

# Elektromotorne sheme i mjerenja fizikalnih veličina vezanih za pogon sušenja žitarica

---

Pleša, Domagoj

Master's thesis / Diplomski rad

2016

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:200:898057>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-04-01**

*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU**

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

**Diplomski studij**

**ELEKTROMOTORNE SCHEME I MJERENJA  
FIZIKALNIH VELIČINA VEZANIH ZA POGON  
SUŠENJA ŽITARICA**

**Diplomski rad**

**Domagoj Pleša**

**Osijek, 2016.**

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD .....</b>	<b>1</b>
1.1. Zadatak diplomskog rada .....	1
<b>2. POGON ZA SUŠENJE ŽITARICA .....</b>	<b>2</b>
2.1. Osnovne informacije o silosu .....	2
2.2. Povijest tvrtke Žito d.o.o Osijek.....	3
2.3. Opis rada silosa u OC Šljivoševci .....	3
2.4. Blok dijagram procesa proizvodnje.....	23
2.5. Jednopolna shema pogona.....	24
<b>3. ASINKRONI KAVEZNI MOTOR.....</b>	<b>25</b>
<b>4. TEHNIČKI OPIS POSTROJENJA .....</b>	<b>29</b>
4.1. Napajanje električnom energijom .....	29
4.2. Razdjelnici.....	29
4.3. Upravljanje i signalizacija .....	29
4.4. Zaštita od indirektnog dodira .....	30
4.5. Zaštita od kratkog spoja i preopterećenja.....	30
4.6. Instalacija gromobrana i zaštitnog uzemljenja .....	31
4.7. Električna rasvjeta .....	31
4.8. Zaštita od statičkog elektriciteta.....	31
<b>5. MJERENJA .....</b>	<b>32</b>
5.1. Uloga mjerenja u pogonima .....	32
5.2. Ispitivanje otpora uzemljenja u svrhu zaštite od statičkog elektriciteta .....	33
5.3. Vizualni pregled sustava zaštite od munje .....	41
5.4. Ispitivanje električne instalacije .....	46
5.5. Mjerenje otpora petlje kvara.....	47
<b>6. PRORAČUNI .....</b>	<b>48</b>

6.1. Svrha proračuna.....	48
6.2. Proračun struja kratkog spoja.....	48
6.3. Zaštita vodova od preopterećenja.....	49
6.4. Proračun pada napona .....	49
6.5. Proračun efikasnosti zaštite od indirektnog dodira .....	50
6.6. Proračun vršne snage i vršne struje .....	50
6.7. Otpor kabela .....	51
6.8. Otpor zaštitnog uzemljenja.....	52
<b>7. SHEME ELEKTROMOTORNOG POGONA .....</b>	<b>53</b>
7.1. Funkcija razvodnih ormara.....	53
7.2. Razvodni ormar =NRO1 .....	56
7.3. Razvodni ormar =NRO1.1 .....	66
7.4. Razvodni ormar =NRO2 .....	71
<b>8. ZAŠTITA POGONA.....</b>	<b>73</b>
8.1. Uloga zaštitnih uređaja u pogonima.....	73
8.2. Sklopnici.....	73
8.2.1 Motorni sklopnici .....	74
8.3. Glavna sklopka.....	76
8.4. Osigurači .....	76
8.5. Uzemljenje razvodnog ormara .....	78
<b>9. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>79</b>
<b>LITERATURA .....</b>	<b>81</b>
<b>KORIŠTENE OZNAKE I SIMBOLI.....</b>	<b>83</b>
<b>SAŽETAK.....</b>	<b>85</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>86</b>
<b>ŽIVOTOPIS.....</b>	<b>87</b>

## 1. UVOD

Najbolji pokazatelj razumijevanja pojava i procesa iz područja elektrotehnike budućeg diplomiranog inženjera je njegov diplomski rad. On bi trebao biti skup teorijskih i praktičnih znanja, koja su stečena tijekom tri godine preddiplomskog i dvije godine diplomskog studija. Tako će se i u ovom diplomskom radu obraditi široko područje elektrotehnike, uzevši pogon za sušenje žitarica kao primjer. Kao osnova za pisanje rada biti će poznavanje teorije iz pojedinih kolegija s preddiplomskog („Osnove elektrotehnike“, „Osnove mjerenja“, „Osnove električnih pogona“) i diplomskog studija elektrotehnike, smjer elektroenergetika („Električni strojevi“, „Analiza EES“, „Električni pogoni“, „Zaštita u EES“, „Vođenje EES“, „Projektiranje električnih instalacija i postrojenja“) te njena primjena na isti. Ovaj uradak započeti će kratkim opisom samog pogona za sušenje žitarica i načinom rada, a nastaviti će se mjerenjima vezanim za puštanjem silosa u pogon, te proračunima. Mjerenja će biti potkrepljena formulama i tehničkim opisima uspoređivanja rezultata s kritičnim vrijednostima koja su dozvoljena za nesmetan rad ovog pogona. Završni dio diplomskog rada biti će rezerviran za pogled na pogon s perspektive elektromotornih shema i zaštite istog. Također će se učiniti što je mogući veći broj podjela unutar podnaslova kako bi svaki pojedini dio mogao biti što opširnije i kvalitetnije objašnjen. Kako bi ova tema bila detaljno prikazana, ona mora dodirnuti i druga područja znanosti (primjerice građevine i strojarstva), ali u samo minimalnim količinama, dovoljnim da se upozna čitatelja ovog rada o kojem se točno objektu radi. Ostatak će biti posvećen promatranju pogona sa gledišta elektrotehnike.

### 1.1. Zadatak diplomskog rada

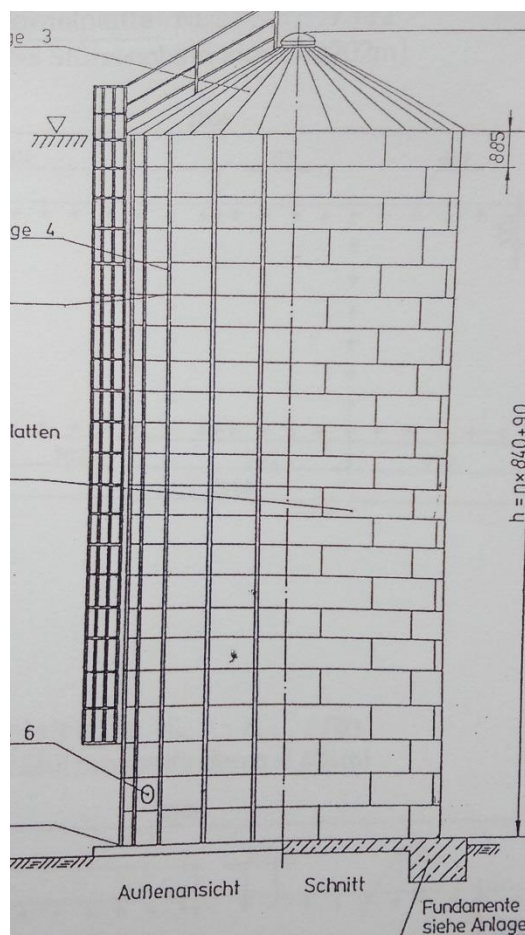
U diplomskom radu će se odraditi, uz sam opis rada silosa, i tehnički dio koji podrazumijeva nacрте samih objekata, elektroinstalacije, jednopolne sheme razvodnih ormara te izgled svih razvodnih ormara unutar pogona. Osim opisnog djela (tekstualnog) i shematskog, u ovom radu će biti predstavljena različita mjerenja kao što su : otpor petlje, otpor izolacije i otpor uzemljenja, te padovi napona, otpornost kabela i slično.

## 2. POGON ZA SUŠENJE ŽITARICA

### 2.1. Osnovne informacije o silosu

Kao što je već i rečeno u uvodu, silosi kao pogon za sušenje žitarica, biti će objekt ovog diplomskog rada. Prije nego se uopće počnemo baviti proučavanjem istog s gledišta elektrotehnike, treba iznijeti osnovne informacije.

Silos je zatvoreni prostor namijenjen pohranjivanju različitih materijala. Većinom se koristi u poljoprivredi (žitarice, silaža), ali to nije jedina grana djelatnosti koja možete upotrebljavati isti. Tako se, naime, u silose mogu pohranjivati cement, kamena prašina i druge vrste materijala. Ovisno o materijalu s kojim su izgrađeni, najviše korišteni silosi moderne ere su limeni i betonski. U ovom diplomskom radu, obradit će se silos koji je limenog pokriva, a njegova konstrukcija je prikazana na slici 2.1. [1].



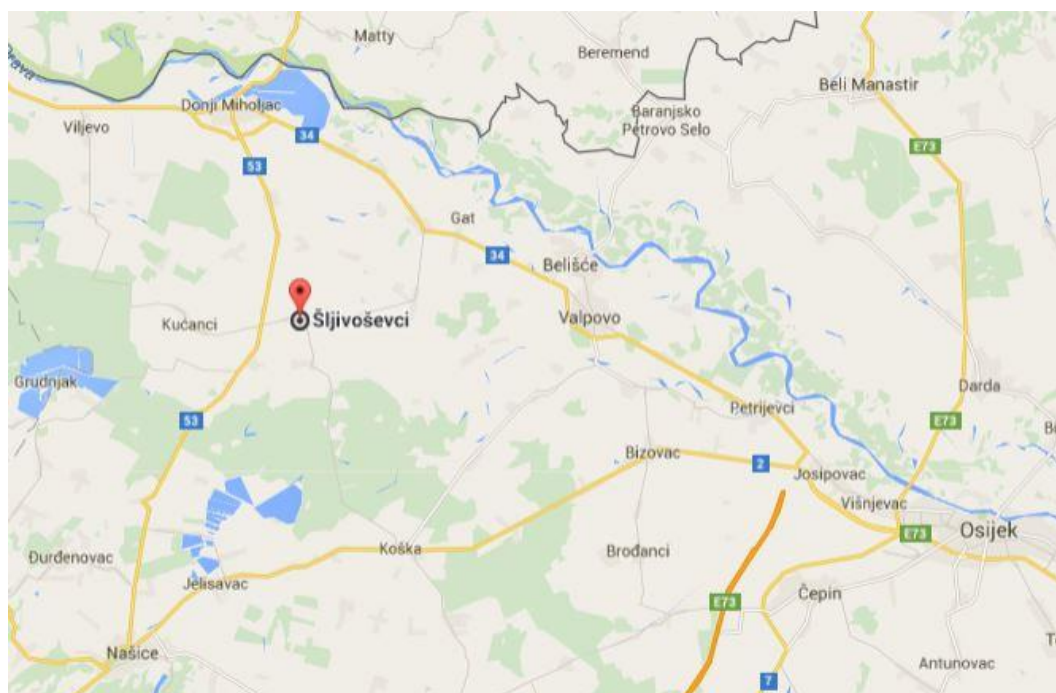
**Slika 2.1.** Nacrt konstrukcije silosa

## 2.2. Povijest tvrtke Žito d.o.o Osijek

Objekt našeg diplomskog rada, vlasništvo je tvrtke Žito d.o.o Osijek. Tvrtka, koju je osnovao Marko Pipunić, počela je sa radom 1992. godine s ciljem trgovine ratarskih kultura i repromaterijala potrebnih za ratarsku proizvodnju. S godinama, tvrtka se poslovno širi kupujući slavonsko-baranjska propala poduzeća i silose, a danas ima u vlasništvu brojne poznate renomirane tvrtke kao što su : Tvornica ulja Čepin, IPK Osijek, PPK Valpovo, PPK Orahovica, Šećerana Osijek. Osim fokusa na proizvodnju i skladištenje žitarica, Žito proširuje svoje poslovanje na proizvodnju mlijeka, jaja i uzgajanje svinja. Ova tvrtka uspješno posluje i van granica Republike Hrvatske, kupujući kompaniju PP Ratkovo u Vojvodini. Krajem 2011. godine, ova osječka tvrtka, pokreće proizvodnju električne energije iz biomase na farmi muznih krava Mala Branjevina. Planirana snaga dvaju bioplinskih postrojenja je 1 MW svaka, dok se godišnja proizvodnja kreće oko 8 GWh. Okupljajući ove brandove i aktivirajući njihov golemi potencijal, Žito Grupa s godinama postaje najjači hrvatski proizvođač u poljoprivrednom sektoru.

## 2.3. Opis rada silosa u OC Šljivoševci

Jedan dio ove uspješne tvrtke je i otkupni centar koji se nalazi u Šljivoševcima, malenom mjestu nedaleko od Donjeg Miholjca (što je i vidljivo na karti prikazanoj na slici 2.2.) [2]. Prostorne koordinate navedenog mjesta su :  $45^{\circ}39'26''N$  ;  $18^{\circ}12'54''E$ .



**Slika 2.2.** Lokacijski smještaj OC Šljivoševci

Žito grupa proširila je svoje djelovanje na prostore općine Magadenovac (mjesto Šljivoševci) 2011. godine. Silosi za pohranjivanje žitarica izgrađeni su od limenog pokrova i obavljaju svoje djelovanje sa ukupnim kapacitetom od 8 ćelija. Na slici 2.3. vidljiva je satelitska snimka OC Šljivoševci, te silosa koji su sastavni dio istog (označeno žutom bojom) [3].



**Slika 2.3.** Satelitska snimka silosa OC Šljivoševci

Na slici 2.4. nalaze se silosi koji su objekt ovog diplomskog rada [4].



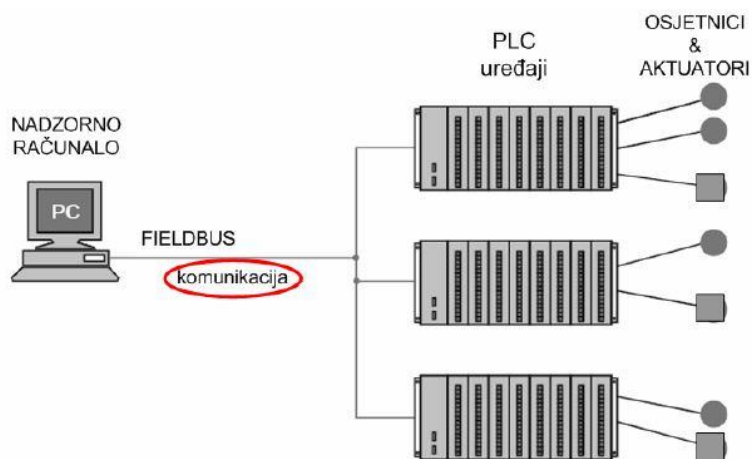


**Slika 2.4.** Silosi OC Šljivoševci

Rad silosa, kao i svakog pogona, započinje ulaskom sirovine. Međutim, prije svega, treba spomenuti kako je ovaj sustav (pogon) automatiziran.

Siemesov operatorski panel, smješten na vanjskoj strani razvodnog ormara broj 1 ( o kojem će biti više rečeno u lekciji „Sheme elektromotornog pogona“, vrši nadzor nad pogon i upravlja istim. Ono u paru sa istoimenim PLC računalom sinkronizirano „vlada“ sustavom i uočava eventualne pogreške u radu. Sam izgled Siemensovog operatorskog panela biti će prikazan u nekoliko slika tijekom ove cjeline. Radom ovog računala zaslužan je sustav po imenu SCADA.

SCADA (Supervisory Control And Data Acquistion) sustav je osnova računalnog upravljanja i nadzora sustava (pogona), a obuhvaća rezultate daljinskog mjerenja i daljinskih signala, te njegovu provjeru vjerodostojnosti, prikazivanje i pohranjivanje. Odnosno, to je tehnologija koja prikuplja podatke iz jednog ili više udaljenih jedinica sustava te šalje informacije i upravljačke naredbe u centar sustava. Osnovni elementi SCADA sustava su : centar, komunikacijski medij te daljinska stanica. Vrlo važna funkcija SCADA sustava je nadzor u on-line realnom vremenu. Korišteni program ima vrlo malo vrijeme odziva od svega nekoliko milisekundi, te mali aritmetički zahtjev. Čini vrlo pouzdan sustav te je osnova modernih pogona, kao i našeg. Osnovni prikaz funkcioniranja SCADA sustava prikazan je na slici 2.5. [5].



**Slika 2.5.** Shematski prikaz osnovnog SCADA sustava

Prvi korak rada silosa je istovar žitarica u usipni koš koji se nalazi ispod površine zemlje, a u sklopu je ovog pogona. Osnovno djelovanje tog prostora je, osim transporta sirovine do krajnje lokacije (ćelija), privremeno skladištenje, ako je u daljnjem dijelu pogona došlo do primanja nedopušteno velikih količina. Međutim, bolje rješenje je odgađanje istovara žitarica sve dok pogon ne profunkcionira po normalnom voznom redu. Osim betonske konstrukcije i čeličnog poklopca, ovaj dio pogona sadrži samo jedan motor koji služi za podizanje u viša područja ovog pogona (Slika 2.6.) [4].



**Slika 2.6.** Usipni koš za istovar žitarice

Tablica 2.1. prikazuje natpisnu pločicu motora koji upravlja transportom robe iz usipnog koša prema daljnjem dijelu pogona.

**Tablica 2.1.** Natpisna pločica motora u spremišnom djelu pogona za istovar žitarice

<b>Naziv proizvođača:</b>	KONČAR-MES
<b>Vrsta stroja:</b>	Asinkroni kavezni motor
<b>Spoj :</b>	zvijezda
<b>Nazivna snaga:</b>	5,5 kW
<b>Nazivni napon:</b>	400 V
<b>Nazivna struja:</b>	12,5 A
<b>Faktor snage:</b>	0,8
<b>Frekvencija:</b>	50 Hz
<b>Brzina vrtnje:</b>	1410 min <sup>-1</sup>

Iduća stavka ovog pogona je zdjelčasti elevator čiji je princip rada vrlo jasan, a to je da uz pomoć motora, smještenog na njegov najviši dio, sirovina odlazi u idući dio pogona. Vrlo je bitan transport robe na viši položaj, kako bi se lakše upravljalo istom i dobilo da njen krajnji oblik (smješten u ćelijama) bude savršen i bez ikakvih „nuspojava“ kao što su korovi i trava. Međutim, o tome će se više govoriti u nastavku ovog rada, kako bi se lakše dočaralo čitatelju istog. Na slici 2.7. je vidljiv elevator koji se spominjao u nekoliko prethodnih rečenica [4].



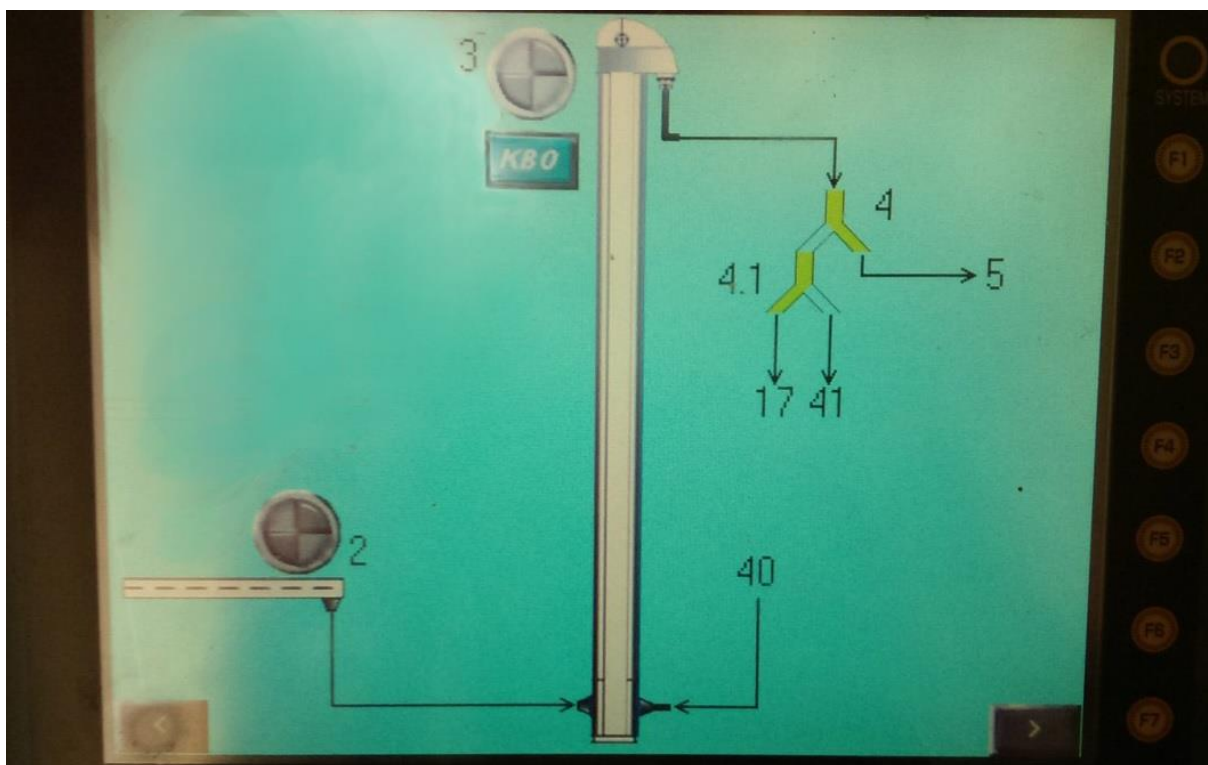
**Slika 2.7.** Zdjeličasti elevator

Tablica 2.2. prikazuje podatke o motoru, preuzete s natpisne pločice, koji se nalazi na zdjeličastom elevatoru.

**Tablica 2.2.** Natpisna pločica motora na zdjeličastom elevatoru

<b>Proizvođač:</b>	ENCLOSED
<b>Vrsta stroja:</b>	Asinkroni kavezni motor
<b>Spoj :</b>	zvijezda
<b>Nazivna snaga:</b>	5,5 kW
<b>Nazivni napon:</b>	400 V
<b>Nazivna struja:</b>	5,2 A
<b>Faktor snage:</b>	0,8
<b>Frekvencija:</b>	50 Hz
<b>Brzina vrtnje:</b>	720 min <sup>-1</sup>

Kako je ovaj cjelokupni pogon automatiziran, moguće je uz pomoć Siemensovog operatorskog panela pratiti promjene stanja, ali i vidjeti grafički pregled motora i objekata. Prethodna dva dijela sustava (usipni koš i zdjeličasti elevator) možemo na slici 2.8. vidjeti kako to izgleda na zaslonu operatorskog panela [4].



**Slika 2.8.** Prikaz usipnog koša i zdjeličastog elevatora na zaslonu operatorskog panela Siemens Hakko V710C

gdje su : 2 - motor koji upravlja transportom robe iz usipnog koša do zdjeličastog elevatora

3 - motor koji upravlja zdjeličastim elevatorom

Slijedeći dio pogona su sita. Sito je naprava koja odjeljuje zrno određene veličine (većinom krupnije) od zrnatijeg, sipkog materijala. Njena primarna uloga je spomenuto odvajanje radi sprječavanja odlaska sitnijeg materijala (u našem primjeru korova, žiška, sitnih kamenčića) jer su isti nepoželjan materijal za skladištenje. Sito dolaze u paru, s krupnijim i sitnijim otvorima, kako bi i najmanje „nuspojave“ uklonili od žitarice. Također, primjerice kamenčići, mogu oštetiti transportni dio pogona, te izazvati zastoj istog te velike novčane izdatke za popravke. Slika 2.9. prikazuje sita smješteno u našem pogonu OC Šljivoševci [5].



**Slika 2.9.** Sita u našem pogonu za sušenje žitarica

U tablici 2.3. možemo vidjeti podatke vezane za motor koji upravlja radom sita, a preuzeti su sa natpisne pločice motora.

**Tablica 2.3.** Natpisna pločica motora koji upravlja radom sita

<b>Proizvođač:</b>	RUPPO INDUSTRIALE ERCOLE MARELLI
<b>Vrsta stroja:</b>	Asinkroni kavezni motor
<b>Spoj :</b>	zvijezda
<b>Nazivna snaga:</b>	0,75 kW
<b>Nazivni napon:</b>	400 V
<b>Nazivna struja:</b>	2,2 A
<b>Faktor snage:</b>	0,74
<b>Frekvencija:</b>	50 Hz
<b>Brzina vrtnje:</b>	1385 min <sup>-1</sup>

Također, u istoj prostoriji nalazi se ventilator (smješten unutar limenog pokrova) za odvajanje prašine od zrnate sirovine. Naime, žitarica koja će krajnje biti smještena u ćelijama, mora biti vrlo čista kako bi imala najbolje efekte sušenja. Ovaj skladišni prostor sastoji se od ventilatora koji pravi umjetan vjetar kako bi se prašina maknula sa zrna žitarica, dok je na donjem dijelu istog motor koji odvlači žitarice u daljnji dio pogona (Slika 2.10.) [4].



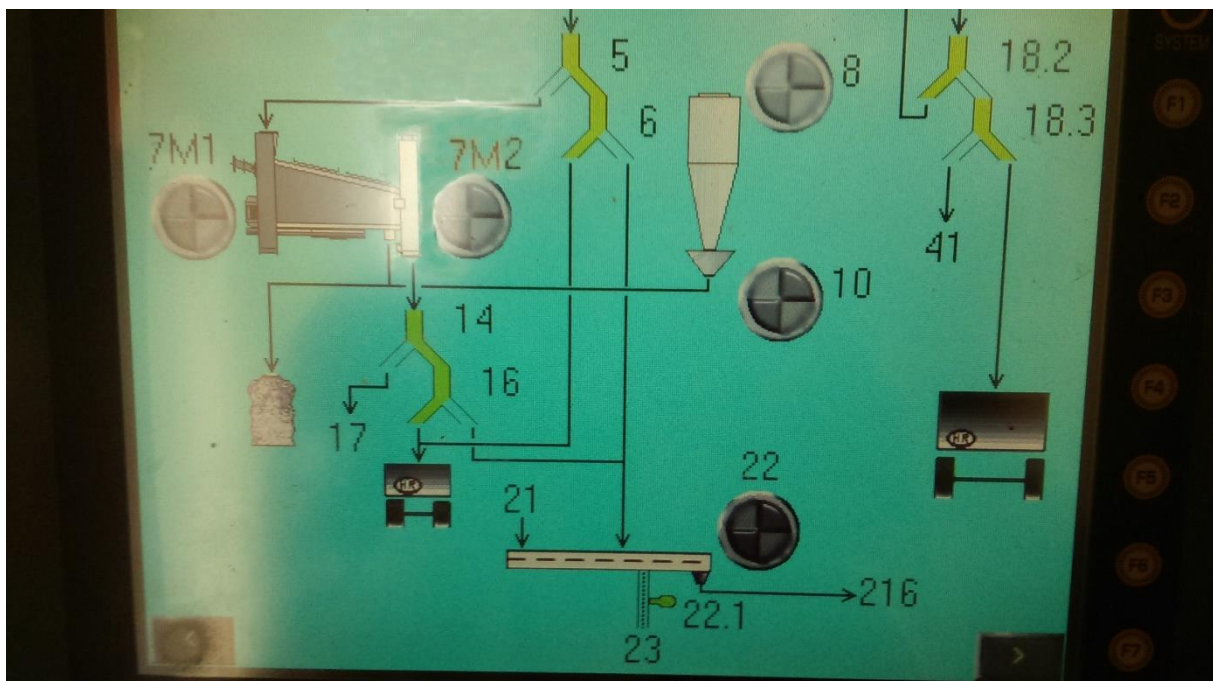
**Slika 2.10.** Ventilator (unutar skladišnog prostora) za odvajanje prašine od zrna žitarice

Tablica 2.4. prikazuje natpisnu pločicu motora koji upravlja radom sita za odvajanje prašine.

**Tablica 2.4.** Natpisna pločica motora na situ za odvajanje prašine

<b>Proizvođač:</b>	RUPPO INDUSTRIALE
<b>Vrsta stroja:</b>	Asinkroni kavezni motor
<b>Spoj :</b>	trokut
<b>Nazivna snaga:</b>	7,5 kW
<b>Nazivni napon:</b>	400 V
<b>Nazivna struja:</b>	2,2 A
<b>Faktor snage:</b>	0,74
<b>Frekvencija:</b>	50 Hz
<b>Brzina vrtnje:</b>	1385 min <sup>-1</sup>

Na zaslonu operatorskog panela Siemens Hakko V710C su prethodna dva dijela pogona prikazana na slici 2.11. [4].



**Slika 2.11.** Prikaz sita na zaslonu operatorskog panela Siemens Hakko V710C



gdje su : 7M1 i 7M2 - motori za upravljanje sitima

8 - motor koji upravlja ventilatorom

10 - motor koji odvodi plijesan sa žitarica (kako ne bi došlo do zastoja u radu)

Slijedeći dio pogona rezerviran je za lančasti elevator (Slika 2.12.) [4]. Njegova funkcija je transport robe (žitarica), prethodno očišćene i spremne za skladištenje. Kao što je i moguće vidjeti na slici 2.12., dva su identična nakošena transportera. Jedan služi za ulaz robe u ćelije silosa, dok drugi ima obrnutu funkciju, tj. izlaz robe iz ćelija i utovar iste. Na Siemensovom operatorskom panelu, oznaka motora koji upravlja lančastim elevatorom ima oznaku 22 (prikazano na slici 2.11.).



**Slika 2.12.** Lančasti elevator

U tablici 2.5. vidljivi su podaci o motoru koji upravlja lančastim elevatorom, a preuzeti su sa natpisne pločice motora.

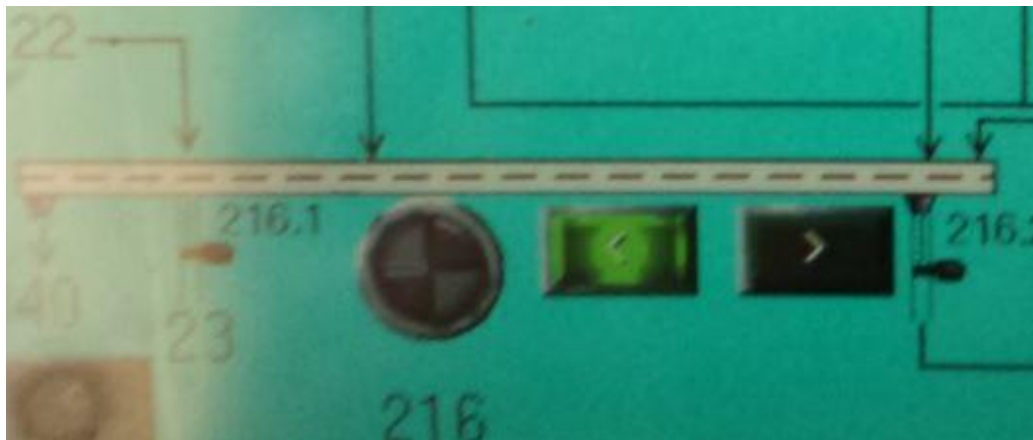
**Tablica 2.5.** Natpisna pločica motora koji upravlja lančastim elevatorom

<b>Proizvođač:</b>	RUPPO INDUSTRIALE ERCOLE
<b>Vrsta stroja:</b>	Asinkroni kavezni motor
<b>Spoj :</b>	zvijezda
<b>Nazivna snaga:</b>	4 kW
<b>Nazivni napon:</b>	400 V
<b>Nazivna struja:</b>	5,2 A
<b>Faktor snage:</b>	0,8
<b>Frekvencija:</b>	50 Hz
<b>Brzina vrtnje:</b>	720 min <sup>-1</sup>

Vrlo važan dio pogona za sušenje žitarica je odvodnik (usmjeritelj) žitarica u ćelije. Isti se nastavlja na lančasti elevator, a uloga mu je usmjeriti žitarice, pridošle sa sita nakošenim elevatorom, u željenu ćeliju silosa. Zašto je vrlo važan ? Upravo zato što se u svim ćelijama ne moraju nalaziti iste žitarice. Primjerice, dok jedna ćelija pohranjuje žito kao poljoprivredno dobro, susjedna ćelija može biti napunjena pšenicom. Usmeritelj žitarica izrađen je u obliku pregrada, kojima čovjek može fizički djelovati na isti, te usmjeriti robu u željenu ćeliju. Isti se nalazi na slici 2.13. [4].

**Slika 2.13.** Usmeritelj žitarica u ćelije silosa

Na zaslonu Siemensovog operatorskog panela je motor, koji upravlja usmjeriteljem žitarica u ćelije silosa, prikazan brojem 216 (Slika 2.14) [4].



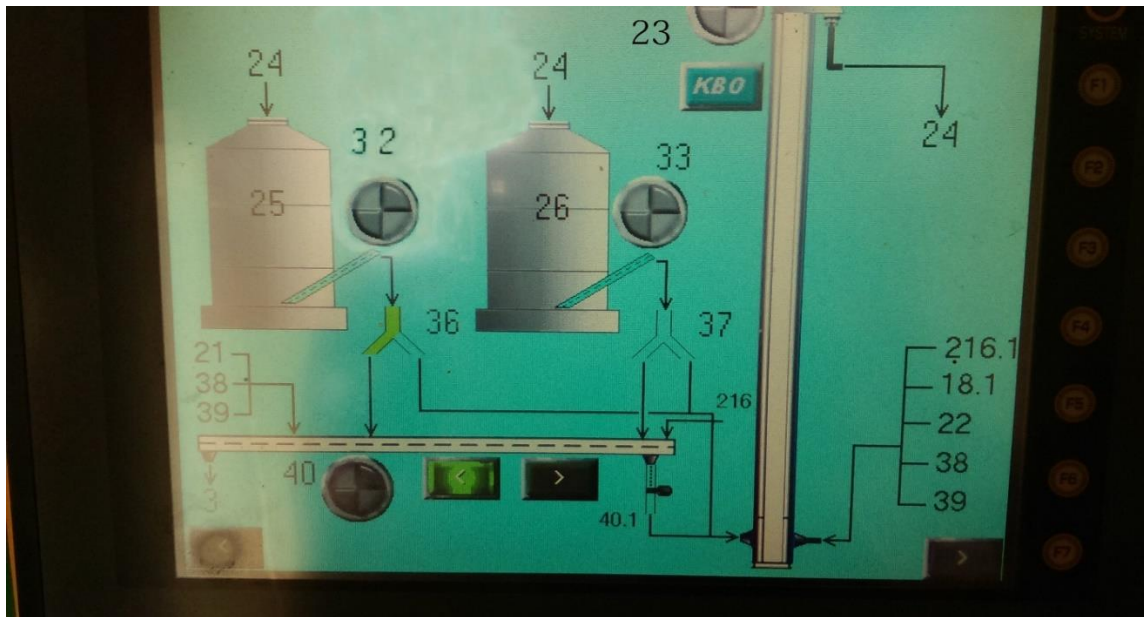
**Slika 2.14.** Prikaz usmjeritelja žitarica na zaslonu operatorskog panela Siemens Hakko V710C

Treći po redu, ujedno i posljednji elevator, nalazi se na pretposljednem dijelu ovog pogona. On je zdjelicaoblog oblika i identičan je elevatoru na slici 2.7., a uloga mu je podizanje robe u ćelije silosa (Slika 2.15.) [4]. Jedan motor služi za podizanje robe u dvije ćelije, s kojima se opet upravlja u koje od dvaju ćelija se želi spremi roba. Kako u cijelom sustavu, ovaj pogon sadrži osam ćelija, može se doći do zaključka da su četiri motora zaslužna za pohranjivanje žitarica u ćelije.

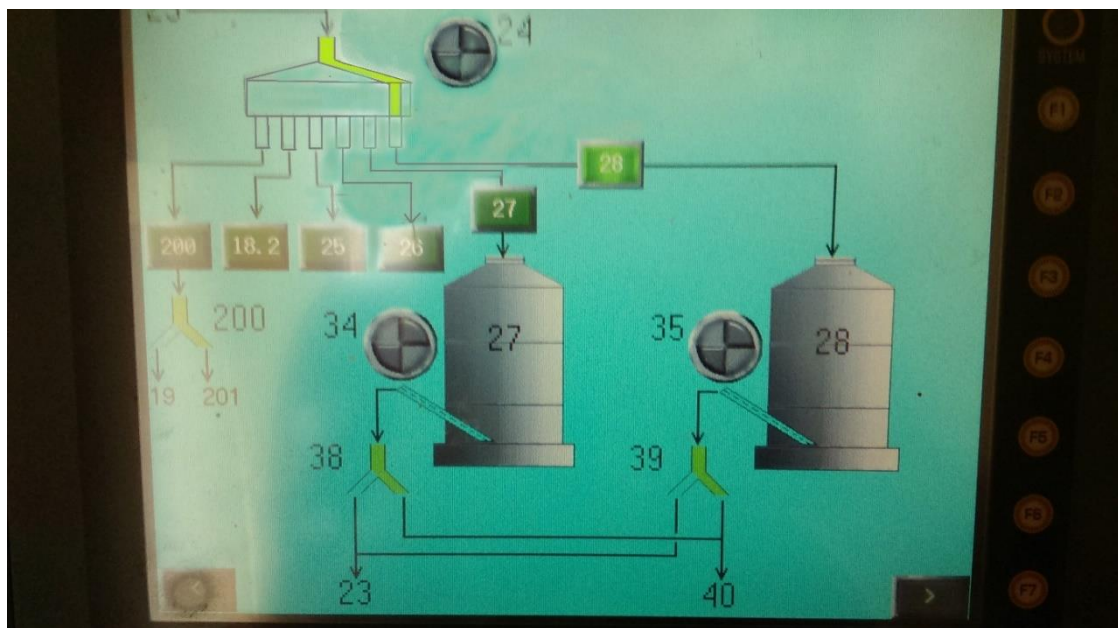


**Slika 2.15.** Zdjelčasti elevator robe

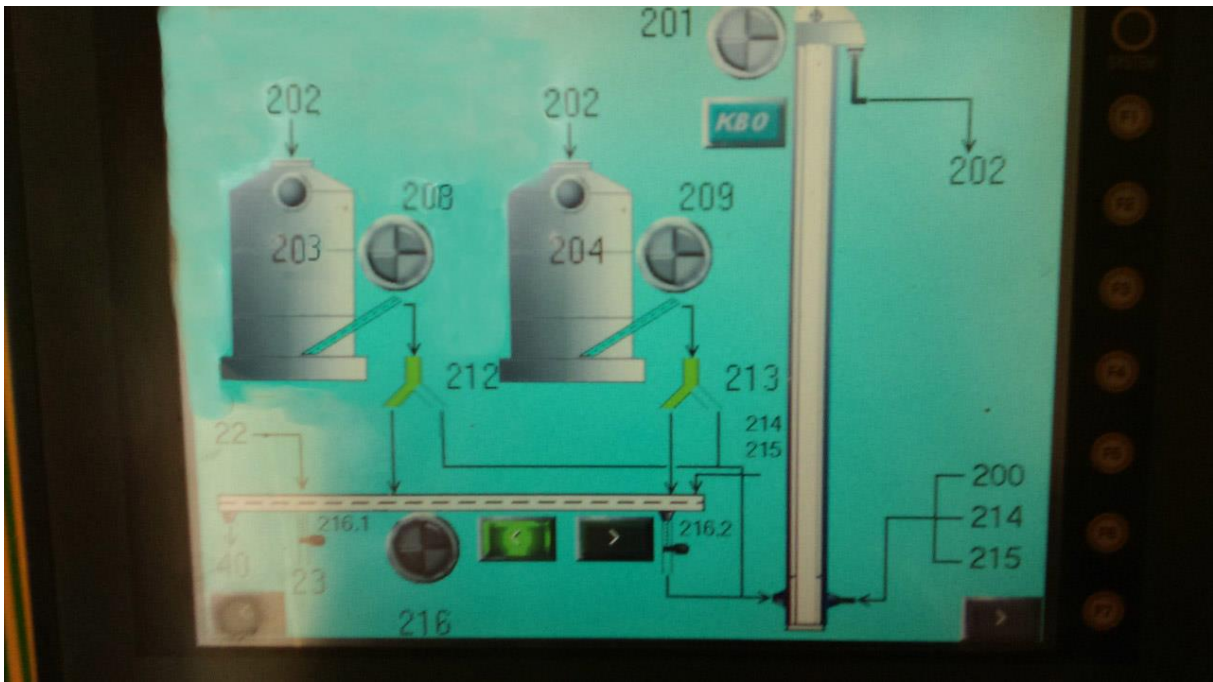
Na zaslonu Siemensovog operatorskog panela motori oznaka 23 (Slika 2.16.) i 24 (Slika 2.17.), pune ćelije 25, 26, 27 ili 28, dok motori oznaka 201 (Slika 2.18.) i 202 (Slika 2.19.) pohranjuju robu u ćelije 203, 204, 205 ili 206. [4].



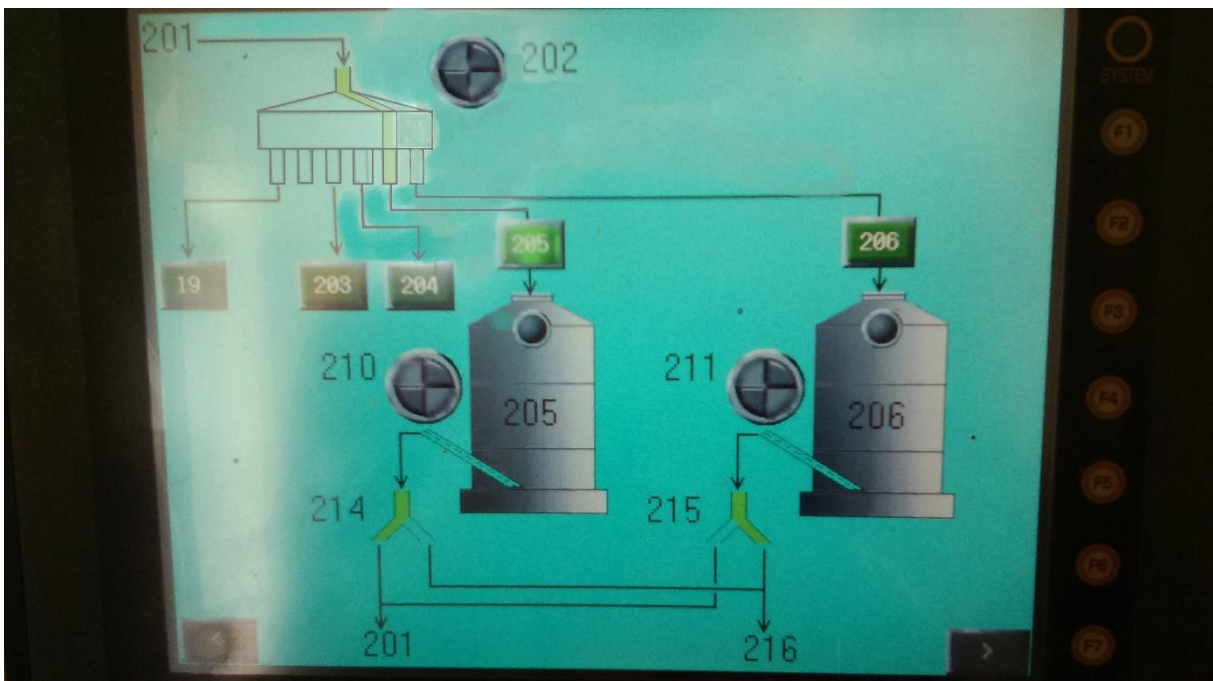
**Slika 2.16.** Prikaz motora broj 23 za punjenje ćelija na zaslonu operatorskog panela Siemens Hakko V710C



**Slika 2.17.** Prikaz motora broj 24 za punjenje ćelija na zaslonu operatorskog panela Siemens Hakko V710C



Slika 2.18. Prikaz motora broj 201 za punjenje ćelija na zaslonu operatorskog panela Siemens Hakko V710C



Slika 2.19. Prikaz motora broj 202 za punjenje ćelija na zaslonu operatorskog panela Siemens Hakko V710C

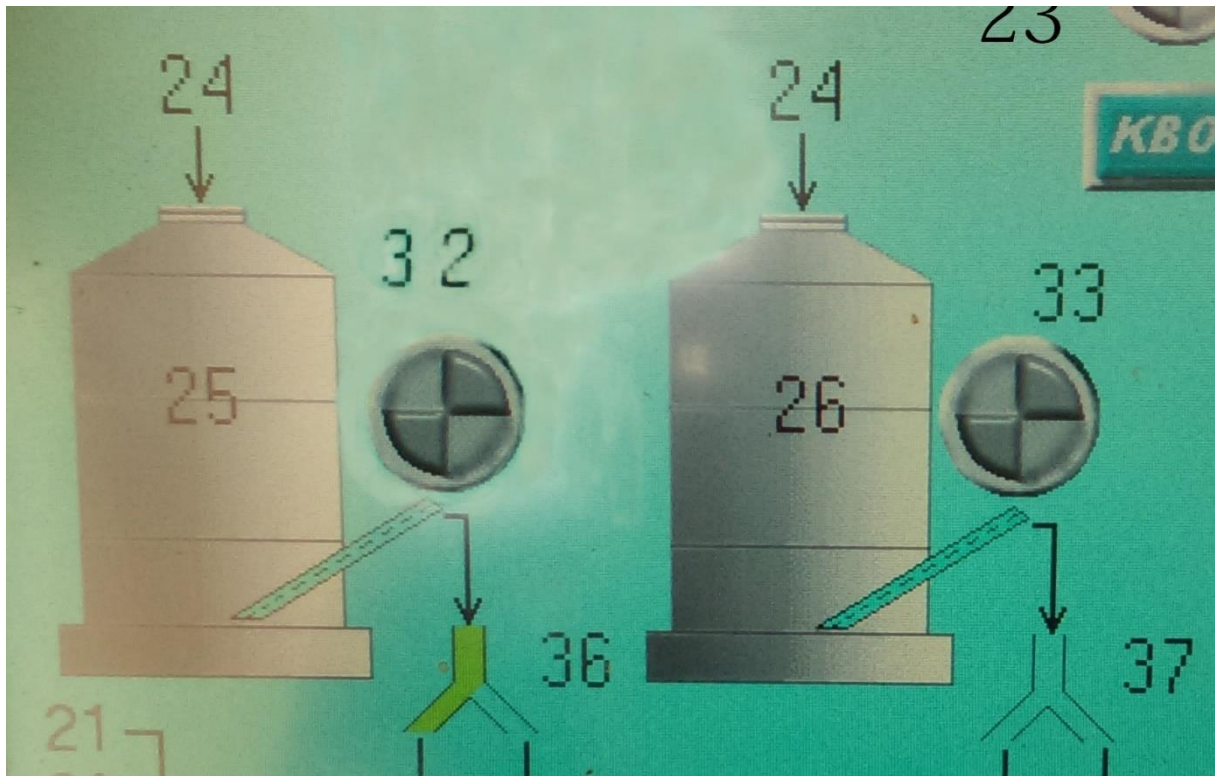
Natpisne pločice četiriju motora za punjenje ćelija (23, 24, 201, 202) imaju iste vrijednosti, a jedna od njihovih natpisnih pločica će biti prikazani tablicom 2.6.

**Tablica 2.6.** Natpisna pločica motora za punjenje ćelija

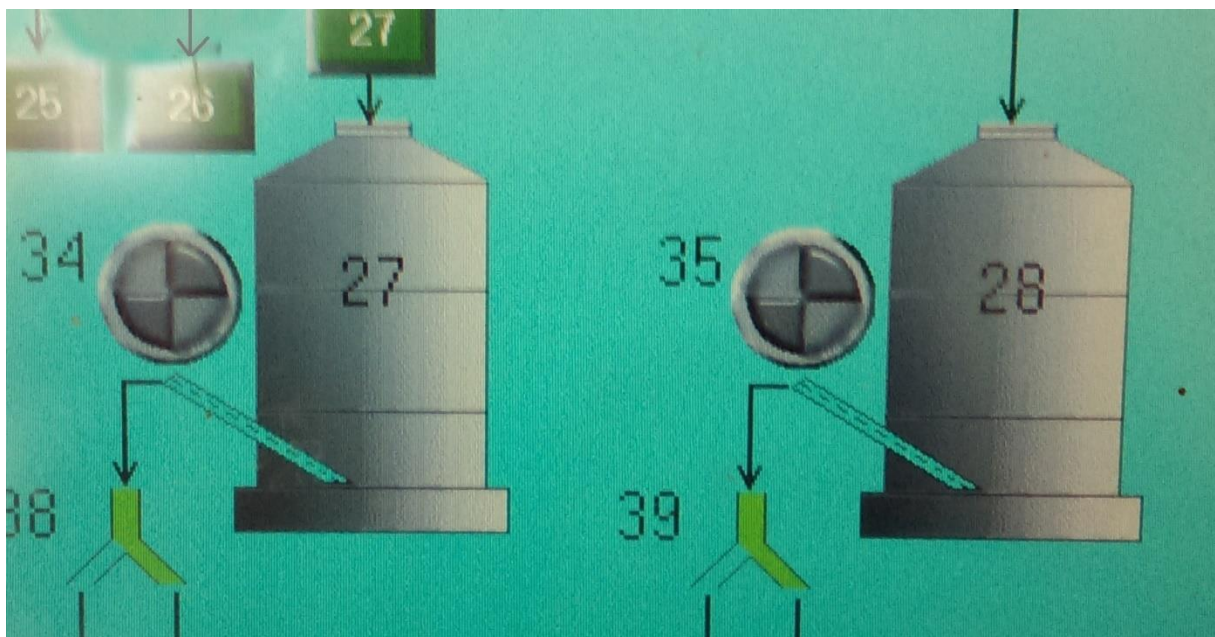
<b>Proizvođač:</b>	STANDART
<b>Vrsta stroja:</b>	Asinkroni kavezni motor
<b>Spoj :</b>	zvijezda
<b>Nazivna snaga:</b>	7,5 kW
<b>Nazivni napon:</b>	400 V
<b>Nazivna struja:</b>	12,5 A
<b>Faktor snage:</b>	0,8
<b>Frekvencija:</b>	50 Hz
<b>Brzina vrtnje:</b>	1400 min <sup>-1</sup>

Kako smo na početku ovog diplomskog rada spomenuli ulogu silosa (ćelija), više ćemo se bazirati na motore koji služe za pražnjenje ćelija, a s kojima počinje proces od izlaska robe iz pogona, koji je identičan ulasku, ali obrnutog poretka.

Na Siemensovom operatorskom panelu motori oznaka 32 ili 33 (Slika 2.20.) prazne ćelije oznaka 25 ili 26, dok motori oznaka 34 ili 35 (Slika 2.21.) prazne ćelije 27 ili 28. Isto tako motori 208 ili 209 (Slika 2.22.) prazne ćelije 203 ili 204, a motori oznaka 210 ili 211 (Slika 2.23.) prazne ćelije 205 ili 206 [5].

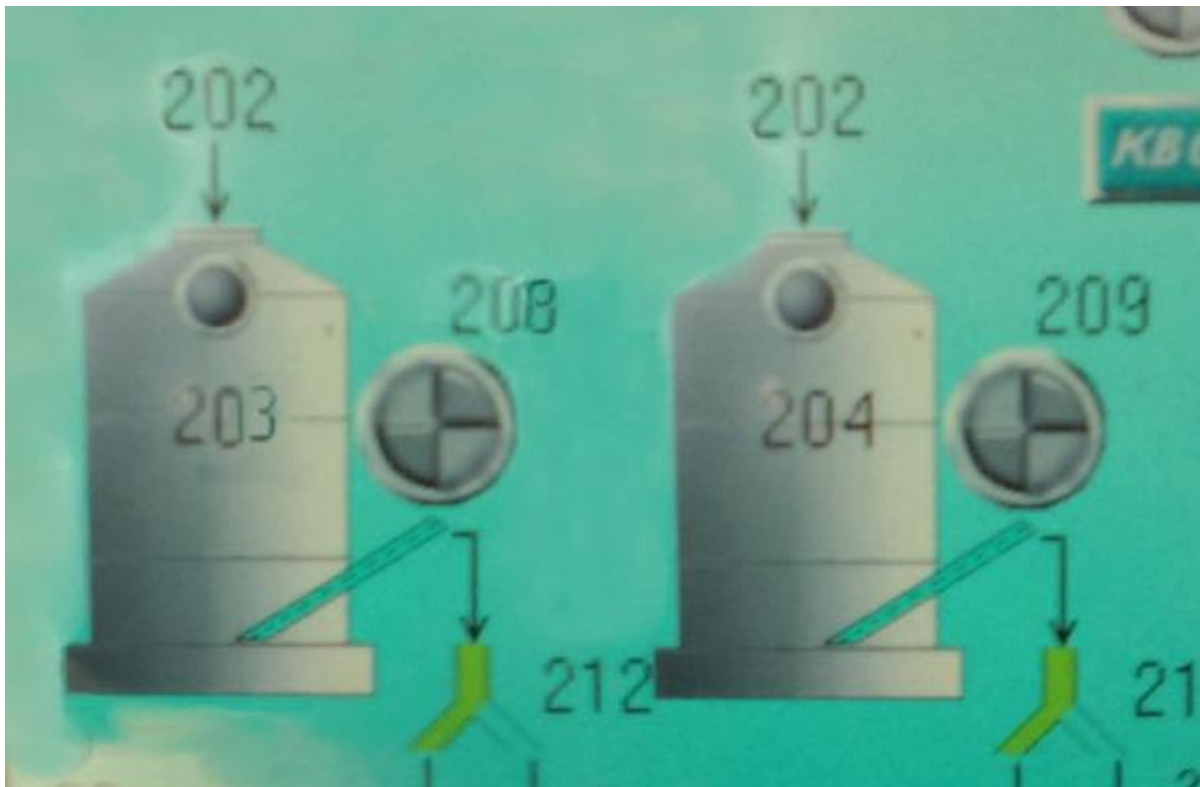


**Slika 2.20.** Prikaz motora broj 32 i 33 za pražnjenje ćelija na zaslonu operatorskog panela Siemens Hakko V710C

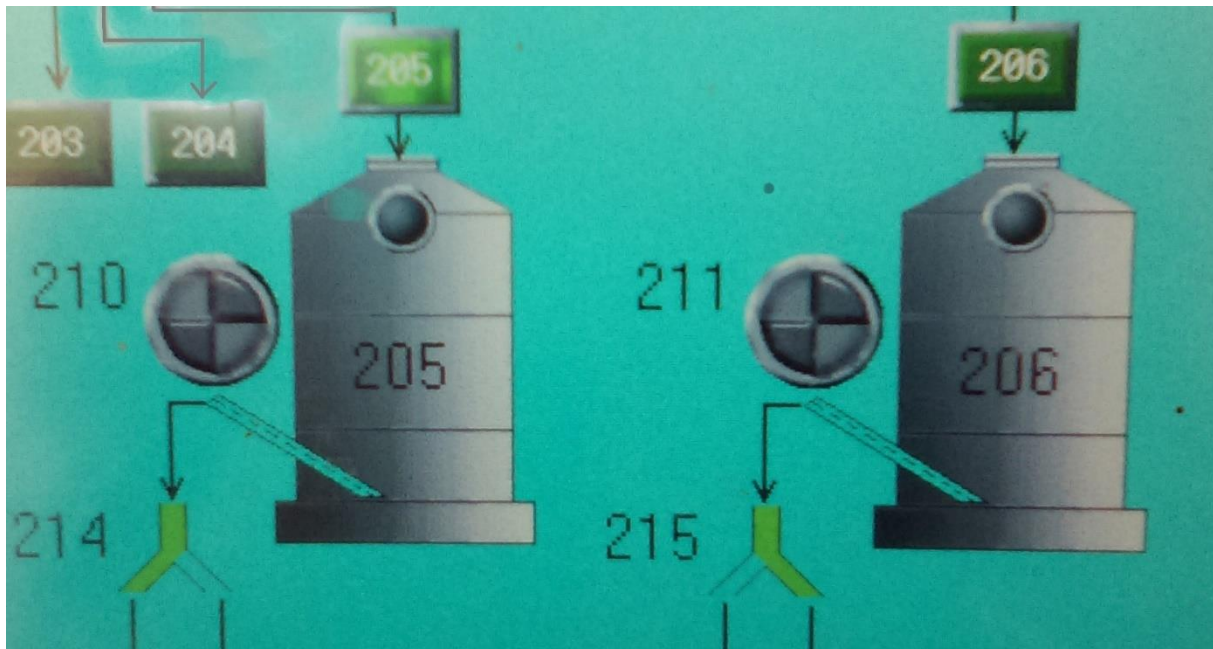


**Slika 2.21.** Prikaz motora broj 34 i 35 za pražnjenje ćelija na zaslonu operatorskog panela Siemens Hakko V710C





**Slika 2.22.** Prikaz motora broj 208 i 209 za pražnjenje ćelija na zaslonu operatorskog panela Siemens Hakko V710C



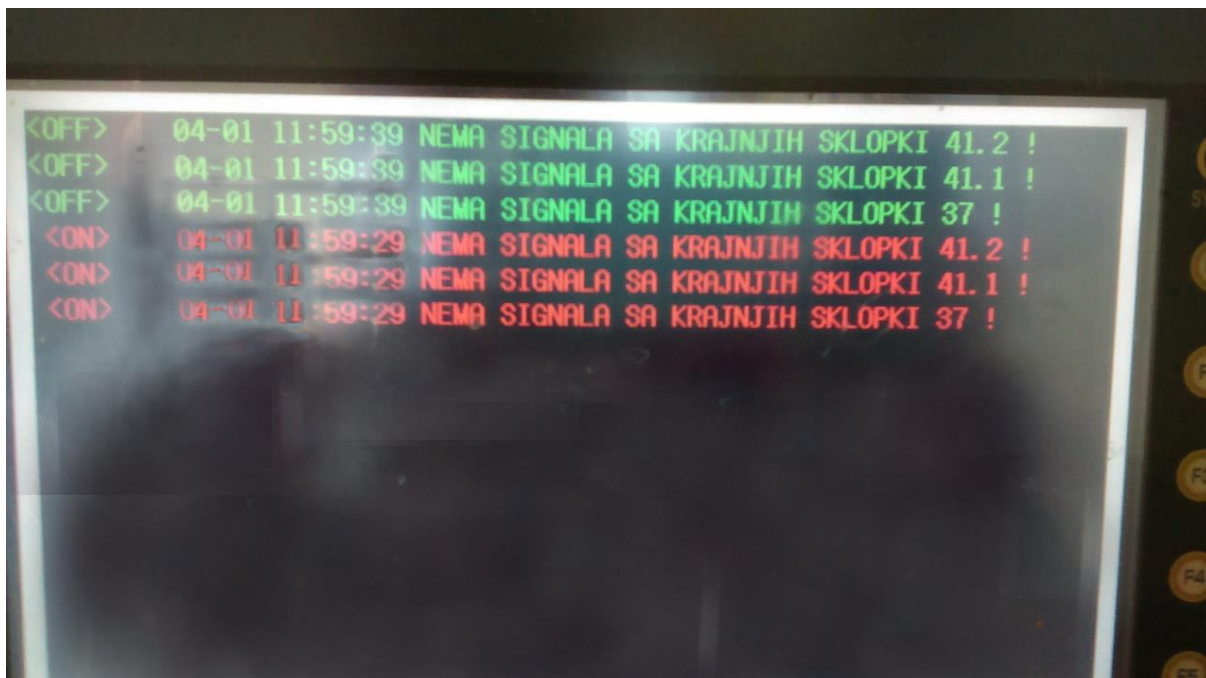
**Slika 2.23.** Prikaz motora broj 210 i 211 za pražnjenje ćelija na zaslonu operatorskog panela Siemens Hakko V710C

Tablica 2.7. prikazuje natpisnu pločicu motora za pražnjenje ćelija.

**Tablica 2.7.** Natpisna pločica motora za pražnjenje ćelija

<b>Proizvođač:</b>	KONČAR-MES
<b>Vrsta stroja:</b>	Asinkroni kavezni motor
<b>Spoj :</b>	zvijezda
<b>Nazivna snaga:</b>	5,5 kW
<b>Nazivni napon:</b>	400 V
<b>Nazivna struja:</b>	12,5 A
<b>Faktor snage:</b>	0,8
<b>Frekvencija:</b>	50 Hz
<b>Brzina vrtnje:</b>	1410 min <sup>-1</sup>

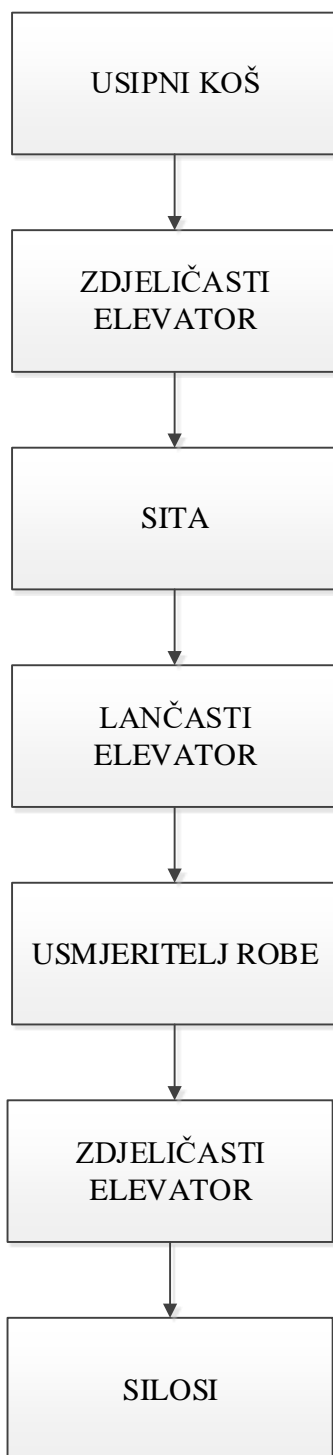
Za potrebe ovog diplomskog rada, simulirano je pogonsko stanje, a rezultati istog su vidljivi na slici 2.24. [4]. Možemo uočiti kako su na temelju rezultata, dobivena određena upozorenja koja su u istom trenutku i uspješno otklonjena.



**Slika 2.24.** Prikaz off-line metode nadzora na zaslonu operatorskog panela Siemens Hakko V710C

## 2.4. Blok dijagram procesa proizvodnje

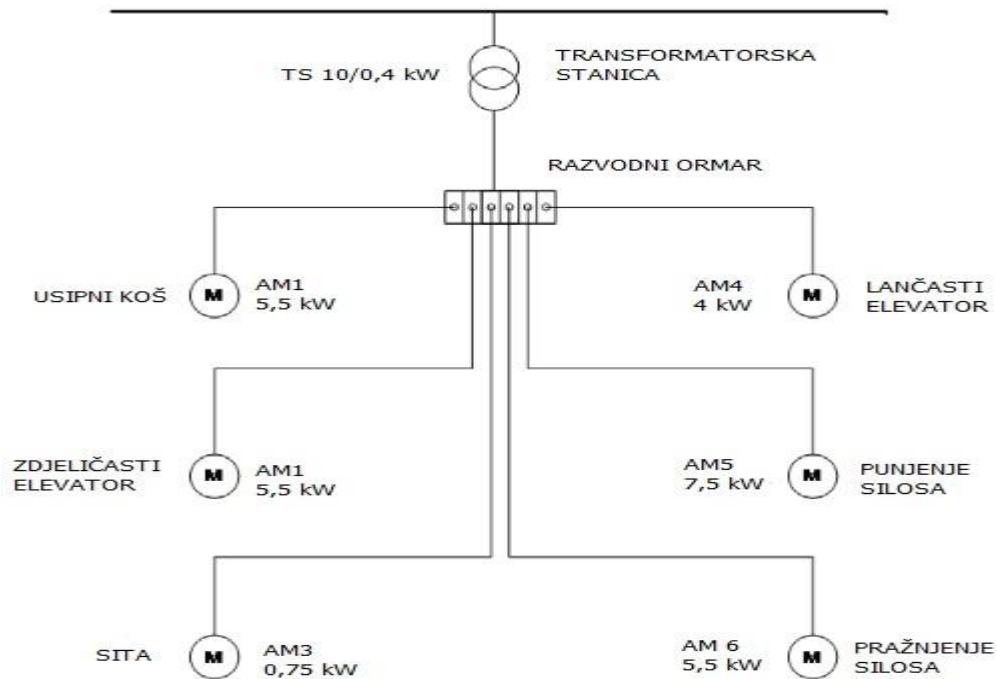
Na slici 2.25. nalazi se blok dijagram procesa proizvodnje, koji se sastoji od : usipnog koša, dva zdjeličasta elevatora, sita, lančastog elevatora, usmjeritelja robe te silosa. On prikazuje put materijala (u našem primjeru žitarica) od istovara robe do skladištenja iste u silose.



**Slika 2.25.** Blok dijagram procesa proizvodnje

## 2.5. Jednopolna shema pogona

Slika 2.26. prikazuje jednopolnu shemu pogona. Na njoj se vidi kako su motori različitih elemenata pogona (usipnog koša, lančastog elevatora, zdjeličastog elevatora, punjenja i pražnjenja silosa te sita) spojeni u razvodnom ormaru, koji se pak napaja iz transformatorske stanice 10/0,4 kV.

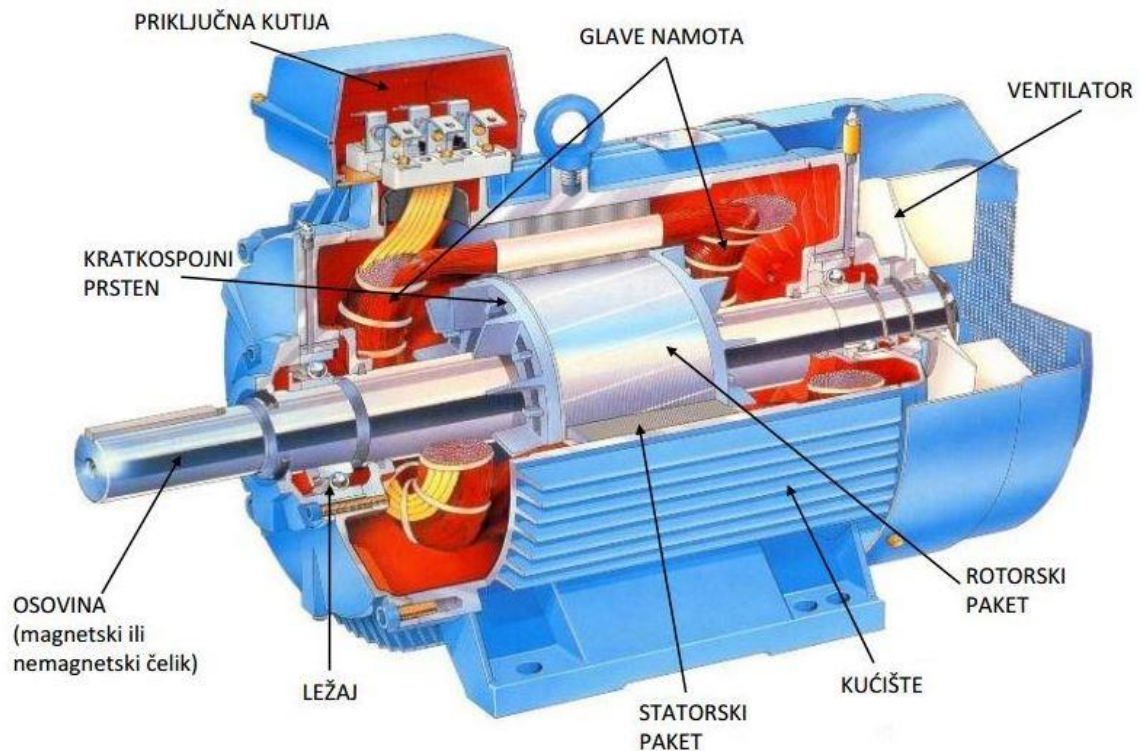


Slika 2.26. Jednopolna shema pogona

### 3. ASINKRONI KAVEZNI MOTOR

Prolaskom kroz prethodnu cjelinu ovoga rada, uočavamo kako su svi motori ovog pogona po svojoj vrsti i namjeni asinkroni kavezni motori. Oni se međusobno razlikuju prema načinu spajanja, te ostalim informacijama navedenim na natpisnim pločicama motora.

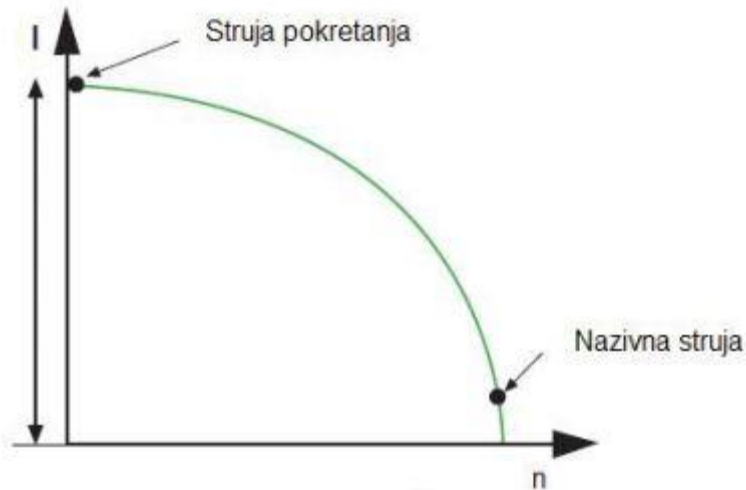
Asinkroni kavezni motori su motori koji se većinom izvide kao trofazni u industrijskoj proizvodnji. Zbog svoje jednostavnosti i niske cijene održavanja, vrlo su čest elektromotor u pogonima. Njihov bitan čimbenik je da brzina vrtnje rotora zaostaje za okretnim magnetskim poljem statora, a dva glavna dijela čine stator i rotor. Na slici 3.1. nalazi se presjek trofaznog asinkronog motora s kaveznim rotorom.



**Slika 3.1.** Presjek trofaznog asinkronog kaveznog motora

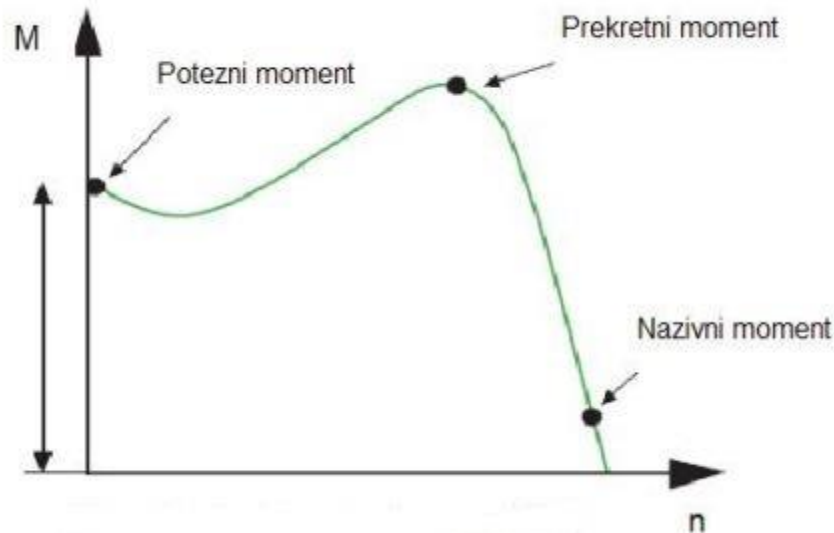
S promjenom tereta, varira mu brzina vrtnje kao i struja koju vuče iz mreže. Ukoliko dođe do mehaničkog preopterećenja, kavezni motor će reagirati usporavanjem, odnosno povećanjem klizanja, ali dolazi i do porasta vrijednosti struje. Upravo zbog porasta struje, pogon koji sadrži asinkrone motore mora imati i nadstrujnu zaštitu koja se najčešće izvodi bimetalima.

Povećanjem brzine vrtnje asinkronog kaveznog motora dolazi do smanjenja vrijednosti struje, što možemo vidjeti na slici 3.2.



**Slika 3.2.** Strujna karakteristika asinkronog kaveznog motora

Kod pokretanja, asinkroni kavezni motor iz mreže povuče i do 7 puta vrijednosti nazivne struje, što može imati za velike posljedice za motor, kao i za pogon. Momentna karakteristika kaveznog asinkronog motora vidljiva je na slici 3.3.



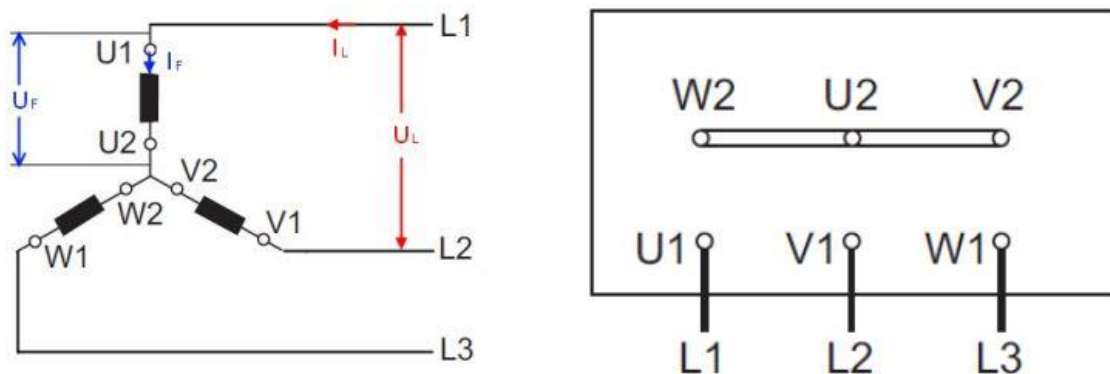
**Slika 3.3.** Momentna karakteristika kaveznog asinkronog motora

Na momentnoj karakteristici su točno označeni potezni, prekretni i nazivni moment.

Princip rada asinkronog kaveznog motora zasniva se na stvaranju okretnog magnetskog polja. Kada se uzбудni namoti, koji se međusobno pomaknuti za  $120^\circ$  kao i struje trofazne mreže, spoje u trokut ili zvijezdu priključuju se na trofaznu mrežu preko priključne kutije. Dolazi do pojave okretnog magnetskog polja koje izvire iz statorskih namota, rotira okomito na rotor, ulančuje vodiče rotorskog namota te ih presijeca, a potom se zatvara preko zračnog raspora. Okretno magnetsko polje presijeca vodiče rotorskog i statorskog namota te inducira trofazni sustav napona u namotima statora. Međutim, ukoliko dođe do postojanja relativne brzine između okretnog polja i rotora, inducirat će se naponi i u namotima rotora. Također, strujni krug rotorskog namota mora biti zatvoren da u rotoru asinkronog motora potekla struja.

Kao što smo već i rekli, asinkroni kavezni motori mogu biti spojeni u zvijezdu ili trokut, ovisno o potrebi i radu u postrojenju.

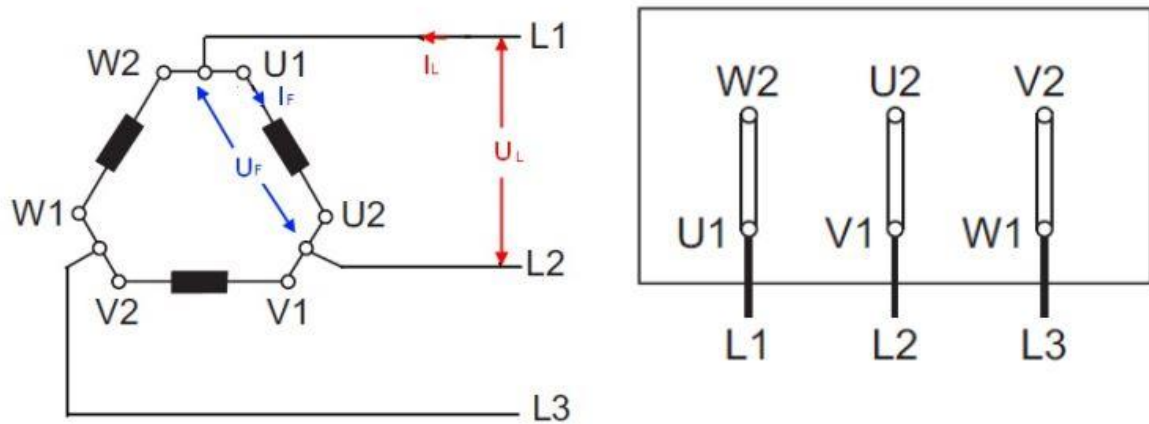
U spoju zvijezda su svi krajevi namota spojeni u jednu točku ili zvjezdište, a početci na linijski napon. Kod ovakvog spoja je fazni napon manji za  $\sqrt{3}$  u odnosu na linijski napon. Posljedica toga je da motor vuče tri puta manju struju. Za pokretanje jačih motora se koristi ovaj način spajanja. Kako je zvjezdište na potencijalu 0 V, svaki namot dobiva faznu vrijednost napona (230 V). U ovom pogonu se koristi većinom asinkroni kavezni motori spojeni u zvijezdu. Način spajanja motora u zvijezdu je prikazan na slici 3.4.



**Slika 3.4.** Namoti motora i priključišta motora spojenog u zvijezdu

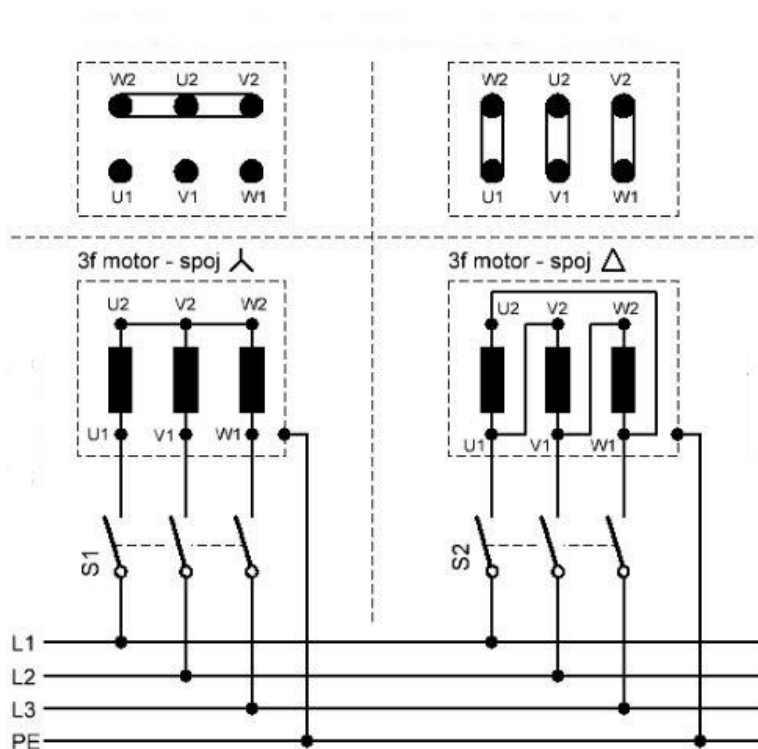
U spoju trokut su namoti spojeni serijski (kraj prvog s početkom drugog, kraj drugog s početkom trećeg i kraj trećeg s početkom prvog) dok se trofazni napon dovodi na spojne točke. Svaki namot je spojen na linijsku vrijednost napona (400 V). Struja koja teče kroz vod je  $\sqrt{3}$  puta veća od fazne struje. U ovom pogonu je samo jedan asinkroni kavezni motor koji se spaja

u spoj trokut, a namjena mu je pokretanje sita za odvajanje prašine. Način spajanja motora u trokut je prikazan na slici 3.5.



**Slika 3.5.** Namoti motora i priključista motora spojenog u trokut.

Položaj preosnica na kontaktima u spojnoj kutiji motora za oba načina spajanja vidljiv je na slici 3.6.



**Slika 3.6.** Položaj preosnica na kontaktima u spojnoj kutiji motora i shema spoja



## 4. TEHNIČKI OPIS POSTROJENJA

### 4.1. Napajanje električnom energijom

Napajanje električnom energijom glavnog NN razdjelnika silosa sa prijemom (=NRO1), izvodi se sa niskonaponskog razvoda stupne transformatorske stanice podzemnim kabelom PP00-A 4x150 mm<sup>2</sup>. Glavni osigurači priključka niskonaponskog razvoda u trafostanici su 125 A.

Zaštita od indirektnog dodira je sistem nulovanja (TN-S), pa se traka sistema uzemljenja spaja na pogonsko uzemljenje trafostanice te na jednopotencijalne sabirnice i sabirnice za uzemljenje svih razvodnih ormara na objektu.

### 4.2. Razdjelnici

Razdjelnici su smješteni unutar objekta, te se izvode kao samostojeći ili nazidni ormari zaštite IP55. Sva električna oprema ugrađena u razvodni ormar odabrana je obzirom na nominalnu struju, stupanj zaštite i pogonsku sigurnost.

Uklopna i zaštitna elektrooprema smještena je unutar ormara, a signalni i upravljački elementi na njegovim vratima. Sva oprema unutar ormara je pristupačna i pregledno ugrađena te označena sa oznakama pozicije prema izvedbenoj dokumentaciji. Radne stezaljke u ormaru su točno označene brojkama. Kućište ormara je propisno uzemljeno i savitljivim vodom premošteno s vratima ormara.

### 4.3. Upravljanje i signalizacija

Za upravljanje elektromotornim pogonima silosa sa prijemom predviđa se programabilni logički kontroler. PLC je ugrađen u ormarić =NRO1. Taj PLC bi služio za upravljanje transportom sirovina iz usipnog koša do silosa.

Vizualizacija i upravljanje elektromotornim pogonima silosa i prijema vrši se pomoću operativnog panela koji je ugrađen na vrata niskonaponskog razdjelnika (=NRO1) smještenog u komandnoj prostoriji.

#### 4.4. Zaštita od indirektnog dodira

Prema HRN N.B2.741, zaštitni uređaj kojim se osigurava zaštita od indirektnog dodira strujnog kruga i opreme, u slučaju izolacijskog kvara između dijelova pod naponom i ostalih konstruktivnih metalnih dijelova kućišta, mora automatski isključiti napajanje strujnog kruga u takvom vremenu koje ne dozvoljava održavanje napona većeg od 50 V efektivne vrijednosti koji bi mogao predstavljati rizik od fiziološkog djelovanja na osobe u dodiru sa spomenutim dijelovima.

Impedancija strujnog kruga mora biti tako izabrana da u slučaju nastanka izolacionog kvara bilo gdje u instalaciji nastupi automatsko isključenje napajanja u utvrđenom vremenu.

Ovaj uvjet je zadovoljen ako je ispunjen uvjet [1] :

$$Z_s \cdot I_a \leq U_0 \quad (4-1)$$

gdje je :

$Z_s$  – impedancija petlje kvara koja obuhvaća izbor, vodič pod naponom do točke kvara i zaštitni vodič između točke kvara i izvora.

$I_a$  – a) priključnice, direktno bez priključnice ručne aparate klase I ili prenosive aparate – struja koja osigurava djelovanje zaštitnog uređaja za automatsko isključenje napajanja u vremenu  $t = 0,4$  s za napon  $U_o = 230$  V i 0,2 s za napon 400 V.

b) napojni strujni krugovi ili krajnji strujni krugovi koji napajaju samo neprenosivu opremu kada su priključeni na rasklopni blok na koji nisu spojeni strujni krugovi koji zahtijevaju vremena isključenja 0,2 s i 0,4 s – vrijeme koje ne prelazi konvencionalnu vrijednost od 5 s.

$U_0$  – nazivni napon prema zemlji.

#### 4.5. Zaštita od kratkog spoja i preopterećenja

Primijenjeni su slijedeći zaštitni uređaji:

- automatski instalacijski osigurači,
- motorske zaštitne sklopke s termomagnetskim okidačem.

#### **4.6. Instalacija gromobrana i zaštitnog uzemljenja**

U svrhu zaštite građevine i ljudi u njoj, od udara groma, na građevini je izvedena klasična gromobranska instalacija na principu Faradayevog kaveza. Oko cijele građevine izveden je zaštitni kavez koji se sastoji od hvataljki, odvodnih vodova i temeljnog uzemljivača.

Spojevi su izvedeni zavarivanjem. Ostale metalne mase u građevini su preko sustava zaštite od previsokog napona dodira povezane na gromobransku instalaciju. Ovim povezivanjem na zajedničko uzemljenje postiže se izjednačavanje potencijala.

#### **4.7. Električna rasvjeta**

Nadstrešnica usipnog koša osvijetljena je fluorescentnim svjetilkama. Instalacija rasvjete i utičnica izvedene su nadžbukno, instalacijskim kabelima PP-Y položenim u plastične cijevi na odstoynim obujmicama.

Unutarnja rasvjeta komandne kućice kao i kućice kolske vage izvedena je nadgradnim svjetilkama, dok je instalacija izvedena nadžbukno.

Strujni krugovi vanjske rasvjete silosa napajaju se iz ormarića =NRO1.

#### **4.8. Zaštita od statičkog elektriciteta**

Kako na više mjesta u strojnoj opremi dolazi do skupljanja električnih naboja odnosno pojave statičkog elektriciteta, poduzimaju se mjere za sprječavanje sakupljanja previsokog naboja i opasnosti od preskoka iskre te požara koji bi se pri tom mogao nastati.

Zbog toga svi metalni dijelovi moraju biti međusobno vodljivo (galvanski) povezani i spojeni na zajednički uzemljivač, odnosno na izvod iz temeljnog uzemljivača kako bi se ostvarilo izjednačavanje potencijala i odvod statičkog elektriciteta sa metalnih dijelova. U objektu su svi metalni dijelovi praktički međusobno povezani. Sva kućišta motora su uzemljenja pa je ovim putem omogućen stalan odvod statičkog elektriciteta.

## 5. MJERENJA

### 5.1. Uloga mjerenja u pogonima

Mjerenja su vrlo važan proces pri puštanju postrojenja u pogon i nesmetanom radu istog. Mjerenjem različitih fizikalnih veličina uspoređujemo dobivene rezultate sa zakonsko utvrđenim dopuštenim graničnim vrijednostima. Dopuštene vrijednosti su unaprijed dobivene računskim putem od strane ovlaštenog mjeriteljskog subjekta. Važan segment početka rada nekog objekta su mjerenja kojima se dokazuje (ili opovrgava) ispravnost svih električnih instalacija, uzemljivača i slično. Pogon se ne smije pustiti u nesmetan rad sve dok ne zadovolji kriterije koji su postavljeni pred isti. Glavni cilj mjerenja i zadovoljavanja svih kriterija su zaštita ljudi koji u pogonu obavljaju svoj rad, te sigurnosti od požara. Osim elektrotehničkog dijela (mjerenja otpora uzemljenja, petlje uzemljenja, električnih instalacija, gromobranske zaštite), ulogu u mjerenju ima i građevinski dio (provjera nosivosti konstrukcija, projekt izgradnje pogona). U slučaju da se prilikom puštanja pogona u rad, ne zadovolje svi potrebni segmenti, izvođač radova je dužan napraviti preinake ili popravke istih kako bi se vrijednosti optimizirale s dopuštenim. Također, svakih godinu dana je ovlaštenu mjeriteljski subjekt dužan provjeriti nalaze li se vrijednosti i dalje u intervalima dopuštenog. Slijedom različitih naprezanja prilikom rada pogona, nije rijetkost da se u pogonu prilikom pregleda moraju obaviti različite preinake. Međutim, većinom je tu riječ o nedovoljnoj zategnutosti pojedinih elemenata (utičnica, kabela, konstrukcijskih dijelova) čiji je uzrok vibrirajući uslijed rada pojedinog dijela pogona.

U ovom diplomskom radu, fokus će biti na mjerenjima koja su obavljena prilikom puštanja u rad pogona za sušenje žitarica OC Šljivoševci. Mjerenja je obavio ovlaštenu mjeriteljski subjekt i biti će prikazana u ovoj cjelini, a dobivena su od tvrtke Žito d.o.o na privremeno korištenje radi pisanja ovog rada. Osim samih rezultata mjerenja, biti će prikazane i norme koje su korištene netom prije samog ispitivanja, korišteni mjerni instrumenti te stanja pogona zatečena u trenutku mjerenja.

## 5.2. Ispitivanje otpora uzemljenja u svrhu zaštite od statičkog elektriciteta

Opasnost od statičkog elektriciteta nastaje kada se na jednom mjestu skupi toliko naelektriziranja da se preko iskre prazni te u granicama eksplozivnosti može zapaliti eksplozivne smjese plinova, pare i prašine ili eksplozivne materijale.

Pod odvodom naelektriziranja podrazumijeva se postupak kojim se naelektriziranje, koje je sakupljeno u opasnoj količini na određenom mjestu, odvodi bez pojave iskrenja pri čemu se naelektrizirano tijelo dovodi u neutralno stanje

U cilju sprječavanja skupljanja statičkog elektriciteta poduzete su mjere kao što su:

- uzemljenje,
- održavanje odgovarajuće vlage u zraku,
- ionizacija zraka,
- antistatička preparacija,
- povećanje vodljivosti loše vodljivih materijala,
- odvođenje statičkog elektriciteta influencijom.

Uzemljenje se mora primjenjivati na svim vodljivim dijelovima strojeva ili uređaja, bez obzira da li se upotrebljavaju i druge mjere od statičkog elektriciteta.

Uzemljenje se izvodi galvanskim vezivanjem svih vodljivih dijelova postrojenja na uzemljivač.

Mjerenja u vezi uzemljenja pogona sastoje se u postavljanju metalne elektrode u pogodnoj točki na određenoj dubini ispod površine zemlje, te spajanju elektroda pomoću metalnih vodiča sa električnim instalacijama u točki u kojoj se želi obaviti određeno mjerenje.

Uzemljenje bi zapravo bio kontakt uzemljivača sa naelektriziranom zemljom, a definira se preko otpora uzemljenja.

Otpor uzemljenja se sastoji od :

- otpora metalnog spoja na elektrodi uzemljenja,
- otpora dodira između elektrode uzemljenja i najbližeg sloja zemljišta,
- otpora mase zemljišta (otpor rasprostiranja).

Otpor rasprostiranja uzemljivača se definira kao otpor zemlje između uzemljivača i zemlje, kod koja je udaljena od uzemljivača toliko da se između određenih točaka na tom dijelu ne pojavljuju velike razlike potencijala.

Otpor uzemljenja je zbroj otpora rasprostiranja i otpora zemljovoda.

Uzemljivač je vodič koji se postavlja u zemlju te je s istom u dobroj vodljivoj vezi.

Otpor uzemljenja dugog trakastog uzemljivača se može prikazati formulom [7]:

$$R_r = \frac{\rho}{\pi \cdot L} \cdot \ln \frac{2 \cdot L}{d}, \quad (5-1)$$

gdje je :  $\rho$  – specifični otpor tla,

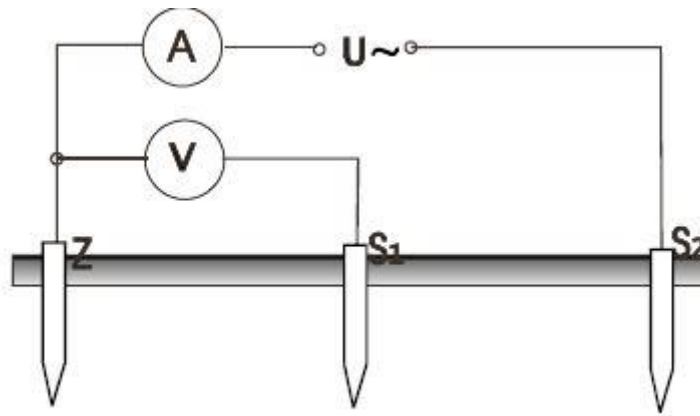
$L$  – duljina trake (duljina ugrađenog temeljnog uzemljivača iznosi oko 130 m),

$d$  – ekvivalentan promjer.

Uzemljenjem se moraju ispuniti idući zadaci :

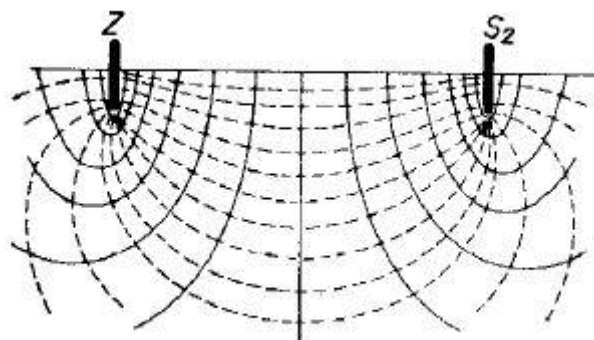
- osigurati nesmetan rad električnih instalacija (pogonsko uzemljenje),
- osigurati zaštitu za život ljudi od napona dodira i koraka (zaštitno uzemljenje),
- pražnjenje prenapona (gromobransko uzemljenje).

Prema propisima o zaštiti pogona i ljudi koji rade u njima, sva kućišta u kojima se nalaze električna oprema moraju biti uzemljenja. Otpor uzemljenja se mjeri nakon izvođenja uzemljenja, te nakon što se utvrdi služi li izvedeno uzemljenje svojoj svrsi. Na slici 5.1. možemo vidjeti tri uzemljivača ( $Z, S_1, S_2$ ). Kada se na njih narine napon, kao u ovom slučaju, između uzemljivača će poteći struja.



**Slika 5.1.** Mjerenje otpora uzemljenja U-I metodom

Struja će izlaziti iz uzemljivača u svim smjerovima, rasprostire se po svojoj okolini te na kraju i sjedinjuje. U neposrednoj blizini uzemljivača, struja raspolaže malim presjekom, pa prema tome mora savladati veliki otpor, te onda dolazi i do velikog pada napona. S druge strane, između uzemljivača struja će savladavati mali otpor jer dolazi do velikog presjeka, pa prema tome nema velikih padova napona. (Slika 5.2.) [8]. Poprečne isprekidane linije prikazuju ekvipotencijalne plohe.



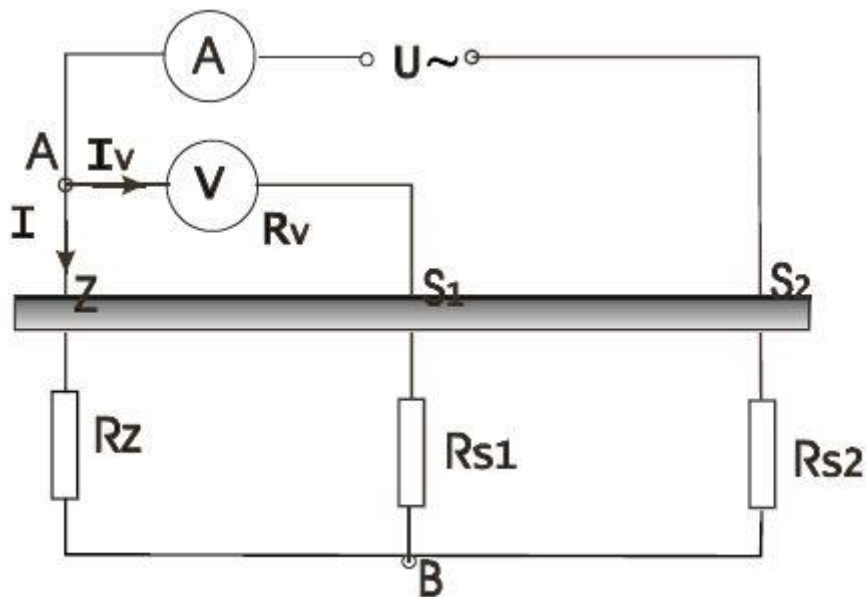
**Slika 5.2.** Rasprostiranje struje na okolinu

Raspodjela napona unutar uzemljivača može se mjeriti voltmetrom velikog unutrašnjeg otpora. Upravo zbog toga se na slici 5.1. može vidjeti kako se voltmetar priključuje na uzemljivač Z s jednom stezaljkom, dok s drugom na mjerni uzemljivač  $S_1$ .

Kod mjerenja otpora uzemljenja mjeri se otpor između uzemljivača i okolne zemlje izvan potencijalnog lijevka. Sav otpor uzemljenja uzemljivača je koncentrirat unutar zaporne plohe, tj. u blizini uzemljivača. Otpor uzemljenja mjerimo tako da mjerimo otpor između kontroliranog uzemljivača i pomoćnog uzemljivača kojeg postavljamo.

Posljednji uzemljivač mora biti udaljen minimalno za dvostruki polumjer naponskog lijevka (kod malih uzemljivača barem 10 metara) [8]. Otpor uzemljenja treba mjeriti isključivo izmjeničnom strujom, zbog toga što kod istosmjerne struje dolazi do polarizacijskih pojava koje ometaju mjerenja.

Kod U-I metode, ampermetrom se mjeri struja koja teče kroz uzemljivače, a voltmetrom napon između uzemljivača i zemlje (Slika 5.3.).



**Slika 5.3.** Nadomjesna shema mjerenja otpora uzemljenja

Ovisno o priključenju sonde i uzemljivača, mjerimo napone  $U_{ZS2}$  ili  $U_{ZS1}$ . Kako nam je struje koja teče kroz uzemljivače unaprijed poznata, otpor uzemljivača računamo preko Ohmovog zakona :

Otpor uzemljivača  $R_Z$  [9]:

$$R_Z = \frac{U_{ZS1}}{I} . \quad (5-2)$$

Otpor uzemljivača  $R_{S2}$  [9] :

$$R_{S2} = \frac{U_{ZS2}}{I} . \quad (5-3)$$

Kod ovakvih mjerenja koriste se voltmetri s velikim ulaznim otporom [7].



Otpor uzemljenja računa se ovisno o vrsti uzemljivača. Tako su u tablici 5.1. prikazane jednadžbe i veličine ovisne za računanje otpora uzemljenja.

**Tablica 5.1.** Jednadžbe za računanje otpora uzemljenja ovisno o vrsti uzemljivača

VRSTA UZEMLJIVAČA	JEDNADŽBA	
TRAKASTI	$R_r = \frac{\rho}{\pi \cdot L} \cdot \ln \frac{2 \cdot L}{d}$	
CIJEVNI	$R_r = \frac{\rho}{\pi \cdot L} \cdot \ln \frac{2 \cdot L}{d}$	
PRSTENASTI	$R_p = \frac{2 \cdot \rho_z}{3 \cdot D}$	$D = 1,13 \cdot \sqrt{F}$

gdje su :  $R_p$  – otpor uzemljenja ( $\Omega$ ),

$\rho_z$  – specifični otpor tla ( $\Omega\text{m}$ ),

$L$  – duljina uzemljivača (m),

$D$  – promjer prstenastog uzemljivača (m),

$F$  – površina koju omeđuje prstenasti uzemljivač ( $\text{m}^2$ ),

$d$  – ekvivalentni promjer (m).

Provedeno mjerenje U-I metodom te opis iste prikazan je u tablici 5.2.

**Tablica 5.2.** Ispitivanje otpora uzemljenja u svrhu zaštite od statičkog elektriciteta

<b>MJERNA METODA</b>	<b>U-I METODA</b>
<b>MJERNI INSTRUMENTI</b>	-višenamjenski mjerni instrument za mjerenje električnih veličina. Proizvođač : „METREL“, tip : EUROTTEST 61557, serijski broj 13069775 -termohigrobarometar proizvođača : „LUTRON“, tip : PHB-318, tv. Broj 060-13,
<b>OPĆE MJERE ZAŠTITE OD STATIČKOG ELEKTRICITETA</b>	-Uzemljenjem -Izjednačavanjem potencijala



**Slika 5.4.** Mjerni instrument za mjerenje električnih veličina „METREL“



**Slika 5.5.** Display mjernog instrumenta „METREL“

Metrel je multifunkcionalni digitalni instrument za provjeru ispravnosti i sigurnosti niskonaponskih elektroinstalacija (standard EN 611557), odobren za Republiku Hrvatsku [9].

Pomoću ovog mjernog instrumenta mogu se obaviti sljedeća mjerenja :

- mjerenja snage i potrošnje energije, više harmonike struje i napona, faznog kuta, frekvencije, kontrolnog napona, praćenje podzemnih/podžbuknih instalacija, lociranje osigurača, mjerenje struja do 200 A pomoću kliješta, mjerenje struja odvoda TRMS od 0,2 mA, mjerenje otpora pomoću malih struja,
  - mjerenje sustava uzemljenja i gromobranskih sustava, uključujući i metodu dvaju kliješta (bez odspajanja križnih spojeva),
  - određivanje redoslijeda faza u trofaznim sustavima,
  - ispitivanje varistora, mjerenje osvijetljenosti uz sondu,
  - ispitivanje FID sklopke (vrijeme i struje isklapanja), automatski test FID sklopke,
  - mjerenje impedancije kratkospojne petlje i petlje u kvaru bez isklapanja FID sklopke
- mjerenje neprekinutosti zaštitnog vodiča,
- mjerenje otpora izolacije istosmjernim naponom do 1000 V.



**Slika 5.6.** Termohigrobarometar „LUTRON“

Lutron je mjerni instrument kojim se mjere vrijednosti temperature okoline i udio vlage u zrake [10].

Rezultati dobiveni ovim alatom koriste se kod mjerenja ispitivanja otpora uzemljenja u svrhu zaštite od statičkog elektriciteta.

Tablica 5.3. prikazuje rezultate mjerenja ispitivanja otpora uzemljenja na šest različitih točaka unutar pogona silosa. Izmjerene vrijednosti su unutar dozvoljenih granica.

**Tablica 5.3.** Rezultati mjerenja ispitivanja otpora uzemljenja

<b>RB</b>	<b>MJESTO MJERENJA</b>	<b>OTPOR UZEMLJENJA (IZMJERENA PROSJEČNA VRIJEDNOST)</b>	<b>OTPOR UZEMLJENJA (DOZVOLJEN)</b>
1.	SILOS	2,15 Ω	20 Ω
2.	SILOS	2,19 Ω	20 Ω
3.	SILOS	2,18 Ω	20 Ω
4.	SILOS	2,15 Ω	20 Ω
5.	SILOS	2,15 Ω	20 Ω
6.	SILOS	2,19 Ω	20 Ω

Vanjski uvjeti : Relativna vlažnost : 49 %,

Temperatura : 23 °C,

Vlažnost tla : suho.

### 5.3. Vizualni pregled sustava zaštite od munje

Osim vizualnog pregleda sustava zaštite od munje, provedeno mjerenje U-I metodom i podaci u uzemljivaču prikazani su u tablici 5.4.

**Tablica 5.4.** Podaci o uzemljivaču i mjerenju

<b>PODACI O UZEMLJIVAČU</b>	Fe/Zn traka, 25 x 4 mm Fe/Zn traka, 30 x 4 mm Fe/Zn traka, 40 x 4 mm
<b>MJERNA METODA</b>	-U-I metoda -pomoću višenamjenskog instrumenta za ispitivanje s direktnim očitavanjem
<b>MJERNI INSTRUMENTI</b>	-višenamjensko mjerilo: „METRAWATT“, tip : PROFITEST 0100S-II, serijski broj RB0064



**Slika 5.7.** Višenamjenski instrument „METRAWATT“

Metrawatt [11] je višenamjenski instrument pomoću kojeg se mogu izvesti sljedeća mjerenja :

- mjerenja napona, frekvencije, struje,
- mjerenja struje kratkog spoja, nadstrujne zaštite uređaja,
- mjerenje otpora petlja i impedancija,
- otpor uzemljivača, izolacijski otpor,
- indikator redoslijeda faza,
- temperatura i vlažnost zraka.

Ukupno mjerenje otpora rasprostiranja uzemljivača provedeno je na 28 različitih mjernih mjesta u pogonu silosa, a prikazano je tablicom 5.5.. Izmjerene vrijednosti su unutar dozvoljenih granica.

Tablica 5.5. Mjerenje otpora rasprostiranja uzemljivača

REDNI BROJ	MJERNO MJESTO	IZMJERENI OTPOR RASPROSTIRANJA $R_{IZ}$ ( $\Omega$ )	DOZVOLJENI OTPOR RASPROSTIRANJA $R_{DOP}$ ( $\Omega$ )
SILOS SA SUŠAROM			
1.	Mjerno mjesto 1	0,67	20
2.	Mjerno mjesto 2	0,81	20
3.	Mjerno mjesto 3	0,90	20
4.	Mjerno mjesto 4	0,74	20
5.	Mjerno mjesto 5	0,68	20
6.	Mjerno mjesto 6	0,85	20
7.	Mjerno mjesto 7	0,81	20
8.	Mjerno mjesto 8	0,83	20
9.	Mjerno mjesto 9	0,78	20
10.	Mjerno mjesto 10	0,87	20
11.	Mjerno mjesto 11	0,90	20
12.	Mjerno mjesto 12	0,71	20
13.	Mjerno mjesto 13	0,65	20
14.	Mjerno mjesto 14	0,75	20
15.	Mjerno mjesto 15	0,95	20
16.	Mjerno mjesto 16	0,81	20
17.	Mjerno mjesto 17	0,83	20
18.	Mjerno mjesto 18	0,87	20
19.	Mjerno mjesto 19	0,79	20
20.	Mjerno mjesto 20	0,49	20
21.	Mjerno mjesto 21	0,27	20
22.	Mjerno mjesto 22	0,28	20
23.	Mjerno mjesto 23	1,11	20
24.	Mjerno mjesto 24	1,12	20
25.	Mjerno mjesto 25	0,99	20
26.	Mjerno mjesto 26	13,46	20

27.	Mjerno mjesto 27	0,25	20
28.	Mjerno mjesto 28	0,78	20

Osnovne informacije o uzemljivaču prikazani su tablicom 5.6., dok tablice 5.7. i 5.8. sadrže tehničke informacije o hvataljkama, odvodima te odvodnicima struje munje i prenapona.

**Tablica 5.6.** Ispitivanje stanja uzemljivača otkopavanjem na karakterističnom mjestu

<b>UZEMLJIVAČ</b>	
VRSTA	A i B
MATERIJAL	Fe/Zn traka 25 x 4 mm, 30 x 4 mm, 40 x 4 mm
POHRĐAN	Ne
STANJE	zadovoljava

**Tablica 5.7.** Stanje vanjskog sustava zaštite od munje

<b>HVATALJKE</b>	
VRSTA HVATALJKI	Štapne hvataljke; pokrov objekata (aluminijski lim, željezni lim, čelična konstrukcija)
MATERIJAL HVATALJKI	FeZn lim, Al lim FeZn traka 20 x 3 mm Čelična konstrukcija
STANJE VODIČA	Zadovoljava
STANJE SPOJEVA	Zadovoljava
<b>ODVODI</b>	
MATERIJAL ODVODA	FeZn lim FeZn traka 20 x 3 mm FeZn traka 25 x 4 mm Čelična konstrukcija
STANJE VODIČA	Zadovoljava

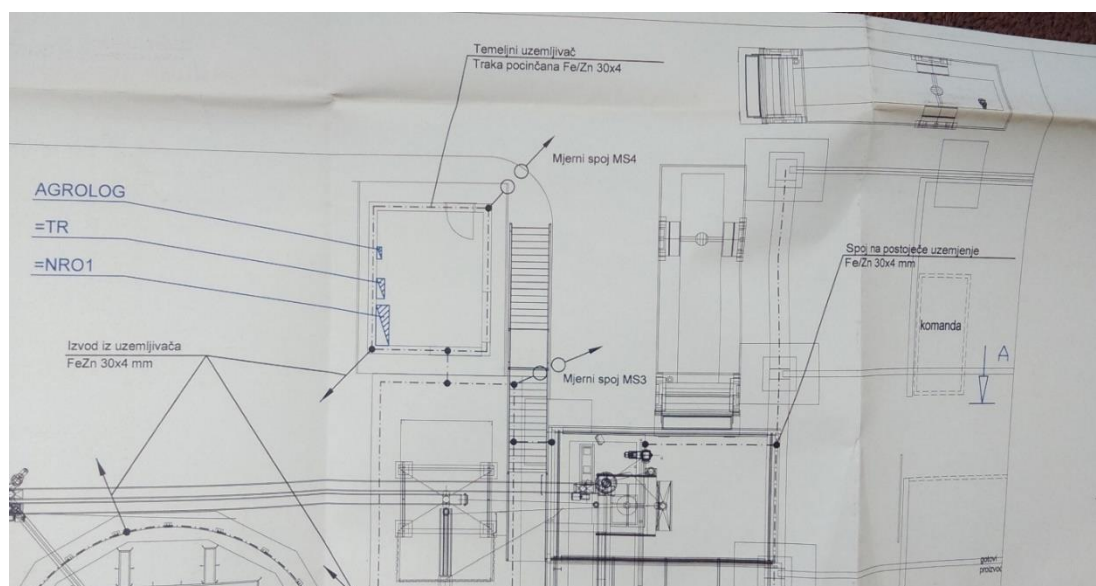


STANJE MEHANIČKE ZAŠTITE VODIČA	Zadovoljava
STANJE SPOJEVA	zadovoljava

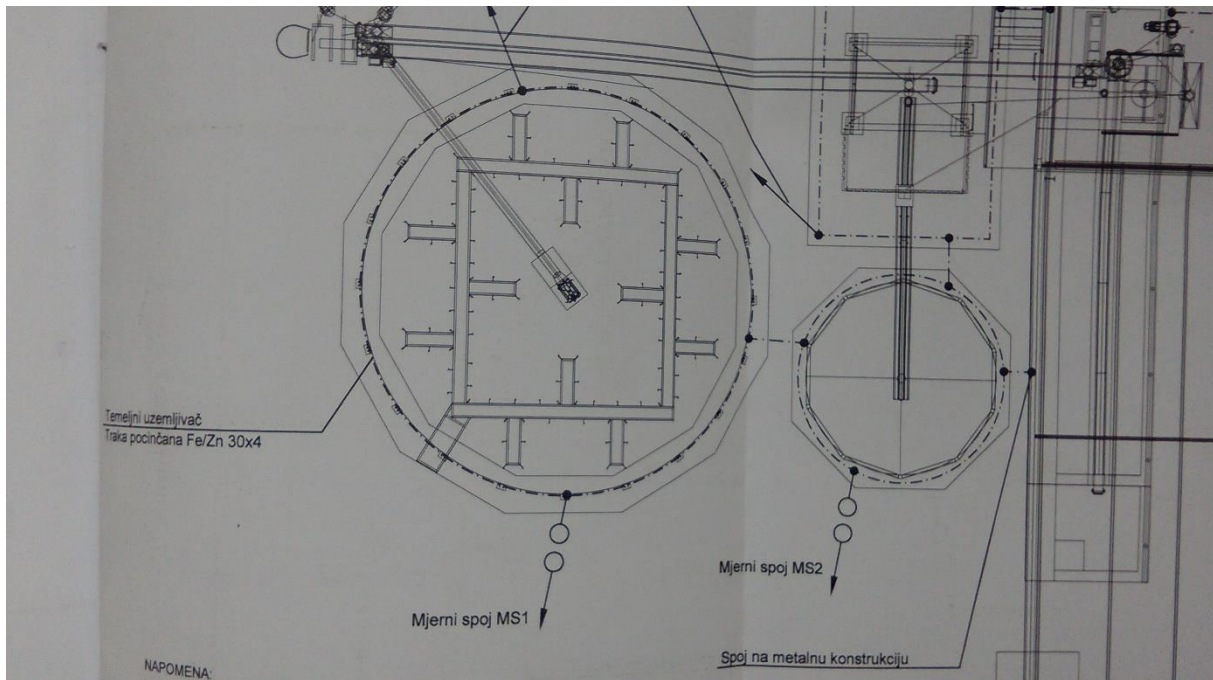
**Tablica 5.8.** Stanje unutarnjeg sustava zaštite od munje

<b>ODVODNICI STRUJE MUNJE I PRENAPONA</b>	
Odvodnici prenapona postoje na : Silos sa sušarom, podno skladište Proizvođač : Schrak Tip : VVP 255 Tehnički podaci : $I_n=15$ kA; $I_m=30$ kA; $U_c=255$ V; $U_p=1300$ V (4 kom.)	
STANJE ODVODNIKA NA ELEKTROENERGETSKOM KABELU	Zadovoljava
STANJE ODVODNIKA NA TELEKOMUNIKACIJSKOM KABELU	Zadovoljava

Položaj temeljnih uzemljivača biti će prikazan dvjema slikama (5.8. i 5.9.), kako bi se detaljnije moglo vidjeti njihov smještaj u odnosu na pogon. [1]



**Slika 5.8.** Tlocrt temeljnog uzemljivača I



**Slika 5.9.** Tlocrt temeljnog uzemljivača II

#### 5.4. Ispitivanje električne instalacije

Pregledom električne instalacije u beznaponskom stanju obuhvaćeni su:

- zaštita od električnog udara,
- zaštita od širenja vatre i od toplinskih utjecaja,
- izbor uređaja za zaštitu i nadzor,
- ispravnost postavljanja sklopnih uređaja obzirom na rastavne razmake,
- izbor opreme i zaštitnih mjera prema vanjskim utjecajima,
- raspoznavanje neutralnog i zaštitnog vodiča,
- postojanje jednopolnih shema i pločica upozorenja,
- raspoznavanje strujnih krugova, aparata i opreme,
- spajanje vodiča,
- pristupačnost za rad i održavanje.

Ispitivanje instalacije pod naponom obuhvaćeno je mjerenjem :

- ispitivanjem i mjerenjem zaštite od indirektnog napona dodira,
- ispitivanje otpora petlje prekostrujne zaštite.

Zaštita električnih instalacija zasnovana je na automatskom izbacivanju sklopki odspajanjem mrežnog napona. Kod TN sistema instalacija, svi metalni dijelovi su povezani nul-vodičem N preko zaštitnog vodiča PE, te sa zaštitnim uzemljenjem transformatora.

Kod TT sistema su svi metalni dijelovi povezani sa osnovnim sistemom uzemljenja preko PE zaštitnog uzemljivača.

Ispravnost instalacija se kontrolira mjerenjem otpora uzemljenja  $R_p$  pomoću dvožilne, trožilne ili četverožilne metode strujnih kliješti.

### 5.5. Mjerenje otpora petlje kvara

U slučaju kratkog spoja između faznog vodiča L i metalnih dijelova električnih aparata, poteče struja kroz petlju u kvaru i nadstrujna zaštita će se aktivirati.

Mjerenje impedancije petlje u kvaru u TN sistemima vrši se sa mrežnim naponom, koji je ujedno i ispitni.

Na mjernom uređaju Metrel Eurotest 61557 provodi se mjerenje idućim koracima :

- odabirom mjernog pribora (ispitnih pipalica),
- na zaslonu ekrana se pronade položaj  $Z_{Loop}$  te se mjeri impedacija petlje u kvaru,
- izabire se početni polaritet mjerne struje s tipkom POL (F1),
- mjerne vezice se spajaju na mjerne točke,
- početak mjerenja s tipkom START.

Informacije o mjerenju impedancije petlje kvara izvedeno je U-I metodom, a osnovne informacije o istom su prikazani u tablici 5.9.

**Tablica 5.9.** Mjerenja impedancije petlje kvara

<b>MJERNA METODA</b>	Mjerenje impedancije petlje kvara, U-I metodom
<b>SUSTAV MREŽE</b>	TN – C/S
<b>NAZIVNI NAPON</b>	3 x 400/230 V ; 50 Hz
<b>DOZVOLJENI NAPON DODIRA</b>	50 V
<b>NADSTRUJNI ZAŠTITNI UREĐAJ</b>	Automatski prekidači B i C karakteristike
<b>MJERNI INSTRUMENT</b>	Mjerni uređaj METREL EUROTTEST 61557

## 6. PRORAČUNI

### 6.1. Svrha proračuna

Vezano uz izbor zaštite potrošača od previsokog napona dodira, izbor osigurača za zaštitu niskonaponskih strujnih krugova, te za kontrolu pada napona. Ovim proračunima bit će izračunate minimalne struje kratkog spoja, maksimalne struje kratkog spoja, kao i padovi napona.

### 6.2. Proračun struja kratkog spoja

Zbog kontrole izbora električnih naprava i dimenzioniranja postrojenja, računamo maksimalnu struju kratkog spoja, a zbog kontrole djelovanja zaštitnih uređaja i minimalnu struju. Zbog kontrole mehaničkih naprezanja računa se udarna struja kratkog spoja.

Maksimalnu struju kratkog spoja računamo prema formuli :

- Tropolni kratki spoj [8] :

$$I_{K3} = \frac{1,05 \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R^2 + X^2}} . \quad (6-1)$$

- Jednopolni kratki spoj [8] :

$$I_{K1} = \frac{1,05 \cdot \sqrt{3} \cdot U_n}{\sqrt{(2R + R_0)^2 + (2X + X_0)^2}} . \quad (6-2)$$

Minimalnu struju kratkog spoja računamo prema formuli :

- Dvopolni kratki spoj [8] :

$$I_{K2} = \frac{0,95 \cdot U_n}{2 \cdot \sqrt{R^2 + X^2}} . \quad (6-3)$$

- Jednopolni kratki spoj [8] :

$$I_{K1} = \frac{0,95 \cdot \sqrt{3} \cdot U_n}{\sqrt{(2R + R_0)^2 + (2X + X_0)^2}} . \quad (6-4)$$

- Udarna struja kratkog spoja računa se prema formuli [8] :  $I_u = k \cdot \sqrt{2} \cdot I_k$  (6-5)

gdje je :  $U_n$  - nazivni napon (V)

$R$  - radni otpor ( $\Omega$ )

$X$  - reaktancija ( $\Omega$ )

$I_u$  - udarna struja (A)

$k$  – kapa (konst.)

$I_k$  - struja kratkog spoja (A)

### 6.3. Zaštita vodova od preopterećenja

Prema normi HRN.B2.743/86 za zaštitu električnih kabela od preopterećenja trebaju biti ispunjeni slijedeći uvjeti [7] :

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_n \quad (6-6)$$

$$I_B \leq I_n \leq I_Z \quad (6-7)$$

gdje su :  $I_2$  – proradna struja zaštitnog uređaja,

$I_n$  – nazivna struja zaštitnog uređaja,

$I_z$  – trajna struja vodiča (kabela),

$I_B$  – struja za koju je strujni krug projektiran.

### 6.4. Proračun pada napona

Prema odredbi tehničkih propisa za izvođenje elektroenergetskih instalacije u zgradama pad napona od trafostanice do zadnje svjetiljke ne smije biti veća od 5 %. Pad napona od transformatora do zadnjeg motora ne smije biti veće od 7 %, a pri pokretanju od 10 %.

Pad napona računamo prema izrazu [7] :

$$U = \frac{P \cdot l}{10 \cdot U_n} \cdot (R + X \cdot \tan \varphi) \text{ V ..... na kraju voda u voltima} \quad (6-8)$$

$$u = \frac{U}{U_n} \cdot 100 \% \text{ ..... pad napona u postocima} \quad (6-9)$$

$$U = \frac{u \cdot U_n}{100} \text{ V ..... pad napona u voltima} \quad (6-10)$$

Proračun pada napona se računa na kraju voda, uz pretpostavku da su kabeli zagrijani na maksimalnu radnu temperaturu.

### 6.5. Proračun efikasnosti zaštite od indirektnog dodira

Prema normi HRN N.B2.741 nastupit će automatsko isključenje napajanja oštećenog strujnog kruga, te neće doći do pojave opasnih napona dodira ako je ispunjen uvjet [7] :

$$Z_s < \frac{U_0}{I_a} . \quad (6-11)$$

Računsku provjeru impedancije petlje provest ćemo za karakteristične strujne krugove. Impedancija petlje kvara računa se prema formuli [7] :

$$Z_s = \sqrt{R^2 + X^2} . \quad (6-12)$$

Otpor petlje kvara se računa pri najnepovoljnijim uvjetima glede zagrijanosti vodiča.

### 6.6. Proračun vršne snage i vršne struje

a) Snaga NN razdjelnika :

$$P_{\text{inst}} = 50,15 \text{ kW} - \text{instalirana snaga razdjelnika} = \text{NRO1}$$

$$P_{\text{vr}} = 43,45 \text{ kW} - \text{vršna snaga razdjelnika} = \text{NRO1}$$

b) Vršna snaga :

Vršna snaga uz faktor snage  $\cos \varphi = 0,95$  iznosi [7] :

$$I_v = \frac{P_v}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} . \quad (6-13)$$

$$I_{\text{vr},=\text{NRO1}} = 66,02 \text{ A} - \text{vršna struja razdjelnika} = \text{NRO1}$$

Napajanje električnom energijom NN razdjelnika =NRO1 izvedeno je iz stupne transformatorske stanice energetskim kabelom PP00-A 4 x 150 mm<sup>2</sup>.

Glavni napojni vod položen u zemlju je trajno opteretiv s  $I_B = 275$  A. Uz ukupan faktor strujnog opterećenja kabela  $f = 0,8$ , slijedi da je dozvoljena struja :

$$I_R = 275 \cdot 0,8 = 220 \text{ A}.$$

Budući da je  $220 \text{ A} > 66,02 \text{ A}$  vidimo da je kabel ispravno odabranim, s tim da  $I_z$  zaštitnog uređaja po kabele treba biti  $< 220 \text{ A}$ .

## 6.7. Otpor kabela

Omski otpor kabela računamo za temperaturu okoline  $40^\circ\text{C}$  po formuli [7] :

$$R_t = R_{20} \cdot [1 + 0,004 \cdot (t - 20)] = 1,08 \cdot R_{20}, \quad (6-14)$$

U trafostanici je ugrađen transformator 10(20)/0,4 kV snage 160 kVA :

Podaci transformatora su :

-gubici tereta  $P_{Cu} = 2,35 \text{ kW}$

-induktivni pad napona (%)  $u_x = 3,72\%$

Radni otpor transformatora po fazi [8] :

$$R_t = \frac{P_{Cu}}{3 \cdot I_n^2} = \frac{P_{Cu}}{3 \cdot \left( \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n} \right)^2} = \frac{2,35 \cdot 10^3}{3 \cdot \left( \frac{160}{\sqrt{3} \cdot 0,4} \right)^2} = 14,7 \text{ m}\Omega/\text{fazi}. \quad (6-15)$$

Induktivni otpor transformatora po fazi [8] :

$$X_t = \frac{u_x \cdot U_n^2}{100 \cdot P_n} = \frac{3,72 \cdot 0,4^2}{100 \cdot 0,16} = 37,2 \text{ m}\Omega/\text{fazi}. \quad (6-16)$$

### 6.8. Otpor zaštitnog uzemljenja

Za zaštitno uzemljenje upotrijebljena je traka Fe/Zn 30 x 4 mm položena u temelj hale i novih silosa ispod hidroizolacije. Proračun otpora uzemljivača izvodi se uz pretpostavljeni specifični otpor tla  $\rho = 200 \Omega\text{m}$ .

Za trakaste uzemljivače otpor rasprostiranja uzemljivača iznosi [7] :

$$R_r = \frac{\rho}{\pi \cdot L} \cdot \ln \frac{2 \cdot L}{d} \quad (6-17)$$

gdje je :  $\rho$  – specifični otpor tla,

$L$  – duljina trake (duljina ugrađenog temeljnog uzemljivača iznosi oko 130 m),

$d$  – ekvivalentan promjer.

Otpor rasprostiranja uzemljivača :

$$R_r = 2,04 \Omega$$

Udarni otpor rasprostiranja, mjerodavan za proračun zaštitnog uzemljenja iznosi [8] :

$$R_u = 1,3 \cdot R_r \quad (6-18)$$

za specifični otpor tla  $\rho=200 \Omega\text{m}$  i dužinu veću od 40m.

$$R_u = 2,7 \Omega$$

Prema HRN normama udarni otpor rasprostiranja treba biti manji od  $20 \Omega$ , kako bi se uzemljivač mogao koristiti za zaštitno uzemljenje. Kao što je vidljivo, taj uvjet je zadovoljen u našem slučaju.



## 7. SCHEME ELEKTROMOTORNOG POGONA

### 7.1. Funkcija razvodnih ormara

Komandno razvodni ormar služi za razvod električne energije u postrojenjima. Razvod se ostvaruje pomoću izoliranih i rastavnih pruga koje se ugrađuju na sustav sabirnica. Razdjelnice instalacija u postrojenjima razlikuju se od razdjelnica kućnih instalacija po veličini, obliku, materijalu izrade, opremljenosti i funkciji. Ovisno koji će se dio uzimati u obzir od navedenih parametara, veliku ulogu imaju vrsta, karakter i režim rada trošila, uvjeti okoline u postrojenju (pogonu), stupanj automatizacije, vrste i način polaganja vodova. Čini vrlo bitan segment svakog pogonskog sustava jer sadrži sve elemente zaštite i upravljanja istog.

Po svojem položaju i funkciji se mogu podijeliti na :

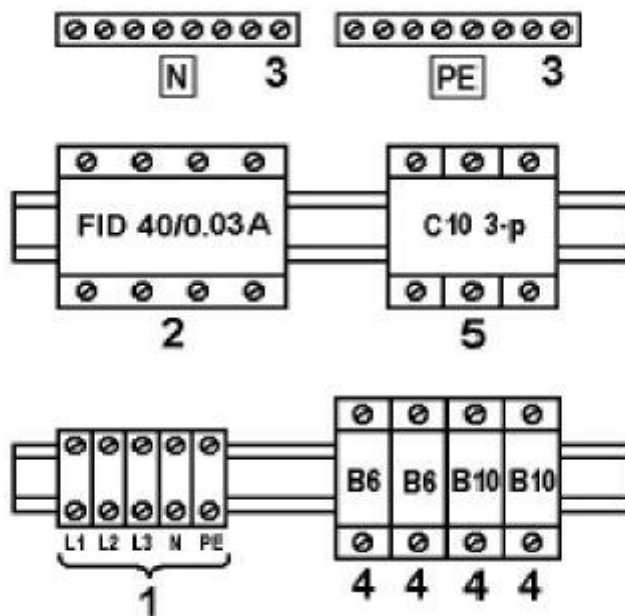
- samostojeće razvodne ormare,
- samostojeće priključno-mjerne ormare,
- kućne priključno-mjerne ormare,
- etažne razdjelnike,
- sekcijski priključno-mjerne ormare,
- mrežne razdjelne ormare i mnogi.

Za svako postrojenje se razvodni ormari posebno planiraju i projektiraju te prilagođavaju stanju sustava. Vrlo često dolazi do potpunog razdvajanja razvoda (rasvjetnih, termičkih, elektrokemijskih, elektromotornih trošila). Razdjelnice se projektiraju hijerarhijski ovisno o jakosti struje, odnosno količini energije. Konkretno, u našem pogonu, postoje tri razvodna ormara koji upravljaju i nadziru određeni dio pogona [12].

Elementi razdjelnice su:

- sabirnice neutralnih i zaštitnih vodova,
- strujna zaštitna sklopka,
- sklopnici,
- stezaljke napojnog voda,
- osigurači.

Isti se mogu vidjeti na slici 7.1., a brojevi na slici su slijedno opisani u prethodnoj podjeli.

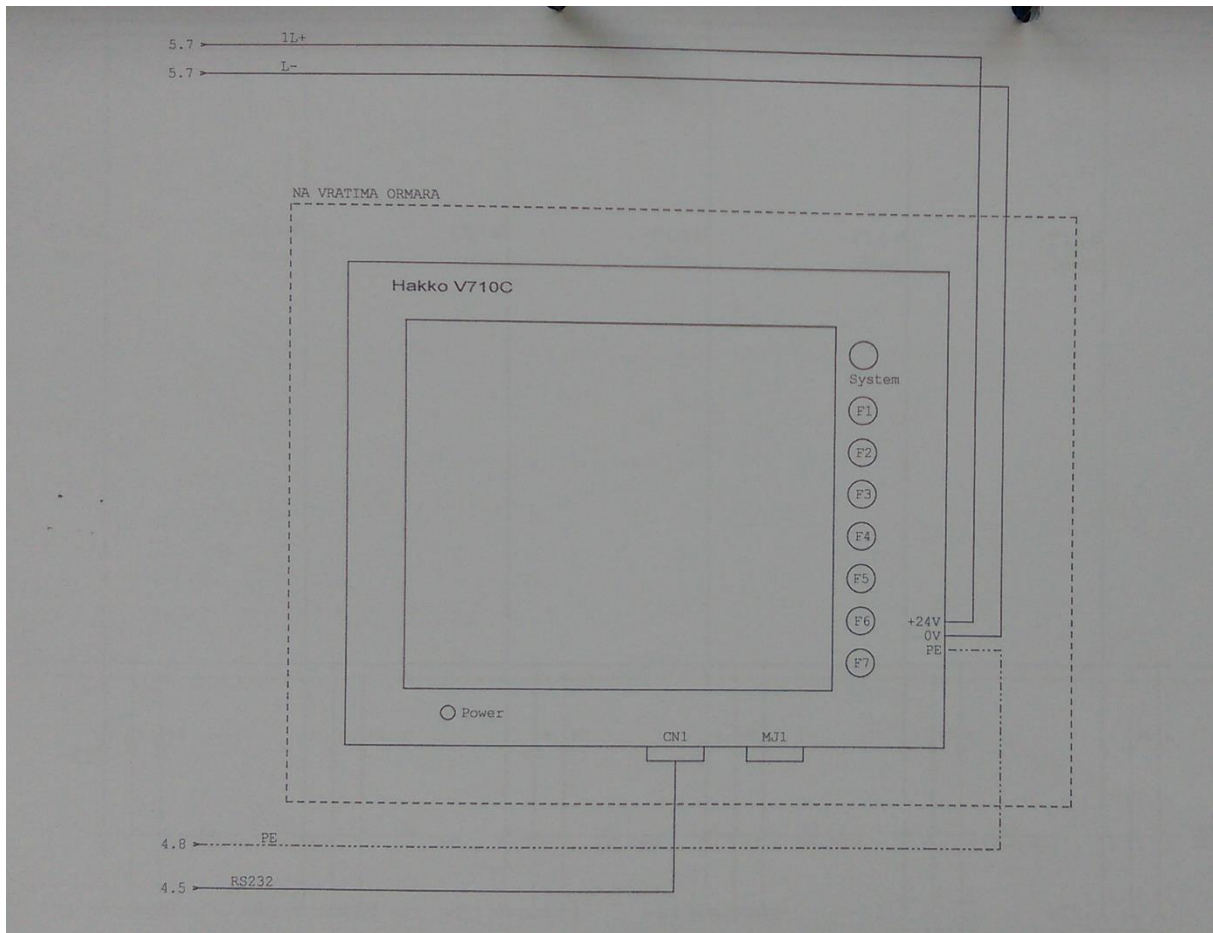


**Slika 7.1.** Glavni elementi razdjelnice

Osim djela koji se bavi zaštitom pogona (o čemu će više biti prikazano u poglavlju „Zaštita pogona“), treba spomenuti i dio razvodnog ormara zaduženog za automatizaciju pogona. Automatsko upravljanje „mozak“ je svakog modernog pogona. Ono predstavlja nadzor i upravljanje cijelim postrojenjem s kontrolnog mjesta, kao i najbržu moguću reakciju u slučaju kvara i smetnji unutar sustava. Naravno, automatika ne može sve sama uraditi, već joj je potrebna pomoć svih glavnih elemenata razdjelnice (Slika 7.1.) s kojima blisko surađuje. Osnovu upravljanja predstavlja PLC računalo te sustav koji upravlja njime.

Kao što je već spomenuto u drugoj cjelini ovog rada, PLC računalo koje koriste silosi OC Šljivoševci je Siemensove proizvodnje. Ono surađuje s jedne strane sa zaštitnim dijelovima pogona, dok s druge sa operatorskim panelom Siemens Hakko V710C, koji se nalazi na vratima razdjelnog ormara =NRO1. Panel je izrađen u „touch“ metodi, međutim može se upravljati i pomoću tipaka (koje se nalaze s lijeve strane displaya). Sadrži testni i realni prikaz stanja sustava. Testni prikaz stanja je namijenjen simulaciji događaja i uvidu koji su eventualni problemi naznačeni u trenutnom stanju. Ono služi za svakodnevnu provjeru stanja, bez da bi prethodno PLC računalo prikazalo probleme unutar sustava. Testno stanje je većinom u offline metodi i uključuje se samo testa. Realni prikaz stanja sustava je stalno u online metodi i nadzire sustav u svakom trenutku, te javlja eventualne greške tijekom rada. Prikaz jednog testnog stanja prikazan je na slici 2.24., kao i pravovremenu reakciju ljudskog faktora. Shematski prikaz

operatorskog panela prikazana je na slici 7.2., dok smo na slici 2.8. mogli vidjeti jedan od primjera stanja prikazanog na istom [1].

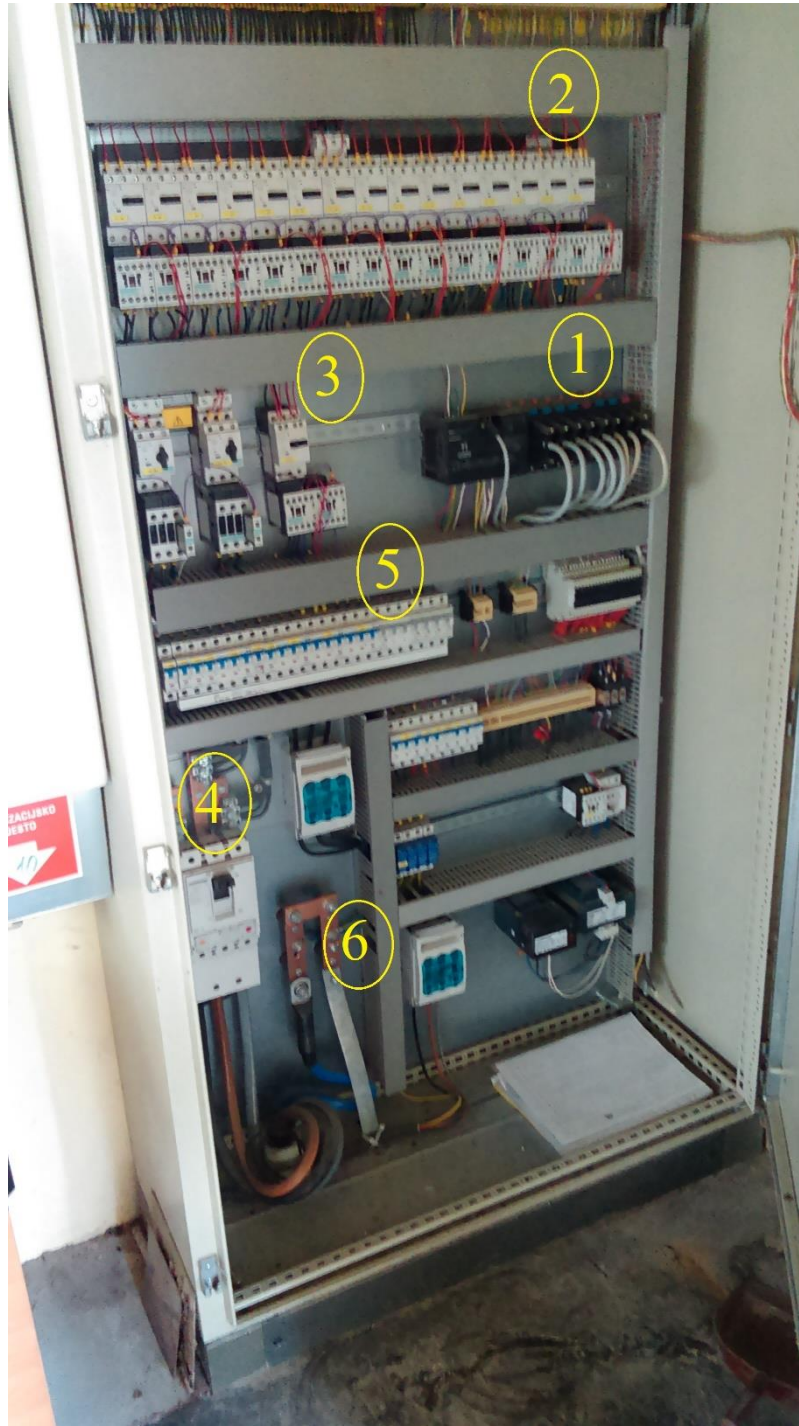


**Slika 7.2.** Shematski prikaz operatorskog panela Siemens Hakko V710C

Silosima OC Šljivoševci početno se upravljalo sa dva razvodna ormara (=NRO1 i =NRO2), ali se nadogradnjom silosa izgradio dodatni ormar (=NRO1.1). U nastavku ove cjeline biti će prezentirana sva tri razvodna ormara, uz jednopolne i strujne elektromotorne sheme te tekstualne opise istih. Također će sve svaka slika posebno prokomentirati (oznake na shemama, snage pojedinih trošila, presjek i vrsta kabela električnih instalacija).

## 7.2. Razvodni ormar =NRO1

Razvodni ormar =NRO1 (Slika 7.3.) [4] predstavlja glavni način upravljanja ovim pogonom. Na vratima istog nalazi se Siemensov operatorski panel koji surađuje sa istoimenim PLC računalom te sklopnim uređajima. Shematski prikaz panela prikazan je na slici 7.2.



**Slika 7.3.** Razvodni ormar =NRO1 (unutrašnjost)

gdje je : 1 – PLC,

2 – Motorna zaštitna sklopka Schrack, oznaka BESD0063,

3 – Motorna zaštitna sklopka Schrack, oznaka BE5,

4 – Glavna sklopka,

5 – Automatski instalacijski osigurači,

6 – Uzemljenje objekta,

a o kojima će biti više rečeno u daljnjem dijelu ovog diplomskog rada.

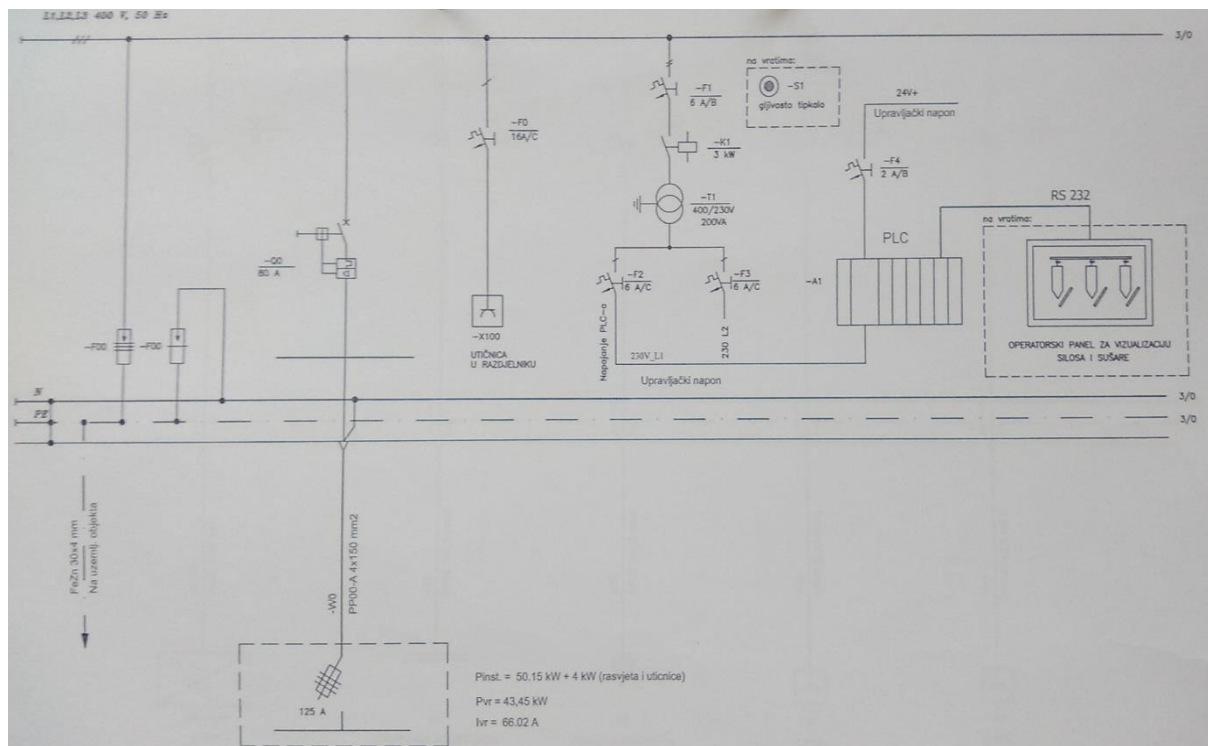
Ovaj komandni dio pogona je po vrsti samostojeći razvodni ormar, a izgrađen je od limenog pokrova. Sastoji se od zaštitnih uređaja o kojima će biti više rečeno u poglavlju „Zaštita pogona“, ali i upravljačkog dijela (PLC računalo) vidljivog na slici 7.3 (broj 1), te glavne sklopke (Slika 7.3. – broj 4) i uzemljenje objekta (Slika 7.3. – broj 6) [4].

Siemens PLC računalo upravlja radom sustava te na temelju izdanih naredbi od Siemensovog operatorskog panela obavlja potrebne radnje u suradnji sa zaštitnim uređajima.

Glavna sklopka, kao što joj i ime govori, primarna je sklopka u ovom pogonu po važnosti, te njeno prebacivanje u položaj OFF označilo bi automatski kraj rada cijelog sustava. Ona se koristi u slučaju potreba da cijeli pogon bude van rada (određene rekonstrukcije na pogonu pa samim time sigurnost da je sve u mirnom radu), te u slučaju požara ili situacija kojima PLC računalo ne može stopostotno odraditi.

Na slici 7.4. [1] prikazana je jednopolna shema :

- uzemljenja objekta trakom FeZn 30x4 mm,
- odvodnika prenapona koji štiti trofazni vod (L1,L2,L3),
- odvodnika prenapona koji štiti samo jedan vod, tj. nulu N,
- dovod iz transformatorske stanice 10/0,4 kV kabelom PP00-A 4x150 mm<sup>2</sup>, koji se štiti rastavnom sklopkom sa osiguračem jakosti struje 125 A, te prekidačem sa nadstrujnom zaštitom,
- utičnica u razdjelniku koja se štiti osiguračem 16 A, karakteristike C,
- PLC računalo koje se štiti trima osiguračima 6 A (B i C karakteristike), motorne sklopke sa bimetalnom zaštitom na 3 kW, transformator sa uzemljenim zvjezdištem sekundara 400/230 V. PLC također ima AC-DC pretvarač sa 230 V na 24 V. Na 24 V strani se nalazi osigurač od 2 A, B karakteristike. PLC je povezan operatorskim panelom (koji se nalazi na vratima razvodnog ormara) RS-232 serijskim portom za serijski komunikacijski prijenos podataka,
- Na vratima se nalazi i gljivasto tipkalo.

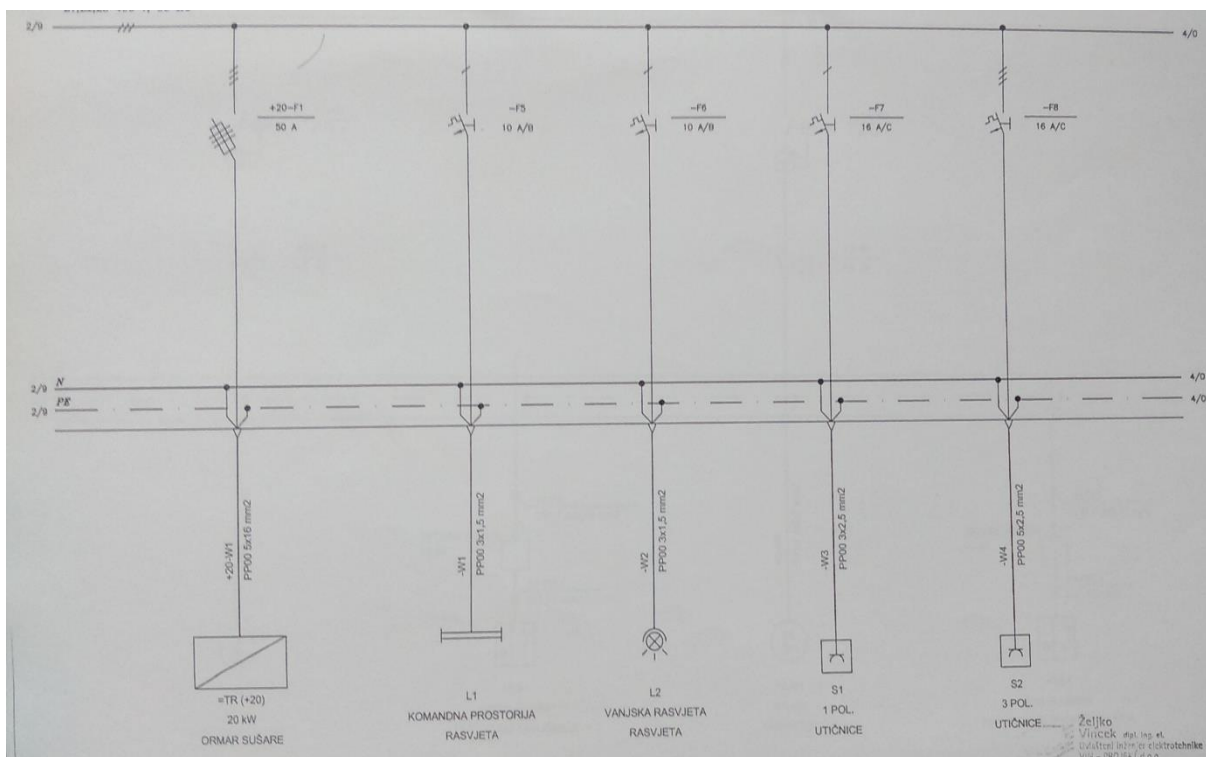


Slika 7.4. Jednopolna shema razvodnog ormara =NRO1 (stranica 1)

Nastavak na prvi dio ove jednopolne sheme donosi pregled spajanja :

- ormara sušare 20kW kabelom PP00 5 x 16 mm<sup>2</sup> preko rastavne sklopke sa osiguračem jakosti struje 50 A na nulu i uzemljenje te na mrežu,
- komandne prostorije rasvjete kabelom PP00 3 x 1,5 mm<sup>2</sup> preko osigurača sa bimetalnom zaštitom 10 A, karakteristike B na nulu i uzemljenje te na mrežu,
- vanjske rasvjete kabelom PP00 3 x 1,5 mm<sup>2</sup> preko osigurača sa bimetalnom zaštitom 10 A, karakteristike B na nulu i uzemljenje te na mrežu,
- jednopolne utičnice kabelom PP00 3 x 2,5 mm<sup>2</sup> preko osigurača sa bimetalnom zaštitom 16 A, karakteristike C na nulu i uzemljenje te na mrežu,
- trolejne utičnice kabelom PP00 5 x 2,5 mm<sup>2</sup> preko osigurača sa bimetalnom zaštitom 16 A, karakteristike C na nulu i uzemljenje te na mrežu,

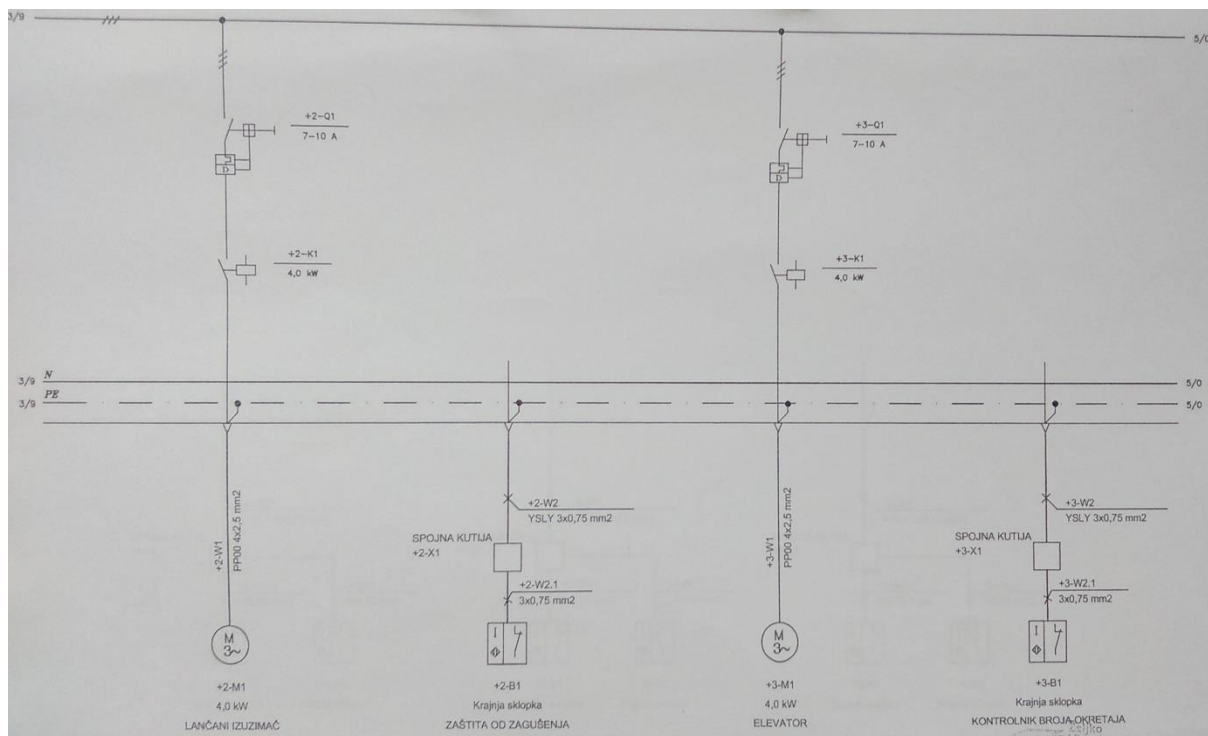
što je vidljivo na slici 7.5. [1].



**Slika 7.5.** Jednopolna shema razvodnog ormara =NRO1 (stranica 2)

Slika 7.6. [1] prikazuje jednopolne sheme :

- lančanog izuzimača, snage 4kW kabelom PP00 4 x 2,5 mm<sup>2</sup> preko motorne sklopke snage 4kW i prekidača nadstrujne zaštite jakosti struje 7-10 A na uzemljenje i faze,
- zaštite od zagušenja (krajnja sklopka) spojene kabelom 3 x 0,75 mm<sup>2</sup> do spojne kutije, dok je spojna kutija spojena kabelom YSLY 3 x 0,75 mm<sup>2</sup> na uzemljenje,
- elevatora snage 4 kW kabelom PP00 4 x 2,5 mm<sup>2</sup> preko motorne sklopke snage 4kW i prekidača nadstrujne zaštite jakosti struje 7-10 A na uzemljenje i faze,
- kontrolnika broja okretaja spojenog kabelom 3 x 0,75 mm<sup>2</sup> do spojne kutije, dok je spojna kutija spojena kabelom YSLY 3 x 0,75 mm<sup>2</sup> na uzemljenje i faze.

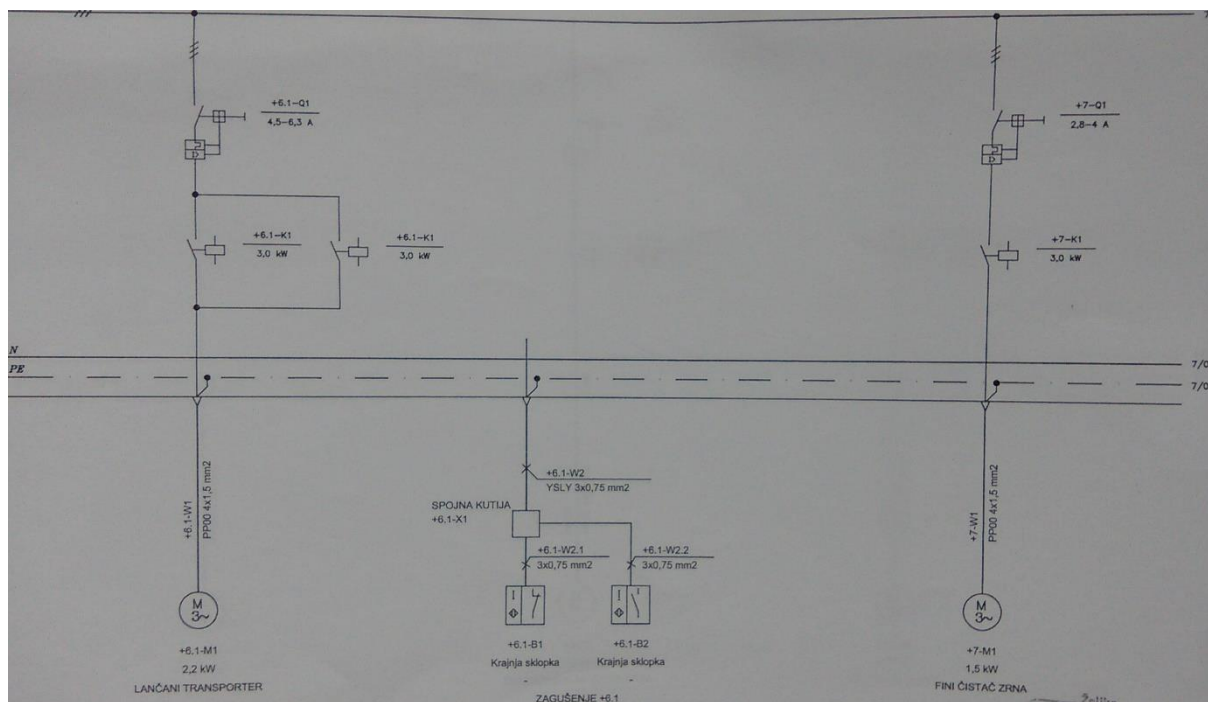


Slika 7.6. Jednopolna shema razvodnog ormara =NRO1 (stranica 3)



Na idućoj slici (Slika 7.7.) [1] možemo vidjeti jednopolne sheme idućih komponenata :

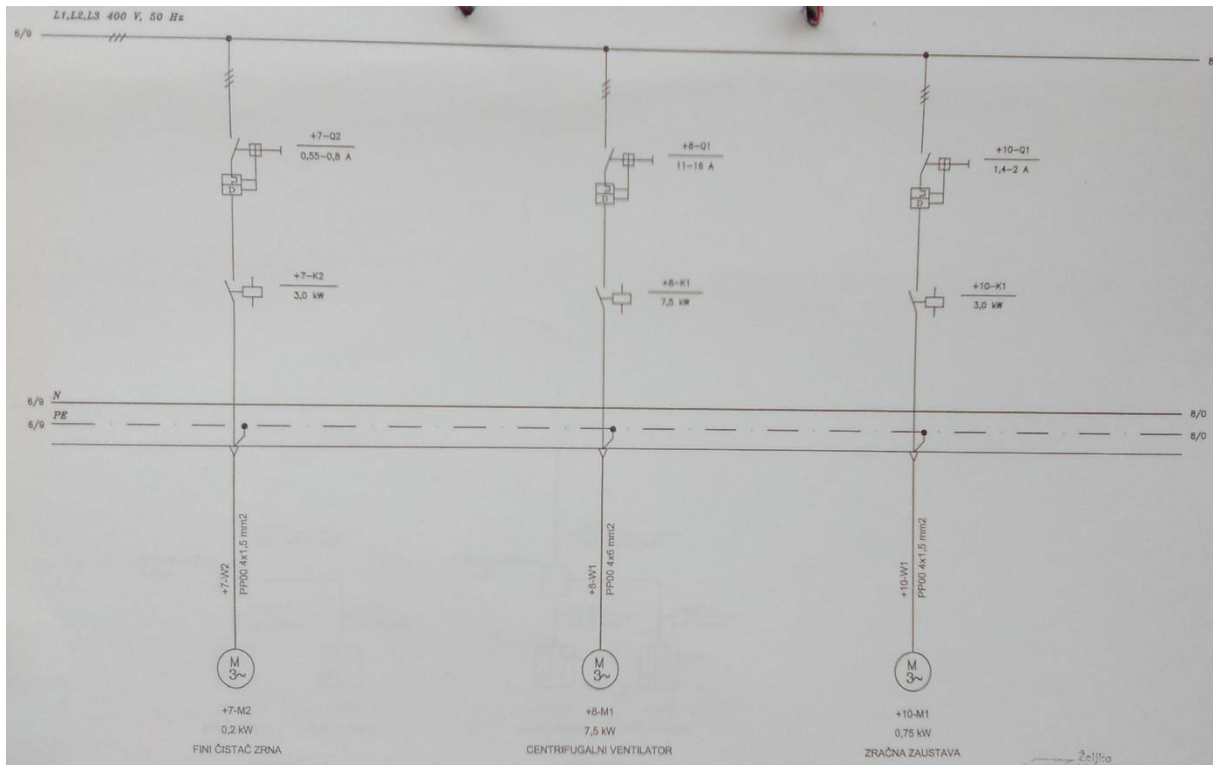
- lančanog transportera snage 2,2 kW spojenog kabelom PP00 4 x 1,5 mm<sup>2</sup> preko motorne sklopke snage 3 kW i nadstrujne zaštite jakosti struje 4,5-6,3 A na mrežu (uzemljen),
- dviju krajnjih sklopki spojene kabelom 3 x 0,75 mm<sup>2</sup> do spojne kutije, dok je spojna kutija spojena kabelom YSLY 3 x 0,75 mm<sup>2</sup> na uzemljenje,
- finog čistaća zrna snage 1,5 kW spojenog kabelom PP00 4 x 1,5 mm<sup>2</sup> preko motorne sklopke snage 3 kW i nadstrujne zaštite jakosti struje 2,8-4 A na uzemljenje te faze.



**Slika 7.7.** Jednopolna shema razvodnog ormara =NRO1 (stranica 4)

Slika 7.8. [1] prikazuje jednopolne sheme :

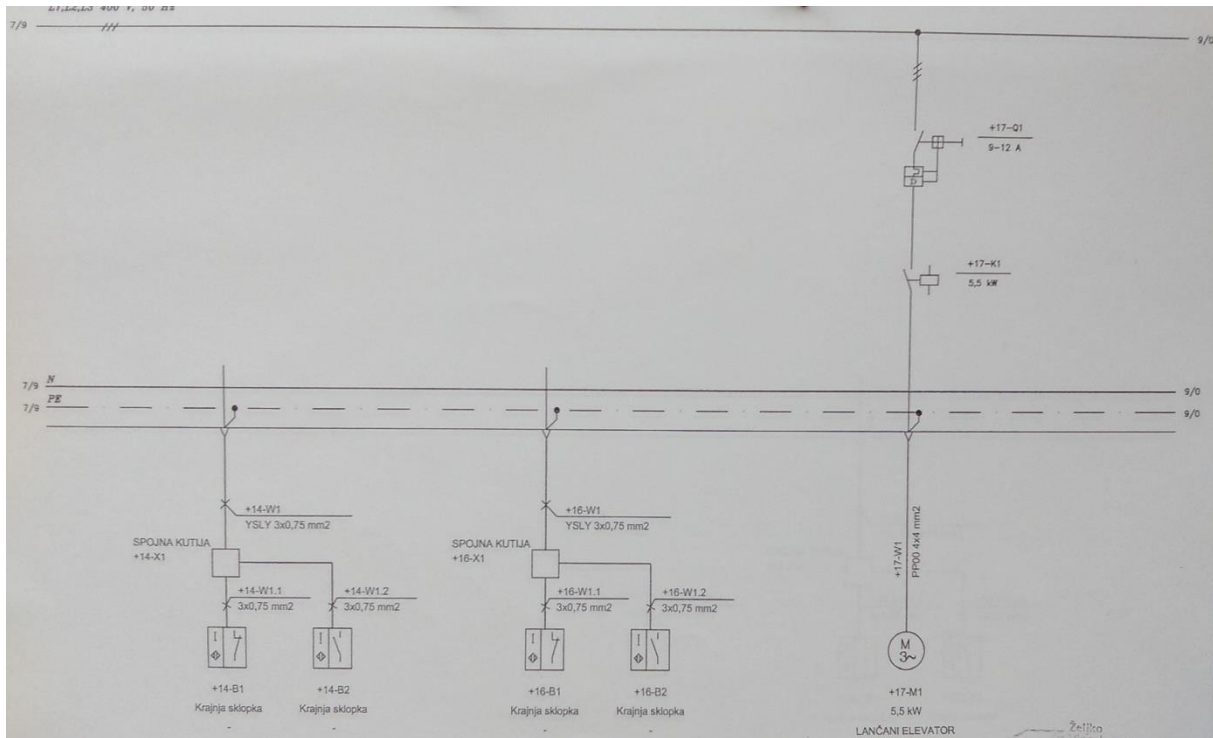
- finog čista zrna snage 0,2 kW spojenog kabelom PP00 4 x 1,5 mm<sup>2</sup> preko motorne sklopke snage 4 kW te nadstrujne zaštite 0,55-0,8 A na faze i uzemljenje,
- centrifugalnog ventilatora snage 7,5 kW spojenog kabelom PP00 4 x 1,5 mm<sup>2</sup> preko motorne sklopke snage 7,5 kW te nadstrujne zaštite na uzemljenje i faze,
- zračne zaustave snage 0,75 kW spojene kabelom PP00 4 x 1,5 mm<sup>2</sup> preko motorne sklopke snage 3 kW te nadstrujne zaštite na fazu i uzemljenje.



**Slika 7.8.** Jednopolna shema razvodnog ormara =NRO1 (stranica 5)

Iduća slika (Slika 7.9.) [1] nam prikazuje jednopolne sheme idućih komponenti spojenih na mrežu:

- krajnjih sklopki spojenih kabelom  $3 \times 0,75 \text{ mm}^2$  do spojne kutije, dok je spojna kutija spojena kabelom YSLY  $3 \times 0,75 \text{ mm}^2$  na uzemljenje,
- lančastog elevatora snage 5,5 kW spojenog kabelom PP00  $4 \times 4 \text{ mm}^2$  preko motorne sklopke snage 5,5 kW te nadstrujne zaštite jakosti struje 9-12 A na uzemljenje i faze.



**Slika 7.9.** Jednopolna shema razvodnog ormara =NRO1 (stranica 6)

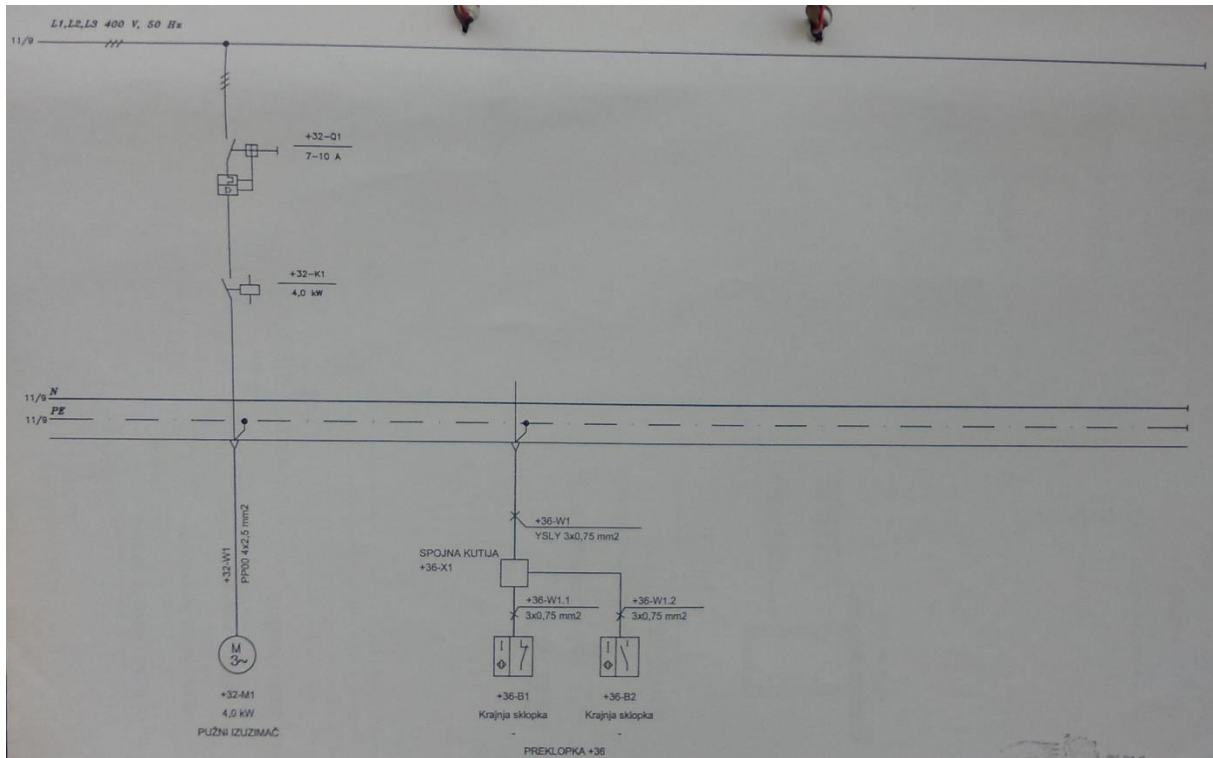
Na slici 7.10. [1] uočavamo jednopolne sheme :

- nivo pokazivača spojenog kabelom PP00 4 x 1,5 mm<sup>2</sup> preko osigurača 6 A, karakteristike B sa bimetalnom zaštitom na faze, nulu i uzemljenje,
- krajnjih sklopki spojenih kabelom 3 x 0,75 mm<sup>2</sup> do spojne kutije, dok je spojna kutija spojena kabelom YSLY 3 x 0,75 mm<sup>2</sup> na uzemljenje mreže.



Na slici 7.12. [1] možemo vidjeti jednopolne sheme idućih komponenti spojenih na mrežu :

- pužnog izuzimača snage 4 kW spojenog kabelom PP00 4 x 2,5 mm<sup>2</sup> preko motorne sklopke snage 4 kW te nadstrujne zaštite 7-10 A na uzemljenje i faze,
- krajnjih sklopki spojenih kabelom 3 x 0,75 mm<sup>2</sup> na spojnu kutiju, dok je spojna kutija spojena kabelom YSLY 3 x 0,75 mm<sup>2</sup> na uzemljenje mreže.



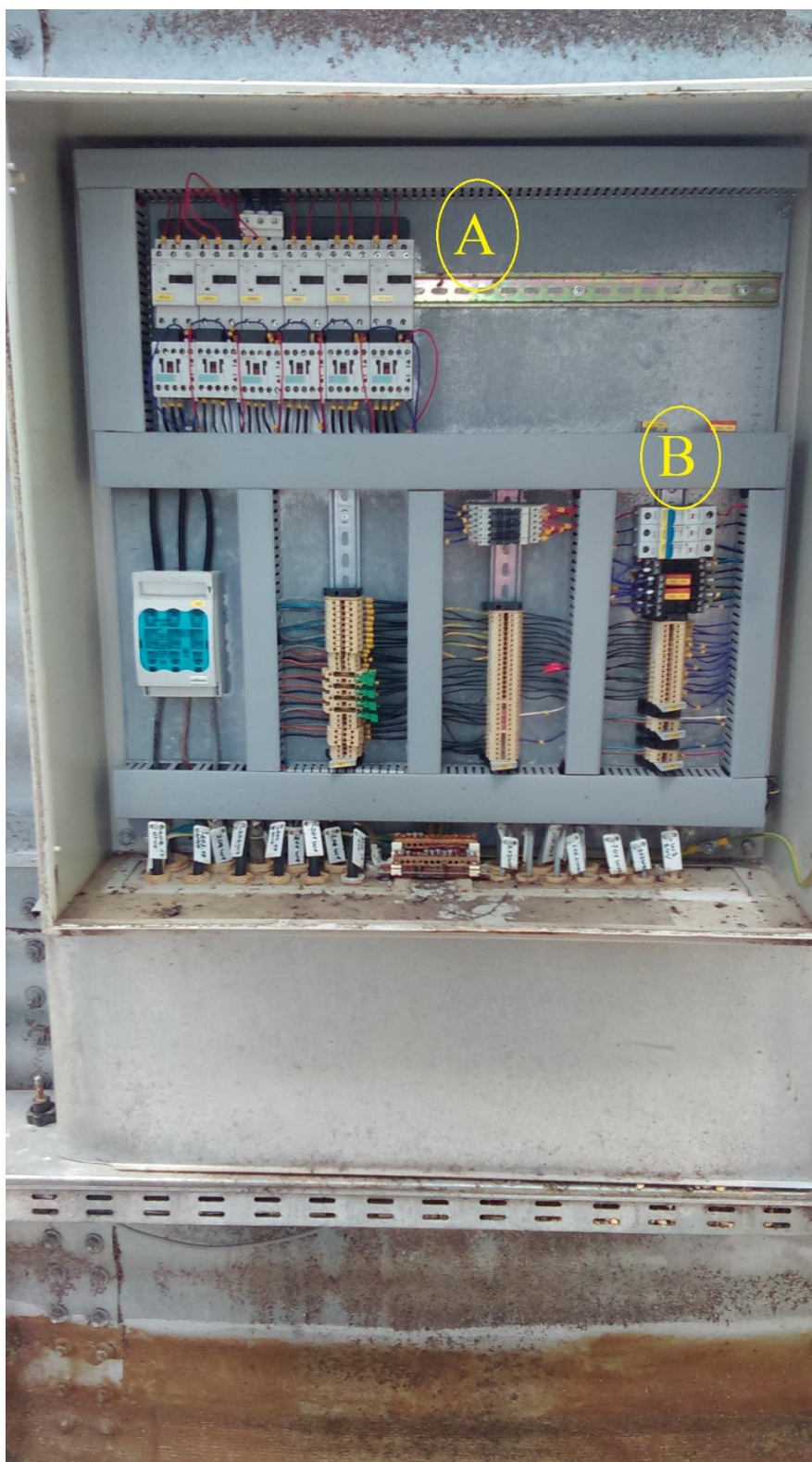
**Slika 7.12.** Jednopolna shema razvodnog ormara =NRO1 (stranica 9)

### 7.3. Razvodni ormar =NRO1.1

Razvodni ormar =NRO1.1 izgrađen je naknadno nakon izgradnje dodatnih četiriju silosa u OC Šljivoševci. Nalazi se izvan kontrolne kućice i puno je manjih dimenzija od kontrolnog razvodnog ormara =NRO1. Također, sadrži puno manje opreme. Vanjski izgled samog ormara vidljiv je na slici 7.13., dok na slici 7.14. možemo vidjeti njegov interijer. Detaljan opis zaštitnih uređaja unutar istog biti će detaljnije prikazani u idućem poglavlju („Zaštita pogona“) [4].



Slika 7.13. Vanjski izgled razvodnog ormara =NRO1.1



**Slika 7.14.** Interijer razvodnog ormara =NRO1.1

gdje su : A – Sklopnici,

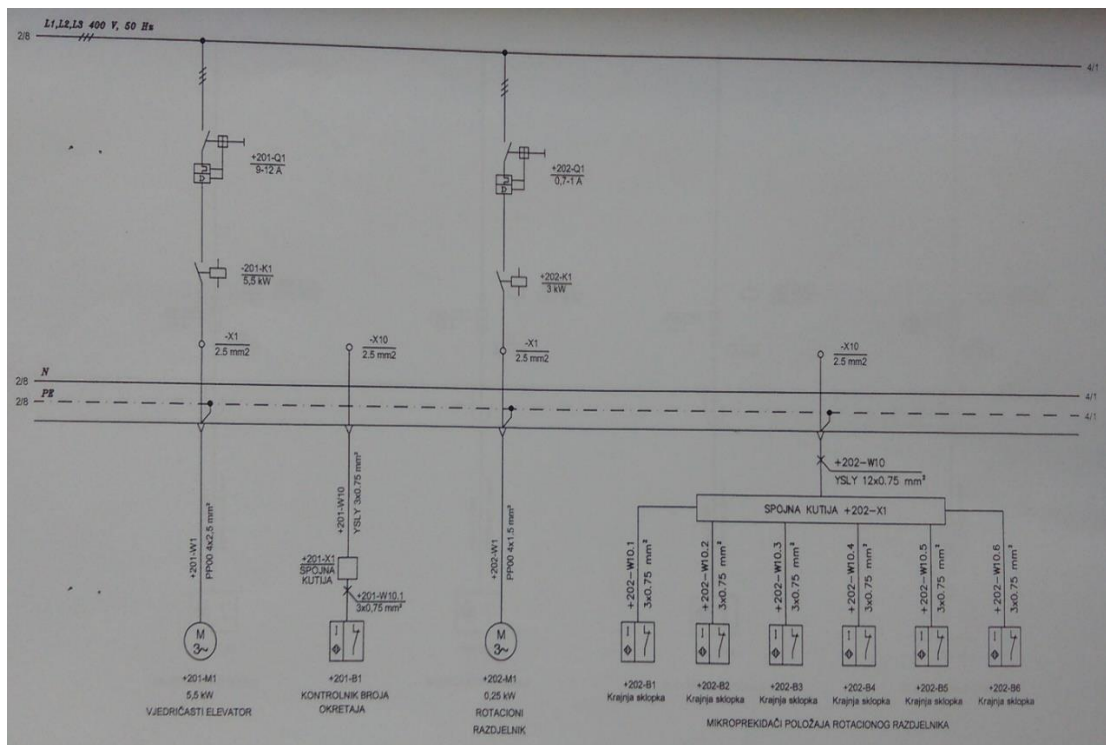
B – Automatski instalacijski osigurači,





Slika 7.16. [1] prikazuje jednopolnu shemu kojom su sljedeće komponente spojene na mrežu :

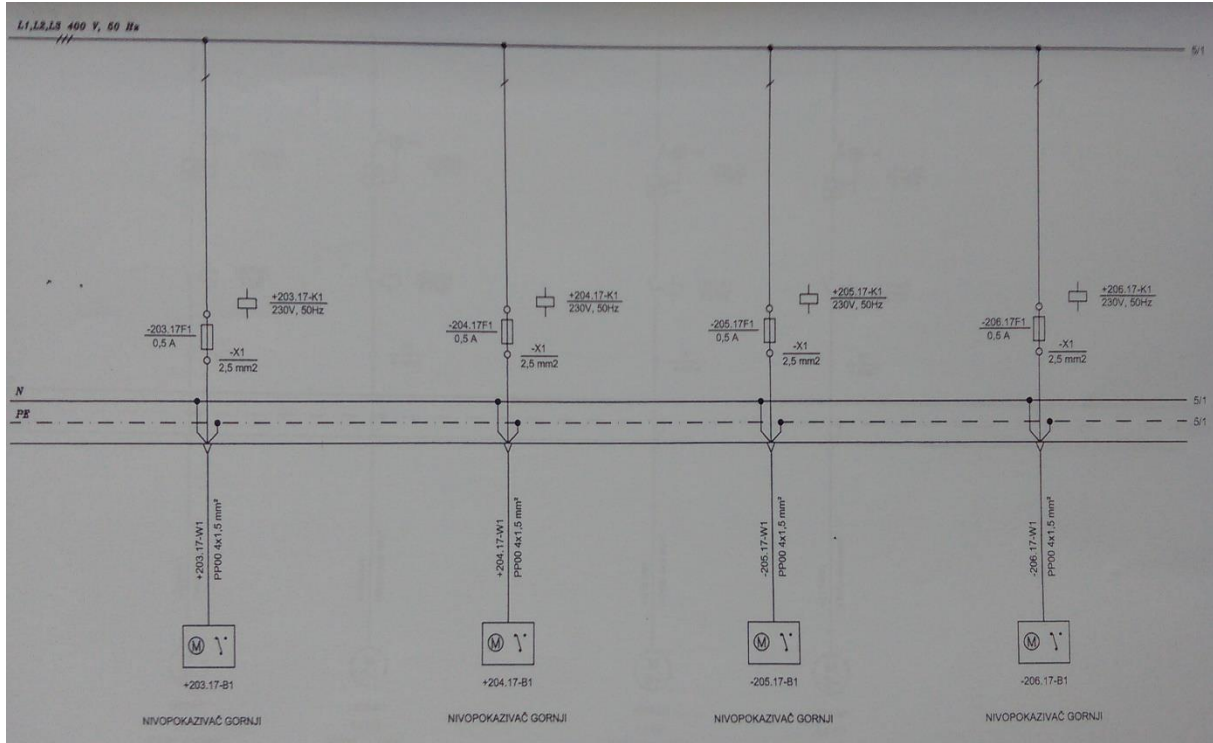
- Vjedričasti elevator snage 5,5 kW spojene kabelom PP00 4 x 2,5 mm<sup>2</sup> preko motorne sklopke snage 5,5 kW te nadstrujne zaštite 9-12 A na uzemljenje i faze,
- Kontrolnik broja okretaja spojenog na spojnu kutiju kabelom 3 x 0,75 mm<sup>2</sup>, dok je ista spojena na osigurač kabelom YSLY 3 x 0,75 mm<sup>2</sup>,
- Rotacijski razdjelnik snage 0,25 kW spojene kabelom PP00 4 x 1,5 mm<sup>2</sup> preko osigurača, motorne sklopke snage 3 kW, te nadstrujne zaštite 0,7-1 A na uzemljenje i faze,
- Mikroprekidači rotacijskog razdjelnika spojenog na spojnu kutiju (uzemljenu), dok je ista spojena na kabel YSLY 12 x 0,75 mm<sup>2</sup>



**Slika 7.16.** Jednopolna shema razvodnog ormara =NRO1.1 (stranica 2)

Na idućoj slici (Slika 7.17.) možemo vidjeti jednopolnu shemu :

- Četiriju gornjih nivopokazivača spojenih kabelom PP00 4 x 1,5 mm<sup>2</sup> preko osigurača 0,5 A na mrežu



**Slika 7.17.** Jednopolna shema razvodnog ormara =NRO1.1 (stranica 3)

#### 7.4. Razvodni ormar =NRO2

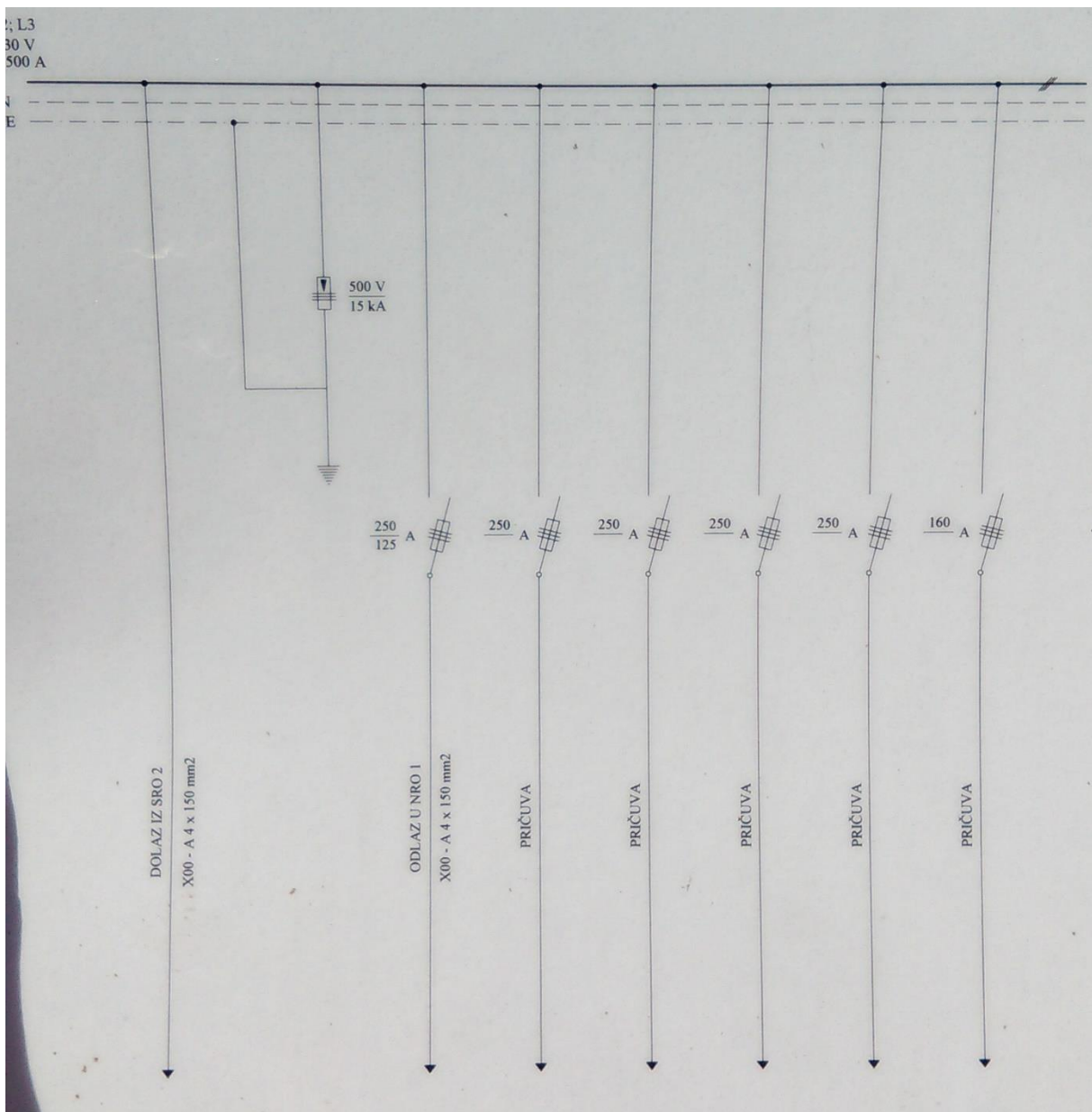
Treći (ujedno i posljednji razvodni ormar u ovom pogonu) je razvodni ormar =NRO2 koji se nalazi unutar samog pogona, na vanjskoj strani upravljačke kuće. Kako je razvodni ormar =NRO1 glavni i komandi, za pretpostaviti je da razvodni ormar =NRO2 nema preveliku ulogu (međutim ne treba ga zapostaviti). Isti se nalazi s vanjske strane pogona i prema tome je zaključan kako osobe, koje nisu djelatnici tvrtke Žito d.o.o. Osijek, ne bi mogli imati uvid u ovaj razvodni ormar. Prema tome, posjedujemo sliku samo vanjskog izgleda razvodnika =NRO2 (slika 7.18.), dok će se interijer prikazati kroz jednopolnu shemu [4].



Slika 7.18. Vanjski izgled razvodnog ormara =NRO2

Jednopolna shema, koja prikazuje cijeli razvodnik =NRO2 prikazana je na slici 6.21. [1], a prikazuje sljedeće :

- Dolaz iz SRO2 (trafostanice) kabelom X00 – A 4 x 150 mm<sup>2</sup>,
- Uzemljenje razvodnika preko odvodnika prenapona otpora  $\frac{500 \text{ V}}{15 \text{ kA}}$ ,
- Odlaz u glavni, komandni razvodni ormar =NRO1 kabelom X00 – A 4 x 150 mm<sup>2</sup> preko rastavnih sklopki sa osiguračem jakosti struje 250 A, odnosno 160 A,
- Dodatne pričuve za eventualne nadogradnje pogona.



Slika 7.19. Jednopolna shema razvodnog ormara =NRO2

## 8. ZAŠTITA POGONA

### 8.1. Uloga zaštitnih uređaja u pogonima

Pojam „zaštita“ u elektrotehnici označava skup uređaja čiji je primarni zadatak prepoznavanje kvarova ili drugih poremećaja u pogonima, te njeno otklanjanje, prekidanje poremećenog stanja ili signalizacija poremećaja.

Zaštitni uređaji mogu po svojoj funkciji štiti postrojenja ili kućanstva, pa ovisno o kojem obliku zaštite se govori, oni mogu biti različiti po nekoliko segmenata. Segmenti koji čine razliku su : vrsta električnih instalacija, broj trošila, snaga pojedinih trošila. Kvar, prouzrokovan preopterećenjem ili povišenom temperaturom, može dovesti do oštećenja na motorima, nekoliko komponenti pogona ili čak na cijelom pogonu. Najbitnija činjenica u zaštiti svega je sprječavanje opasnosti koji dovodi do ozljeđivanja ljudi, a ponegdje i smrtnog slučaja.

Zaštitni uređaji koji se koriste u ovome pogonu, a prikazani su već u razvodni ormarima su :

- sklopnici,
- osigurači,
- uzemljenje pogona,
- zaštita elektromotora.

### 8.2. Sklopnici

Sklopnici su elektromagnetske sklopke koje se primjenjuju za snažne potrošače. Oni mogu podnijeti veća opterećenja od releja. Njima se upravlja daljinski i imaju dva položaja.

Vrste sklopnika su :

- motorni sklopnici,
- vakumski sklopnici,
- instalacijski sklopnici,
- pomoćni sklopnici.

Sklopnici se mogu primjenjivati i kod izmjeničnog i kod istosmjernog napona, te imaju dva rastavišta za svaki kontakt (zaštita i dugovječnost sklopnika). Prespajanje elektromotora iz spoja zvijezda u trokut se također može vršiti pomoću dvaju ili više sklopnika. Osim toga, pogodni su i za promjenu smjera vrtnje elektromotora i promjene broja uključenih polova.

Glavni dijelovi sklopnika su :

- kućište,
- stezaljke,
- kontakti,
- nosači pomičnih kontakata,
- namoti i kotve elektromotora.

Kod sklopnika važnu ulogu ima tzv. „lučna komora“, koja prilikom sklapanja kontakata gasi nastale iskre sprječavajući nastanak požara [13].

Sklopnici u razvodnom ormaru =NRO1.1 prikazani su na slici 7.14. i označeni slovom A [4].

### **8.2.1 Motorni sklopnici**

Motorni sklopnici, kao što im i samo ime govori, zaštitni su mehanizam svakog motora u pogonu. Upravo su motori, zbog njihovog velikog broja unutar sustava, bitan čimbenik i vrlo osjetljiv dio pogona. Većina motora koja se koriste su veće nazivne snage (3 kW, 5.5 kW, 7.5 kW) te mogu izazvati veće posljedice za sustav ukoliko dođe do pregrijavanja ili zapaljenja istog. Sam kvar motora predstavljao bi veliki problem jer se oni nalaze na najosjetljivijim dijelovima pogona i imaju bitne uloge u radu istog. Upravo zato se oni dodatno zaštićuju. Kao što smo mogli vidjeti u cjelini „elektromotorne sheme“, svaki motor se priključuju ne mrežu preko motorne sklopke prikladne snage ali i nadstrujne zaštite koja kontrolira iznos jakosti struje. Kako su elektromotori različitih vrijednosti nazivne snage, tako se i motorni sklopnicima njima prilagođavaju. Kako isti surađuju sa PLC računalom, odnosno operatorskim panelom na vratima ormara u kojem se nalazi (=NRO1), prikladno je malo vrijeme odziva, motorni sklopnik u suradnji sa nadstrujnom zaštitom mora brzo odraditi te poslati poruku kao zapis na operatorskom panelu. Na nedopušten iznos jakosti struje, sklopnik će poduzeti mjeru isključenja motora na kojem se dogodio kvar te će zaustaviti daljnji dio pogona zbog eventualnog zagušenja robom te posljedica koja dolaze s time.

U ovom pogonu postoje dvije vrste motornih sklopki :

- Motorna zaštitna sklopka Schrack, trolna, oznaka BESD0063, klasa 10 (na slici 8.1. [13] vidljiv njen oblik, dok na slici 7.3. je označena brojem 2), a međusobno se razlikuju samo po jakosti struje,

- Motorna zaštitna sklopka Schrack, trolejna, oznaka BE5, klasa 10 (na slici 8.2. [14] možemo vidjeti kako ona izgleda pojedinačno, dok na slici 7.3. je ista označena brojem 3) te se međusobno razlikuju po jakosti struje.



**Slika 8.1.** Motorna zaštitna sklopka Schrack (trolejna), oznaka BESD0063



**Slika 8.2.** Motorna zaštitna sklopka Schrack (trolejna), oznaka BE5

### 8.3. Glavna sklopka

Glavna sklopka predstavlja najbrži način isključenja svih komponenti unutar razvodnog ormara, međutim ista se koristi samo u slučaju prestanka rada pogona. Ona predstavlja sigurnost osoblju da je cijeli pogon u beznaponskom stanju i da su svi motori prestali sa radom. Međutim vrlo rijetko se njome koristi, te je većinom njeno isključenje znak da je alarmantno stanje unutar sustava. Glavna sklopka unutar razvodnog ormara =NRO1 nalazi se na slici 7.3. i označena je brojem 4 [4].

### 8.4. Osigurači

Kako se u smjeru toka energije nakon razvodnog ormara smanjuje jakost struje, tako se u iste razdjelnice postavljaju odgovarajući osigurači prema jakosti struje u vodu iza osigurača. Upravo to omogućuju da, u slučaju kvara (odnosno kratkog spoja u pojedinom strujnom krugu) ne dođe do isključenja ostalih strujnih krugova osim pogođenom tim stanjem. Osigurači djeluju na strujno preopterećenje na bilo kojem mjestu strujnog kruga koje ono pokriva. Postavljaju se na početak ili kraj svakog strujnog kruga.

Osnovne izvedbe osigurača su :

- Rastalni (koriste se većinom u domaćinstvima i postrojenjima i sve manje ih ima u upotrebi) – primjer na slici 8.3.,
- Automatski (koriste se i u domaćinstvima i postrojenjima te se njihova upotreba povećava) – primjer na slici 8.4. [15].



Slika 8.3. Rastalni osigurači





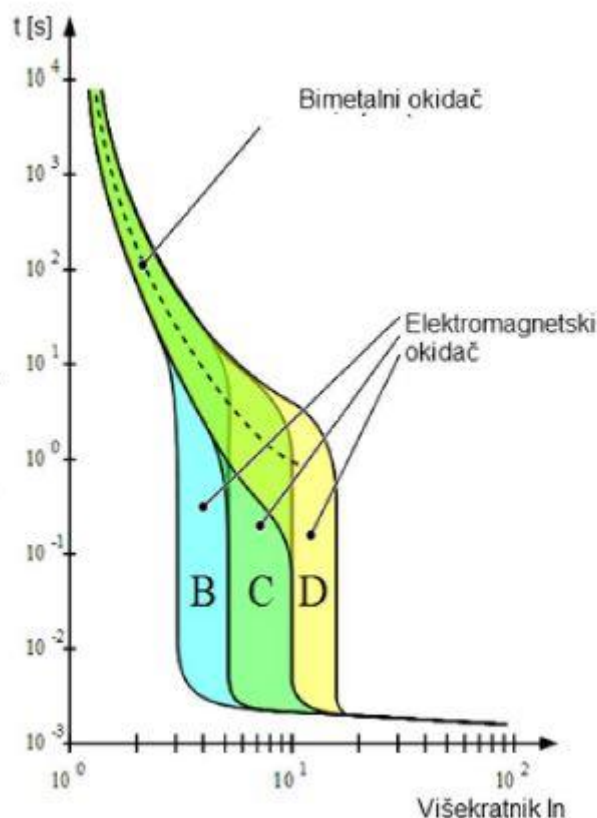
**Slika 8.4.** Automatski osigurači

Bitna prednost u uporabi automatskih osigurača u odnosu na one rastalne je ta što kod prekidanja strujnog kruga, ne treba mijenjati rastalni uložak (kao što je to slučaj kod rastalnih). Osim toga, manjih su dimenzija te se mogu lako montirati na šine u razvodnom ormaru. Automatski osigurači se izrađuju za nazivne struje u rasponu od 0,5 do 32 A, te za napone od 230 i 400 V.

Mogu se razlikovati prema strujno – vremenskoj karakteristici, prema kojoj se mogu podijeliti u četiri grupe :

- Karakteristika tipa A (okidanje kod  $2-3 I_n$ ),
- Karakteristika tipa B (okidanje kod  $3-5 I_n$ ),
- Karakteristika tipa C (okidanje kod  $5-10 I_n$ ),
- Karakteristika tipa D (okidanje kod  $10-20 I_n$ ).

Na slici 8.5. mogu se vidjeti navedene karakteristike [15].



**Slika 8.5.** Karakteristike automatskih osigurača prema strujno-vremenskoj karakteristici

U objektu ovog diplomskog rada koriste se samo automatski osigurači B i C karakteristike marke Schrack.

Automatski instalacijski osigurači su vidljivi u razvodnom ormaru =NRO1 prikazani su na slici 7.3. brojem 5, dok su isti na slici 7.14. (razvodni ormar =NRO1.1.) prikazani slovom B.

### 8.5. Uzemljenje razvodnog ormara

Kako je cijeli pogon, pa tako i razvodni ormari, izrađen od limenog pokrova (što je u slučaju atmosferskog pražnjenja i udara munja vrlo privlačno svojstvo), iste treba uzemljiti. Uzemljenja pogona prikazana su na slikama 5.8. i 5.9. tlocrtom temeljnih uzemljivača. Razvodni ormar =NRO1 ima svoje uzemljenje (prikazano na slici 7.3. – broj 6) [4] jer se nalazi samostalno, dok se razvodni ormari =NRO1.1. i =NRO2 nalaze izvan kontrolne kućice, i pošto se nalaze na limenom pokrovu silosa, uzemljena su preko temeljnih uzemljivača samog pogona.

## 9. ZAKLJUČAK

Zadatak ovog diplomskog rada bio je promotriti pogon za sušenje žitarica (silosi OC Šljivoševci) i opisati njegove dijelove vezane za područje elektrotehnike.

Iako je naslov ovoga rada „Elektromotorne sheme i mjerenja fizikalnih veličina vezanih za pogon sušenja žitarica“, neophodno je bilo opisati i ostale dijelove pogona potrebne za normalan rad jer ono funkcionira samo kao cjelina. Tako su, osim shema i mjerenja, bili prikazani opis rada i protok robe punjenja i pražnjenja silosa, tehnički opis postrojenja, proračuni na temelju provedenih mjerenja, te zaštita pogona.

Sam početak diplomskog rada bio je rezerviran za upoznavanje čitatelja s pogonom (njegovim geografskim smještajem, namjenom, vlasništvu u čijem se nalazi te opisom rada). Opis rada je prikazan primjerom ulaska robe u silose. Prošavši cijeli pogon, možemo uočiti kako se isti oslanja na materijale i instrumenta koji su usko povezani s elektrotehnikom, građevinom, strojarstvom. Vrlo bitan čimbenik pogona predstavljaju motori koji obavljaju čitav rad i protok robe uz pomoć automatizacije. Isti su pomno odabrani kako bi njihova snaga odgovarala namjeni, te kako ne bi došlo do preopterećenja nekog od motora, što bi rezultiralo velikom opasnosti za upravljanje samog pogona ali i život ljudi koji se kreću u tome području. Cijelu „traku“ skladištenja žitarica, u ovom radu, slikovno prati prikaz Siemensovog računala (koji usko surađuje sa PLC računalom istog proizvođača kao i sa zaštitnim uređajima). Time se želi olakšati čitanje ovog diplomskog rada, kako tehničkim tako i osobama koji ne koriste svakodnevno tehničke zapise. Uočili smo kako je SCADA sustav (nadzor za upravljanje pogonom) vrlo učinkovit sustav za sprječavanje mogućih neželjenih pojava unutar pogona u najkraćem mogućem roku, ali i vidljiv prikaz osoblju o radu pogona te položaju same robe u svakom pojedinom trenutku.

Tehnički opis postrojenja je zapravo uvod čitatelju u najvažniji dio ovog rada (mjerenju fizikalnih veličina te elektromotorne sheme pogona). Isti opisuje oznake i smještaj pojedinih elemenata unutar pogona (primjerice kabela, razdjelnika, upravljanja) koji će biti detaljnije prikazani shemama razvodnih ormara, kao i izvođenje različitih zaštita unutar pogona koja će biti potrebna za mjerenja.

Mjerenja predstavljaju opširan pojam u svijetu elektrotehnike, pa se u ovom diplomskom radu ono minimaliziralo i fokusiralo na ona mjerenja koja su potrebna kako bi se jedan pogon (u ovom slučaju silosi za pohranu žitarica) pustio u normalan rad. Mjerenja su provedena od strane stručnih osoba, te sam ja (kao autor ovog rada) izradio na temelju istih prikaz izračunatih vrijednosti te proračune vezane za ta mjerenja. Ispitivanja su provedena u skladu s definiranim normama, te prema strogim pravilima. Na temelju tablica (koja prikazuju izmjerene vrijednosti u usporedbi s dozvoljenim graničnim vrijednostima) možemo uočiti kako je ovaj pogon uspješno položio ispitno mjerenje (koje se provodi svake godine) bez iznimnim popravaka ili preinaka koja bi momentalno dovela pogon u stanje mirovanja. Također je vidljivo da su se mjerenja obavila uz pomoć mnogih višenamjenskih instrumenata vrlo velike točnosti. Također su načini mjerenja prikazani grafički i tekstualno. „Proračunima“ su prikazane različite matematičke operacije i formule kojima se određuju otpori, struje kratkih spojeva i slično.

Elektromotorne sheme se nastavljaju na tehnički opis postrojenja, te uz prikaz svih jednopolnih shema razvodnih ormara, opisane su sve oznake na istima te način spajanja. Vrlo bitan čimbenik predstavljaju elektromotorne sheme jer svaka tehnička osoba može u vrlo kratkom roku pronaći željeni motor, zaštitni uređaj te način spajanja ovisno o potrebi.

Diplomski rad je ciljano dovršen temom koja se bavi zaštitom pogona, jer predstavlja bitan čimbenik u zaštiti od opasnosti koje prijete pogonu i ljudskom faktoru. Na temelju razvodnih ormara, te elektromotornih shema unutar istih, detaljno su naznačeni zaštitni uređaji (kao i njihov smještaj unutar ormara) te opisane njihove namjene.

**LITERATURA**

- [1] Žito d.o.o., „Interna dokumentacija silosa“
- [2] Lokacijski smještaj OC Šljivoševci  
<http://google-maps.pro/Sljivosevci#45.659035,18.215515,16> (25.5.2016.)
- [3] Satelitska snimka silosa OC Šljivoševci  
<http://google-maps.pro/satellite/Sljivosevci#45.662529,18.215365,17> (25.5.2016.)
- [4] Osobne fotografije, fotografirane 24.5.2016.
- [5] SCADA sustav nadzora pogona  
Autor : „SCADA“ predavanje, FER, Zagreb, 2016.
- [6] Unutrašnji prikaz izgleda sita / url:  
[http://i01.i.aliimg.com/img/pb/129/458/915/915458129\\_768.jpg](http://i01.i.aliimg.com/img/pb/129/458/915/915458129_768.jpg) (30.5.2016.)
- [7] V. Bego : „Mjerenja u elektrotehnici“, Graphis, Zagreb, 2003.”
- [8] Raspored silnica prilikom mjerenja otpora uzemljenja te raspored potencijala između uzemljivača i sonde /url:  
<http://documents.tips/documents/mjerenja-otpota-izolacije-otpota-uzemljenja.html>  
(3.6.2016.)
- [9] Mjerni instrument Metrel Eurotest 61557 /url:  
<http://www.metrel.si/products/electrical-installations-safety/multifunction-testers-eurotest-family/mi-2086-eurotest-61557.html> (5.6.2016.)  
<https://i.ytimg.com/vi/XFlyxypjgcM/maxresdefault.jpg> (5.6.2016.)
- [10] Mjerni instrument termohigrobarometar Lutron /url:  
<http://mioonline.com/combination-meter/33-lutron-phb-318-combination-meter.html>  
(8.6.2016.)

- <http://mioonline.com/49/lutron-phb-318-combination-meter.jpg> (8.6.2016.)
- [11] Mjerni instrument Metrawatt /url:  
<https://www.gossenmetrawatt.com/deutsch/produkte/profitest0100s-ii.htm>  
(10.6.2016.)  
<http://bilder3.eazyauction.de/Wiegershaus/artikelbilder/14549.jpg> (10.6.2016.)
- [12] Razvodni ormari i zaštita pogona/url:  
[Http://ss-obrtnicko-industrijska-zu.skole.hr/dokumenti?dm\\_document\\_id=225&dm\\_dnl=1](Http://ss-obrtnicko-industrijska-zu.skole.hr/dokumenti?dm_document_id=225&dm_dnl=1) (13.6.2016.)
- [13] Motorni sklopnici ALEA BES/ url:  
<http://www.schrack.hr/trgovina/sklopnici-motorne-zastitne-sklopke-bimetalni-releji/motorna-zastitna-sklopka-serije-alea-bes.html> (15.6.2016.)
- [14] Motorni sklopnici serije BE5 /url:  
<http://www.schrack.hr/trgovina/sklopnici-motorne-zastitne-sklopke-bimetalni-releji/motorne-zastitne-sklopke-serije-be5-be6.html> (16.6.2016.)
- [15] Automatski osigurači /url:  
<http://www.hager.ba/images/expert-tips/Automatskiosigurac6kA/MB325A.jpg>  
(18.6.2016.)

## KORIŠTENE OZNAKE I SIMBOLI

U tablici 10.1. biti će prikazan popis svih oznaka i simbola koji su korišteni u diplomskom radu. Detaljan opis svakog simbola ili oznaka podrazumijeva naziv istih i njihova mjerna jedinica.

**Tablica 10.1.** Oznake i simboli korišteni u diplomskom radu

SIMBOL/OZNAKA	NAZIV	VRIJEDNOST	MJERNA JEDINICA
$Z_s$	Impedancija petlje kvara	-	$\Omega$
$I_a$	Prekidna struja osigurača	-	A
t	Vrijeme isklapanja	-	S
$U_0$	Nazivni napon prema zemlji	-	V
$R_p$	Otpor uzemljenja	-	$\Omega$
$\rho$	Specifični otpor zemljišta	-	$\Omega\text{m}$
a	Polumjer polukugle naponskog lijevka	-	m
$U_{ZS1}, U_{ZS2}$	Napon uzemljivača	-	V
$R_Z, S_1, S_2$	Otpori uzemljivača	-	$\Omega$
l	Duljina uzemljivača	-	m
D	Promjer prstenastog uzemljivača	-	m
F	Površina koja omeđuje prstenasti uzemljivač	-	$\text{m}^2$
$R_{dop}$	Dozvoljeni otpor rasprostiranja	-	$\Omega$
$R_{iz}$	Izmjereni otpor rasprostiranja	-	$\Omega$
$I_n$	Nazivna struja odvođenja	-	A
$I_m$	Maksimalna vrijednost struje odvođenja	-	A
$U_c$	Najviši radni napon	-	V
$U_p$	Zaštitna naponska razina	-	V

$Z_{Loop}$	Impedancija petlje u kvaru	-	$\Omega$
$I_k$	Struja kratkog spoja	-	A
$X$	reaktancija	-	$\Omega$
$X_0$	Nulta reaktancija	-	$\Omega$
$\kappa$	kapa	20	-
$I_u$	Udarana struja	-	A
$I_2$	Proradna struja zaštitnog uređaja	-	A
$I_Z$	Trajna struja vodiča	-	A
$I_B$	Projektirana struja	-	A
$\varphi$	kut	-	°
$P_{inst}$	Instalirana snaga	-	W
$P_{vr}$	Vršna snaga	-	W
$I_{vr}$	Vršna struja	-	A
$f$	Faktor strujnog opterećenja kabela	0.8	-
$R_t$	Omski otpor kabela	-	$\Omega$
$R_{20}$	Otpor pri 20°C	-	$\Omega$
$Z_t$	Impedancija transformatora	-	$\Omega$
$Z_m$	Impedancija mreže	-	$\Omega$
$Z_k$	Impedancija kabela	-	$\Omega$
$P_{Cu}$	Gubici tereta	-	W
$u\%$	Induktivni pad napona	-	%
$X_t$	Induktivni otpor transformatora	-	$\Omega$ /fazi
$L$	Duljina trake	-	m
$d$	Debljina trake	-	m
$R_u$	Udarni otpor rasprostiranja		



**SAŽETAK**

U ovom diplomskom radu analiziran je pogon za sušenje žitarica sa tehničkog gledišta. Uz opis rada silosa, prikazani su načini upravljanja pojedinih dijelova pogona koji rade kao cjelina. Također, objašnjeni su načini spajanja pojedinih komponenata sustava na mrežu pomoću elektromotornih shema. Provedena su mjerenja potrebna za puštanje i održavanje pogona u radnom procesu, te su rezultati istih prikazani u tablicama uspoređujući ih sa dozvoljenim vrijednostima. Glavni dijelovi mjerenja su bili mjerenja otpora uzemljenja u svrhu zaštite od statičkog elektriciteta, mjerenja otpora rasprostiranja uzemljivača, provjera stanja sustava zaštita od munja, ispitivanja električnih instalacija, mjerenja otpora petlje kvara itd. Nastavak na mjerenja su proračuni, kojima su prikazana različita računska rješenja za izračunavanje potrebnih pogonskih stanja. Netom prije opisanih mjernih metoda i rezultata, tehničkim opisom su prikazani položaji pojedinih dijelova sustava te razna izvedena tehnička rješenja. Diplomski rad je završen dijelom koji ima primarnu funkciju zaštite zaštitnih uređaja u pogonima te ljudi koji se nalaze u njemu.

**Ključne riječi:** silos, elektromotorne sheme, tehnički opis postrojenja, mjerenja otpora uzemljenja, mjerenja otpora petlje kvara, mjerenja otpora rasprostiranja uzemljivača, proračuni, zaštitni uređaji, ispitivanja električnih instalacija.

**ABSTRACT**

This thesis analyzed the plant for drying grain from a technical point of view. With the description of the silo, are ways of managing certain parts of the drive to work as a whole. Also, explained ways to connect certain the governance system to a network using electric scheme. Performed measurements are required for commissioning and plant maintenance in the work process, and the results thereof are shown in the tables comparing them with the allowed values. Main parts of the measurements were measuring ground resistance to protect against static electricity, measuring ground resistance, check the status of system protection against lightning, testing electrical wiring, loop resistance measurement failure, etc. Continued measurements budgets, which are shown in different computing solutions calculate the required operating conditions. Just before the described measurement methods and results, technical description shows locations of each part of the system and performed various technical solutions. Thesis is finished part which has the primary function of protecting the protective devices in the plants and the people who are in it.

**Keywords:** silo, electromotive schemes, technical description of the plant, measuring ground resistance, resistance measurement loop fault, measuring ground resistance, budgets, protection devices, testing of electrical installations.

**ŽIVOTOPIS**

Domagoj Pleša rođen je 22.6.1992. u Našicama. Mjesto u kojem prebiva od rođenja do danas je Magadenovac, dok privremeno boravište ima u Osijeku. Osnovnu školu pohađa u svom mjestu boravka, ostvarujući odličan uspjeh. Osim uspjeha u školi te četverogodišnjeg nastupanja na županijskim natjecanjima u matematici, aktivno se bavio nogometom.

Srednjoškolsko obrazovanje započinje i završava u Našicama polazeći opću gimnaziju. Sve četiri godine ostvaruje vrlo dobar opći uspjeh, a među sportskim uspjesima ističe se kao kapetan odbojkaške izabrane vrste Srednje škole „Isidor Kršnjavi“ Našice.

Nakon završene srednje škole upisuje Elektrotehnički fakultet u Osijeku kao redovan student, te se na drugoj godini istog studija odlučuje za smjer elektroenergetika. 2014. godine završava isti te stječe akademski naziv Sveučilišni prvostupnik inženjer elektrotehnike. Iste godine upisuje diplomski studij elektrotehnike, smjer Elektroenergetika.

Govori engleski jezik i informatički je pismen.

U Osijeku, rujan 2016.

Domagoj Pleša

Potpis :

A rectangular box containing a handwritten signature in black ink. The signature is written in a cursive style and appears to read 'Pleša'.