# Simulacija upravljačkih funkcija zaštitnih uređaja

**Marasović, Filip**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2025**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Electrical Engineering and Computing / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet elektrotehnike i računarstva**

*Permanent link / Trajna poveznica:* https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:168:075567

*Rights / Prava:* In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-24**

*Repository / Repozitorij:*

FER Repository - University of Zagreb Faculty of Electrical Engineering and Computing repozitory

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA**

DIPLOMSKI RAD br. 173

# SIMULACIJA UPRAVLJAČKIH FUNKCIJA ZAŠTITNIH UREĐAJA

Filip Marasović

Zagreb, veljača 2025.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA**

DIPLOMSKI RAD br. 173

# SIMULACIJA UPRAVLJAČKIH FUNKCIJA ZAŠTITNIH UREĐAJA

Filip Marasović

Zagreb, veljača 2025.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**
**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA**

Zagreb, 30. rujna 2024.

# DIPLOMSKI ZADATAK br. 173

| | |
|---|---|
| Pristupnik: | **Filip Marasović (0036526328)** |
| Studij: | Elektrotehnika i informacijska tehnologija |
| Profil: | Elektroenergetika |
| Mentor: | prof. dr. sc. Ivica Pavić |

Zadatak: **Simulacija upravljačkih funkcija zaštitnih uređaja**

Opis zadatka:

Upravljanje zaštitnim uređajima važno je za ispravno djelovanje relejne zaštite pri nastanku kvara ili nekog drugog poremećaja u elektroenergetskom sustavu. Razvojem numeričkih zaštitnih uređaja omogućena je komunikacija s ostalim sustavima koji se koriste u vođenju pogona u uvjetima normalnog i poremećenog pogona. U diplomskom radu potrebno je obraditi problematiku implementacije upravljačkih funkcija zaštitnih uređaja ugrađenih u transformatorska i vodna polja transformatorskih stanica u sustav nadzora i upravljanja. Za analizu različitih naponskih i strujnih prilika u stanjima poremećenog pogona često se koriste različiti simulatori upravljačkih funkcija zaštitnih uređaja te je i tu problematiku potrebno obraditi u diplomskom radu.

Rok za predaju rada: 14. veljače 2025.

*Najveća hvala mojim roditeljima, Anisiji i Damiru, na bezrezervnoj podršci tijekom cijelog školovanja!*

# Sadržaj

Uvod ..... 1

1. Simulator upravljačkih funkcija zaštitnih uređaja ..... 2

2. Upravljanje i signalizacija ..... 3

2.1. Koncept upravljanja sklopnim aparatima ..... 4

2.1.1. Lokalno upravljanje sa rezervnog upravljačkog panela ..... 5

2.1.2. Daljinsko upravljanje putem numeričkih releja ..... 7

2.2. Signalizacija stanja aparata, kvarova i manipulacija ..... 14

3. Zaštita elektroenergetskog sustava ..... 17

3.1. Zaštitne funkcije releja ..... 18

3.1.1. Neusmjerena nadstrujna zaštita PHxPTOC ..... 18

3.1.2. Usmjerena nadstrujna zaštita DPHxPDOC ..... 21

3.1.3. Neusmjerena zemljospojna zaštita EFxPTOC ..... 23

3.1.4. Usmjerena zemljospojna zaštita DEFxPDEF ..... 25

3.2. Funkcije povezane sa djelovanjem zaštite ..... 27

3.2.1. Detekcija uklopa INRPHAR ..... 27

3.2.2. Zaštita od zatajenja prekidača CCBRBRF ..... 28

3.2.3. Automatski ponovni uklop DARREC ..... 29

Zaključak ..... 30

Literatura ..... 31

Sažetak ..... 32

Summary ..... 33

Skraćenice ..... 34

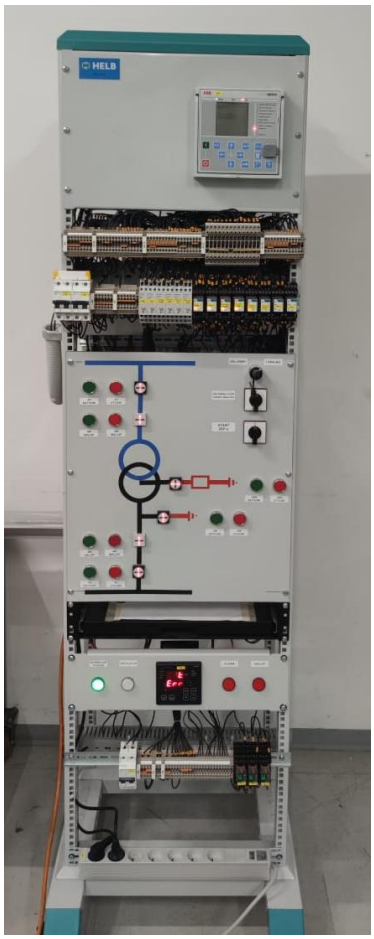
Privitak ..... 35

# Uvod

Sastavni dio elektroenergetskog sustava, uz primarnu opremu kao što su generatori, energetski transformatori, vodovi, sabirnice, sklopni uređaji, mjerni transformatori i sl., čini sekundarna oprema poput releja, pomoćnih istosmjernih i izmjeničnih razvoda napona, akumulatorskih baterija, sustava za gašenje požara, komunikacijskih uređaja, mjernih uređaja i sl. Namjena sekundarne opreme jest signalizacija, mjerenje, upravljanje, nadzor, zaštita i regulacija postrojenja. U današnjem EES-u neke od ovih funkcija obavljaju digitalni uređaji zvani numerički releji. Numerički releji su modularni uređaji koji omogućuju korisniku konfiguraciju prema vlastitim željama uz poštivanje uputa proizvođača. Konfiguracija i parametriranje numeričkih releja složen je i odgovoran inženjerski posao koji zahtijeva znanje i iskustvo. Nestručno i nepažljivo rukovanje ovim uređajima može ugroziti sigurnost ljudi i pogona, te uzrokovati veliku materijalnu štetu. Ideja je ovog rada napraviti ispitnu stanicu za četiri najčešća tipa zaštitnih uređaja koji svoju primjenu nalaze u EES-u, objasniti najčešće zaštite koje se koriste za vodna polja, te napraviti konfiguraciju i parametriranje jednog numeričkog releja. Na taj način bit će moguće educirati buduće inženjere o procesima puštanja u pogon energetskih postrojenja, funkcionalnom ispitivanju sekundarne opreme i konfiguracije samih uređaja uz minimalan rizik od ugrožavanja sigurnosti ljudi, pogona te sprječavanja veće materijalne štete. Rad je organizacijski podijeljen na tri dijela: u prvom dijelu biti će riječi o strukturi simulatora i podjeli po funkcionalnosti, u drugom dijelu naglasak je na samoj tehničkoj izvedbi ožičenja po ormaru kao i upravljačkim funkcijama releja zajedno sa signalizacijom. Posljednji dio odnosi se na zaštitne funkcije numeričkih releja. Posebna pažnja će biti posvećena releju ABB REF 620 čija će konfiguracija biti pojašnjena u radu.

# 1. Simulator upravljačkih funkcija zaštitnih uređaja

Ovaj simulator sastoji se od tri numerička releja i uređaja termičke zaštite koji se u praksi koriste za zaštitu vodova i transformatora u visokonaponskim i srednjenaponskim postrojenjima. Ovi uređaji ugrađeni su u 19 inčni ormar zajedno sa mrežnim preklopnikom za daljinsku komunikaciju. Na jednoj strani ormara nalazi se tipsko vodno polje, ispravljač izmjeničnog napona (230 V~ /24 V =) dva numerička uređaja u paralelnom radu i mrežni preklopnik, dok se sa stražnje strane nalaze tipska trafo polja, zajedno sa numeričkim relejom i uređajem termičke zaštite. Za normalan rad, potrebno je vanjsko napajanje jednofaznim naponom 230 V frekvencije 50 Hz, te napajanje istosmjernim naponom 110 V. Slika 1.1 i Slika 1.2 prikazuju konačan izgled ormara.




Slika 1.1 Prikaz strane ormara na kojoj su trafo polja =E1 i =J1

Slika 1.2 Prikaz strane ormara sa vodnim poljem =J2

# 2. Upravljanje i signalizacija

Numerički relej za normalan rad mora primati informacije o stanju aparata (prekidač, rastavljači, zemljospojnik), blokadama koje sprječavaju njegovu proradu, kvarovima i sl. Navedene informacije relej dobiva na svoje binarne ulaze. Binarni ulazi poprimaju vrijednost 0 kada na njihovim stezaljkama nije prisutan signalni napon, te poprimaju vrijednost 1 kada je na njihovim stezaljkama prisutan signalni napon. Signalni napon je istosmjerni napon iznosa 24, 48, 110 ili 220 V ovisno o postrojenju. Na ovom simulatoru kao signalni i upravljački naponi koriste se nazivni naponi od 110 V i 24 V, jer releji različitih proizvođača koriste različit iznos napona za normalan rad. U ovom konkretnom slučaju relej ABB REF 620 koristi napon 110 V, dok relej proizvođača SIEMENS serije 7SJ82 koristi 24 V za napajanje i signalizaciju, dok za upravljanje koristi 110 V. Razlog zašto se za pomoćni napon koristi istosmjerni valni oblik napona leži u činjenici da prilikom kvara u postrojenju može doći do gubitka napajanja, te bi u tom slučaju bio narušen siguran rad svih pomoćnih sustava postrojenja. Zbog toga se koriste akumulatorske baterije kao izvori napajanja pomoćnih sustava u takvom slučaju, a u normalnom pogonu akumulatorske baterije spajaju se paralelno sa potrošnjom pomoćnih sustava, dok je izvor napajanja ispravljač (uređaj učinske elektronike za pretvorbu sinusnih veličina napona i struje u istosmjerne.). S druge strane, binarni izlazi su sklopke okidane djelovanjem samih releja. Važno je naglasiti da binarni izlazi nemaju mogućnost generiranja upravljačkog napona, već se iz vanjskog izvora dovodi upravljački napon kojeg binarni ulazi ovisno o konfiguraciji i podešenim parametrima releja prosljeđuju prema uklopnim i isklopnim krugovima aparata, binarnim ulazima drugih releja, alarmima i sl. Jednako kao i napon signalizacije, napon na binarnim izlazima (upravljački napon) je istosmjernog valnog oblika.

## 2.1. Koncept upravljanja sklopnim aparatima

Upravljanje sklopnim aparatima može se obavljati ručno pritiskom na tipkala, te zatvaranjem outputa na relejima. Prvi način nazvan je lokalno, drugi je nazvan daljinski. Na rezervnom upravljačkom panelu (u literaturi se spominje i kao ručni upravljački panel) nalazi se preklopka s ključem -SLD (Lokalno/Daljinski). Prema shemama u prilogu rada na stranicama 8. i 31. vidljivo je da ta preklopka ima dva kontakta, radni (NO) i mirni (NC). Radni kontakt koristi se za slanje naponskog signala na tipkala, odnosno za upravljanje preko RUP-a, dok se mirni kontakt koristi za upravljanje preko numeričkih releja. Na ovaj način izvedena je žičana blokada za način upravljanja suprotan položaju preklopke -SLD. Iznimku ovog pravila čine isklopni krugovi prekidača u poljima =J1, =J2, te =E1. Naime, ovakva izvedba ima temelje u praksi; npr. uklopničar u distribucijskom ili prijenosnom sustavu uklopi vod ili transformator preko RUP-a, te zaboravi vratiti preklopku u položaj daljinski. Ukoliko isklopni krug prekidača nije izveden van preklopke, pojavom kvara zaštita neće djelovati (u slučaju da prekidači imaju samo jedan isklopni krug). Zbog ograničenog prostora, kao i smanjenja cijene cijelog predmetnog ormara uklopni i isklopni svitak sklopnih aparata izveden je kao jedan svitak impulsnog releja. Impulsni relej ima dva stanja, aktivno (pobuđeno stanje) ili neaktivno (nepobuđeno) stanje, ono čime se ovaj tip releja razlikuje od običnih elektromehaničkih releja jest činjenica da relej ostaje u stanju nakon pobude. Primjerice na priključnice svitka dođe napon pobude i impulsni relej se aktivira te ostane u aktivnom stanju dok ponovno ne dođe impuls napona koji će aktivirati relej da reagira ovaj put u suprotnom smjeru, odnosno da prijeđe iz aktivnog u neaktivno stanje. Impulsni relej ima dva NO kontakta koji su u otvorenom položaju u neaktivnom stanju, dok se aktivacijom releja zatvaraju i kroz njih se prosljeđuje naponski signal. Na jedan od kontakata tog releja spojen je pomoćni elektromehanički relej, čija je namjena umnožavanje kontakata impulsnog releja jer impulsni relej nema NC kontakte (kontakte koji su u nepobuđenom stanju u zatvorenom, odnosno vodljivom položaju.) Dakle, svaki aparat ima jedan impulsni relej kojim se predstavlja njegovo stanje, te po jedan pomoćni elektromehanički relej za umnožavanje kontakata. Nomenklatura aparata je sljedeća: impulsni relej: -KQX, pomoćni elektromehanički relej: -KQX.1, tipkalo za uklop/zatvaranje: -SQX.U, tipkalo za isklop/otvaranje: -SQX.I, indikacija položaja (lampica): -HX. Odnosno, prekidač čija je oznaka -Q0 imao bi oznake: impulsnog releja: -KQ0, pomoćnog elektromehaničkog releja: -KQ0.1, tipkala za uklop: -SQ0.U, tipkala za isklop: -SQ0.I,

indikacije položaja (lampice): -H0. U posljednje dvije rečenice da se primijetiti da su korišteni izrazi uklop i zatvaranje, te isklop i otvaranje. Ovi pojmovi nisu istoznačnice, iako se odnose na sličnu sklopnu manipulaciju. Naime, prekidači se uklapaju i isklapaju jer su to aparati čija je namjena uključivanje ili isključivanje vodova, transformatora, motora i sl. pod opterećenjem i moraju moći prekinuti struje kratkog spoja. S druge strane rastavljači i zemljospojnici fizički i vizualno povezuju ili odvajaju dijelove postrojenja i njihova namjena nije prekidanje strujnih krugova kao niti uklapanje, već postoje prvenstveno zbog sigurnosti ljudi prilikom radova na elektroenergetskoj opremi stoga se koriste izrazi otvaranje ili zatvaranje. Ovo se često brka u literaturi stoga se velik broj ljudi iz struke tim izrazima pogrešno koristi. U sljedećim potpoglavljima biti će objašnjena logika upravljanja aparatima i načini djelovanja pojedine opreme.

### 2.1.1. Lokalno upravljanje sa rezervnog upravljačkog panela

Upravljanje aparatima preko rezervnog upravljačkog panela vodnog polja obavlja se pritiskom na tipkala koja prosljeđuju impuls upravljačkog napona prema bistabilnom releju (stranice 31, 32, 33, i 34 priloga). Iz priloga ovog rada vidi se da kada je preklopka -SLD u položaju lokalno na priključnice -X2: 1, 2, 3, i 4 prosljeđuje se pozitivan potencijal upravljačkog napona sa automatskog prekidača -F1 Dakle tipkala za uklapanje/zatvaranje te isklapanje/otvaranje mogu vršiti manipulacije na bistabilne releje isključivo u položaju lokalno. Jedan preklopni kontakt pomoćnog elektromehaničkog releja -KQX.1 iskorišten je za blokadu krivih manipulacija. Naime, ukoliko postavimo tipkala za uklop i isklop u čisti paralelni spoj onda će se sa bilo kojim tipkalom moći obavljati različita manipulacija. Npr. pritiskom na isklopno tipkalo moći će se i uklapati i isklapati impulsni relej. Zbog toga se na izlaz isklopnog tipkala spaja radni (NO) kontakt, a na izlaz uklopnog tipkala mirni (NC) kontakt pomoćnog elektromehaničkog releja. Kao što je već spomenuto u uvodu u poglavlje pomoćni elektromehanički relej služi za umnožavanje kontakata, odnosno kad je impulsni relej u pobuđenom stanju i pomoćni relej je u pobuđenom stanju. Dodatak koji imaju lokalni upravljački krugovi impulsnih releja prekidača jesu uvjeti za uklop. I vodno polje (=J2) te trafo polja (=E1, =J1) imaju grebenaste preklopke koje simuliraju uvjete koji se mogu pojaviti u normalnom pogonu. U polju =J2 (Slika 2.1) to su preklopke -S1 (stanje nenapete uklopne opruge), -S2 (gubitak $SF_6$ plina), -S3 (kvar elektromotornog pogona prekidača). Svaka grebenasta preklopka ima pomoćni elektromehanički relej za umnožavanje kontakata

(-KS1, -KS2, -KS3.) Na uklopni krug prekidača u seriju sa tipkalom spojeni su mirni (NC) kontakti tih releja.

Odnosno, uklop prekidača tipkalom dozvoljen je samo kada je:

- uklopna opruga napeta (na panelu -S1 u položaju 0)
- nema gubitka $SF_6$ plina (na panelu -S2 u položaju 0)
- nema kvara elektromotornog pogona prekidača (na panelu -S3 u položaju 0)

U poljima =E1 i =J1 postoji samo jedna žičana blokada uklopa, to je -KS1, odnosno blokada zbog unutarnjeg kvara transformatora. U praksi to može biti prorada neke od primarnih zaštita poput Buchholz releja, kontaktnog termometra namota ili ulja, odušnika, prorada diferencijalne zaštite i sl. U principu prorada takvih zaštita zahtijeva pregled ili ispitivanje štićenog objekta prije ponovnog uklopa na mrežu jer je najčešće riječ o trajnom kvaru. Ovakva izvedba napravljena je samo za lokalno upravljanje, naime kod daljinskog upravljanja sa releja nema žičanih blokada, već su blokada izvedene softverski. Zbog prostornog ograničenja sa žicama nema drugih blokada (npr. upravljanje rastavljačima dok je prekidač uključen.) Dodatno, ukoliko se želi izbjeći bilo kakva manipulacija pritiskom na oba tipkala istovremeno u seriju sa radnim kontaktom može se dodati mirni kontakt drugog tipkala, međutim iz istih razloga je izbjegavano takvo rješenje.

Slika 2.1 Rezervni upravljački panel polja =J2

### 2.1.2. Daljinsko upravljanje putem numeričkih releja

Binarni izlazi, ili češće binarni outputi prema engleskoj nomenklaturi, su dijelovi releja pomoću kojih zaštitni uređaj (relej) upravlja sa sklopnim aparatima, komunicira prema drugim relejima (npr. blokada prorade zaštite), upravlja pomoćnim elektromehaničkim relejima i sl. Tablica 2.1 prikazuje binarne outpute releja REF620 i njihove funkcije. Može se primijetiti nekoliko bitnih stavki:

- Posljednjih 6 outputa označene su kao rezerve.
- Postoje dvije vrste outputa (power outputi(PO) i signal outputi (SO))

Prilikom projektiranja sekundarne opreme u trafostanici dobro je ostaviti nekoliko binarnih ulaza i izlaza kao rezerve zbog greški prilikom ispitivanja kojim se može taj ulaz ili izlaz uništiti krivim rukovanjem, npr. inženjer relejne zaštite ispituje funkcionalno ormar zaštite direktno preko releja bez da je siguran/a da zatvaranjem kontakata outputa neće uzrokovati kratki spoj. U praksi je takav pristup pogrešan i često će imati za posljedicu oštećene releje. Druga stvar koja se ističe jest da postoje različite vrste izlaznih signala. Razlog tome jest različita primjena binarnih izlaza. Power outputi koriste se za direktno uklapanje/isklapanje aparata, mogu podnijeti veće struje od signalnih i često imaju ugrađenu kontrolu isklopnog kruga (KIK, eng. TCS (trip circuit supervision)). KIK jest funkcija za nadzor isklopnog kruga prekidača i u principu daje informaciju releju o cjelovitosti isklopnog kruga. Kada je sva oprema u normalnom radu KIK ima vrijednost 1, osim za vrijeme trajanja isklopa. Ukoliko dođe do nekakvog kvara u postrojenju i prekida isklopnog kruga KIK ima vrijednost 0.

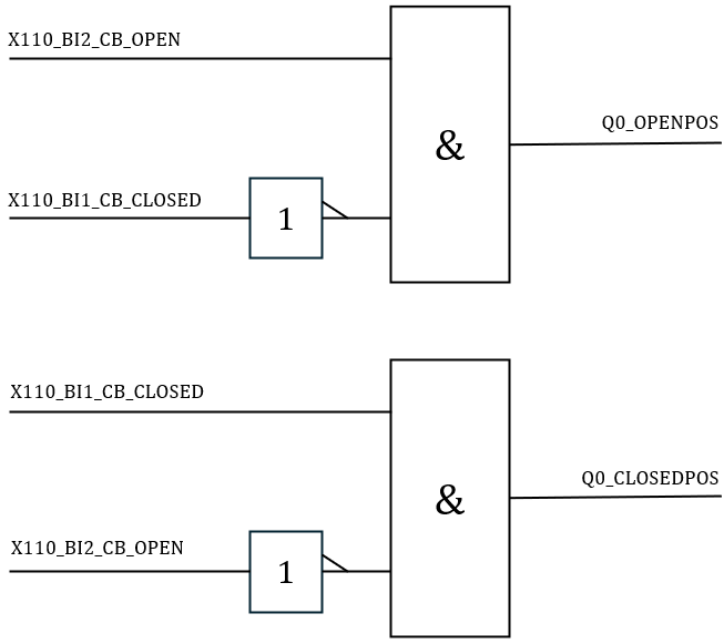
Tablica 2.1 Prikaz funkcija binarnih izlaznih signala i naziva prema osnovnoj konfiguraciji

| Funkcija | Binarni izlaz |
|---|---|
| Isklop prekidača -Q0 | X100-PO3 |
| Uklop prekidača -Q0 | X100-PO1 |
| Otvaranje rastavljača -Q1 | X110-SO1 |
| Zatvaranje rastavljača -Q1 | X110-SO2 |
| Otvaranje rastavljača -Q9 | X115-SO1 |
| Zatvaranje rastavljača -Q9 | X115-SO2 |
| Otvaranje uzemljivača -Q8 | X110-SO4 |
| Zatvaranje rastavljača -Q8 | X110-SO3 |
| Rezerva | X100-PO2 |
| Rezerva | X100-SO1 |
| Rezerva | X100-SO2 |
| Rezerva | X115-SO3 |

Sklopni aparati unutar releja predstavljeni su kao funkcijski blokovi. Tako se za prekidač koristi funkcijski blok CBXCBR1, a za rastavljače DCXSWI1 i DCXSWI2 te za zemljospojnik ESXSWI1. Ti funkcijski blokovi imaju velik broj funkcionalnosti od kojih za potrebe rada nisu sve iskorištene. Za ovu primjenu ti funkcijski blokovi primaju signale sa binarnih inputa o stanju aparata (uključen/isključen) te logičku varijablu dozvole uključenja. Svi ovi signali su varijable sa vrijednošću 0 ili 1. U nastavku poglavlja objasnit će se funkcionalnost bloka CBXCBR1 i DCXSWI1, odnosno prekidača i sabirničkog rastavljača.

## Upravljanje i logičke blokade prekidača -Q0

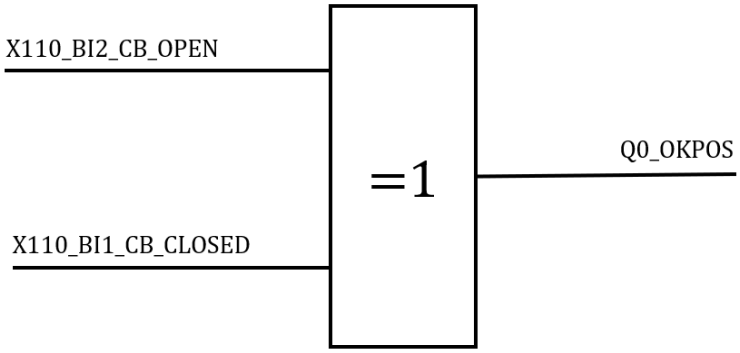
Funkcija CBXCBR1 prima tri varijable na svojim ulazima. X110_BI2_CB_OPEN, X_110_BI1_CB_CLOSED te CB_CLOSE_ENABLE. Prve dvije varijable predstavljaju signale očitane na binarnim inputima o stanju prekidača. U normalnom stanju jedna varijabla je 1 dok je druga 0. Ukoliko se promijeni uklopno stanje prekidača ove dvije varijable postaju 0 odnosno 1. Više o toj logici signalizacije je napisano u idućem poglavlju. S obzirom da su te dvije varijable samo učitana stanja sa ulaza funkcijski blok CBXCBR1 na svojem izlazu ima varijable Q0_OPEN_POS i Q0_CLOSED_POS koje se koriste unutar releja za prikaz stanja aparata. One postoje kako bi relej imao sigurnu informaciju o stanju prekidača. Slika 2.2 prikazuje su kako su ove dvije varijable povezane sa ulaznim varijablama sa binarnih ulaza.




Slika 2.2 Ovisnost varijabli funkcijskog bloka o stanju binarnih ulaza

Funkcijski blok CBXCBR1, kao i ostali funkcijski blokovi aparata, na svojem izlazu također stvara varijablu Q0_OKPOS koja ovisi o binarnim ulazima na koje dolaze signali stanja (uklopljen/isklopljen.). Slika 2.3 prikazuje varijablu Q0_OKPOS koja je povezana EX _ILI blokom sa binarnim ulazima. Na slici se vidi da će ta varijabla imati vrijednost 1 ako samo jedna od ulaznih varijabli ima vrijednost 1, a druga obavezno ima vrijednost 0. Odnosno,

prekidač uvijek mora biti isključen ili uključen. Ukoliko su obje varijable 0 ili obje 1 to predstavlja nemoguće stanje prekidača odnosno kvar u krugovima signalizacije.



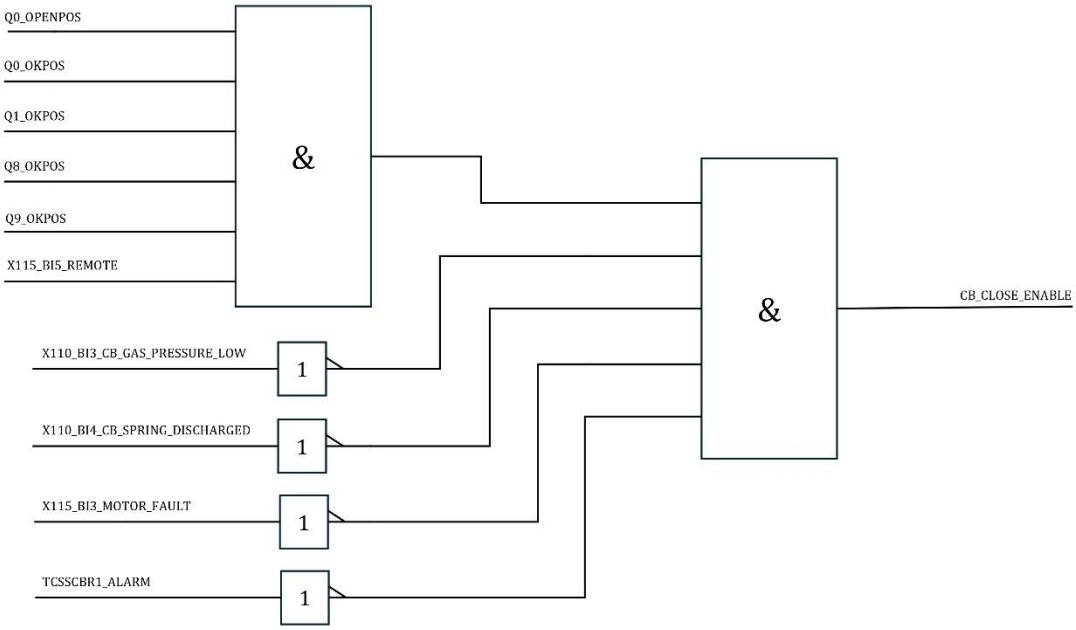

Slika 2.3 Varijabla Q0_OKPOS

Uklop, odnosno isklop prekidača preko numeričkog releja vrši iz dva (tri) razloga:

- Uklop/isklop upravljanjem na LHMI sučelju
- Uklop/isklop zbog funkcije automatskog ponovnog uklopa
- Isklop zaštitom

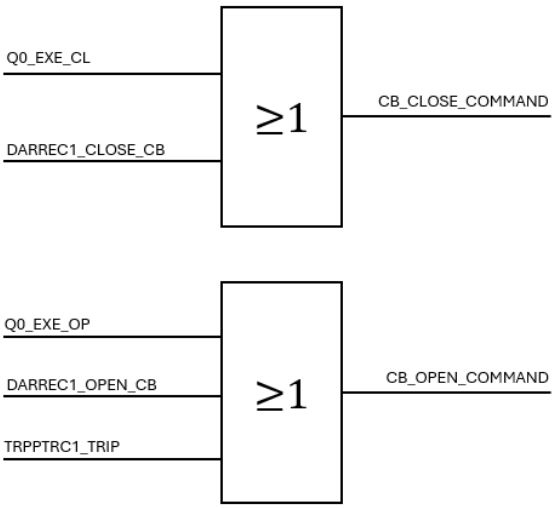
LHMI jest sučelje za komunikaciju između IED-a (intelligent electronic device (uz ovom slučaju numerički relej)) i čovjeka. Kako bi upravljanje sustavom bilo sigurnije, prilikom konfiguriranja releja dodaju se logičke blokade aparata kojima se onemogućuje kriva manipulacija. Slika 2.4 prikazuje logičku shemu uvjeta za dozvolu uklopa prekidača daljinski (preko LHMI.) Iz ove sheme vidi se da je za dozvolu uklopa prekidača potrebno imati zadovoljene sljedeće uvjete:

- Prekidač mora biti isklopljen
- Ostali aparati moraju imati ispravnu signalizaciju
- Grebenasta preklopka -SLD mora biti u položaju DALJINSKI
- Isklopni krug ne smije biti u stanju kvara
- Na prekidaču ne smije biti kvarova (tlak plina, kvar motornog pogona)
- Uklopna opruga mora biti u napetom stanju




Slika 2.4 Uvjeti za dozvolu uklopa prekidača -Q0

Nadalje, uklop, odnosno isklop prekidača vrše varijable CB_CLOSE_COMMAND i CB_OPEN_COMMAND koje direktno okidaju binarne izlaze X100_PO1 i X100_PO3 i tako prosljeđuju upravljački signal na uklopni/isklopni svitak prekidača. Slika 2.5 prikazuje koje varijable mogu vršiti radnju uklopa ili isklopa.




Slika 2.5 Komande uklapanja i isklapanja

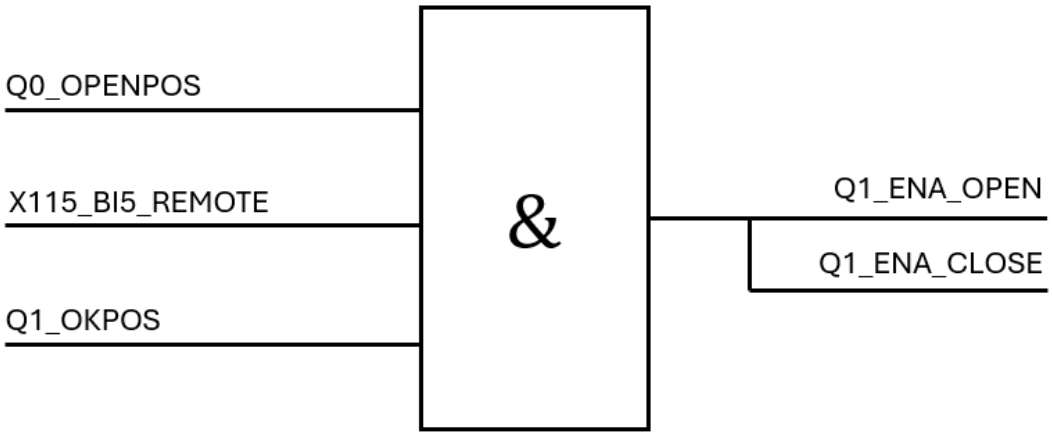
Na ovoj slici vide se varijable koje nisu prije spomenute. DARREC1_CLOSE_CB i DARREC1_OPEN_CB su komande uklopa odnosno isklopa prilikom djelovanja funkcije APU (automatski ponovni uklop.) Više o toj funkciji bit će u poglavlju 3. s obzirom da se događa prilikom djelovanja zaštite. TRPPTRC1_TRIP je varijabla koja prima vrijednost 1 prilikom prorade zaštite. Q0_EXE_CL i Q0_EX_OP su varijable upravljanja, odnosno izlazi funkcijskog bloka CBXCBR1 kada se preko releja ili daljinski iz centra upravljanja daje komanda prekidaču za uklop/isklop. Dosad opisane funkcije i načini upravljanja prekidačem predstavljaju najosnovniji i najjednostavniji način na koji se može konfigurirati jedan prekidač u elektroenergetskom sustavu i to na srednjem (< 110 kV) naponu. Na višim naponskim razinama konfiguracija prekidača je uvelike složenija i to ponajviše zbog puno većeg broja signala, kao i većeg broja isklopnih krugova te većeg broja zaštitnih funkcija. Konfiguracija takvog releja uvelike bi bila složenija, te bi izašla izvan okvira ovog rada.

## Upravljanje i logičke blokade rastavljača -Q1

Rastavljači u elektroenergetskom sustavu imaju zadaću vidljivog odvajanja dijelova postrojenja na različitom potencijalu. Prvenstveno postoje zbog sigurnosti osoblja koje obavlja radove u sustavu jer položaj noževa mora biti vidljiv. Važno je napomenuti da se rastavljačima ne upravlja pod teretom, jer nisu projektirani za prekidanje struje. Za upravljanje rastavljačem koristi se funkcijski blok DCSWI1. Kao i kod prekidača taj funkcijski blok prima dvostruki signal stanja aparata X110_BI6_DC1_OPEN i X110_BI5_DC1_CLOSED. Na svojem izlazu generira tri varijable stanja Q1_OPENPOS, Q1_CLOSEPOS i Q1_OKPOS. Te varijable imaju identičnu funkcionalnost kao i u slučaju prekidača. Funkcijski blok DCSWI1 također ima izlaze Q1_EXE_OP i Q1_EXE_CL koje direktno okidaju binarne izlaze X110_SO1 i X110_SO2 kojima se otvara odnosno zatvara rastavljač. Glavna razlika u odnosu na prekidaču prethodnom slučaju su blokade, odnosno dozvole otvaranja i zatvaranja koje su drugačije izvedene. Slika 2.6 prikazuje uvjete pod kojima je moguće upravljanje sa releja rastavljačem -Q1. Vidljivo je da moraju biti zadovoljena tri uvjeta:

- Prekidač -Q0 mora biti isklopljen
- Grebenasta preklopka -SLD mora biti u položaju DALJINSKI
- Signalizacija stanja aparata -Q1 mora biti ispravna

Uklopljeno stanje -Q0 mora blokirati zatvaranje rastavljača jer bi u suprotnom moglo doći do otvaranja rastavljača pod teretom.

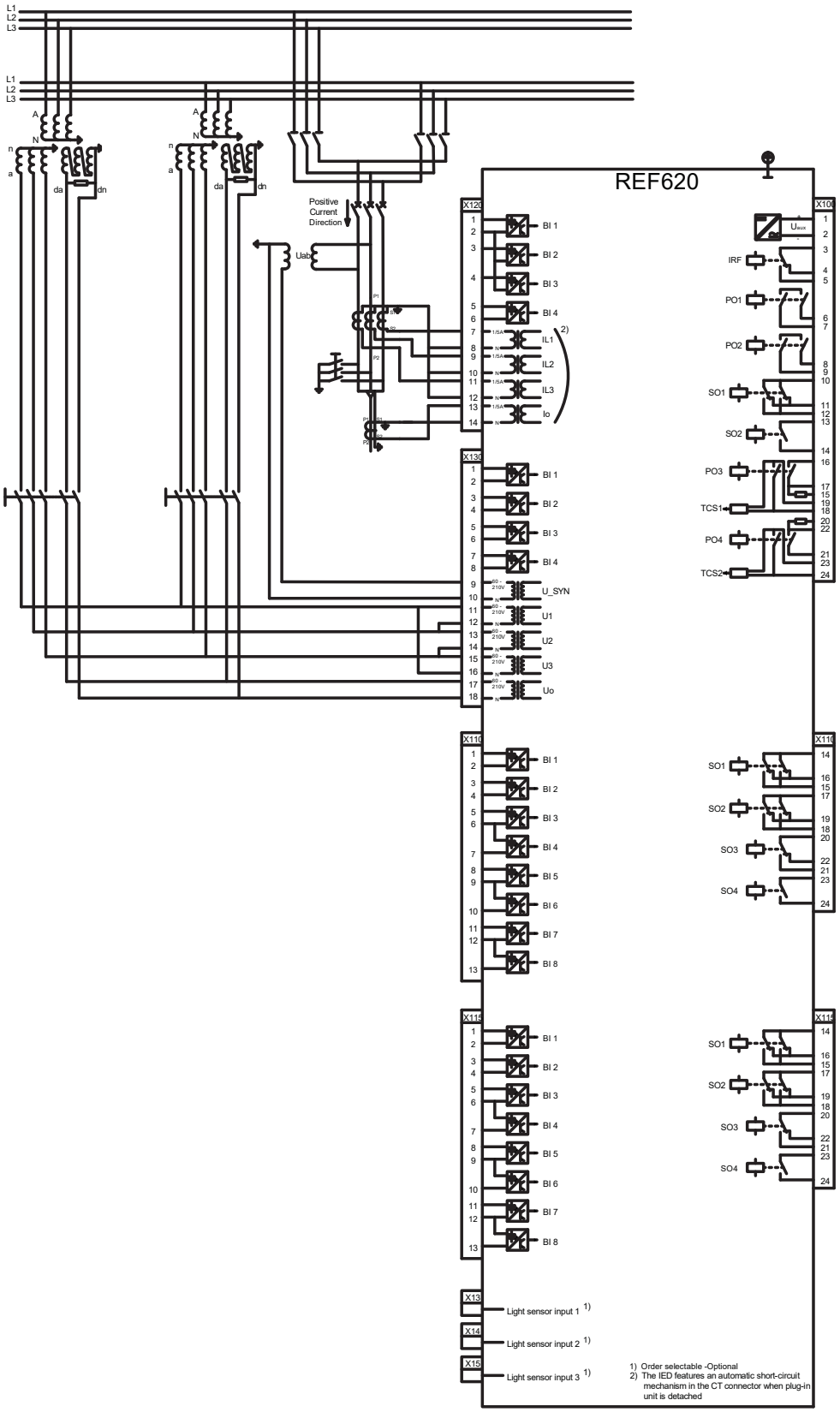



Slika 2.6 Dozvola upravljanja rastavljačem

Ostala dva rastavljača (izlazni(-Q9) i zemljospojnik (-Q8)) imaju skoro pa iste uvjete za dozvole otvaranja odnosno zatvaranja uz jednu razliku, a to je da nikada ne smiju oba biti u zatvorenom položaju. Odnosno zatvoren izlazni rastavljač -Q9 blokira zatvaranje zemljospojnika -Q8, a zatvoren -Q8 blokira zatvaranje -Q9. Često su u postrojenjima izvedene i mehaničke blokade ovih dvaju aparata, pa je i na taj način osigurano da ne dođe do istovremenog zatvaranja oba aparata. Iako se zemljospojnikom upravlja ručno, neka postrojenja imaju i daljinsko upravljanje. U tom slučaju mora se izvesti blokada unutar konfiguracije releja jer bi krivim manevrom došlo do pregaranja motornog pogona rastavljača ili loma mehaničke blokade.

## 2.2. Signalizacija stanja aparata, kvarova i manipulacija

Slika 2.7 prikazuje osnovnu konfiguraciju releja -F301 sa 2 sustava sabirnica, dvama sabirničkim rastavljačima, te prekidačem i zemljospojnikom. Ulazni binarni signali dolaze na priključnice -X100: 1-13 te na -X115: 1-13. Iz sheme je vidljivo da za svaki signal je potreban „+“ i „-“ pol napona. U principu nije bitno kojim polaritet napona će se spojiti na koju priključnicu, ali u praksi se sve priključnice na koje dolazi „-“ pol napona kratko spajaju i na njima je stalno prisutan negativni polaritet signalnog napona. U ovom slučaju to su priključnice -X100: 2, 4, 6, 9, i 12, te -X115: 2, 4, 6, 9 i 12. Iz priloga ovog rada na stranici 37 vidi se na koju priključnicu dolazi koji binarni signal. Tablica 2.2. prikazuje popis signala kao i priključnica na koje spajaju kako bi bilo olakšano samo čitanje rada. Logično pitanje koje se može postaviti je zašto signalizirati stanje sklopnih aparata (prekidača, rastavljača i zemljospojnika) sa dva binarna signala kad svaki aparat ima dva stanja (uklopljen/ isklopljen) te bi teoretski bio dovoljan jedan binarni signal? Recimo prisutnost „+“ pola napona može signalizirati uklopljeno stanje, dok stanje bez prisutnog „+“ pola može signalizirati isklopljeno stanje. Razlog zašto se u praksi stanje sklopnog aparata označava sa dva binarna signala leži u činjenici da ukoliko dođe do prekida žice koja signalizira stanje aparata relej nema informaciju da je došlo do kvara signalizacije te može krivo odrađivati čime je narušena sigurnost pogona sustava.




Slika 2.7 Osnovna konfiguracija hardvera releja -F101

Tablica 2.2 Prikaz signala i binarnih ulaza releja

| Signal | Binarni ulaz |
|---|---|
| Prekidač uključen | X110-BI1 |
| Prekidač isključen | X110-BI2 |
| Sabirnički rastavljač zatvoren | X110-BI5 |
| Sabirnički rastavljač otvoren | X110-BI6 |
| Zemljospojnik zatvoren | X110-BI7 |
| Zemljospojnik otvoren | X110-BI8 |
| Izlazni rastavljač zatvoren | X115-BI1 |
| Izlazni rastavljač otvoren | X115-BI2 |
| Upravljanje lokalno | X115-BI4 |
| Upravljanje daljinski | X115-BI5 |
| Nizak tlak $SF_6$ | X110-BI3 |
| Uklopna opruga prekidača nenapeta | X110-BI4 |
| Kvar motornog pogona prekidača | X115-BI3 |

Sljedećih 5 binarnih signala odnose se na položaje grebenastih preklopki -SLD, -S1, -S2, i -S3 na upravljačkom panelu. Lokalno upravljanje odnosi se na upravljanje aparatima u postrojenju direktno preko RUP-a a daljinsko upravljanje se odnosi na upravljanje aparatima preko numeričkih releja. Posljednja tri binarna signala odnose se na stanje prekidača. Ti signali predstavljaju uvjete za uklop prekidača. Izvedeni su za oba načina upravljanja (i lokalno sa RUP-a i daljinski sa releja.) Grebenaste sklopke imaju radne kontakte prema shemi na stranici 35 na koje su spojeni svitci pomoćnih elektromehaničkih releja -KSLD, -KS1, -KS2, -KS3, te se njihovim uključivanjem uključuju i ti releji. Ovi releji služe za umnožavanje kontakata.

# 3. Zaštita elektroenergetskog sustava

Svaki element elektroenergetskog sustava mora se štiti od visokih iznosa struja i napona, koji mogu uzrokovati oštećenje opreme. Uobičajeno, relejna zaštita elektroenergetskog sustava prema vrsti poremećaja može se podijeliti na:

- zaštitu pri pojavi **kvara**
  - kratki spoj
  - zemljospoj
- zaštitu pri pojavi **smetnje**
  - preopterećenje
  - povišeni ili sniženi napon
  - snižena frekvencija
  - promjena smjera energije
  - nesimetrično opterećenje

U ovom dijelu biti će opisane najčešće zaštitne funkcije koje se koriste za distribucijske vodove, te koje su konfigurirane u releju -F301 u predmetnom radu. Kvar podrazumijeva kratki spoj ili zemljospoj. Često se u literaturi, pogrešno, poistovjećuje pojam zemljospoja kao istoznačnice jednopolnog kratkog spoja, ali to nije točno. Zemljospoj podrazumijeva spoj jedne faze na zemlju pri čemu ostatak mreže nije uzemljen. Za razliku od kratkog spoja iznosi struja tijekom trajanja zemljospoja su vrlo mali, te su kapacitivnog karaktera, dok su fazni naponi zdravih faza povišeni, te mogu doseći linijske vrijednosti. Tijekom trajanja kratkog spoja na nekom dijelu EES-a, primjerice transformatora, generatora ili voda, pojavljuju se visoki iznosi struja koji uzrokuju termička i mehanička naprezanja. Previsok iznos napona dovodi do naprezanja izolacije, te ukoliko se takav kvar ne ukloni može doći do proboja izolacije.

## 3.1. Zaštitne funkcije releja

### 3.1.1. Neusmjerena nadstrujna zaštita PHxPTOC

Najjednostavnija i među prvim ikad dizajniranim zaštitnim funkcijama. Kontrolirana veličina nadstrujne zaštite jest struja. Prema IEC 61850 standardu neusmjerena nadstrujna zaštita označava se sa PHxPTOC, gdje na mjesto „x“ može doći L, H, I, odnosno:

- PHLPTOC neusmjerena nadstrujna zaštita, niski stupanj prorade,
- PHHPTOC neusmjerena nadstrujna zaštita, visoki stupanj prorade
- PHIPTOC neusmjerena nadstrujna zaštita, instantna prorada

Nadstrujna zaštita koristi se za zaštitu od preopterećenja i kratkog spoja. Sastoji se od strujnog i vremenskog člana. Funkcijski blok releja započinje odbrojavanje kada struja u bilo kojoj od faza prijeđe postavljeni limit. Nakon toga kreće odbrojavanje vremena, PHLPTOC uobičajeno se postavlja sa inverznom, odnosno ekstremno inverznom karakteristikom, gdje vrijeme prorade funkcije ovisi o iznosu struje. PHHPTOC funkcija može raditi samo sa ekstremno inverznom krivuljom ili fiksnim vremenom prorade, dok PHIPTOC može raditi isključivo sa fiksnim vremenom prorade. Ovisnost vremenskog i strujnog člana prikazana je formulom:

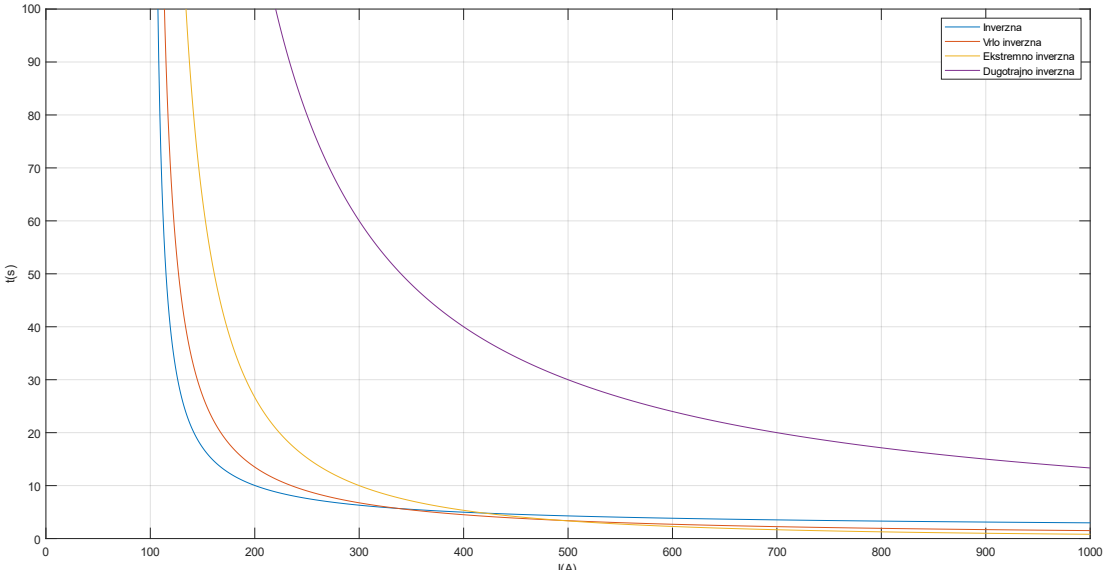
$$t(I) = \frac{k \cdot \beta}{\left[\frac{I}{I>}\right]^{\alpha} - 1}$$

Gdje su: t – vrijeme prorade releja, k – vremenski multiplikator (od 0,05 do 1,00), I – vrijednost struje kvara, I > – podešena vrijednost struje kvara, te α i β konstante ovisne o vrsti karakteristike. Tablica 3.1 prikazuje iznos konstanti α i β te vrstu inverzne krivulje

Tablica 3.1 Vrste karakteristike u ovisnosti o faktorima α i β

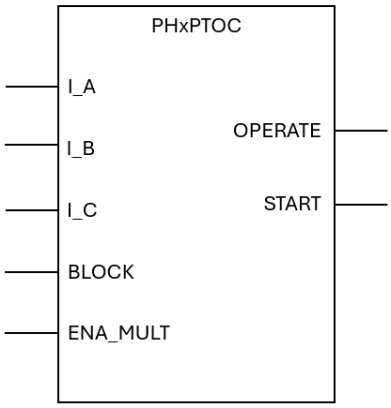
| Vrsta vremensko strujne krivulje | α | β |
|---|---|---|
| Inverzna | 0,02 | 0,14 |
| Vrlo inverzna | 1,0 | 13,5 |
| Ekstremno inverzna | 2,0 | 80,0 |
| Dugotrajno inverzna | 1,0 | 120,0 |

Inverzne krivulje zovu se tako jer je vrijeme djelovanja obrnuto proporcionalno struji prorade. Slika 3.1 prikazuje izgled inverzne, vrlo inverzne, ekstremno inverzne te dugotrajno inverzne krivulje. Odabir bilo koje od ovih karakteristike ovisi o stanju u mreži, odnosno krivulje se biraju kako bi se osigurala selektivnost zaštite. Uobičajeno se ove krivulje crtaju u logaritamskom prikazu, međutim ovdje je korištena linearna skala.




Slika 3.1 Strujno - vremenske krivulje zaštite

Svaka zaštitna funkcija također je predstavljena kao funkcijski blok u samom releju. Slika 3.2 prikazuje funkcijski blok neusmjerene nadstrujne zaštite koji se sastoji od ulaza za struje u fazama A, B ili C, te ulaza za binarne signale BLOCK i ENA_MULT. Izlazi funkcijskog bloka su binarni signali OPERATE te START.




Slika 3.2 Funkcijski blok neusmjerene nadstrujne zaštite

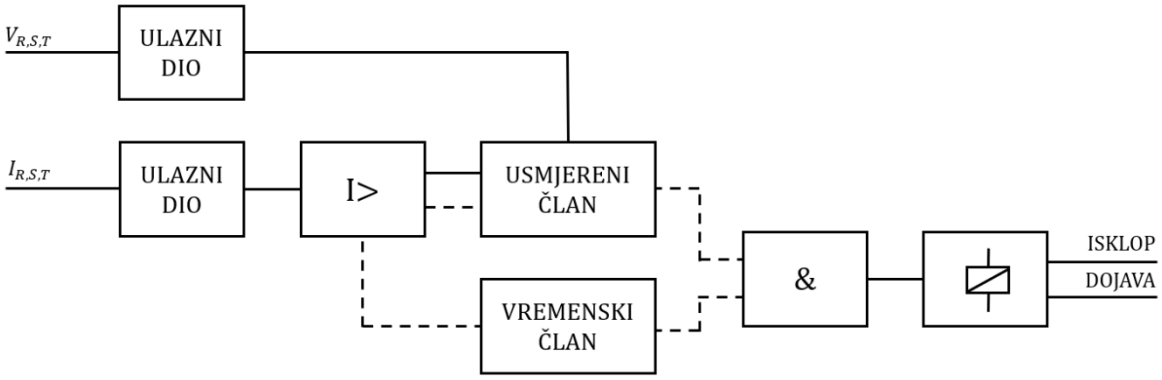
Bez ulaska u preveliku dubinu, princip djelovanja je sljedeći: ukoliko u bilo kojoj od faza vrijednost struje prijeđe postavljenu vrijednost započinje odbrojavanje. Čim se aktivira odbrojavanje izlaz START funkcijskog bloka postaje TRUE, odnosno 1. Ukoliko se iznos struje ne smanji ispod podešene vrijednosti unutar vremena koje je postavljeno aktivira se izlaz OPERATE koji postaje TRUE odnosno 1. Uobičajeno se svi izlazi OPERATE funkcijskih blokova zaštite koje djeluju na isklapanje prekidača povezuju OR (ILI) blokovima te se aktivira binarni izlaz koji djeluje na isklop prekidača. Vrijeme djelovanja određeno je ili kao fiksna vrijednost neke zaštite ili je određeno iznosom struje prema nekoj od gore navedenih strujno vremenskih karakteristika. Proradna vrijednost struje za svaku zaštitnu funkciju kao i fiksno vrijeme ili strujno vremensku krivulju su parametri koje inženjeri relejne zaštite unose u relej prije puštanja u pogon. Ulazni signal BLOCK koristi se za blokiranje zaštitne funkcije. To se često izvodi na trafostanicama kako bi se smanjila vremena zatezanja (zbog selektivnosti) u slučaju da drugi releji na nižoj razini vide kvar. Ukoliko ulazni signal BLOCK ima vrijednost TRUE, odnosno 1 može se podesiti blokiranje:

- samo odbrojavanja funkcije
- samo izlaza OPERATE
- i odbrojavanja i izlaza

Ulaz ENA_MULT koristi se za multiplikaciju proradne vrijednosti struje prema podešenim postavkama funkcijskog bloka. Odnosno ukoliko je prisutna TRUE vrijednost na ulazu ENA_MULT proradna vrijednost struje biti će veća onoliko puta koliko je podešeno u toj postavci. Na ovaj ulaz često se postavlja izlaz funkcije detekcije udarne potezne struje (INRPHAR). Obično prilikom uklopa induktivnih elemenata postoji velika potezna struja koja nije kvar, ali može uzrokovati neželjenu proradu zaštite, stoga ukoliko se detektira uklapanje na taj način se blokira prorada nadstrujne zaštite.

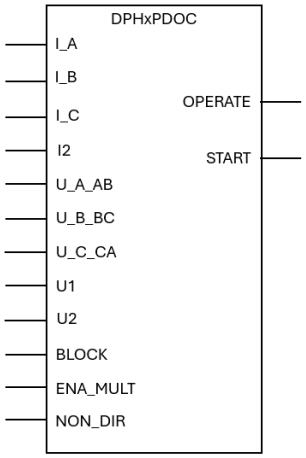
### 3.1.2. Usmjerena nadstrujna zaštita DPHxPDOC

Usmjerena nadstrujna zaštita primjenjuje se kao rezervna zaštitna funkcija u prijenosu te osnovna zaštita u distribuciji. Područje primjene su distribucijske mreže u kojima može doći do napajanja kvara sa više strana, odnosno u slučaju paralelno priključenih vodova, kabela, transformatora, priključenih distribuiranih izvora energije, te u prijenosnoj mreži koja uvijek radi u uzamčenom pogonu gdje se mjesto kvara uvijek napaja iz više strana. Slika 3.3 prikazuje blok shemu usmjerene nadstrujne zaštite.



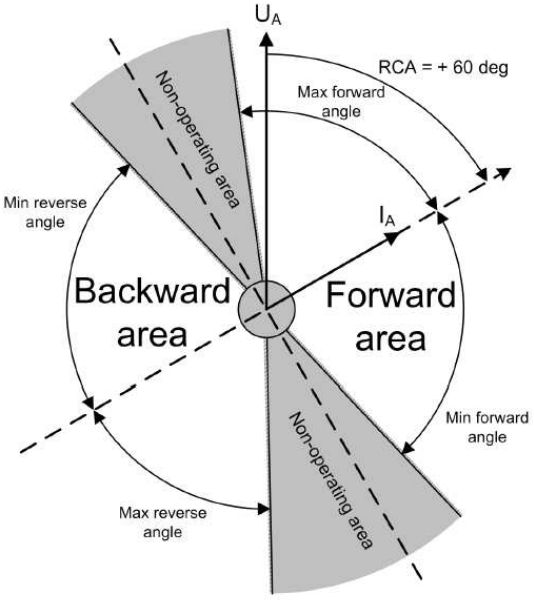

Slika 3.3 Blok shema usmjerene nadstrujne zaštite

Za rad usmjerene zaštite potrebna su mjerenja i struje i napona na štićenom objektu. Ukoliko struja u jednoj, dvije ili sve tri faze prijeđe proradnu vrijednost pobuđuje se vremenski član koji odbrojava postavljeno vrijeme. Da bi zaštita odradila na prekidač potrebno je zadovoljiti i uvjet usmjerenog člana koji gleda smjer napajanja kvara. U principu usmjerena zaštita doprinosi selektivnosti zaštite cijelog sustava i omogućuje manja vremena zatezanja releja za isklop kvarova na štićenim objektima za razliku od neusmjerene zaštite. Za usmjerenu nadstrujnu zaštitu koriste se kratice DPHLPDOC, te DPHHPDOC. Odnosno usmjerena nadstrujna zaštita niski stupanj prorade, te usmjerena nadstrujna zaštita visoki stupanj prorade. Vremena djelovanja ovih zaštitnih funkcija mogu se postaviti kao fiksna ili u ovisnosti o iznosu struje (neka od inverznih krivulja.) Funkcijski blok ovih funkcija ima veći broj ulaza u odnosu na funkcijski blok neusmjerene nadstrujne zaštite. Slika 3.4 prikazuje ulaze i izlaze funkcijskog bloka usmjerene nadstrujne zaštite.




Slika 3.4 Funkcijski blok usmjerene nadstrujne zaštite

U odnosu na neusmjerenu nadstrujnu zaštitu, ovaj blok ima dodatno ulaze za napone, te binarni ulaz NON_DIR. Ostale funkcionalnosti su iste kao u prethodnom primjeru (BLOCK, ENA_MULT, OPERATE, START.) NON_DIR je binarni ulaz koji pretvara ovu funkciju u neusmjerenu zaštitu. Odnosno ukoliko je na tom izlazu prisutna vrijednost TRUE ova funkcija prilikom prorade ne gleda smjer struje već isključivo iznos i na taj način odrađuje. Smjer toka struje određuje se računanjem kuta između struje i napona. Slika 3.5 prikazuje kako u jednoj fazi izgleda smjer FORWARD i smjer BACKWARD.




Slika 3.5 Zone rada usmjerene zaštite

### 3.1.3. Neusmjerena zemljospojna zaštita EFxPTOC

Kratki spojevi sa zemljom su jednopolni kratki spoj i dvopolni kratki spoj sa istovremenim spojem na zemlju. U situaciji kada zvjezdište energetskog transformatora nije uzemljeno ili je uzemljeno preko otpornika ili prigušnice, spoj jedne faze sa zemljom nazivamo zemljospojem. U Hrvatskoj su 10 kV mreže najčešće u pogonu sa izoliranim zvjezdištem dok su 35 kV i 20 kV mreže uzemljene preko maloomskog otpornika ili prigušnice čime se ograničava iznos struje jednopolnog kvara na iznose od 300 ili 150 A. Razlog takvog ograničavanja iznosa struje kvara leži u prostornoj rasprostranjenosti mreže, odnosno sigurnosti ljudi. Budući da su distributivne mreže raširene po naseljima, ukoliko iznosi struje kvara ne bi bili ograničeni na mjestu kvara inducirali bi se visoki naponi dodira i koraka. Budući da prema statističkim podacima zemljospojevi i jednopolni kratki spojevi čine 80% kvarova, potrebno je takvoj vrsti kvara posvetiti posebnu pažnju. Zbrojem struja u fazama može se dobiti iznos trostruke nulte komponente struje:

$$3\vec{I}_0 = \vec{I}_R + \vec{I}_S + \vec{I}_T$$

Gdje su $\vec{I}_R, \vec{I}_S\ i\ \vec{I}_T$ struje u fazama R, S i T. U normalnom pogonu iznos nulte struje jednak je 0. Međutim zbog struja magnetiziranja strujnih transformatora u normalnom pogonu (bez ulaska u dublje matematičke proračune) ukupan zbroj ovih triju struja u normalom pogonu neće biti 0, odnosno taj zbroj struja magnetiziranja naziva se lažnom nultom strujom. Ovisno o karakteristikama strujnih mjernih transformatora ova lažna nulta struja obično iznosi oko 6-10 % nazivne struje. Prilikom projektiranja zaštite, proradna struja zemljospojne zaštite uobičajeno se postavlja na 10-20 % veći iznos od lažne struje kako ne bi došlo do neželjenih prorada. Kod kabelskih vodova često se postavlja obuhvatni strujni mjerni transformator kroz koji prolaze sve tri žile. Ukupni magnetski tok u takvom transformatoru rezultat je vektorskog zbroja magnetskih tokova faza R, S, T. takva izvedba ima prednosti u odnosu na klasičnu izvedbu sa tri odvojena strujna mjerna transformatora:

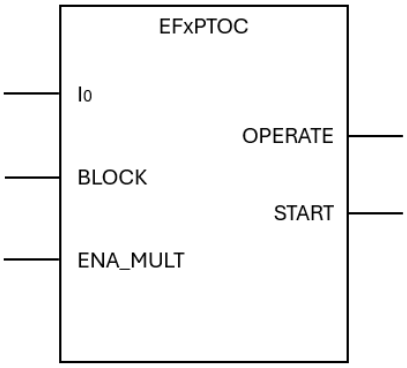
- ne postoje problemi vezani uz različite prijenosne karakteristike strujnih transformatora,
- veličina primarne struje kod kabelskih obuhvatnih strujnih transformatora ne utječe na osjetljivost neusmjerene zemljospojne zaštite,
- moguće je vrlo osjetljivo podešenje neusmjerene zemljospojne zaštite,,

- znatno su jeftiniji od klasičnih strujnih transformatora (razlog tome je što se postavljaju direktno na kabele pa ne moraju biti izolirani za visoki napon)

Za neusmjerenu zemljospojnu zaštitu koriste se funkcijski blokovi EFxPTOC, gdje na mjesto „x“ može doći L, H, I, odnosno:

- EFLPTOC neusmjerena zemljospojna zaštita, niski stupanj prorade,
- EFHPTOC neusmjerena zemljospojna zaštita, visoki stupanj prorade
- EFIPTOC neusmjerena zemljospojna zaštita, instantna prorada

Slika 3.6 prikazuje funkcijski blok neusmjerene zemljospojne zaštite. Način rada je sličan prije prikazanim blokovima, uz razliku da je jedina mjerena veličina iznos nulte struje. Sukladno tome vremenski članovi ovih zaštitnih funkcija postavljaju se ili na fiksno vrijeme prorade ili se zadaje inverzna krivulja prorade. EFIPTOC uvijek radi sa fiksnim vremenom prorade.




Slika 3.6 Funkcijski blok neusmjerene zemljospojne zaštite

Nulta struja koja se koristi kao kontrolirana veličina može se mjeriti direktno na analognom ulazu releja ili se može postaviti da relej sam računa nultu komponentu posredno mjereći vektorski zbroj struja u fazama. Iznos nulte struje dobiven računskim putem koristi se kod zračnih vodova ili kabela kad u postrojenje nije ugrađen kabelski obuhvatni strujni mjerni transformator, dok se kod izvedbe postrojenja sa ugrađenim obuhvatnim mjernim transformatorom uobičajeno koristi mjerena veličina nulte struje.

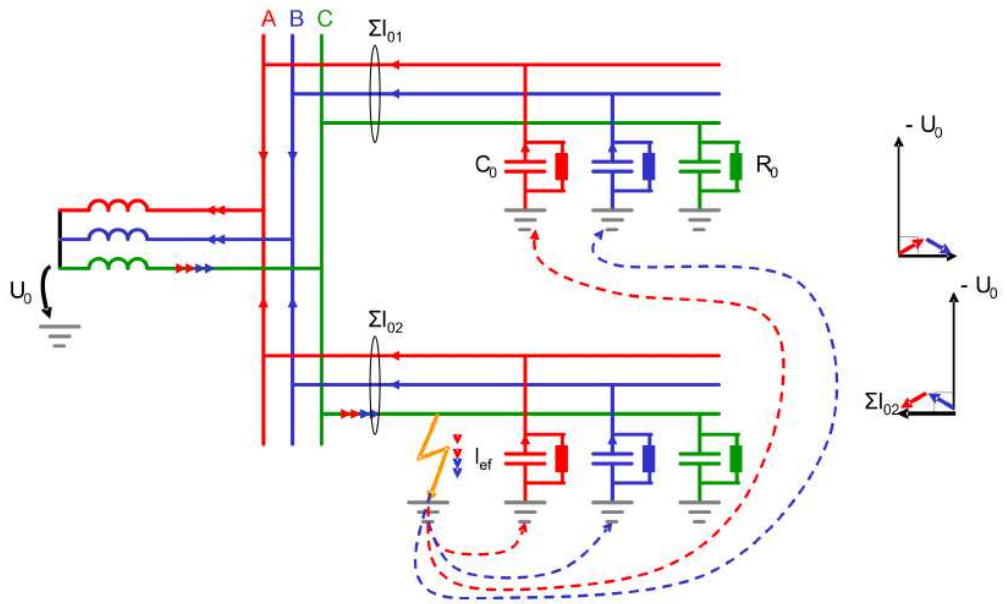
### 3.1.4. Usmjerena zemljospojna zaštita DEFxPDEF

Usmjerene zemljospojne zaštitne funkcije DEFLPDEF te DEFHPDEF su funkcije koje se koriste za zaštitu od kvarova sa zemljom u smjeru štićenog objekta. Mogu se promatrati dva slučaja:

- zemljospoj u mreži sa izoliranom nultočkom
- jednopolni kvar u mreži uzemljenoj preko impedancije

## Zemljospoj u mreži sa izoliranom nultočkom

Kod mreža sa izoliranom nultočkom ne postoji galvanska povezanost zvjezdišta transformatora ili generatora sa zemljom. Jedina povezanost je kroz parazitne kapacitete te otpore izolacije. Ukoliko se dogodi zemljospoj u takvoj mreži iznos struje kvara vrlo je mali te, ne prelazi nazivnu vrijednost struje. Slika 3.7 prikazuje dio mreže sa transformatorom i dva voda, jedan u normalnom pogonu (gornji) te drugi (donji) sa zemljospojem u fazi C.



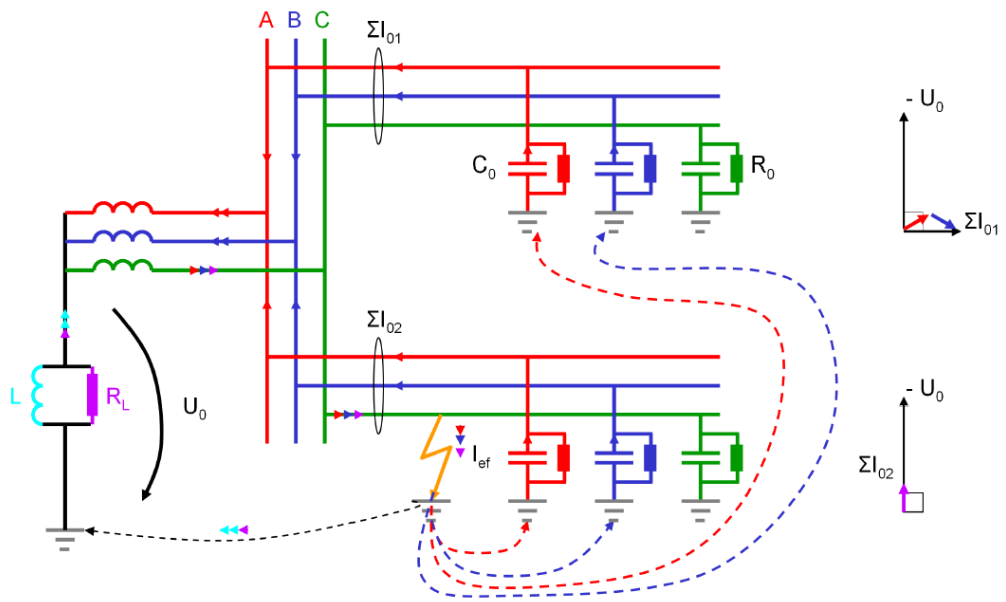

Slika 3.7 Zemljospoj u mreži sa izoliranom nultočkom

U situaciji bez kvara (gornji vod) teku struje kapacitivnog i u tom slučaju trostruka nulta struja koja jest vektorski zbroj struja u fazama A, B i C ima kut od -90º prema $-U_0$. Prema tome iako se u mreži dogodio zemljospoj, taj vod je „zdrav“ i usmjerena zemljospojna zaštita neće odraditi. S druge strane na donjem vodu trostruka nulta struja zbog kvara ima suprotan smjer u odnosu na struju u zdravom vodu, te prethodi naponu $-U_0$ za + 90º. U tom slučaju

zaštita koristi takozvani sinφ spoj i kriterij djelovanja zaštite je fazni pomak trostruke nulte struje u odnosu $-U_0$. Tako zaštita prepoznaje da se na tom vodu dogodio kvar te ga isključuje ili signalizira prema sustavu nadzora da postoji kvar.

## Jednopolni kvar u mreži uzemljenoj preko impedancije

Dodir jedne faze sa zemljom u mreži koja je uzemljena preko impedancije (otpornik, te otpornik i prigušnica) ne naziva se zemljospojem već jednopolnim kratkim spojem. Odlika takvog kratkog spoja jest da je iznos struje kvara ograničen zbog impedancije preko koje je zvjezdište uzemljeno. U takvom slučaju nadstrujna zaštita neće odraditi jer su iznosi struje kvara manji od nazivnih vrijednosti. U tom slučaju koristi se također usmjerena zemljospojna zaštita. Slika 3.8 prikazuje dio mreže uzemljene preko impedancije sa dva voda, u jednom je kvar (donjem) dok je drugi (gornji) u normalnom pogonu.




Slika 3.8 Jednopolni kratki spoj umreži uzemljenoj preko impedancije

U ovom slučaju dakle trostruka nulta struja u „bolesnom“ vodu nema fazni pomak kada postoji prigušnica jer se kapacitivna i induktivna komponenta poništavaju te je dakle struja kvara u fazi sa naponom $-U_0$. U zdravom vodu trostruka nulta struja je i dalje kapacitivna. Selektivnost se u ovom slučaju ostvaruje dodavanjem otpornika u paralelu s prigušnicom kako bi trostruka nulta struja imala veći iznos. Dakle dominantna komponenta struje kvara je djelatna i u tom se slučaju koristi takozvani cosφ spoj jer se gleda iznos trostruke nulte

struje, a ne kut u odnosu na $-U_0$. Potencijalni problem kod ovakve izvedbe mreže može biti taj da prigušnica bude van pogona zbog kvara ili održavanja. Ovaj se problem može riješiti dodavanjem binarnog inputa na relej koji prati uklopno stanje prigušnice, te ukoliko je prigušnica uključena binarni input je aktivan i zaštita radi u cosφ spoju. S druge strane ukoliko je prigušnica isključena binarni input ima vrijednost FALSE ili 0, te zaštita prati kut struje $I_0$. Kod releja -F101 u ovom radu funkcijski blok DEFxPDEF ima input RCA_CTL koji se koristi upravo u tu svrhu.

## 3.2. Funkcije povezane sa djelovanjem zaštite

Funkcije koje su povezane sa djelovanjem zaštite su funkcije čije je djelovanje usko povezano sa proradom zaštitnih funkcija. Neke od tih funkcija su detekcija uklopa (INRPHAR,) zaštita od zatajenja prekidača (CCBRBRF, u hrvatskoj literaturi se koristi često i skraćenica ZZP,) glavni isklop (TRPPTRC) i sl. Još jedna funkcija koja ne spada u ovu skupinu, a usko je povezana sa djelovanjem zaštite je i automatski ponovni uklop (DARREC, a u hrvatskoj literaturi često se koristi skraćenica APU.) Automatski ponovni uklop je upravljačka funkcija, ali zbog svoje primjene o toj funkciji ima više smisla pričati u kontekstu zaštite.

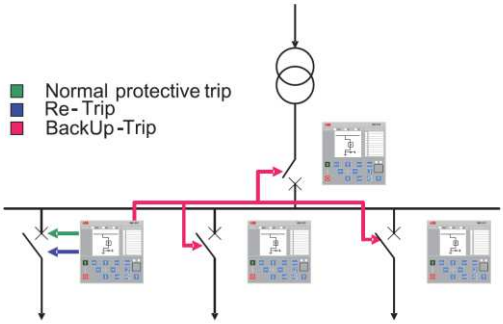
### 3.2.1. Detekcija uklopa INRPHAR

Kod uklopa energetskih transformatora zbog induktiviteta namota dolazi do povećanja iznosa struje kroz namote. To predstavlja kratkotrajno stanje u kojem je dozvoljeno da iznos struje bude veći od nazivnog iznosa. Ukoliko su vremenski članovi zaštitnih funkcija podešeni na niske iznose može doći do neželjene prorade. Npr. neusmjerena zaštita prvog stupnja (PHLPTOC) postavi se na iznos od 1.1 x $I_{nazivno}$ i period zatezanja od 1 s. Ukoliko se ne postavi blokada zaštite zbog uklopa, zaštita će odraditi i isklopiti prekidač iako nema kvara u sustavu. U rješenju tog problema nalazi se funkcija INRPHAR. Mjerenjem iznosa struje drugog harmonika funkcija INRPHAR prepoznaje da je riječ o uklopu zbog kojeg je iznos struje veći od dozvoljenog i na taj način blokira djelovanje zaštite. Da bi ova funkcija radila potrebno je podesiti dva parametra: omjer iznosa struje drugog harmonika i osnovnog harmonika, te vrijeme zatezanja. Dakle kod uklopa iznos struje drugog harmonika se poveća u odnosu na osnovni harmonik i funkcija počinje odbrojavanje prema DT (definite time) karakteristici. Nakon toga kad prođe vrijeme zatezanja ukoliko je i dalje omjer iznosa struje

drugog i osnovnog harmonika veći od postavljenje vrijednosti binarni izlaz funkcije BLK2H se aktivira i ostaje aktivan sve dok se omjer iznosa struje drugog i osnovnog harmonika ne smanji ispod postavljenih vrijednosti. Funkcija ima i mogućnost blokiranja djelovanja na svom binarnom ulazu BLOCK.

### 3.2.2. Zaštita od zatajenja prekidača CCBRBRF

Prekidači su sklopni aparati namijenjeni prekidanju strujnih krugova. Jedna od osnovnih funkcija prekidača je i prekidanje kratkog spoja, odnosno prekidanje visokih iznosa struja. Uslijed čestih manipulacija, kao i zbog same degradacije opreme zbog dugotrajnog korištenja prekidači mogu zatajiti, odnosno biti u stanju kvara. Budući da bi kratki spojevi i ostali kvarovi mogli uzrokovati oštećenje opreme mora postojati način kako prekinuti strujni krug uslijed kvara prekidača na tom transformatoru, vodu, generatoru i sl. Upravo zbog toga postoji funkcija zaštite od zatajenja prekidača (CCBRBRF.) Ta funkcija radi na principu mjerenja struje na štićenom objektu i nadzora isklopa (zaštitom ili vanjske komande preko binarnih ulaza.) Funkcija ima tri binarne varijable izlaza, TRRET, TRBU i CB_FAULT_AL. TRRET je varijabla retripa, odnosno pokušaj ponovnog isklopa kojom se aktivira binarni izlaz koji aktivira isklopni krug prekidača. TRBU jest varijabla koja aktivira prekidače više razine i okolne prekidače preko kojih se može napajati mjesto kvara. Slika 3.9 prikazuje princip djelovanja ZZP-a u mreži. Iz slike se vidi ta funkcija isklopa prekidača djeluje samo na prekidač u tom polju, funkcija retripa djeluje na isti prekidač akivirajući isti ili drugi isklopni svitak (ukoliko postoji,) te funkcija BackUp tripa djeluje na sve prekidače koji mogu napajati mjesto kvara. Osim te dvije izlazne varijable ukoliko prekidač zakaže aktivira se i CB_FAULT_AL varijabla koja se može poslati na alarm monitor ili SCADA sustav nadzor kako bi osoblje znalo da je riječ o prekidaču koji je u kvaru.



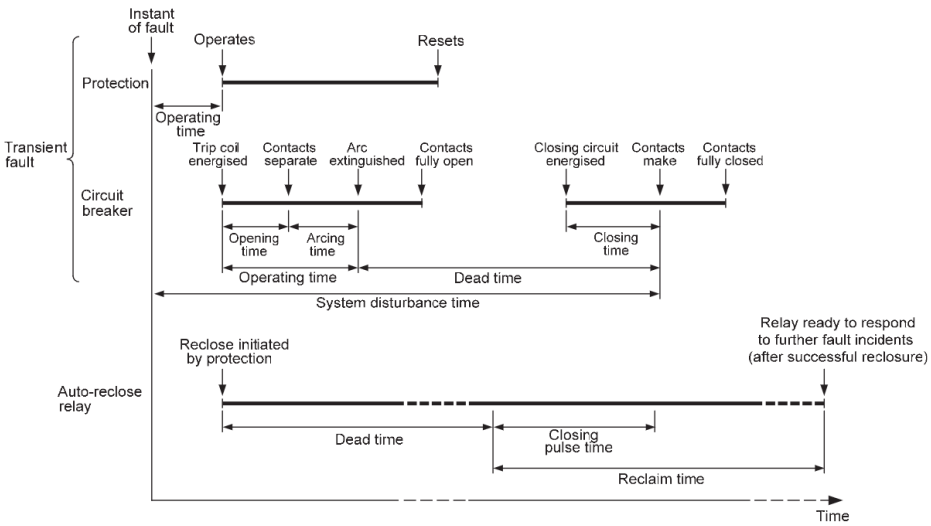

Slika 3.9 Princip djelovanja zaštite od zatajenja prekidača

### 3.2.3. Automatski ponovni uklop DARREC

Prema statističkim podacima iz literature [5.] 80-90 % kvarova na zračnim vodovima su prolazne prirode, odnosno uzrok kvarova su udari munje, te doticaji sa objektima u blizini (npr. grana stabla dotakne vod.) Trenutni isklop prekidača i ponovni uklop gotovo uvijek uspješno rješavaju takve kvarove. APU se obično izvodi u više stupnjeva:

- brzi APU
- spori APU

Brzi APU se obično provodi u roku 1 sekunde na distributivnim vodovima te je uspješan način rješavanja tranzijentnih kvarova poput udara munje. Kod subranzijentnih kvarova kao što je dodir grane stabla sa vodom brzi APU je često neuspješan te se postavlja vrijeme zatezanja dulje od 10 sekundi što obično bude dovoljno da objekt koji je pao ili dotakao vod izgori ili padne na zemlju. Vrijeme zatezanja se uvijek postavlja zbog luka na mjestu kvara, ukoliko bi se APU postavljao bez vremenskog zatezanja na mjestu kvara vrlo brzo bi došlo do ponovnog paljenja luka te bi rješavanje kvarova bilo složenije. Slika 3.10 prikazuje shemu djelovanja APU-a kod prolaznog kvara (uspješan APU.)




Slika 3.10 Automatski ponovni uklop kod prolaznog kvara

Funkcija automatskog ponovnog uklopa blokira se kod prorade primarnih zaštita transformatora (kontaktni termometar, odušnik, Buchholz relej i sl.) kao i kod diferencijalne zaštite transformatora. Ujedno blokada se postavlja kod ručnog uklopa (samo prvih desetak sekundi) zbog sigurnosti osoblja u postrojenjima.

# Zaključak

Puštanje u pogon predstavlja zadnji korak u izgradnji novih te rekonstrukciji starih elektroenergetskih postrojenja. Važan čimbenik u tom procesu jest znanje te stručnost inženjera te ostalih sudionika gradnje. Svrha ovog izrade ovog rada bila je proširiti znanje u tom smjeru te istaknuti neke česte probleme sa kojima se susreću ispitivači te inženjeri relejne zaštite. U ovom radu na jednostavan način prikazana su temeljna znanja potrebna za obavljanje tih poslova koja mogu poslužiti kao osnova za nadogradnju teorijskog znanja stečenog kroz školovanje. Kroz poglavlja ovog rada objašnjeni su principi upravljanja aparatima u postrojenjima, signalizacije stanja aparata, kvarova i pogonskih stanja. Prikazane su i objašnjene najčešće korištene zaštitne, upravljačke i nadzorne funkcije numeričkih releja te je u privitku rada prikazana tehnička dokumentacija ovog simulatora. Na primjeru releja ABB REF 620 je objašnjen postupak konfiguriranja releja bez ulaska u same iznose postavljenih veličina. Ostavljen je prostor za nadogradnju u smjeru zaštite transformatora i umrežavanja numeričkih releja u međusobnu komunikaciju te implementaciju u sustave nadzora (npr. SCADA.) Ovaj rad nije zamišljen kao gotova cjelina već kao osnova za nadogradnju znanja budućih ali i sadašnjih inženjera.

# Literatura


[1] Marušić, A., Havelka, J. *Zaštita elektroenergetskog sustava*. Prikaznice sa predavanja. Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva, 2021./2022.

[2] Sarajčev, P., Kosor, R. *Zaštita elektroenergetskog sustava.* Skripta sa predavanja. Sveučilište u Splitu Sveučilišni studijski centar za stručne studije.

[3] Požar, H. *Visokonaponska rasklopna postrojenja*. 5. izdanje. Zagreb: Tehnička knjiga, 1990.

[4] Marušić, A., *Osnove numeričke zaštite sustava za distribuciju električne energije.* Skripta sa predavanja. Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva

[5] Network Protection and Automation Guide, edition May 201, ALSTOM NPAG

[6] ABB 620 Series Technical Manual, version 2.0

# Sažetak

SIMULACIJA UPRAVLJAČKIH FUNKCIJA ZAŠTITNIH UREĐAJA

U ovom diplomskom radu projektiran je i izrađen simulator za konfiguriranje i ispitivanje numeričkih zaštitnih uređaja. Opisani su sastavni elementi simulatora te njihova funkcija i način djelovanja, objašnjeni su principi lokalnog i daljinskog upravljanja opremom i signalizacije dijelova postrojenja koji se simuliraju. Na kraju rada priložena je tehnička dokumentacija simulatora. Prikazane i pojašnjene su teorijske osnove najčešćih kvarova. Obrađene su najčešće zaštitne, nadzorne, upravljačke i druge funkcije numeričkih releja.

Ključne riječi: numerički releji, upravljanje, signalizacija, nadzor, elektroenergetski sustav, funkcijski blokovi, konfiguriranje releja, zemljospoj, inverzne nadstrujne karakteristike, elektromehanički releji, sklopni aparati, puštanje u pogon

# Summary

PROTECTIVE DEVICES CONTROL FUNCTIONS SIMULATION

In this thesis, a simulator for configuring and testing numerical protection devices has been designed and built. The components of the simulator, their function and mode of operation are described, the principles of local and remote control of equipment and signaling of the parts of the plant being simulated are explained. At the end of the paper, the technical documentation of the simulator is attached. The theoretical foundations of the most common faults are presented and explained. The most common protective, monitoring, control and other functions of numerical relays are discussed.

Keywords: numerical relays, control, signaling, monitoring, power system, function blocks, relay configuration, ground fault, inverse overcurrent characteristics, electromechanical relays, switchgear, commissioning

# Skraćenice

| | |
|---|---|
| EES | elektroenergetski sustav |
| V | volt |
| Hz | herc |
| NO | normally open contact |
| NC | normally close contact |
| RUP | rezervni upravljački panel |
| KIK | kontrola isklopnog kruga |
| TCS | trip circuit supervision |
| LHMI | local human machine interface |
| IED | intelligent electronic device |
| APU | automatski ponovni uklop |
| SCADA | supervisory control and data acquistion |
| ZZP | zaštita od zatajenja prekidača |
| DT | definite time |

# Privitak

U prilogu rada nalazi se tehnička dokumentacija napravljena u softveru EPLAN. Tehnička dokumentacija se sastoji od naslovnih listova, sadržaja, aparatne liste, strujnih shema i priključnog plana. Dokumentacija je funkcionalno podijeljena na četiri dijela:

- Općeniti dio sastavljen od naslovne stranice projekta, sadržaja i aparatne liste
- Strujne sheme i priključni plan polja =E1
- Strujne sheme i priključni plan polja =J1
- Strujne sheme i priključni plan polja =J2

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
Fakultet elektrotehnike i računarstva

| | |
|---|---|
| Kolegij | Diplomski rad |
| Naslov rada | Simulacija upravljačkih funkcija zaštitnih uređaja |
| Student | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. |
| Mentor | prof. dr. sc. Ivica Pavić |

| | |
|---|---|
| Sponzor projekta | HELB d.o.o. |
| Adresa sponzora | Industrijska ulica 1, Božjakovina, 10370, Dugo Selo |
| Faza izvedbe | Projekt izvedenog stanja |
| Mjesto ugradnje | Ured ispitivača, HELB d.o.o. |
| E-mail | filip.marasovic43@gmail.com |

Datum završetka 15.12.2024.

Broj listova 52

# Sadržaj


| Funkcijska pripadnost | Lokacija | Stranica / list | Opis stranice / lista | Datum | Izmjenio |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | Naslovna stranica | 25.10.2024. | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. |
| | | 2 | Sadržaj | 15.12.2024. | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. |
| | | 3 | Sadržaj | 15.12.2024. | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. |
| | | 4 | Aparatna lista | 25.10.2024. | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. |
| | | 5 | Aparatna lista | 25.10.2024. | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. |
| E1 | S1 | 1 | Naslovna stranica transformatorskog polja | 11.10.2024. | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. |
| | S1 | 2 | Napajanje istosmjernim i izmjeničnim naponom uređaja transformatorskih polja | 13.10.2024. | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. |
| | S1 | 3 | Upravljanje prekidač | 11.10.2024. | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. |
| | S1 | 4 | Upravljanje sabirnički rastavljač | 15.12.2024. | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. |
| | S1 | 5 | Upravljanje i signalizacija termički relej | 11.10.2024. | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. |
| | S1 | 6 | Pomoćni elektromehanički releji | 11.10.2024. | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. |
| | S1 | 7 | Signalizacija rezervni upravljački panel | 11.10.2024. | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. |
| | S1 | 8 | Signalizacija-F401 | 11.10.2024. | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. |
| | S1 | 9 | Mjerenje struja -F401 | 11.10.2024. | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. |
| | S1 | 10 | Mjerenje temperaturnih veličina | 11.10.2024. | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. |
| | S1 | 11 | Priključni plan =E1+S1-X0 =E1+S1-X1 | 20.10.2024. | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. |
| | S1 | 12 | Priključni plan =E1+S1-X2 | 20.10.2024. | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. |
| | S1 | 13 | Priključni plan =E1+S1-X3 =E1+S1-X4 | 20.10.2024. | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. |
| | S1 | 14 | Priključni plan =E1+S1-X5 | 20.10.2024. | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. |
| | S1 | 15 | Priključni plan =E1+S1-X100 | 20.10.2024. | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. |
| | S1 | 16 | Priključni plan =E1+S1-X110 | 20.10.2024. | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. |
| | S1 | 17 | Priključni plan =E1+S1-X120 | 20.10.2024. | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. |
| | S1 | 18 | Priključni plan =E1+S1-X130 | 20.10.2024. | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. |
| J1 | U1 | 1 | Naslovna stranica transformatorskog polja | 11.10.2024. | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. |
| | U1 | 2 | Upravljanje rastavljač maloomskog otpornika | 15.12.2024. | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. |
| | U1 | 3 | Upravljanje zemljospojnik | 15.12.2024. | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. |
| | U1 | 4 | Upravljanje prekidač | 13.10.2024. | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. |
| | U1 | 5 | Upravljanje sabirnički rastavljač | 15.12.2024. | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. |

# Sadržaj


| Funkcijska pripadnost | Lokacija | Stranica / list | Opis stranice / lista | Datum | Izmjenio |
|---|---|---|---|---|---|
| J2 | S1 | 1 | Naslovna stranica vodnog polja | 11.10.2024. | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. |
| | S1 | 2 | Napajanje istosmjernim i izmjeničnim naponom uređaja vodnog polja | 13.10.2024. | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. |
| | S1 | 3 | Upravljanje prekidač | 16.10.2024. | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. |
| | S1 | 4 | Upravljanje sabirnički rastavljač | 15.12.2024. | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. |
| | S1 | 5 | Upravljanje zemljospojnik | 15.12.2024. | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. |
| | S1 | 6 | Upravljanje izlazni rastavljač | 15.12.2024. | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. |
| | S1 | 7 | Pomoćni elektromehanički releji | 16.10.2024. | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. |
| | S1 | 8 | Signalizacija rezervni upravljački panel | 16.10.2024. | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. |
| | S1 | 9 | Signalizacija -F101 | 19.10.2024. | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. |
| | S1 | 10 | Signalizacija -F201 | 19.10.2024. | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. |
| | S1 | 11 | Mjerenje struja i napona -F101 | 19.10.2024. | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. |
| | S1 | 12 | Mjerenje struja i napona -F201 | 19.10.2024. | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. |
| | S1 | 13 | Rezervni kontakti -F101 | 19.10.2024. | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. |
| | S1 | 14 | Rezervni kontakti -F201 | 19.10.2024. | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. |
| | S1 | 15 | Komunikacija | 19.10.2024. | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. |
| | S1 | 16 | Priključni plan =J2+S1-IO102 | 20.10.2024. | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. |
| | S1 | 17 | Priključni plan =J2+S1-IO110 | 20.10.2024. | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. |
| | S1 | 18 | Priključni plan =J2+S1-PS101 =J2+S1-X0 | 20.10.2024. | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. |
| | S1 | 19 | Priključni plan =J2+S1-X1 =J2+S1-X2 | 20.10.2024. | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. |
| | S1 | 20 | Priključni plan =J2+S1-X3 | 20.10.2024. | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. |
| | S1 | 21 | Priključni plan =J2+S1-X100 | 20.10.2024. | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. |
| | S1 | 22 | Priključni plan =J2+S1-X110 | 20.10.2024. | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. |
| | S1 | 23 | Priključni plan =J2+S1-X115 | 20.10.2024. | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. |
| | S1 | 24 | Priključni plan =J2+S1-X120 =J2+S1-X130 | 20.10.2024. | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. |

# Aparatna lista

| Redni broj | Oznaka uređaja | Opis uređaja | Tipski broj | Narudžbeni broj |
|---|---|---|---|---|
| 1 | =E1+S1-F1 | Miniature circuit breaker C60H-DC, 2P, 10A, C | A9N61528 | SE.A9N61528 |
| 2 | =E1+S1-F2 | Miniature circuit breaker C60H-DC, 2P, 3A, C | A9N61523 | SE.A9N61523 |
| 3 | =E1+S1-F3 | Miniature circuit breaker | A9N61524 | SE.A9N61524 |
| 4 | =E1+S1-F301 | PTC-relay for dry transformers, AC/DC24-240V | T154 | 1CN0155 |
| 5 | =E1+S1-F401 | Relay for transformer | RET615_1G | RET615 |
| 6 | =E1+S1-H0 | Svjetlosni pokazivač položaja (indikator stanja) | 1TP22S-B | 1TP22S-B |
| 7 | =E1+S1-H1 | Svjetlosni pokazivač položaja (indikator stanja) | 1TP22S-C | 1TP22S-C |
| 8 | =E1+S1-HA | red light block for head Ø22 integral LED 24V screw clamp termils | ZBVB4 | SE.ZBVB4 |
| 9 | =E1+S1-HI | red light block for head Ø22 integral LED 24V screw clamp termils | ZBVB4 | SE.ZBVB4 |
| 10 | =E1+S1-HNP | green light block for head Ø22 integral LED 24V screw clamp termils | ZBVB3 | SE.ZBVB3 |
| 11 | =E1+S1-HV | white light block for head Ø22 integral LED 24V screw clamp termils | ZBVB1 | SE.ZBVB1 |
| 12 | =E1+S1-K1 | Miniature Plug-in relay - Zelio RXM 4 C/O 230 V AC 6 A | RXM4AB1P7 | SE.RXM4AB1P7 |
| 13 | =E1+S1-K2 | Miniature Plug-in relay - Zelio RXM 4 C/O 230 V AC 6 A | RXM4AB1P7 | SE.RXM4AB1P7 |
| 14 | =E1+S1-K3 | Miniature Plug-in relay - Zelio RXM 4 C/O 230 V AC 6 A | RXM4AB1P7 | SE.RXM4AB1P7 |
| 15 | =E1+S1-KQ0 | REMOTE SWITCH 2NO DC 110V 16A | 5TT4112-1 | SIE.5TT4112-1 |
| 16 | =E1+S1-KQ0.1 | Single relay | REL-IR4/LDP-110DC/4X21 | PXC.2903680 |
| 17 | =E1+S1-KQ1 | REMOTE SWITCH 2NO DC 110V 16A | 5TT4112-1 | SIE.5TT4112-1 |
| 18 | =E1+S1-KQ1.1 | Single relay | REL-IR4/LDP-110DC/4X21 | PXC.2903680 |
| 19 | =E1+S1-KS1 | Miniature Plug-in relay - Zelio RXM 4 C/O 230 V AC 6 A | RXM4AB1P7 | SE.RXM4AB1P7 |
| 20 | =E1+S1-KS2 | Miniature Plug-in relay - Zelio RXM 4 C/O 230 V AC 6 A | RXM4AB1P7 | SE.RXM4AB1P7 |
| 21 | =E1+S1-S1 | Preklopna grebenasta sklopka | GN12-D75-U51 | GN12-D75-U51 |
| 22 | =E1+S1-S2 | Preklopna grebenasta sklopka | GN12-D75-U51 | GN12-D75-U51 |
| 23 | =E1+S1-SLD | Harmony XB5, 1NO contact | ZBE101 | SE.ZBE101 |
| 24 | =E1+S1-SLD | Harmony XB5 1NC contact | ZBE102 | SE.ZBE102 |
| 25 | =E1+S1-SQ0.I | Crveno tipkalo | 1TP22 | 1TP22-C |
| 26 | =E1+S1-SQ0.U | Zeleno tipkalo | 1TP22 | 1TP22 |
| 27 | =E1+S1-SQ1.I | Crveno tipkalo | 1TP22 | 1TP22-C |
| 28 | =E1+S1-SQ1.U | Zeleno tipkalo | 1TP22 | 1TP22 |
| 29 | =J1+U1-H0 | Svjetlosni pokazivač položaja (indikator stanja) | 1TP22S-B | 1TP22S-B |
| 30 | =J1+U1-H1 | Svjetlosni pokazivač položaja (indikator stanja) | 1TP22S-C | 1TP22S-C |
| 31 | =J1+U1-H8 | Svjetlosni pokazivač položaja (indikator stanja) | 1TP22S-C | 1TP22S-C |
| 32 | =J1+U1-H60 | Svjetlosni pokazivač položaja (indikator stanja) | 1TP22S-C | 1TP22S-C |
| 33 | =J1+U1-KQ0 | REMOTE SWITCH 2NO DC 110V 16A | 5TT4112-1 | SIE.5TT4112-1 |
| 34 | =J1+U1-KQ0.1 | Single relay | REL-IR4/LDP-110DC/4X21 | PXC.2903680 |
| 35 | =J1+U1-KQ1 | REMOTE SWITCH 2NO DC 110V 16A | 5TT4112-1 | SIE.5TT4112-1 |
| 36 | =J1+U1-KQ1.1 | Plug-in Relay 14 pin 4 C/O 110VDC 6A, series PT | PT570110 | SCHR.PT570110 |
| 37 | =J1+U1-KQ8 | REMOTE SWITCH 2NO DC 110V 16A | 5TT4112-1 | SIE.5TT4112-1 |
| 38 | =J1+U1-KQ8.1 | Plug-in Relay 14 pin 4 C/O 110VDC 6A, series PT | PT570110 | SCHR.PT570110 |
| 39 | =J1+U1-KQ60 | REMOTE SWITCH 2NO DC 110V 16A | 5TT4112-1 | SIE.5TT4112-1 |
| 40 | =J1+U1-KQ60.1 | Single relay | REL-IR4/LDP-110DC/4X21 | PXC.2903680 |
| 41 | =J1+U1-SQ0.I | Crveno tipkalo | 1TP22 | 1TP22-C |
| 42 | =J1+U1-SQ0.U | Zeleno tipkalo | 1TP22 | 1TP22 |
| 43 | =J1+U1-SQ1.I | Crveno tipkalo | 1TP22 | 1TP22-C |
| 44 | =J1+U1-SQ1.U | Zeleno tipkalo | 1TP22 | 1TP22 |
| 45 | =J1+U1-SQ8.I | Crveno tipkalo | 1TP22 | 1TP22-C |
| 46 | =J1+U1-SQ8.U | Zeleno tipkalo | 1TP22 | 1TP22 |
| 47 | =J1+U1-SQ60.I | Crveno tipkalo | 1TP22 | 1TP22-C |
| 48 | =J1+U1-SQ60.U | Zeleno tipkalo | 1TP22 | 1TP22 |
| 49 | =J2+S1-F1 | Miniature circuit breaker C60H-DC, 2P, 3A, C | A9N61523 | SE.A9N61523 |
| 50 | =J2+S1-F2 | Miniature circuit breaker C60H-DC, 2P, 2A, C | A9N61522 | SE.A9N61522 |
| 51 | =J2+S1-F3 | Miniature circuit breaker C60H-DC, 2P, 3A, C | A9N61523 | SE.A9N61523 |
| 52 | =J2+S1-F4 | Miniature circuit breaker C60H-DC, 2P, 3A, C | A9N61523 | SE.A9N61523 |
| 53 | =J2+S1-F101 | Feeder management relay | RET620E_1G | REF620 |
| 54 | =J2+S1-F201 | SIPROTEC | 7SJ82 | SIE.7SJ82 |
| 55 | =J2+S1-H0 | Svjetlosni pokazivač položaja (indikator stanja) | 1TP22S-B | 1TP22S-B |
| 56 | =J2+S1-H1 | Svjetlosni pokazivač položaja (indikator stanja) | 1TP22S-C | 1TP22S-C |

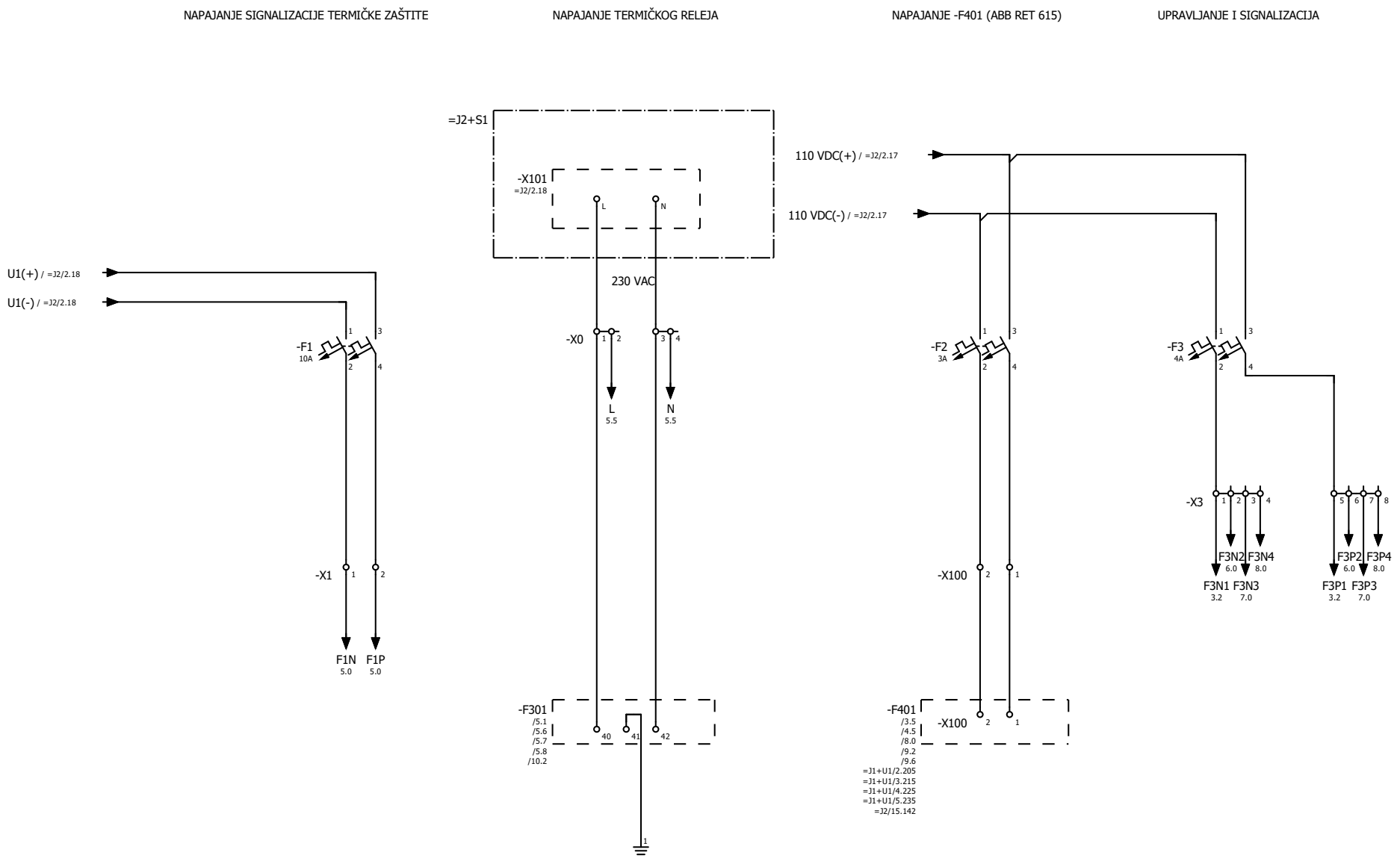
# Aparatna lista

| Redni broj | Oznaka uređaja | Opis uređaja | Tipski broj | Narudžbeni broj |
|---|---|---|---|---|
| 57 | =J2+S1-H8 | Svjetlosni pokazivač položaja (indikator stanja) | 1TP22S-C | 1TP22S-C |
| 58 | =J2+S1-H9 | Svjetlosni pokazivač položaja (indikator stanja) | 1TP22S-C | 1TP22S-C |
| 59 | =J2+S1-KQ0 | REMOTE SWITCH 2NO DC 110V 16A | 5TT4112-1 | SIE.5TT4112-1 |
| 60 | =J2+S1-KQ0.1 | Plug-in Relay 14 pin 4 C/O 110VDC 6A, series PT | PT570110 | SCHR.PT570110 |
| 61 | =J2+S1-KQ1 | REMOTE SWITCH 2NO DC 110V 16A | 5TT4112-1 | SIE.5TT4112-1 |
| 62 | =J2+S1-KQ1.1 | Plug-in Relay 14 pin 4 C/O 110VDC 6A, series PT | PT570110 | SCHR.PT570110 |
| 63 | =J2+S1-KQ8 | REMOTE SWITCH 2NO DC 110V 16A | 5TT4112-1 | SIE.5TT4112-1 |
| 64 | =J2+S1-KQ8.1 | Plug-in Relay 14 pin 4 C/O 110VDC 6A, series PT | PT570110 | SCHR.PT570110 |
| 65 | =J2+S1-KQ9 | REMOTE SWITCH 2NO DC 110V 16A | 5TT4112-1 | SIE.5TT4112-1 |
| 66 | =J2+S1-KQ9.1 | Plug-in Relay 14 pin 4 C/O 110VDC 6A, series PT | PT570110 | SCHR.PT570110 |
| 67 | =J2+S1-KS1 | Plug-in Relay 14 pin 4 C/O 110VDC 6A, series PT | PT570110 | SCHR.PT570110 |
| 68 | =J2+S1-KS2 | Plug-in Relay 14 pin 4 C/O 110VDC 6A, series PT | PT570110 | SCHR.PT570110 |
| 69 | =J2+S1-KS3 | Plug-in Relay 14 pin 4 C/O 110VDC 6A, series PT | PT570110 | SCHR.PT570110 |
| 70 | =J2+S1-KSLD | Plug-in Relay 14 pin 4 C/O 110VDC 6A, series PT | PT570110 | SCHR.PT570110 |
| 71 | =J2+S1-S1 | Grebenasta sklopka | GN20-90U | GN20-90U |
| 72 | =J2+S1-S2 | Grebenasta sklopka | GN20-90U | GN20-90U |
| 73 | =J2+S1-S3 | Grebenasta sklopka | GN25-90U | GN25-90U |
| 74 | =J2+S1-SLD | Harmony XB5, 1NO contact | ZBE101 | SE.ZBE101 |
| 75 | =J2+S1-SLD | Harmony XB5 1NC contact | ZBE102 | SE.ZBE102 |
| 76 | =J2+S1-SQ0.I | Crveno tipkalo | 1TP22 | 1TP22-C |
| 77 | =J2+S1-SQ0.U | Zeleno tipkalo | 1TP22 | 1TP22 |
| 78 | =J2+S1-SQ1.I | Crveno tipkalo | 1TP22 | 1TP22-C |
| 79 | =J2+S1-SQ1.U | Zeleno tipkalo | 1TP22 | 1TP22 |
| 80 | =J2+S1-SQ8.I | Crveno tipkalo | 1TP22 | 1TP22-C |
| 81 | =J2+S1-SQ8.U | Zeleno tipkalo | 1TP22 | 1TP22 |
| 82 | =J2+S1-SQ9.I | Crveno tipkalo | 1TP22 | 1TP22-C |
| 83 | =J2+S1-SQ9.U | Zeleno tipkalo | 1TP22 | 1TP22 |
| 84 | =J2+S1-X101 | Socket strip | DK.7240510 | RIT.7240510 |
| 85 | =J2+S1-Y101 | RUGGEDCOM RSG2100 | RSG2100 | RSG2100 |

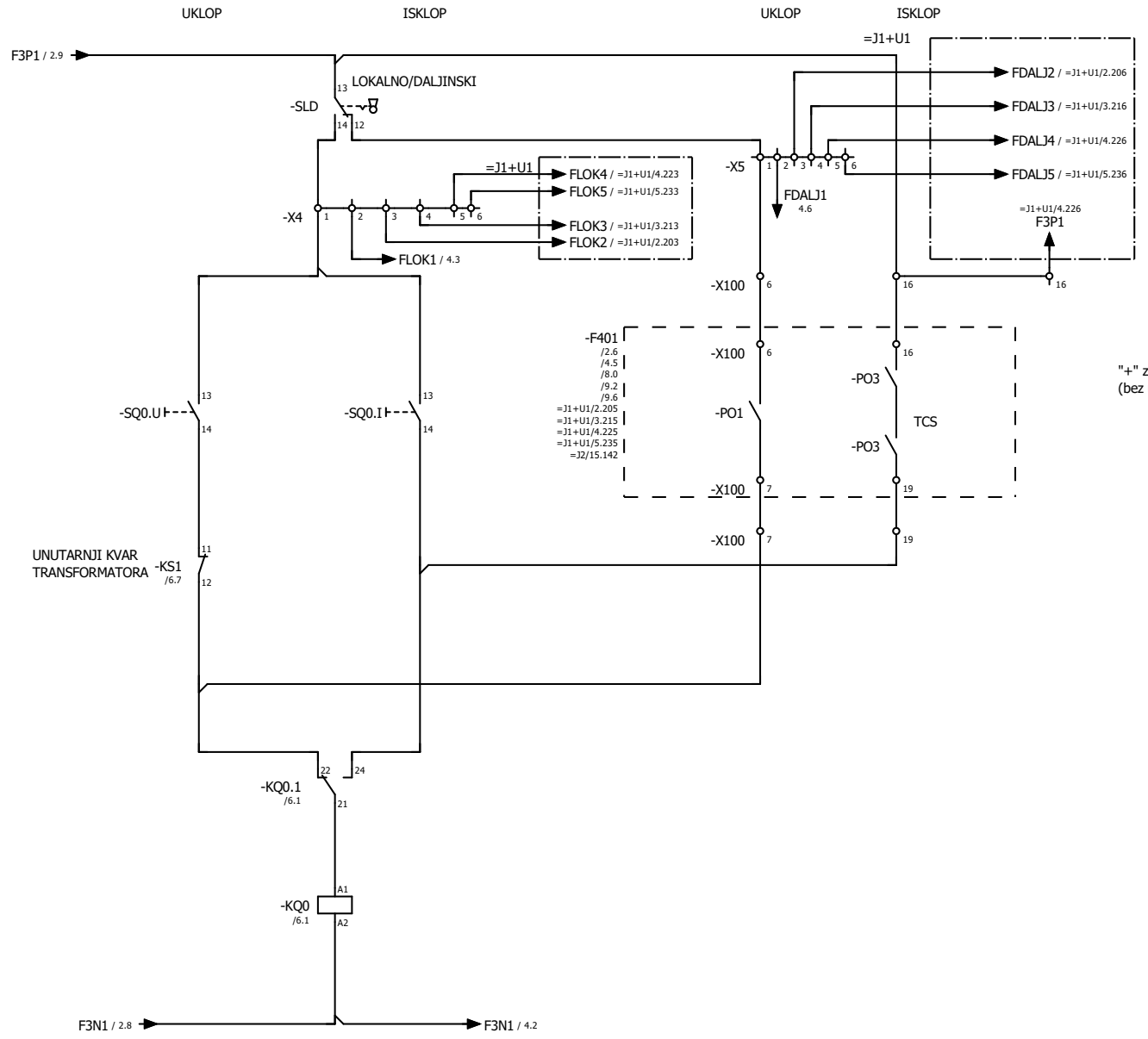
# TRANSFORMATORSKO POLJE

# =E1+S1

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Datum: | 11.10.2024. | Razina provedbe: | | Naslovna stranica transformatorskog polja | Kolegij: | Diplomski rad | =E1 | +S1 |
| Nacrtao: | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. | | | | | | | |
| Pregledao: | prof. dr. sc. Ivica Pavić | Projekt izvedenog stanja | | | Simulacija upravljačkih funkcija zaštitnih uređaja | | | Stranica 6/52 |

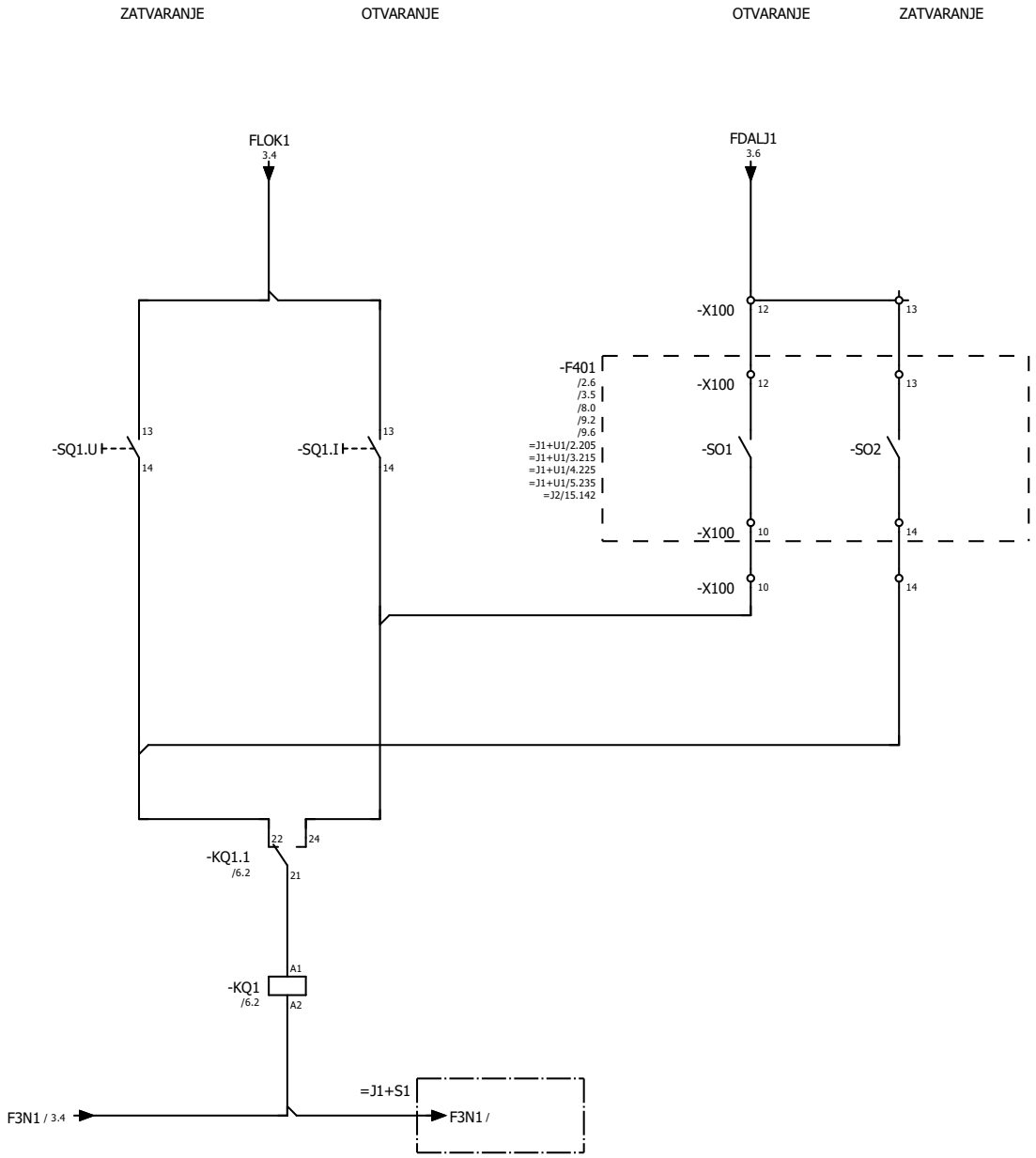



| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Datum: | 13.10.2024. | Razina provedbe: | | Napajanje istosmjernim i izmjeničnim naponom uređaja transformatorskih polja | Kolegij: | Diplomski rad | =E1 | +S1 |
| Nacrtao: | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. | | | | | | | |
| Pregledao: | prof. dr. sc. Ivica Pavić | Projekt izvedenog stanja | | | Simulacija upravljačkih funkcija zaštitnih uređaja | | | Stranica 7/52 |

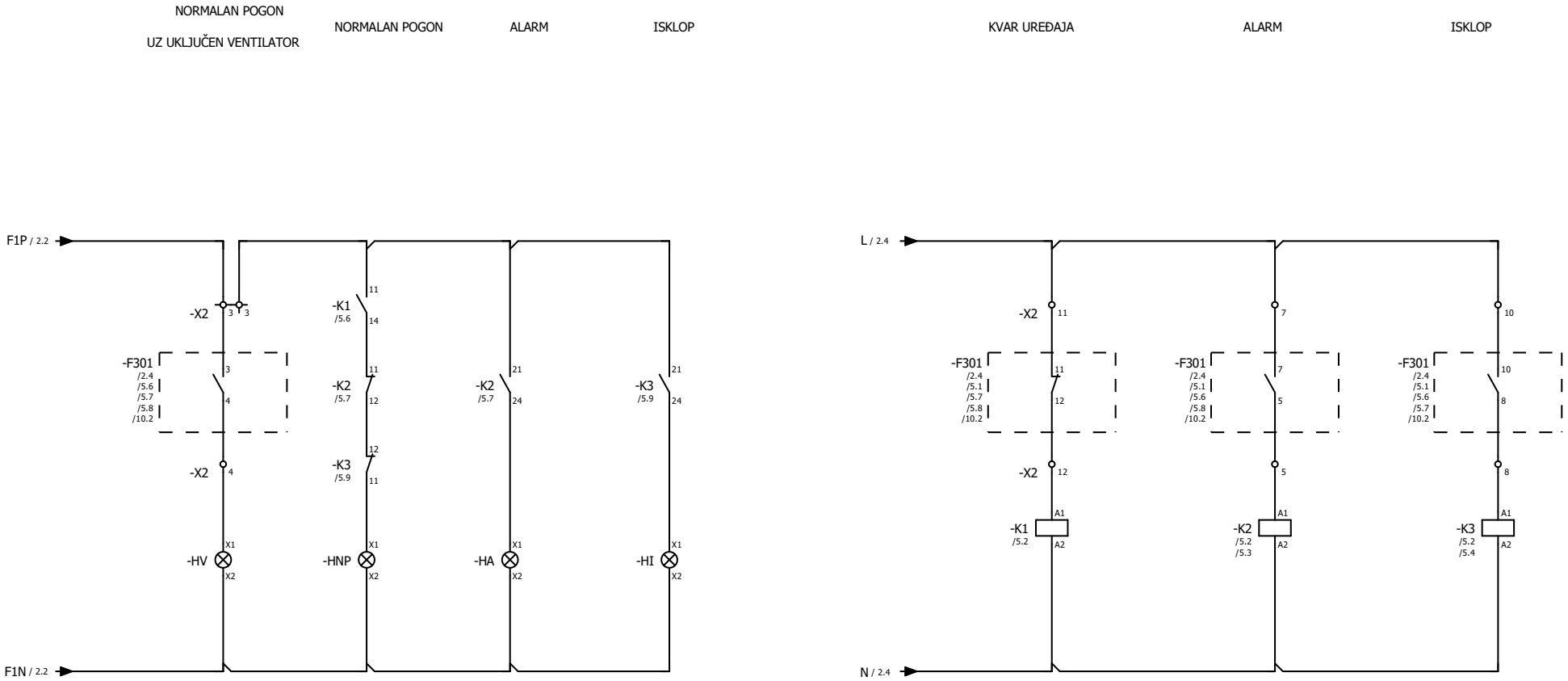



"+" za isklop prekidača ide direktno sa automata
(bez uvjeta da je preklopka u položaju daljinski )

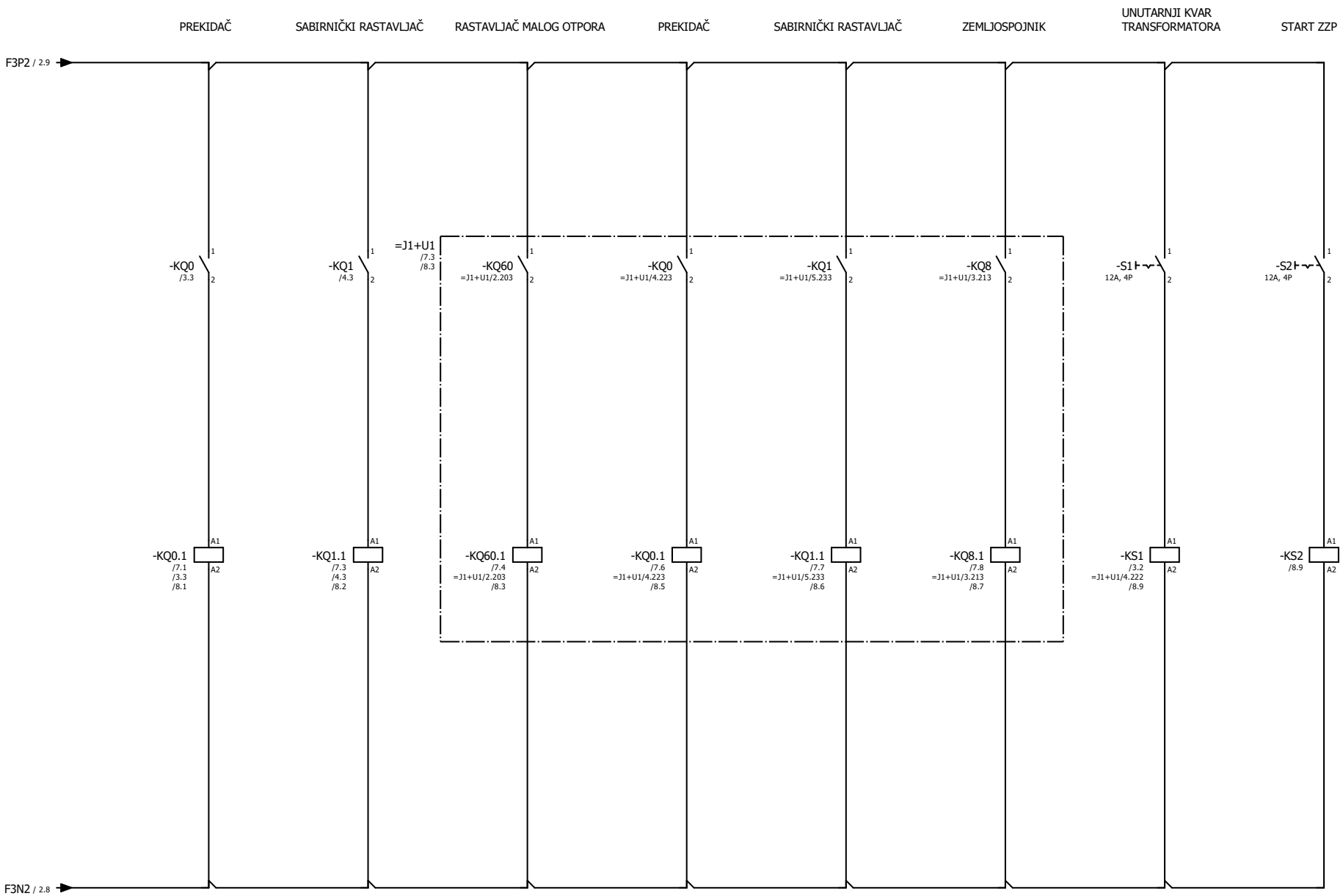
| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Datum: | 11.10.2024. | Razina provedbe: | | Upravljanje prekidač | Kolegij: | Diplomski rad | =E1 | +S1 |
| Nacrtao: | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. | | | | | | | |
| Pregledao: | prof. dr. sc. Ivica Pavić | Projekt izvedenog stanja | | | Simulacija upravljačkih funkcija zaštitnih uređaja | | | Stranica 8/52 |



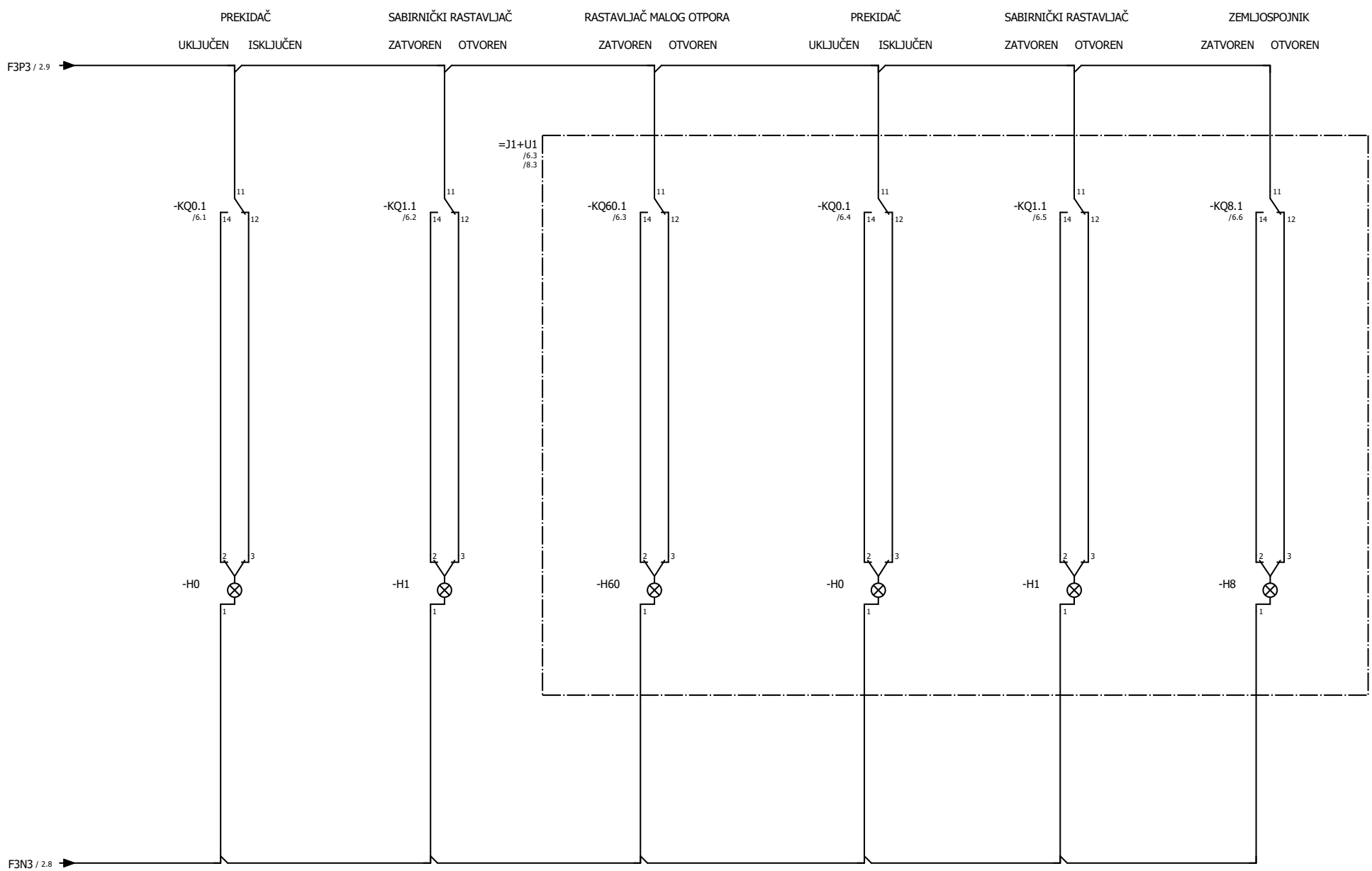

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Datum: | 15.12.2024. | Razina provedbe: | | Upravljanje sabirnički rastavljač | Kolegij: | Diplomski rad | =E1 | +S1 |
| Nacrtao: | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. | | | | | | | |
| Pregledao: | prof. dr. sc. Ivica Pavić | Projekt izvedenog stanja | | | Simulacija upravljačkih funkcija zaštitnih uređaja | | | Stranica 9/52 |



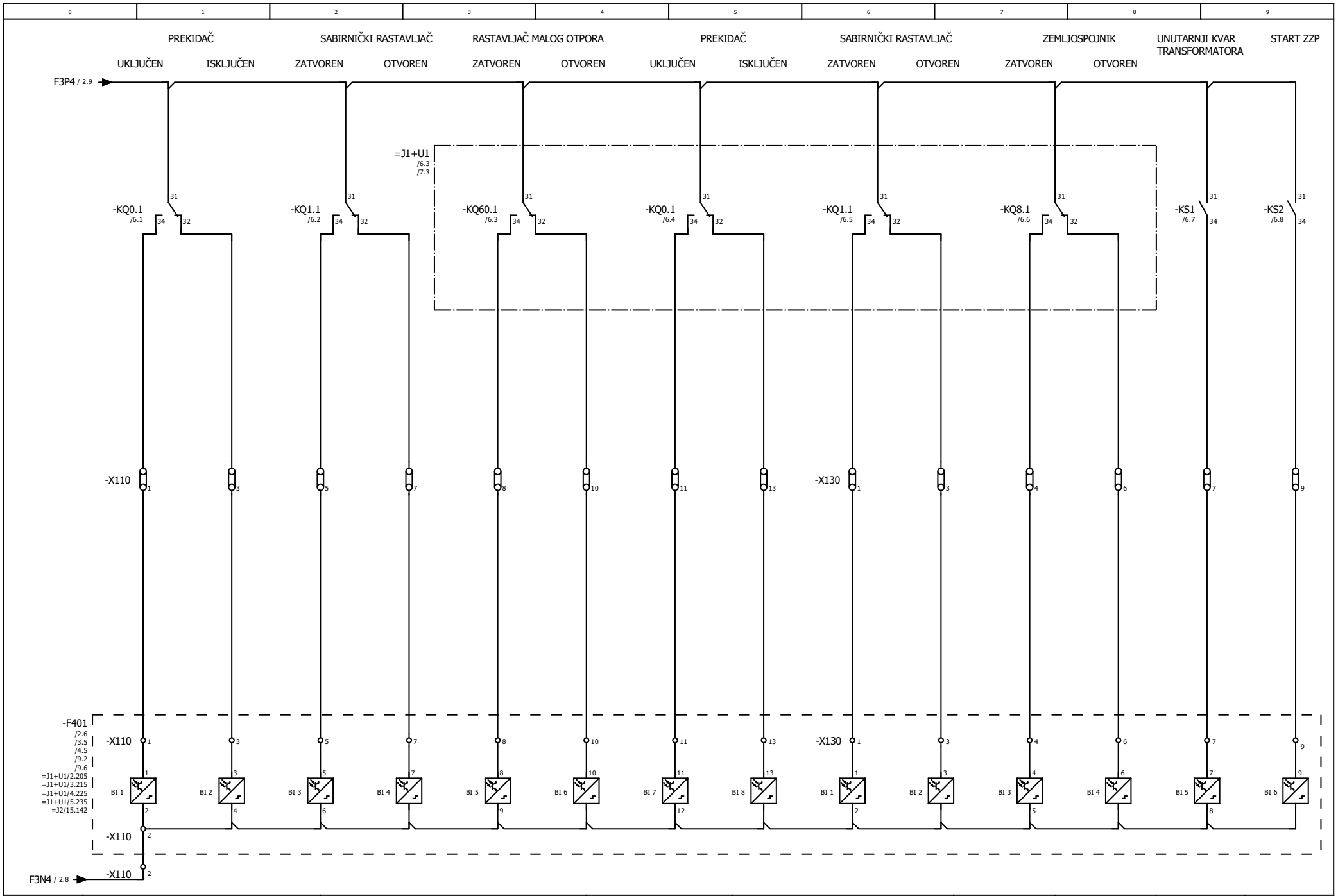

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Datum: | 11.10.2024. | Razina provedbe: | | Upravljanje i signalizacija termički relej | Kolegij: | Diplomski rad | =E1 | +S1 |
| Nacrtao: | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. | | | | | | | |
| Pregledao: | prof. dr. sc. Ivica Pavić | Projekt izvedenog stanja | | | Simulacija upravljačkih funkcija zaštitnih uređaja | | | Stranica 10/52 |



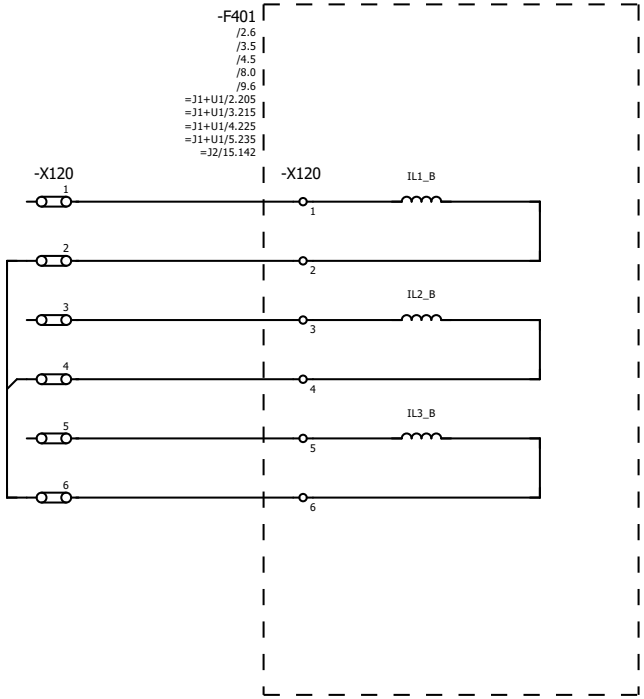

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Datum: | 11.10.2024. | Razina provedbe: | | Pomoćni elektromehanički releji | Kolegij: | Diplomski rad | =E1 | +S1 |
| Nacrtao: | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. | | | | | | | |
| Pregledao: | prof. dr. sc. Ivica Pavić | Projekt izvedenog stanja | | | Simulacija upravljačkih funkcija zaštitnih uređaja | | | Stranica 11/52 |

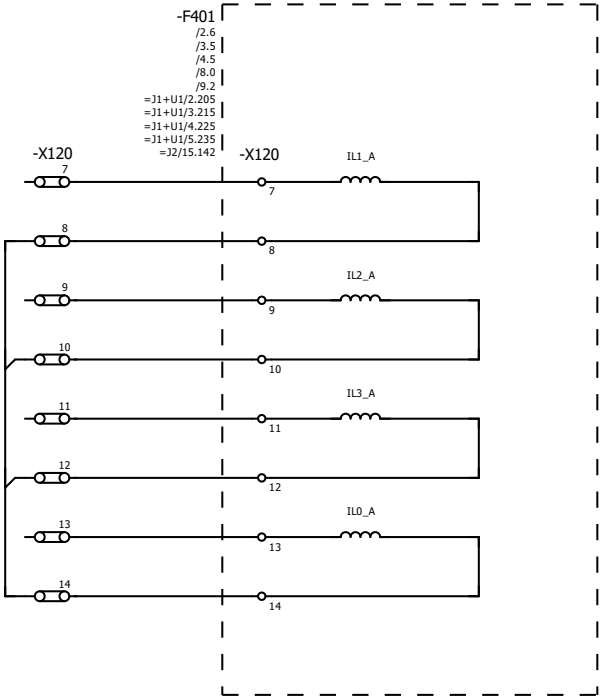



| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Datum: | 11.10.2024. | Razina provedbe: | | Signalizacija rezervni upravljački panel | Kolegij: | Diplomski rad | =E1 | +S1 |
| Nacrtao: | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. | | | | | | | |
| Pregledao: | prof. dr. sc. Ivica Pavić | Projekt izvedenog stanja | | | Simulacija upravljačkih funkcija zaštitnih uređaja | | | Stranica 12/52 |

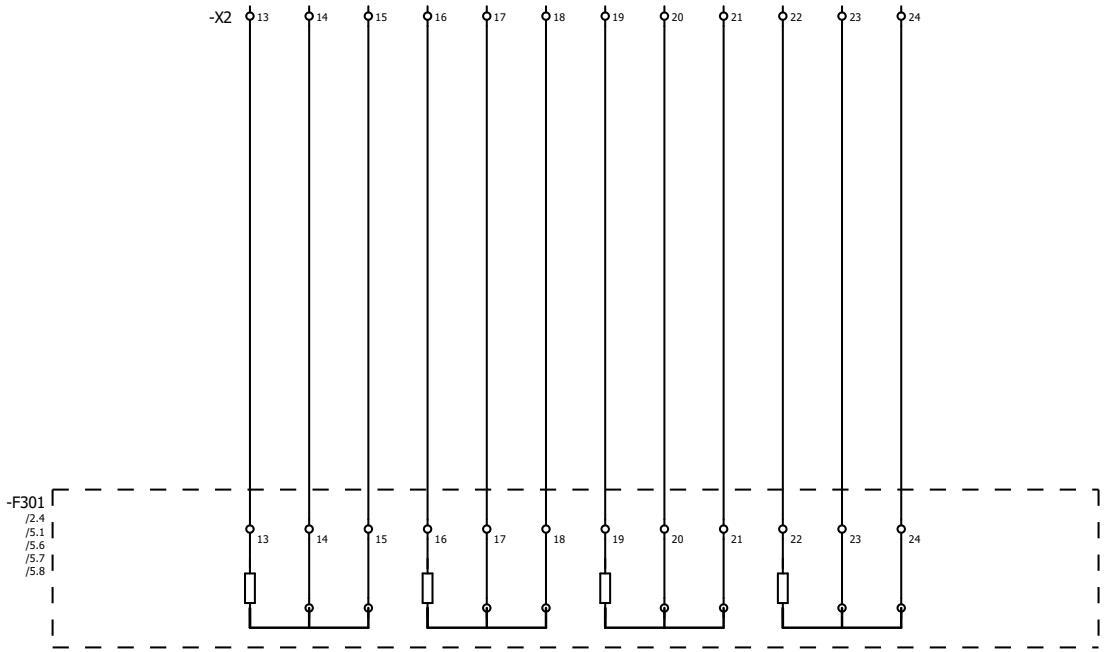



| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Datum: | 11.10.2024. | Razina provedbe: | Signalizacija-F401 | Kolegij: | Diplomski rad | =E1 | +S1 |
| Nacrtao: | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. | Projekt izvedenog stanja | | Simulacija upravljačkih funkcija zaštitnih uređaja | | | Stranica 13/52 |
| Pregledao: | prof. dr. sc. Ivica Pavić | | | | | | |




| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Datum: | 11.10.2024. | Razina provedbe: | | Mjerenje struja -F401 | Kolegij: | Diplomski rad | =E1 | +S1 |
| Nacrtao: | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. | | | | | | | |
| Pregledao: | prof. dr. sc. Ivica Pavić | Projekt izvedenog stanja | | | Simulacija upravljačkih funkcija zaštitnih uređaja | | | Stranica 14/52 |




| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Datum: | 11.10.2024. | Razina provedbe: | | Mjerenje temperaturnih veličina | Kolegij: | Diplomski rad | =E1 | +S1 |
| Nacrtao: | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. | | | | | | | |
| Pregledao: | prof. dr. sc. Ivica Pavić | Projekt izvedenog stanja | | | Simulacija upravljačkih funkcija zaštitnih uređaja | | | Stranica 15/52 |

# Priključni plan

| Funkcija | | | | | | | | | Ime kabela | Priključna letva -X0 | | | | | | Ime kabela | | | | | | Stranica/stupac |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | Tip kabela | Priključak na | Spojno mjesto | Stezaljka | Kratkospojnik | Priključak na | Spojno mjesto | Tip kabela | | | | | | |
| | | | | | | | | | | =J2-X101 | L | 1 | | -F301 | 40 | | | | | | | /2.4 |
| | | | | | | | | | | | | 2 | | -X2 | 11 | | | | | | | /2.4 |
| | | | | | | | | | | =J2-X101 | N | 3 | | -F301 | 42 | | | | | | | /2.4 |
| | | | | | | | | | | | | 4 | | -K1 | A2 | | | | | | | /2.4 |

| Funkcija | | | | | | | | | Ime kabela | Priključna letva -X1 | | | | | | Ime kabela | | | | | | Stranica/stupac |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | Tip kabela | Priključak na | Spojno mjesto | Stezaljka | Kratkospojnik | Priključak na | Spojno mjesto | Tip kabela | | | | | | |
| | | | | | | | | | | -HV | X2 | 1 | | -F1 | 2 | | | | | | | /2.2 |
| | | | | | | | | | | -X2 | 3 | 2 | | -F1 | 4 | | | | | | | /2.2 |

# Priključni plan

| Funkcija | | | | | | | | | Ime kabela | Priključna letva -X2 | | | | | | Ime kabela | | | | | Stranica/stupac |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | Tip kabela | Priključak na | Spojno mjesto | Stezaljka | Kratkospojnik | Priključak na | Spojno mjesto | Tip kabela | | | | | |
| | | | | | | | | | | -X1 | 2 | 3 | | -F301 | 3 | | | | | | /5.1 |
| | | | | | | | | | | -K1 | 11 | 3 | | | | | | | | | /5.1 |
| | | | | | | | | | | -HV | X1 | 4 | | -F301 | 4 | | | | | | /5.1 |
| | | | | | | | | | | -K2 | A1 | 5 | | -F301 | 5 | | | | | | /5.7 |
| | | | | | | | | | | | | 7 | | -F301 | 7 | | | | | | /5.7 |
| | | | | | | | | | | -K3 | A1 | 8 | | -F301 | 8 | | | | | | /5.9 |
| | | | | | | | | | | | | 10 | | -F301 | 10 | | | | | | /5.9 |
| | | | | | | | | | | -X0 | 2 | 11 | | -F301 | 11 | | | | | | /5.6 |
| | | | | | | | | | | -K1 | A1 | 12 | | -F301 | 12 | | | | | | /5.6 |
| | | | | | | | | | | | | 13 | | -F301 | 13 | | | | | | /10.3 |
| | | | | | | | | | | | | 14 | | -F301 | 14 | | | | | | /10.3 |
| | | | | | | | | | | | | 15 | | -F301 | 15 | | | | | | /10.3 |
| | | | | | | | | | | | | 16 | | -F301 | 16 | | | | | | /10.4 |
| | | | | | | | | | | | | 17 | | -F301 | 17 | | | | | | /10.4 |
| | | | | | | | | | | | | 18 | | -F301 | 18 | | | | | | /10.4 |
| | | | | | | | | | | | | 19 | | -F301 | 19 | | | | | | /10.4 |
| | | | | | | | | | | | | 20 | | -F301 | 20 | | | | | | /10.5 |
| | | | | | | | | | | | | 21 | | -F301 | 21 | | | | | | /10.5 |
| | | | | | | | | | | | | 22 | | -F301 | 22 | | | | | | /10.5 |
| | | | | | | | | | | | | 23 | | -F301 | 23 | | | | | | /10.6 |
| | | | | | | | | | | | | 24 | | -F301 | 24 | | | | | | /10.6 |

# Priključni plan

| Funkcija | | | | | | | | | Ime kabela | Priključna letva -X3 | | | | | | Ime kabela | | | | | | Stranica/stupac |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | Tip kabela | Priključak na | Spojno mjesto | Stezaljka | Kratkospojnik | Priključak na | Spojno mjesto | Tip kabela | | | | | | |
| | | | | | | | | | | -F3 | 2 | 1 | | -KQ0 | A2 | | | | | | | /2.8 |
| | | | | | | | | | | -KQ0.1 | A2 | 2 | | | | | | | | | | /2.8 |
| | | | | | | | | | | -H0 | 1 | 3 | | | | | | | | | | /2.8 |
| | | | | | | | | | | -X110 | 2 | 4 | | | | | | | | | | /2.8 |
| | | | | | | | | | | -F3 | 4 | 5 | | -SLD | 13 | | | | | | | /2.9 |
| | | | | | | | | | | -KQ0 | 1 | 6 | | | | | | | | | | /2.9 |
| | | | | | | | | | | -KQ0.1 | 11 | 7 | | | | | | | | | | /2.9 |
| | | | | | | | | | | -KQ0.1 | 31 | 8 | | | | | | | | | | /2.9 |

| Funkcija | | | | | | | | | Ime kabela | Priključna letva -X4 | | | | | | Ime kabela | | | | | | Stranica/stupac |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | Tip kabela | Priključak na | Spojno mjesto | Stezaljka | Kratkospojnik | Priključak na | Spojno mjesto | Tip kabela | | | | | | |
| | | | | | | | | | | -SLD | 14 | 1 | | -SQ0.U | 13 | | | | | | | /3.3 |
| | | | | | | | | | | | | | | -SQ0.I | 13 | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | 2 | | -SQ1.U | 13 | | | | | | | /3.3 |
| | | | | | | | | | | | | | | -SQ1.I | 13 | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | 3 | | =J1+U1-SQ60.U | 13 | | | | | | | /3.4 |
| | | | | | | | | | | | | | | =J1+U1-SQ60.I | 13 | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | 4 | | =J1+U1-SQ8.U | 13 | | | | | | | /3.4 |
| | | | | | | | | | | | | | | =J1+U1-SQ8.I | 13 | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | 5 | | =J1+U1-SQ0.U | 13 | | | | | | | /3.4 |
| | | | | | | | | | | | | | | =J1+U1-SQ0.I | 13 | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | 6 | | =J1+U1-SQ1.U | 13 | | | | | | | /3.4 |
| | | | | | | | | | | | | | | =J1+U1-SQ1.I | 13 | | | | | | | |

# Priključni plan

| Funkcija | | | | | | | | | Ime kabela | Priključna letva -X5 | | | | | | Ime kabela | | | | | Stranica/stupac |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | Tip kabela | Priključak na | Spojno mjesto | Stezaljka | Kratkospojnik | Priključak na | Spojno mjesto | Tip kabela | | | | | |
| | | | | | | | | | | -X100 | 6 | 1 | | -SLD | 12 | | | | | | /3.6 |
| | | | | | | | | | | -X100 | 12 | 2 | | | | | | | | | /3.6 |
| | | | | | | | | | | | | 3 | | -X130 | 11 | | | | | | /3.6 |
| | | | | | | | | | | | | 4 | | -X110 | 15 | | | | | | /3.6 |
| | | | | | | | | | | | | 5 | | -X100 | 8 | | | | | | /3.6 |
| | | | | | | | | | | -X110 | 21 | 6 | | | | | | | | | /3.6 |

# Priključni plan

| Funkcija | | | | | | | | | Ime kabela | Priključna letva -X100 | | | | | | Ime kabela | | | | | Stranica/stupac |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | Tip kabela | Priključak na | Spojno mjesto | Stezaljka | Kratkospojnik | Priključak na | Spojno mjesto | Tip kabela | | | | | |
| | | | | | | | | | | -F2 | 4 | 1 | | -F401-X100 | 1 | | | | | | /2.7 |
| | | | | | | | | | | -F2 | 2 | 2 | | -F401-X100 | 2 | | | | | | /2.6 |
| | | | | | | | | | | -F401-X100 | 6 | 6 | | -X5 | 1 | | | | | | /3.6 |
| | | | | | | | | | | -KQ0.1 | 22 | 7 | | -F401-X100 | 7 | | | | | | /3.6 |
| | | | | | | | | | | -F401-X100 | 8 | 8 | | -X5 | 5 | | | | | | =J1+U1/4.226 |
| | | | | | | | | | | =J1+U1-KQ0.1 | 22 | 9 | | -F401-X100 | 9 | | | | | | =J1+U1/4.226 |
| | | | | | | | | | | -KQ1.1 | 24 | 10 | | -F401-X100 | 10 | | | | | | /4.6 |
| | | | | | | | | | | -X5 | 2 | 12 | | -F401-X100 | 12 | | | | | | /4.6 |
| | | | | | | | | | | | | 13 | | -F401-X100 | 13 | | | | | | /4.6 |
| | | | | | | | | | | -KQ1.1 | 22 | 14 | | -F401-X100 | 14 | | | | | | /4.6 |
| | | | | | | | | | | -SLD | 13 | 16 | | -F401-X100 | 16 | | | | | | /3.6 |
| | | | | | | | | | | | | 16 | | | | | | | | | /3.7 |
| | | | | | | | | | | -KQ0.1 | 24 | 19 | | -F401-X100 | 19 | | | | | | /3.6 |
| | | | | | | | | | | | | 21 | | -F401-X100 | 21 | | | | | | =J1+U1/4.226 |
| | | | | | | | | | | =J1+U1-KQ0.1 | 24 | 24 | | -F401-X100 | 24 | | | | | | =J1+U1/4.226 |

# Priključni plan

| Funkcija | | | | | | | | | Ime kabela | Priključna letva -X110 | | | | | | Ime kabela | | | | | Stranica/stupac |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | Tip kabela | Priključak na | Spojno mjesto | Stezaljka | Kratkospojnik | Priključak na | Spojno mjesto | Tip kabela | | | | | |
| | | | | | | | | | | -KQ0.1 | 34 | 1 | | -F401-X110 | 1 | | | | | | /8.1 |
| | | | | | | | | | | -X3 | 4 | 2 | | -F401-X110 | 2 | | | | | | /8.1 |
| | | | | | | | | | | -KQ0.1 | 32 | 3 | | -F401-X110 | 3 | | | | | | /8.1 |
| | | | | | | | | | | -KQ1.1 | 34 | 5 | | -F401-X110 | 5 | | | | | | /8.2 |
| | | | | | | | | | | -KQ1.1 | 32 | 7 | | -F401-X110 | 7 | | | | | | /8.3 |
| | | | | | | | | | | =J1+U1-KQ60.1 | 34 | 8 | | -F401-X110 | 8 | | | | | | /8.3 |
| | | | | | | | | | | =J1+U1-KQ60.1 | 32 | 10 | | -F401-X110 | 10 | | | | | | /8.4 |
| | | | | | | | | | | =J1+U1-KQ0.1 | 34 | 11 | | -F401-X110 | 11 | | | | | | /8.5 |
| | | | | | | | | | | =J1+U1-KQ0.1 | 32 | 13 | | -F401-X110 | 13 | | | | | | /8.5 |
| | | | | | | | | | | =J1+U1-KQ8.1 | 22 | 14 | | -F401-X110 | 14 | | | | | | =J1+U1/3.216 |
| | | | | | | | | | | -X5 | 4 | 15 | | -F401-X110 | 15 | | | | | | =J1+U1/3.216 |
| | | | | | | | | | | | | 17 | | -F401-X110 | 17 | | | | | | =J1+U1/3.216 |
| | | | | | | | | | | =J1+U1-KQ8.1 | 24 | 18 | | -F401-X110 | 18 | | | | | | =J1+U1/3.216 |
| | | | | | | | | | | =J1+U1-KQ1.1 | 22 | 20 | | -F401-X110 | 20 | | | | | | =J1+U1/5.236 |
| | | | | | | | | | | -X5 | 6 | 21 | | -F401-X110 | 21 | | | | | | =J1+U1/5.236 |
| | | | | | | | | | | | | 23 | | -F401-X110 | 23 | | | | | | =J1+U1/5.236 |
| | | | | | | | | | | =J1+U1-KQ1.1 | 24 | 24 | | -F401-X110 | 24 | | | | | | =J1+U1/5.236 |

# Priključni plan

| Funkcija | | | | | | | | Ime kabela | Priključna letva -X120 | | | | | | Ime kabela | | | | | Stranica/stupac |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | Tip kabela | Priključak na | Spojno mjesto | Stezaljka | Kratkospojnik | Priključak na | Spojno mjesto | Tip kabela | | | | | |
| | | | | | | | | | | | 1 | | -F401-X120 | 1 | | | | | | /9.1 |
| | | | | | | | | | | | 2 | | -F401-X120 | 2 | | | | | | /9.1 |
| | | | | | | | | | | | 3 | | -F401-X120 | 3 | | | | | | /9.1 |
| | | | | | | | | | | | 4 | | -F401-X120 | 4 | | | | | | /9.1 |
| | | | | | | | | | | | 5 | | -F401-X120 | 5 | | | | | | /9.1 |
| | | | | | | | | | | | 6 | | -F401-X120 | 6 | | | | | | /9.1 |
| | | | | | | | | | | | 7 | | -F401-X120 | 7 | | | | | | /9.5 |
| | | | | | | | | | | | 8 | | -F401-X120 | 8 | | | | | | /9.5 |
| | | | | | | | | | | | 9 | | -F401-X120 | 9 | | | | | | /9.5 |
| | | | | | | | | | | | 10 | | -F401-X120 | 10 | | | | | | /9.5 |
| | | | | | | | | | | | 11 | | -F401-X120 | 11 | | | | | | /9.5 |
| | | | | | | | | | | | 12 | | -F401-X120 | 12 | | | | | | /9.5 |
| | | | | | | | | | | | 13 | | -F401-X120 | 13 | | | | | | /9.5 |
| | | | | | | | | | | | 14 | | -F401-X120 | 14 | | | | | | /9.5 |

# Priključni plan

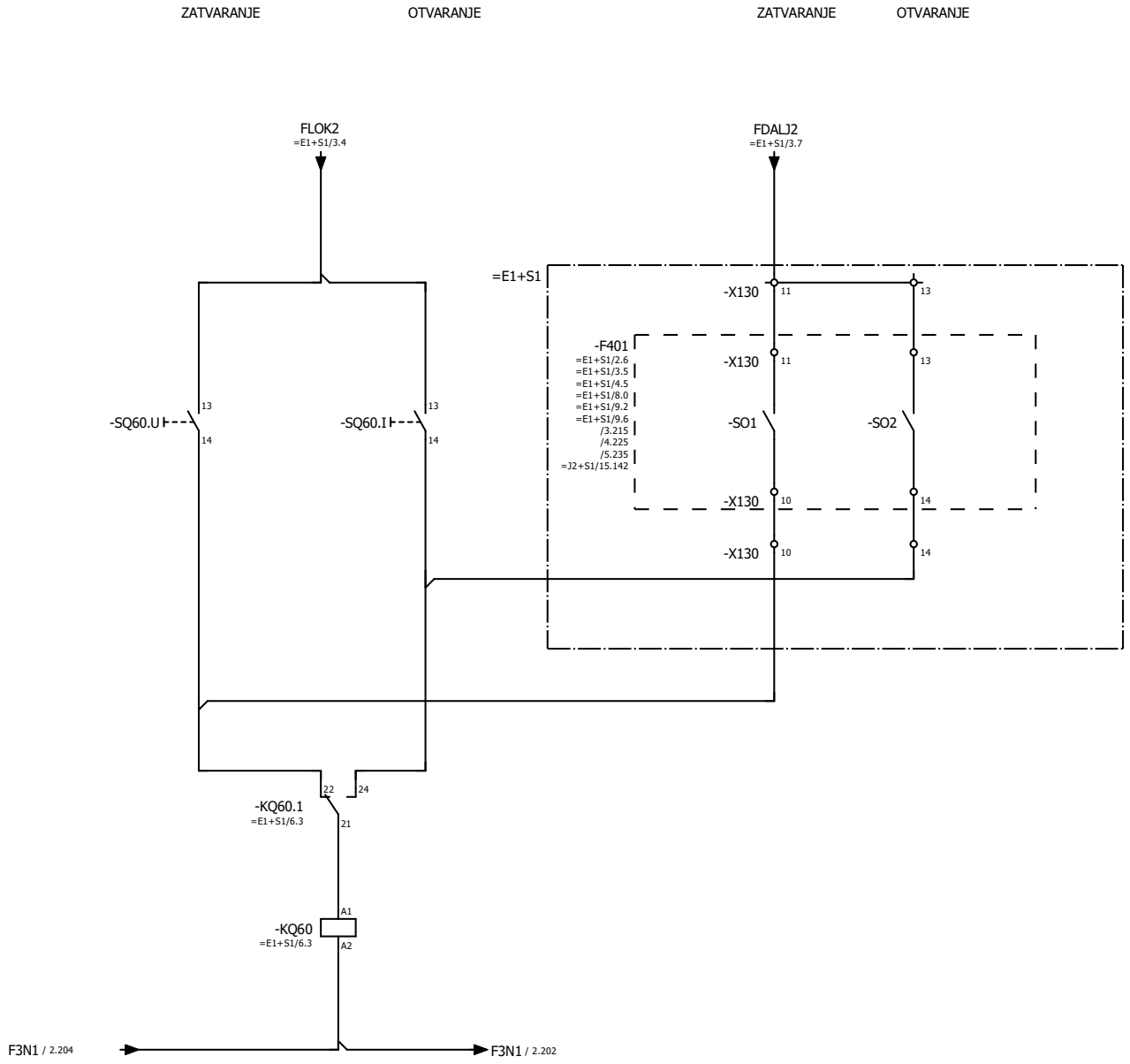
| Funkcija | | | | | | | | | Ime kabela | Priključna letva -X130 | | | | | | Ime kabela | | | | | Stranica/stupac |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | Tip kabela | Priključak na | Spojno mjesto | Stezaljka | Kratkospojnik | Priključak na | Spojno mjesto | Tip kabela | | | | | |
| | | | | | | | | | | =J1+U1-KQ1.1 | 34 | 1 | | -F401-X130 | 1 | | | | | | /8.6 |
| | | | | | | | | | | =J1+U1-KQ1.1 | 32 | 3 | | -F401-X130 | 3 | | | | | | /8.7 |
| | | | | | | | | | | =J1+U1-KQ8.1 | 34 | 4 | | -F401-X130 | 4 | | | | | | /8.7 |
| | | | | | | | | | | =J1+U1-KQ8.1 | 32 | 6 | | -F401-X130 | 6 | | | | | | /8.8 |
| | | | | | | | | | | -KS1 | 34 | 7 | | -F401-X130 | 7 | | | | | | /8.9 |
| | | | | | | | | | | -KS2 | 34 | 9 | | -F401-X130 | 9 | | | | | | /8.9 |
| | | | | | | | | | | =J1+U1-KQ60.1 | 22 | 10 | | -F401-X130 | 10 | | | | | | =J1+U1/2.206 |
| | | | | | | | | | | -X5 | 3 | 11 | | -F401-X130 | 11 | | | | | | =J1+U1/2.206 |
| | | | | | | | | | | | | 13 | | -F401-X130 | 13 | | | | | | =J1+U1/2.206 |
| | | | | | | | | | | =J1+U1-KQ60.1 | 24 | 14 | | -F401-X130 | 14 | | | | | | =J1+U1/2.206 |

| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

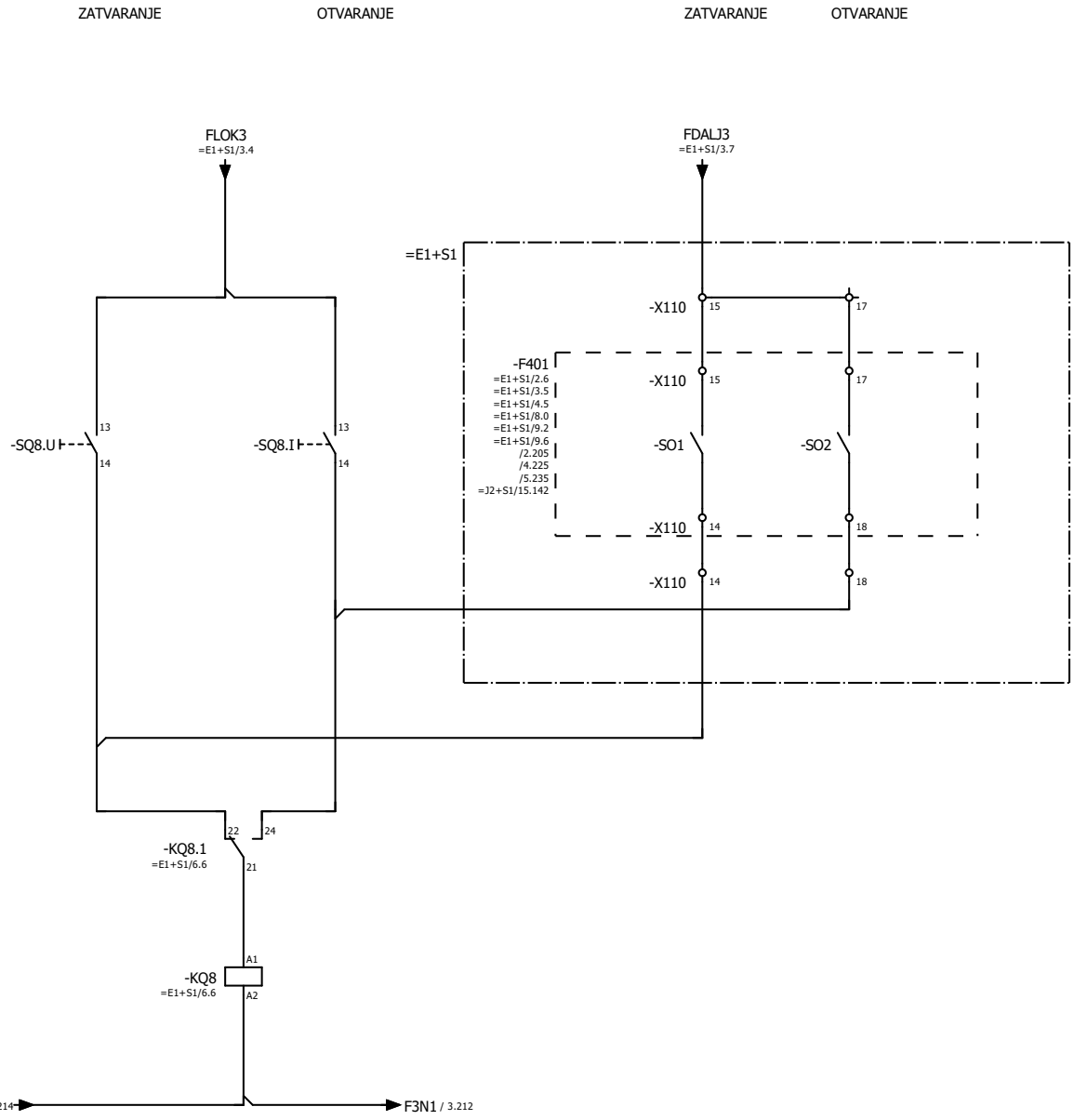
# TRANSFORMATORSKO POLJE

# =J1+U1

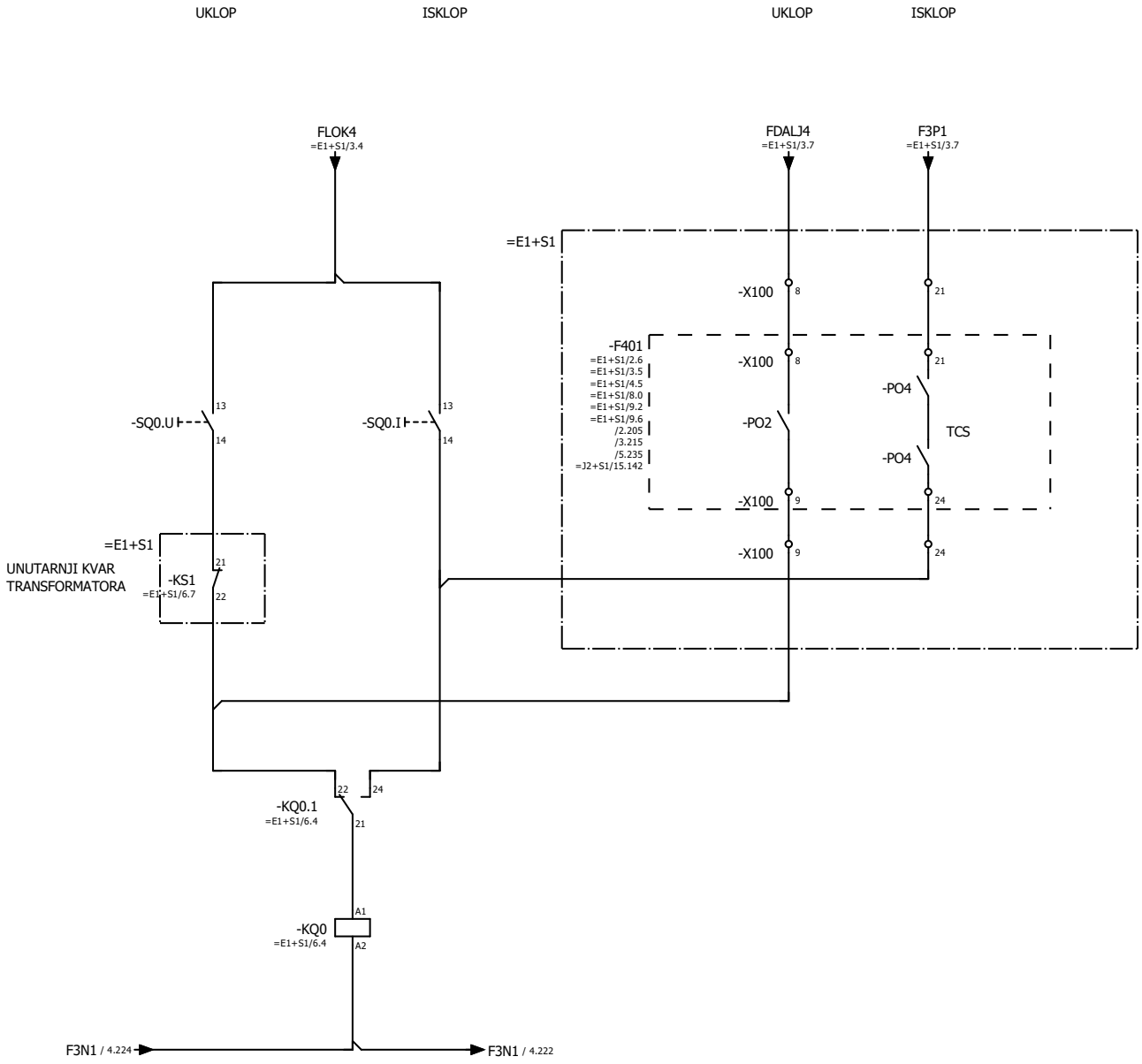
| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Datum: | 11.10.2024. | Razina provedbe: | | Naslovna stranica transformatorskog polja | Kolegij: | Diplomski rad | =J1 | +U1 |
| Nacrtao: | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. | | | | | | | |
| Pregledao: | prof. dr. sc. Ivica Pavić | Projekt izvedenog stanja | | | Simulacija upravljačkih funkcija zaštitnih uređaja | | | Stranica 24/52 |




| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Datum: | 15.12.2024. | Razina provedbe: | | Upravljanje rastavljač maloomskog otpornika | Kolegij: | Diplomski rad | =J1 | +U1 |
| Nacrtao: | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. | | | | | | | |
| Pregledao: | prof. dr. sc. Ivica Pavić | Projekt izvedenog stanja | | | Simulacija upravljačkih funkcija zaštitnih uređaja | | | Stranica 25/52 |

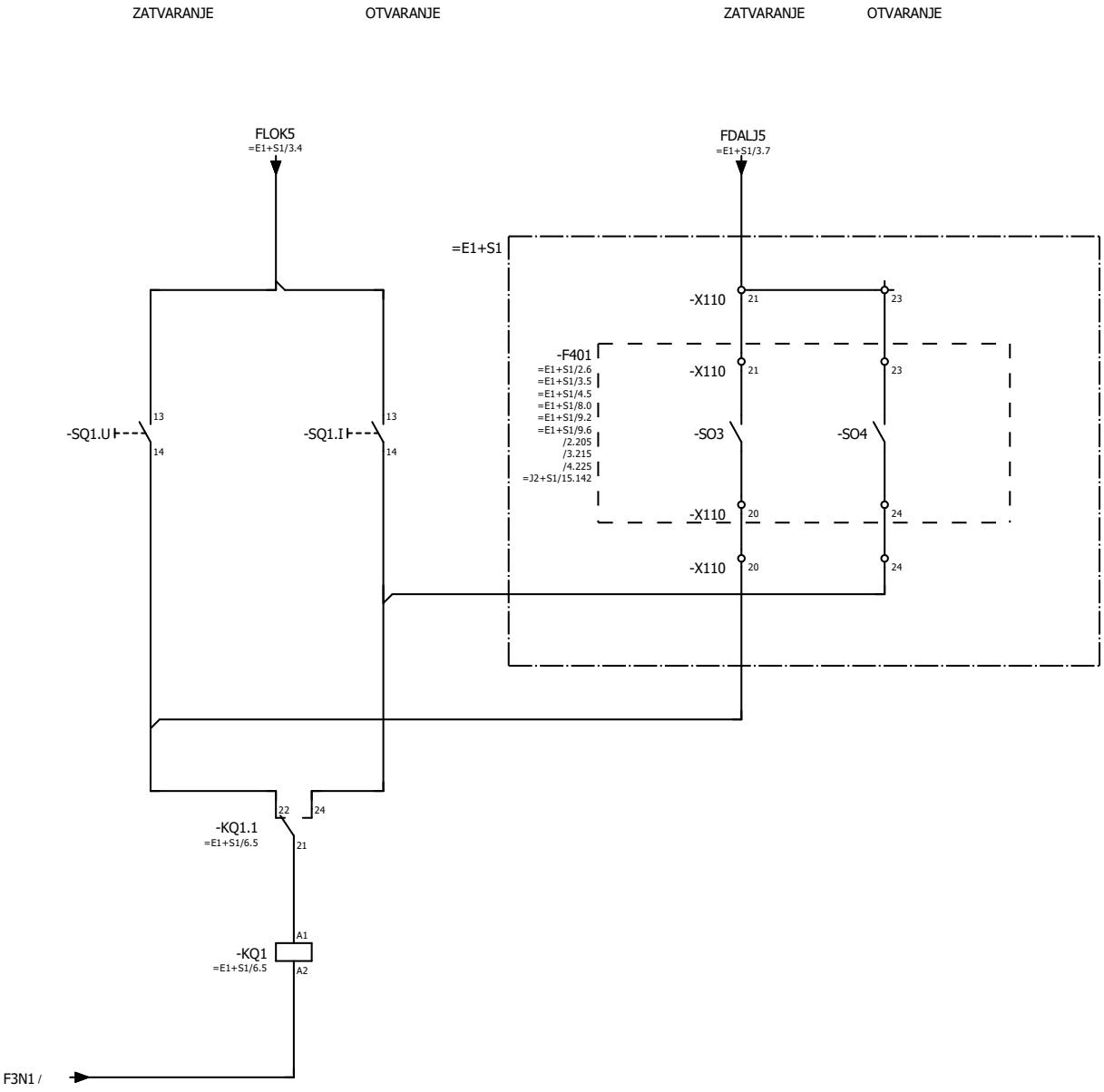



| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Datum: | 15.12.2024. | Razina provedbe: | | Upravljanje zemljospojnik | Kolegij: | Diplomski rad | =J1 | +U1 |
| Nacrtao: | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. | | | | | | | |
| Pregledao: | prof. dr. sc. Ivica Pavić | Projekt izvedenog stanja | | | Simulacija upravljačkih funkcija zaštitnih uređaja | | | Stranica 26/52 |




"+" za isklop prekidača ide direktno sa automata
(bez uvjeta da je preklopka u položaju daljinski )

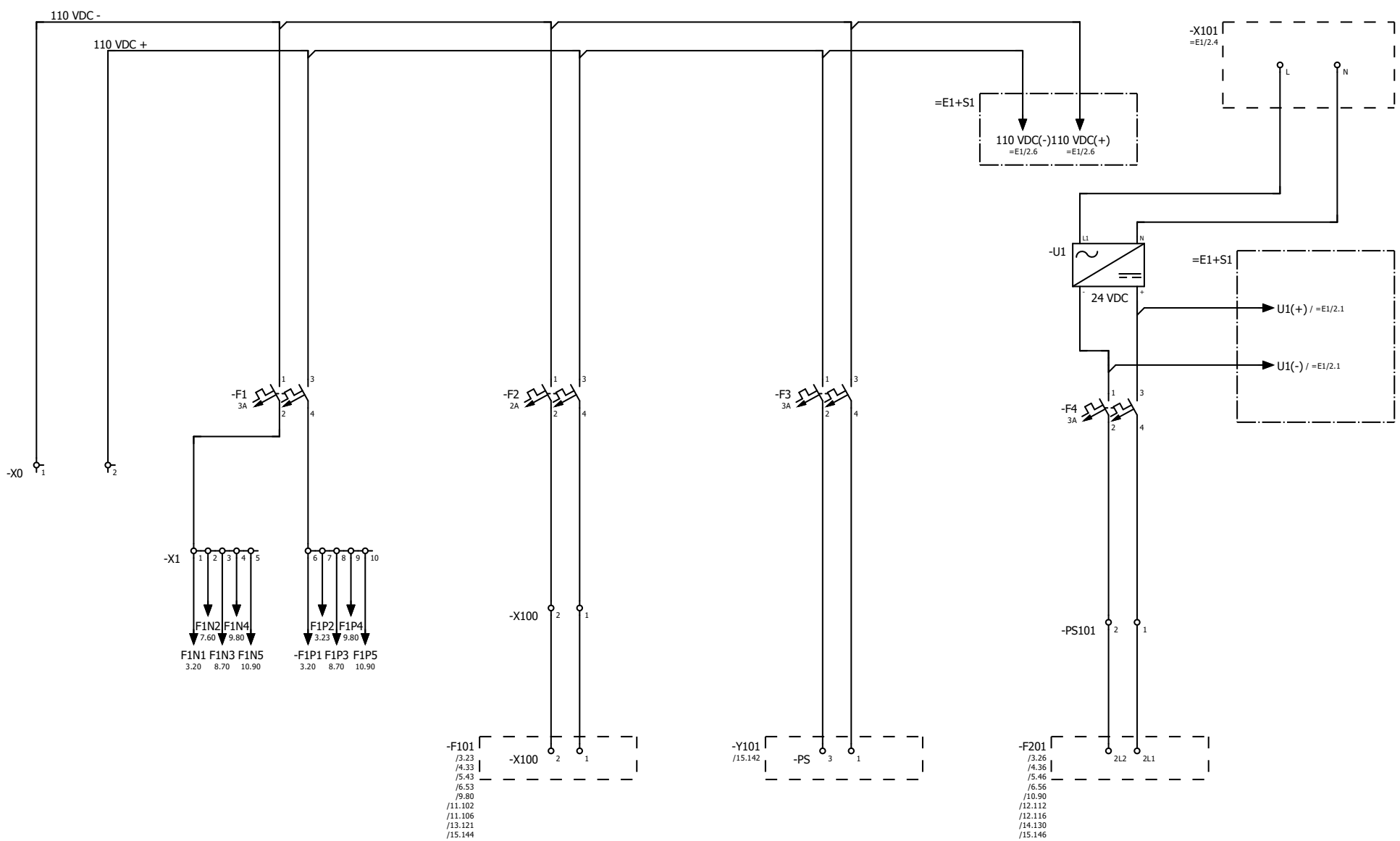
| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Datum: | 13.10.2024. | Razina provedbe: | | Upravljanje prekidač | Kolegij: | Diplomski rad | =J1 | +U1 |
| Nacrtao: | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. | | | | | | | |
| Pregledao: | prof. dr. sc. Ivica Pavić | Projekt izvedenog stanja | | | Simulacija upravljačkih funkcija zaštitnih uređaja | | | Stranica 27/52 |



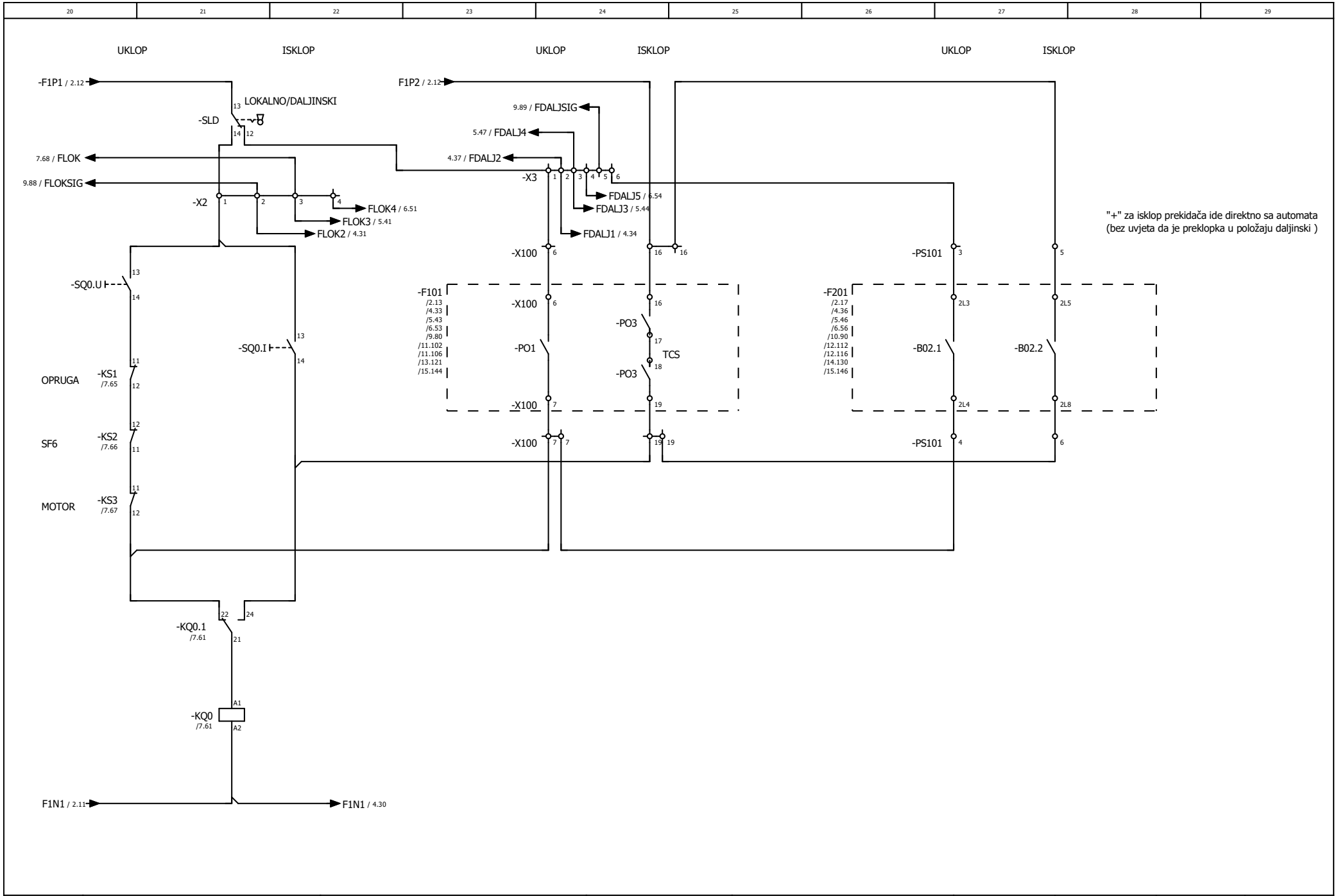

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Datum: | 15.12.2024. | Razina provedbe: | | Upravljanje sabirnički rastavljač | Kolegij: | Diplomski rad | =J1 | +U1 |
| Nacrtao: | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. | | | | | | | |
| Pregledao: | prof. dr. sc. Ivica Pavić | Projekt izvedenog stanja | | | Simulacija upravljačkih funkcija zaštitnih uređaja | | | Stranica 28/52 |

# VODNO POLJE

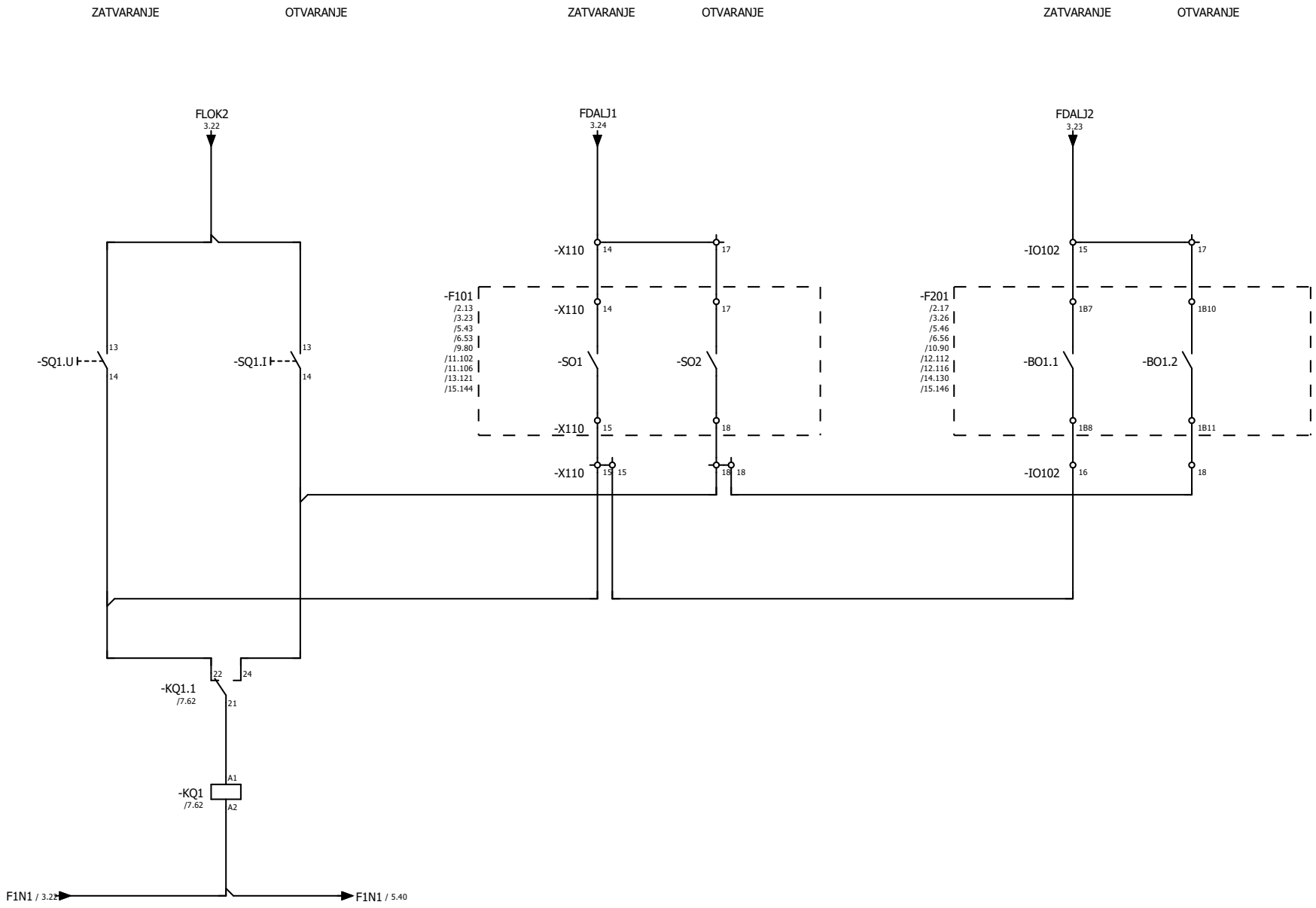
# =J2+S1



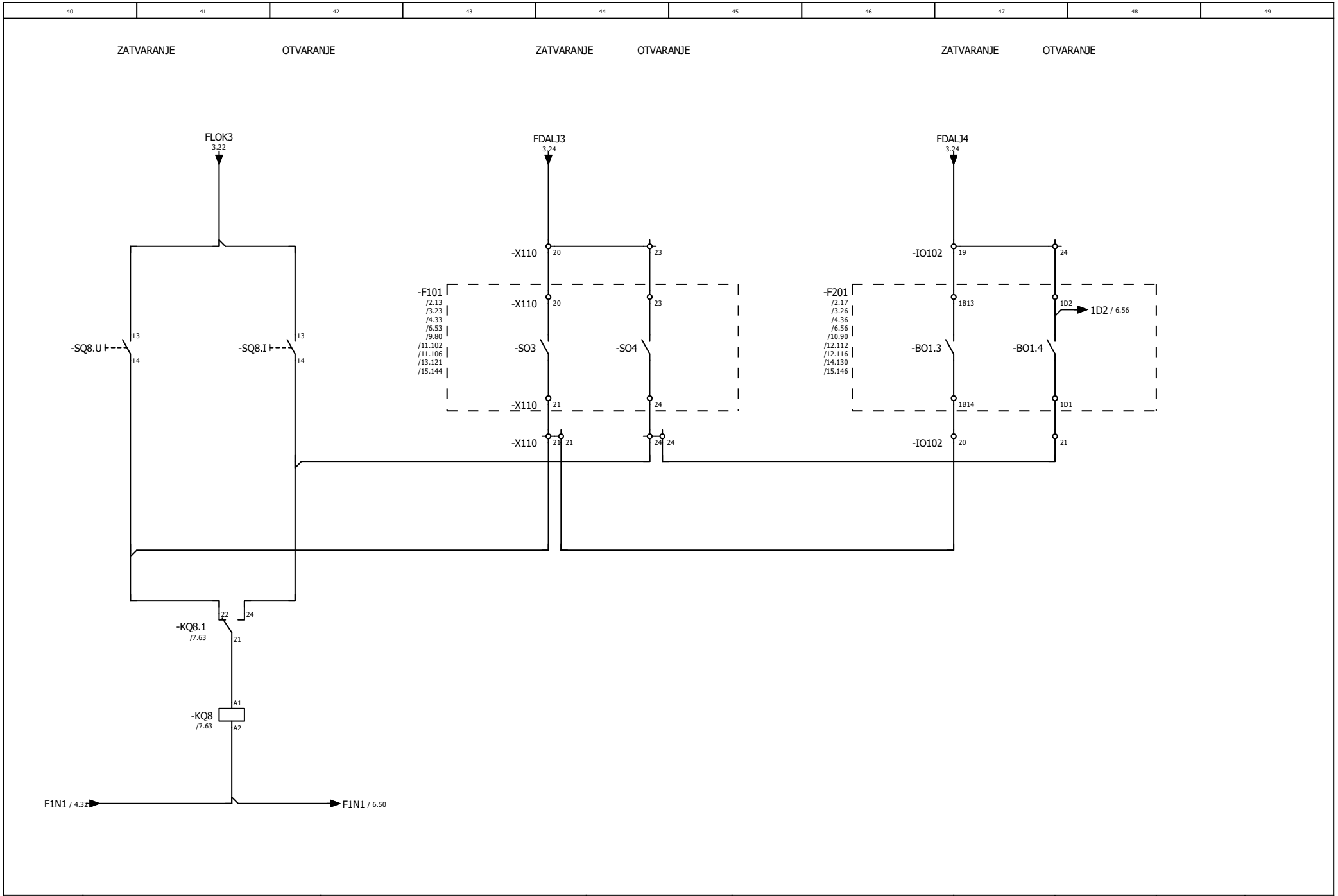

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Datum: | 13.10.2024. | Razina provedbe: | | Napajanje istosmjernim i izmjeničnim naponom uređaja vodnog polja | Kolegij: | Diplomski rad | =J2 | +S1 |
| Nacrtao: | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. | | | | | | | |
| Pregledao: | prof. dr. sc. Ivica Pavić | Projekt izvedenog stanja | | | Simulacija upravljačkih funkcija zaštitnih uređaja | | | Stranica 30/52 |



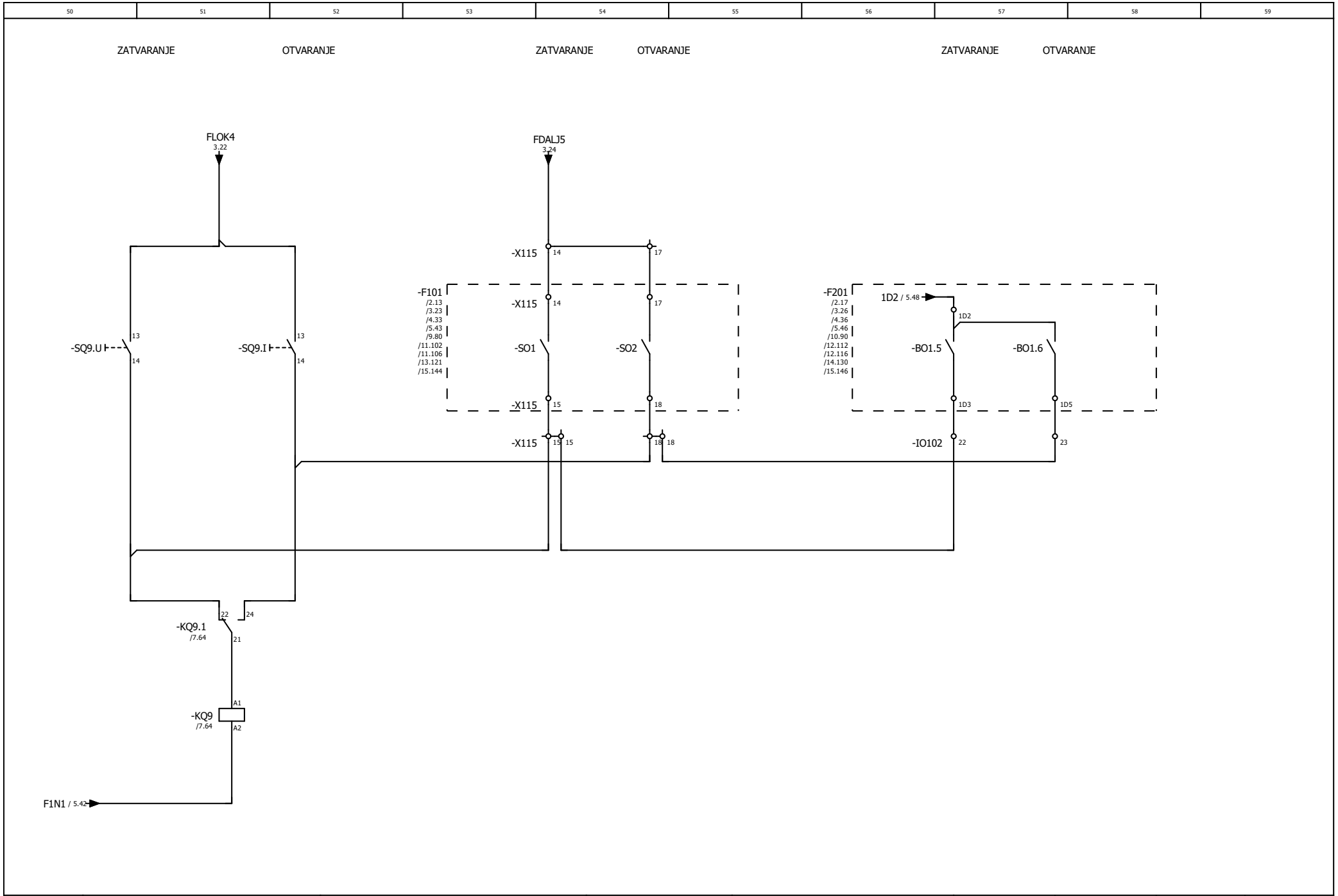

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Datum: | 16.10.2024. | Razina provedbe: | | Upravljanje prekidač | Kolegij: | Diplomski rad | =J2 | +S1 |
| Nacrtao: | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. | | | | | | | |
| Pregledao: | prof. dr. sc. Ivica Pavić | Projekt izvedenog stanja | | | Simulacija upravljačkih funkcija zaštitnih uređaja | | | Stranica 31/52 |



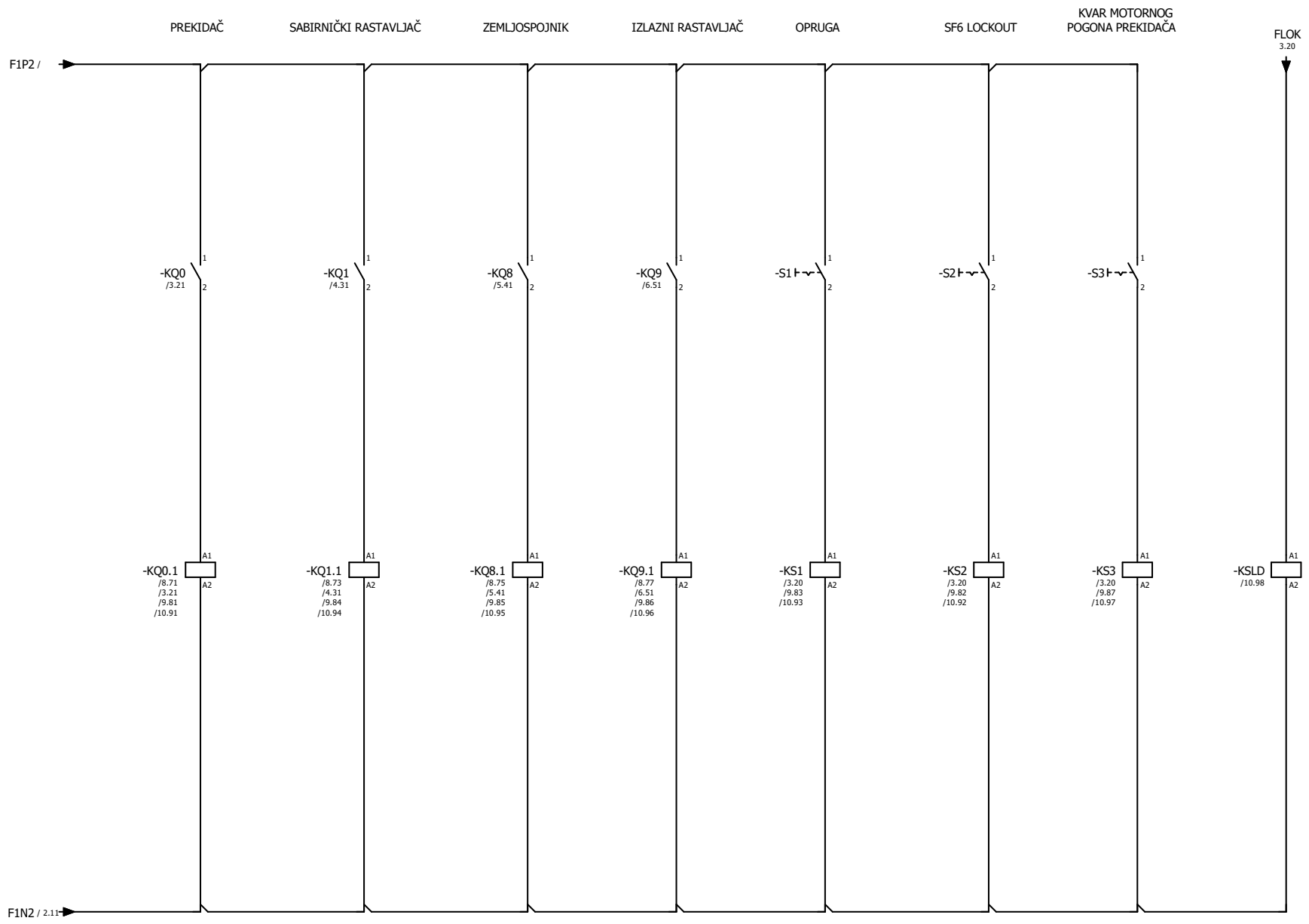

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Datum: | 15.12.2024. | Razina provedbe: | | Upravljanje sabirnički rastavljač | Kolegij: | Diplomski rad | =J2 | +S1 |
| Nacrtao: | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. | | | | | | | |
| Pregledao: | prof. dr. sc. Ivica Pavić | Projekt izvedenog stanja | | | Simulacija upravljačkih funkcija zaštitnih uređaja | | | Stranica 32/52 |



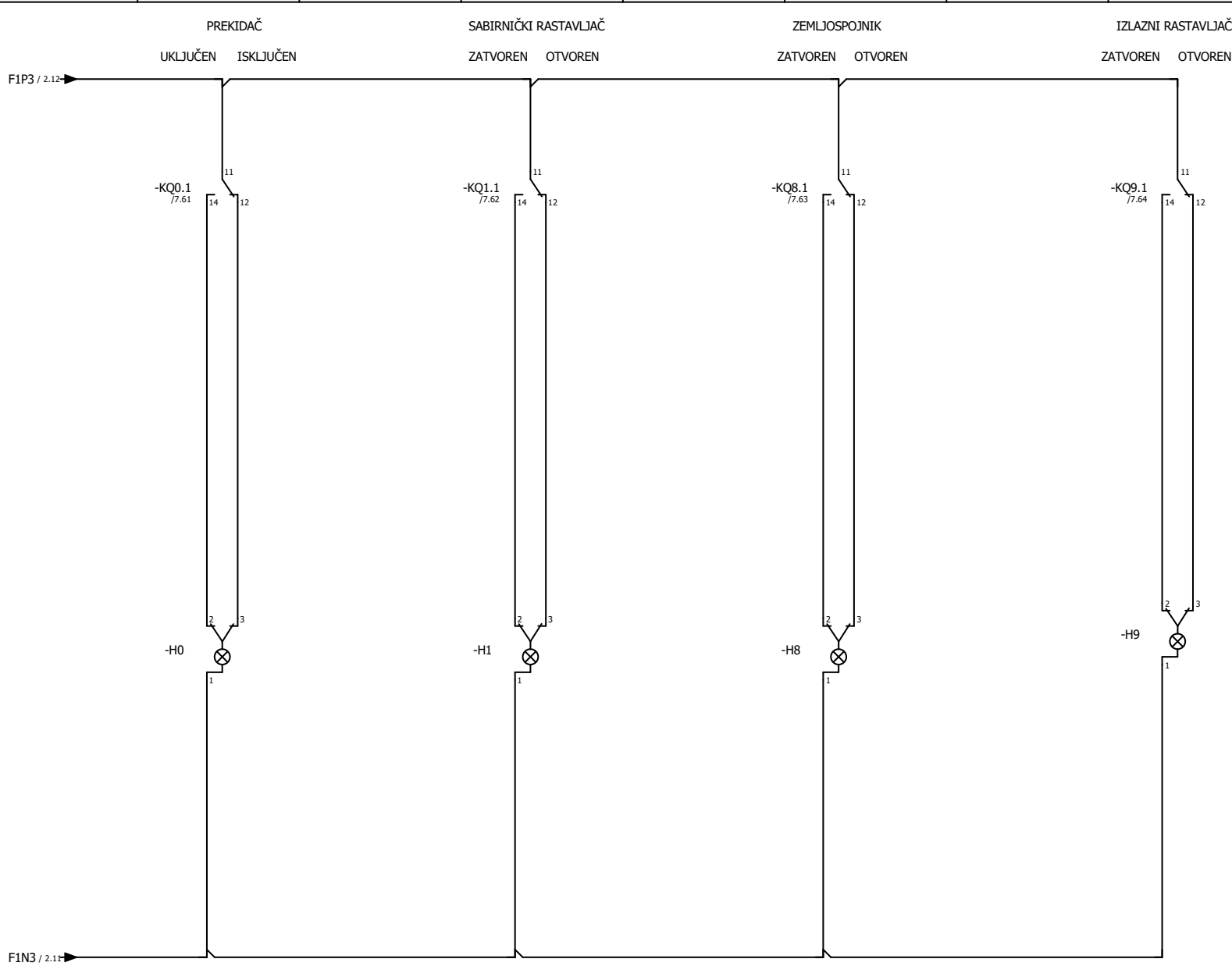

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Datum: | 15.12.2024. | Razina provedbe: | | Upravljanje zemljospojnik | Kolegij: | Diplomski rad | =J2 | +S1 |
| Nacrtao: | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. | | | | | | | |
| Pregledao: | prof. dr. sc. Ivica Pavić | Projekt izvedenog stanja | | | Simulacija upravljačkih funkcija zaštitnih uređaja | | | Stranica 33/52 |



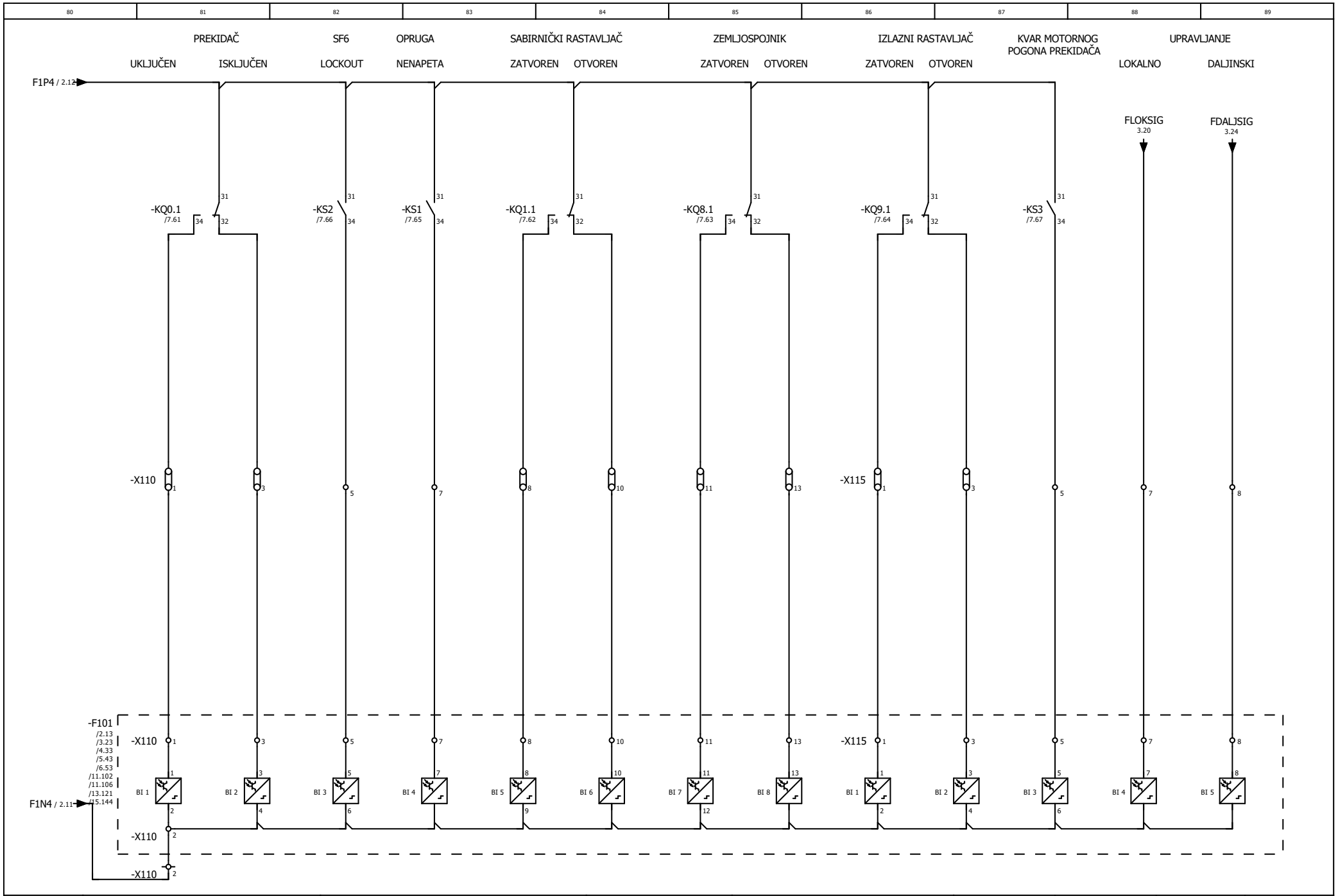

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Datum: | 15.12.2024. | Razina provedbe: | | Upravljanje izlazni rastavljač | Kolegij: | Diplomski rad | =J2 | +S1 |
| Nacrtao: | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. | | | | | | | |
| Pregledao: | prof. dr. sc. Ivica Pavić | Projekt izvedenog stanja | | | Simulacija upravljačkih funkcija zaštitnih uređaja | | | Stranica 34/52 |



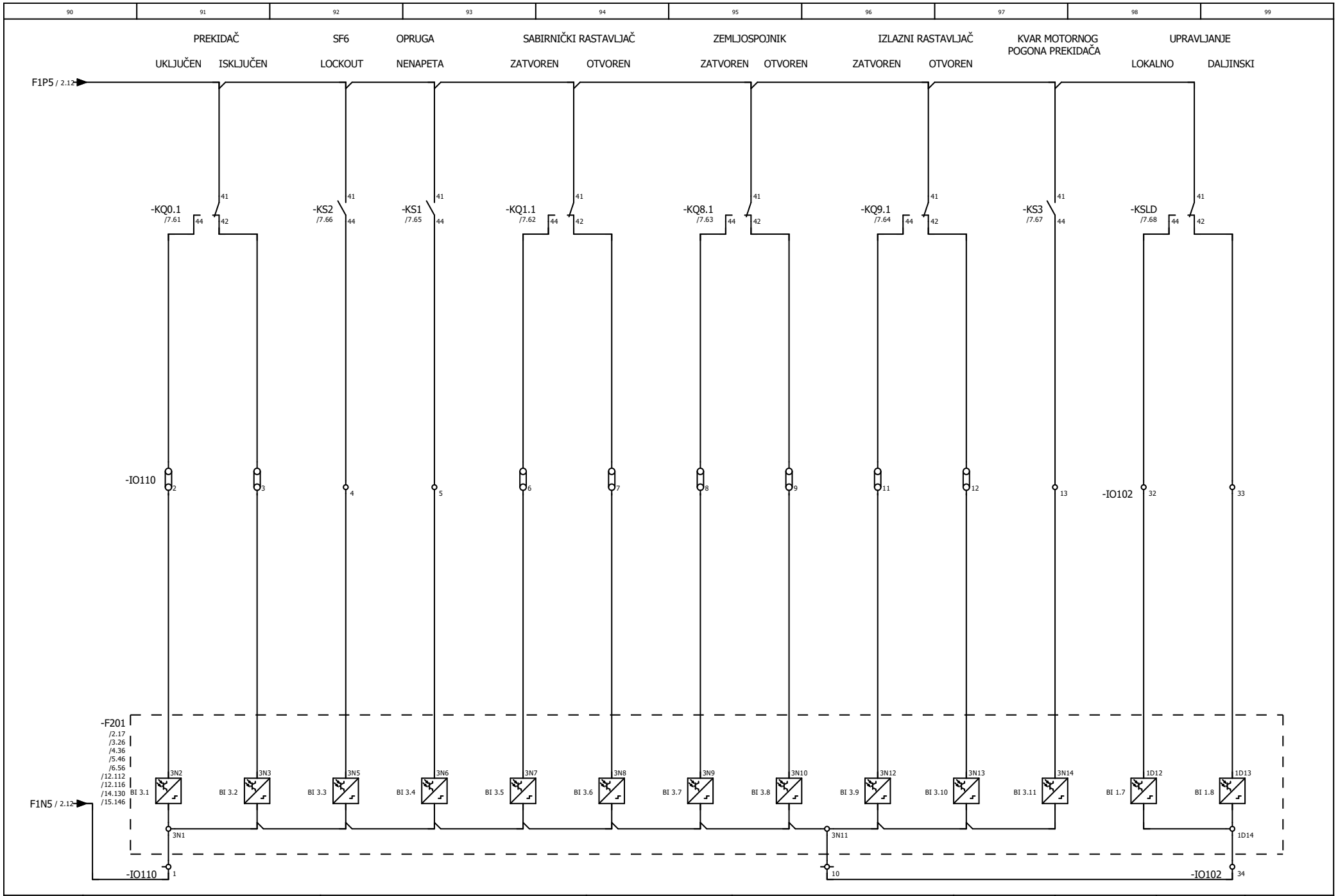

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Datum: | 16.10.2024. | Razina provedbe: | | Pomoćni elektromehanički releji | Kolegij: | Diplomski rad | =J2 | +S1 |
| Nacrtao: | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. | | | | | | | |
| Pregledao: | prof. dr. sc. Ivica Pavić | Projekt izvedenog stanja | | | Simulacija upravljačkih funkcija zaštitnih uređaja | | | Stranica 35/52 |




| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Datum: | 16.10.2024. | Razina provedbe: | | Signalizacija rezervni upravljački panel | Kolegij: | Diplomski rad | =J2 | +S1 |
| Nacrtao: | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. | | | | | | | |
| Pregledao: | prof. dr. sc. Ivica Pavić | Projekt izvedenog stanja | | | Simulacija upravljačkih funkcija zaštitnih uređaja | | | Stranica 36/52 |

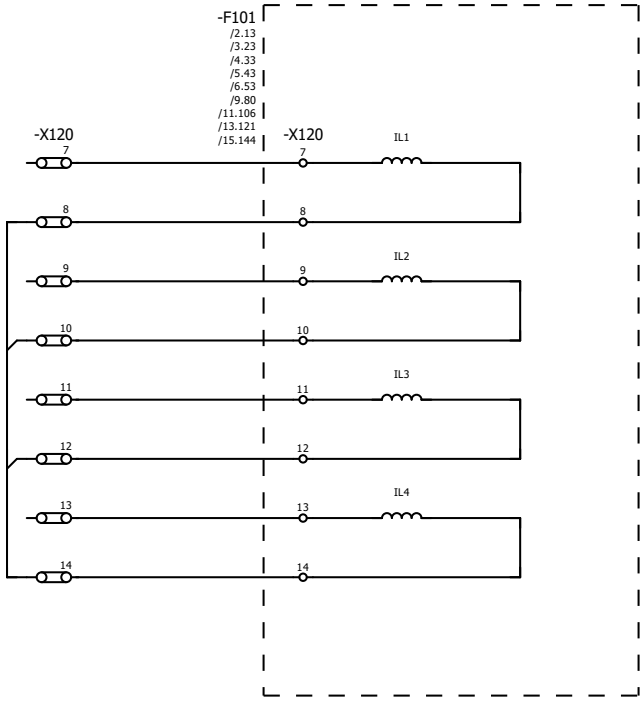



| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Datum: | 19.10.2024. | Razina provedbe: | | Signalizacija -F101 | Kolegij: | Diplomski rad | =J2 | +S1 |
| Nacrtao: | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. | | | | | | | |
| Pregledao: | prof. dr. sc. Ivica Pavić | Projekt izvedenog stanja | | | Simulacija upravljačkih funkcija zaštitnih uređaja | | | Stranica 37/52 |

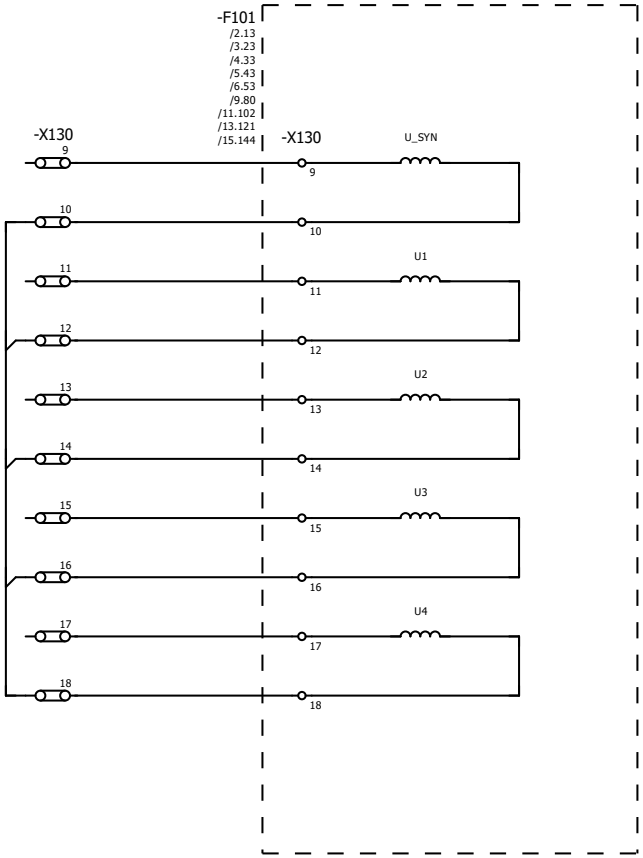



| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Datum: | 19.10.2024. | Razina provedbe: | | Signalizacija -F201 | Kolegij: | Diplomski rad | =J2 | +S1 |
| Nacrtao: | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. | | | | | | | |
| Pregledao: | prof. dr. sc. Ivica Pavić | Projekt izvedenog stanja | | | Simulacija upravljačkih funkcija zaštitnih uređaja | | | Stranica 38/52 |

MJERENJE STRUJE



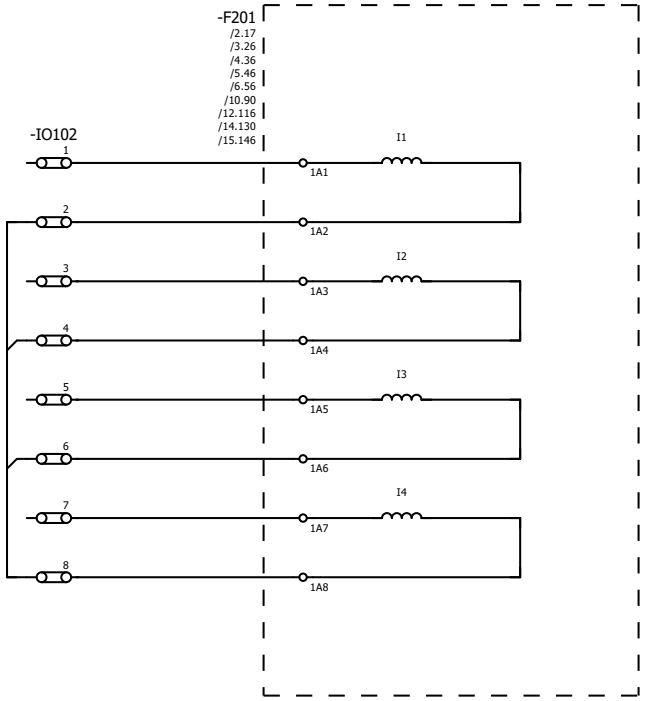

MJERENJE NAPONA



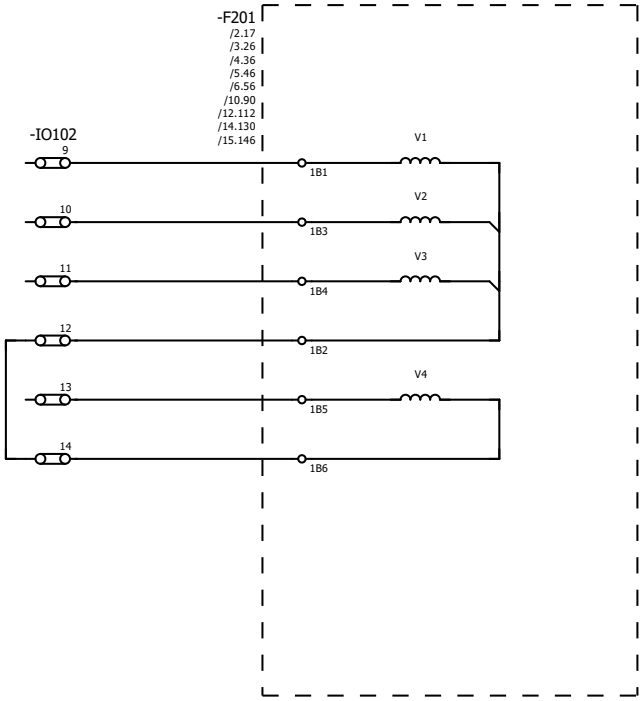

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Datum: | 19.10.2024. | Razina provedbe: | | Mjerenje struja i napona -F101 | Kolegij: | Diplomski rad | =J2 | +S1 |
| Nacrtao: | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. | | | | | | | |
| Pregledao: | prof. dr. sc. Ivica Pavić | Projekt izvedenog stanja | | | Simulacija upravljačkih funkcija zaštitnih uređaja | | | Stranica 39/52 |

| 110 | 111 | 112 | 113 | 114 | 115 | 116 | 117 | 118 | 119 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

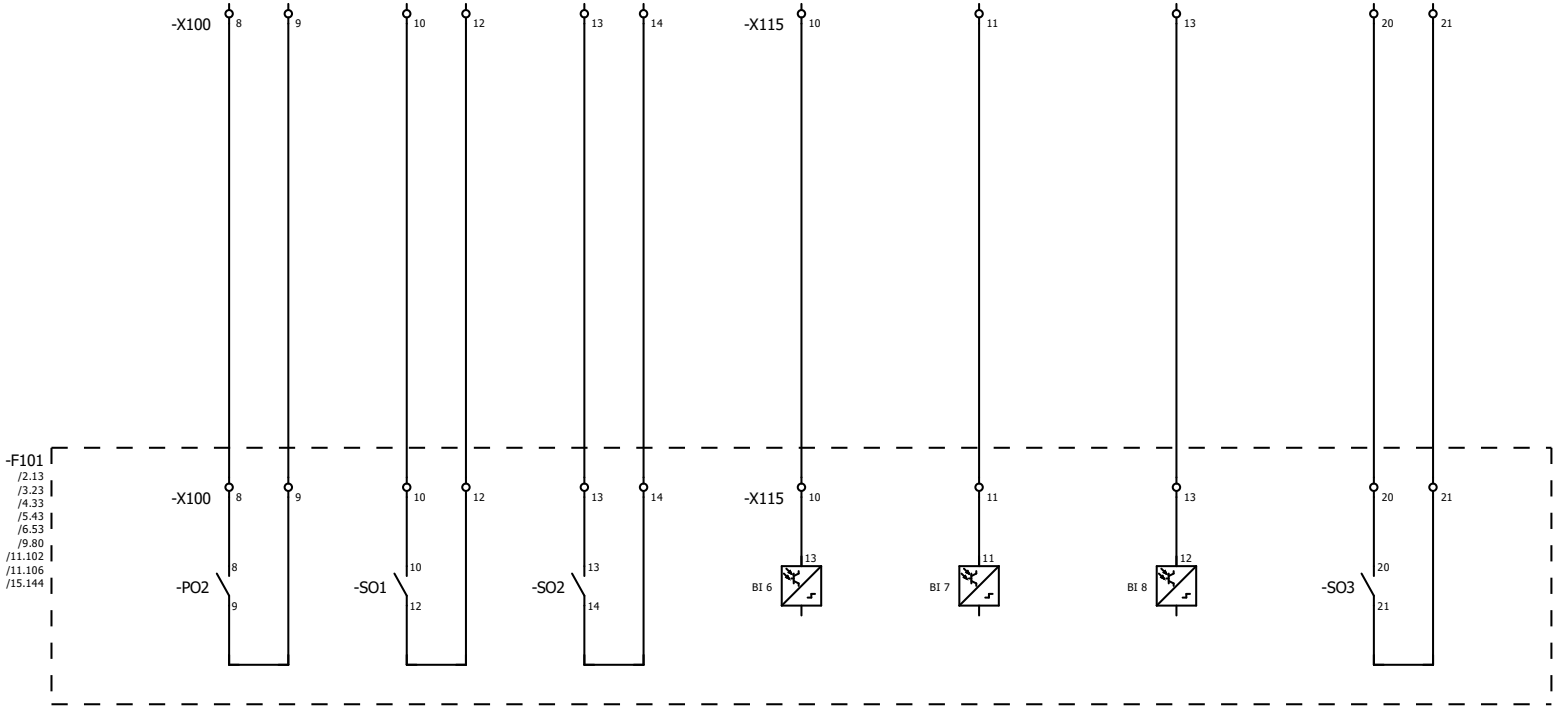
MJERENJE STRUJE



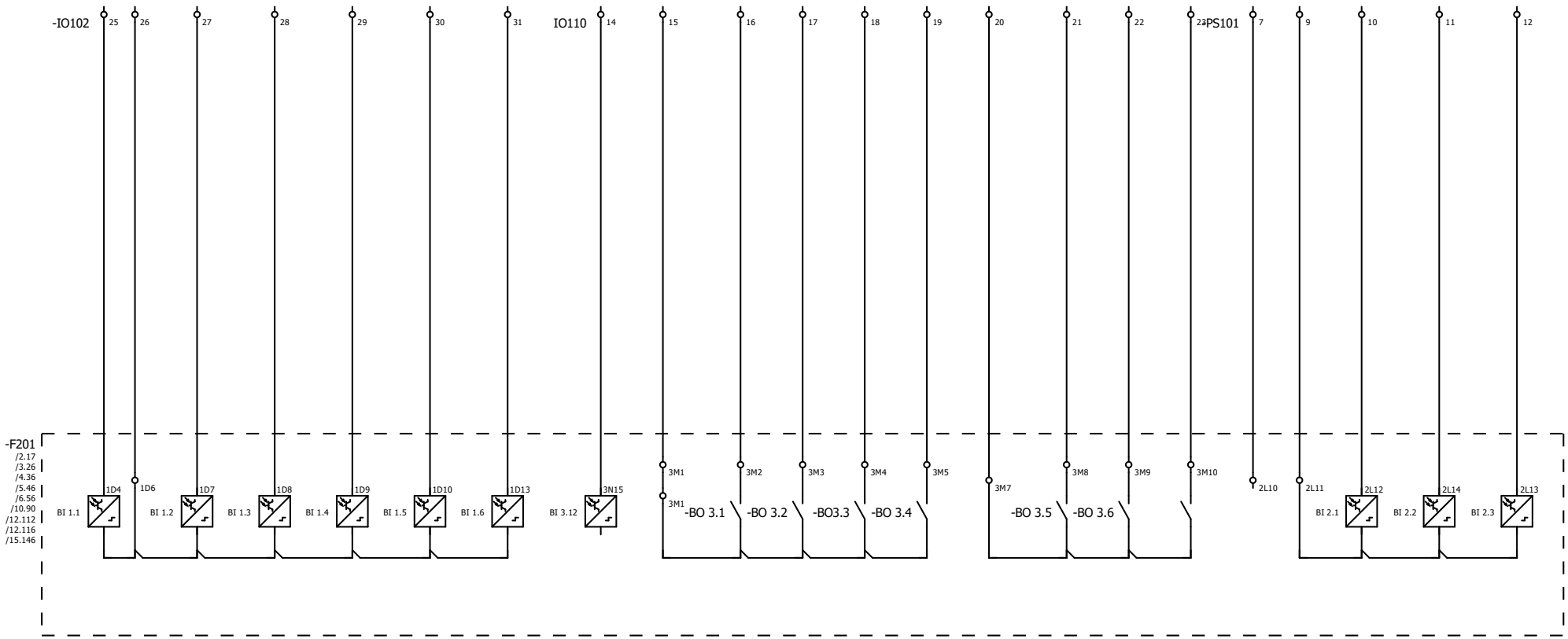

MJERENJE NAPONA



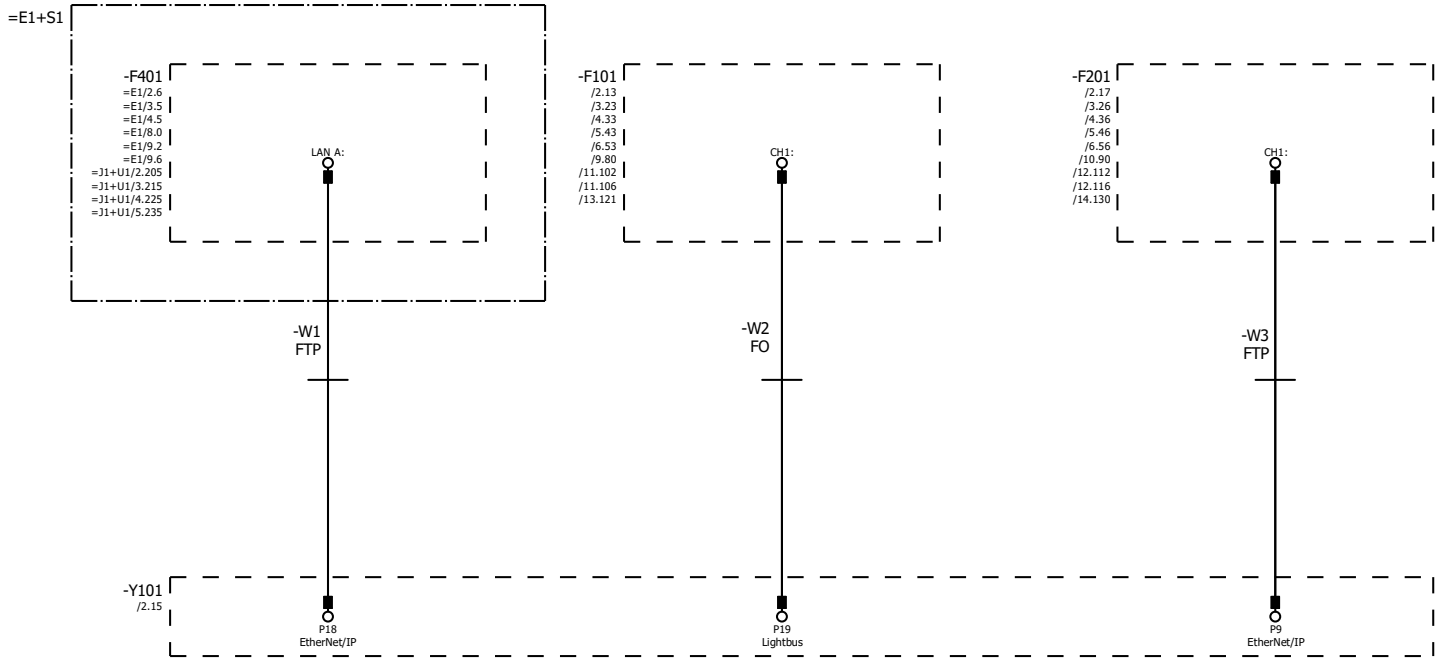

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Datum: | 19.10.2024. | Razina provedbe: | | Mjerenje struja i napona -F201 | Kolegij: | Diplomski rad | =J2 | +S1 |
| Nacrtao: | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. | | | | | | | |
| Pregledao: | prof. dr. sc. Ivica Pavić | Projekt izvedenog stanja | | | Simulacija upravljačkih funkcija zaštitnih uređaja | | | Stranica 40/52 |




| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Datum: | 19.10.2024. | Razina provedbe: | | Rezervni kontakti -F101 | Kolegij: | Diplomski rad | =J2 | +S1 |
| Nacrtao: | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. | | | | | | | |
| Pregledao: | prof. dr. sc. Ivica Pavić | Projekt izvedenog stanja | | | Simulacija upravljačkih funkcija zaštitnih uređaja | | | Stranica 41/52 |




| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Datum: | 19.10.2024. | Razina provedbe: | | Rezervni kontakti -F201 | Kolegij: | Diplomski rad | =J2 | +S1 |
| Nacrtao: | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. | | | | | | | |
| Pregledao: | prof. dr. sc. Ivica Pavić | Projekt izvedenog stanja | | | Simulacija upravljačkih funkcija zaštitnih uređaja | | | Stranica 42/52 |




| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Datum: | 19.10.2024. | Razina provedbe: | | Komunikacija | Kolegij: | Diplomski rad | =J2 | +S1 |
| Nacrtao: | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. | | | | | | | |
| Pregledao: | prof. dr. sc. Ivica Pavić | Projekt izvedenog stanja | | | Simulacija upravljačkih funkcija zaštitnih uređaja | | | Stranica 43/52 |

# Priključni plan

| Funkcija | | | | | | | | Ime kabela | Priključna letva -IO102 | | | | | | Ime kabela | | | | | Stranica/stupac |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | Tip kabela | Priključak na | Spojno mjesto | Stezaljka | Kratkospojnik | Priključak na | Spojno mjesto | Tip kabela | | | | | |
| | | | | | | | | | | | 1 | | -F201 | 1A1 | | | | | | /12.111 |
| | | | | | | | | | | | 2 | | -F201 | 1A2 | | | | | | /12.111 |
| | | | | | | | | | | | 3 | | -F201 | 1A3 | | | | | | /12.111 |
| | | | | | | | | | | | 4 | | -F201 | 1A4 | | | | | | /12.111 |
| | | | | | | | | | | | 5 | | -F201 | 1A5 | | | | | | /12.111 |
| | | | | | | | | | | | 6 | | -F201 | 1A6 | | | | | | /12.111 |
| | | | | | | | | | | | 7 | | -F201 | 1A7 | | | | | | /12.111 |
| | | | | | | | | | | | 8 | | -F201 | 1A8 | | | | | | /12.111 |
| | | | | | | | | | | | 9 | | -F201 | 1B1 | | | | | | /12.115 |
| | | | | | | | | | | | 10 | | -F201 | 1B3 | | | | | | /12.115 |
| | | | | | | | | | | | 11 | | -F201 | 1B4 | | | | | | /12.115 |
| | | | | | | | | | | | 12 | | -F201 | 1B2 | | | | | | /12.115 |
| | | | | | | | | | | | 13 | | -F201 | 1B5 | | | | | | /12.115 |
| | | | | | | | | | | | 14 | | -F201 | 1B6 | | | | | | /12.115 |
| | | | | | | | | | -X3 | 2 | 15 | | -F201 | 1B7 | | | | | | /4.37 |
| | | | | | | | | | -X110 | 15 | 16 | | -F201 | 1B8 | | | | | | /4.37 |
| | | | | | | | | | | | 17 | | -F201 | 1B10 | | | | | | /4.37 |
| | | | | | | | | | -X110 | 18 | 18 | | -F201 | 1B11 | | | | | | /4.37 |
| | | | | | | | | | -X3 | 3 | 19 | | -F201 | 1B13 | | | | | | /5.47 |
| | | | | | | | | | -X110 | 21 | 20 | | -F201 | 1B14 | | | | | | /5.47 |
| | | | | | | | | | -X110 | 24 | 21 | | -F201 | 1D1 | | | | | | /5.47 |
| | | | | | | | | | -X115 | 15 | 22 | | -F201 | 1D3 | | | | | | /6.57 |
| | | | | | | | | | -X115 | 18 | 23 | | -F201 | 1D5 | | | | | | /6.57 |
| | | | | | | | | | | | 24 | | -F201 | 1D2 | | | | | | /5.47 |
| | | | | | | | | | | | 25 | | -F201 | 1D4 | | | | | | /14.130 |
| | | | | | | | | | | | 26 | | -F201 | 1D6 | | | | | | /14.130 |
| | | | | | | | | | | | 27 | | -F201 | 1D7 | | | | | | /14.131 |
| | | | | | | | | | | | 28 | | -F201 | 1D8 | | | | | | /14.131 |
| | | | | | | | | | | | 29 | | -F201 | 1D9 | | | | | | /14.132 |
| | | | | | | | | | | | 30 | | -F201 | 1D10 | | | | | | /14.132 |
| | | | | | | | | | | | 31 | | -F201 | 1D13 | | | | | | /14.133 |
| | | | | | | | | | -KSLD | 44 | 32 | | -F201 | 1D12 | | | | | | /10.98 |
| | | | | | | | | | -KSLD | 42 | 33 | | -F201 | 1D13 | | | | | | /10.99 |
| | | | | | | | | | -IO110 | 10 | 34 | | -F201 | 1D14 | | | | | | /10.99 |

# Priključni plan

| Funkcija | | | | | | | | | Ime kabela | Priključna letva -IO110 | | | | | | Ime kabela | | | | | Stranica/stupac |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | Tip kabela | Priključak na | Spojno mjesto | Stezaljka | Kratkospojnik | Priključak na | Spojno mjesto | Tip kabela | | | | | |
| | | | | | | | | | | -X1 | 5 | 1 | , | -F201 | 3N1 | | | | | | /10.91 |
| | | | | | | | | | | -KQ0.1 | 44 | 2 | | -F201 | 3N2 | | | | | | /10.91 |
| | | | | | | | | | | -KQ0.1 | 42 | 3 | | -F201 | 3N3 | | | | | | /10.91 |
| | | | | | | | | | | -KS2 | 44 | 4 | | -F201 | 3N5 | | | | | | /10.92 |
| | | | | | | | | | | -KS1 | 44 | 5 | | -F201 | 3N6 | | | | | | /10.93 |
| | | | | | | | | | | -KQ1.1 | 44 | 6 | | -F201 | 3N7 | | | | | | /10.93 |
| | | | | | | | | | | -KQ1.1 | 42 | 7 | | -F201 | 3N8 | | | | | | /10.94 |
| | | | | | | | | | | -KQ8.1 | 44 | 8 | | -F201 | 3N9 | | | | | | /10.95 |
| | | | | | | | | | | -KQ8.1 | 42 | 9 | | -F201 | 3N10 | | | | | | /10.95 |
| | | | | | | | | | | -IO102 | 34 | 10 | , | -F201 | 3N11 | | | | | | /10.96 |
| | | | | | | | | | | -KQ9.1 | 44 | 11 | | -F201 | 3N12 | | | | | | /10.96 |
| | | | | | | | | | | -KQ9.1 | 42 | 12 | | -F201 | 3N13 | | | | | | /10.97 |
| | | | | | | | | | | -KS3 | 44 | 13 | | -F201 | 3N14 | | | | | | /10.97 |
| | | | | | | | | | | | | 14 | | -F201 | 3N15 | | | | | | /14.133 |
| | | | | | | | | | | | | 15 | | -F201 | 3M1 | | | | | | /14.134 |
| | | | | | | | | | | | | 16 | | -F201 | 3M2 | | | | | | /14.134 |
| | | | | | | | | | | | | 17 | | -F201 | 3M3 | | | | | | /14.134 |
| | | | | | | | | | | | | 18 | | -F201 | 3M4 | | | | | | /14.135 |
| | | | | | | | | | | | | 19 | | -F201 | 3M5 | | | | | | /14.135 |
| | | | | | | | | | | | | 20 | | -F201 | 3M7 | | | | | | /14.136 |
| | | | | | | | | | | | | 21 | | -F201 | 3M8 | | | | | | /14.136 |
| | | | | | | | | | | | | 22 | | -F201 | 3M9 | | | | | | /14.136 |
| | | | | | | | | | | | | 23 | | -F201 | 3M10 | | | | | | /14.137 |

# Priključni plan

Priključna letva

-PS101

| Funkcija | | | | | | | | | Ime kabela | Priključak na | Spojno mjesto | Stezaljka | Kratkospojnik | Priključak na | Spojno mjesto | Tip kabela | | | | | Stranica/stupac |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | Tip kabela | | | | | | | Ime kabela | | | | | |
| | | | | | | | | | | -F4 | 4 | 1 | | -F201 | 2L1 | | | | | | /2.17 |
| | | | | | | | | | | -F4 | 2 | 2 | | -F201 | 2L2 | | | | | | /2.17 |
| | | | | | | | | | | -X3 | 6 | 3 | | -F201 | 2L3 | | | | | | /3.27 |
| | | | | | | | | | | -X100 | 7 | 4 | | -F201 | 2L4 | | | | | | /3.27 |
| | | | | | | | | | | -X100 | 16 | 5 | | -F201 | 2L5 | | | | | | /3.27 |
| | | | | | | | | | | -X100 | 19 | 6 | | -F201 | 2L8 | | | | | | /3.27 |
| | | | | | | | | | | | | 7 | | -F201 | 2L10 | | | | | | /14.137 |
| | | | | | | | | | | | | 9 | | -F201 | 2L11 | | | | | | /14.138 |
| | | | | | | | | | | | | 10 | | -F201-BO3.6 | 2L12 | | | | | | /14.138 |
| | | | | | | | | | | | | 11 | | -F201-BO3.6 | 2L14 | | | | | | /14.138 |
| | | | | | | | | | | | | 12 | | -F201-BO3.6 | 2L13 | | | | | | /14.139 |

Priključna letva

-X0

| Funkcija | | | | | | | | | Ime kabela | Priključak na | Spojno mjesto | Stezaljka | Kratkospojnik | Priključak na | Spojno mjesto | Tip kabela | | | | | Stranica/stupac |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | Tip kabela | | | | | | | Ime kabela | | | | | |
| | | | | | | | | | | -F1 | 1 | 1 | | | | | | | | | /2.10 |
| | | | | | | | | | | -F1 | 3 | 2 | | | | | | | | | /2.11 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Datum: | 20.10.2024. | Razina provedbe: | | Priključni plan =J2+S1-PS101 =J2+S1-X0 | Kolegij: | Diplomski rad | =J2 | +S1 |
| Nacrtao: | Filip Marasović, univ. bacc. ing. el. | | | | | | | |
| Pregledao: | prof. dr. sc. Ivica Pavić | Projekt izvedenog stanja | | | Simulacija upravljačkih funkcija zaštitnih uređaja | | | Stranica 46/52 |

# Priključni plan

| Funkcija | | | | | | | | | Ime kabela | Priključna letva -X1 | | | | | | Ime kabela | | | | | | Stranica/stupac |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | Tip kabela | Priključak na | Spojno mjesto | Stezaljka | Kratkospojnik | Priključak na | Spojno mjesto | Tip kabela | | | | | | |
| | | | | | | | | | | -F1 | 2 | 1 | | -KQ0 | A2 | | | | | | | /2.11 |
| | | | | | | | | | | | | 2 | | -KQ0.1 | A2 | | | | | | | /2.11 |
| | | | | | | | | | | | | 3 | | -H0 | 1 | | | | | | | /2.11 |
| | | | | | | | | | | | | 4 | | -X110 | 2 | | | | | | | /2.11 |
| | | | | | | | | | | | | 5 | | -IO110 | 1 | | | | | | | /2.12 |
| | | | | | | | | | | -F1 | 4 | 6 | | -SLD | 13 | | | | | | | /2.12 |
| | | | | | | | | | | | | 7 | | -X100 | 16 | | | | | | | /2.12 |
| | | | | | | | | | | | | 8 | | -KQ0.1 | 11 | | | | | | | /2.12 |
| | | | | | | | | | | | | 9 | | -KQ0.1 | 31 | | | | | | | /2.12 |
| | | | | | | | | | | | | 10 | | -KQ0.1 | 41 | | | | | | | /2.12 |

| Funkcija | | | | | | | | | Ime kabela | Priključna letva -X2 | | | | | | Ime kabela | | | | | | Stranica/stupac |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | Tip kabela | Priključak na | Spojno mjesto | Stezaljka | Kratkospojnik | Priključak na | Spojno mjesto | Tip kabela | | | | | | |
| | | | | | | | | | | -SLD | 14 | 1 | | -SQ0.U | 13 | | | | | | | /3.21 |
| | | | | | | | | | | | | | | -SQ0.I | 13 | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | -X115 | 7 | 2 | | -SQ1.U | 13 | | | | | | | /3.21 |
| | | | | | | | | | | | | | | -SQ1.I | 13 | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | -KSLD | A1 | 3 | | -SQ8.U | 13 | | | | | | | /3.22 |
| | | | | | | | | | | | | | | -SQ8.I | 13 | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | 4 | | -SQ9.U | 13 | | | | | | | /3.22 |
| | | | | | | | | | | | | | | -SQ9.I | 13 | | | | | | | |

# Priključni plan

| Funkcija | | | | | | | | | Ime kabela | Priključna letva -X3 | | | | | | Ime kabela | | | | | Stranica/stupac |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | Tip kabela | Priključak na | Spojno mjesto | Stezaljka | Kratkospojnik | Priključak na | Spojno mjesto | Tip kabela | | | | | |
| | | | | | | | | | | -X100 | 6 | 1 | | -SLD | 12 | | | | | | /3.24 |
| | | | | | | | | | | -X110 | 14 | 2 | | -IO102 | 15 | | | | | | /3.24 |
| | | | | | | | | | | -X110 | 20 | 3 | | -IO102 | 19 | | | | | | /3.24 |
| | | | | | | | | | | -X115 | 14 | 4 | | | | | | | | | /3.24 |
| | | | | | | | | | | | | 5 | | -X115 | 8 | | | | | | /3.24 |
| | | | | | | | | | | -PS101 | 3 | 6 | | | | | | | | | /3.24 |

# Priključni plan

| Funkcija | | | | | | | | | Ime kabela | Priključna letva -X100 | | | | | | Ime kabela | | | | | Stranica/stupac |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | Tip kabela | Priključak na | Spojno mjesto | Stezaljka | Kratkospojnik | Priključak na | Spojno mjesto | Tip kabela | | | | | |
| | | | | | | | | | | -F2 | 4 | 1 | | -F101-X100 | 1 | | | | | | /2.14 |
| | | | | | | | | | | -F2 | 2 | 2 | | -F101-X100 | 2 | | | | | | /2.14 |
| | | | | | | | | | | -X3 | 1 | 6 | | -F101-X100 | 6 | | | | | | /3.24 |
| | | | | | | | | | | -KQ0.1 | 22 | 7 | | -F101-X100 | 7 | | | | | | /3.24 |
| | | | | | | | | | | -PS101 | 4 | 7 | | | | | | | | | /3.24 |
| | | | | | | | | | | | | 8 | | -F101-X100 | 8 | | | | | | /13.122 |
| | | | | | | | | | | | | 9 | | -F101-X100 | 9 | | | | | | /13.122 |
| | | | | | | | | | | | | 10 | | -F101-X100 | 10 | | | | | | /13.122 |
| | | | | | | | | | | | | 12 | | -F101-X100 | 12 | | | | | | /13.123 |
| | | | | | | | | | | | | 13 | | -F101-X100 | 13 | | | | | | /13.123 |
| | | | | | | | | | | | | 14 | | -F101-X100 | 14 | | | | | | /13.124 |
| | | | | | | | | | | -X1 | 7 | 16 | | -F101-X100 | 16 | | | | | | /3.24 |
| | | | | | | | | | | -PS101 | 5 | 16 | | | | | | | | | /3.25 |
| | | | | | | | | | | -KQ0.1 | 24 | 19 | | -F101-X100 | 19 | | | | | | /3.24 |
| | | | | | | | | | | -PS101 | 6 | 19 | | | | | | | | | /3.24 |

# Priključni plan

| Funkcija | | | | | | | | | Ime kabela | Priključna letva -X110 | | | | | | Ime kabela | | | | | Stranica/stupac |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | Tip kabela | Priključak na | Spojno mjesto | Stezaljka | Kratkospojnik | Priključak na | Spojno mjesto | Tip kabela | | | | | |
| | | | | | | | | | | -KQ0.1 | 34 | 1 | | -F101-X110 | 1 | | | | | | /9.81 |
| | | | | | | | | | | -X1 | 4 | 2 | | -F101-X110 | 2 | | | | | | /9.81 |
| | | | | | | | | | | -KQ0.1 | 32 | 3 | | -F101-X110 | 3 | | | | | | /9.81 |
| | | | | | | | | | | -KS2 | 34 | 5 | | -F101-X110 | 5 | | | | | | /9.82 |
| | | | | | | | | | | -KS1 | 34 | 7 | | -F101-X110 | 7 | | | | | | /9.83 |
| | | | | | | | | | | -KQ1.1 | 34 | 8 | | -F101-X110 | 8 | | | | | | /9.83 |
| | | | | | | | | | | -KQ1.1 | 32 | 10 | | -F101-X110 | 10 | | | | | | /9.84 |
| | | | | | | | | | | -KQ8.1 | 34 | 11 | | -F101-X110 | 11 | | | | | | /9.85 |
| | | | | | | | | | | -KQ8.1 | 32 | 13 | | -F101-X110 | 13 | | | | | | /9.85 |
| | | | | | | | | | | -X3 | 2 | 14 | | -F101-X110 | 14 | | | | | | /4.34 |
| | | | | | | | | | | -KQ1.1 | 22 | 15 | | -F101-X110 | 15 | | | | | | /4.34 |
| | | | | | | | | | | -IO102 | 16 | 15 | | | | | | | | | /4.34 |
| | | | | | | | | | | | | 17 | | -F101-X110 | 17 | | | | | | /4.34 |
| | | | | | | | | | | -KQ1.1 | 24 | 18 | | -F101-X110 | 18 | | | | | | /4.34 |
| | | | | | | | | | | -IO102 | 18 | 18 | | | | | | | | | /4.34 |
| | | | | | | | | | | -X3 | 3 | 20 | | -F101-X110 | 20 | | | | | | /5.44 |
| | | | | | | | | | | -KQ8.1 | 22 | 21 | | -F101-X110 | 21 | | | | | | /5.44 |
| | | | | | | | | | | -IO102 | 20 | 21 | | | | | | | | | /5.44 |
| | | | | | | | | | | | | 23 | | -F101-X110 | 23 | | | | | | /5.44 |
| | | | | | | | | | | -KQ8.1 | 24 | 24 | | -F101-X110 | 24 | | | | | | /5.44 |
| | | | | | | | | | | -IO102 | 21 | 24 | | | | | | | | | /5.44 |

# Priključni plan

| Funkcija | | | | | | | | | Ime kabela | Priključna letva -X115 | | | | | | Ime kabela | | | | | Stranica/stupac |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | Tip kabela | Priključak na | Spojno mjesto | Stezaljka | Kratkospojnik | Priključak na | Spojno mjesto | Tip kabela | | | | | |
| | | | | | | | | | | -KQ9.1 | 34 | 1 | | -F101-X115 | 1 | | | | | | /9.86 |
| | | | | | | | | | | -KQ9.1 | 32 | 3 | | -F101-X115 | 3 | | | | | | /9.87 |
| | | | | | | | | | | -KS3 | 34 | 5 | | -F101-X115 | 5 | | | | | | /9.87 |
| | | | | | | | | | | -X2 | 2 | 7 | | -F101-X115 | 7 | | | | | | /9.88 |
| | | | | | | | | | | -X3 | 5 | 8 | | -F101-X115 | 8 | | | | | | /9.89 |
| | | | | | | | | | | | | 10 | | -F101-X115 | 10 | | | | | | /13.124 |
| | | | | | | | | | | | | 11 | | -F101-X115 | 11 | | | | | | /13.125 |
| | | | | | | | | | | | | 13 | | -F101-X115 | 13 | | | | | | /13.126 |
| | | | | | | | | | | -X3 | 4 | 14 | | -F101-X115 | 14 | | | | | | /6.54 |
| | | | | | | | | | | -KQ9.1 | 22 | 15 | | -F101-X115 | 15 | | | | | | /6.54 |
| | | | | | | | | | | -IO102 | 22 | 15 | | | | | | | | | /6.54 |
| | | | | | | | | | | | | 17 | | -F101-X115 | 17 | | | | | | /6.54 |
| | | | | | | | | | | -KQ9.1 | 24 | 18 | | -F101-X115 | 18 | | | | | | /6.54 |
| | | | | | | | | | | -IO102 | 23 | 18 | | | | | | | | | /6.54 |
| | | | | | | | | | | | | 20 | | -F101-X115 | 20 | | | | | | /13.127 |
| | | | | | | | | | | | | 21 | | -F101-X115 | 21 | | | | | | /13.127 |

# Priključni plan

| Funkcija | | | | | | | | Ime kabela | Priključna letva -X120 | | | | | | Ime kabela | | | | | Stranica/stupac |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | Tip kabela | Priključak na | Spojno mjesto | Stezaljka | Kratkospojnik | Priključak na | Spojno mjesto | Tip kabela | | | | | |
| | | | | | | | | | | | 7 | | -F101-X120 | 7 | | | | | | /11.101 |
| | | | | | | | | | | | 8 | | -F101-X120 | 8 | | | | | | /11.101 |
| | | | | | | | | | | | 9 | | -F101-X120 | 9 | | | | | | /11.101 |
| | | | | | | | | | | | 10 | | -F101-X120 | 10 | | | | | | /11.101 |
| | | | | | | | | | | | 11 | | -F101-X120 | 11 | | | | | | /11.101 |
| | | | | | | | | | | | 12 | | -F101-X120 | 12 | | | | | | /11.101 |
| | | | | | | | | | | | 13 | | -F101-X120 | 13 | | | | | | /11.101 |
| | | | | | | | | | | | 14 | | -F101-X120 | 14 | | | | | | /11.101 |

| Funkcija | | | | | | | | Ime kabela | Priključna letva -X130 | | | | | | Ime kabela | | | | | Stranica/stupac |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | Tip kabela | Priključak na | Spojno mjesto | Stezaljka | Kratkospojnik | Priključak na | Spojno mjesto | Tip kabela | | | | | |
| | | | | | | | | | | | 9 | | -F101-X130 | 9 | | | | | | /11.105 |
| | | | | | | | | | | | 10 | | -F101-X130 | 10 | | | | | | /11.105 |
| | | | | | | | | | | | 11 | | -F101-X130 | 11 | | | | | | /11.105 |
| | | | | | | | | | | | 12 | | -F101-X130 | 12 | | | | | | /11.105 |
| | | | | | | | | | | | 13 | | -F101-X130 | 13 | | | | | | /11.105 |
| | | | | | | | | | | | 14 | | -F101-X130 | 14 | | | | | | /11.105 |
| | | | | | | | | | | | 15 | | -F101-X130 | 15 | | | | | | /11.105 |
| | | | | | | | | | | | 16 | | -F101-X130 | 16 | | | | | | /11.105 |
| | | | | | | | | | | | 17 | | -F101-X130 | 17 | | | | | | /11.105 |
| | | | | | | | | | | | 18 | | -F101-X130 | 18 | | | | | | /11.105 |