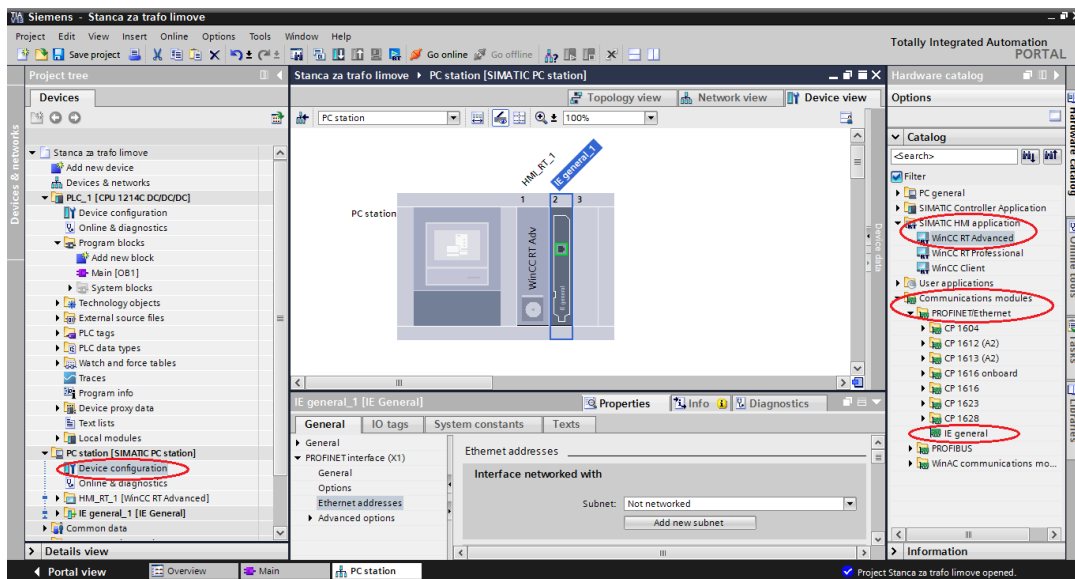
## 7.1 Konfiguriranje SCADA sustava

Konfiguriranje SCADA sustava stroja za trafolimove se vrši u programu TIA Portal. Prvi korak pri izradi vizualizacije je dodavanje *PC stationa*. U *project view* editoru treba odabrati *Add new device -> PC systems -> PC general -> PC station* kao što je prikazano na slici 7.1.



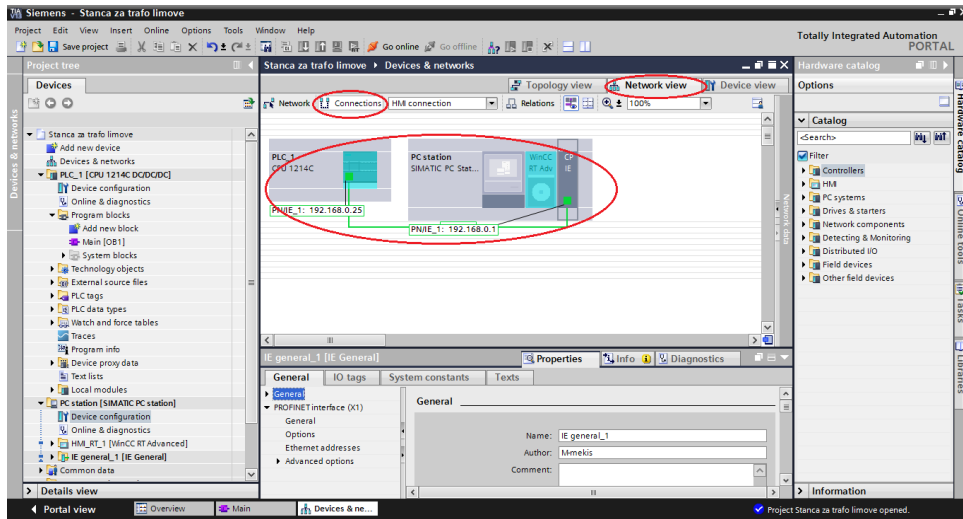
Slika 7.1. Dodavanje *PC stationa*

Nakon što je dodan *PC station* potrebno je otvoriti njegov *Device configuration* te se s lijeve strane otvori izbornik iz kojeg se može metodom *Drag & Drop* u *PC station* ubaciti iz *SIMATIC HMI Application* izbornika *WinCC RT Advanced*, te iz *Communications modules* izbornika *IE general* kao što je prikazano na slici 7.2.



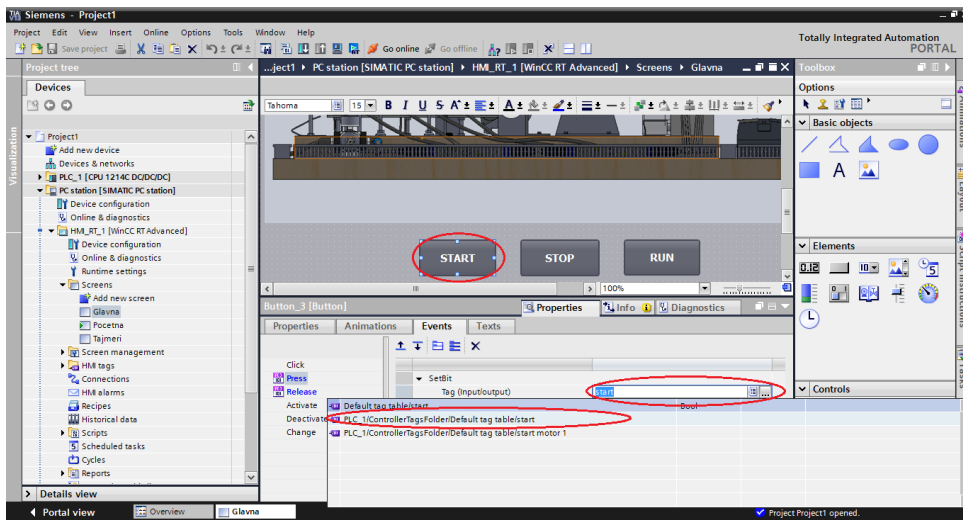
Slika 7.2. Dodavanje modula

Sljedeći korak u konfiguraciji SCADA sustava je povezivanje *PC station-a* s već konfiguriranim PLC uređajem na način da se otvori *Network view* prozor te se u njemu poveže PLC uređaj s *WinCC RT Advanced* također metodom *Drag & Drop* kao što je prikazan na slici 7.3. To je ujedno i zadnji korak konfiguracije SCADA sustava u alatu TIA Portal.<sup>1</sup>



Slika 7.3. Povezivanje SCAD-e

Svaki grafički element koji se koristi u HMI vizualizaciji potrebno je povezati sa određenim simbolom iz upravljačkog programa, kao što je to prikazano na slici 7.4. Analogno tablici simbola kod upravljačkog programa, HMI vizualizacija posjeduje svoju tablicu simbola (*HMI tags*). U tablici simbola HMI vizualizacije nalaze se simboli iz upravljačkog programa, koji se aktivno ili pasivno koriste u vizualizaciji.



Slika 7.4. Definiranje simbola u SCADA sustavu

<sup>1</sup> Adrese PLC-a te *PC stationa* trebaju biti različite, a komunikacijski protokoli (PG/PC Interface) trebaju biti pravilno namješteni.

## 7.2 SCADA sustav stroja za izradu trafolimova

Vizualizacija stroja za transformatorske limove je izvedena na prijenosnom računalu, a vizualni dio SCADA sustava programer uređuje proizvoljno. Na početnom zaslonu prilikom pokretanja SCADA sustava se nalaze dva gumba koji služe za ulazak na glavni zaslon i izlazak iz SCADA sustava (slika 7.5.).

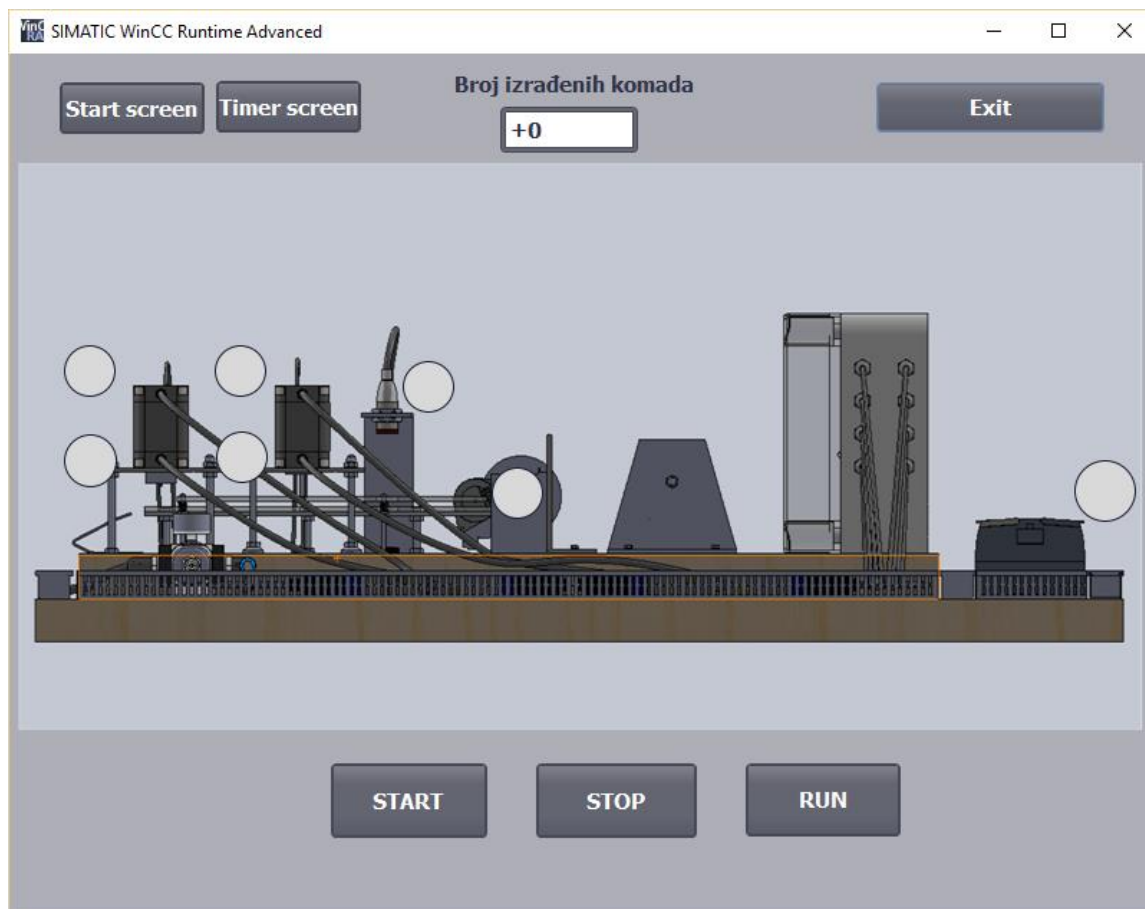


Slika 7.5. Početni zaslon SCADA sustava

Komunikacija u SCADA sustavima se odvija na način da podatkovni server komunicira s uređajima u procesu preko upravljačkih uređaja (PLC-a). Upravljački uređaji povezani su s podatkovnim serverima direktno ili preko mreža (*Fieldbus*). Protokoli za mreže mogu biti privatni ili javni (*Profibus*). Podatkovni serveri su međusobno i s klijent stanicama povezani preko Ethernet LAN mreže [17].

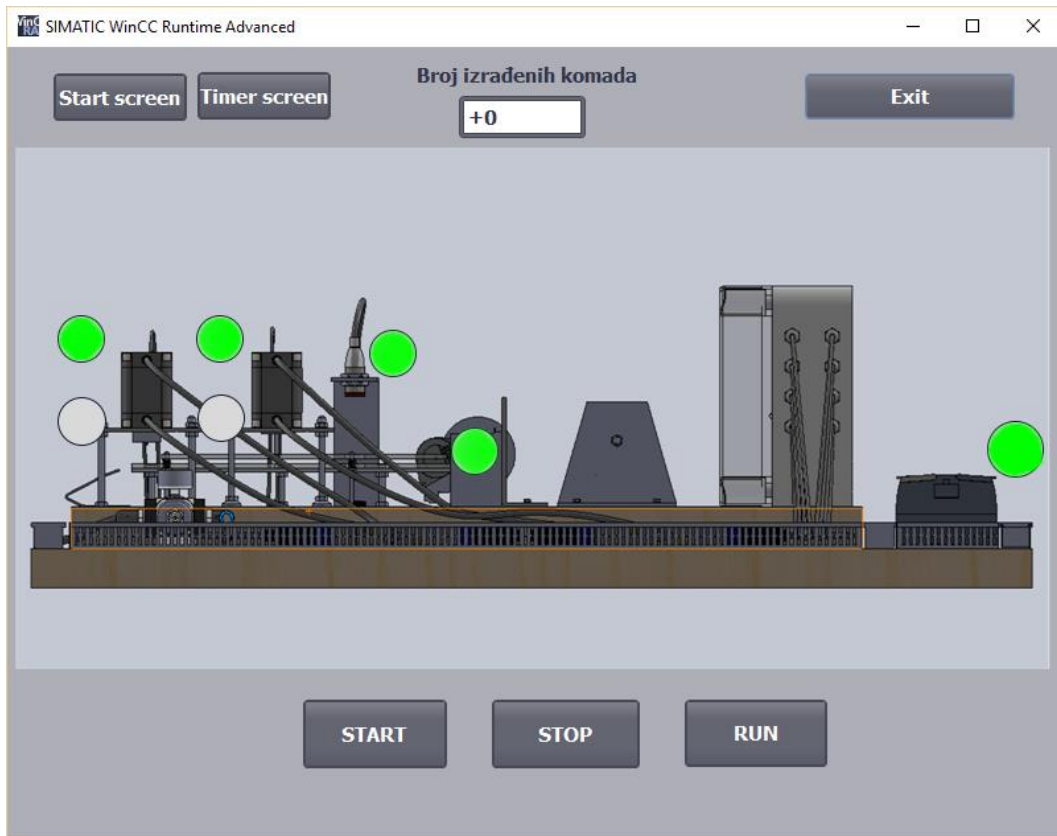
Glavni zaslon vizualizacije stroja za trafolimove je prikazan na slici 7.6. Zaslon je napravljen tako da što jednostavnije prikazuje u kojoj je fazi rada štanca. Krugovima su prikazani senzori, ukoliko je senzor aktivan krug je zelene boje a inače je sivi. Na zaslonu se još nalazi gumb za pokretanje procesa koji mijenja fizičko tipkalo te je prikazana aktivnost motora za guranje papira. Proces je moguće zaustaviti stavljanjem PLC-a u STOP mod što

postizemo pritiskom gumba STOP te je moguće vratiti PLC u run mod, pritiskom gumba RUN.

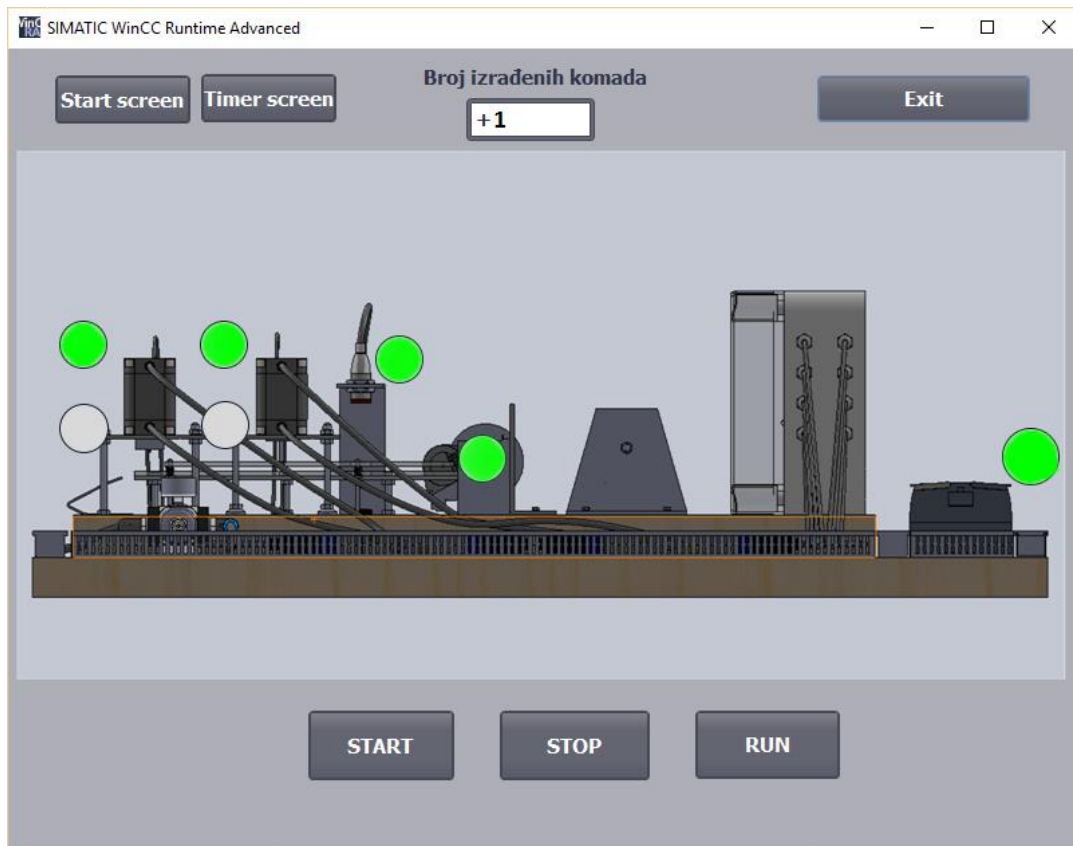


Slika 7.6. Glavni zaslon stop mod

Na glavnom zaslonu vizualizacije se još nalazi gumb *Timer screen* koji služi za prelaz na sljedeći zaslon SCADA sustava na kojem je prikazan rad pojedinog tajmera te graf koji prikazuje dobivanje impulsa motora. Pokraj gumba *Timer screen* se nalazi brojač izrađenih komada koji broji pomoću „*Counter*“ (Brojača) definiranog u *Main* programu. Svaki puta kad cilindar za bušenje dođe u donji položaj vrijednost brojača poraste za jedan. Brojač je u SCADA sustavu definiran na najjednostavniji način a to je *Drag & Drop* metodom. Ta metoda radi tako da se u *Main* programu klikne na brojač te ga se povuče na površinu zaslona SCADA sustava. Slika 7.7. prikazuje izgled SCADA sustava kad je PLC uključen i motor radi, a slika 7.8. kako se povećava broj izrađenih komada trafolimova.

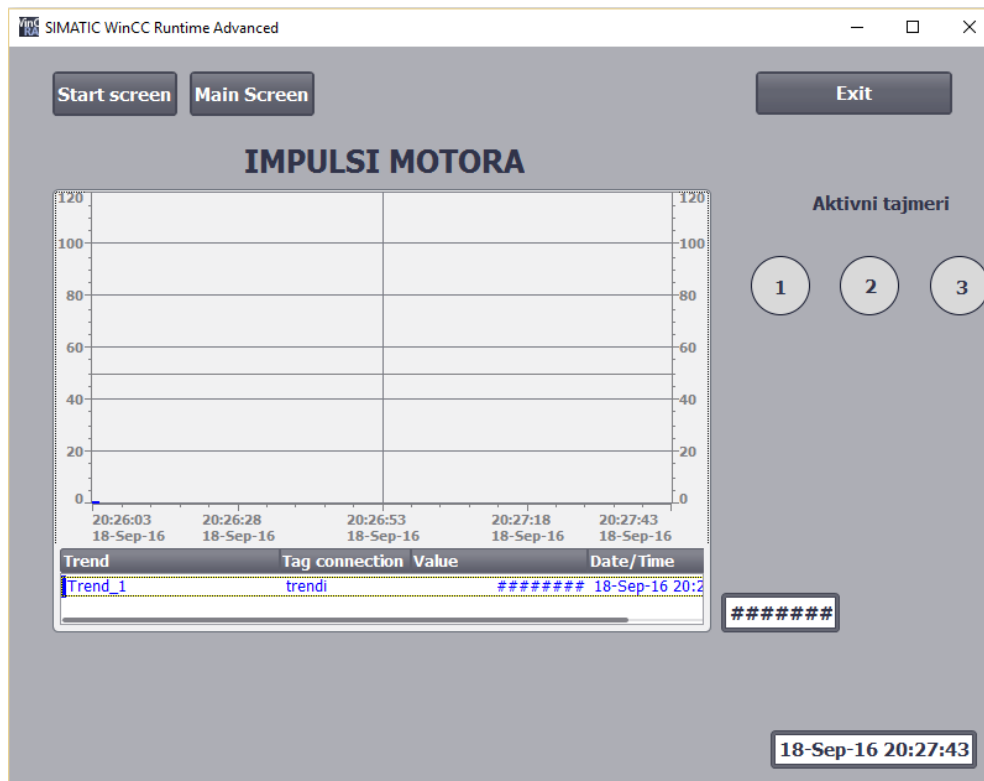


Slika 7.7. Glavni zaslon run mod

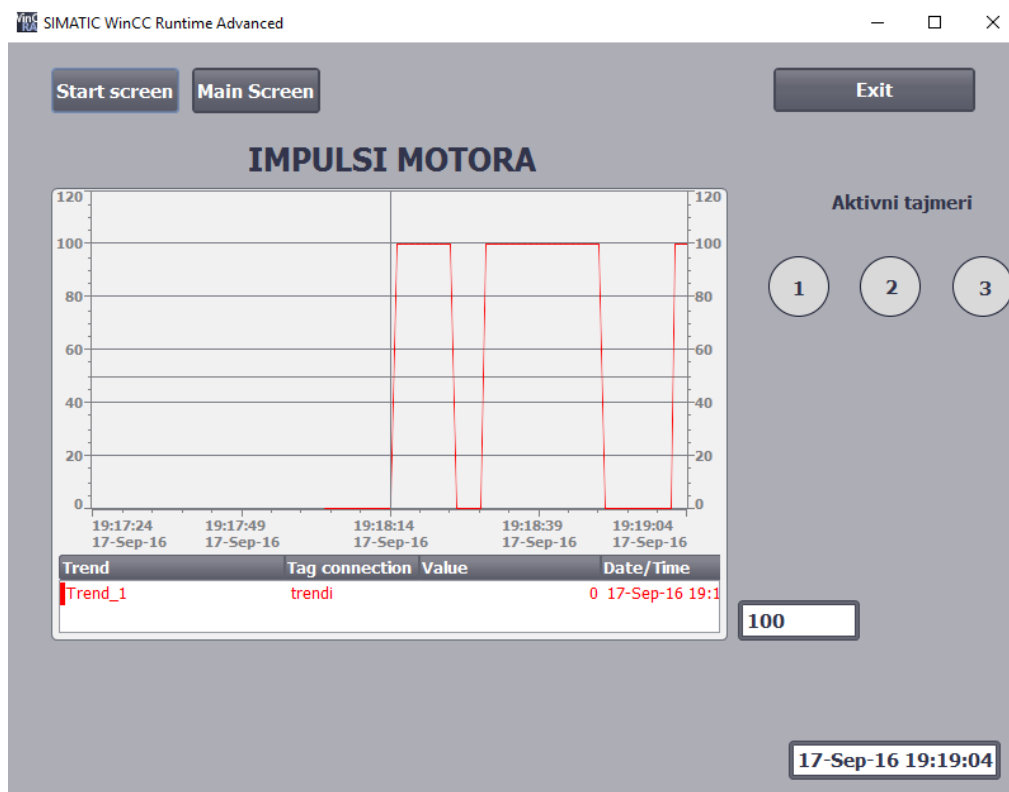


Slika 7.8. Broj izrađenih komada

Na slikama 7.9. i 7.10. prikazan je *Timer screen* tj. zaslon SCADA sustava na kojem su definirani dijagrami koji prikazuju kako motor dobiva impulse.



Slika 7.9. Motor u stop modu

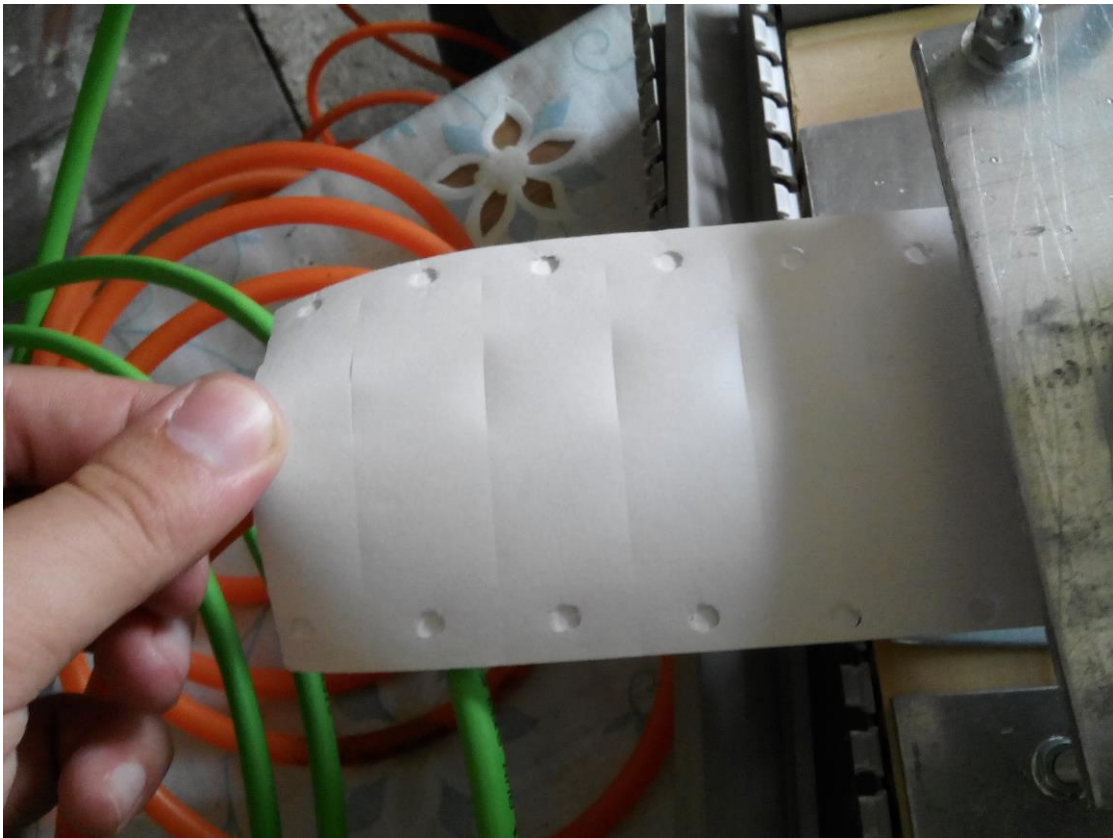


Slika 7.10. Motor u run modu



## 8. Analiza rezultata

Nakon puno truda i rada nastali su i prvi rezultati, kao što je bilo i očekivano stroj za transformatorske limove nije 100% točna i korektna prilikom obavljanja rada to jest štancanja, no ona obavlja svoju zadaću sasvim zadovoljavajuće. Najveći problem štanice je neravno guranje papira kojeg buši i reže što se događa zbog različitih faktora. Što se tiče električnog te softverskog dijela tu nema nikakvih problema zbog toga jer je cijeli sustav dobro zaštićen i osiguran. Slika 8.1. prikazuje proizvod štanice to jest izrezani te izbušeni papir. Na slici se može vidjeti da štanica radi svoj posao to jest reže i buši papir. Papir nije u potpunosti odrezan ni izbušen no ovo je prototip štanice tako da nije ni zadatak raditi maksimalno točno rezove ili rupe već prikazati na koji način se to radi.



Slika 8.1. Proizvod štanice





Slika 8.2. Senzor početnog položaja

Slika 8.2. prikazuje senzor početnog položaja koji obavlja svoj zadatak a to je da ukoliko se ispod njega ništa ne nalazi, on daje nisku razinu na prvi ulaz PLC-a, a čim se nešto pojavi između njega i ogledala senzor odmah reagira i promijeni svoje stanje.

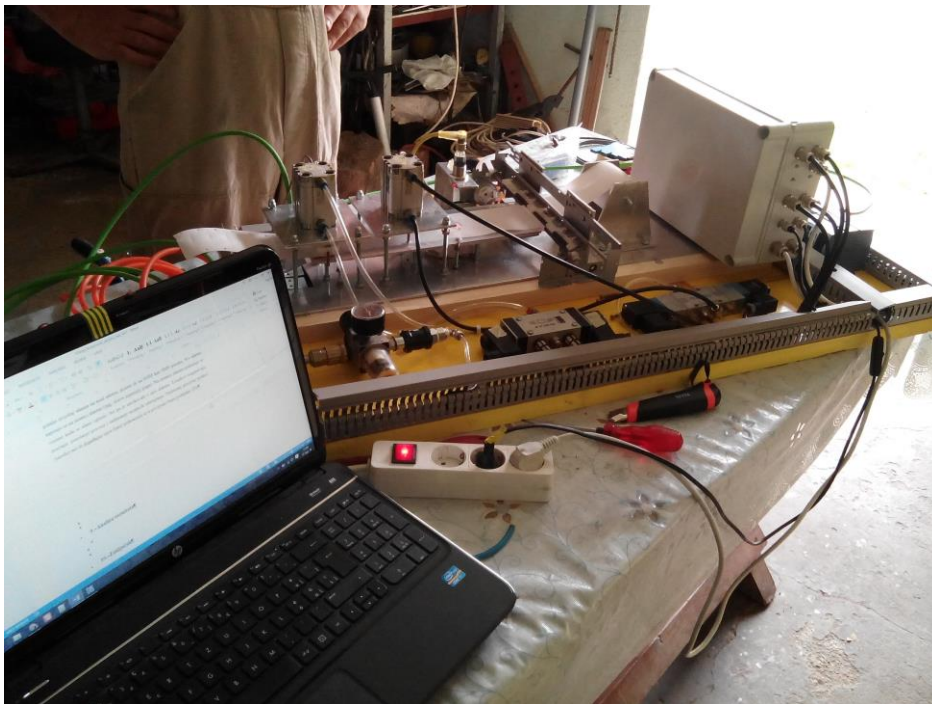


Slika 8.3. Magnetni senzori u radu

Na slici 8.3. su prikazani Reed relej senzori od kojih su aktivni dva gornja senzora, a na slici 8.4. je prikazano kako motor gura papir prema dolje po limovima koji se nalaze na izlazu iz štanice. Slika 8.5 prikazuje cijeli nadzor procesa PC-om na kojem se nalazi SCADA sustav.



Slika 8.4. Izlaz iz štanice



Slika 8.5. Praćenje procesa

## 9. Zaključak

Izrada prototipa štanice te njegova automatizacija je posao koji zahtjeva puno rada i poznavanje principa rada pojedinih elemenata koji se koriste u automatizaciji ovakvog sustava. Prije nego što se krene u izradu prototipa potrebno je proučiti sam način rada štanci, njihove dijelove, te je naravno jako dobro izraditi 3D model iz kojeg možemo izvaditi sve bitne dimenzije te virtualno vidjeti kako bi stroj funkcionirao.

Programirajući logički kontroleri preuzeli su glavnu ulogu u upravljanju i nadzoru automatiziranih industrijskih sustava. Primjer takvog PLC uređaja je Siemensova serija S7-1200 koji je ujedno opisan u ovom radu. Proizvođači kontrolera pokušavaju njegovo programiranje učiniti što jednostavnijim te je Siemens razvio aplikaciju TIA Portal koja je vrlo jednostavna za korištenje, ali programiranje ipak zahtjeva dobro poznavanje nekih od programskih jezika koje podržava aplikacija. U ovom radu je bilo potrebno dobro poznavanje Ladder dijagrama (jedan od programskih jezika za programiranje PLC-ova). Povećanjem broja naredbi i njihovom jednostavnijom upotrebom i konfiguracijom u odnosu na seriju S7-200 te S7-300 se također dobiva na skraćivanju vremena potrebnog za izradu projekta. Cilj automatizacije štanice je svesti ljudski napor na minimum jer je ipak poznato da je ljudski faktor najskuplja radna snaga.

## 10. Literatura

- [1] <https://hr.wikipedia.org/wiki/%C5%A0tancanje>, (dostupno 22.07.2016)
- [2] Živković, Josip: diplomski rad *Modeliranje kolica* - STROJARSKI FAKULTET U SLAVONSKOM BRODU, 2008.
- [3] Vrhovski, Zoran: skripta iz predavanja *Računalno vođenje i upravljanje procesima, Programiranje PLC-a*, Visoka tehnička škola u Bjelovaru, Bjelovar 2016.
- [4] Vrhovski, Zoran: skripta iz predavanja *Računalno vođenje i upravljanje procesima, Uvodno o PLC-u*, Visoka tehnička škola u Bjelovaru, Bjelovar 2016.
- [5] Malčić, Goran.2006. Programabilni logički kontroleri, skripta za kolegij *Procesna računala*, Tehničko veleučilište u Zagrebu, Elektrotehnički odjel. Zagreb.
- [6] Siemens: „*SIMATIC S7-1200 Programmable controller System Manual*“, Nurnberg, 2009.
- [7] Petrović, I.: skripta iz predavanja *Automatizacija strojeva i uređaja 2, Komunikacijski protokoli u automatizaciji*, Visoka tehnička škola u Bjelovaru, Bjelovar 2016.
- [8][https://www.solucionesyservicios.biz/WebRoot/StoreES2/Shops/64466233/552E/B4E3/AA67/3B8F/761D/C0A8/2ABB/FDD8/6ES72141AG400XB0\\_CPU\\_1214C\\_2.jpg](https://www.solucionesyservicios.biz/WebRoot/StoreES2/Shops/64466233/552E/B4E3/AA67/3B8F/761D/C0A8/2ABB/FDD8/6ES72141AG400XB0_CPU_1214C_2.jpg), (dostupno 22.07.2016)
- [9] [https://www.conrad.hr/Adapter-napajanja-za-profilne-%B9ine-\(DIN-letva\)-Siemens-SIMATIC-PM-1207-24-V%2F2,5-A-24-V%2FDC-2.5-A-60-W-2-x.htm?websale8=conrad-hr&pi=513085](https://www.conrad.hr/Adapter-napajanja-za-profilne-%B9ine-(DIN-letva)-Siemens-SIMATIC-PM-1207-24-V%2F2,5-A-24-V%2FDC-2.5-A-60-W-2-x.htm?websale8=conrad-hr&pi=513085), (dostupno 24.07.2016)
- [10][http://www.conrad.com/medias/global/ce/5000\\_5999/5100/5130/5130/513085\\_LB\\_00\\_FB.EPS\\_1000.jpg](http://www.conrad.com/medias/global/ce/5000_5999/5100/5130/5130/513085_LB_00_FB.EPS_1000.jpg), (dostupno 24.07.2016)
- [11] <http://www.oncomponents.com/dr-60-24-mean-well-switching-power-supplies-din-series.html>, (dostupno 24.07.2016)
- [12] [http://www.oncomponents.com/uploads/item\\_gallery/162\\_item.jpg](http://www.oncomponents.com/uploads/item_gallery/162_item.jpg), (dostupno 24.07.2016)
- [13] <http://www.schrack.hr/industrija/redne-stezaljke/>, (dostupno 24.07.2016)
- [14] [http://image.schrack.com/thumb400/f\\_ik600004--.jpg](http://image.schrack.com/thumb400/f_ik600004--.jpg), (dostupno 24.07.2016)
- [15] <http://www.schneider-electric.com/products/ww/en/3500-mv-switchgear/3550-mv-fuses/957-fuses-from-36-to-36-kv/>, (dostupno 24.07.2016)
- [16] <http://i.ebayimg.com/images/g/KYYAAOSwu-BWPLtn/s-l300.jpg>, (dostupno 24.07.2016)



- [17] <http://www.schneider-electric.us/en/product-category/52900-relays-and-timers>, (dostupno 24.07.2016)
- [18] <http://grobotronics.com/tb6560-stepper-motor-driver-single-axis.html>, (dostupno 24.07.2016)
- [19] [http://img.dxcn.com/productimages/sku\\_217142\\_3.jpg](http://img.dxcn.com/productimages/sku_217142_3.jpg), (dostupno 26.07.2016)
- [20] [https://smcpneumatics.com/prodindex\\_smc/smcprodindex577.html](https://smcpneumatics.com/prodindex_smc/smcprodindex577.html), (dostupno 26.07.2016)
- [21] [http://img.weiku.com/waterpicture/2011/10/29/16/High\\_pressure\\_pneumatic\\_air\\_filter\\_regulator\\_lubricator\\_5380\\_2.jpg](http://img.weiku.com/waterpicture/2011/10/29/16/High_pressure_pneumatic_air_filter_regulator_lubricator_5380_2.jpg), (dostupno 26.07.2016)
- [22] AIRTEC catalog, Electrically operated valves, 2015.
- [23] <http://www.at-mi.net/wp-content/uploads/2015/10/M-07-series.jpg>, (dostupno 26.07.2016)
- [24] FESTO catalog, Compact cylinders ADVU/AEVU 2016.
- [25] [http://partimages.globalspec.com/14/3914/2088914\\_large.png](http://partimages.globalspec.com/14/3914/2088914_large.png), (dostupno 26.07.2016)
- [26] Vrhovski, Zoran: skripta iz predavanja *Računalno vođenje i upravljanje procesima, SCADA sustavi, CITEC SCADA*, Visoka tehnička škola u Bjelovaru, Bjelovar 2016.

## **11. Sažetak**

Naslov: Izrada prototipa stroja za izradu trafolimova

U ovom radu je opisan postupak te potrebe za automatizacijom stroja za transformatorske limove. Opisan je sam postupak izrade 3D modela u programskom alatu SolidWorks te postupak izrade prototipa štanice kao i njegovo upravljanje te programiranje. PLC koji se koristi u automatizaciji za upravljanje je SIMATIC S7-1200 za njega su u radu navedene tehničke karakteristike te je opisano njegovo programiranje u alatu TIA-Portal.

Ključne riječi: Automatizacija, 3D model, PLC, SIMATIC S7-1200, TIA Portal, Programiranje.

## **12. Abstract**

Title: Punching machine for transformer sheets

This thesis describes the method, procedure and the need for automation punches for transformer sheets. Described the process of making a 3D model in a development tool Solidworks and describes the procedure for prototyping punches as well as its management and programming. PLC used in the automation of the management of the SIMATIC S7-1200 to which the work specifications and described its programming tool TIA Portal.

Keywords: Automation, 3D model, PLC, SIMATIC S7-1200, TIA Portal Programming.

Završni rad izrađen je u Bjelovaru, 10.09.2016

Marija Bratanović  
(Potpis studenta)

MARIJA BRATANOVIC

(ime i prezime)

10.09.2016

Bjelovar

Marija Bratanović  
(potpis studentica)



Prema Odluci Visoke tehničke škole u Bjelovaru, a u skladu sa Zakonom o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju, elektroničke inačice završnih radova studenata Visoke tehničke škole u Bjelovaru bit će pohranjene i javno dostupne u internetskoj bazi Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu. Ukoliko ste suglasni da tekst Vašeg završnog rada u cijelosti bude javno objavljen, molimo Vas da to potvrdite potpisom.

**Suglasnost za objavljivanje elektroničke inačice završnog rada u javno dostupnom nacionalnom repozitoriju**

MATIJA BRATANOVIĆ

---

(Ime i prezime)

Dajem suglasnost da se radi promicanja otvorenog i slobodnog pristupa znanju i informacijama cjeloviti tekst mojeg završnog rada pohrani u repozitorij Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu i time učini javno dostupnim.

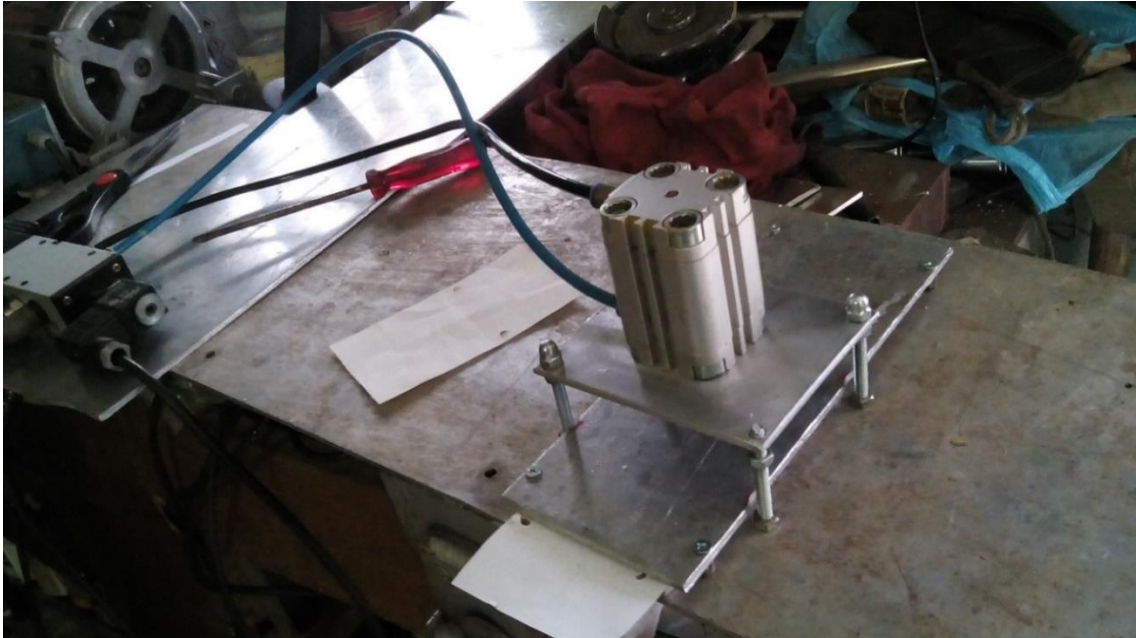
Svojim potpisom potvrđujem istovjetnost tiskane i elektroničke inačice završnog rada.

U Bjelovaru, 10.09.2016

Matijs Bratović  
(potpis studenta/ice)

### 13. Privitak

U privitku se nalaze postojeće slike stroja za transformatorske limove, slike dijelova koje su nastale u procesu izrade, slike nastajanja 3D modela stroja, te tehnička dokumentacija izrađena u programskom alatu SolidWorks i AutoCAD.



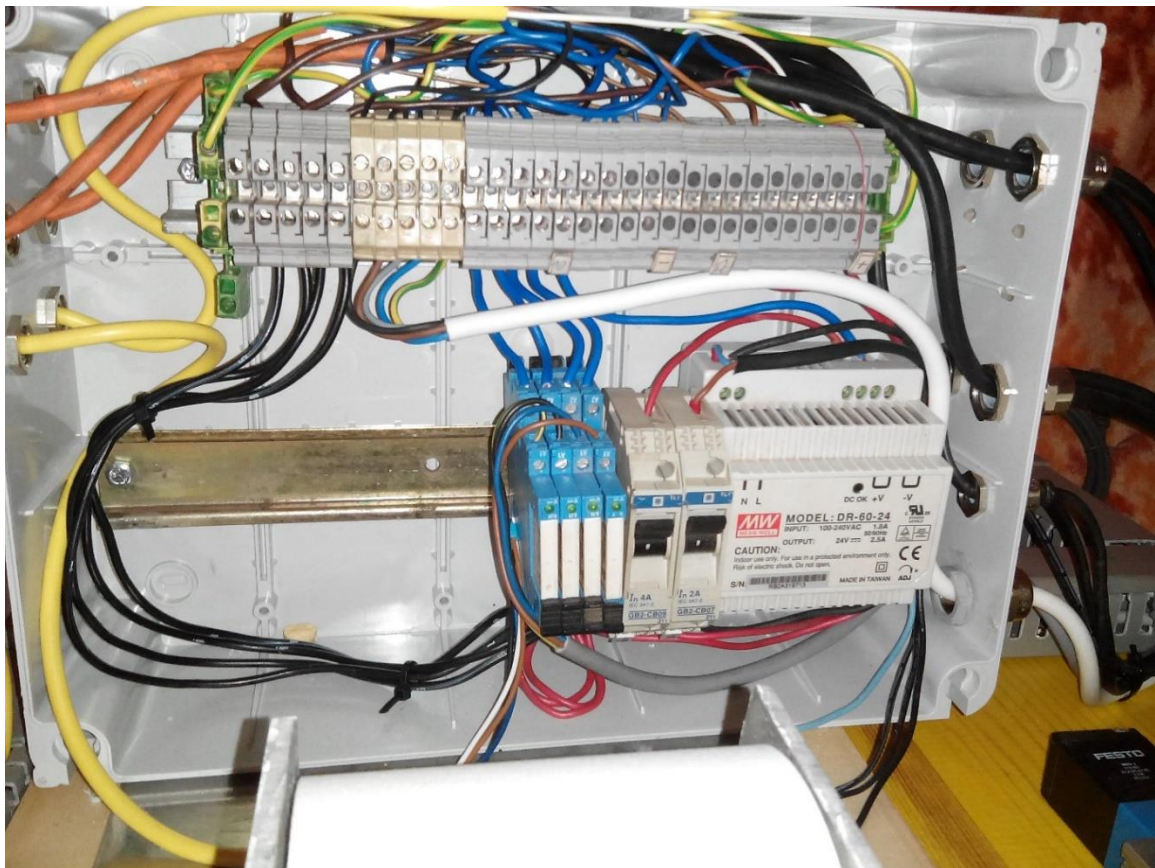
Slika 13.1. Proba prvog cilindra



Slika 13.2. Proba pojedinog senzora

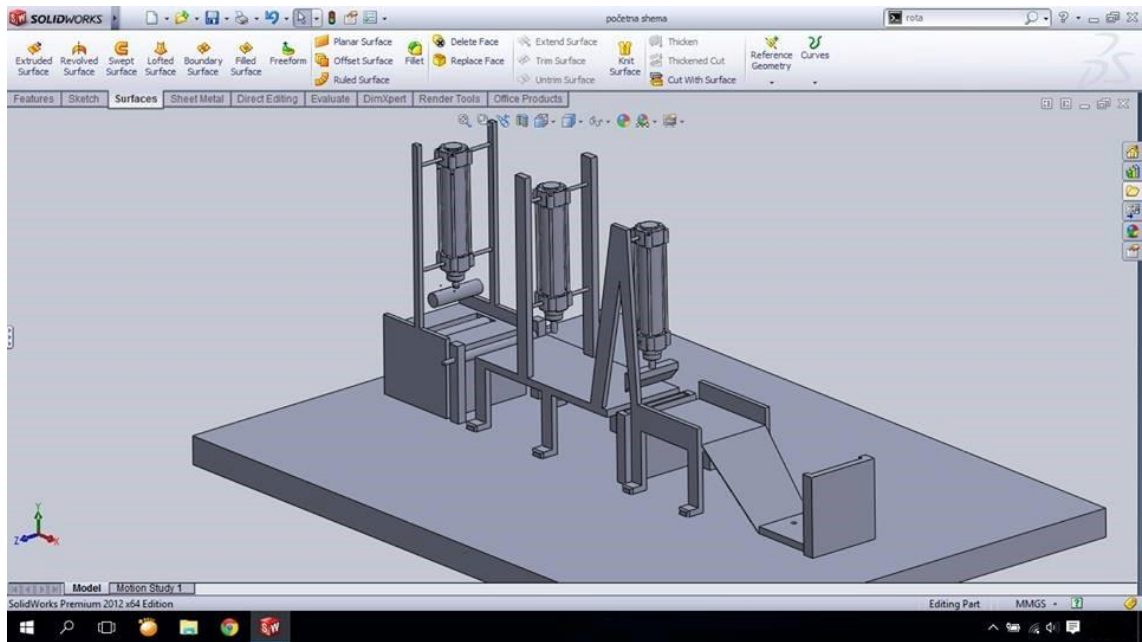


Slika 13.3. Izrada postolja cilindra

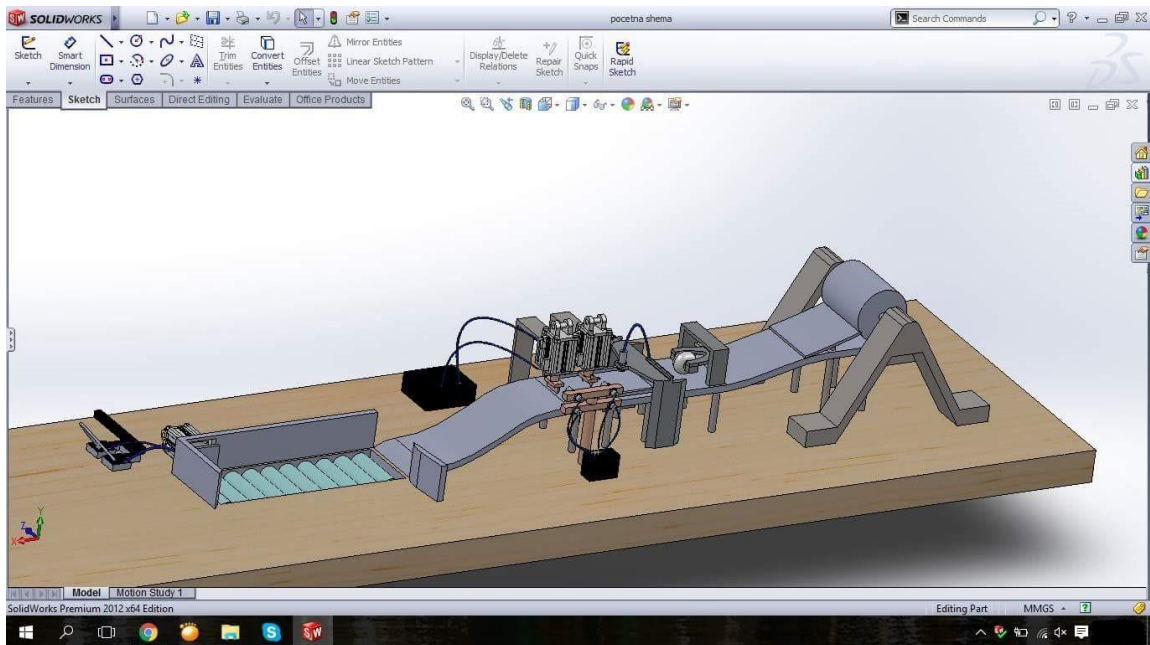


Slika 13.4. Namještanje razvodnog ormara

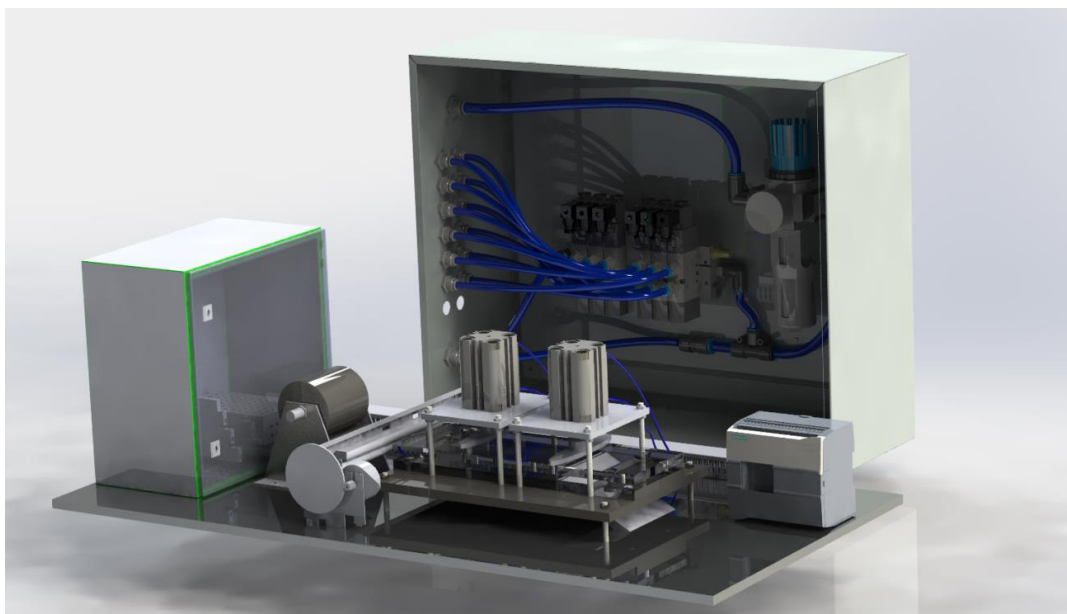




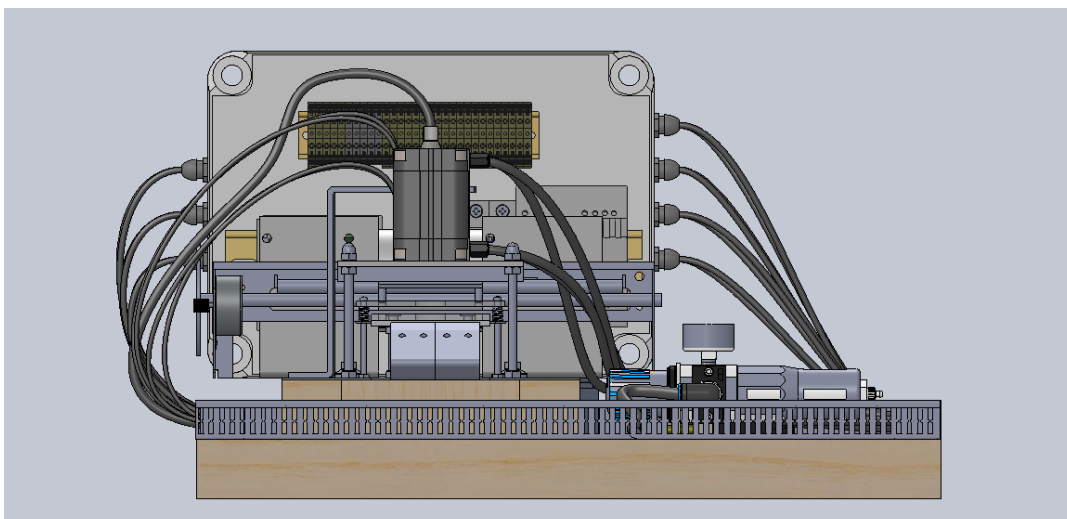
Slika 13.5. Prvi oblik štanice



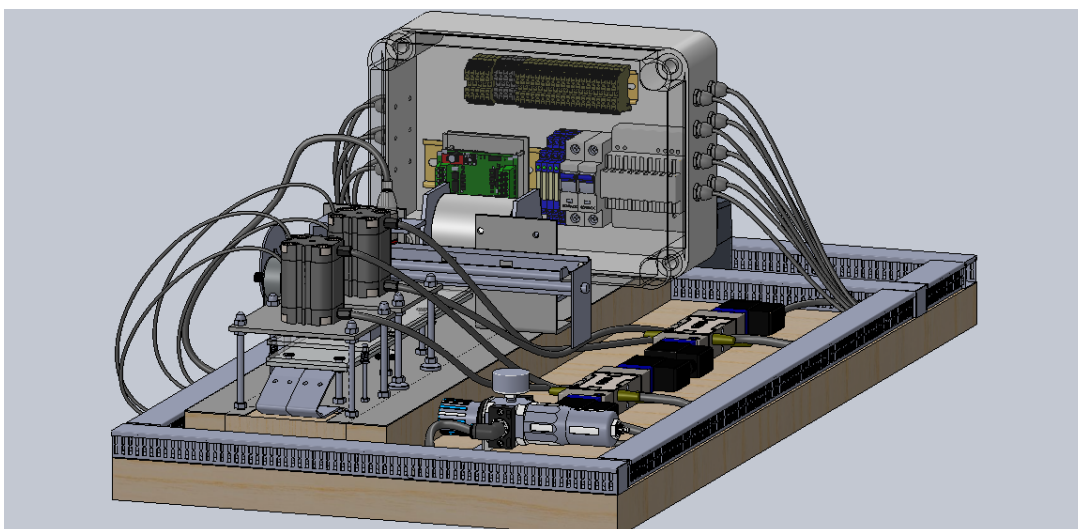
Slika 13.6. Drugi oblik štanice



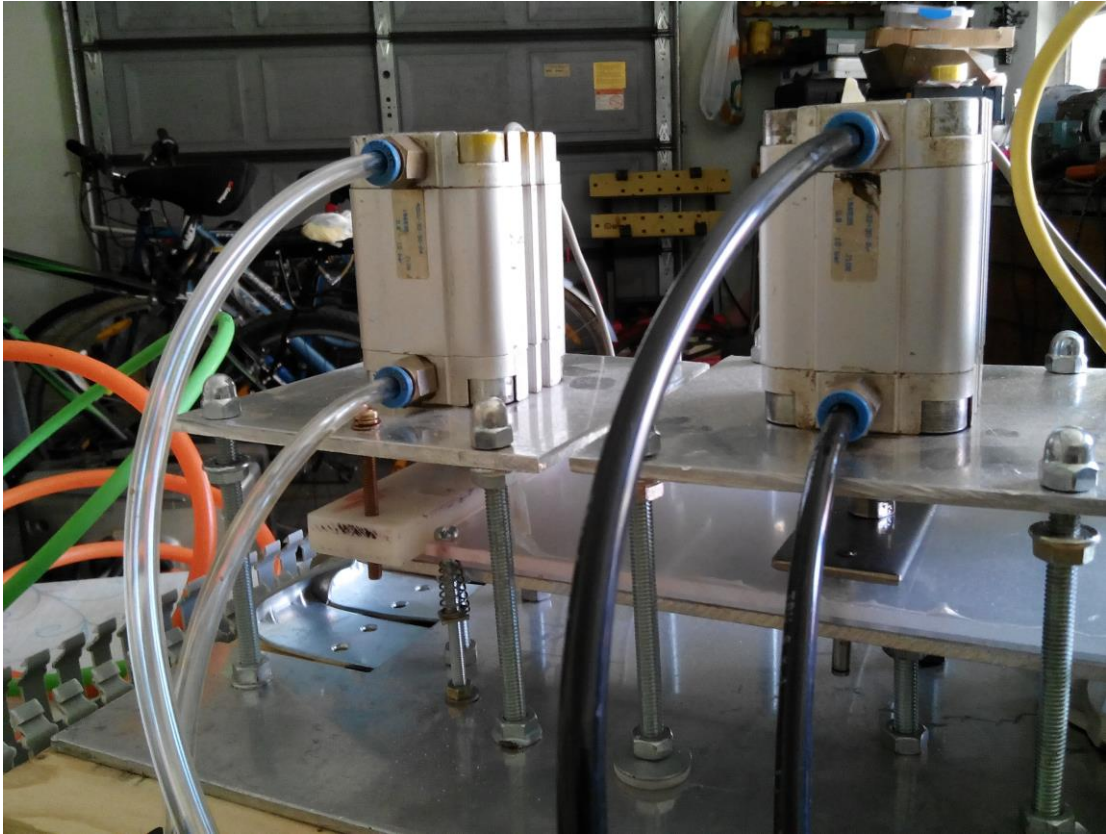
Slika 13.7. Treći oblik štanice



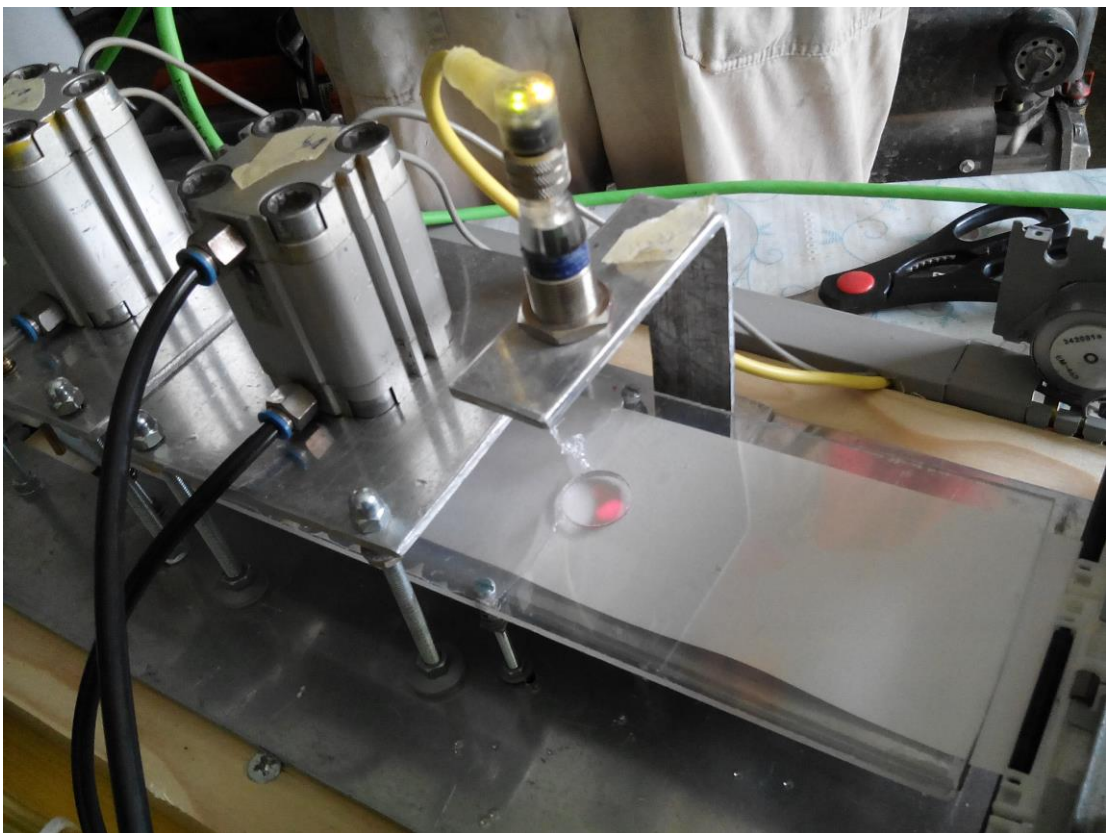
Slika 13.8. Štanica slikana s prednje strane u alatu SolidWorks



Slika 13.9. Štanica slikana s kuta u alatu SolidWorks



Slika 13.10. Spušteni položaj cilindra



Slika 13.11. Optički senzor u visokom stanju