

Pogon za proizvodnju čokolade Kandit

Jelošek, Filip

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

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:200:277521>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-04-02**

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

Sveučilišni studij

POGON ZA PROIZVODNJU ČOKOLADE KANDIT

Završni rad

Filip Jelošek

Osijek, 2022.

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA **OSIJEK****Obrazac Z1P - Obrazac za ocjenu završnog rada na preddiplomskom sveučilišnom studiju**

Osijek, 13.09.2022.

Odboru za završne i diplomske ispite

Prijedlog ocjene završnog rada na preddiplomskom sveučilišnom studiju

Ime i prezime Pristupnika:	Filip Jelošek
Studij, smjer:	Preddiplomski sveučilišni studij Elektrotehnika i informacijska tehnologija
Mat. br. Pristupnika, godina upisa:	4683, 22.07.2019.
OIB Pristupnika:	03225044013
Mentor:	Prof. dr. sc. Tomislav Barić
Sumentor:	,
Sumentor iz tvrtke:	
Naslov završnog rada:	Pogon za proizvodnju čokolade Kandit
Znanstvena grana rada:	Elektroenergetika (zn. polje elektrotehnika)
Zadatak završnog rad:	Uvidom u pogon i dostupnu dokumentaciju treba proučiti i opisati pogon od ulaska sirovine i/ili poluproizvoda (kakaova masa, kakaov maslac, šećer, mlijeko u prahu, biljna mast, ambalaža) u njega do konačnog proizvoda čokolada u pogonu za proizvodnju čokolade Kandit d.o.o.. Posebnu pažnju posvetiti električnom dijelu pogona, počevši od pojne mreže, rezervnog
Prijedlog ocjene završnog rada:	Vrlo dobar (4)
Kratko obrazloženje ocjene prema Kriterijima za ocjenjivanje završnih i diplomskih radova:	Primjena znanja stečenih na fakultetu: 2 bod/boda Postignuti rezultati u odnosu na složenost zadatka: 2 bod/boda Jasnoća pismenog izražavanja: 2 bod/boda Razina samostalnosti: 2 razina
Datum prijedloga ocjene od strane mentora:	13.09.2022.
Datum potvrde ocjene od strane Odbora:	21.09.2022.
Potvrda mentora o predaji konačne verzije rada:	<i>Mentor elektronički potpisao predaju konačne verzije.</i>
	Datum:



FERIT

FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK

IZJAVA O ORIGINALNOSTI RADA

Osijek, 21.09.2022.

Ime i prezime studenta:

Filip Jelošek

Studij:

Preddiplomski sveučilišni studij Elektrotehnika i informacijska tehnologija

Mat. br. studenta, godina upisa:

4683, 22.07.2019.

Turnitin podudaranje [%]:

8

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom: **Pogon za proizvodnju čokolade Kandit**

izrađen pod vodstvom mentora Prof. dr. sc. Tomislav Barić

i sumentora ,

moj vlastiti rad i prema mom najboljem znanju ne sadrži prethodno objavljene ili neobjavljene pisane materijale drugih osoba, osim onih koji su izričito priznati navođenjem literature i drugih izvora informacija.

Izjavljujem da je intelektualni sadržaj navedenog rada proizvod mog vlastitog rada, osim u onom dijelu za koji mi je bila potrebna pomoć mentora, sumentora i drugih osoba, a što je izričito navedeno u radu.

Potpis studenta:

SADRŽAJ

1.	UVOD	1
1.1.	Zadatak završnog rada.....	1
2.	POVIJEST KANDITA d. o. o.	2
3.	TEHNOLOŠKI PROCES PROIZVODNJE.....	3
3.1.	Komponiranje	4
3.2.	Transport i predvalcanje.....	4
3.3.	Valcanje	5
3.4.	Končiranje.....	6
3.5.	Transport i skladištenje	7
3.6.	Temperiranje (temperirke Aasted).....	8
3.7.	Upločavanje (linija Buhler)	9
3.8.	Pakiranje čokolade	11
3.9.	Skladištenje	12
4.	ELEKTROENERGETSKI SUSTAV KANDIT d. o. o.....	13
4.1.	Napajanje iz sustava HEP-a.....	13
4.2.	Drugi izvori napajanja električnom energijom	13
4.3.	Srednjenaponski blok	14
4.4.	Niskonaponski blok.....	16
4.4.1.	Niskonaponski blok mrežnog napona	17
4.4.2.	Niskonaponski blok agregatskog napona.....	18
4.5.	Energetski transformatori	19
5.	ELEKTRIČNE INSTALACIJE I RASVJETA.....	22
5.1.	Električne instalacije.....	22
5.2.	Rasvjeta	23
5.3.	Elektronička komunikacijska mreža	24
6.	ZAŠTITA I ZAŠTITNE MJERE.....	27
6.1.	Zaštita od električnog udara.....	27
6.2.	Zaštita od toplinskih učinaka	27
6.3.	Nadstrujna zaštita.....	28
6.4.	Zaštita od buke	28

6.5. Zaštita od elektromagnetskih smetnji i elektromagnetska kompatibilnost.....	28
6.6. Zaštita od prenapona	29
6.7. Instalacija za zaštitu od udara munje	30
6.8. Zaštita od požara	30
7. ELEKTROMOTORI U POGONU	35
7.1. Vrste elektromotora	35
7.1.1. Jednofazni i trofazni asinkroni motor.....	35
7.1.2. Koračni motor.....	36
7.1.3. Istosmjerni motor.....	36
7.2. Načini upravljanja elektromotorima	36
7.2.1. Sklopni aparati.....	36
7.2.2. Uređaji mekog starta.....	36
7.2.3. Frekventni upravljači	37
8. PRORAČUN UKUPNOG OTPORA UZEMLJENJA	38
9. ZAKLJUČAK.....	41
10. LITERATURA	42
SAŽETAK.....	44
ABSTRACT	44
ŽIVOTOPIS.....	45

1. UVOD

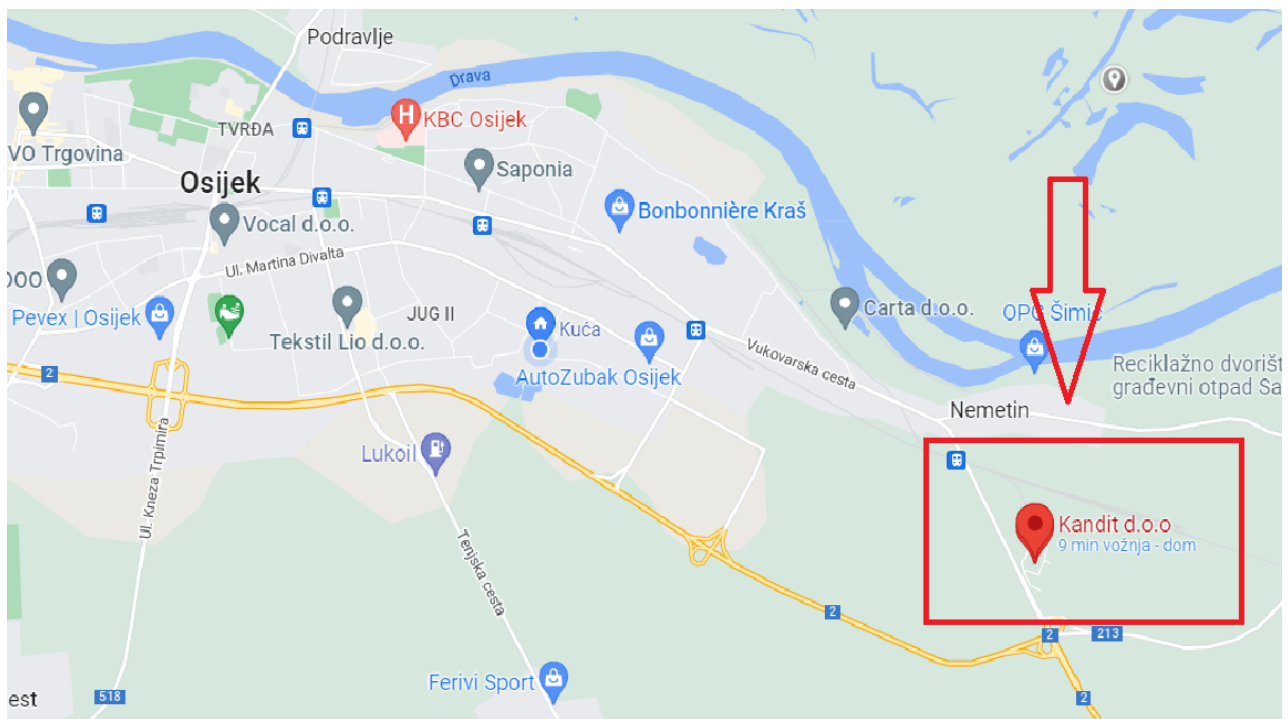
Pogon tvornice čokolade Kandit, kao i sve ostale tvornice, zahtjeva ispunjenje određenih normi i standarda vezanih za tehnološki proces proizvodnje sve od ulaska sirovine pa do gotovog proizvoda te njegovog skladištenja i distribucije, električnih instalacija i mjera zaštite. Za proizvodnju i rad pogona tvornice potreban je izvor energije te rezervno napajanje. Iz tog razloga tvornica posjeduje vlastitu trafostanicu i diesel agregat za napajanje pogona. Tehnološki proces popraćen slikama nam daje viziju rada pogona i proizvodnje mliječne čokolade. U pogonu veliku ulogu imaju električni motori koji se koriste od komponiranja smjesa pri ulasku i početku proizvodnje pa sve do izlaska gotovih proizvoda, njihovog pakiranja i skladištenja.

1.1. Zadatak završnog rada

Uvidom u pogon i dostupnu dokumentaciju treba proučiti i opisati pogon od ulaska sirovine i/ili poluproizvoda (kakaova masa, kakaov maslac, šećer, mlijeko u prahu, biljna mast, ambalaža) u njega do konačnog proizvoda čokolada u pogonu za proizvodnju čokolade Kandit d.o.o.. Posebnu pozornost posvetiti električnom dijelu pogona, počevši od pojne mreže, rezervnog napajanja, električnim instalacijama, rasvjeti, zaštiti, signalizaciji, elektromotornom pogonu te utvrditi: broj elektromotora, vrste, upravljanje, veličine i funkcije u navedenom pogonu. Sadržaj popratiti odgovarajućim skicama, slikama i shemama koje daju viziju rada i funkcije ovakvog pogona.

2. POVIJEST KANDITA d. o. o.

Tvornica počinje s radom 1920. godine noseći ime „Prva osječka tvornica kandita Kaiser i Stark”. Ubrzo tvornica kupuje licencu od poznate bečke tvornice „Pischinger“. Nakon toga tvornica nastavlja s radom kao „Tvornica kandita i čokolade”, a kasnije i u sklopu osječke šećerane kao „Tvornica šećera i kandita”. U idućim godinama dolazi do uvođenja novih proizvodnih linija te se tako 1975. godine uvodi kandi linija. Kandit 2011. godine sklapa ugovor s Mepas grupom te postaje njen član. Izgradnja nove tvornice u Nemetinu, nedaleko Osijeka započela je 2013. godine. Završetkom izgradnje, 2014. godine, Kandit nastavlja s radom samo na novoj lokaciji, prikazanoj na slici 2.1.. Svoje proizvode izvoze u brojne države u europskoj pa čak i u svijetu (Slovenija, Austrija, Švicarska, SAD...) [1].



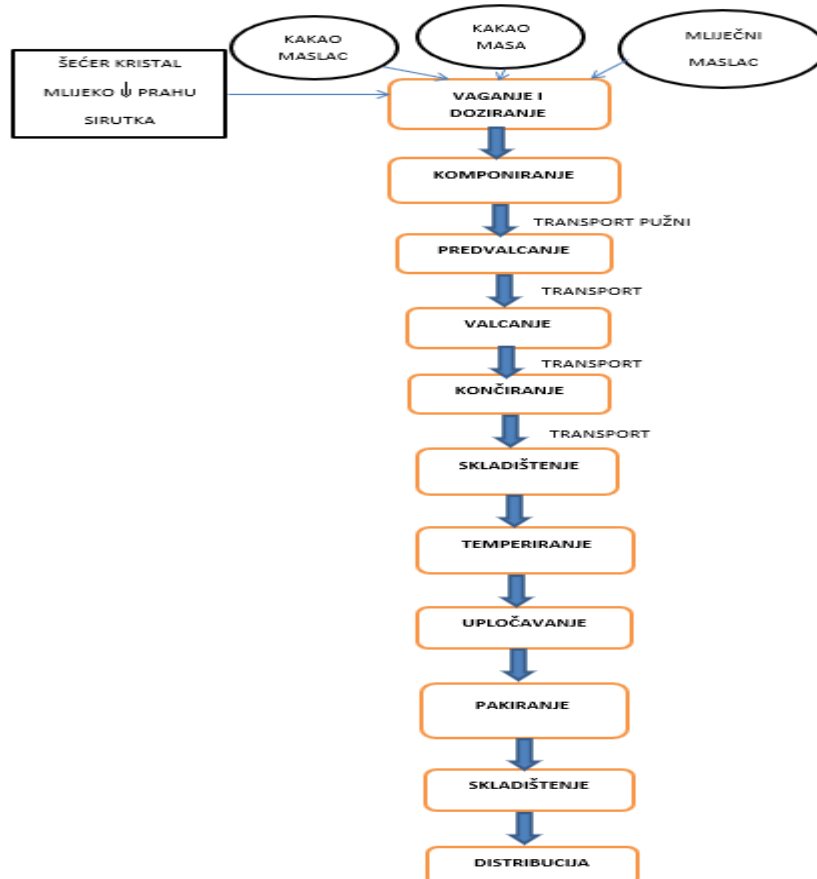
Slika 2.1. Geografski položaj Kandit d. o. o . na karti grada Osijeka i okolice [2].

3. TEHNOLOŠKI PROCES PROIZVODNJE

Pogon proizvodnje organiziran je u više tehnoloških cjelina, kao što možemo vidjeti na slici 3.1., u kojima se odvija priprema poluproizvoda te proizvodnja različitih gotovih proizvoda. Pripremljeni poluproizvodi, kao što su otopljene čokoladne mase, koriste se u daljnjim procesima, na pojedinim tehnološkim linijama za proizvodnju pojedinih vrsta gotovih proizvoda [4].

Osnovne tehnološke cjeline su:

- Skladištenje sirovina i ambalaže
- Primarna prerada kakao mase
- Priprema čokoladne mase
- Proizvodnja čokolade
- Pakiranje gotovih proizvoda
- Skladištenje i distribucija gotovih proizvoda [4].



Slika 3.1. Tehnološki proces proizvodnje mliječne čokolade.

3.1. Komponiranje

Priprema čokoladnih masa počinje u prostoriji gdje je smještena komponirka koja je prikazana na slici 3.2.. Odvagane praškaste komponente (šećer, mlijeko u prahu, sirutka, kakao prah) gravitacijski prolaze preko separatora i padaju u komponirku. Tekuće komponente se iz spremnika prebacuju na vagu. Važu se jedna po jedna, usipavaju u komponirku, miješaju miješalicom unutar gornjeg dijela komponirke. Čokoladne mase se prave šaržno (jedna šarža = 1000 kg). Cijela komponirka je grijana na temperaturu 55-60 °C. Nakon miješanja u gornjem dijelu komponirke masa se ispušta donji dio komponirke gdje se miješalicama dodatno miješa (ukupno miješanje jedne šarže traje 30 min.).



Slika 3.2. Komponirka.

3.2. Transport i predvalcanje

Nakon miješanja, homogenizirana masa se transportira vertikalnim, horizontalnim pa kosim pužnim transporterima na dvovaljaku koji je prikazan na slici 3.3.. Masa se na dvovaljku (predvalcanje) usitnjava na 140 μm te pada na pužni transporter. Masa pužnim transporterom putuje gornjom trakom te se na njoj usmjerava na prvi ili drugi petovaljak.



Slika 3.3. Dvovaljak.

3.3. Valcanje

Petovaljka, koji je prikazan na slici 3.4., usitnjava masu s 140 μm na granule od 20 μm pomoću pet valjaka. Svaki valjak ima različitu brzinu i različitu temperaturu. Valjci se hlade vodom od 15 °C. Masu granulacije 20 μm sa valjaka skida uzdužni nož te ona pada na traku i šalje se prema konči.



Slika 3.4. Petovaljak.

3.4. Končiranje

Konče imaju sustav grijanja parom i hlađenja rashladnom vodom te upuhivanje zraka u konče izvana. Konču vidimo na slici 3.5.. Princip končiranja je proces dugotrajnog intenzivnog miješanja čokoladne mase uz korištenje topline. Kako bi isparili slobodnu vodu provodi se končiranje te je glavni zadatak još smanjenje kapilarne vode koja je sadržana u kakao čestica i mlijeku u prahu. Sve kako bi se postigla konačna gustoća i viskoznost. Končiranje se odvija u dvije etape: suho i mokro končiranja. U suhom končiranju grijemo koču te miješamo praškastu masu. I nakraju se dodaje ostatak masnoće iz vaga za masnoću da bi dobili tekuću čokoladnu masu.



Slika 3.5. Konča.

3.5. Transport i skladištenje

Kada je čokoladna masa gotova hladimo ju na temperaturu 45 °C. Čokoladna masa se sustavom pumpi i duplostjenih cjevovoda (grijani toplom vodom na 45 °C) koje vidimo na slici 3.6., transportira do grijanih spremnika i tamo skladišti. Iz svakog od tih spremnika čokoladna masa se šalje preko pumpe spremnika i duplostjeno grijanih cjevovoda na proizvodne linije.



Slika 3.6. Duplostjeni cjevovodi i sustav pumpi.

3.6. Temperiranje (temperirke Aasted)

Temperiranje se odvija pred-kristalizacijom pri čemu se formiraju centri kristalizacije koji osiguravaju kristalizaciju u ispravnom obliku. Temperiranje se odvija u četiri koraka: prvo dolazi do potpunog topljenja pri 50 °C, zatim se odvija hlađenje na 30 °C do točke kristalizacije, te na 26 °C kristalizacija i pretvaranje svih nestabilnih kristala pri temperaturi 27-29 °C. Uređaji se sastoje od izmjenjivača topline (Aasted) kroz koje prolazi čokolada. Vrijeme i temperatura su od izuzetne važnosti za projektiranje procesa, kontinuirano temperiranje; rastopljena čokolada se najčešće održava na oko 45 °C, a zatim se polako hladi. Tokom temperiranja, temperatura se konstantno nadzire. Kako bi izbjeglo se skrućivanje čokolade ona se pregrijava. Na slici 3.7. vidimo temperirku Aasted.



Slika 3.7. Temperirka Aasted.

3.7. Upločavanje (linija Buhler)

Doziranje temperirane čokoladne mase u prethodno temperirane forme (kalupe). Doziranje je precizno i definirano gramažom gotovog proizvoda. Nakon doziranja u kalupe čokolada prolazi preko sustava vibratora kako bi se rastresla i izbacili zarobljeni mjehurići zraka. Sustav vibratora prikazan je na slici 3.8.. Nakon vibratora prolazi kroz sustav hladnjaka gdje se završava proces kristalizacije čokoladne mase i ona prelazi iz tekućeg u čvrsti oblik. Hlađenjem se čokolada smanjuje u volumenu i okretanjem formi za 180 °C se istresa iz kalupa i transporterima odlazi na pakiranje. Hladnjak za hlađenja čokolada možemo vidjeti na slici 3.9..



Slika 3.8. Sustav vibratora.



Slika 3.9. Hladnjak za hlađenje čokolada.

3.8. Pakiranje čokolade

Automatiziran proces. S linije za upločavanje, čokolade dolaze „in line“ na dvije pakerice za individualno flowpack umatanje(TecnoPack) koje su prikazane na slici 3.10.. Individualno umotane čokolade transporterom odlaze do stroja koji formira kutiju, broji proizvod i slaže ga u kutiju te zatvara poklopac kutije (kartonirka Cama). Na slici 3.11. prikazana je kartonirka Cama. Zakartonirani proizvod u transportnu kutiju se ručno slaže na euro paletu i odvozi u skladište gotove robe.



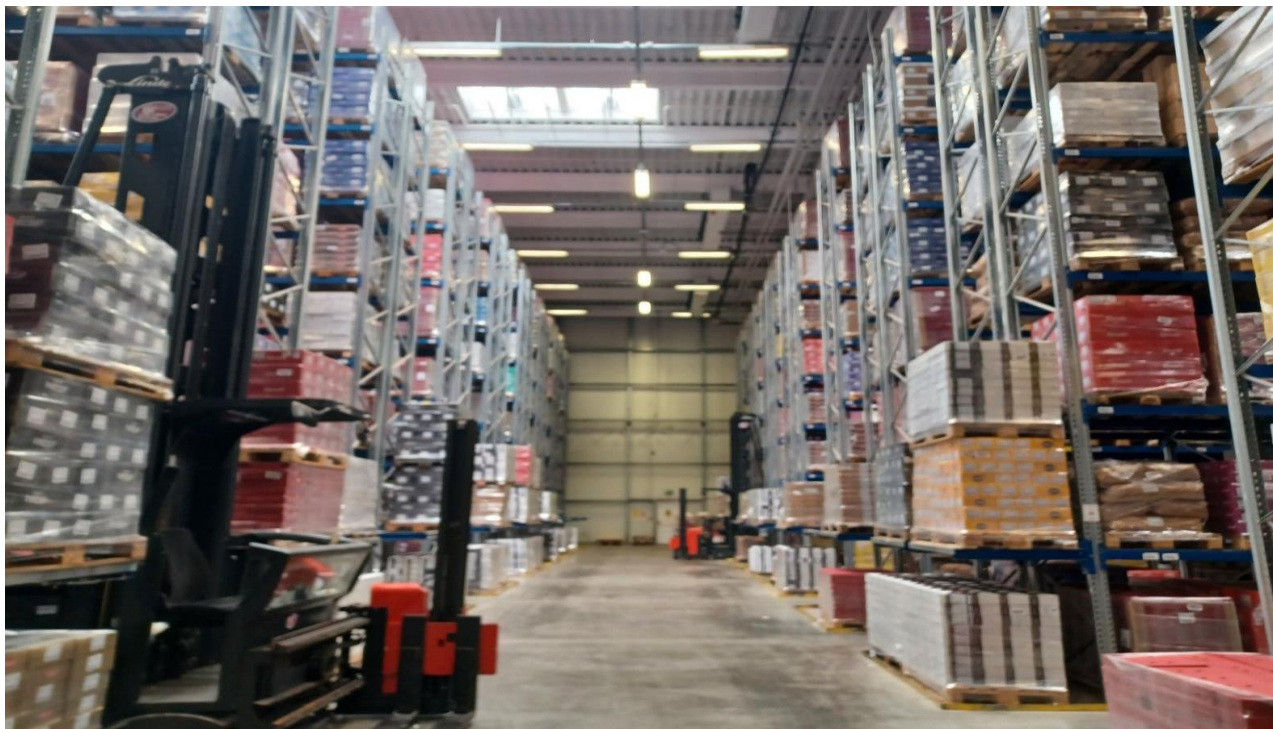
Slika 3.10. TecnoPack.



Slika 3.11. Kartonirka Cama.

3.9. Skladištenje

Prije distribucije, roba se skladišti u Visokoregalno skladište koje možemo vidjeti na slici 3.12., u kondicioniranim uvjetima na temperaturi do 20 °C i rH 50 %.



Slika 3.12 Skladište robe.

4. ELEKTROENERGETSKI SUSTAV KANDIT d. o. o.

4.1. Napajanje iz HEP-a

Kao i svaku tvornicu danas pa tako i Kandit d. o. o. je potrebno spojiti na javnu mrežu. Tvornica se napaja iz obližnje TS (trafostanice) Osijek 2 110/35/10 kV, koju vidimo na slici 4.1. [3].

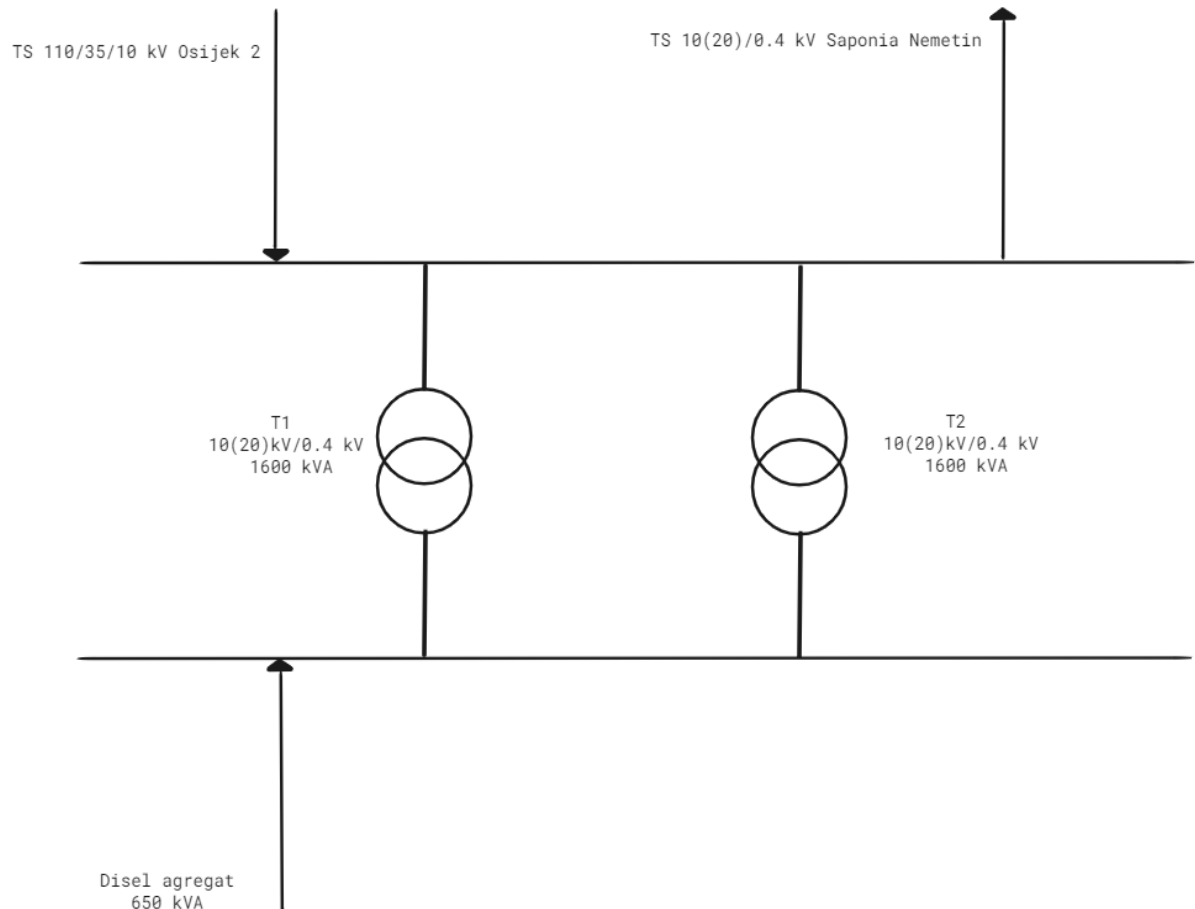


Slika 4.1. TS Osijek 2 110/35/10 kV.

4.2. Drugi izvori napajanja električnom energijom

Tvornica Kandit d. o. o. osim uz napajanje iz javne mreže posjeduje vlastitu trafostanicu 10(20)/0.4 kV „KANDIT NEMETIN“ koja preuzima električnu energiju na srednjem naponu, čiju shemu možemo vidjeti na slici 4.2.. Trafostanica je opremljena sa spojnim poljem 10(20) kV i mjernim poljem 10(20) kV i smanjuje napon od 10 kV na napon 0.4 kV, dok je predviđena snaga 2400 kW. Niskonaponski razvod trafostanice predstavlja glavni razvod građevine. U trafostanici je predviđena

kompenzacija jalove energije. Zbog potreba sigurnosnih sustava u trafostanici se nalazi diesel-električni agregat u pripravnom spoju koji služi kao rezervno napajanje kritičnih trošila u slučaju nestanka električne energije iz mreže. U trafostanici se odvija izmjena napajanja mreža - agregat i razdjelnik za razvod agregatskog napona. Diesel-električni agregat snage 650 kVA, kontejnerske izvedbe za vanjsku montažu. U slučaju pada napona u mreži start agregata je automatski. Trafostanica se sastoji od srednjenaponskog bloka i niskonaponskog bloka [3].



Slika 4.2. Shema trafostanice Kandit Nemetin [5].

4.3. Srednjenaponski blok

Srednjenaponski blok čine dva dijela, distributerski dio (HEP) i korisnički dio postrojenja (KANDIT), a koji se moraju povezati i uklopiti u jedinstvenu funkcionalnu cjelinu. Sastoji se od ukupno 7 polja. Srednjenaponski blok je izveden kao od opasnog dodira potpuno zaštićeno sklopno postrojenje [5].

Distributerski dio srednjenaponskog postrojenja:

- 2 vodna polja (1VP1, 1VP2)
- spojno polje (1SP)
- mjerno polje (1MP) [5].

Korisnički dio srednjenaponsko postrojenja:

- 2 transformatorska polja (2TP1, 2TP2)
- 1 vodno polje (2VP1)
- 2 suha, preklopiva energetska transformatora (T1, T2) [5].

Vodna polja (VP) su opremljena tropoložajnom rastavnom sklopkom, sa zemljospojnikom, koja ima 3 položaja: uklopljeno-isklopljeno-uzemljeno. Transformatorska polja (TP) su opremljena prekidačem koji također ima tri položaja: uklopljeno-isklopljeno-uzemljeno, s ugrađenim motornim pogonom. Zbog nadstrujne kratkospojne zaštite koriste se strujni transformatori, a za zemljospojnu zaštitu koristi se obuhvatni monopolarni strujni transformator. Tehničke karakteristike srednjenaponskog bloka možemo vidjeti iz tablice 4.1. [5].

Tablica 4.1. Tehničke karakteristike srednjenaponskog bloka [5].

Nazivni napon	24(12) kV
Nazivna struja sabirnica	630 A
Nazivna frekvencija	50 – 60 Hz
Izolacija	SF6 plin
Medij za gašenje luka	vakumske komore
Nazivni podnosivi atmosferski udarni napon	125 kV
Nazivni jednominutni podnosivi napon 50 Hz	50 kV
Nazivna kratkotrajna podnosiva struja	16 kA/s
Nazivna podnosiva udarna vrijednost struje	40 kA

Prekidna struja (vodna polja) - nazivna	630 A
Prekidna struja(transformatorsko polje)- nazivna	200 A
Kratkospojna	16 kA

4.4. Niskonaponski blok

Niskonaponski blok se sastoji od 22 osnovna polja koja čine dovodna, odvodna, sklopna polja osnovne električne opskrbe (mrežnog napon), sklopna polja rezervne opskrbe (agregatskog napona) i polja pomoćnih strujnih krugova. Tehničke karakteristike niskonaponskog bloka možemo vidjeti iz tablice 4.2 [5].

Osnovna polja niskonaponskog bloka:

- 2 dovodna polja (1N, 2N) s dovodnim prekidačem – 2500 A
- 1 spojnog polja (12N) s rastavnim prekidačem – 2500 A
- 8 odvodnih polja osnovne el. opskrbe – mrežnog napona
- 4 polja kompenzacije jalove energije – 650 kVAr
- 3 polja rezervne el. opskrbe - agregatskog napona
- 1 polja pomoćnih strujnih krugova trafostanice
- 3 kutna - sabirnička polja [5].

Tablica 4.2. Tehničke karakteristike niskonaponskog bloka [5].

Nazivni napon	0,4 kV
Nazivna struja sabirnica	2500 A
Nazivna struja odvoda	630/400/250 A
Nazivna kratkotrajna podnosiva struja kod 0,4 kV	85 kA/s
Podnosiva vršna vrijednost struje	100 kA

4.4.1. Niskonaponski blok mrežnog napona

Niskonaponski blok mrežnog napona je tvornički slobodnostojeći ormar koji je izveden od slobodnih samostojećih polja što možemo vidjeti u tablici 4.3 [5].

Tablica 4.3. Samostojeća polja niskonaponskog bloka mrežnog napona [5].

OZNAKA POLJA	OPIS
kratko12N	niskonaponsko spojno polje trafo T1 i T2
1N	niskonaponsko dovodno polje trafo T1
1RM1...4	niskonaponsko odvodno polje trafo T1
1KOMP1, 1KOMP2	polje kompenzacije jalove energije trafo T1
2N	niskonaponsko dovodno polje trafo T2
2RM1...4	niskonaponsko odvodno polje trafo T2
2KOMP1, 2KOMP2	polje kompenzacije jalove energije trafo T2

Spojno niskonaponsko polje u normalnom radu uvijek treba bit odvojeno, odnosno, rastavni prekidač (Q0) isključen, osim u slučaju ispada jednog od transformatora (T1, T2) rastavni prekidač se može zatvoriti te nastaviti s radom jednog transformatora, ali u reduciranom režimu opskrbe potrošača. Izvedba niskonaponskog razvoda je takva da su odvodna i dovodna polja ugrađena na krajevima strujnih sabirnica. U slučaju kratkog spoja, sabirnice neće biti opterećene dvostrukom strujom kratkog spoja. Između dva dovodna polja (1N, 2N) ugrađeno je spojno polje (12N). Dovodna polja su međusobno sabirnički povezana sa spojnim poljem koje je opremljeno rastavnim prekidačem (Q0), nazivne struje 2500 A i nazivnog napona 690 V. Svako od dovodnih i odvodnih polja je opremljeno niskonaponskim prekidačima (Q1,Q2) nazivne struje 2500 A i nazivnog napona 690 V, odvodnicima prenapona te mjernim uređajima koji služe za potrebe mjerenja i nadzora svih faznih i linijskih napona i struja, frekvencije, snage, faktora snage i energije. Pripadno polje kompenzacije jalove energije (1KOMP, 2KOMP) i pripadno odvodno opskrbno polje (1RM1...4, 2RM1...4) priključuju se na strujne sabirnice svakog niskonaponskog bloka. Odvodno opskrbno polje opremljeno je s izoliranim trolinim rastavnim osiguračem nazivne struje 2500 A i nazivnog napona 690 V. Polja kompenzacije jalove energije opremljena su odgovarajućom energetsom, sklopnom i mjernom opremom [5].

4.4.2. Niskonaponski blok agregatskog napona

Niskonaponski blok agregatskog napona, odnosno, rezervno napajnje, koristi se za potrebe električne opskrbe sigurnosnih uređaja koji služe za otklanjanje požarne opasnosti te je iz tog razloga ugrađen nezavisni izvor rezervne električne opskrbe. Kao nezavisni izvor agregatskog napona je kontejnersko diesel-agregatsko postrojenje električne snage 650 kVA i koje se s komutacijski-agregatskim poljem povezuje odgovarajućim signalnim i energetske vodovima. Na slici 4.3. vidimo diesel agregat. Sklopna polja rezervne električne opskrbe agregatskog napona (RA1 i RA2) su ugrađena kao zaseban ormar u niskonaponskom dijelu trafostanice, gdje su RA1.1 i RA1.2 komutacijska polja (mreža-agregat), a RA2 je odlazno polje kablskih izvoda agregatskog napona. Zbog automatske izmjene električne opskrbe mreža-agregat, u komutacijskom agregatskom polju RA1 ugrađen je izmjenjivački uređaj (QA), s prekidačem nazivne struje 1000 A te kontrolnim i upravljačkim uređajima. U odlaznom polju RA2 agregatskog sklopnog polja ugrađen je odvodnik prenapona i izolirani trolpolni rastavni osigurač, nazivne struje 630/400/250 A i nazivnog napona 690 V [5].



Slika 4.3. Diesel agregat.

Dio električne rasvjete (30%) je priključeno na diesel agregatsko postrojenje kao i važniji električni potrošači koji moraju raditi i u slučaju kvara i nestanka osnovne električne opskrbe. Kod nestanka električne opskrbe, prilikom nekog kvara u sustavu, automatski dolazi do uključivanja dijela rasvjete i

važnijih električnih potrošača na agregatskom naponu. Dok u slučaju požarne opasnosti, kada dođe do aktivacije protupožarnog tipkala, na električnoj agregatskoj opskrbi ostaju samo sigurnosni uređaji građevine, kao što su hidrocel i crpke šprinkler sustava. Sva preostala električna instalacija građevine stavlja se u beznaponsko stanje, kao zaštita od strujnog udara osobe koja sudjeluje u suzbijanju požara građevine. Prelazak s mrežnog napona na agregatski napon se odvija putem kontrolnih releja tako što se prati prisustvo napona na mrežnom i agregatskom opskrbnomvodu te se upravljačkim uređajem automatski djeluje na izmjenjivački uređaj. Pri normalnom radu sva električna opskrba priključenih agregatskih potrošača napaja se preko mrežnog napona te u slučaju nestanka mrežnog napona, kontrolni relej i upravljački uređaj šalju signal do disel agregata i on počinje s radom te tako dolazi do prebacivanja aktivnog izvora električne opskrbe sa mreže na agregat. Kada dođe do povratka mrežnog napona, prebacivanje s agregata nazad na mrežu odvija se na isti način, ali obrnutim slijedom. Ugradnjom mehaničke i električne blokade na prekidačima izmjenjivačkih uređaja sprječavamo istovremeno korištenje mrežnog i agregatskog napona. [5].

4.5. Energetski transformatori

U trafostanicu su ugrađena 2 suha energetska transformatora (schneider electric tip trihal) bez zaštitnog kućišta. Transformatori su smješteni u transformatorske komore i opremljeni su termičkom zaštitom u obliku PTC sonde, a zbog zaštite od štetnih povišenja temperatura namota transformatora. PTC sonde su povezane na zaštitnu termičku jedinicu koja signalizira nastanak preopterećenja te isklapa energetski transformator ako je preopterećenje po veličini veće od dopuštene vrijednosti. Zaštitna transformatorska jedinica je opremljena s 2 relejna kontakta za signalizaciju alarma, relejnim izlazom za signalizaciju kvara, relejnim izlazom za uključenje ventilatora trafoa i relejni izlaz za uključenje ventilatora za ispust zraka iz trafokomore. Neutralna točka transformatora izvedena je na strani niskog napona, preko posebnog provodnog izolatora. Na kućištu transformatora izvedeni su priključci za uzemljenje. Hlađenje transformatora izvodi se prirodnom ventilacijom transformatorske komore, zrak hladi transformatore [5].

Spojni vod između transformatora (T1, T2) i transformatorskih polja srednjenaponskog razvoda (2TP1, 2TP2) u trafostanici izvodi se kabelom čije tehničke podatke vidimo u tablici 4.4. [5].

Tablica 4.4. Tehnički podaci kabela za spoj energetskih transformatora i srednjenaponskog bloka[5].

Tip kabela	XHE 49-A
Nazivni napon	24 kV
Dozvoljeno strujno opterećenje kabela kod toplinskog otpora tla	310 A
Materijal vodiča	Aluminij
Izolacija	Termoplastični umreženi polietilen
Plast	Crni polietilen

Spoj između energetskih transformatora (T1, T2) i prekidača (Q1, Q2) u dovodnom niskonaponskom sklopnom bloku izvodi se linijskim razvodom. Priključak je izveden iz gornjeg dijela niskonaponskog bloka s ravnim i kutnim elementima te s priključcima za prekidač u niskonaponskom bloku i konektorima za suhe transformatore. Linijski razvod je odabran prema nazivnim vrijednostima energetskih transformatora. Neutralni i zaštitni vodiči se spajaju na sabirnice koje su smještene u donjem dijelu niskonaponskog bloka [5].

Na srednjonaponskoj strani na isklop prekidača djeluje zaštita transformatora te paralelno na isklop prekidača djeluje termička zaštita namota transformatora i poseban numerički relej za nadstrujnu kratkospojnu i zemljospojnu zaštitu. To je zaštitni relej koji ne zahtijeva pomoćno napajanje, nego se napaja iz strujnog kruga. Na zaštitni relej energetskog transformatora priključeni su sekundarni izvodi strujnih, mjernih transformatora, kojima se ostvaruje kratkospojna zaštita od međufaznih kvarova tako što kod prekoračenja dopuštene vrijednosti struje međufaznog kvara zaštitni relej isklapa prekidač u transformatorskom polju. Osim nadstrujnom zaštitom, energetski transformatori se od preopterećenja još štite i pomoću PTC sonde spojenih u seriju koje šalju signal za uključenje ventilacije transformatora kako bi se spriječilo pregrijavanje transformatora. Isklop prekidača u srednjenaponskom transformatorskom polju uzrokuje isklop pripadnog prekidača u niskonaponskom polju i isklop prekidača u niskonaponskom spojnom polju. Time se onemogućava nastanak povratnog napona na isklopčanom transformatoru. Ugrađeno je združeno i radno uzemljenje te je izvedeno s dva prstenasta uzemljivača: temeljni uzemljivač i vanjski trakasti uzemljivač. Temeljni uzemljivač je spojen na sabirnicu unutarnjeg uzemljenja. Na uzemljenje trafostanice spojeni su idući elementi:

- vrata transformatorske stanice

- kabelaške glave
- zaštitni plaševi kabela i ekrani energetska kabela
- profilni nosači u komori trafostanice
- kućišta energetska transformatora
- noževi za uzemljenje u srednjenaponskom sklopnom bloku
- svi metalni dijelovi konstrukcije [5].

Opterećenje transformatora mjeri se na niskonaponskoj strani mrežnim analizatorom koji, osim mjerenja efektivne vrijednosti struje i napona, mjeri i snagu, energiju, faktor snage i frekvenciju. Mjerne veličine prikazane su na zaslonu te je moguća trajna daljinska komunikacija. S poslužne ploče omogućeno je upravljanje prekidačima s elektromotornim pogonskim mehanizmom za daljinski uklop i isklop te je omogućeno daljinsko upravljanje transformatorskim prekidačima na srednjem naponu i transformatorskim i spojnim prekidačem na niskom naponu [5].

5. ELEKTRIČNE INSTALACIJE I RASVJETA

5.1. Električne instalacije

Električna instalacija je standardne industrijske izvedbe. Glavni razdjelnik u objektu predstavlja niskonaponski razvod u trafostanici. Neprekidni izvor napajanja u objektu potrebno je osigurati za:

- sve elektropotrošače u sprinkler stanici
- svu panik rasvjetu
- vatrodojavnu instalaciju
- sustav odvođenja dima i topline
- alarmne sirene i bljeskalice [6].

Opskrbni vodovi od trafostanice do pogonske zgrade postavljeni su u kanalu u zemlji s betonskim poklopcima za pristup kanalu. Električna instalacija kreće od razdjelnika u trafostanici do glavnih razdjelnika razmještenih u prostoru. Sav glavni razvod izveden je s aluminijskim kabelima, a polaganje je izvršeno u kabelskim policama. Svaki razdjelnik u glavnom razvodu sadrži analizator mreže koji mjeri:

- trenutni napon (fazni i linijski)
- minimalni i maksimalni napon po fazi
- sadržaj viših harmonika po fazi
- trenutnu, srednju i maksimalnu struju po fazi
- trenutnu snagu i ukupnu radnu, jalovu i prividnu snagu
- faktor snage
- frekvenciju
- pogonske sate
- radnu i jalovu energiju [6].

Svi analizatori mreže su međusobno povezani, a vod je doveden u kontrolnu sobu i spojen na programirajući logički kontroler (PLC) zbog stalne kontrole situacije u mreži. U proizvodnom dijelu građevine polaganje vodova je vidljivo po zidovima i stropovima pomoću obujmica, krutim instalacijskim cijevima i u kabelskim policama. Uredski prostori imaju spušten strop pa su unutar spuštenog stropa instalacijski vodovi položeni u kabelske police. Isklop električne instalacije zbog održavanja omogućeno je isklapanjem glavne sklopke na pripadajućem razdjelniku za cijelu instalaciju te isklapanjem zaštitnog prekidača za pripadajući strujni krug. U slučaju opasnosti cijela instalacija građevine se može isključiti, čime se isključuje glavni razvod u trafostanici te dolazi do uključenja disel agregata koji napaja sustav za gašenje požara, sustav za povećanje pritiska vode te sigurnosni sustav rasvjete. U građevini se izjednačenje potencijala ostvaruje ugradnjom sabirnice na koju se povezuju:

- uzemljivač
- zaštitna sabirnica u ormaru glavnog razvodnika
- instalacija vodovoda
- instalacija centralnog grijanja
- ostale metalne mase [6].

Zbog zahtjeva za građevinu zbog štetnih utjecaja električne instalacije kao što su sigurno korištenje, opasnost od toplinskog djelovanja i požara, ostala štetna djelovanja prouzročena električnom instalacijom, zaštita od buke i ušteda energije, poduzete su posebne mjere zaštite.

5.2. Rasvjeta

U građevini je ugrađena električna rasvjeta kao opća i nužna rasvjeta. Opća rasvjeta se nalazi u svim prostorijama građevine. Jakost rasvjete je određena prema normama:

- skladišta 150 lx
- hodnici, garderobe 150 lx
- uredi 500 lx
- proizvodnja 300-500 lx [6].

Za rasvjetu se koriste svjetiljke s fluorescentnim cijevima, industrijske bijele boje, dok se za rasvjetu vanjskog prostora koriste svjetiljke s visokotlačnim natrijevim žaruljama. Svjetiljke se postavljaju u strop u uredskom dijelu te na strop u prostorima visine do 4,5 metra i na visinu od 4 metra na posebne ovješene nosače u proizvodnom prostoru. U svim prostorijama dio rasvjete je spojen na mrežni napon, a dio rasvjete, koji se naziva pomoćna rasvjeta, spojen je na agregatski napon te je tako osigurana rasvjeta i kada dođe do nestanka napona u mreži. U građevini je još postavljen i sustav nužne rasvjete koji se sastoji od pomoćne rasvjete i sigurnosne rasvjete. Pomoćna rasvjeta je dio nužne rasvjete koja kada dođe do nestanka napona u mreži se automatski prespaja na diesel agregat, kako bi se nastavila aktivnost u prostoru. Sigurnosna rasvjeta se izvodi kao antipanična rasvjeta koja služi za sprječavanje panike te omogućuje osobama odlazak do evakuacijskih puteva. Rasvjeta evakuacijskih puteva osigurava izlaz iz tvornice te lakše prepoznavanje sigurnosnih oznaka. Sastoji se od rasvjete evakuacijskih puteva i sigurnosnih oznaka. Za sigurnosnu rasvjetu ugrađen je centralni sustav instalacije sigurnosne rasvjete, koriste se svjetiljke posebne sigurnosne namjene i određene svjetiljke iz opće rasvjete koje su sa vatrootpornim vodovima spojene s centralnim uređajem. Centralni uređaj posjeduje rezervni izvor napajanja u obliku akumulatorske baterije, a priključen je i na mrežni napon te se u slučaju nestanka mrežnog napona automatski priključuje na agregatski napon [6].

5.3. Elektronička komunikacijska mreža

Građevina je priključena na podzemnu javnu elektroničku infrastrukturu izvedenu u obliku pristupne kabelaške kanalizacije. Zbog potreba izvedbe elektroničkog komunikacijskog priključka uz rub objekta ugrađen je elektronički komunikacijski zdenac. Od elektroničkog komunikacijskog zdenca pa sve do zidnog priključnog elektroničkog ormara položene su dvije instalacijske cijevi te priključni elektronički komunikacijski vod. Ugrađen je još servisni elektronički komunikacijski zdenac na kojeg su spojene zidne instalacijske cijevi koje dolaze iz zidnog elektroničkog komunikacijskog ormara i podzemne instalacijske cijevi koje dolaze iz priključnog elektroničkog komunikacijskog zdenca. Glavna svrha servisnog zdenca je lakše uvođenje i manipulacija instalacijskim elektroničkim komunikacijskim vodovima. Između priključnog i servisnog elektroničkog komunikacijskog zdenca ugrađena su još dva elektronička komunikacijska zdenca zbog vođenja elektroničkih komunikacijskih vodova od objekta do porte. Unutar građevine u zasebnoj server prostoriji zbog potreba razvođenja i prespajanja komunikacijske instalacije, ugrađen je glavni samostojeći komunikacijsko - distribucijski ormar. Priključni komunikacijski ormar i glavni distribucijski ormar su međusobno povezani podžbuknim i nadžbuknim polaganjem informacijskih vodova kroz instalacijske cijevi. Priključni

komunikacijski ormar opremljen je sa četiri rastavne reglete, od kojeg se dvije koriste za spajanje dolaznog opskrbnog elektroničkog komunikacijskog voda zgrade, a druge dvije reglete za priključak spojnog elektroničkog komunikacijskog voda, prema komunikacijskom ormaru. Rastavne reglete treba ugraditi u kompletu s odgovarajućim nosačima, magazinima i elektroničkim komunikacijskim odvodnicima prenapona. U objektu je izvedena zajednička instalacija telefona i informatike. To se postiglo izvedbom sustava strukturnog kalibriranja. Od glavnog komunikacijsko distribucijskog ormara, do svakog završnog priključnog mjesta položen je vlastiti i neprekinuti komunikacijski kabel. Komunikacijske linije između komunikacijskog ormara i završne elektroničke komunikacijske linije ne prelaze 90 metara pa je zato postavljeno više lokalnih komunikacijskih ormara koje možemo vidjeti u tablici 5.1. te su međusobno povezani direktnim, neprekinutim informacijskim vodovima [6].

Tablica 5.1. Komunikacijski ormari unutar objekta [6].

Oznaka ormara	Lokacija	Broj priključaka
KDO1	1 kat – server prostorija	154
KDO2	1 kat – spremište	258
KDO3	prizemlje – proizvodnja	40
KDO4	prizemlje – radionice	44
KDO5	prizemlje – skladište	12
KDO6	prizemlje – proizvodnja	16
KDO7	vanjska porta	6

Unutrašnja elektronička komunikacijska instalacija izvedena je bakrenim i optičkim multimodnim informacijskim kabelima, a polaganje je kombinirano kao nadgradno i ugradno polaganje. Nadgradno polaganje vodova je polaganje po već ranije ugrađenim metalnim kabelskim regalima i plastičnim kanalima, dok je ugradno polaganje uvlačenje vodova i kabela kroz instalacijske cijevi koje su već ranije postavljene u zidove i podove. Prilikom izrade instalacije, kod usporednog vođenja s instalacijama jake struje zbog osjetljivosti vodiča na elektromagnetsku kompatibilnost osiguran je minimalni razmak između vodova, a sva križanja su izvedena pod pravim kutom. U komunikacijske ormare ugrađuje se pasivna i aktivna oprema. Aktivna oprema koristi vlastitu električnu opskrbu, po dva strujna kruga s lokalne distribucijske električne razdjelnice. Priključni elektronički komunikacijski ormar i komunikacijsko distribucijski ormar objekta su instalacijskim vodom spojeni

na sustav uzemljenja i izjednačenja potencijala preko najbliže sabirnice. Radi sprječavanja unosa prenapona u objekt kroz opskrbne elektroničke komunikacijske vodove i sprječavanja oštećenja priključenih elektroničkih uređaja, u priključni elektronički komunikacijski ormar ugrađeni su odvodnici prenapona [6].

6. ZAŠTITA I ZAŠTITNE MJERE

Pri korištenju električnih instalacija može doći do opasnih djelovanja električne struje na ljude i imovinu u obliku opasnosti od električnog udara i opasnosti od toplinskog djelovanja električne struje. Zbog izbjegavanja ovih opasnosti prvenstveno je ugrađena kvalitetna izvedba električne instalacije, uz izbor najkvalitetnije opreme, prema propisanim standardima. U građevini zaštitni vodič je zeleno-žute boje, a nulti vodič svijetlo plave boje te je njihov međusobni spoj u glavnim razdjelnicima. Za otklanjanje opasnih utjecaja električne instalacije provedene su mjere zaštite [7].

6.1. Zaštita od električnog udara

Zaštita od električnog udara se dijeli na osnovnu zaštitu i zaštitu u slučaju kvara. Osnovna zaštita postignuta je izolacijom aktivnih dijelova pomoću pokrova i omotača, oprema poput sklopki, zaštitnih prekidača, stezaljki i osigurača je stavljena u kućišta kako nebi došlo do dodira s neizoliranim dijelovima. Zaštita u slučaju kvara postignuta je automatskim prekidom (isklopom) opskrbe i zaštitom putem izjednačenja potencijala. Automatski isklop ostvaruje se pomoću uređaja nadstruje, zaštitnog prekidača i rastalnog osigurača. Prilikom kvara za strujni krug do 32 A dolazi do isklopa u vremenu od 0,4 sekunde, a u vremenu od 5 sekundi za strujni krug s više od 32 A. Kod utičnica za vanjski i unutarnji prostor pa tako i kod prostorija gdje se nalaze kada ili tuš koristi se dodatna zaštita, strujna zaštitna sklopka prorađene vrijednosti 30 mA. Pored toga još se koristi i dodatna zaštita u obliku izjednačenja potencijala tako što su svi vodljivi dijelovi povezani na dopunsku kutiju za izjednačenje potencijala. Kutija dopunskog izjednačenja potencijala spojena je vodom na zaštitnu sabirnicu pripadajućeg razdjelnika. Zaštitno uzemljenje je postignuto tako da su pomoću zaštitnog vodiča na zaštitno uzemljenje povezani svi dostupni vodljivi dijelovi električne opreme. Izjednačenje potencijala je postignuto tako što su metalne mase strojeva, metalne cijevi plina i vode u zgradi, vodljivi dijelovi konstrukcije zgrade i centralno grijanje povezani na glavnu sabirnicu koja je spojena na uzemljenje zgrade [6].

6.2. Zaštita od toplinskih učinaka

Prilikom rada dolazi do nastanka toplinskih učinaka kod električne opreme te električnih instalacija, što može dovesti do posljedica poput zapaljenja, izgaranja te opasnosti od opekotina i smanjenja sigurnog rada opreme. Mjere zaštite od toplinskih učinaka su provedene tako da je odabirom opreme spriječen nastanak površinske temperature koja bi mogla prouzročiti zapaljenje susjednih materijala.

Sklopke i prekidači koji pri radu daju lukove i iskre, zatvoreni su u materijal otporan na luk. Zaštita od opeklina provodi se tako da je odabrana oprema kod koje je osigurano da dijelovi opreme u dohvatu ruke ne prelaze temperature koje možemo vidjeti u tablici 6.1. [6].

Tablica 6.1. Zaštitne mjere od opekotina pri radu [6].

Dostupni dijelovi	Materijal dostupnih površina	Najviša temperatura (C°)
Sredstva koja se pri radu drže u ruci	metalni	55
	nemetalni	65
Dijelovi namijenjeni dodirivanju, ali se ne drže u ruci	metalni	70
	nemetalni	80
Dijelovi koje nije potrebno dodirivati u normalnom radu	metalni	80
	nemetalni	90

6.3. Nadstrujna zaštita

Provedena je za sve strujne krugove u obliku zaštite od struje preopterećenja i od struje kratkog spoja. Pomoću rastalnih osigurača pa tako i zaštitnih prekidača postignuta je zaštita od preopterećenja. Kod naprave koja služi za zaštitu od preopterećenja, nazivna struja je odabrana na načina da nazivna struja uvijek bude veća od projektirane struje za taj strujni krug, a da uvijek bude manja od podnosive struje voda. Zaštita od kratkog spoja postignuta je putem rastalnih osigurača pa tako i zaštitnih prekidača. Za zaštitu od kratkog spoja koristi se zaštitna naprava koja osigurava isklon struje dođe do prekoračenja dozvoljene temperature [6].

6.4. Zaštita od buke

Ugrađena električna instalacija i električna oprema ne mogu proizvoditi buku [6].

6.5. Zaštita od elektromagnetskih smetnji i elektromagnetska kompatibilnost

Provodi se u skladu sa zadanim normama, a električna oprema zadovoljava zahtjeve elektromagnetske kompatibilnosti. Kod elektroničkih komunikacijskih i energetske vodova prilikom paralelnog vođenja osiguran je dovoljan razmak kako ne bi došlo do međusobnog učinka njihovih elektromagnetskih polja, minimalan razmak možemo vidjeti u tablici 6.2. [6].

Tablica 6.2. Razmaci između vodova jake i slabe struje [6].

Instalacija	Razmak		
	bez metalne pregrade	pregrada od aluminijske	pregrada od čelika
neoklopljeni energ. vodovi - neoklopljeni komunikac. vodovi	200 mm	100 mm	50 mm
neoklopljeni energ. vodovi - oklopljeni komunikac. vodovi	50 mm	20 mm	5 mm
oklopljeni energ. vodovi - neoklopljeni komunikac. vodovi	30 mm	10 mm	2 mm
oklopljeni energ. vodovi - oklopljeni komunikac. vodovi	0 mm	0 mm	0 mm

Metalne cijevi vodova za opskrbu vodom, plinom i grijanjem su spojene direktno na sabirnicu kako bi se postiglo izjednačenja potencijala [6].

6.6. Zaštita od prenapona

Provedena je u obliku zaštite od sklopnih i atmosferskih prenapona. Atmosferski prenaponi su prenaponi uzrokovani udarom munje ili su inducirani zbog bliskih udara munje. Sklopni prenaponi su prenaponi uzrokovani uklopom ili isklopom trošila te zbog isklapanja automatskih prekidača, osigurača ili drugih zaštitnih uređaja zbog struje kvara. Električna instalacija je podijeljena u prenaponske kategorije prema podnosivom udarnom naponu kao što možemo vidjeti u tablici 6.3. [6].

Tablica 6.3. Podjela električnih instalacija u prenaponske kategorije prema podnosivom naponu [6].

Kategorija	Podnosivi udarni napon	Mjesto ugradnje opreme
IV	6 kV	oprema na početku instalacije ispred GR
III	4 kV	oprema GR i razdiobnih strujnih krugova
II	2,5 kV	potrošački strujni krugovi i aparati i trošila
I	1,5 kV	posebno štice oprema

Električna instalacija je opskrbljena energijom putem podzemnih kabela, bez nadzemnih vodova te zato nije izvedena zaštita od atmosferskih prenapona, pa je dovoljan samo napon iz tablice 6.3.. Radi poboljšanja zaštite od prenapona ugrađeni su odvodnici prenapona u svim razdjelnicima [6].

6.7. Instalacija za zaštitu od udara munje

Izvedena je Fe/Zn trake po sistemu Faradayevog kaveza. Faradayev kavez je metalna mreža koja služi za zaštitu ljudi i predmeta od djelovanja električnih polja [8]. Građevina ima betonsku konstrukciju koja obloženu čeličnom konstrukcijom s limenim panelima. Krov je ravan, ali s vanjske strane ima izolacijsku oblogu. Vanjska fasadna obloga sa svojom čeličnom konstrukcijom koristi se umjesto posebne odvodne mreže te je tako bilo potrebno samo postavljanje prihvatne mreže i posebnog temeljnog uzemljivača. Na krovu je postavljena prihvatna mreža dok je temeljni uzemljivač izveden kao željezna pocinčana traka te je položen u temelj prilikom betoniranja. Sa uzemljivača su napravljeni izvodi za odvodnu mrežu te za sabirnicu glavnog izjednačenja potencijala. Izvodi sa uzemljivača su spojeni na noseću metalnu konstrukciju. Sa uzemljivača su osigurani izvodi za spajanje metalnih masa tehnološke opreme. Uz zaštitni sustava od udara munje još je napravljen i sustav za odvod udarnih valova koji je izveden postavljanjem odvodnika prenapona u razdjelnike električne instalacije [6].

6.8. Zaštita od požara

Za zaštitu od požara u građevini su izvedeni sustav automatske dojave požara, sprinkler instalacija i hidrantska mreža. Područje nadzora sustava automatske dojave su sve poslovne i radne prostorije, a automatski javljači nalaze se i u prostorijama spuštenog stropa. Sustav radi na način automatske dojave požara, vatra stvara dim i toplinu te stvara zračenje u ultraljubičastom spektru pa se te fizikalne osobine koriste za detekciju požara. Automatski javljači, prilikom detekcije prisutnosti jedne ili više fizikalnih osobina, šalju električni signal vatrodojavnoj centrali koja nakon obrade signala aktivira uređaje za svjetlosnu i zvučnu signalizaciju požara te djeluje na protupožarne sustave i opremu sa svrhom spriječavanja daljnjeg širenja požara i dima. Tehničke karakteristike vatrodojavne centrale možemo vidjeti u tablici 6.4.. Vatrodojavna centrala smještena je u zasebnoj prostoriji koja je predviđena kao zasebni požarni sektor te je putem zasebnog opskrbnog voda priključena na električnu instalaciju objekta. Kao rezervni električni izvor ugrađena je suha akumulatorska baterija koja se automatski nadopunjuje tokom rada. Vatrodojavna centrala promatra bateriju te ako dođe do pada

razine kapaciteta baterije, odspajanja baterije ili pregaranja nekog od osigurača dolazi do signalizacije problema zvučnim i svjetlosnim signalom. Vatrodojavna centrala upravlja i kontrolira sve uređaje zasebno pa se posebno signalizira normalno stanje, stanje kvara ili alarm sustava. Zbog potrebne što brže reakcije osoblja na alarmni signal nastanka požara i zbog brzog uvida u situaciju, u portirnici je smještena izdvojena signalna upravljačka ploča na čijem se operacijskom panelu također vide svi statusi vatrodojavnog sustava. Uglavnom su postavljeni optički javljači požara koji reagiraju već u početnoj fazi nastanka požara na prisustvo dima. U prostorijama gdje je prisustvo dima i prašine očekivano, koriste se termički javljači. Termički javljači šalju signal nešto sporije od optičkih, odnosno, kad se razvije toplina, ali ih se koriste prvenstveno kako bi se smanjio broj lažnih alarma [9].

Tablica 6.4. Tehničke karakteristike vatrodojavne centrale IQ8ControlC [9].

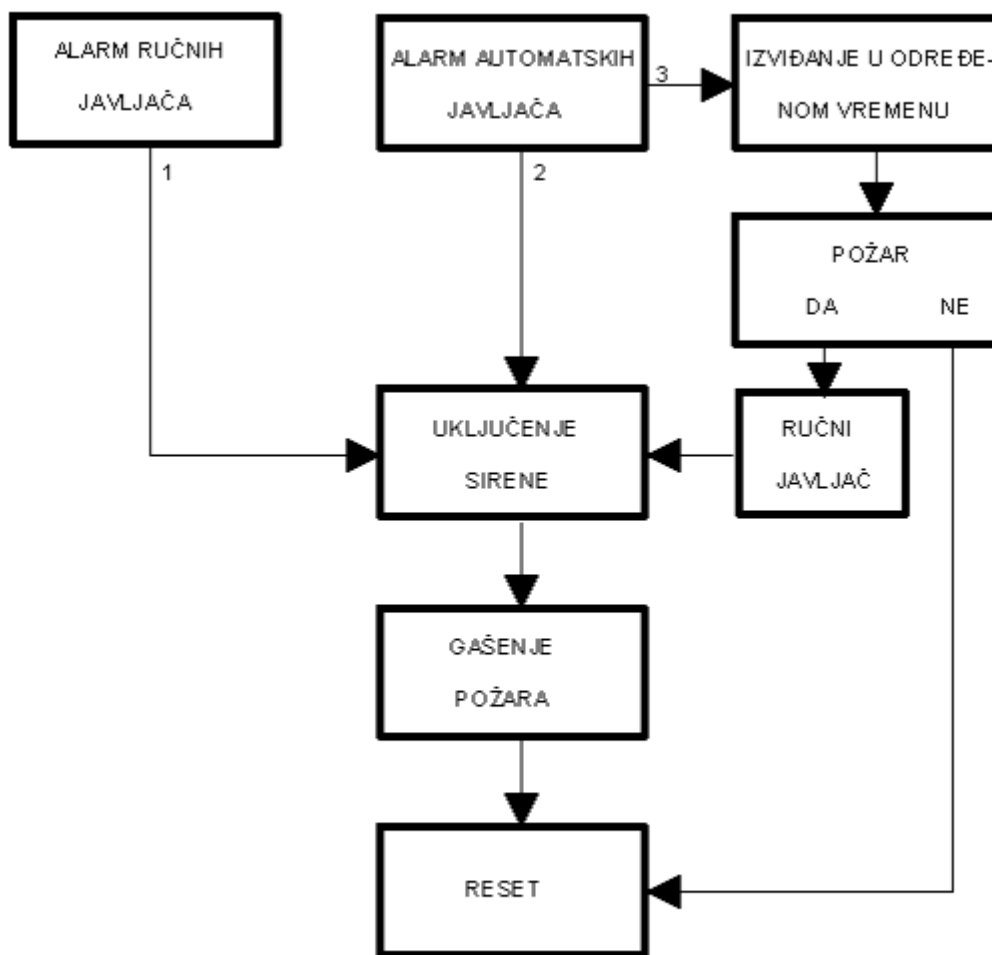
Napajanje	230 V, 50 Hz
Radni napon	12 V _{DC}
Radna struja	350 mA
Maksimalna struja za napajanje spoljašnjih potrošača	2 A
Kapacitet	Maksimalno 7 analognih petlji sa do 127 detektora
Rezervno napajanje	2 x 127 DC / 24 Ah
Radna temperatura	-5°C do 45 °C
Klasa zaštite	DIN EN 60950

U skladištu zbog visine stropa onemogućena je primjena javljača požara te se tamo koriste aspiracijski sustavi. To su mali ventilacijski sustavi koji kroz svoj sustav cjevovoda usisavaju zrak iz prostorije te ga odvede do automatskog javljača požara. U slučaju požara, alarm može aktivirati svatko tko primjeti požar pomoću ručnih javljača. Broj javljača požara određen je prema veličine površine štice prostorijske, visini prostorijske i stupnju rizika prema tablici 6.5. [9].

Tablica 6.5. Površinska pokrivanja automatskih javljača požara u ovisnosti od visini prostorije [9].

Visina stropa (m)	Površina pokrivanja Mali rizik (m ²)	Površina pokrivanja Normalni rizik (m ²)	Površina pokrivanja Visok rizik (m ²)
2,5	60 – 80	40 – 60	10 – 40
2,5 – 3,5	70 – 95	45 – 70	10 – 45
3,5 – 5	85 – 105	65 – 90	30 – 65
5 – 7,5	110 – 120	90 – 110	70 - 98
7,5 – 10	120 - 130	110 - 130	/

Instalacija vatrodjave izvedena je vatrodjavni vodovima koji su crvene boje te su samogasivi i napravljeni od halogenih elemenata. Instalacija vatrodjave položena je odvojeno od ostalih instalacija te je ugrađena u strop građevine. Svi elementi vatrodjavne instalacije su fizički povezani u vatrodjavne petlje i jednoznačno označeni. Na svaki element vatrodjavnog sustava postavljena je naljepnica s njegovom oznakom, odnosno, njegovim rednim brojem. Knjiga za održavanje sustava automatske dojave požara u kojoj se evidentiraju svi događaji koje centrala signalizira mora uvijek biti u neposrednoj blizini vatrodjavne centrale na sigurnom mjestu i dostupna osoblju. Uz knjigu održavanja nalaze se i upute za rukovanje vatrodjavnom centralom, odnosno, cijelim sustavom. S obzirom da je vatrodjavna centrala pod konstantnim nadzorom, sustav ima kratku vremensku odgodu do starta alarma u slučaju aktivacije automatskog javljača požara kako bi se osoblju omogućilo vrijeme za provjeru prostora. Aktivacija ručnih javljača se smatra sigurnim alarmom te u tom slučaju nema odgode starta alarmnih uređaja. Na slici 6.1 prikazan je alarmni plan dan-noć. U organizaciji noć požarni alarm ručnih i automatskih javljača automatski aktivira alarmnu sirenu te se odmah poduzimaju sve potrebne mjere za suzbijanje požara. U organizaciji dan, požarni alarm ručnih javljača aktivira alarmnu sirenu, dok će se požarni alarm automatskih javljača aktivirati tek nakon predviđenog vremena za izviđanje nakon čega će se aktivirati alarmna sirena te poduzeti sve mjere za gašenje požara. Po završetku gašenja požara resetira se, odnosno, centrala se dovodi u ponovno stanje nadziranja [9].



1. ALARM RUČNIH JAVLJAČA
2. ALARM AUTOMATSKIH JAVLJAČA – ORGANIZACIJA «NOĆ»
3. ALARM AUTOMATSKIH JAVLJAČA – ORGANIZACIJA «DAN»

Slika 6.1. Alarmni plan dan – noć [9].

Sprinkler instalacija je jedna od najpovoljnijih opcija zbog ekonomičnosti same instalacije i učinkovitog gašenja požara. Osim toga omogućava istovremenu dojavu požara i gašenje požara, a pri tome se samo aktiviraju mlaznice zahvaćene požarom. Požar se suzbija putem gašenja i hlađenja, a mogućnost ponovnog požara se svodi na minimum. Kada dođe do aktivacije sprinkler mlaznice nastaje pada tlaka u cjevovodu i otvara se alarm sprinkler ventila. Otvaranjem ventila omogućen je protok vode od mjesta izvora vode do mjesta gdje je nastao požar[4]. Glavni izvor vode je sustav za opskrbu vodom koji se sastoji od dvije neovisne centrifugalne sprinkler pumpe s pogonskim elektromotorima. Pumpe, oprema te pripadajući elektro ormari nalaze se u pumpnoj stanici koja je

smještena uz akumulacijski spremnik vode. Kao pomoćni oblik izvora koriste se priključci za vatrogasno vozilo u slučaju kvara, odnosno ispada neispravnog izvora. Otvaranjem ventila omogućuje se protok vode kroz cjevovod alarmnog zvona na kojem se nalazi sklopka pomoću koje se preko razvodno signalnog ormara daljinski signalizira požar, protokom vode kroz turbinu sprinkler zvona dobiva se zvučni signal prorade sprinkler ventila. Prilikom pada tlaka u cjevovodu sprinkler instalacija uključuje pumpu koja služi za održavanje radnog tlaka vode. Većim padom tlaka u cjevovodu, uzrokovanog aktivacijom sprinkler instalacije, dvije tlačne sklopke na glavnom cjevovodu preko upravljačkog ormara uključuju pumpu koja se pogoni elektromotorom te zatim pumpa gasi požar vodom iz akumulacijskog spremnika. Sprinkler pumpa se nakon gašenja požara isključuje ručno. Jedna pumpa se napaja iz elektroenergetske mreže, a druga preko diesel agregata [14].

7. ELEKTROMOTORI U POGONU

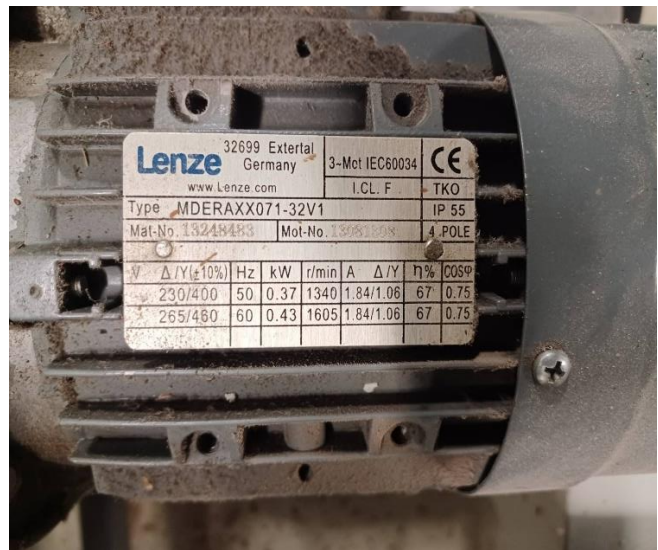
Elektromotori su strojevi koji rade na način pretvaranja električne energije u mehaničku. Imaju jednu od glavnih uloga u pokretanju velikog dijela proizvodnog procesa te bi bez njih proces proizvodnje čokolade bio puno sporiji i neproduktivniji. Koriste se u gotovo svakom dijelu pogona od pokretanja proizvodnih traka sve do pogonjenja vozila za transport. U pogonu se koristi približno 300 motora različitih vrsta i različitih načina upravljanja. Tvornice sve više prelaze s ručnog načina na automatski način upravljanja elektromotorima zbog efikasnijeg načina rada te boljeg nadzora i organizacije pogona.

7.1. Vrste elektromotora

U ovom pogonu se pretežito koriste jednofazni i trofazni asinkroni motori te se još koriste istosmjerni i koračni motori.

7.1.1. Jednofazni i trofazni asinkroni motor

Asinkroni motor je izmjenični motor s napajanjem iz mreže, te se koristi u industrijskim postrojenjima pa tako i u pogonu tvornice čokolade Kandit. Kod asinkronog motora prolaskom struje kroz namote na stator dolazi do nastanka okretnog magnetskog polja. Nastalo polje uzrokuje vrtnju rotora. Za ispravan rad asinkronog motora potrebno je da brzina vrtnje rotora bude manja od sinkrone brzine [11]. Na slici 7.1. možemo vidjeti trofazni asinkroni motor Lenze i njegovu natpisnu pločicu, a koji služi za pokretanje trake metal detektora.



Slika 7.1. Lenze motor za pokretanje trake metal detektora.

7.1.2. Koračni motor

Istosmjerni električni stroj energiju iz mreže pretvara u mehaničku energiju. Motor bez četkica koji punu rotaciju rotora dijeli na više jednakih dijelova koji se nazivaju koraci. Ovaj motor pruža mogućnost pomaka i zadržavanja na jednom od koraka bez dodatnih povratnih informacija senzora položaja, sve dok je motor pravilno dimenzioniran u pogledu momenta i brzine vrtnje [12].

7.1.3. Istosmjerni motor

To je električni stroj koji koristi istosmjernu struju te stvara rotaciju rotora. Ovaj stroj je napravljen tako da ako se pokrene vanjskom silom može raditi kao istosmjerni generator. Putem kolektora i četkica dolazi do električnog kontakta sa anmotima na rotoru i pretvara se izmjenična struja u istosmjernu. Motor je izveden s neovisnom, serijskom uzбудom ili s trajnim magnetima. Zbog mogućnosti stalne promjene brzine ovakvi motori se koriste u industriji [11].

7.2. Načini upravljanja elektromotorima

U pogonu tvornice čokolade, kao i u svakom drugom pogonu, potrebno je upravljanje elektromotorima. Koriste se uređaji mekog starta, sklopni aparati i frekventni upravljači.

7.2.1. Sklopni aparati

Sklopni aparati služe za sklopno upravljanje, uključivanje i isključivanje elektromotora. Glavna svrha sklopnih aparata je zaštita elektromotora od preopterećenja i kratkog spoja. Omogućavaju uključivanje i isključivanje, regulaciju i zaštitu u proizvodnji. Koriste se sklopke, rastavljači, prekidači, osigurači i releji [13].

7.2.2. Uređaji mekog starta

Uređaj mekog starta je uređaj koji se koristi s istosmjernim motorima i omogućava meko pokretanje i zaustavljanje motora. Glavna svrha ovih uređaja je privremeno smanjenje opterećenja i momenta prilikom pokretanja motora, time dobivamo manja naprezanja na motoru, smanjujemo opterećenje na električnu mrežu i produljujemo vijek trajanja motora. Može se sastojati od mehaničkih ili električnih uređaja. Mehanički uređaji mekog starta koriste magnetske sile za prijenos momenta, dok električni uređaji mekog starta mogu biti bilo koji kontrolni sustav koji smanjuje okretni moment privremenim smanjenjem ulaznog napona ili struje [14].

7.2.3. Frekventni upravljači

Frekvencijski upravljači su uređaji koji služe za konstantnu promjenu brzine vrtnje elektromotora. Svojim funkcijama čine osnovu reguliranog elektromotornog pogona. Oni nam omogućuju mjerenje, zaštitu, upravljanje, regulaciju i nadzor elektromotora. Princip rada ovih uređaja se zasniva na tome da brzina vrtnje motora bude proporcionalna frekvenciji napona dovedenog na stezaljke motora [15].

8. PRORAČUN UKUPNOG OTPORA UZEMLJENJA

Zadane vrijednosti i formule za ovaj proračun uzete su iz literature [5].

Zadane vrijednosti:

$$U_d = 75 \text{ V (za najnepovoljniji slučaj } t \geq 5\text{s)}$$

$$r = 0,38 \text{ (za kabel tipa XHE 12/24 kV)}$$

$$I_k = 150 \text{ A}$$

Ukupni otpor združenog uzemljenja trafostanice koja radi u mreži s uzemljenom nul točkom mora sa srednjenaponske strane zadovoljiti uvjet i računa se prema formuli (9-1):

$$R_{ZDR} = \frac{U_d}{I_z} = \frac{U_d}{r \cdot I_k} = \frac{75}{0,38 \cdot 150} = 1,316 \Omega \quad (9-1).$$

U_d – dozvoljeni napon dodira

r – redukcijski faktor opskrbnog voda

I_d – struja koja prolazi kroz združeni otpor uzemljenja

I_k – ukupna struja jednopolnog kratkog spoja

R_{ZDR} - ukupni otpor združenog uzemljenja

Uzemljenje transformatorske stanice je izvedeno kao združeno uzemljenje, a sastoji se od temeljnog uzemljivača trafostanice, uzemljivačkog prstena oko objekta trafostanice i temeljnog uzemljivača poslovne građevine te njihove vrijednosti možemo vidjeti u tablici 9.1..

Tablica 9.1. Zadane informacije za uzemljivače

	Temeljni uzemljivač trafostanice	Uzemljivački prsten oko objekta trafostanice	Temeljni uzemljivač poslovne građevine
L	41 m	53 m	600 m
b	0,04 m	0,04 m	0,025 m
h	0,8 m	0,8 m	0,8 m
P_1	60 Ω m	60 Ω m	60 Ω m
P_2	100 Ω m	0 Ω m	100 Ω m

L – ukupna duljina uzemljivačke trake

b – širina uzemljivačke trake

h – dubina polaganja trake

ρ_1 - specifični otpor tla

ρ_2 - specifični otpor betona

ρ – ukupni specifični otpor

R_{TS} – otpor trakastog uzemljivača

Otpor trakastog uzemljivača se računa prema formuli (9-2):

$$R_{TS} = \frac{\rho_1 + \rho_2}{2\pi L} \ln \frac{2L^2}{hb} \quad [\Omega] \quad (9-2).$$

Proračun otpora temeljnog uzemljivača trafostanice:

$$R_{TS1} = \frac{60 + 100}{2\pi \cdot 41} \ln \frac{2 \cdot 41^2}{0,8 \cdot 0,04} = 7,18 \Omega$$

Proračun otpora prstenastog uzemljivača trafostanice:

Kod proračuna otpora prstenastog uzemljivača nema otpora betona pa je ukupni specifični otpor jednak specifičnom otporu tla.

$$\rho = \rho_1 \quad [\Omega m] \quad (9-3).$$

$$R_{TS2} = \frac{60}{2\pi \cdot 53} \ln \frac{2 \cdot 53^2}{0,8 \cdot 0,04} = 2,18 \Omega$$

Proračun otpora temeljnog uzemljivača poslovne građevine:

$$R_{PG} = R_{TS}.$$

$$R_{PG} = \frac{60 + 100}{2\pi \cdot 600} \ln \frac{2 \cdot 600^2}{0,8 \cdot 0,025} = 0,74 \Omega$$

Otpor združenog uzemljenja se računa po formuli (9-4):

$$\frac{1}{R_{zdr}} = \sum \frac{1}{R_{TS}} + \sum \frac{1}{R_{PG}} \quad [\Omega] \quad (9-4).$$

R_{zdr} - otpor združenog uzemljenja

Združeno uzemljenje se sastoji od temeljnog uzemljivača trafostanice, prstenastog uzemljivača trafostanice i temeljnog uzemljivača poslovne građevine.

$$\frac{1}{R_{zdr}} = \frac{1}{R_{TS1}} + \frac{1}{R_{TS2}} + \frac{1}{R_{PG}} \quad [\Omega]$$

$$\frac{1}{R_{zdr}} = \frac{1}{7,18} + \frac{1}{2,18} + \frac{1}{0,74} \quad \Omega$$

$$\frac{1}{R_{zdr}} = 1,95 \quad \Omega$$

$$R_{zdr} = 0,51 \quad \Omega$$

Otpor izračunatog združenog uzemljenja R_{zdr} manji je od zahtijevanog iznosa združenog uzemljenja R_{ZDR} , pa je time ispunjen traženi uvjet ukupnog združenog otpora trafostanice.

$$R_{zdr} < R_{ZDR}$$

$$0,513 \quad \Omega < 1,316 \quad \Omega$$

9. ZAKLJUČAK

Ovim završnim radom obrađen je pogon proizvodnje čokolade tvornice Kandit. Kroz završni rad prikazan je proces proizvodnje čokolade na jednoj od linija u pogonu sve od ulaska sirovine u obliku kakao maslaca, kakao mase i mliječne mase pa sve do krajnjeg proizvoda - mliječne čokolade. Svaki stroju u proizvodnom procesu ima svoju ulogu. Elektromotori su uključeni u svakom dijelu proizvodnje te imaju veliku ulogu u proizvodnom procesu čokolade. Zaštita i zaštitne mjere su izvedene tako da ispunjavanju norme i standarde i pružaju siguran rad zaposlenicima te sigurnost od nastanka štete. Na kraju ovoga rada može se zaključiti da je tvornici čokolade Kandit cilj što veća kvaliteta proizvoda, što veća profitabilnost proizvodnje uz što manje troškove te opstanak na tržištu uz provedene sve sigurnosne i zaštitne mjere rada.

10. LITERATURA

[1] Web stranica tvrtke Kandit d. o. o. (pristupljeno 15.4.2022):

<https://www.kandit.hr/hr/o-nama/povijest-kandita/>

[2] Web stranica položaja tvrtke Kandit d. o. o. na Google kartama (pristupljeno 15.4.2022):

<https://www.google.com/maps/place/Kandit+d.o.o/@45.5466391,18.7284217,13.25z/data=!4m5!3m4!1s0x475ce906e0f8dcab:0x56c3f8e8b920f287!8m2!3d45.5300045!4d18.7753987> (15.4.2022)

[3] Projektna dokumentacija tvrtke Kandit d. o. o. (pristupljeno 20.5.2022): Glavni projekt-izmjena i dopuna, elektrotehnički projekt, knjiga 7

[4] Projektna dokumentacija tvrtke Kandit d. o. o. (pristupljeno 10.6.2022): Elaborat zaštite od požara, knjiga 12

[5] Projektna dokumentacija tvrtke Kandit d. o. o. (pristupljeno 20.6.2022): Glavni projekt - elektrotehnički projekt transformatorska stanica

[6] Projektna dokumentacija tvrtke Kandit d. o. o. (pristupljeno 23.6.2022): Glavni elektrotehnički projekt, knjiga 7

[7] Projektna dokumentacija tvrtke Kandit d. o. o. (pristupljeno 25.6.2022): Elaborat zaštite na radu

[8] Web stranica Hrvatska enciklopedija (pristupljeno 26.6.2022):

<https://enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=69617>

[9] Projektna dokumentacija tvrtke Kandit d. o. o. (pristupljeno 27.6.2022): Glavni projekt – elektrotehnički projekt sustav automatske dojave požara

[10] Projektna dokumentacija tvrtke Kandit d. o. o. (pristupljeno 27.6.2022): Glavni projekt - sprinkler instalacija, knjiga 14

[11] Web stranica Hrvatska enciklopedija (pristupljeno 8.8.2022):

<https://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=17584>

[12] Web stranica Wikipedia (pristupljeno 9.8.2022): https://en.wikipedia.org/wiki/Stepper_motor

[13] Web stranica Hrvatska enciklopedija (pristupljeno 10.8.2022):
<https://enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=56453>

[14] Web stranica Wikipedia (pristupljeno 10.8.2022):
https://en.wikipedia.org/wiki/Motor_soft_starter

[15] Web stranica tvrtke Automatika i procesi d. o. o. (pristupljeno 10.8.2022):
<https://www.aip.com.hr/cesta-pitanja/4/>

SAŽETAK

U završnom radu obrađen je pogon tvornice čokolade Kandit d. o. o. . U prvom dijelu ukratko je opisana povijest Kandita, zatim je obrađen tehnološki proces proizvodnje mliječne čokolade na liniji Buhler, detaljno je opisana svrha i način rada svih strojeva koji sudjeluju u radu na ovoj liniji sve od ulaska sirovine u pogon do skladištenja i distribucije gotovog proizvoda. Obrađen je elektroenergetski sustav tvornice, od napajanja iz sustava HEP-a do svih drugih izvora napajanja tvornice. U nastavku završnog rada analizirane su rasvjeta i električne instalacije tvornice, a zatim zaštita i zaštitne mjere koje pružaju sigurnost pri radu, zatim je utvrđen broj elektromotora, njihove vrste i načini upravljanja. U zadnjem dijelu završnog rada napravljen je proračun ukupnog otpora uzemljenja tvornice čokolade Kandit.

Ključne riječi: Tehnološki proces, sredjenaponski blok, niskonaponski blok, zaštita, elektromotori.

ABSTRACT

In the final paper, the plant of the chocolate factory Kandit d. o. o. was covered. In the first part of the final paper, the history of the Kandit is described. Next was described, the technological process of milk chocolate production on the Buhler line, the purpose, and mode of operation of all the machines participating in the work on this line, from the entry of raw materials into the plant to the storage and distribution of the finished product. The power system of the factory was processed, from the power supply from the HEP system to all other power sources of the factory. In the continuation of the final paper, the lighting and electrical installations of the factory were analyzed, followed by protection and protective measures that provide safety at work. Then the number of electric motors, their type, and control methods were determined. In the last part of the final paper, the calculation of the total grounding resistance of the Kandit chocolate factory was made.

Key words: Technological process, medium voltage block, low voltage block, protection, electric motors.

ŽIVOTOPIS

FILIP JELOŠEK

Rođen je u Osijeku 28. svibnja 2000. U Osijeku, 2015. završava osnovnu školu „Tin Ujević“ s odličnim uspjehom te iste godine upisuje srednju školu „Strojarska tehnička škola Osijek“ u Osijeku smjer tehničar za energetiku. Srednju školu završava 2019. s odličnim uspjehom i upisuje preddiplomski sveučilišni studij elektrotehnike na „Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija“ u Osijeku.

Trenirao je taekwondo 12 godina te je nositelj zvanja crnog pojasa 1.dan. Ostvario je mnoge uspjehe od kojih su neki: višegodišnji prvak Slavonije i Baranje, osvajač medalja na državnim prvenstvima, kvalifikacijskim turnirima za hrvatsku reprezentaciju i međunarodnim turnirima.

Govori engleski jezik, informatički je pismen te se izvrsno služi programskim paketom Microsoft office i AutoCAD-om.

Nakon završetka preddiplomskog studija namjera mu je upisati diplomski studij na „Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija“ u Osijeku.

U Osijeku, 11.8.2022.

Filip Jelošek

Potpis:

