

Programabilni logički kontroleri - Osnove komandovanja motorima i elektromotornim pogonima

Industrijski sistemi i protokoli -
predavanja 5

04/2024

prof Darko Marčetić

- 1. Pregled zaštitne opreme korišćene u elektromotornim pogonima**
- 2. Uloga PLC u neregulisanim elektromotornim pogonima**
- 3. Direktni start asinhronog motora komandovan sa PLC**
- 4. Start zvezda/trougao komandovan sa PLC**
- 5. Uloga PLC u regulisanim elektromotornim pogonima**

1. Pregled zaštitne opreme korišćene u elektromotornim pogonima

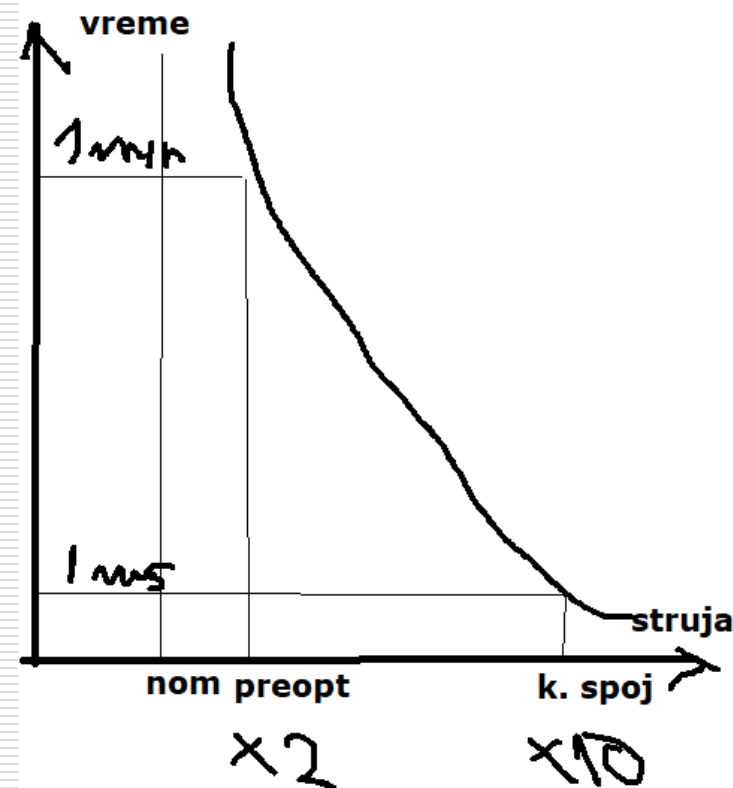
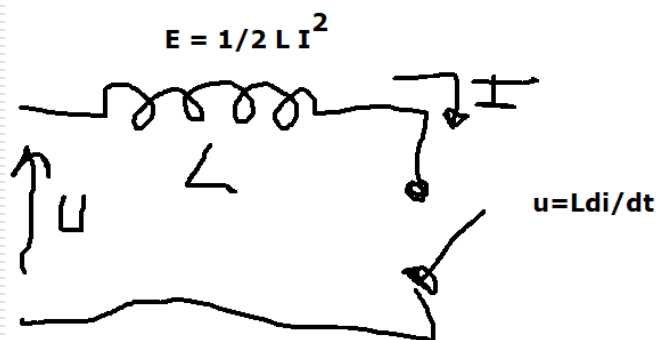
**Više o instalacijama u knjizi:
474 Strahil Gušavac "Osnovni principi
projektovanja u mrežama srednjeg i niskog
napona,, FTN Izdavaštvo. 2014**

Tipovi struja i kada/kako ih prekinuti

Tipovi struja i kada želimo da ih prekinemo

- Nominalna i manja - nikad
- Struja preopterećenja - minut
- Struja kratkog spoja - ms

A kako da prekinemo struju?



Sklopka je mehanički sklopni aparat koji **može uklapati, voditi i prekidati struju u normalnim uslovima rada (uključujući i određeno preopterećenje)** PLC tipično upravlja sklopkama, rele, kontaktor.. **To nije dovoljno !!!!**

Prekidač je mehanički sklopni aparat koji **može uklapati, voditi i prekidati struju u normalnim uslovima rada (uključujući i određeno preopterećenje), te uklapati, određeno vreme voditi i prekidati struju u nenormalnim uslovima rada (kratak spoj).**

1.1. Zaštita od kratkog spoja

1.1.1. Prekidači

Prekidač je mehanički sklopni aparat koji može uklapati, voditi i prekidati struju u normalnim uslovima rada (uključujući i određeno preopterećenje), te uklapati, određeno vreme voditi i prekidati struju u nenormalnim uslovima rada (kratak spoj). Mogućnost prekidanja struje kratkog spoja razdvaja prekidač od sklopke, kakva je na primer kontaktor.

Prekidač se sastoji od četiri važna elementa koja određuju njegove karakteristike:

- **Elementi za prekidanje struje (fiksni i pokretni kontakt, komora za gašenje luka),**
- **Elementi za zaštitu (termički i magnetni okidač), koji obezbeđuju ispravno delovanje prekidača u uslovima preopterećenja i kratkog spoja,**
- **Mehanizam za uključenje/isključenje prekidača (uobičajeno ručno),**
- **Priključci prekidača, namenjeni njegovom montiranju u strujno kolo koje štiti.**

1.1. Zaštita od kratkog spoja

1.1.1. Prekidači

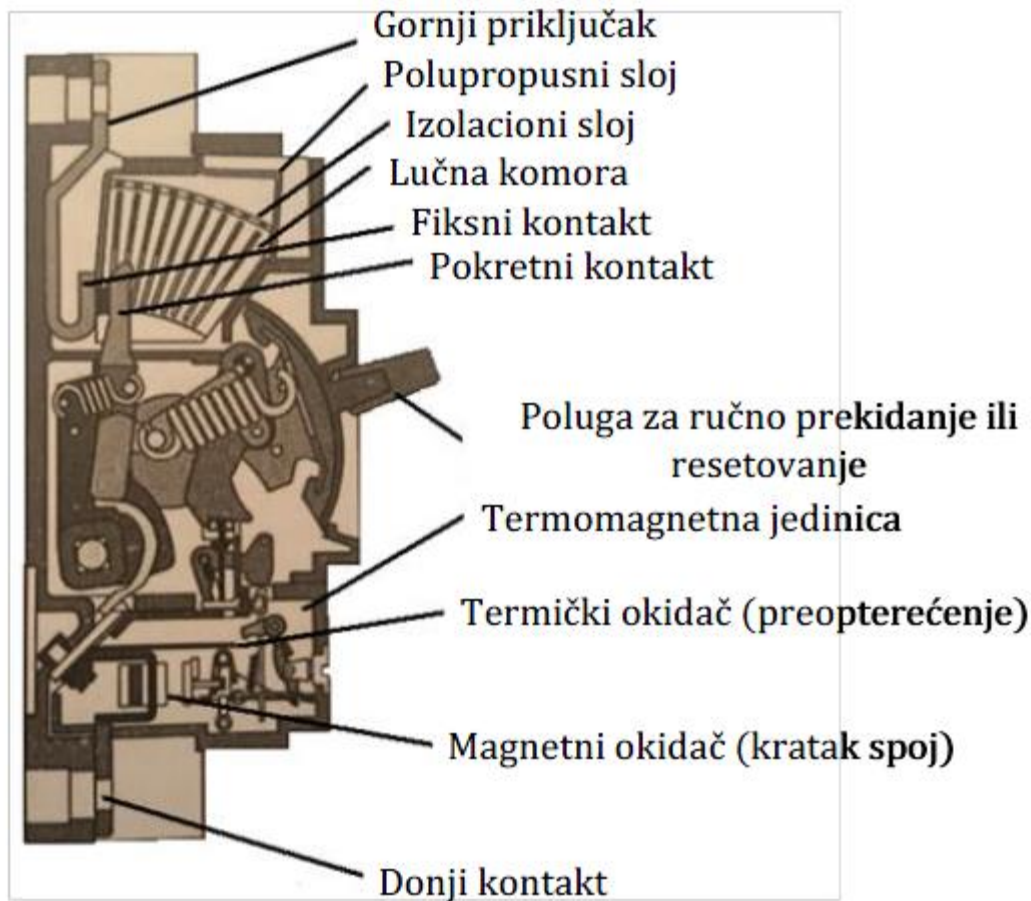
Prekidač je mehanički sklopni aparat koji može uklapati, voditi i prekidati struju u normalnim uslovima rada (uključujući i određeno preopterećenje), te uklapati, određeno vreme voditi i prekidati struju u nenormalnim uslovima rada (kratak spoj). Mogućnost prekidanja struje kratkog spoja razdvaja prekidač od sklopke, kakva je na primer kontaktor.

Prekidač se sastoji od četiri važna elementa koja određuju njegove karakteristike:

- **Elementi za prekidanje struje (fiksni i pokretni kontakt, komora za gašenje luka),**
- **Elementi za zaštitu (termički i magnetni okidač), koji obezbeđuju ispravno delovanje prekidača u uslovima preopterećenja i kratkog spoja,**
- **Mehanizam za uključenje/isključenje prekidača (uobičajeno ručno),**
- **Priključci prekidača, namenjeni njegovom montiranju u strujno kolo koje štiti.**

1.1. Zaštita od kratkog spoja

1.1.1. Prekidači



Slika 6.14 Poprečni presek i izgled jednog niskonaponskog prekidača

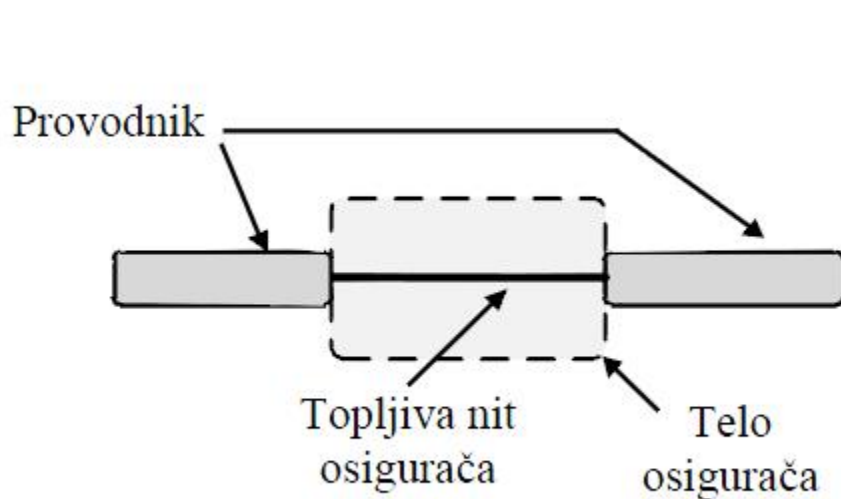
1.1. Zaštita od kratkog spoja

1.1.2. Osigurači

Osigurač je sklopna naprava koja služi za zaštitu od kratkog spoja i preopterećenja ili samo za zaštitu od kratkog spoja. Osigurač je namerno oslabljen deo električne instalacije čija namena jeste da prvi reaguje i prekine kolo u slučaju nenormalnog režima rada. Mogu biti topljivi ili automatski.

1.1.2.1 Topljivi osigurači

Prekidanje strujnog kola vrši topljenjem posebnog topljivog elementa

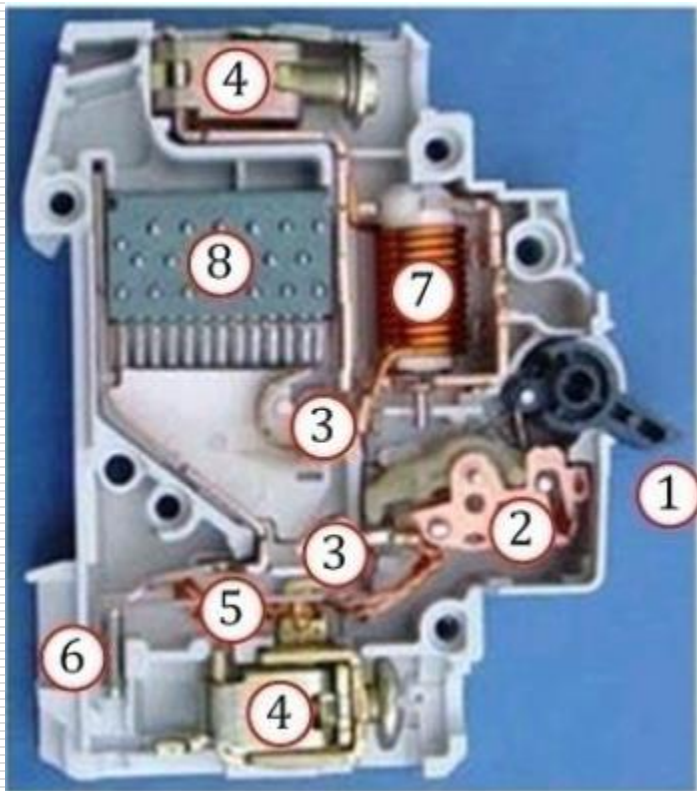


Osigurač: a) princip rada , b) izgled osigurača tipa D , c) izgled tipa N

1.1. Zaštita od kratkog spoja

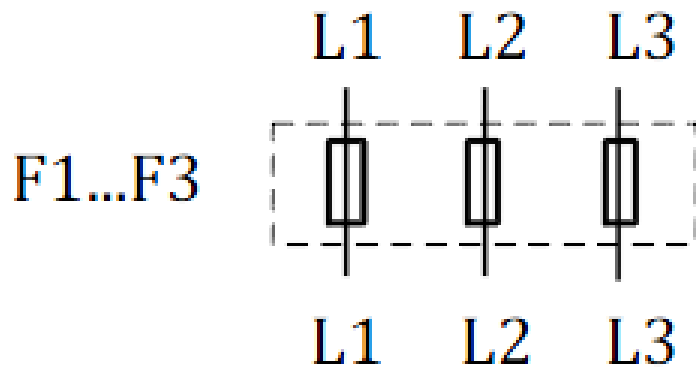
1.1.2.2 Automatski osigurači

Isključuju strujno kola pomoću elektromagneta (kratak spoj) ili bimetalne trake (preopterećenje).

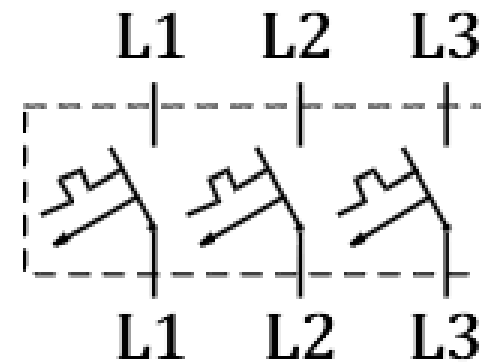


1.1. Zaštita od kratkog spoja

Grafički simboli osigurača



Topljivi osigurači

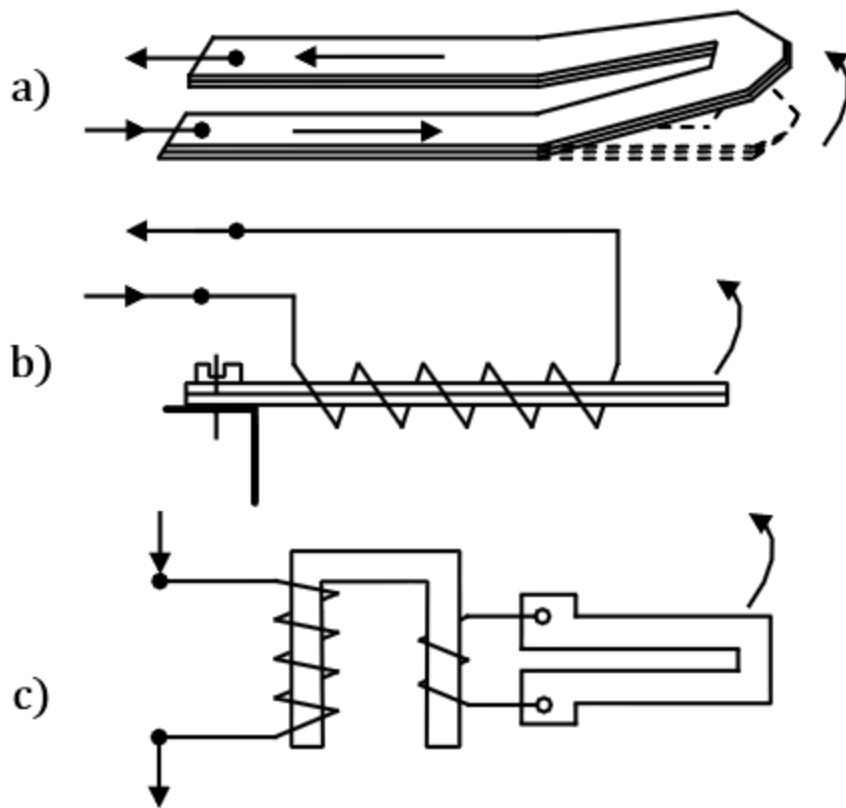


Automatski osigurači

1.2. Zaštita od preopterećenja

1.2.1. Releji za preopterećenje - bimetalni

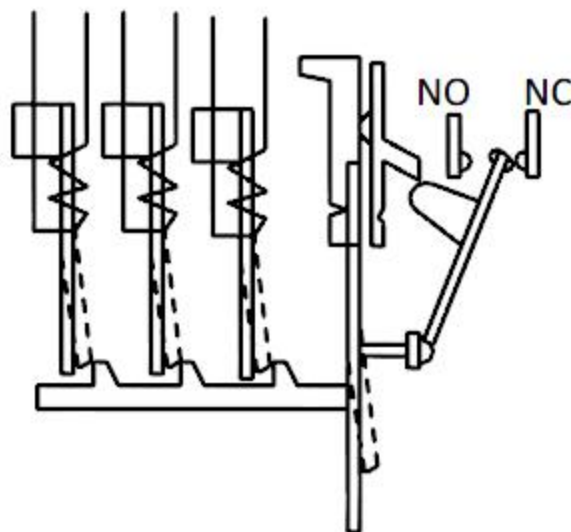
Sastoje se od dva metala različitih termičkih koeficijenata istezanja povezanih u električno kolo. Pri prolasku struje kroz namotaj bimetalna traka se zagreva i krivi.



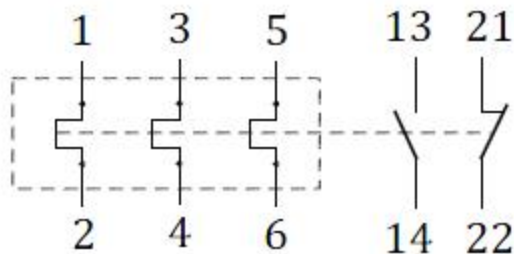
- Prva mogućnost izvedbe bimetalnog releja je prosto direktno povezivanje bimetala u strujno kolo, slika 6.18a.
- Druga mogućnost, indirektno grejanje bimetala, se koristi u većini sklopnih naprava primenjenih u niskonaponskim postrojenjima. U ovoj izvedbi struja kola ne prolazi kroz bimetal ali isti se i dalje greje i krivi usled gubitaka u provodniku namotanom oko njega, slika 6.18b.
- Treća mogućnost je transformatorski prenos struje. U ovom slučaju je struja koja prolazi kroz bimetal proporcionalna struji kola ali mnogo manja od nje, slika 6.18c.

1.2. Zaštita od preopterećenja

1.2.1. Releji za preopterećenje - bimetalni



Slika 6.20 Princip rada i izgled trofaznog bimetalnog releja



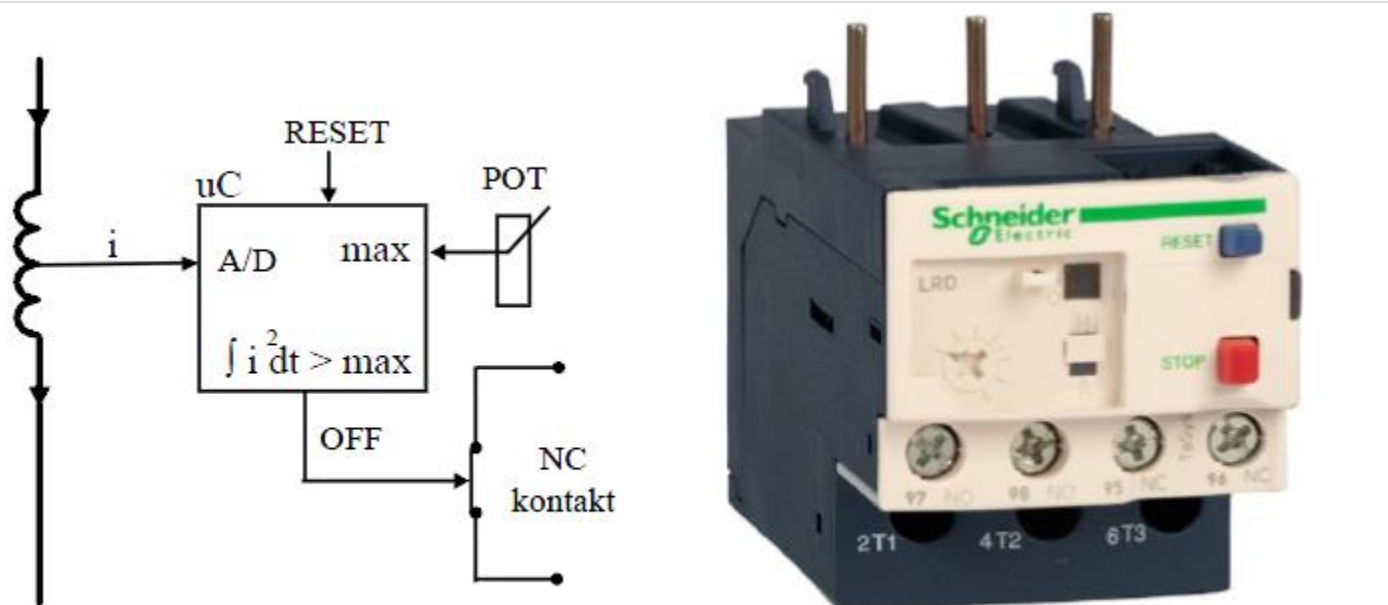
Grafički simbol trofaznog
bimetalnog releja

Slika 6.21 Simbol za tofazni bimetal sa dva pomoćna kontakta, NO i NC

1.2. Zaštita od preopterećenja

1.2.2. Releji za preopterećenje - elektronski

Mikroprocesorski uređaji koji struju mere i putem A/D konvertora pretvaraju u digitalni signal. Signalu struje se računa njegova maksimalna vrednost i/ili integral u vremenu i u slučaju detekcije preopterećenja mikroprocesor šalje impuls za isključenje pomoćnog kontakta.

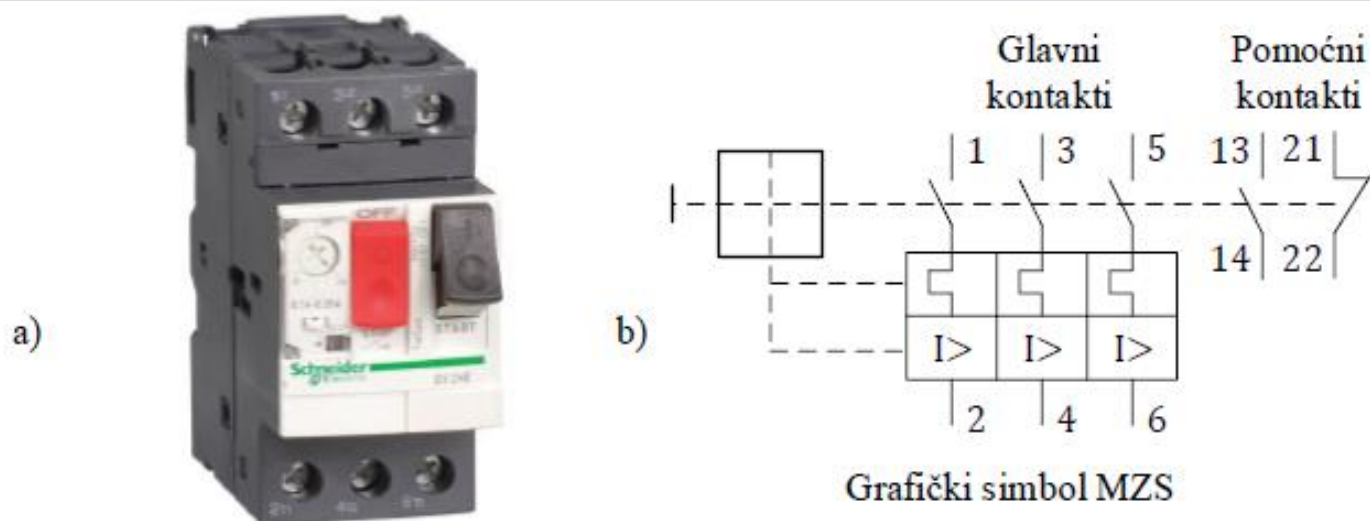


Slika 6.22 Princip rada i izgled jednog elektronskih releja za preopterećenje

1.3. Motorna zaštitna sklopka

MZS je uređaj koji objedinjuje funkcije osigurača i releja za preopterećenje i time štiti motor i od krakog spoja i od preopterećenja. MZS je namenjena i za prekidanje struje kvara tako da je ona u stvari prekidač, i deo literature je naziva motorni zaštitni prekidač.

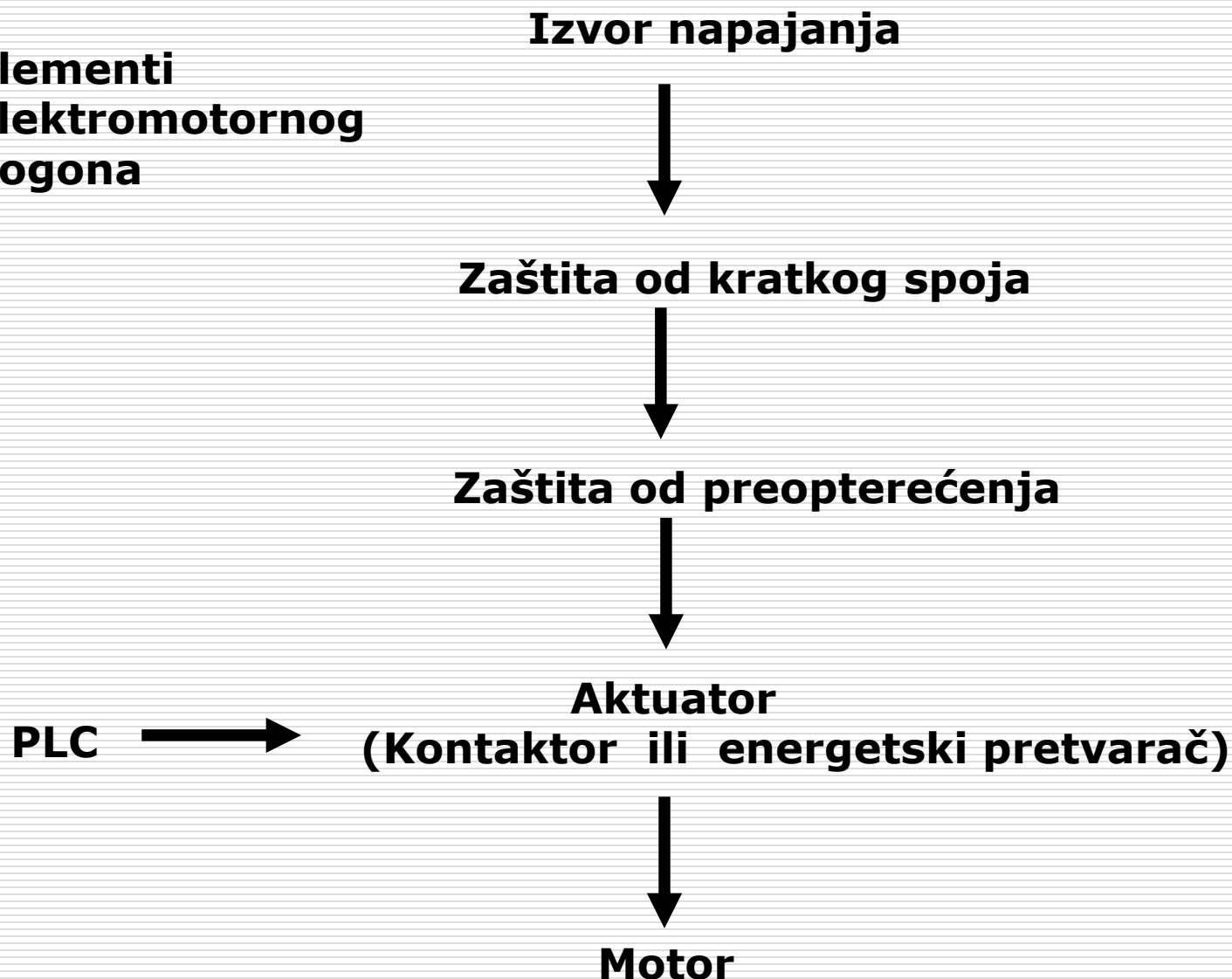
MZS se aktivira samo ručno (nikad daljinski) pritiskom na taster pri čemu se njeni glavni energetske kontakti spajaju. MZS nije namenjena za veliki broj manipulacija, tako da se ona samo jednom uključi da dozvoli rad pogona, dok se uključanje/isključenje motora u normalnom režimu rada vrši preko kontaktora



2. Uloga PLC u neregulisanom elektromotornom pogonu sa asinhronim motorom

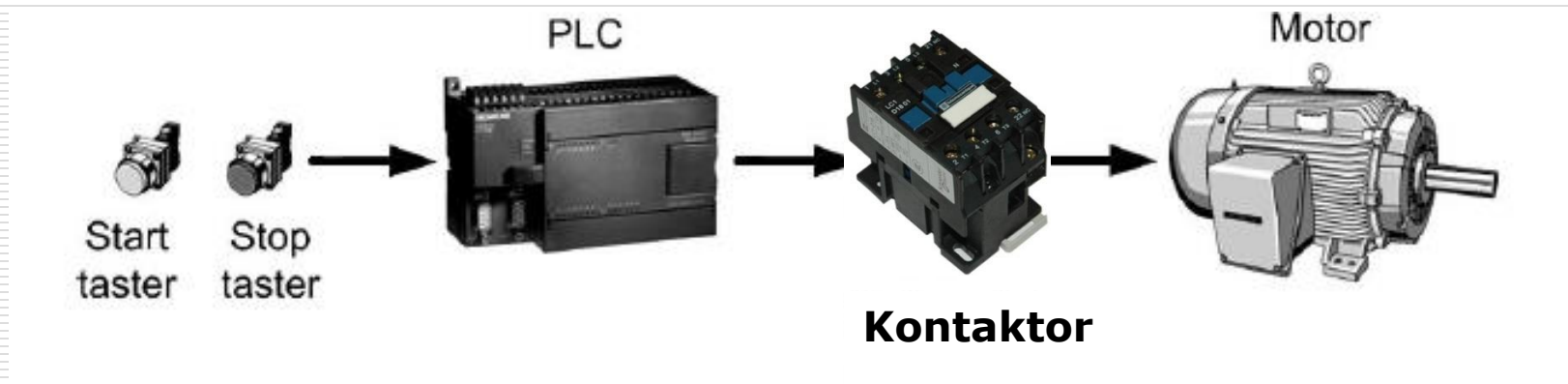
Uloga PLC u regulaciji brzine motora

**Elementi
elektromotornog
pogona**

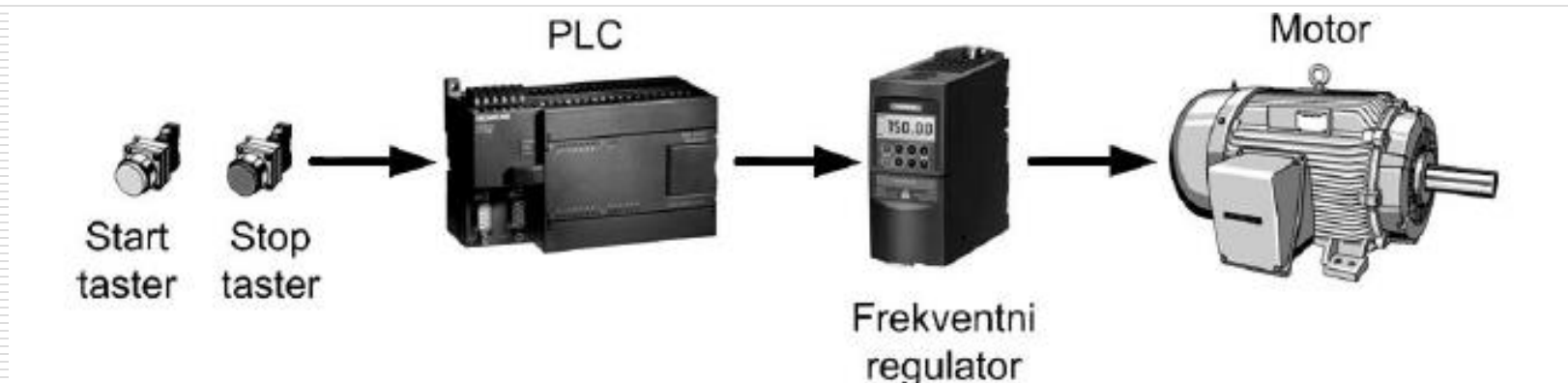


Uloga PLC u regulaciji brzine motora

PLC je spor da upravlja motorom. On može samo da uključi/isključi motor.

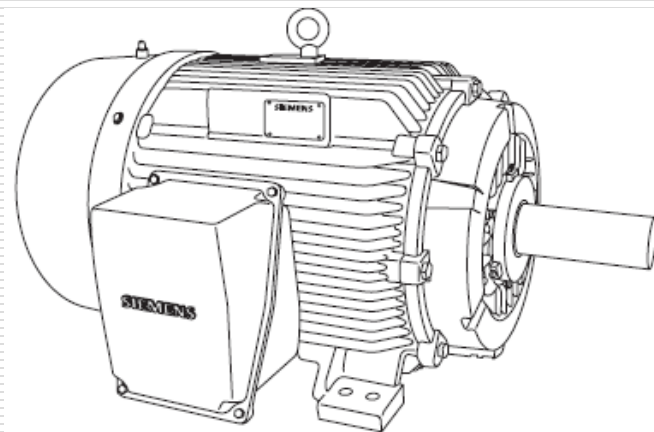
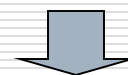
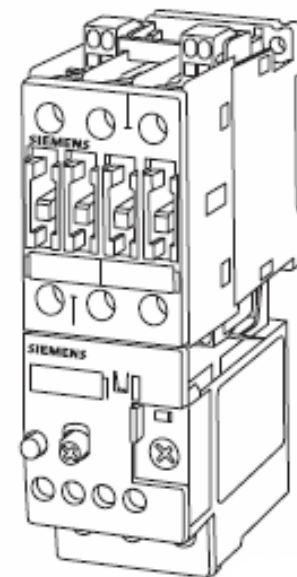
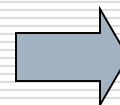
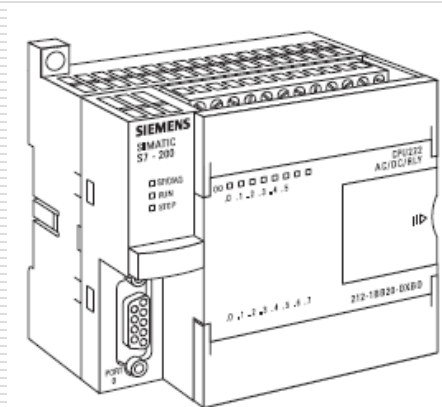
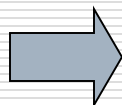
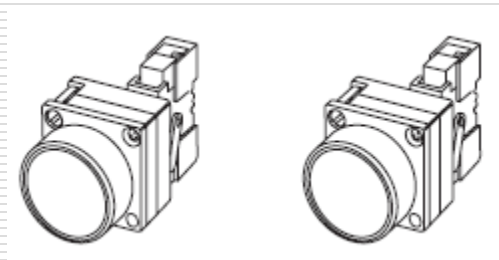


Ako želimo fino da reguliše brzinu motorom upravlja frekventni regulator. PLC samo zadaje referentnu brzinu, a može da menja parametre i prati rad.



Direktni start motora preko PLC

Direktna start motora preko kontaktora snaga



Komanda

(za novu komandu
treba nam samo
novi taster)

Logika

(lako se menja i
proširuje po
potrebi)

Direktni start motora

Kontaktor uključuje /isključuje motor.

U pogon se postavlja i zaštitna motorna sklopka (Q1) ili par bimetala F4 i osigurači F1..F3 koji imaju zaštitnu ulogu.

Zaštitna motorna sklopka se:

- 1. uključuje ručno**
- 2. Isključuje automatski u slučaju struje kratkog spoja**
- 3. struje preopterećenja**

Ona ne služi za uključ/isključ motora u normalnom režimu rada.

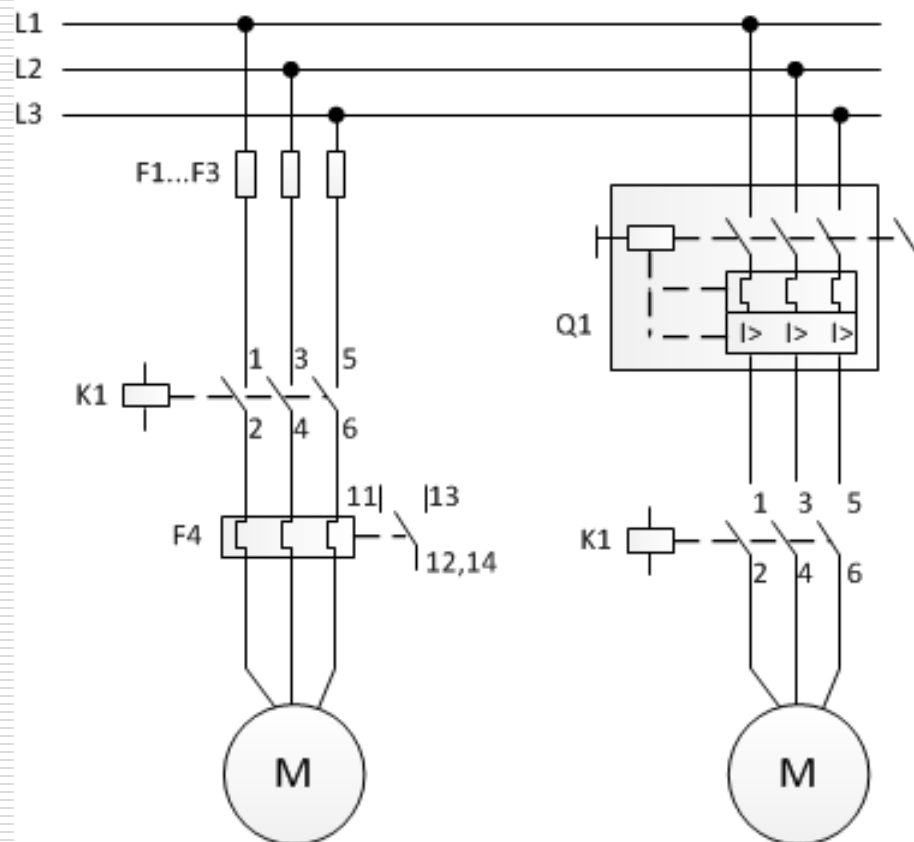
Između motora i zaštitne sklopke se postavlja kontaktor K1 koji u normalnom režimu rada kontroliše uključenje motora.

Njega možemo kontrolisati sa PLC ili sa običnim tasterima.

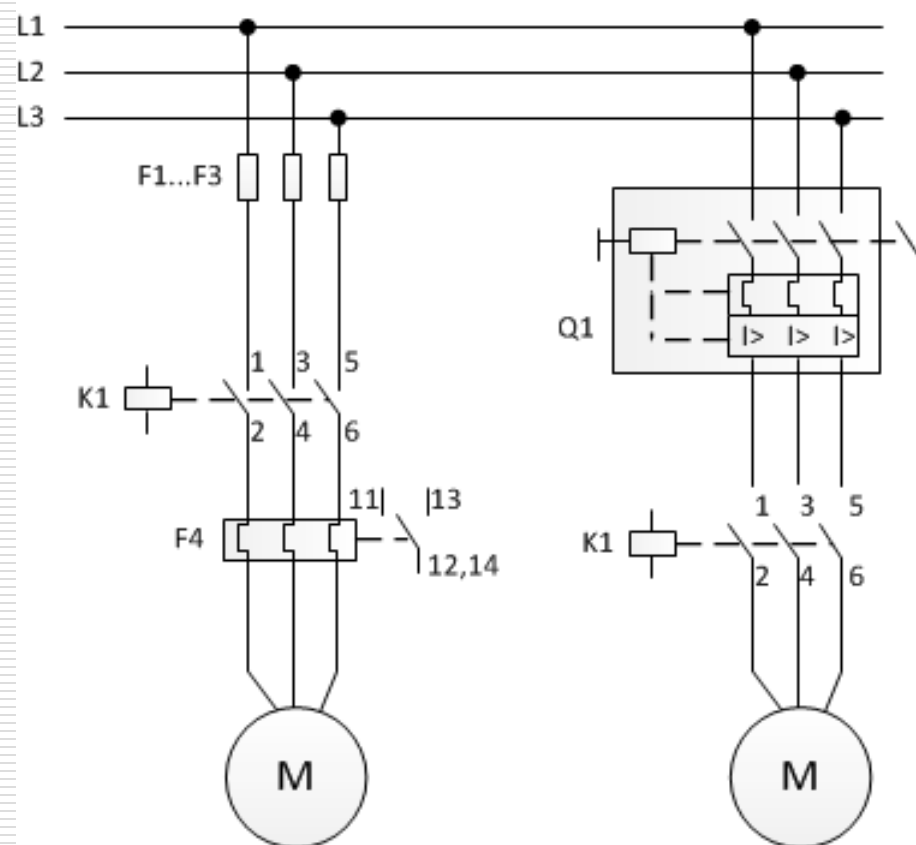
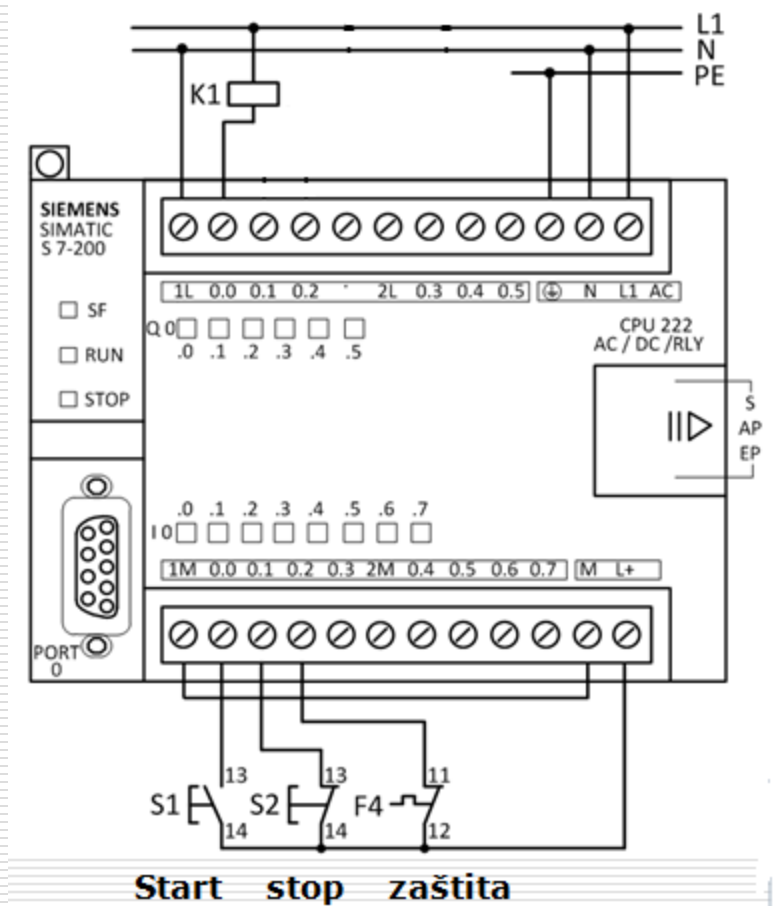
U oba slučaja imamo START i STOP taster.

U oba slučaja moramo znati i da li je proradili zaštita tj. prekidač, koji na jednom svom izlazu daje informaciju o svom stanju.

U primerima koji slede koristeće se bimetal (F4) umesto Q1.

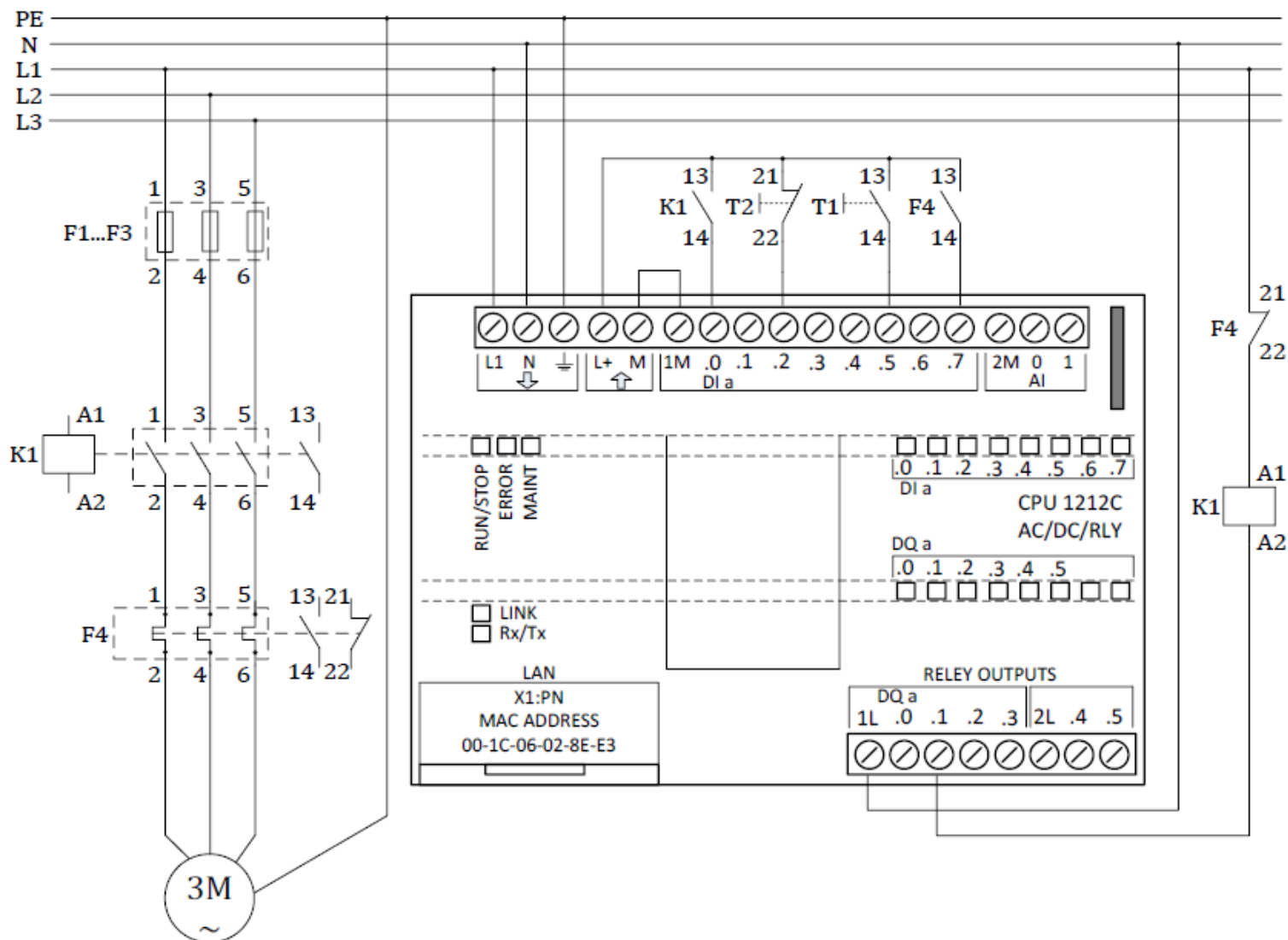


Direktni start motora

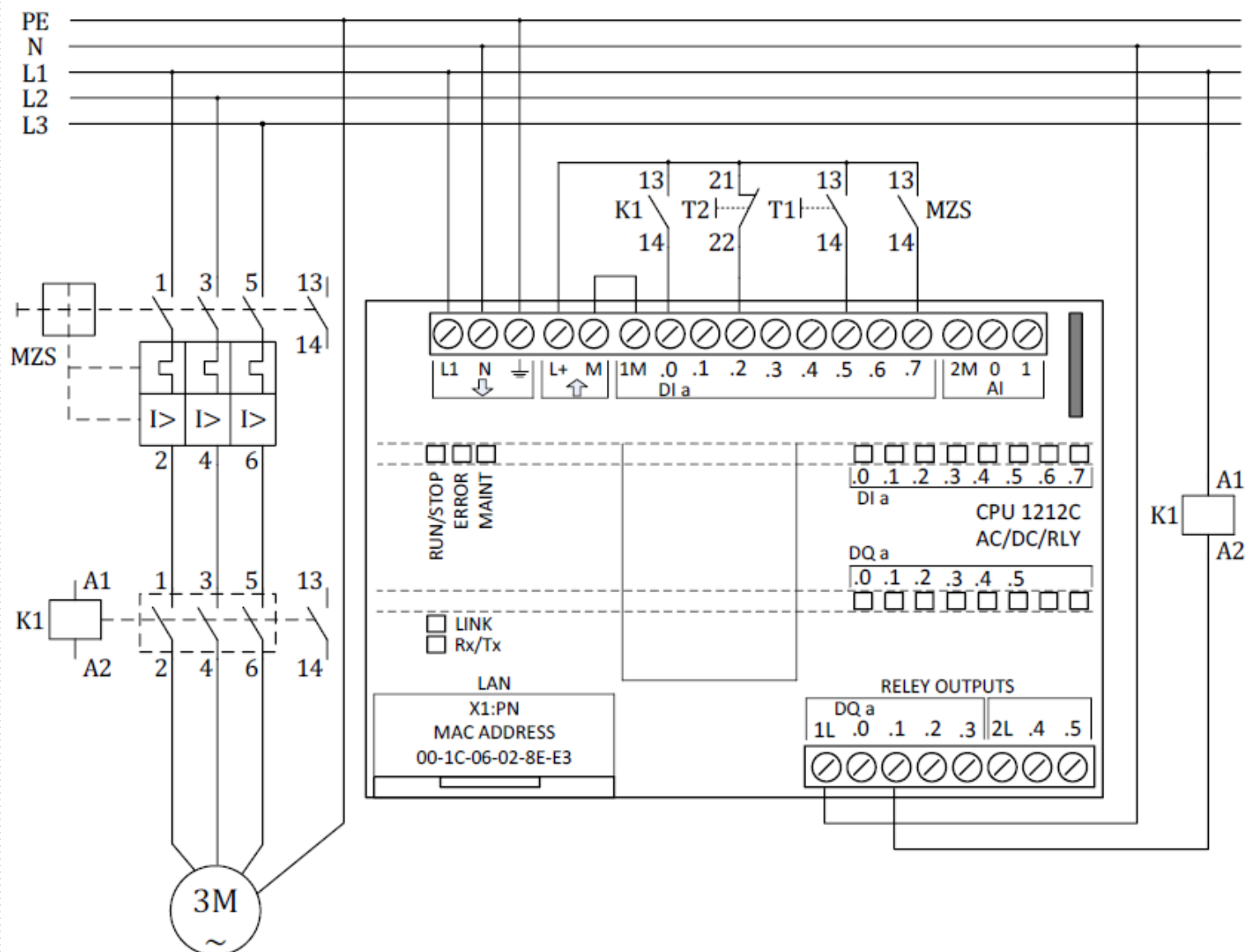


Mada, ni ovde zaštita nije baš najbolje isplanirana ...

Direktni start motora – osigurači i bimetalni



Direktni start motora – MZS



Složenije upravljanje motorom - start zvezda/trougao

Tri kontaktora kojima upravlja PLC .

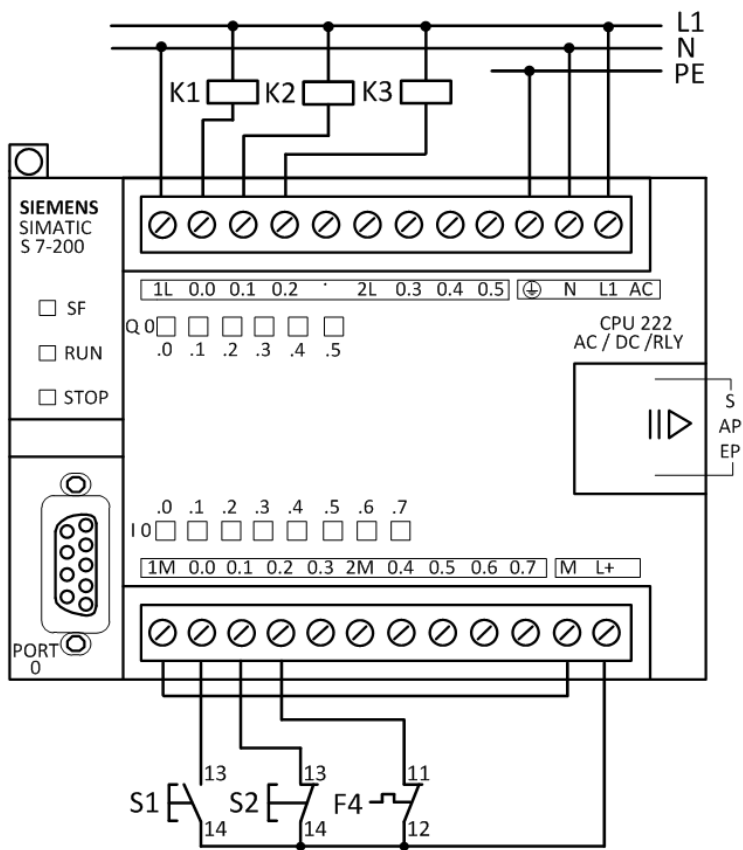
Glavni kontaktor mora biti uključen da bi motor radio.

Ako je uključen i kontaktor zvezda motor radi sa namotajima u vezi zvezda.

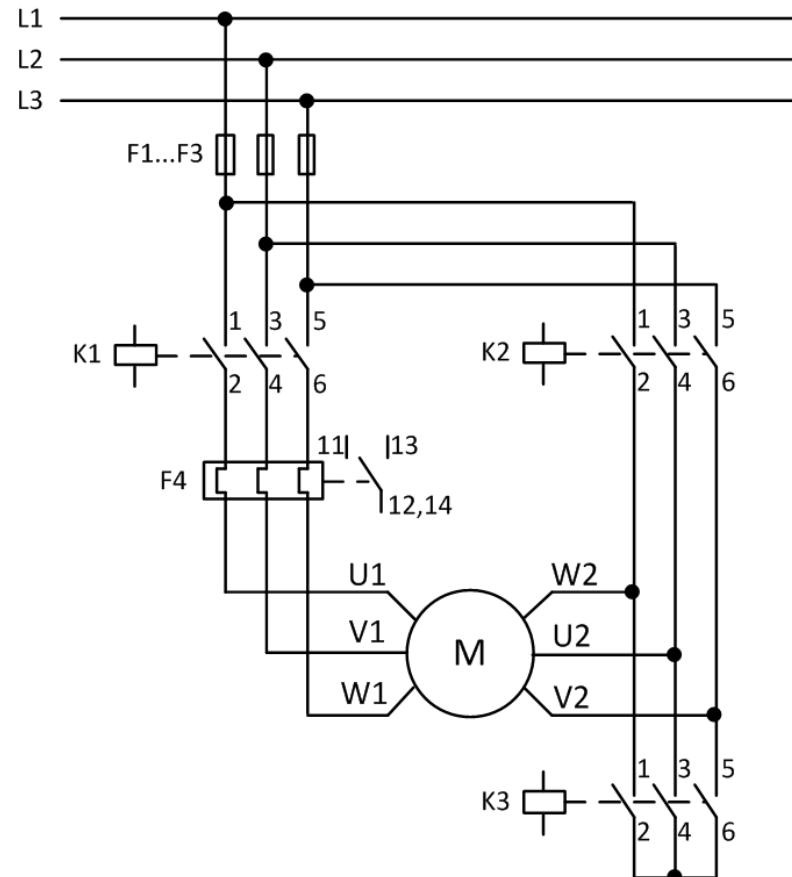
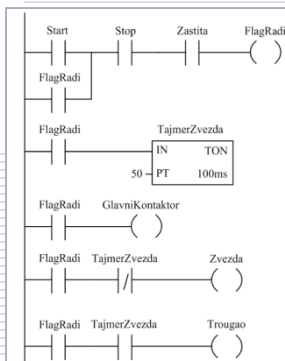
Ako je uključen i kontaktor trougao motor radi sa namotajima u vezi trougao .

U pogon se postavlja i zaštitna motorna sklopka (Q1) ili par bimetal F4 i osigurači F1..F3 koji imaju zaštitnu ulogu.

Zvezda/trougao start sa PLC

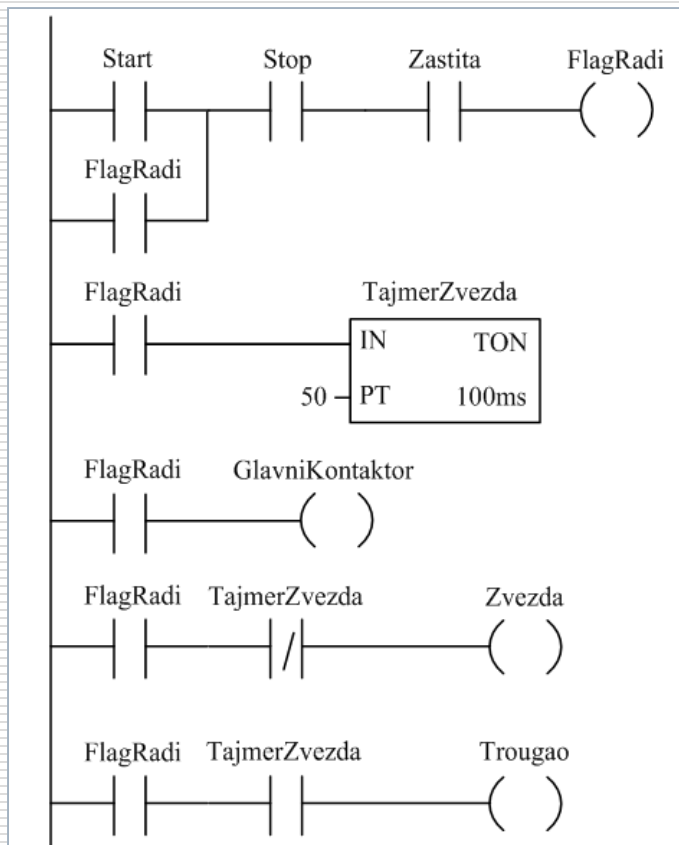


Start stop zaštita



Zvezda/trougao start sa PLC

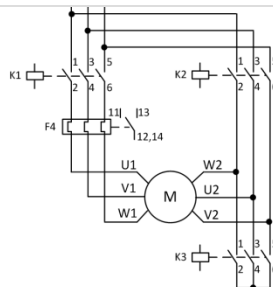
PLC program ZT



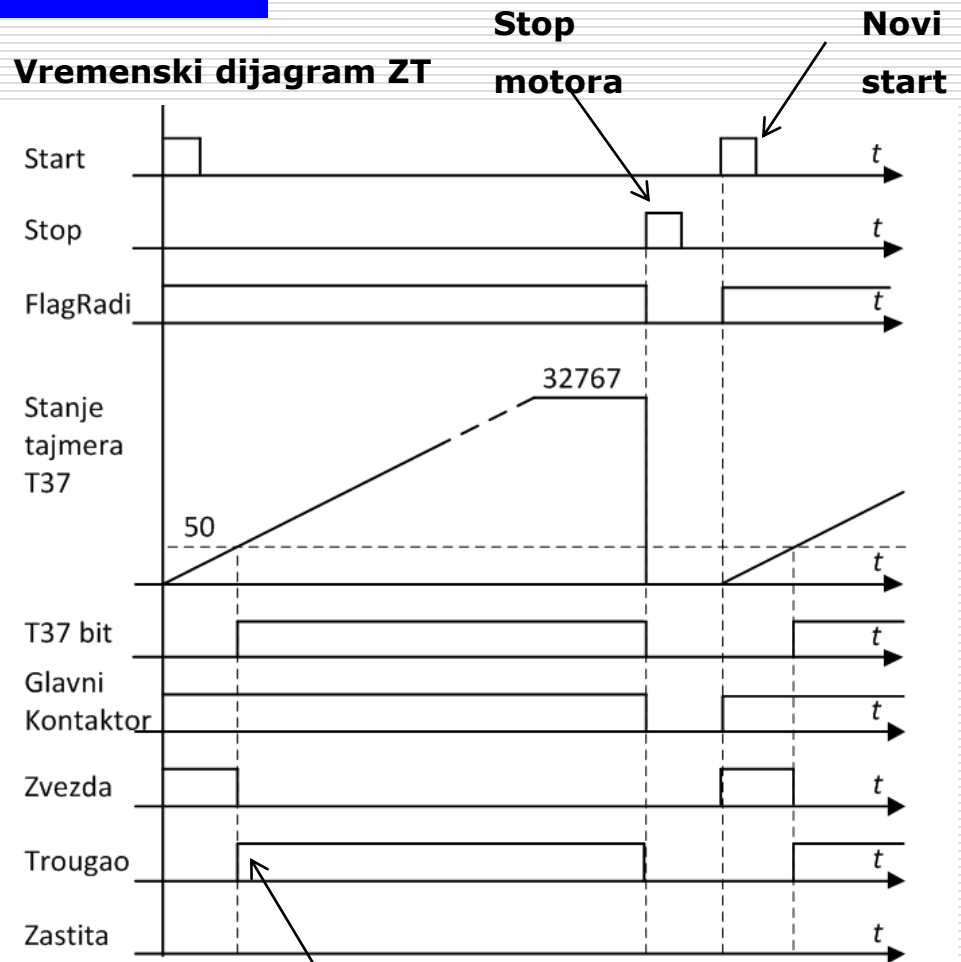
GlavniKontaktor – K1

Trougao– K2

Zvezda – K3



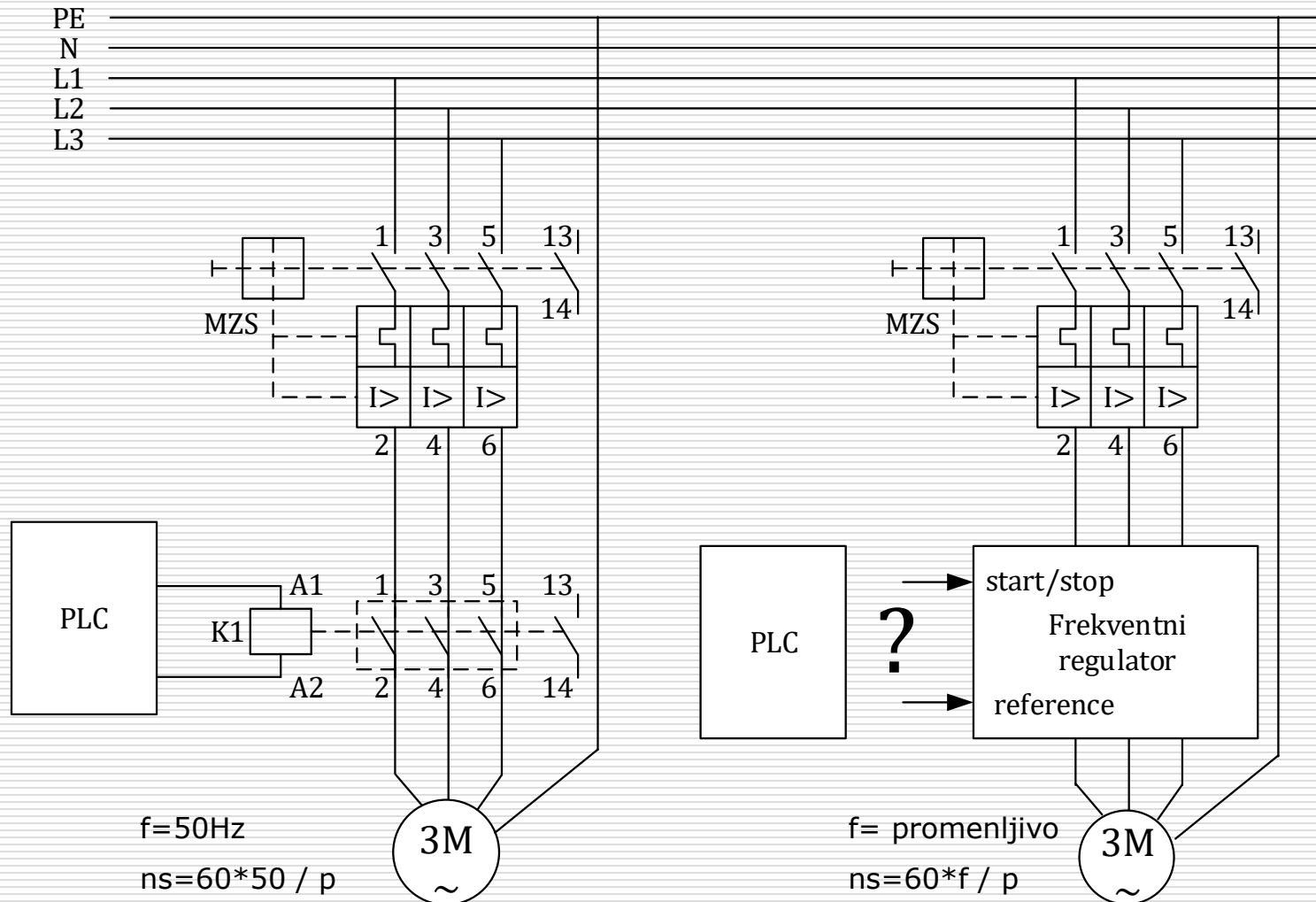
Vremenski dijagram ZT



Upravljanje AC motorom preko frekventnog (frekvencijskog) regulatora

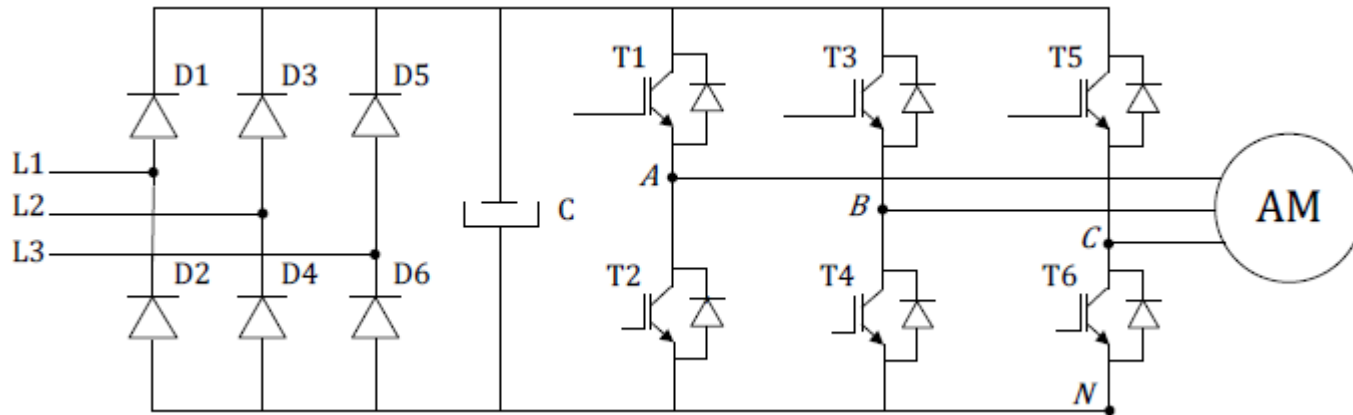
Upravljanje motorom preko frekventnog regulatora

- **Kontaktor zamenju frekventni regulator.**
- **Skuplje rešenje, ali regulator može da varira amplitudu i frekvenciju napona.**
- **Sada više nije dovoljno start/stop, treba nekako zadati i referentne vrednosti.**

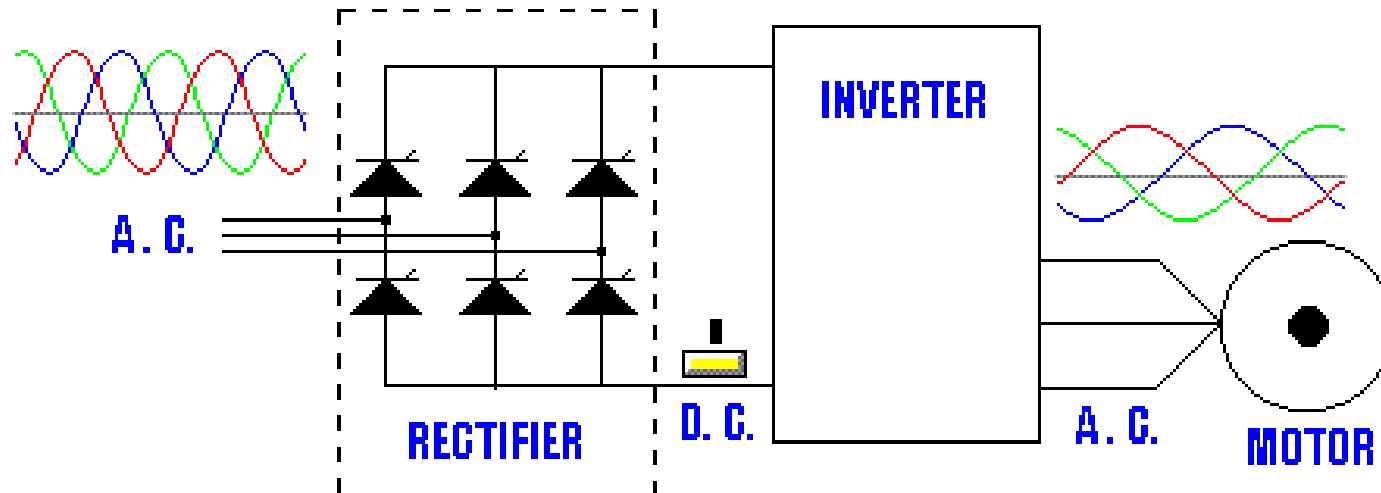


Upravljanje motorom preko frekventnog regulatora

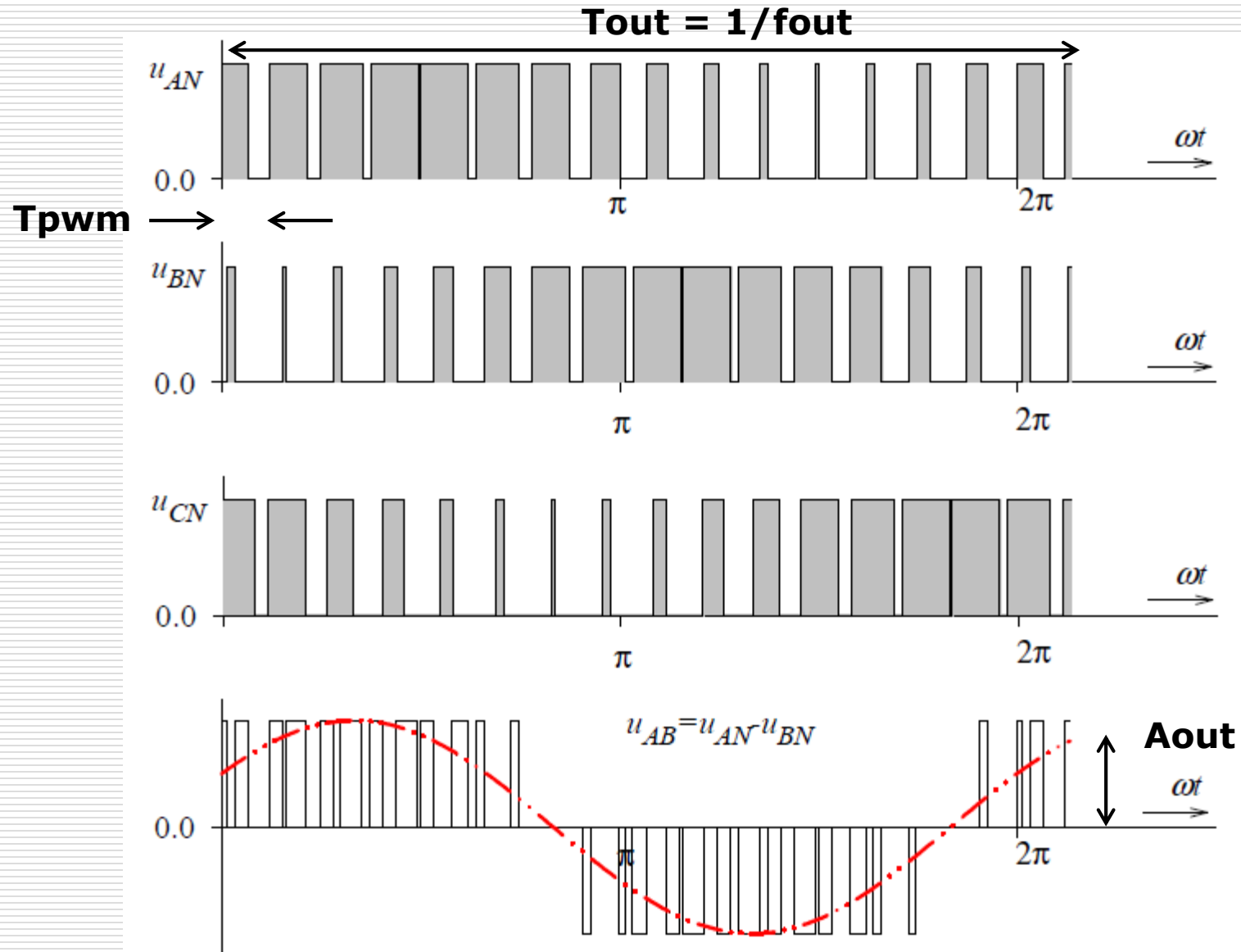
Frekventni regulator = Trofazni ispravljač i trofazni naponski inverter



Ulazni trofazni napon 380 V, 50Hz pretvara u izlazni trofazni napon željene frekvencije i amplitude
Brzina = $60 \times \text{frekvencija} / \text{broj polova}$

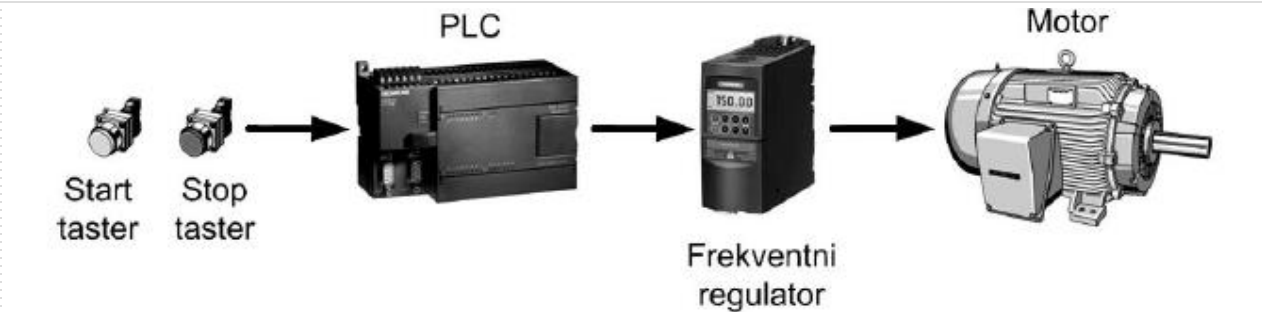


Upravljanje motorom preko frekventnog regulatora

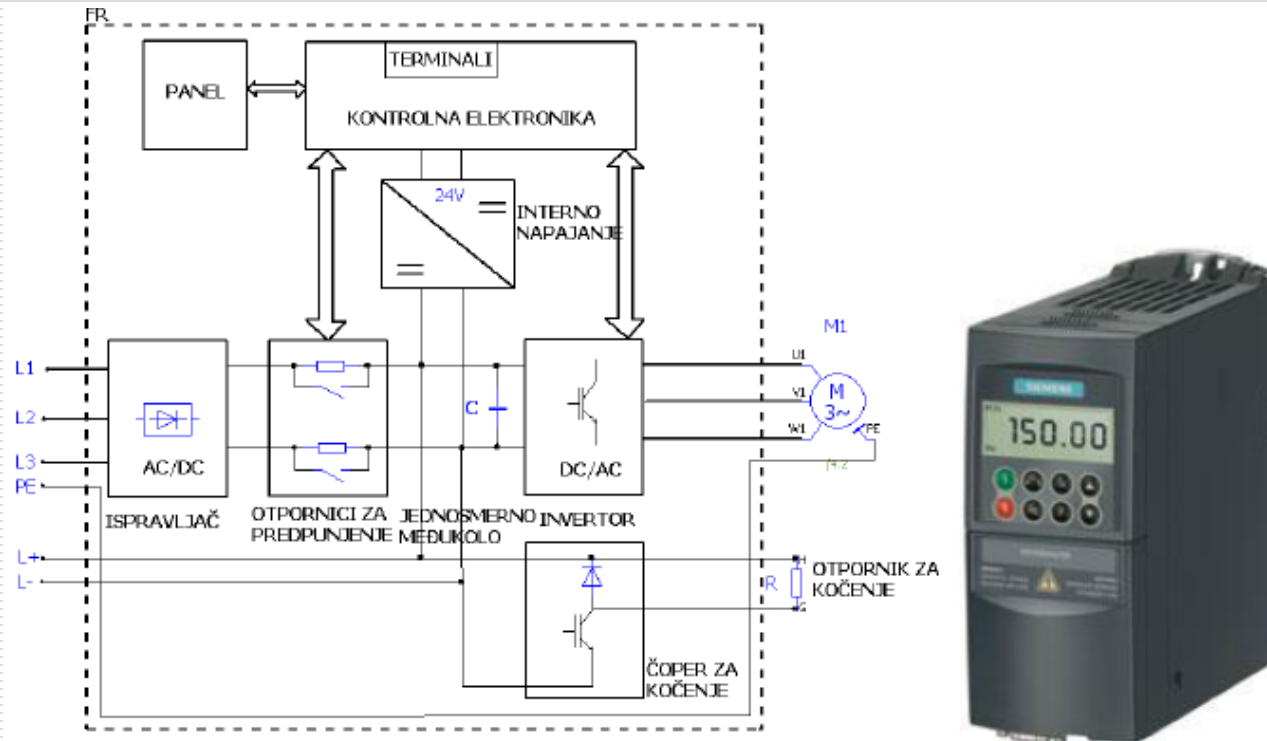


Veza PLC i frekventnog regulatora

PLC ne upravlja motorom već šalje komande frekventnom regulatoru



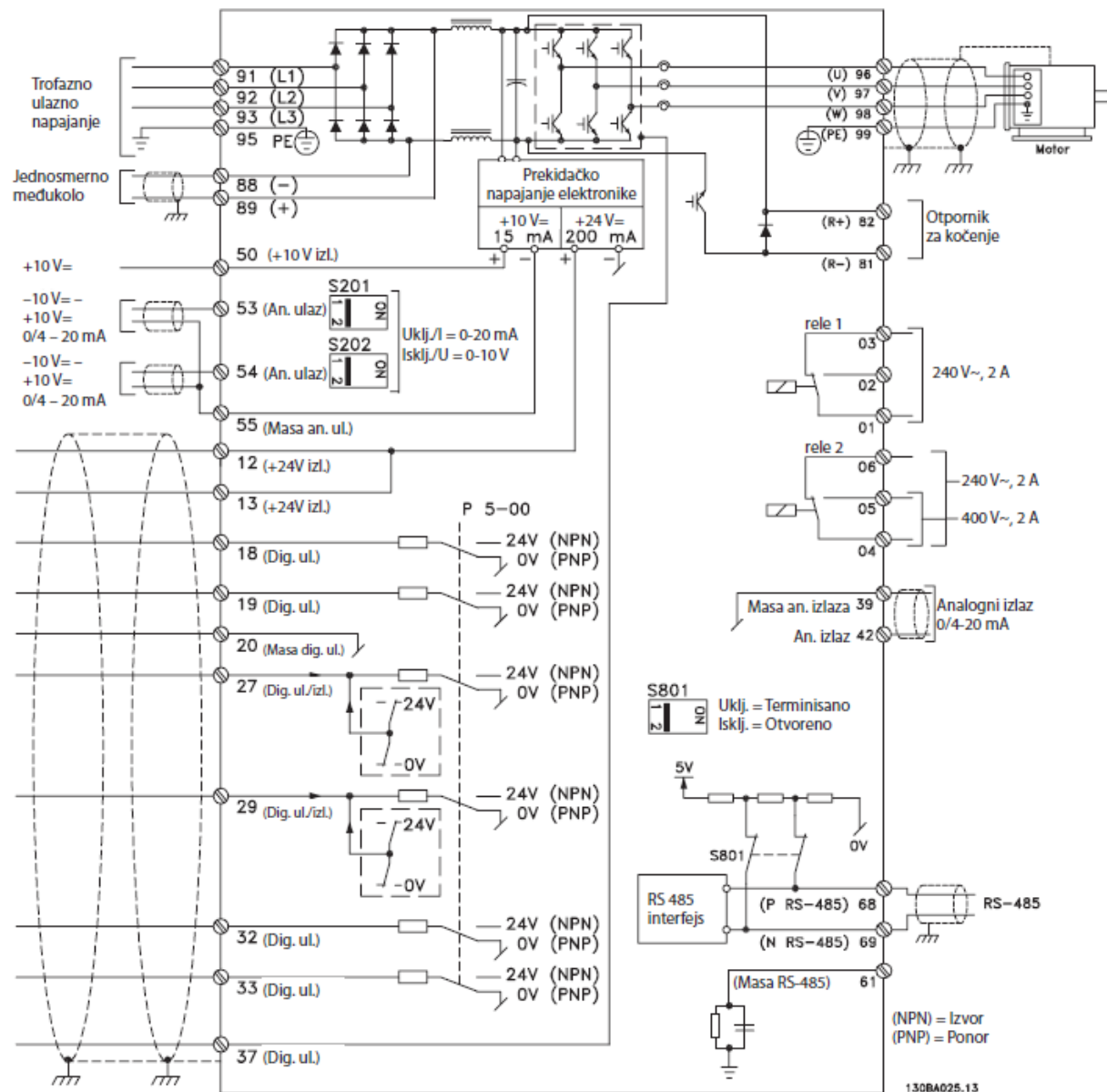
Primer za Siemens Micromaster 440, snage 1.2kW



Primer frekventnog regulatora

Unutrašnjost regulatora opisana u uputstvu.

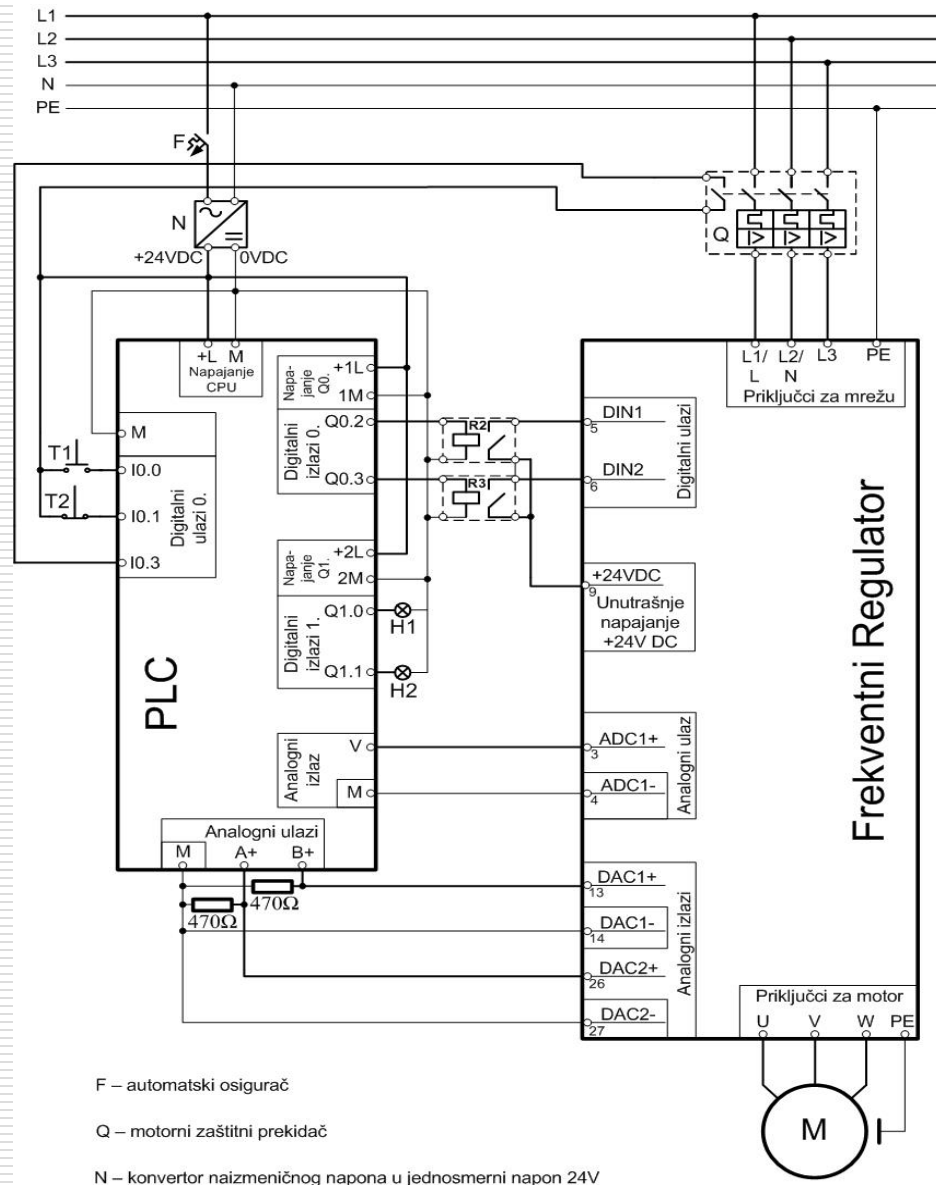
Primer za Danfoss VLT Automation Drive FC300



Primer veze PLC i frekventnog regulatora

Ako posmatramo regulator kao crnu kutiju ostaje samo pitanje kako tu kutiju povezati sa PLC:
Primer veze Siemens PLC S7-200 i Micromaster 440

1. Napajanje PLC i pogona
2. Zadavanje start/stop
3. Zadavanje brzine/pozicije
4. Monitoring rada
5. Zaštita



Primer veze PLC i frekventnog regulatora

Povezivanje PLC

PLC se napaja preko ispravljača koji je povezan na fazu L1 i generiše 24VDC koji se dovode na ulaze +L i M za napajanje PLC.

Sa istih 24VDC se napajaju dva tastera, T1 i T2. Taster T1 je NO, povezan je na ulaz I0.0 i služe kao START taster. Taster T2 je NC tipa, povezan je na ulaz I0.1 i služi kao STOP taster, pogledati poglavlje 5.3.

PLC kontroliše i dve signalne sijalice H1 i H2 na izlazima Q0.0 i Q0.1 kojima signalizira operateru stanje u kojem se pogon trenutno nalazi.

Povezivanje frekventnog regulatora

Frekventni regulator se napaja trofazno preko elektromotornog prekidača koji se ručno uključuje. Prekidač ima i funkciju zaštite usled preopterećenja i kratkog spoja. U trofaznom slučaju se na regulator povezuju L1, L2 i L3, kao i zaštitni vod PE. Ukoliko je napajanje monofazno, povezuju se samo L N, red dole, kao i obavezni PE. Ulazi AM se povezuju na izlaze regulatora U V W, zaštita PE se takođe povezuje.

U datom primeru pogon vrši *sensorless* (bez senzora brzine na AM) upravljanje brzinom, ali ne i njenu finu regulaciju. Ukoliko postoji senzor na vratilu motora njegovi izlazi se mogu povezati na odgovarajuće ulaze frekventnog regulatora. U slučaju jeftinog MICROMASTER regulatora ne postoji ulaz za signale sa enkodera, ali je moguće dokupiti dodatni enkoderski modul [8].

Primer veze PLC i frekventnog regulatora

Povezivanje PLC i frekventnog regulatora

Da bi se ostvarila željena funkcija pogona potrebno je realizovati više veza između PLC i frekventnog regulatora.

Prvo, PLC mora da zna da li je regulator pod naponom. Zato se pomoćni kontakt prekidača koji štiti i napaja frekventni regulator dovodi na PLC ulaz I0.3. Praćenjem stanja ulaza I0.3 PLC dobija na uvid da li je elektromotorni pogon pod naponom ili nije.

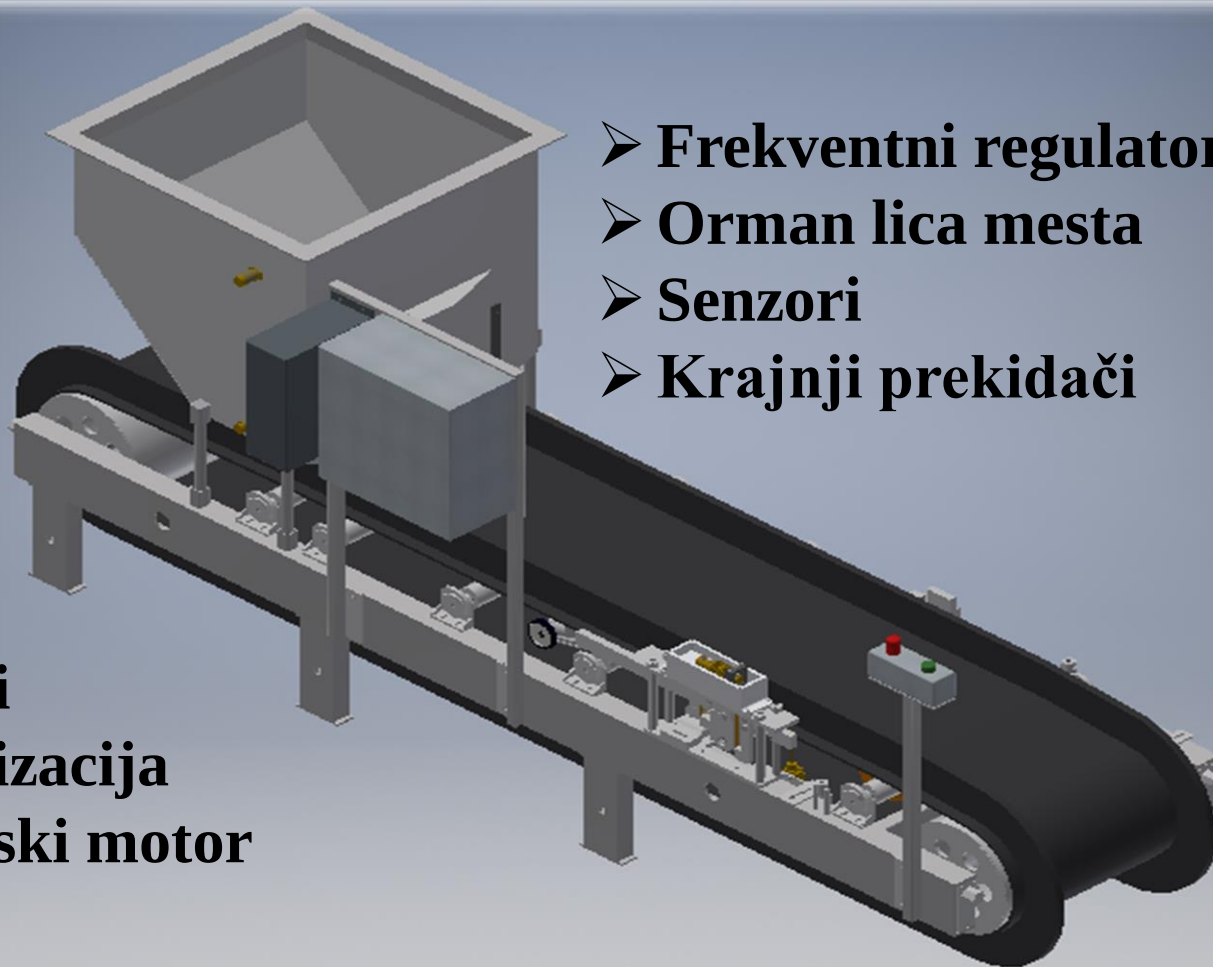
PLC je preko digitalnih izlaza Q0.2 i Q0.3 povezan sa digitalnim ulazima regulatora DIN1 i DIN2 (terminal 5 i 6). Veza je galvanski odvojena relejima R2 i R3, a napajanje ulaza regulatora se ostvaruje preko 24VDC izlaza koji kontroliše sam regulator (terminal 9). Značenje logičkih stanja DIN1 i DIN2 na rad regulatora se konfiguriše u samom regulatoru. Za svaki digitalni ulaz može da se bira šta kontroliše, na primer uključenje, reverziranje, uvećanje frekvencije, umanjeње frekvencije, itd.

PLC je preko analognog izlaza V i mase povezan sa analognim ulazom ADC1+ i ADC1- regulatora (terminal 3 i 4). Značenje napona na analognom ulazu se takođe može konfigurisati u frekventnom regulatoru. Ali, uglavnom se analogni ulaz koristi za zadavanje referentne brzine, ili izlazne frekvencije, kao u ovom primeru. U tom slučaju, ukoliko na primer PLC uveća napon na ovom ulazu regulatora, AM počinje brže da se okreće.

PLC može da prati neke veličine unutar regulatora (na primer stvarna brzina, trenutna frekvencija, itd) tako što se ostvari veza analognih izlaza regulatora i analognih ulaza PLC. Sada regulator reguliše taj napon i na taj način PLC dobija informaciju o trenutnom stanju neke veličine. U primeru su povezana dva analogna izlaza regulatora. Pošto PLC konvertuje analogne napone na ulazima A+ i B+ u odnosu na svoju signalnu masu a regulator ima diferencijalne analogne izlaze, njihovi negativni krajevi DAC1- i DAC2- (terminali 14 i 27) se povezuju na masu PLC. Pozitivni krajevi analognih izlaza regulatora DAC1+ (13) i DAC2+(26) se povezuju na analogne ulaze A+ i B+.

Primer primene AC pogona upravljanog sa PLC kod trakastog transportera

Trakasti transporter – model



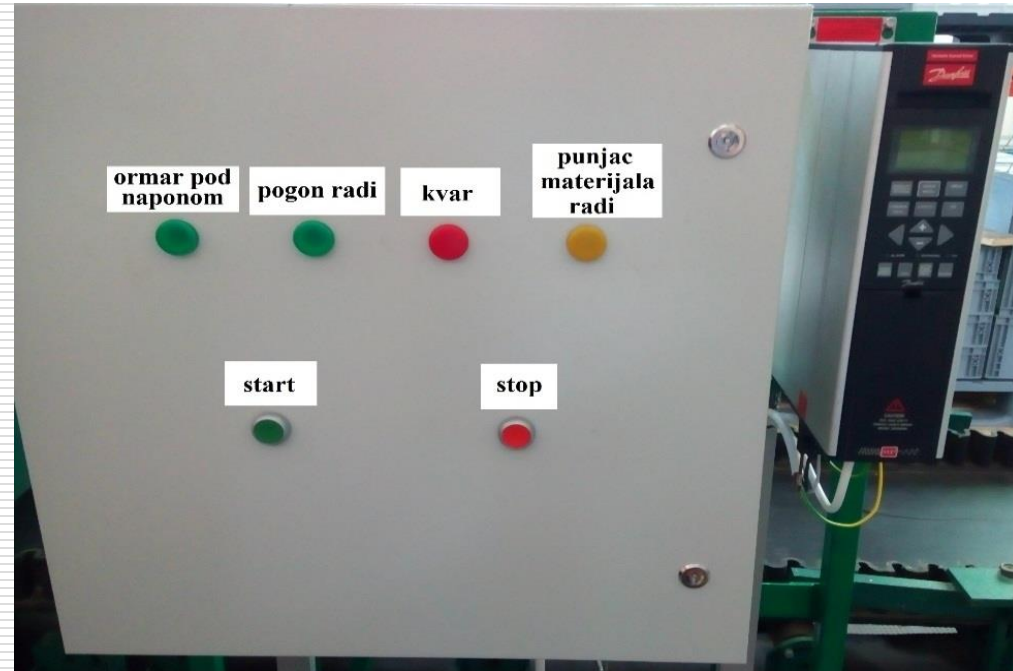
- Frekventni regulator Danfoss
- Orman lica mesta
- Senzori
- Krajnji prekidači

- Tasteri
- Signalizacija
- Pogonski motor

Trakasti transporter i komandni orman na licu mesta

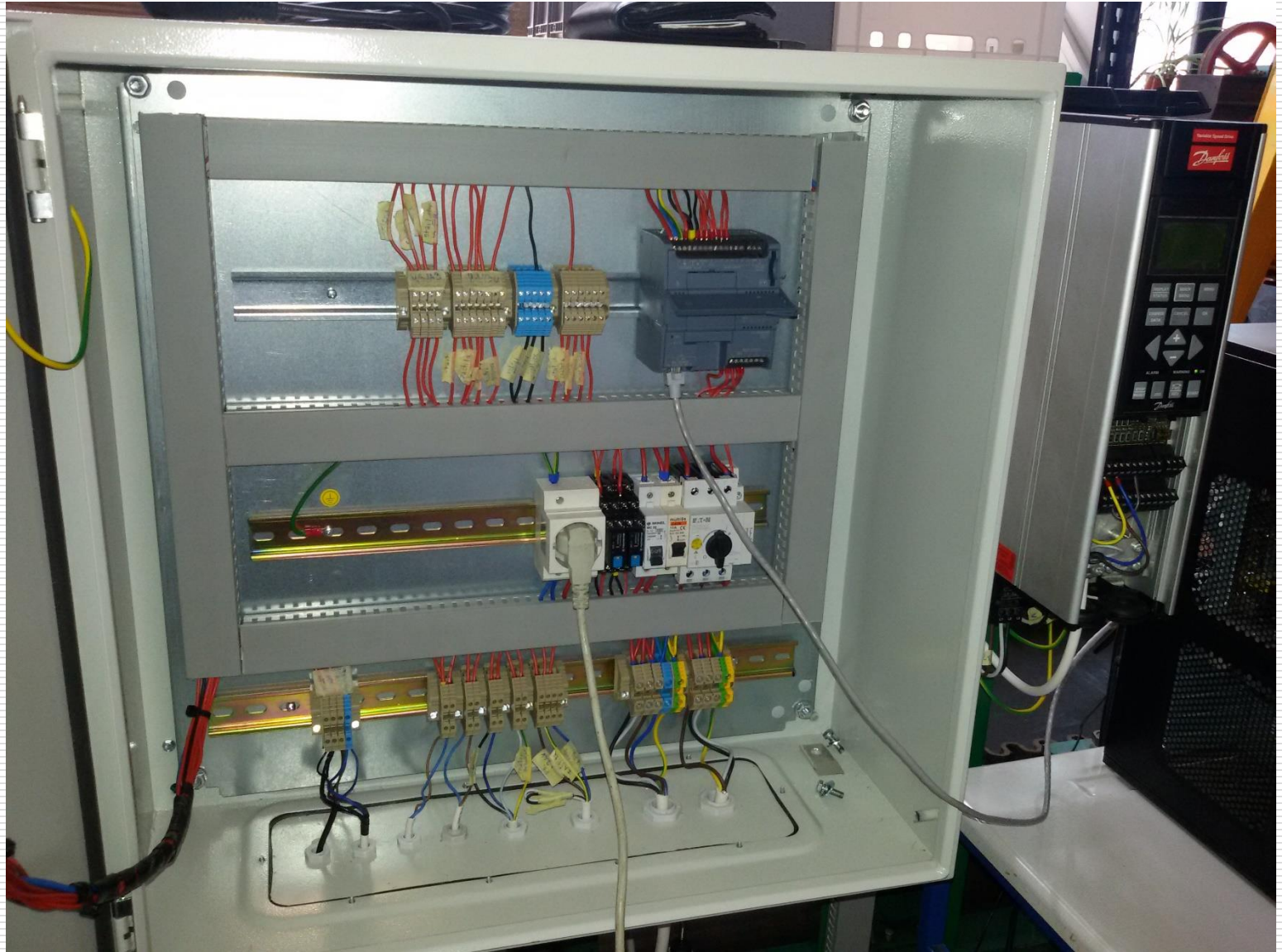


Slika. Trakasti transporter

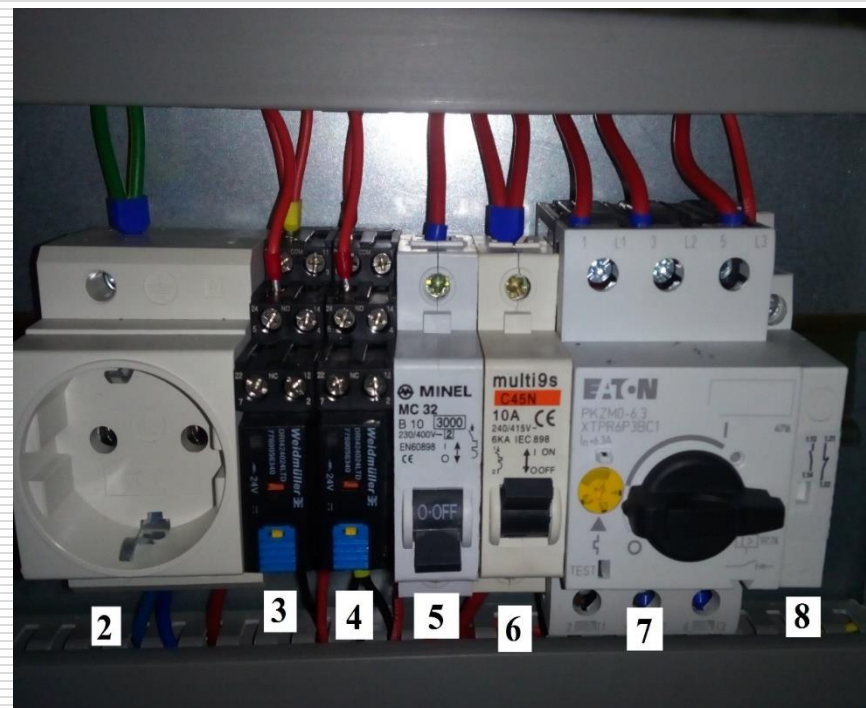
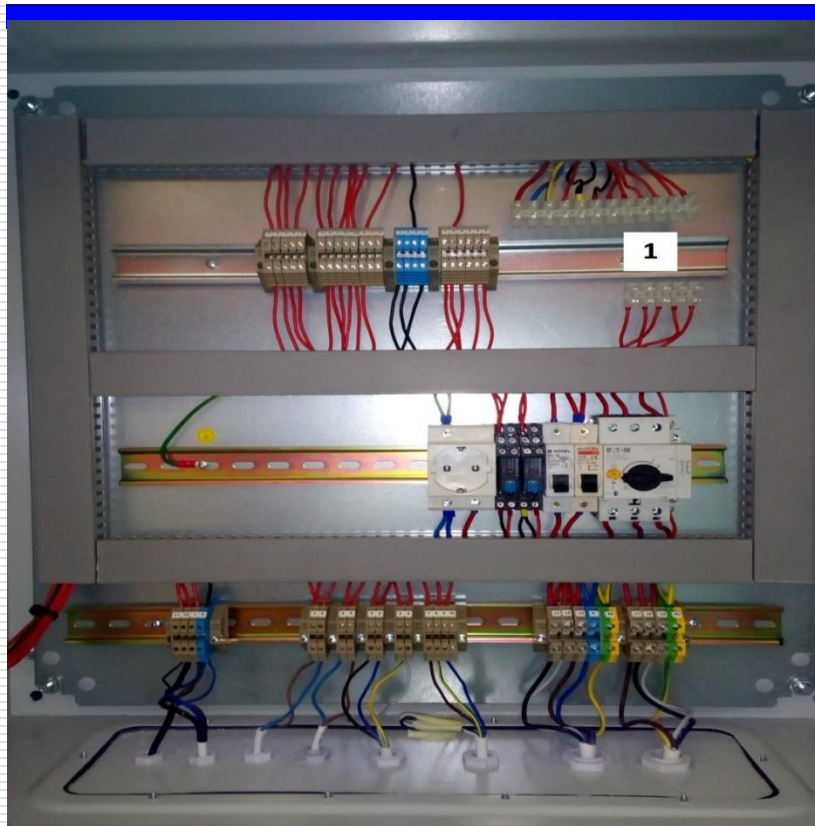


Slika. Orman lica mesta sa frekventnim pretvaračem postavljenim sa desne strane

Raspored komponenti u ormanu i na ploči za montiranje



Raspored komponenti na ploči za montiranje



1	Mesto za PLC kontroler
2	Šuko utičnica
3	R1- relej G2R-1-SN-24VDC zaštita prema frekventnom pretvaraču
4	R2- relej G2R-1-SN-24VDC start prema frekventnom pretvaraču
5	Osigurač minel MC32 B 10A za PLC
6	Osigurač multi9s C45N 10A za šuko utičnicu i sijalicu na vratima ormara
7	Motorni zaštitni prekidač EATON PKZM0-6,3
8	Pomoćni kontakt NHI11- PKZ0 (dodatna oprema MZP !!!)

Izabrani motorni zaštitni prekidač – PKZMO – 6,3

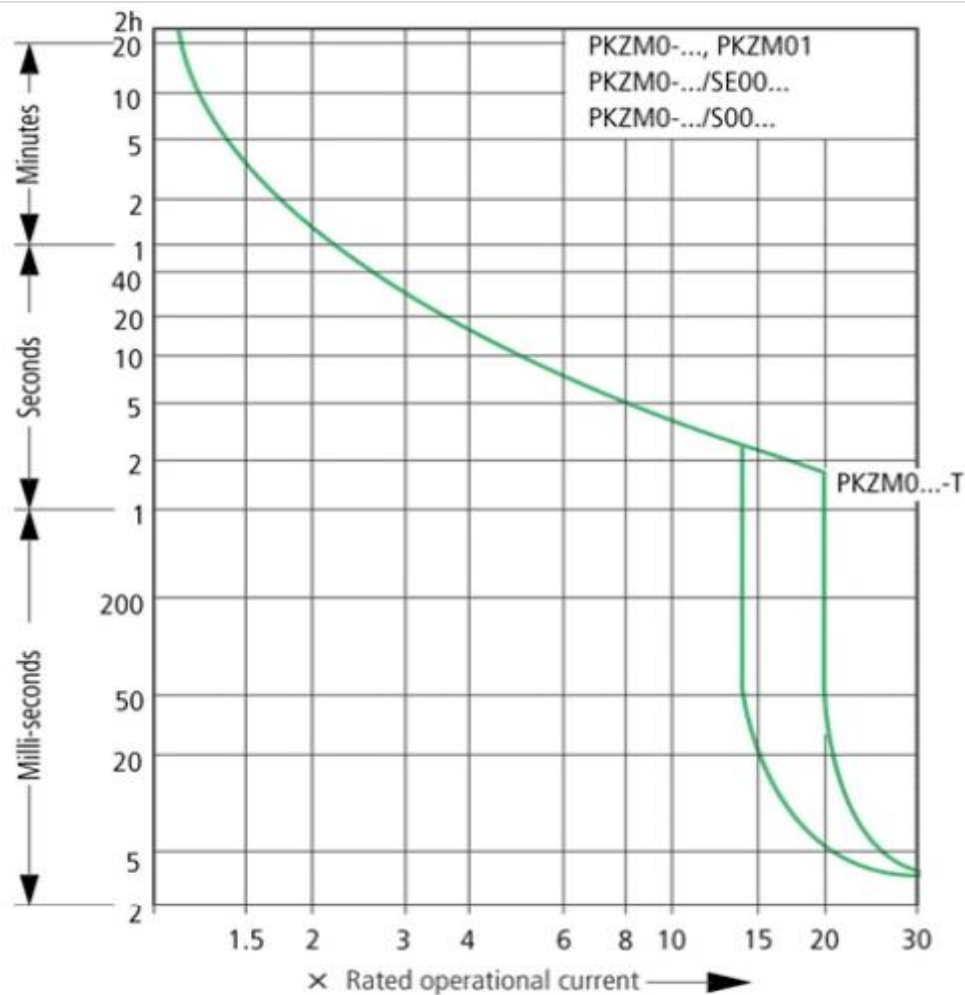
Podešena struja

$I_{set}=5,3 \text{ A}$

1,5 x I_{set} MZP reaguje za 2h

2 x I_{set} MZP reaguje za 1h

10 x I_{set} MZP reaguje za 3sec



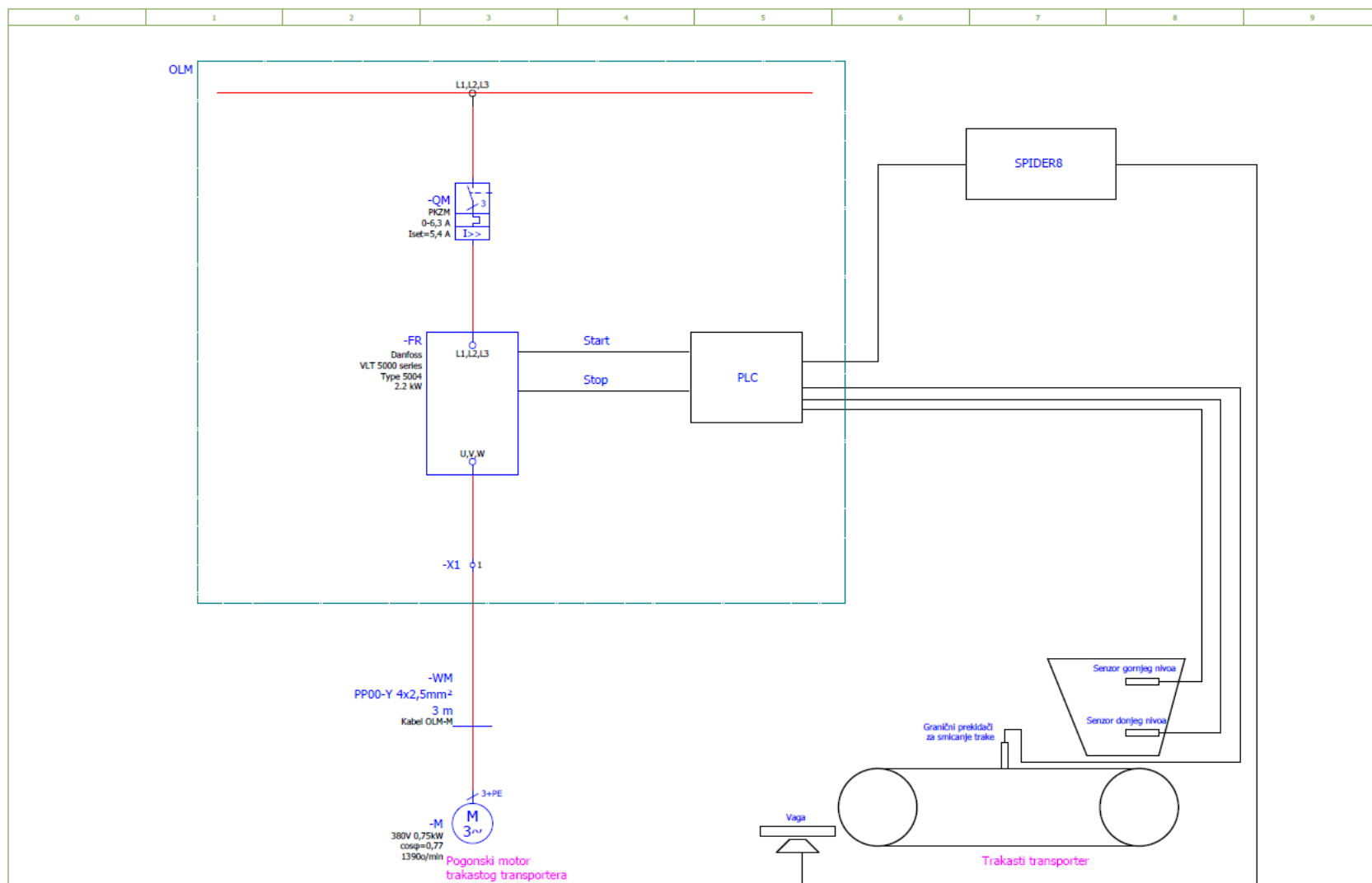
Izabrani motorni zaštitni prekidač – PKZMO – 6,3

**Pomoćni kontakt NHI11- PKZ0 (dodatna oprema MZP !!!)
promeni stanje kada prekidač reaguje**



**Spaja se sa PLZMO i
služi da obavesti PLC
da je PLZMO reagovao**

Jednopolna EPLAN šema napajanja transportera

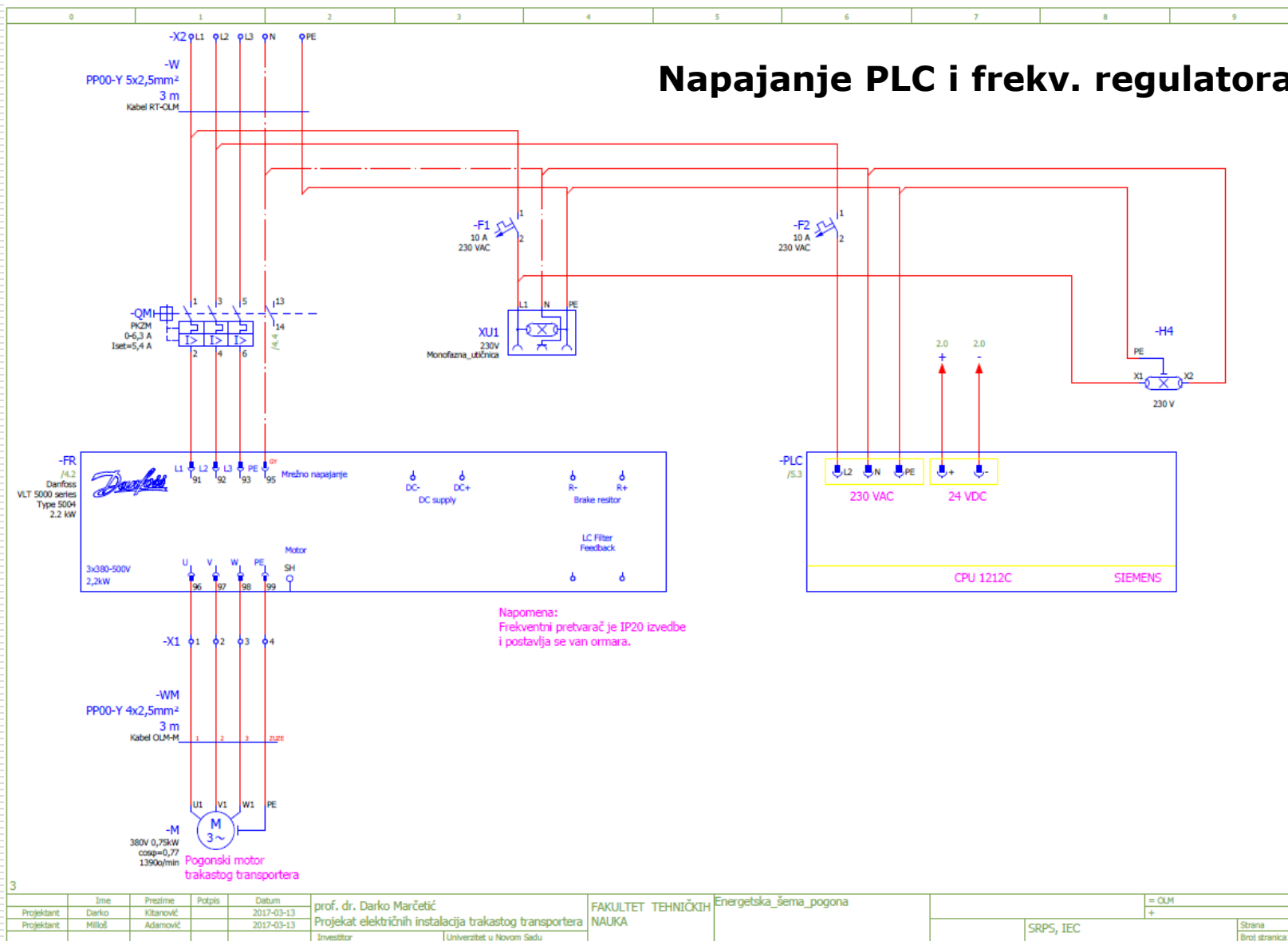


2

Ime	Prezime	Potpis	Datum	prof. dr. Darko Marčetić	FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA	Jednopolna šema	=	
Projektant	Darko	Klanović	2017-03-13	Projekat električnih instalacija trakastog transportera			+	
Projektant	Miloš	Adamović	2017-03-13	Investitor	Univerzitet u Novom Sadu			
							SRPS, IEC	Strana 3 Broj stranica 12

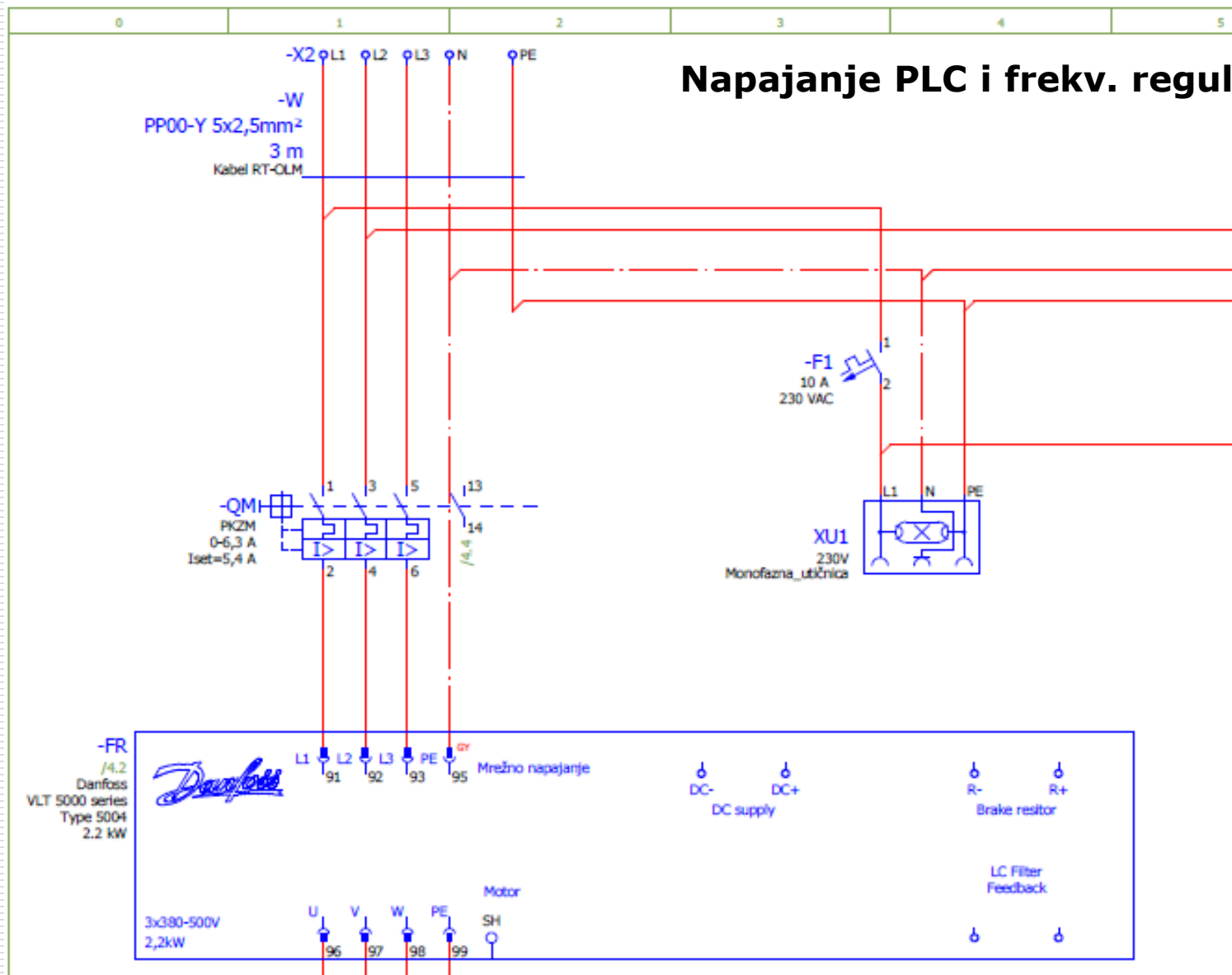
Energetska EPLAN šema pogona

Napajanje PLC i frekv. regulatora



Energetska EPLAN šema pogona

Napajanje PLC i frekv. regulatora



Energetska EPLAN šema pogona

Napajanje PLC i frekv. regulatora



Napomena:
Frekventni pretvarač je IP20 izvedbe
i postavlja se van ormara.

-WM
PP00-Y 4x2,5mm²
3 m
Kabel OLM-M

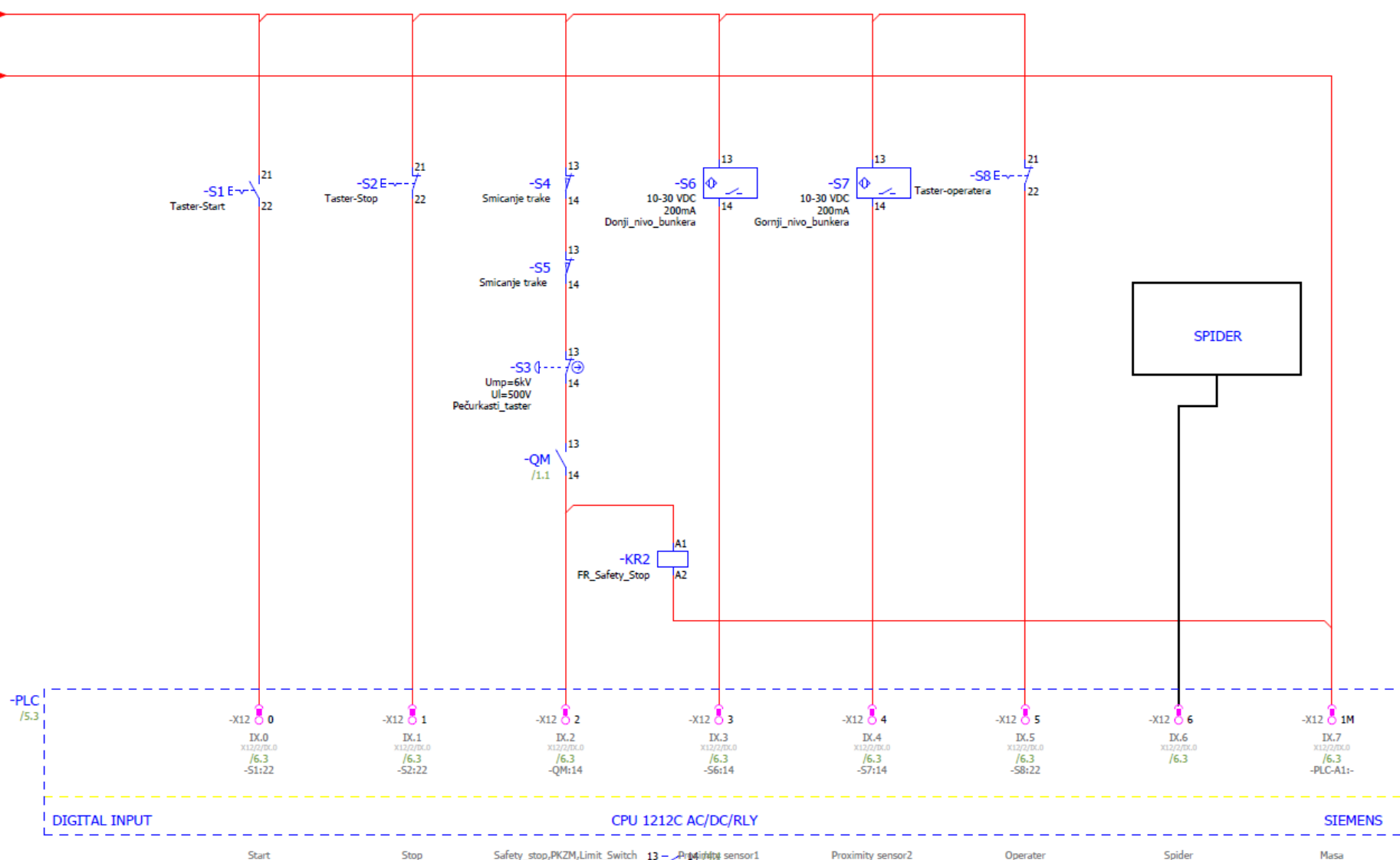
-M
380V 0,75kW
cosφ=0,77
1390o/min

Pogonski motor
trakastog transportera

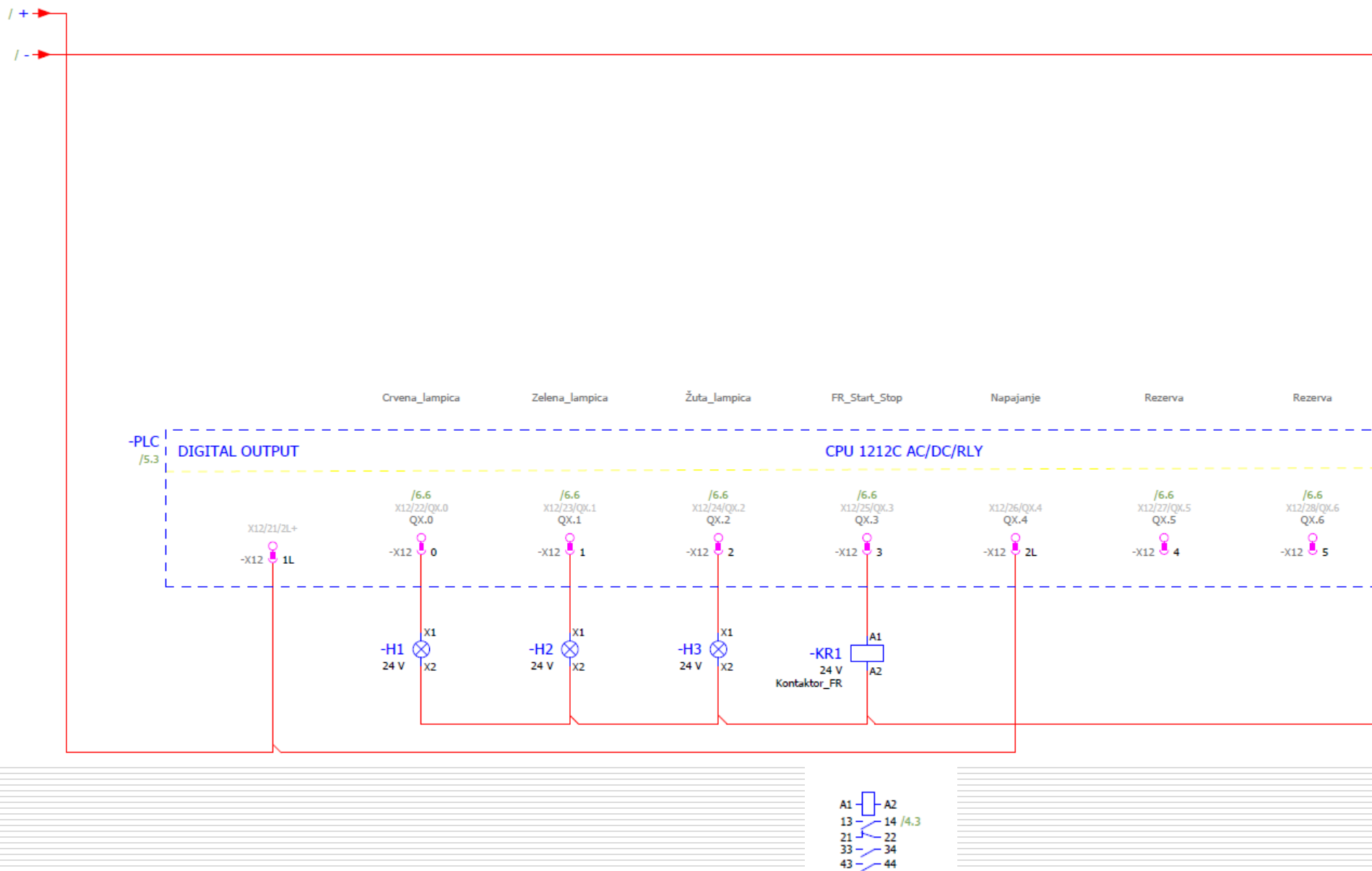
3

	Ime	Prezime	Potpis	Datum	prof. dr. Darko Marčetić	FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA
Projektant	Darko	Kitanović		2017-03-13	Projekat električnih instalacija trakastog transportera	
Projektant	Miloš	Adamović		2017-03-13		

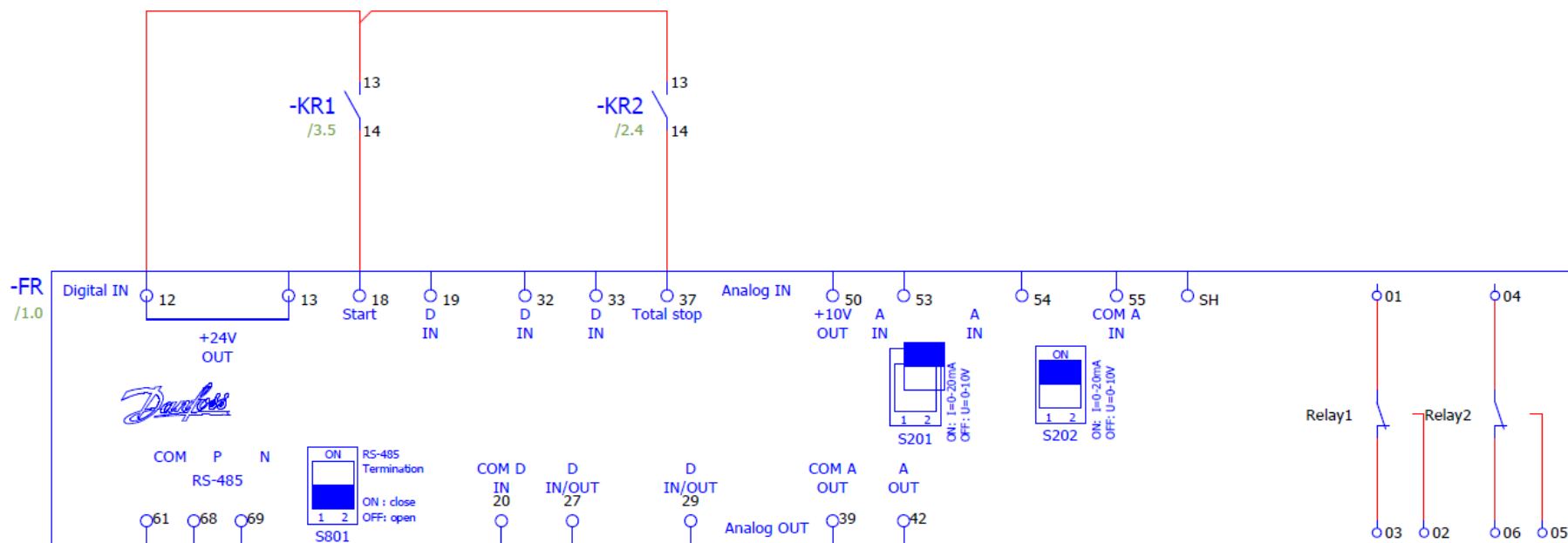
Upravljačka EPLAN šema pogona – ulazi u PLC



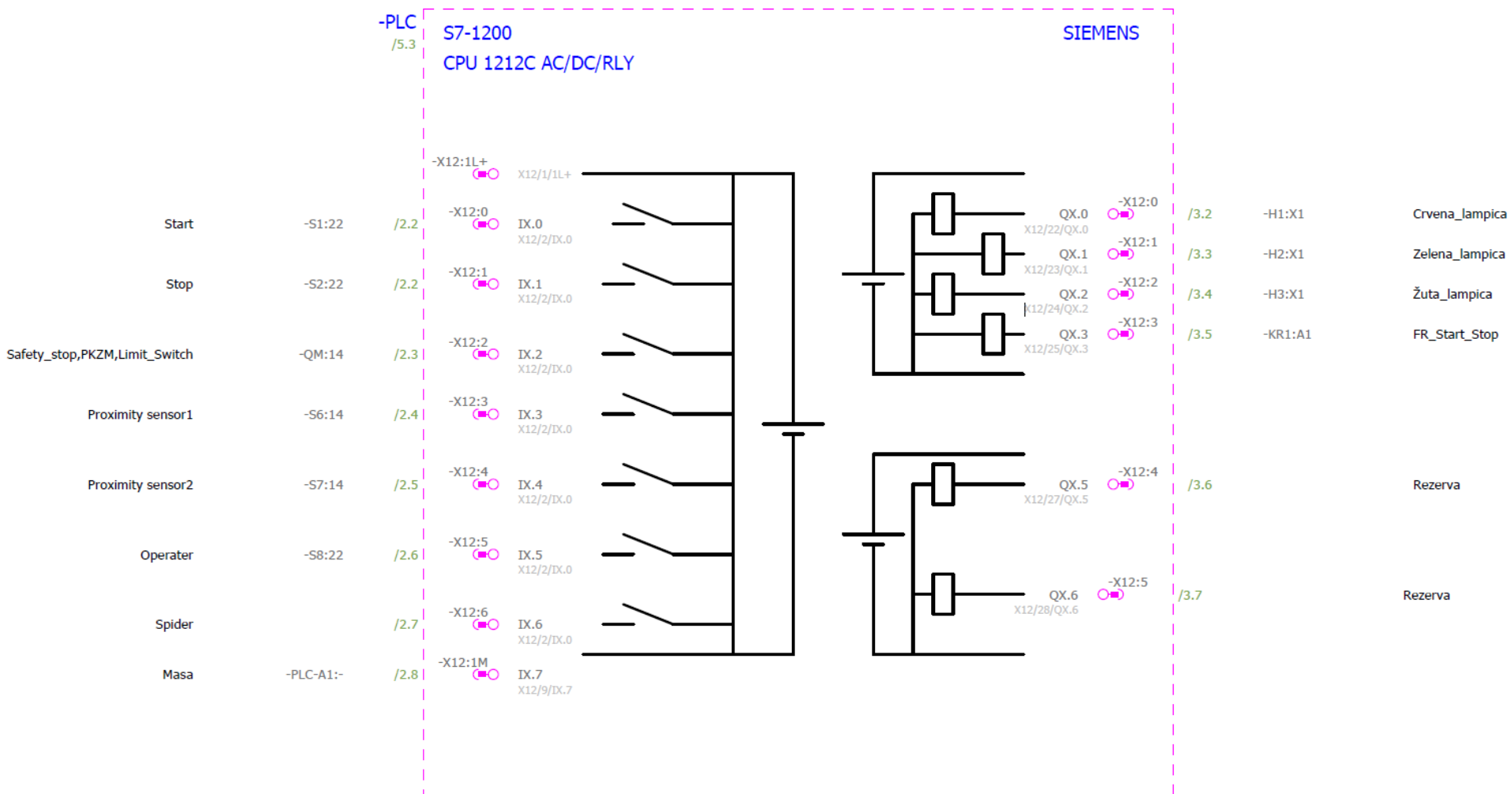
Upravljačka EPLAN šema pogona – izlazi iz PLC



Upravljačka EPLAN šema pogona – ulazi regulatora



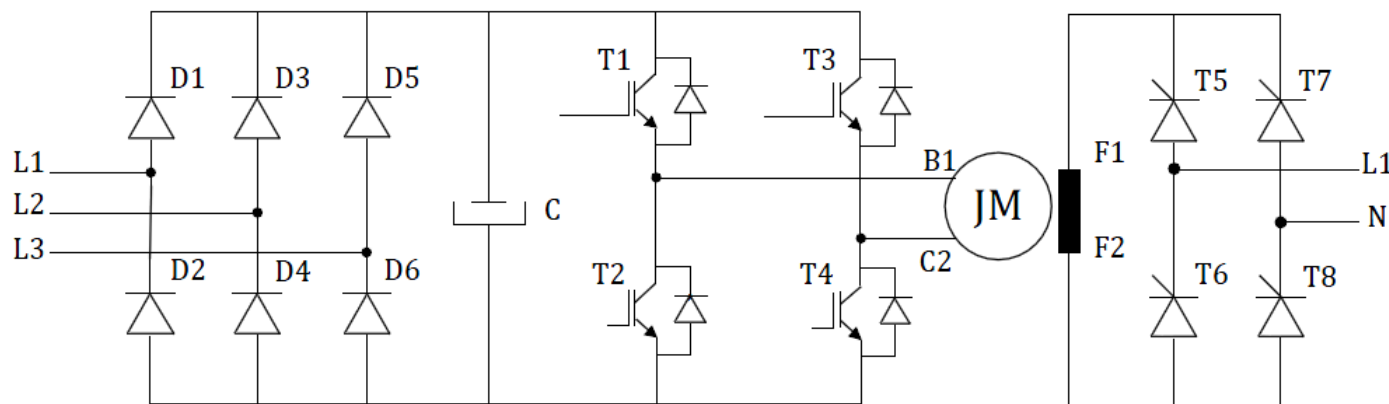
Upravljačka EPLAN šema– svi PLC ulazi/izlazi



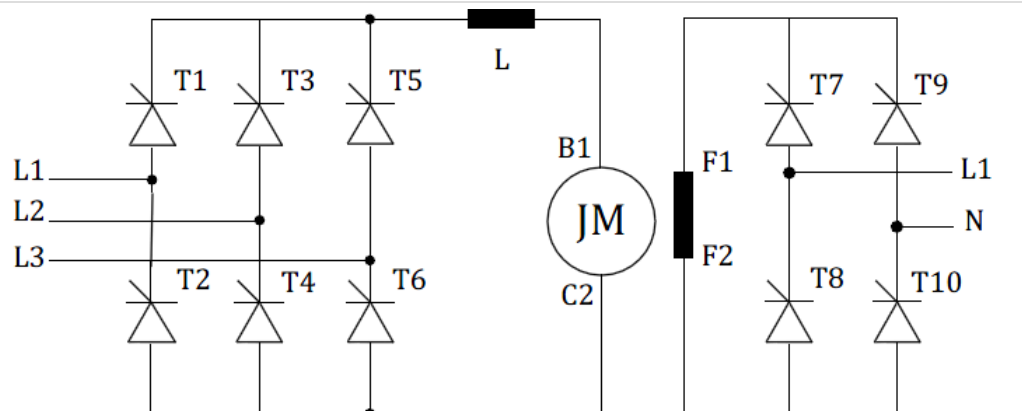
Upravljanje motorom jednosmerne struje preko regulisanog ispravljača

Upravljanje DC motorom preko ispravljača

PLC ne upravlja DC motorom. Motorom upravlja regulisani ispravljač.
PLC samo zadaje referentnu brzinu, a može da menja parametre i prati rad.

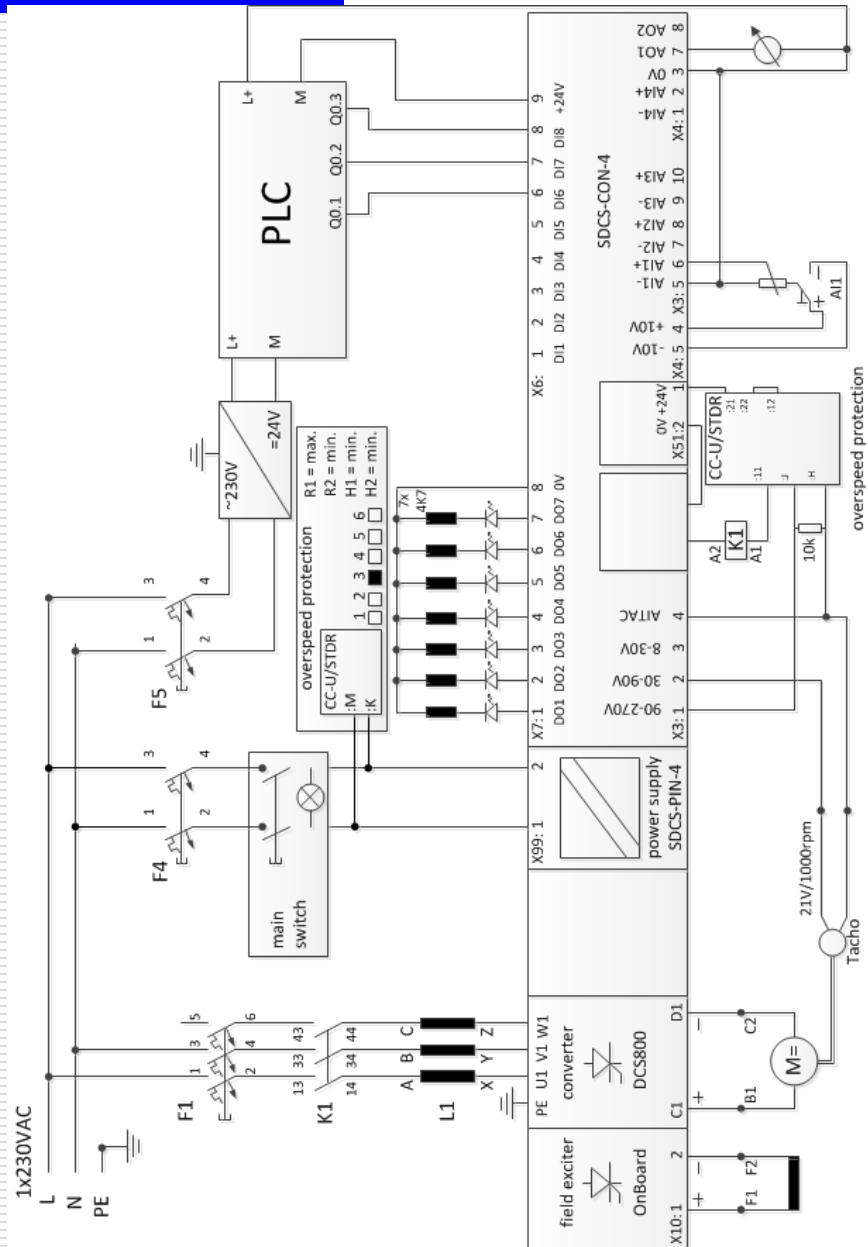


DC regulator = *Neregulisani ispravljač i regulisani četvorokvadratni čoper*



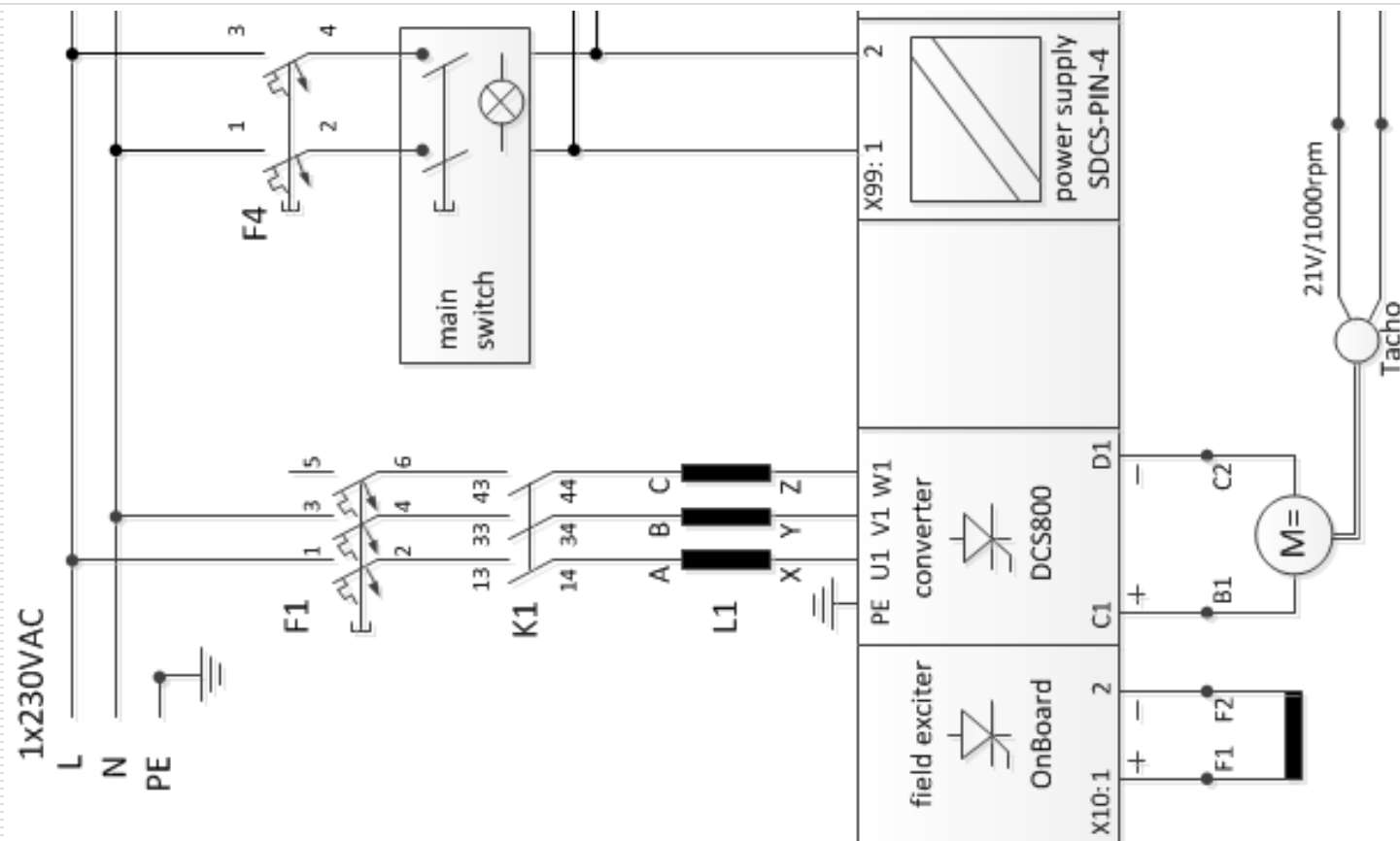
DC regulator = *Regulisani ispravljač*

- 1. Napajanje PLC i pogona**
- 2. Zadavanje start/stop**
- 3. Zadavanje brzine/pozicije**
- 4. Monitoring rada**
- 5. Zaštita**



Upravljanje DC motorom preko ispravljača

Primer veze Siemens PLC S7-200 i ABB DCS800
Povezivanje energetskog dela DCS800 i motora jednosmerne struje



Upravljanje DC motorom preko ispravljača

Primer veze Siemens PLC S7-200 i ABB DCS800.
Zadavanje komandi i povezivanje sa PLC.

