Pogon za proizvodnju šećera "Tvornica Šećera Osijek d.o.o."

Palić, Renato

Undergraduate thesis / Završni 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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:502401

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek

zir.nsk.hr

Image not found or type unknown

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET

Sveučilišni studij

Pogon za proizvodnju šečera „Tvornica šečera Osijek d.o.o“

Završni rad

Renato Palić

Osijek, 2014.

ETFOS
ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET OSIJEK
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Obrazac Z1P - Obrazac za ocjenu završnog rada na preddiplomskom studiju

Osijek, 17.rujan.2014

Odboru za završne i diplomske ispite

Prijedlog ocjene završnog rada

Ime i prezime studenta:	Renato Palić
Studij, smjer:	Prediplomski studij elektrotehnike,smer energetika
Mat. br. studenta, godina upisa:	3167, 2010 godina
Mentor:	Izv.prof.dr.sc. Tomislav Barić, dipl. ing. el.
Sumentor:	
Naslov završnog rada:	**Pogon za proizvodnju šećera „Tvornica šećera Osijek d.o.o“**
Primarna znanstvena grana rada:	**Elektrotehnika**
Sekundarna znanstvena grana (ili polje) rada:	**Energetika**
Predložena ocjena završnog rada:	**V. DOBAR (4)**
Kratko obrazloženje ocjene prema Kriterijima za ocjenjivanje završnih i diplomskih radova:	Student je u cijelosti obradio temom postavljeni zadatak. Izlaganje je pregledno i jasno. Izlaganje je poduprijeto grafičkim prikazima i shemama. Završni rad ne sadrži: izračune, simulacije niti mjerenja.

Potpis sumentora:	Potpis mentora:

Dostaviti:

1. Studentska služba

Potpis predsjednika Odbora: _____

Dostaviti:

1. Studentska služba

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET OSIJEK

IZJAVA O ORIGINALNOSTI RADA

Osijek, 17.rujan.2014

Ime i prezime studenta:	Renato Palić
Studij :	Preddiplomski studij elektrotehnike, smjer energetika
Mat. br. studenta, godina upisa:	3167, 2014 god.

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom**:**

Pogon za proizvodnju šećera „Tvornica šećera Osijek d.o.o“

izrađen pod vodstvom mentora

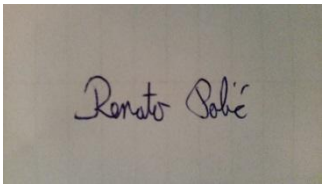
Izv prof.dr.sc. Tomislav Barić, dipl. ing. el.

i sumentora

Ovo jemoj 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

1.1Zadatak završnog rada.....1

2.Proces proizvodnje šećera.....2

2.1. Statistika proizvodnje i povijest tvornice.....2

2.2 Osnove tehnološkog postupka proizvodnje šećera 6

2.3 Prijem repe u tvornicu i uzimanje uzoraka 6

2.4 Mokri i suhi istovar šećerne repe, pista za repu 6

2.5 Izdvajanje primjesa iz repe i pranje repe 7

2.6 Rezanje repe.....7

2.7 Ekstrakcija šećera iz rezanca, sušenje i peletiziranjeekstrahiranih rezanaca.....8

2.8 Čišćenje difuznog soka 9

2.9 Proizvodnja kreča, saturacijskog plina i krečnog mlijeka 9

2.10 Koncentriranje i uparavanje rijetkog soka 10

2.11 Kristalizacija saharoze 11

2.12 Sušenje, prosijavanje i skladištenje šećera 12

2.13 Energenti i skladišni prostor za energente 12

2.14 Postrojenje za pripremu vode 13

2.15 Energetika 13

2.16 Dobava i potrošnja vode 14

2.17 Kotlovi u Tvornici Šečera Osijek 15

3. Turbine.....17

3.1. Protutlačna turbina 6 MW.....24

3.2. Protutlačna turbina 2,5 MW.....32

3.3. Protutlačna turbina 10 MW.....32

3.4. Proces pretvorbe energije.....33

3.5.Analiza rada turbina 6 MW i 10 MW u Tvornici šećera Osijek.....36

4.Generatori.....32

4.1. Generator 10 MW.....32

4.2. Generator 12,5 MVA.....33

4.3. Generator 2,5 MW.....36

4.4. Generator 6 MW.....37

5.Transformatori.....39

5.1. Transformatori 5/6,3 kV.....39

5.2 Transformatori 6,3/0,4 kV.....42

6.Naponski razvod u Tvornici šećera Osijek.....50

7.Remont.....59

8.Zaključak.....60

Literatura.....61

Sažetak.....62

Abstract.....62

Životopis.....63

1. UVOD

Gradnja Tvornice šećera Osijek je počela u rujnu 1905. godine, a prva kampanja je odrađena 1906. godine. Početni kapacitet tvornice iznosio je samo 700 tona dnevno. Od tada je tvornica proživjela dva rata. Isto tako modernizirana je u više navrata. Generalna rekonstrukcija tvornice izvršena je 1953. godine. Danas je Tvornica šećera Osijek šećerana s najvećim nominalnim kapacitetom prerade šećerne repe u Republici Hrvatskoj. On iznosi 7500 tona dnevno. Tvornica šećera Osijek smještena je u istočnom dijelu grada Osijeka na adresi Frankopanska 99.
Riječ šećer dolazi od arapske i perzijske riječi shakar. Šećer se prvi puta spominje oko 510. godine prije Krista kada je Perzijski car Darije poslije jednog pohoda na Indiju rekao: „U Indiji postoji trska, od koje se dobiva med bez pčela“.
Šećer se danas proizvodi u oko 100 zemalja širom svijeta. 76 % proizvedenog šećera se odnosi na šećer dobiven iz šećerne trske, a ostatak šećera se odnosi na šećernu repu.

Ukupna proizvodnja šećera u svijetu danas iznosi oko 160 000 000 tona godišnje uz stalan godišnji rast od oko 2 %.Šećerna trska je sirovina iz koje se dobiva oko 75 % ukupnih količina šećera. Oko 110. godine prije Krista je prenesena u kinu gdje se uzgajala kao egzotična biljka. U šestom stoljeću se pojavljuje u Perziji, u dvanaestom u Španjolskoj, a u petnaestom na Madeiri, Kubi... Trska se može razviti iz sjemena, ali i iz odsječenog komada stabljike. Za rast trske je bitna svjetlost, toplina i vlaga. U područjima gdje se temperature spuštaju ispod ništice uzgoj nije moguć. Optimalna temperatura je oko 26 do 30 °C. Pri tome je prirast biomase po hektaru je veći od svih drugih usjeva. Posječena trska pokazuje znakove propadanja već nakon tjedan dana. Ako se zamrzne, može se čuvati dva do tri mjeseca.

1.1 Zadatak završnog rada

U završnom radu potrebno je izložiti osnove teorije toplinskog proračuna stroja, odnosno njegovog hlađenja. U dogovoru s mentorom/sumentorom odabrati jednostavnije primjere proračuna toplinskog otpora i/ili raspodjele temperature stroja. Potrebno je za jednostavne geometrije stroja ili njegovog rashladnog sustava prikazati odgovarajuće sheme zasnovane na elementima mreža, te prikazati analitičke ili numeričke postupke (metoda konačnih elemenata, ili neka druga) određivanja toplinskih otpora i/ili raspodjele temperature. Izlaganje je potrebno poduprijeti izračunima, grafičkim prikazima i shemama.

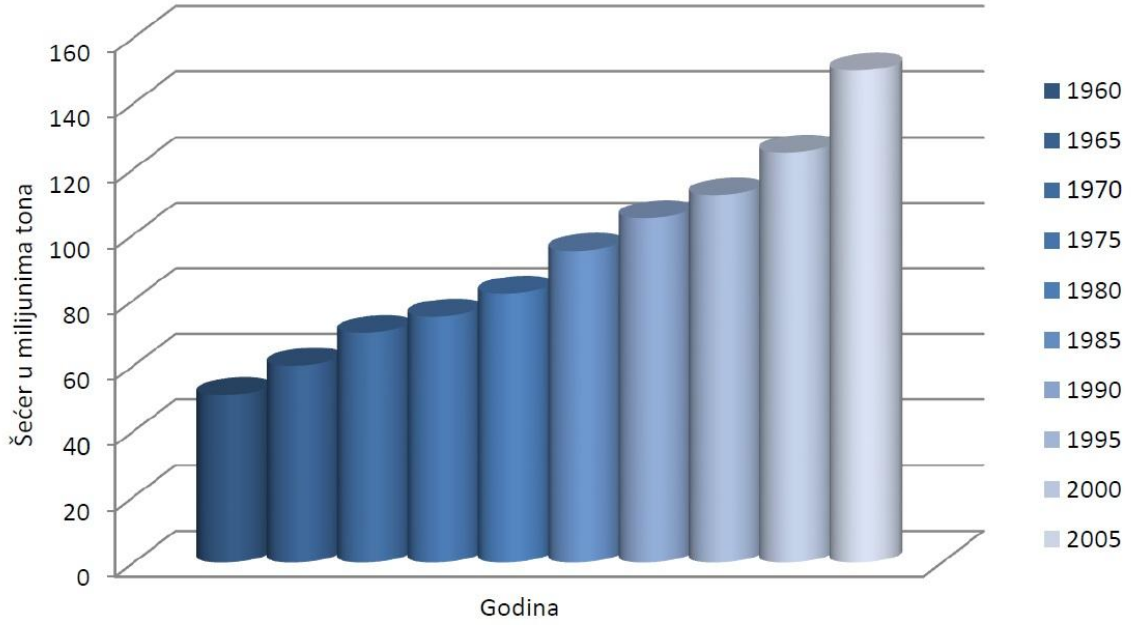
2. PROCES PROIZVODNJE ŠEČERA

2.1. Statistika proizvodnje i povijest tvornice

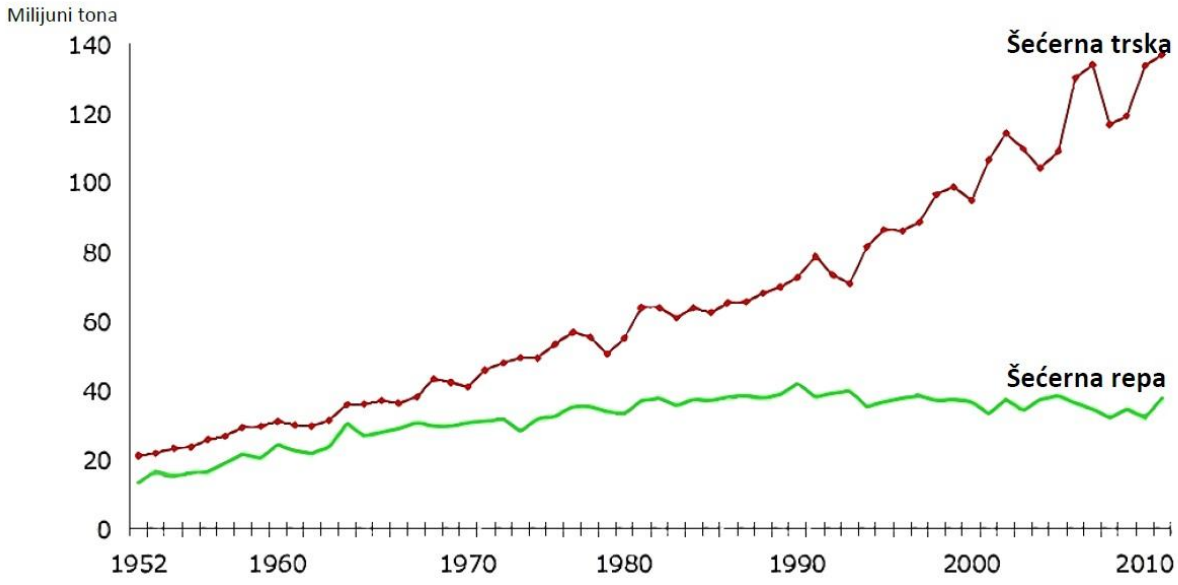
Iz sljedeće tablice i slika (Tablica 2.1.) (Slika 2.1.) (Slika 2.2.) [3] vidimo koliko se tokom godina povečavala proizvodnja šečera u „tvornici šečera Osijek“ kako bi se zadovoljila rastuća potražnja.

Tablica 2.1. Proizvodnja šečera iz repe i trske kroz godinu

Godina	Proizvedeno iz trske (mil. tona)	Proizvedeno iz repe (mil. tona)
1900	10,1	53,0
1920	14,8	29,8
1940	27,8	37,7
1960	55,0	39,7
1980	91,0	33,1
1990	118,2	32,9
1995	125,2	26,9
1998	131,7	25,7
2005	142,8	27,5
2006	144,2	30,3



Slika 2.1. Proizvodnja šećera iz repe u periodu od 1960. do 2005. godine

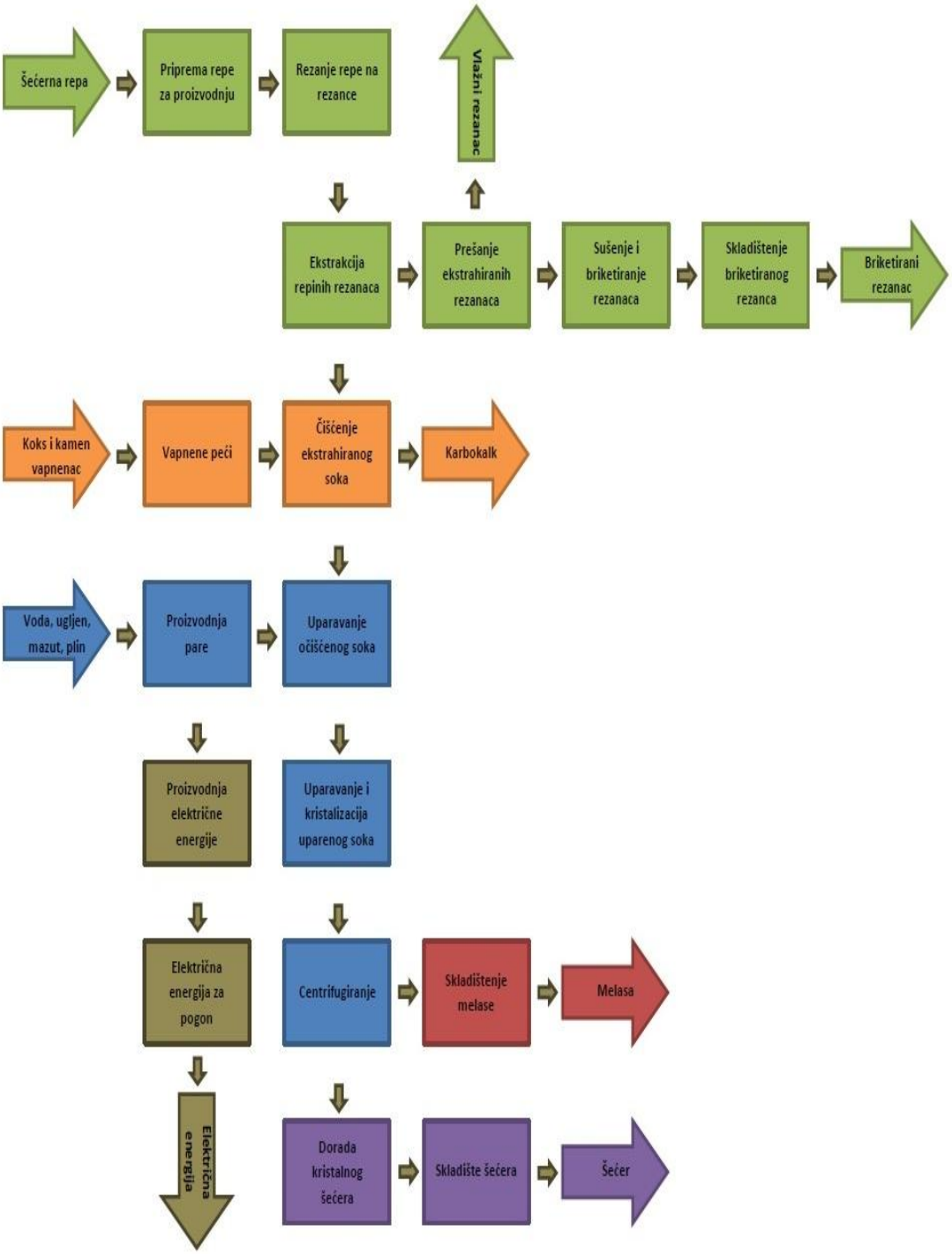


Slika 2.2. Povećanje i odnos proizvodnje šećerne repe i šećerne trske od 1952. i danas



Slika 2.3. Smještaj Tvornice šećera Osijek (istočni dio grada Osijeka),

Građevine i prostor koje koristi Tvornica šecera (Slika 2.3) [3] .nalazi se u Osijeku u Frankopanskoj ulici broj 99.



Slika 2.4. Potpuni graf svih procesa u prostrojenju

2.2 Osnove tehnološkog postupka proizvodnje šećera

Tehnološki postupak proizvodnje je kontinuiran, a odvija se po fazama koje su povezane u cjelinu. Šest je glavnih faza u proizvodnji, a one su redom(Slika 2.4.) [3] :

1. Priprema šećerne repe za ekstrakciju

2. Ekstrakcija šećera iz rezanaca repe difuzijom

3. Čišćenje difuznog soka

4. Koncentriranje, uparavanje rijetkog soka

5. Kristalizacija saharoze

6. Dorada kristalnog šećera

2.3 Prijem repe u tvornicu i uzimanje uzoraka

Šećerna repa u tvornicu dolazi kamionima i željeznicom. Prije ulaska u tvornički krug se mora izvršiti vaganje. Kamionska vaga važe 50 tona ± 20 kg. Dnevno se zaprimi oko 250 kamiona. Vagonska vaga važe 100 tona. Preko nje se uglavnom dovozi ugalj, a odvozi melasa i šećer. Nakon prijema repa ide na uzorkovanje i istovar. Uzorkovanje se vrši na postrojenju za uzorkovanje tipa „Venema Automation“.

2.4 Mokri i suhi istovar šećerne repe, pista za repu

U Tvornici šećera postoji suhi i mokri istovar. Mokri istovar je vezan uz vagonski istovar i slabije je u uporabi. Sav istovar se uglavnom radi „suhim“ putem. To znači da kamioni nakon vaganja i uzorkovanja dolaze na pistu gdje rade istovar tereta. Sve ostale manevre s repom po pisti i pogonu vrše bageri. Repa se s piste bagerima prebacuje u kanale i onda dalje kinetama

odlazi u pogon na preradu. Do nedavno je u tvornici postojao suhi istovar za što su korištene rampe i posebni uređaji (strijela), ali je ovaj način rada napušten. Također je napošten i mokri istovar za cestovna vozila.

2.5 Izdvajanje primjesa iz repe i pranje repe

Šećerna repa može sadržavati velike količine primjesa koje se moraju kvalitetno ukloniti. Za to postoje hvatači kamena i trave, a njihove izvedbe su mnogobrojne. U Tvornici šećera Osijek, odvajanje kamena i trave se vrši na dva mjesta na putu repe od piste do rezalica. Načini na koje se vrši odvajanje kamena i trave. Nakon što se odvoje glavne nečistoće u repi, repu je potrebno što bolje oprati kako bi u pogon došla što čišća. Za to se uglavnom koriste koritaste praone repe, a repa se pere i prije dolaska u praonu tako što se transportira pomoću vode. Tehnologija pranja repe je prilično usavršena i na taj način se repa može prilično dobro oprati prije dolaska na rezanje. Problem se javlja s vodama koje nastaju nakon pranja. Prije su se koristile velike količine vode jer krug nije bio zatvoren. Konstantno se uzimala čista voda. Sada je, a u svrhu uštede, u funkciji zatvoreni krug vode u tvornici. Voda s pranja repe zbog toga mora prolaziti kroz taložnike kako bi se nečistoće iz nje izdvojile i kako bi se ona mogla ponovo koristiti. Kako bi uštede bile što veće i kako bi se nečistoće iz vode što bolje izdvojile, u planu je modernizacija postrojenja za odvajanje čestica iz vode. Trenutno se taloženje u tvornici radi pomoću dva bazena u kojima voda „miruje“ neko vrijeme i na taj se način čisti (taloži).

2.6 Rezanje repe

Rezanje repe, iako se čini jednostavno, je vrlo važan proces u proizvodnji šećera. O rezanju ovisi hoće li se šećer dobro izdvojiti iz repe ili će ostati u rezancu. Postoje Bubnjaste, centrifugalne i viseće rezalice. U tvornici šećera Osijek imamo dvije bubnjaste rezalice i četiri stolne rezalice. Uz pravilan rad rezalica i podešenje, ključan čimbenik za dobar rad imaju i noževi. Oni moraju uvijek biti dobro podešeni i naoštreni.

2.7 Ekstrakcija šećera iz rezanca, prešanje, sušenje i peletiziranje ekstrahiranih rezanaca

Procesom difuzije, u protustrujnom toku, rezanaca šećerne repe i vode, ekstrahira se šećer iz repnog tkiva. Uobičajeni naziv za ovu fazu u industriji šećera je difuzija, za uređaje difuzori, i potječe od naziva procesa kojim se ekstrakcija izvodi. U Tvornici šećera Osijek postoje tri difuzna tornja. Radi se o tornjevima tipa Dds. Dva tornja imaju kapacitet 3000 tona na dan, a jedan ima kapacitet 2400 tona na dan. Svježi rezanci se dovode u donji dio korita (bez zagrijavanja), potiskuju se kroz aparat i izbacuju se iz njega na gornjem kraju, kao izluženi rezanci. DdS korita su dugačka 22,5 m, a širina im varira između 4 i 6 m. Vrijeme proticanja iznosi 125—140
min. Samo djelovanje topline na rezance traje otprilike 115 - 130 min. Punjenje rezancem iznosi cca 74 kg/hl, a utrošak snage za aparat kapaciteta 2000 t/d oko 20 do 26 kW.

U pogonu sušare izluženi rezanci koji izlaze iz difuzora, s oko 8 % suhe tvari, prerađuju se do proizvoda pogodnog za duže čuvanje i upotrebu. Prešani rezanci se mogu koristiti kao stočna hrana bez dalje dorade, ili se siliraju bez ili s dodacima drugih hraniva i koriste za ishranu stoke. Osnovna namjena im se sastoji u tome, da povećavaju sadržaj suhe tvari u izluženim rezancima s 8 % na otprilike 23 %. Konstrukcije preša su u zadnje vrijeme znatno usavršene. Danas su skoro isključivo u upotrebi preše s duplim spiralnim vretenom (uglavnom horizontalne i s kapacitetima, koji idu do 1500 t/d prerade repe).

Za sušenje prešanih ekstrahiranih rezanaca i dalje su skoro isključivo u upotrebi tzv. bubnjevi. Kapacitet sušare rezanca u Tvornici šećera Osijek je 12 – 15 t/h suhog rezanca. Postoje četiri rotacijske sušare i to dvije na plin i dvije na mazut. Temperature u sušari se kreću od 800 - 1100 °C za plin i 800 - 1000 °C za mazut. Rezanac se u struji vrućeg zraka transportira kroz bubanj koji rotira zbog što boljeg kontakta između vrućeg zraka i rezanca te učinkovitog isparavanja vode. Temperature u bubnju su slijedeće: na početku 800 - 1000 °C, u sredini oko 300 °C i na izlazu 110 - 120 °C. Izlazna temperatura rezanca je 70 - 80 °C i vlaga se kreće oko 12 %.

Suhi rezanci u rinfuznom stanju imaju zapreminsku težinu od 230 — 300 kg/m3, a u obliku peleta od 650 — 800 kg/m3. Materijal prije prešanja treba mati vlagu od 12 — 14 % i mora biti što topliji. Kapacitet preša u TŠO je 40 t/h briketa.

U Tvornici šećera Osijek imamo skladište za brikete suhih repnih rezanaca kapaciteta 10 000 tona. Skladište je podno, izvedeno je armirano betonskom konstrukcijom. Tlocrt 128 x 25,4m

Visina 15,44 m. Profil skladišta je lučni sa radiusima 10 m i 28,5 m. Melasa se skladišti u tri spremnika za melasu. 1 x 1500 m3 i 2 x 3000 m3.

2.8 Čišćenje difuznog soka

Čišćenje difuzionog soka obuhvaća sve mehaničke operacije i sve kemijske i fizičko kemijske procese koji omogućuju dobivanje soka veće čistoće. Osnovni zahtjevi koje treba osigurati u svakom postupku čišćenja su:
-potpuno uklanjanje svih suspendiranih nečistoća iz soka
-maksimalno otklanjanje otopljenih nesaharoznih materija (nešećera) iz soka
-optimalne uvjete procesa pri kojem se osigurava najmanja razgradnja saharoze
-termostabilnost soka tj. minimalna promjena kemijskog sastava soka u toku uparavanja i kristalizacije
-minimalni sadržaj soli zemnoalkalijskih metala Ca i Mg koji se prilikom koncentriranja soka pri uparavanju mogu taložiti na ogrijevnim površinama

2.9 Proizvodnja kreča, saturacijskog plina i krečnog mlijeka

Najvažniji i najstariji problem u proizvodnji šećera je čišćenje sokova. Sastav repe je promjenjiv pa je problem dati univerzalan recept procesa čišćenja soka. Za čišćenje soka postoji jako puno materijala i metoda, ali se kao najpovoljnija i najjednostavnija pokazala uporaba CaO u obliku Ca(OH)2.

U industriji šećera se za proizvodnju kreča upotrebljavaju isključivo vertikalne jamske peći koje se lože čvrstim, tekućim ili plinovitim gorivom. Peći u Tvornici šećera Osijek su šahtne, cilindrične tipa Eberhardt. Omjeri su vrlo nepovoljni. Omjer za peć 150 m3 je 1 : 4,7 (3,68 m : 17,5 m), a za peć 200 m3 omjer je 1 : 6,1 (3,68 : 22,5). Peći su izgrađene 1970. i 1980. godine. Bez obzira na to dobivamo kreč zadovoljavajuće kvalitete. U pećima tvornice šećera temperature po zonama se kreću od 800 °C u gornjoj zoni, preko 400 °C u donjoj zoni i 100 °C na rostovima. Po smjeni se troši oko 300 tona kamena.

Najvažniji tehnološki parametri pri kalcinaciji su veličina zrna sirovine, temperatura peći i vrijeme kalcinacije. Vrijeme kalcinacije kraće što su zrna sirovine sitnija, a temperatura peći viša. O stupnju pečenja vapna ovise njegova svojstva, među kojima je najvažnija reaktivnost vapna. Vrijeme hidratizacije, potrebno da vapno potpuno hidratizira ovisi o vrsti vapna, odnosno njegovoj reaktivnosti. Meko pečeno kalcitno vapno je vrlo reaktivno i može hidratizirati vremenu od nekoliko minuta. Dolomitna i prepečena vapna su nakon kalcinacije slabo reaktivna. Proizvodnja vapnenog mlijeka u Tvornici šećera Osijek iznosi oko 25 m3/h.

2.10 Koncentriranje i uparavanje rijetkog soka

Otklanjanjem vode iz rijetkog soka, koncentracije 10 do 15 % suhe tvari (Brixa), dobiva se gusti sok koncentracije 60 do 65 % suhe tvari (Brixa). Iz 100 kg šećerne repe dobiva se prosječno oko 130 kg rijetkog soka iz kojeg se uparavanjem dobiva oko 30 kg gustog soka, što znači da se u toku koncentriranja otpari oko 100 kg vode/100 kg šećerne repe. Uparavanje soka se obavlja u višestupanjskim otparnim stanicama, najčešće četvoro ili petočlanim. Para koja nastaje uparavanjem soka u pojedinim tijelima otparne stanice naziva se bridova para ili sekundarna para. Prvo tijelo otparne stanice zagrijava se tehnološkom zasićenom parom, pritiska oko 3 bara, a za zagrijvanje svakog narednog tijela koristi se bridova para iz prethodnog tijela. Da bi se omogućio prijelaz topline svako naredno tijelo ima za oko 0,5 do 0,8 bara manji pritisak (pare narednih tijela imaju niži potencijal).

Uparavanjem rijetkog soka u Tvornici šećera Osijek na otparnoj stanici se dobiva gusti sok. Rijetki sok ulazi u otparnu stanicu sa 12 - 15 °Bx. Otparavanjem vode ugušćuje se na 60 - 65 °Bx. Otparna stanica je klasična peterostupanjska. Po konstrukciji je sačinjena od otparnih tijela po Robertu. Za uparavanje rijetkog soka u zagrijevnu komoru prvog tijela uvodi se returna para. Para s tlakom 2,1 bar i temperaturom 133 °C zagrijava prvi stupanj otparne stanice. Para nastala u prvom tijelu zove se prva supara ili I brid. Ona služi za grijanje u zagrijevnim komorama drugih tijela kojih ima četiri (IIA, IIB, IIC, IID). U njima nastaje II brid, koji služi za grijanje u zagrijačima rijetkog soka, te za uparavanje u tri treća tijela (IIIA, IIIB, IIIC).

Para dobivena u trećim tijelima, III brid, ima najširu primjenu u šećerani. Služi za grijanje u raznim stupnjevima zagrijača, za grijanje tri ekstraktora, za kuhanje u vakuum aparatima A, B i C produkta, te za uparavanje soka u IV tijelu otparne stanice.

2.11 Kristalizacija saharoze

Kristalizacija saharoze, i drugih supstanci, predstavlja fizički fenomen prijenosa mase iz tekuće faze prezasićene otopine na čvrstu fazu postojećih, ili stvorenih, kristalizacijskih centara sa ugrađivanjem u kristalnu rešetku. Zadatak kristalizacije u industriji šećera je u tome da se šećer, koji je otopljen u gustom

soku, izdvoji u obliku iskristalizirane čvrste faze i da iskorištenje čistog šećera bude što veće.

Poslije završenih operacija kuhanja i hlađenja šećerovina, obaveznu treću fazu rada na kristalizacijskoj stanici predstavlja odvajanje čvrste od tekuće faze koje se vrši obradom šećerovina na centrifugama primjenom centrifugalne sile. Odvojeni kristali zadrže dio matičnog sirupa zbog čega se nazivaju sirovim šećerom. Oni se ispiraju na centrifugalnim sitima parom ili vodom i poslije ispuštanja na transportere predstavljaju vlažni konzumni šećer koji se suši, pakira i koristi za ishranu, ili predstavlja afinirani međuproizvod koji se topi i ponovo koristi za kristalizaciju saharoze. Sirup dobiven ispiranjem površine kristala, za razliku od matičnog (zelenog) naziva se bijeli sirup.

U našim tvornicama šećera uobičajeno se primjenjuje shema kuhanja na tri proizvoda (A, B, C). Pri ovakvom postupku kristalizacije, konzumni kristal se izdvaja nakon prve kristalizacije, a matični sirup iz treće kristalizacije je melasa. Kristalni šećer izdvojen poslije druge kristalizacije vraća se u proces i otapa u gustom soku. Na taj način se povećava koncentracija i čistoća gustog soka. Ovako dobivena otopina B sirovog šećera u gustom soku naziva se „standardna otopina" i služi za kuhanje, tj. kristalizaciju konzumnog kristala. Kristalni šećer izdvojen nakon trećeg C stupnja kristalizacije vraća se i otapa u sirupu zaostalom nakon izdvajanja konzumnog kristala. Ova otopina se koristi za kuhanje, tj. kristalizaciju drugog B proizvoda.

U Tvornici šećera Osijek postoje aparati za kuhanje šećerovine A B i C produkta, odgovarajući hladnjaci za prihvat i centrifuge za odjeljivanje šećera od matičnog sirupa. A produkt ima šest vakuum aparata, njima pripada pet hladnjaka, a odjeljivanje sirupa se vrši na četiri centrifuge (Silver Weibull). B produkt se kuha na pet aparata, ispušta u četiri hladnjaka, a centrifuga se vrši na 5 AW centrifuga. C produkt ima 6 aparatra za kuhanje i tri baterije hladnjaka. Svaka baterija se sastoji od po četiri hladnjaka. Ovdje se vrši naknadna kristalizacija, a to se postiže hlađenejm na 45 °C, a zatim se zagrijava na 55 °C i centrifugira. Centrifugiranje se vrši na dvije BMA centrifuge.

2.12 Sušenje, prosijavanje i skladištenje šećera

Konzumni šećer izdvojen iz centrifuga pada na vibracijski transporter kojim se transportira u sušaru kristala. Šećer se suši u rotacijskim ili komornim sušarama do 0,03 % vlage. U prvom dijelu sušare šećer se suši u paralelnoj struji toplog zraka i šećera, a u drugom dijelu u proustrujnom toku hladnog zraka i šećera. Na taj način šećer se suši i hladi, pa iz sušare izlazi sa temperaturom 25 do 30 °C. Zrak za sušenje šećera izvodi se iz sušare u uređaj za otprašivanje u kojem se izdvaja prah šećera nošen zračnom strujom. Osušeni šećer se, uobičajeno, transportira transportnom trakom do skladišta u kojem se na uređaju za prosijavanje klasira po veličini zrna i iz njega se izdvajaju eventualno nastale granule, slijepljeni kristali.

Danas se skladištenje šećera skoro isključivo vrši u silosima od armiranog prednapregnutog betona ili od čeličnih limova. Kapaciteti silosa dostiže veličinu i do 70 000 tona po jedinici.

U osnovi svaki silos bi trebao udovoljiti slijedećim zahtjevima:

- da omogući skladištenje što veće količine šećera na što manjoj površini
- da osigura što je moguće veću zaštićenost uskladištenog šećera od vanjskog utjecaja
- da osigura očuvanje fizičkih i mehaničkih osobina šećera
- da omogući fleksibilnost u praktičnom radu

U Tvornici šećera Osijek se nalazi betonski silos kapaciteta 30 000 tona. U kampanji se prilijev šećera kreće oko 1000 tona dnevno. Silos se istovremeno prazni. Pražnjenje silosa se vrši u vreće od 1200 kg, koje se odvoze vlakom ili kamionima.

2.13 Energetika

Tehnološki procesi u tvornici šećera zahtjevaju znatne količine toplinske i električne energije. Električna energija je neophodna za mehanički rad uređaja i osvjetljenje, dok se toplinsk energija koristi za zagrijavanje sokova, u procesu uparavanja i kristalizacije, za sušenje, za zagrijavanje prostorija i dr. Osim tih potreba postoji i potreba grijanjem radnih i drugih prostora. Stoga je tvornica opremljena potrebnim energetskim uređajima kako za proizvodnju toplinske energije i za njenu djelomičnu pretvorbu u električnu energiju, tako i za prilagodbu po tlaku i temperaturi

prema zahtjevima tehnoloških procesa. Instalirana električna snaga u Tvornici šećera Osijek iznosi 18,5 MW, a instalirana toplinska energija iznosi 235 MW (ukupna toplinska snaga kotlova). Prozvodnja toplinske energije odvija se u postrojenju s više generatora („kotlovi za proizvodnju pare") pregrijane ili zasićene vodene pare. Ova se proizvodnja kreće do najviše 140t/h a prosječno oko 110t/h.

2.14 Dobava i potrošnja vode

Maksimalna potrošnja vode tijekom godine iznosi čak do 1 500 000 m3. Potrošnja po jedinici proizvoda u tom slučaju iznosi otprilike 2,5 m3/t šećerne repe i 15 m3/t šećera.

U mjesecima kada je pogon van kampanje mjesečno se troši između 10 000 i 20 000 m3 vode. U žutoj kampanji mjesečno se troši između 80 000 i 90 000 m3, a u zelenoj kampanji potrošnja vode se kreće od 250 000 do čak 400 000 m3 vode.

Za tehnološki proces proizvodnje šećera postrojenje koristi crpljenu vodu iz površinskog toka rijeke Drave. Voda se crpi na crpnoj stanici "Drava". Crpna stanica ima 6 pumpi snage od 30 - 200 kW. Ukupna instalirana snaga je 639 kW. Snabdijevanje električnom energijom se vrši preko transformatorske stanice u sklopu pumparnice. Snaga transformatora je 630 kVA. Dalekovod je isprva bio zračni, a nakon toga kabelski (3 x 120/16 mm2, 10 kV). Kabel ide iz TS Deponija.

Količina dolazne pare iz kontinuiranog procesa prerade šećerne repe približno je konstantna. Ugradnjom rashladnog tornja zatvorio se krug kondenzacije. Radovi su počeli s ugradnjom 4 ćelijska rashladna tornja koja su dopremljena 2008. godine iz šećerane „Petehaza" i samim time nastala je promjena postojećeg sustava.

2.15 Postrojenje za pripremu vode

Za napajanje parnih kotlova koristi se pripremljena demineralizirana voda. Demineralizirana voda dobiva se procesom dekarbonizacije riječne vode uz dodatak vapnenog mlijeka (Ca(OH)2)

i željeznog klorida (FeCl3), pješčanim i ionskim smolama. Kapacitet linija iznosi 2 x 30 m3/h demi vode, te 80 m3/h dekarbonizirane vode. Pogon Kemijske pripreme vode se sastoji iz dva dijela (postrojenja za dekarbonizaciju i postrojenja za demineralizaciju)

Demi voda cjevovodom odlazi u rezervoar od 500 m3, a iz rezervoara crpkom odlazi u pogon energane, tj. u rezervoare napojne vode za kotlove. S obzirom da demi voda ima pH 6,0 do 7,2, mora se vršiti kondicioniranje vode (pH napojne vode prema normativima za kotlove iznosi 9,0 - 9,5).

2.16 Energenti i skladišni prostor za energente

U Tvornici šećera Osijek koristi se više energenata. Kao važnu sirovinu opisali smo vodu, njenu pripremu i potrošnju. Sada ćemo reći nešto o ugljenu, koksu, mazutu, zemnom plinu, kamenu vapnencu i skladištima za iste.

U Tvornici šećera Osijek, od uređaja koji su trenutno u funkciji, tri kotla su pogonjena na mrki ugalj. To su kotlovi oznaka 559, 560 i 5568. Jedan kotao je pogonjen na mazut (4490). U sušari rezanca dva bubnja rade namazut, a jedan na zemni plin. Koks i kamen se troši u vapnari. Mazut se skladišti u čeličnom spremniku, kamen, koks i ugalj na pistama za skladištenje.
Za zelene kampanje potrošnja ugljena se kreće do 300 t/dan. U 2009. godini to se kretalo čak i do 360 t. Ugalj se dovozi kamionima i vlakom. Pista za ugalj u Tvornici šećera Osijek ima površinu 8750 m2. Uz visinu skladištenja od 5 – 6 m na pistu je moguće uskladištiti dovoljne količine uglja za jednu kampanju. Potrebe za zelenu kampanju iznose reda veličine 30 000 tona, a za jednu žutu kampanju iznose do 10 000 tona. Uz pistu za ugalj postoji i pista za šljaku. Ona je dimenzija 25 x 180 m. Šljaka se skladišti na hrpe čija visina nije ograničena kao kod uglja.
Portalna dizalica je izrađena 1953. Služi za istovar uglja koji dolazi željezničkim vagonima. Pokriva cijelu pistu za ugalj i po pisti se kreće pomoću tračnica. Nosivost dizalice je 5 t, a dimenzije su (L 11+35+18 m).
U Tvornici šećera Osijek postoji jedan spremnik za mazut. Spremnik je izgrađen 1986. godine, a kapacitet mu je 3000 tona. Količina mazuta u spremniku se određuje po metru visine mazuta, a izračun je da po metru visine spremnika dolazi 220 t.

U tvornici šećera za proces proizvodnje neophodna je velika proizvodnja CO2 i Ca(OH)2. Zbog toga je izgrađeno postrojenje za proizvodnju vapna. Za proizvodni proces potrebna je velika količina kamena i koksa, tako da se sirovine za proizvodnju moraju gomilati prije početka kampanje. One se gomilaju na dvije piste. Pista za koks je veličine 377 m2. Vapnenac se skladišti uz vapnaru, na betonsku pistu. Količine koksa potrebne za jednu kampanju su otprilike oko 2500 tona. Na tu količinu koksa se potroši oko 30 000 tona kamena.

2.17 Kotlovi u Tvornici Šečera Osijek

Generatori pare mogu se svrstati u dvije skupine.

Prvoj skipini pripadaju uređaji za proizvodnju pare radnog tlaka 40 bara i temperature pregrijane pare od 410 °C. U Tvornici šećera Osijek se to vrši pomoću nekoliko kotlova.

- Sekcijski kotlovi, loženi mrkim ugljenom, 25/32 t/h (2 komada)
- Kutocjevni kotao, ložen mrkim ugljenom, 60/80 t/h
- Integral kotao, ložen mazutom, 32/40 t/h
- Kutocjevni kotao, ložen mazutom, 40/64 t/h

U periodu prerade šećerne repe potreba za toplinskom energijom je velika, stoga su i instalirani protutlačni turboagregati. Prosječna proizvodnja ukupno potrebne pare je 125 t/h, a maksimalna 140 t/h što u potpunosti zadovoljava sve potrošače. Kao pogonsko gorivo koristi se 80 % ugalj, a 20 % mazut i plin s tendencijom smanjenja mazuta i plina (cijena).

Druga skupina služi za proizvodnju pare radnog tlaka 10 bara i temperature 180 °C

- Steamblock kotao 3347, ložen zemnim plinom ili mazutom, 12 t/h
- Steamblock kotao 3715, ložen zemnim plinom, 15 t/h
- Steamblock kotao 3348, ložen uljem za mazutom, 12 t/h

Kotlovi se nalaze u staroj kotlovnici. Kotlovi 559 i 560 su „Sekcijski kotlovi”. Loženi su mrkim ugljenom, veličina zrna „grah” na dvostrukim puzajućim rešetkama. Radni tlak im je 40 bara, a

najviša temperatura pregrijanja vodene pare 450 °C. Proizvodnja pare po proizvodnoj jedinici je 25/32 t/h (normalno/maksimalno). Godina proizvodnje je 1958., a proizvedeni su u tvrtki Đuro Đaković.

Kotao 5568 je kutocjevni kotao. Ložen je mrkim ugljenom, veličina zrna „grah" na puzajućoj rešetci. Radni tlak kotla je 40 bara, a najviša temperatura pregrijanja vodene pare je 450 °C. Kapacitet proizvodnje je 60/80 t/h. Proizveden je 1980. godine u Slavonskom brodu. Ovaj kotao u praksi proizvodi maksimalno 60 – 65 tona pare na sat.

Kotao 4490 ima kapacitet 50/64 t/h pregrijane pare. Kotao je kutocjevni. Loži se na mazut donje ogrijevne vrijednosti 39 797 kJ/kg. Godina izgradnje je 1975. Normalna proizvodnja pare je 50 t/h, maksimalna 64 t/h. Nazivni tlak je 45 bara, tlak u bubnju 43 bara, tlak pare je 40 bara. Temperatura pare je 450 °C, a napojne vode je 135 °C. S obzirom da je mazut sve skuplji, kotao se koristi što je moguće manje. Prije se koristio za finu regulaciju parametara pare, ali se ove godine pokušalo raditi bez njega.

Kotao Apolo je „Integral kotao", ložen mazutom. Radni tlak je 40 bara, a najviša temperatura pregrijanja vodene pare je 420 °C. Najveća proizvodnja pare iznosi 32/40 t/h. Kotao je proizveden 1968. u Slavonskom brodu. Nazivni tlak kotla je 43 bara. Temperatura napojne vode iznosi 130 °C. Cirkulacija vode u kotlu je prirodna. Pošto mazut ima veliku viskoznost prije uporabe ga je potrebno zagrijati na 90 °C, što se i radi pomoću pare.

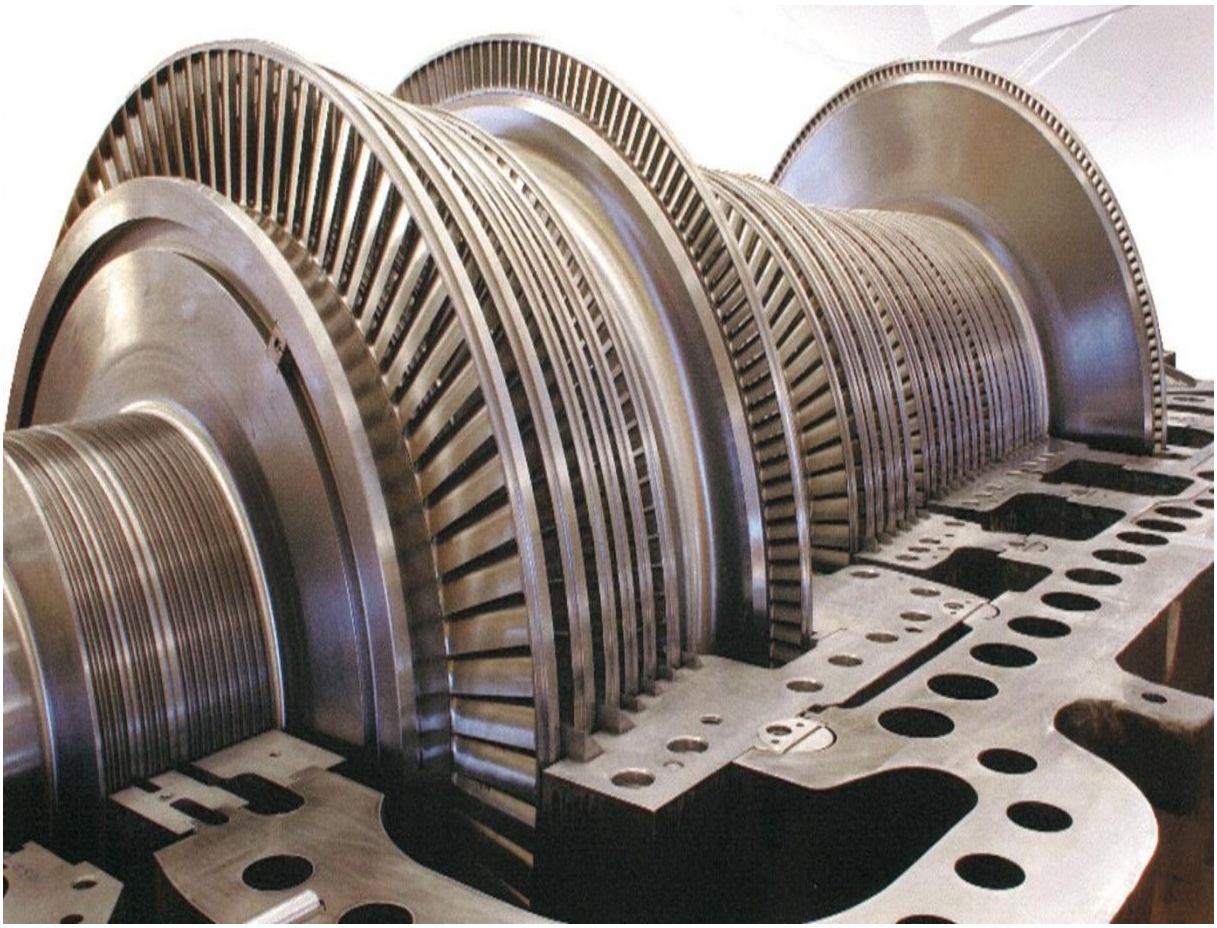
3. TURBINE

U energani Tvornice šećera Osijek se nalaze 3 turboagregata. Od ta tri koriste se samo dva. Svaki od njih radi zasebno, ovisno o tome koja kampanja je u tijeku. U zelenoj kampanji, repnoj, radi veća turbina snage 10 MW, dok u žutoj kampanji radi turbina 6 MW (rekonstruirana 2007.). Turbina od 2,5 MW u novije vrijeme nije radila.

Turbine (Slika 3.1.) [3] su višestupanjske, protutlačne, a para iza njih je 2 bara. Zbog potrebe za parom (parametrima) - frekvenciju u pogonu održava mreža Hep-a. Pogon ne radi u otočnom pogonu.

Turbinsko postrojenje se dakle sastoji se od slijedećih jedinica:

- Protutlačni turboagregat (Jugoturbina - Končar) 1958. godina - 2,5 MW (3,6 MVA)
- Protutlačni turboagregat (Jugoturbina - Končar) 1968. godina - 6 MW (7,5 MVA)
- Protutlačni turboagregat (Jugoturbina - Končar) 1980. godina - 10 MW (12,5 MVA)



Slika 3.1. Izgled rotora turbine

Protutlačne turbine ugrađuju se u industrijske i javne toplane. Mogućnost povezivanja proizvodnje toplinske i električne energije, pri čemu izlazna para iz turbine daje toplinu, a vratilo

turbine pokreće generator električne energije, osnovna je prednost njihove uporabe. Kako se para koja izlazi iz turbine odvodi potrošačima topline, ciklus se u potpunosti oslobađa gubitaka topline s izlaznom parom, a to je prednost zbog koje je toplana s protutlačnom turbinom najekonomičnija među svim termoenergetskim postrojenjima. Protutlačne turbine se mogu ugrađivati i kao predukljućeni strojevi, čija izlazna para pokreće neku drugu, niskotlačnu jedinicu. U obitelji jednokućišnih turbina Jugoturbine, protutlačne jedinice imaju snagu koja se kreće od oko 200 kW do 50 MW. Parametri pare se kreću od oko 8 bara (suho zasićena para) do 140 bara i 540 °C. Puno protutlačnih turbina velike snage se izrađuje s nereguliranim oduzimanjem pare koja služi za zagrijavanje napojne vode ili neke druge svrhe. Veće turbine izravno pogone dvopolne generatore brzinom vrtnje od 3000 o/min. Turbine snage iznad 10 do 15 MW su brzohodne, s brzinama vrtnje 7500 ili 10 000 o/min. U tom slučaju generatori se pogone preko reduktora.

Brzohodne turbine, koje pokreću radne strojeve preko reduktora, obično se rade s takozvanom krutom osovinom, pri čemu je njihova kritična brzina dovoljno veća od radne. Naprotiv, većina velikih jedinica, koje izravno pokreću generatore, imaju elastične osovine, s kritičnom brzinom vrtnje manjom od radne.

Lopatice rotora izrađene su glodanjem, tako da je noga lopatice od istog dijela s listom. Kraće lopatice povezuju se zakovanim bandažama. Dulje lopatice posljednjih stupnjeva kondenzacijskih strojeva obično su bez bandaža, kod njih ugrađujemo žice za prigušivanje vibracija. U stupnjevima koji rade s vlažnom parom, pa je povećana opasnost od erozije, upotrebljavamo stelitne pločice nalemljene na gornji dio ulaznog brida lista lopatice i posebne kanale za odvođenje vlage u statoru. Lopatice su većinom izrađene od nehrđajućeg čelika legiranog sa 13 % kroma. Osim kromom, čelik za rotorske lopatice može biti legiran i molibdenom ili molibdenom i vanadijem.

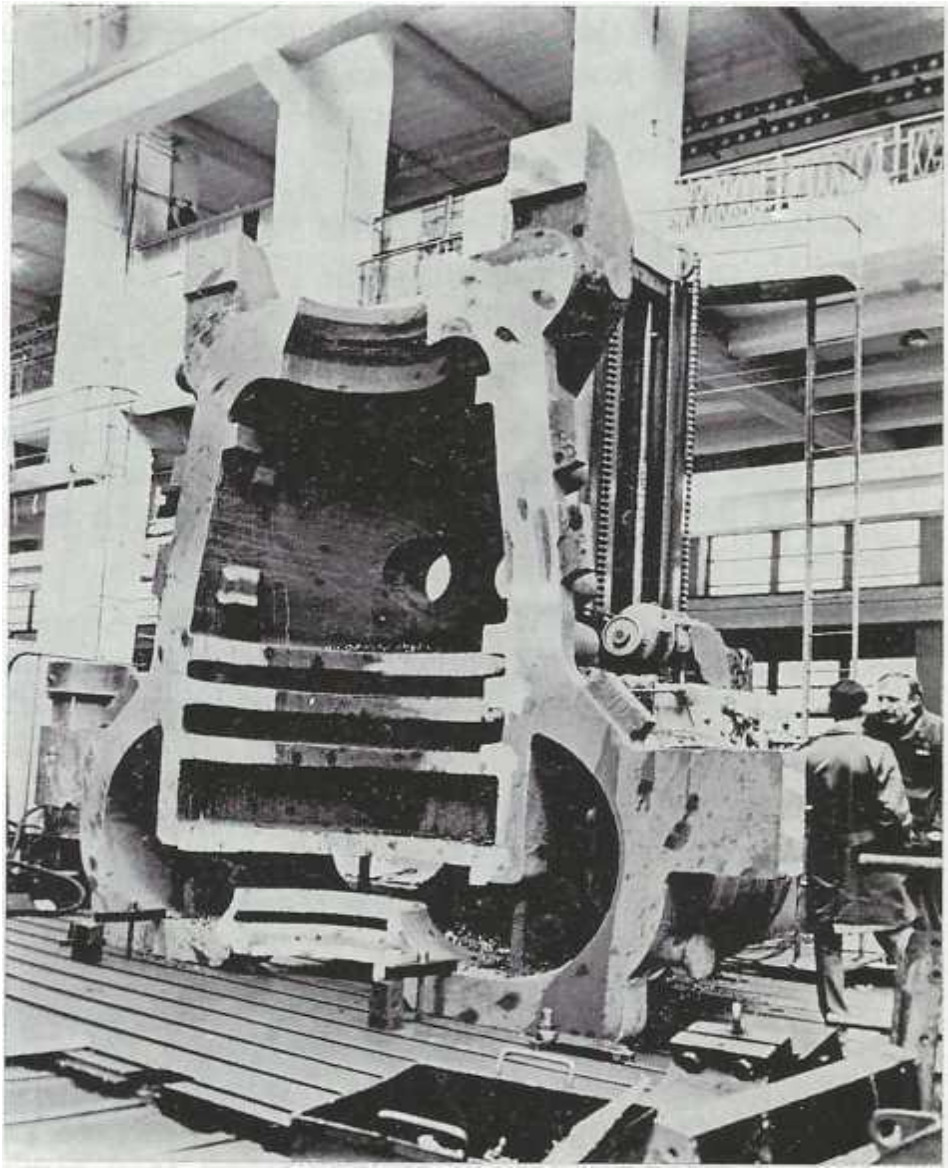
Krute spojke su upotrijebljene svuda za prijenos zakretnog momenta od turbine na rotor generatora. Zupčaste spojke se ugrađuju između osovine turbine i pogonskog zupčanika kod brzohodnih agregata s pogonom radnog stroja pomoću reduktora.

Turbine s postupnjivanjem brzine (»Curtis«) mogu se upotrijebiti kao male jednostupanjske jedinice ili kao prvi stupanj višestupanjskih strojeva, kod kojih je povoljno ostvarivanje razmjerno velikog pada tlaka pare prije ulaza u slijedeće stupnjeve. Takav stupanj se vrlo često ugrađuje i kao prvi stupanj iza reguliranog oduzimanja pare.

Akcijski stupnjevi (»Rateau«) s određenim stupnjevima reaktivnosti i postupnjivanjem tlaka upotrebljavaju se u svim višestupanjskim strojevima.

Statorske lopatice se izrađuju od valjanih profiliranih šipki. U visokotlačnom dijelu turbine statorske lopatice su uvarene u čelično tijelo dijafragme. Dijafragme u niskotlačnom dijelu turbine su lijevane od sivog lijeva, pri čemu su statorske lopatice uljevene. Dijafragme su podijeljene na gornju i donju polovinu. Ispravan položaj u kućištu određuju klinovi. U središnji provrt dijafragme kroz koji prolazi osovina rotora ugrađuje se međustupna labirintna brtva. Dijelovi statora građeni za male protjecajne volumene pare često se izrađuju bez dijafragmi, pri čemu su statorske lopatice ugrađene u utore osobitog nosača.

Kućišta svih turbina građenih u JUGOTURBINI (Slika 3.2) [3] podijeljena su vodoravnom razdjelnom plohom na gornji i donji dio, a konstruirana su na različite načine — u skladu s veličinom i namjenom jedinice.



Slika 3.2. Izgled manjeg sistema turbine i generatora (Jugoturbona – Končar)

Tako, na primjer, kućišta malih kondenzacijskih i protutlačnih turbina imaju svaku od polovina odljevenu u jednom dijelu. Međutim, kod većih jediničnih snaga i viših parametara svježe pare takva izvedba ne zadovoljava. Uvode se posebna ulazna kućišta i umeci koji nose elemente statora. Kondenzacijske turbine obično imaju zavareno limeno ispušno kućište, pričvršćeno uz ulazni dio kućišta vijcima. Dijelovi kućišta kroz koje struji para nižih značajki stanja lijevani su ili zavareni od nelegiranih čelika. Pri višim parametrima pare uvode se čelici legirani molibdenom, kromom i molibdenom te kromom, molibdenom i vanadijem.

Vanjska površina kućišta prekrivena je toplinskom izolacijom, čime se ekspanzija pare u turbini nastoji što više približiti izentropskoj. Osim toga, izolacija štiti stijene kućišta od naglih promjena temperature. Preko kućišta postavljena je i limena oplata.

Laribirntne brtve ¡ cjevovod brtvene pare služe smanjivanju štetnog protjecanja pare i zraka kroz zračnost između statora i rotora na mjestima gdje osovina izlazi iz kućišta. Osim toga, brtve su umetnute i u provrte dijafragmi. Sve brtvenice su labirintne izvedbe, ali je njihov oblik prilagođen tipu turbine. Tako se, na primjer, u visokotlačnim dijelovima većih turbina upotrebljavaju segmentne elastične brtve. Ovdje je brtveni prsten podijeljen u šest segmenata, koji su umetnuti u utor oblika »T« i potisnuti u središnji položaj pomoću opruga izrađenih od slitine »nimonic« ili sličnog materijala. Vanjske brtvenice su podijeljene u dijelove, a između dijelova brtve priključeni su cjevovodi za odvođenje brtvene pare. Brtvena para se odvodi u niskotlačni dio kućišta, u cjevovod oduzimane pare, u atmosferu ili u posebni kondenzator brtvene pare. Para koja izlazi iz visokotlačne brtvenice kondenzacijske turbine dovoljna je za brtvenje niskotlačne brtvenice protiv ulaženja zraka u turbinu. Međutim, pri manjem opterećenju ta količina postaje nedovoljna, te se dovodi posebna zaporna para.

Uređaji za zaštitu protutlačnih turbina slični su istim uređajima kod kondenzacijskih — njihov je zadatak da zaštite agregat od različitih poremećaja pri radu, kao što su:

- nedopušteno povećanje brzine vrtnje

- pad tlaka ulja za mazanje

- istrošenje odrivnog ležaja

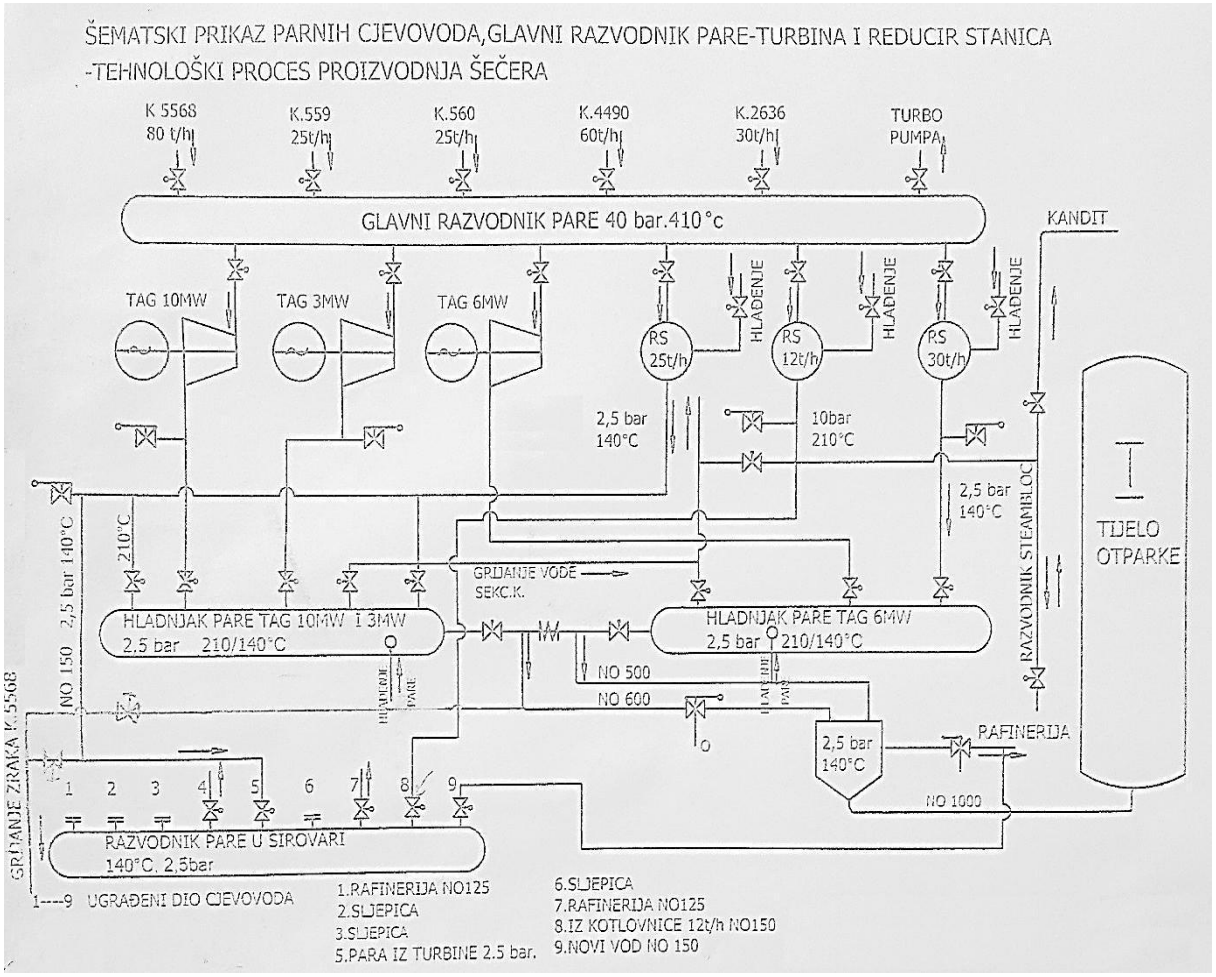
- nedopušten porast protutlaka

Pri jednom ili više takvih poremećaja uređaj za izvrštavanje ispušta ulje iz hidrauličkog dijela ventila svježe pare pa se on trenutno zatvara, a time se zaustavlja turbina.

Kod većih protutlačnih jedinica s nereguliranim oduzimanjem pare pri izvrštavanju turbine zatvaraju se protupovratni ventili u vodovima oduzimanja.

Isto tako se kod svih turbina iz ove obitelji — kondenzacijskih, protutlačnih, sa reguliranim oduzimanjem ili bez toga — pri izvrštavanju zatvaraju i svi parorazvodni ventili.

Veće jedinice imaju po dva ventila svježe pare i dva prstenasta centrifugalna izvrstioca. To omogućuje ispitivanje uređaja za izvrštavanje i ventila svježe pare (Slika 3.3.) [3] (jednog po jednog) a da se on ne zaustavlja. I centrifugalni izvrstioci mogu se u ovom slučaju ispitati a da se ne ubrza rotor — ubrizgavanjem ulja.



Slika 3.3. Razvod pare po postrojenju

Predviđena je i mogućnost ručnog izvrštavanja. Dugme ili poluga za ručno izvrštavanje uklopljeni su u uređaj za izvrštavanje smješten u prednjem ležajnom bloku. Taj uređaj obuhvaća i elektromagnet kojim je omogućeno daljinsko ručno izvrštavanje.

Sustav za regulaciju protutlačnih turbina obuhvaća, pored dijelova identičnih onima kod kondenzacijskih turbina — regulator brzine vrtnje, servomotor, razvodna osovina, parorazvodni ventili još i regulator protutlaka.

Magnetskim ventilom ugrađenim u njegov impulsni vod, regulator tlaka može biti odvojen, tako da ne djeluje na ostale članove sustava i rad turbine. U tom slučaju turbina je upravljana

putem regulacije brzine vrtnje, kao i kondenzacijske jedinice. To je neophodno pri radu agregata u praznom hodu i u vrijeme sinkronizacije generatora s mrežom.

Nema zapreka da se protutlačna turbina uvijek upravlja pomoću regulatora brzine vrtnje, bez obzira da li je generator u otočnom ili paralelnom radu s drugim generatorima.

Međutim, najpovoljnije je da se protok pare kroz turbinu regulira pomoću regulatora protutlaka, koji ga usklađuje s potrošnjom niskotlačne pare za zagrijavanje. Time se i vrijednost protutlaka održava unutar unaprijed zadanih uskih granica. Takvim načinom reguliranja proizvedena električna energija je zapravo nusprodukt pri proizvodnji pare za zagrijavanje i po cijeni je vrlo konkurentna. Da bismo prešli na takav način rada treba generator sinkronizirati s vanjskom elektroenergetičkom mrežom, opteretiti do maksimalne snage i zatim uključiti regulator protutlaka.

Uljni sistem protutlačnih i drugih turbina iz ove obitelji uvijek je projektiran kao cirkulacijski sistem kojim se dovodi ulje do svih dijelova koje treba mazati i ujedno daje radno ulje nužno za pogon hidrauličkih uređaja sustava za regulaciju i zaštitu. I ležaji generatora ili kojeg drugog radnog stroja mažu se uljem iz zajedničkog uljnog sistema. Glavna uljna pumpa dobavlja ulje iz spremnika. Bez obaranja tlaka to ulje služi kao radni medij hidrauličkih uređaja. Dio ulja s nižim tlakom služi za mazanje. Ulje za mazanje prolazi najprije kroz hladnjak ulja, a zatim se odvodi potrošačima. Iskorišteno ulje za mazanje i ulje koje izlazi iz hidrauličkih uređaja vraća se slobodnim padom kroz povratne cjevovode u spremnik.

Spremnik ulja je obično smješten na temelj turbine, ispod prednjeg ležajnog bloka. Samo manje paketne jedinice imaju spremnik ulja u zajedničkoj temeljnoj ploči turbine i generatora.

Hladnjaci ulja su kod svih većih jedinica udvostručeni, to jest svaki od dva ugrađena hladnjaka dovoljan je za normalan pogon agregata. Pomoću osobitih trosmjernih zasuna može se, a da se ne zaustavlja turbina, mijenjati smjer protjecanja ulja tako da teče kroz jedan ili drugi hladnjak.

Glavna uljna pumpa je pogonjena izravno ili preko zupčastog pogona od osovine turbine. Upotrebljavaju se samosisne zupčaste pumpe visoke iskoristivosti ili centrifugalne pumpe. Pri ugradnji ovih posljednjih služimo se uljnim injektorima za stvaranje pretlaka ulja već ispred pumpe.

Pomoćne uljne pumpe su smještene na poklopac spremnika ulja tako da je pumpa uronjena u ulje, a pogonski stroj iznad poklopca. Broj, vrste i kapaciteti pomoćnih uljnih pumpi ovise o veličini i namjeni turbine. Mogu se upotrijebiti pumpe pogonjene elektromotorima na izmjeničnu ili istosmjernu struju ili malim parnim turbinama. Posve mali turboagregati mogu biti opremljeni i ručnim pomoćnim uljnim pumpama.

3.1 Protutlačna turbina 6 MW

Turbina 6 MW (Slika 3.4.) [3] je akcijska protutlačna turbina. Izgrađena je 1969. godine. Izrađena je u Jugoturbini. Snaga turbine iznosi 6 MW, a broj okretaja je 3000 o/min. Projektirana je za paru čiji parametri iznose 40 bara i 410 °C. Kratkotrajno može izdržati naprezanja do 45 bara i 450 °C. Kratkotrajno naprezanje znači naprezanje u ukupnom godišnjem trajanju od 50 sati. Tlak i temperatura u 1. stupnju turbine iznose oko 17 bara i 330 °C. Protutlak iznosi oko 3 bara, maksimalno 4 bara, a temperatura protutlaka je 200 °C. Kritični broj okretaja turbine je 8766 o/min. Voda potrebna za rashlađivanje ima temperaturu 27 °C, a potrošnja iznosi 50 m3/h.



Slika 3.4. Turbina 6 MW u Tvornici šećera Osijek

3.1.1. Ekspanzija i strujanje pare

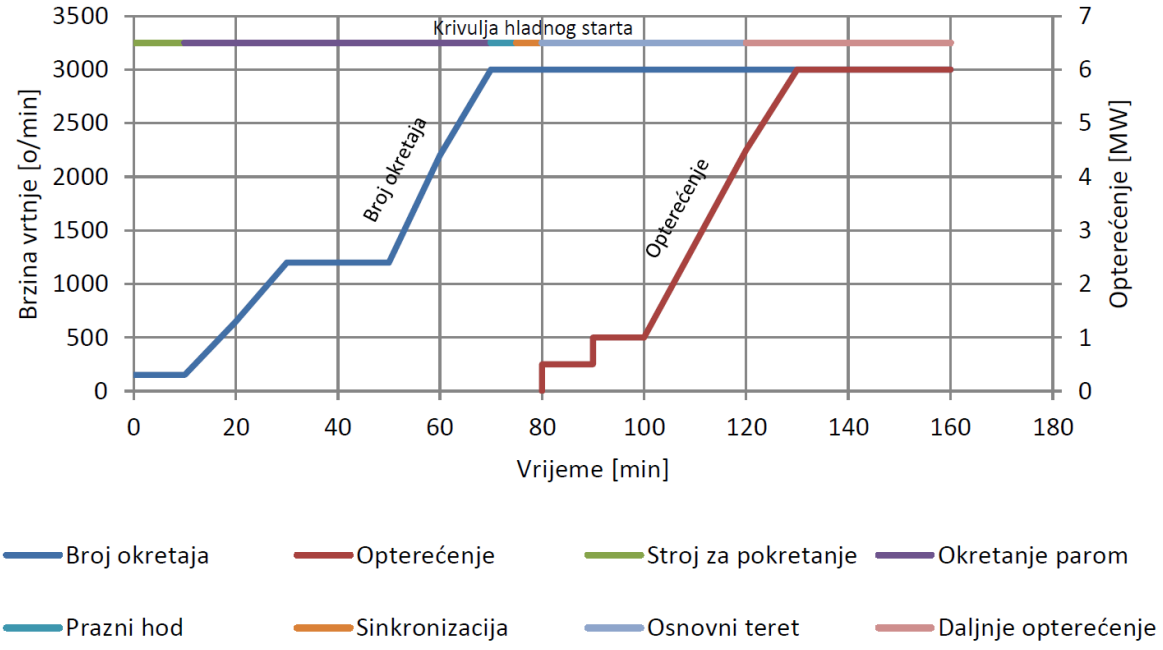
Para proizvedena u kotlu struji najprije kroz brzo zatvarajući ventil u ulazni dio kućišta na gornjem dijelu turbine. Odavde preko regulacijskih ventila i segmenta ulaznih sapnica podijeljenog u grupe, para ulazi u protočni dio turbine. Prolazeći kroz stupnjeve (1 do 8) protočnog dijela, para postupno ekspandira do protutlaka. Na taj način se stvara mehanička energija, koju rotor preko spojke predaje generatoru.

3.1.2. Rotor

Rotor je izrađen tokarenjem iz monoblok - čeličnog otkovka, tako da su kola i prirubnica spojke u jednom komadu s osovinom. Greben odrivnog ležaja je navučen na osovinu i osiguran maticom. Rotor je izveden kao "kruto vratilo", tj. kritični broj okretaja je iznad radnog. Prvi stupanj je dvovjenčano kolo "Curtisa", a ostali stupnjevi su normalni akcijski stupnjevi tlaka. Učvršćenje lopatica na rotor je izvedeno putem nogu profila ’’T -noge".

3.1.3. Dijafragma

Svaki akcijski stupanj tlaka ima dijafragmu, koja je uložena u kućište ispred svog kola rotora. Zadatak dijafragme je da drži statorske lopatice, u kojima se struja pare usmjeruje na slijedeći red rotorskih lopatica i toplinska energija pretvara u kinetičku energiju brzog mlaza pare. Prema tome, u rotorskim lopaticama imamo ekspanziju pare, te je tlak iza dijafragme niži od tlaka pare ispred dijafragme. Dijafragme su dvodjelne, a svaka polovina je sastavljena varenjem iz profilne rešetke i odgovarajućih prstenastih dijelova. Polovine dijafragmi su učvršćene u gornji i donji dio kućišta posebnim klinovima za vođenje pri toplinskim dilatacijama. Učvršćenjem je postignuto i da se kod otvaranja kućišta gornje polovine dijafragmi sigurno odižu zajedno s gornjim dijelom kućišta, te da donji dijelovi ostaju u donjem dijelu kućišta.



Slika 3.5. Krivulja puštanaj turbine u pogon

3.1.4. Kućište turbine

Kućište je podijeljeno horizontalnom razdjelnom plohom na gornji i donji dio. Gornji dio kućišta je jedinstveni čelični odljevak, koji ja tako formiran, da ujedno nosi i ulazni dio za razvod pare. Donji dio nosi sve priključke za izlaz pare iz turbine. Gornji i donji dio kućišta su međusobno stegnuti jakim vijcima. Donji dio kućišta se oslanja na prednji i stražnji ležajni blok. Ovo oslanjanje je takvo, da su omogućene toplinske dilatacije kućišta u sva tri smjera. Stražnji ležajni blok je kruto vezan s temeljem i čini čvrstu točku kućišta s obzirom na aksijalne dilatacije. Zbog toga prednji ležajni blok mora kliziti po svojoj temeljnoj ploči pri dilatacijama turbine. Njegov ispravan položaj osigurava jedan uzdužni klin. Kućište je obloženo toplinskom izolacijom i prekriveno limenom oplatom.

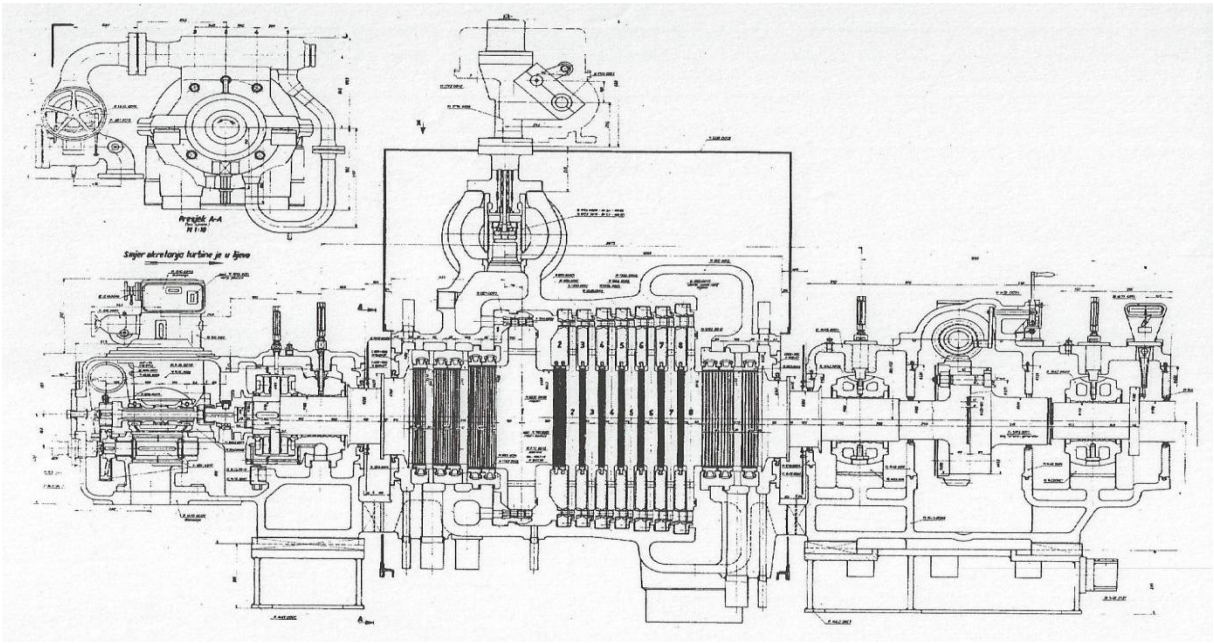
3.1.5. Hladni start

Najprije se zagrijava cjevovod svježe pare uz otvorene ventile za odvodnjavanje. Kada temperatura u cjevovodu svježe pare dovoljno poraste, puštamo paru u turbinu, tako da se rotor počne okretati. Niski broj okretaja podržavamo prigušujući ulaz pare brzozatvarajućim ventilom, sve dok se kućište jednoliko ne zagrije. Nakon toga povišavamo broj okretaja na normalnu vrljednost i sinkroniziramo generator s mrežom. Agregat treba neko vrijeme raditi u praznom hodu, a zatim se može opteretiti.

3.1.6. Topli start

Način upućivanja i opterećivanja kada je turbina već zagrijana (Slika 3.5.) [3], ovisi o duljini zatoja, o načinu, zaustavljanja i opterećenju turbine neposredno prije zaustavljanja. Svi ovi faktori rezultiraju nekom temperaturom kućišta, prema kojoj se onda određuje način ponovnog upućivanja.

Nakon zastoja pogona s poznatim trajanjem očitavamo iz skale za vrući start pretpostavljenu temperaturu kućišta, te određujemo način upućivanja. Kod dovoljno kratkih zastoja vrijeme okretanja s niskim brojem okretaja i rad u praznom hodu može se znatno skratiti, pa čak i potpuno izostaviti.



Slika 3.6. Presjek turbine 6 MW



Slika 3.7. Turbina 10 MW u Tvornici šećera Osijek

Protočni dio turbine (Slika 3.6.) [2] (Slika 3.7.) [3] čine redovi statorskih i rotorskih lopatica. Statorske lopatice miruju, a rotorske se okreću s osovinom rotora. Kroz kanale lopatica struji para, koja krećući se prema izlaznom dijelu turbine postupno gubi svoju toplinsku energiju danu

ulaznim tlakom i temperaturom, odnosno sadržajem topline. Ona postupno ekspandira do tlaka na izlazu iz turbine. Iz toplinske energije nastaje kinetička energija strujanja pare, a ova se rotorskim lopaticama pretvara u kinetičku energiju vrtnje rotora, koji pak pokreće generator. Tako se odvija složen proces pretvorbe energije, koji rezultira proizvodnjom električne energije u generatoru.

Pošto je turbina izvedena kao protutlačna, ispušna para još uvijek ima viši tlak od atmosferskog. Ona se odvodi za potrebe zagrijavanja.

3.1.7 Protočni dio turbine

Jedan red statorskih lopatica i slijedeći red rotorskih čine stupanj turbine. Para prolazi najprije kroz prvi red statorskih lopatica, takozvane ulazne sapnice i zatim kroz rotorski red lopatica prvog stupnja.

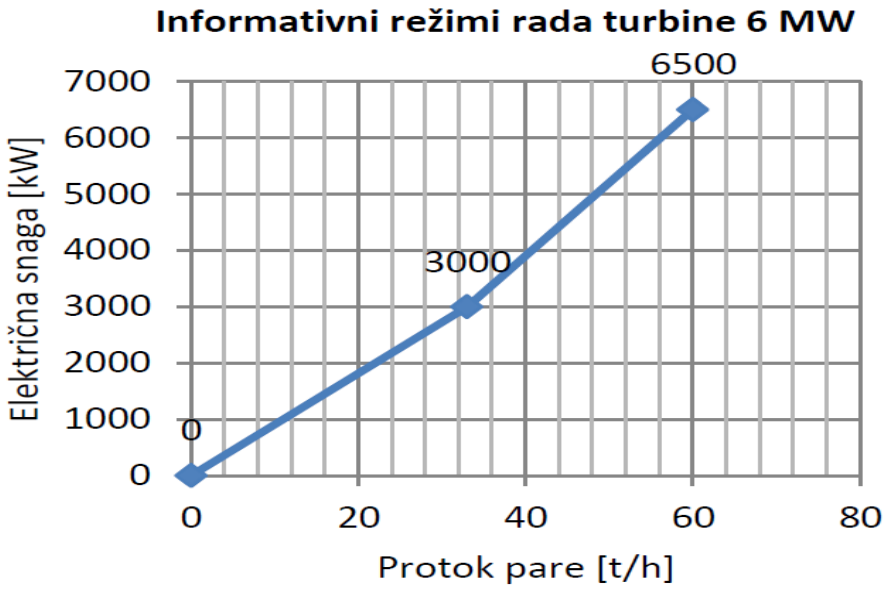
Ostali stupnjevi se sastoje od jednog reda statorskih lopatica uloženih u utor kućišta turbine i jednog reda rotorskih lopatica uloženih u utor rotora.

Kućište je podijeljeno na gornju i donju polovinu, koje su na razdjelnoj plohi spojene vijcima. Nakon rastavljanja vijčane veze na razdjelnoj plohi može se podići gornji dio kućišta i pregledavati protočni dio turbine. Povezivanje kućišta s drugim dijelovima agregata ispred i iza njega izvedeno je pomoću takvih veza, koje omogućavaju dobro međusobno centriran je svih dijelova kroz koje prolazi rotor. Međutim, te veze su takve, da je prijelaz topline s kućišta na druge dijelove minimalan i da su potpuno omogućene toplinske dilatacije kućišta.

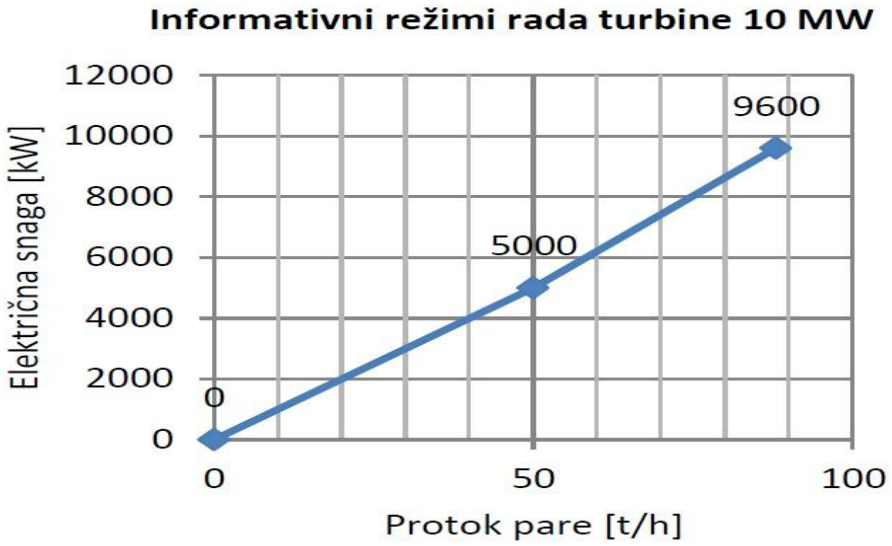
Kućište je obloženo toplinskom izolacijom, preko koje je postavljena limena oplata.

3.1.8 Analiza rada turbina 6 MW i 10 MW u Tvornici šećera Osijek. (2009. godina)

Turbina 10 MW izgrađena je 1979. godine. Radi se o akcijskoj turbini. Pri normalnom radu potrošnja pare iznosi 88 t/h (Slika 3.9) [3], a proizvedena električna energija iznosi 9,6 MW. Iskoristivost turbine za te parametre iznosi $\eta = 81$ %. Turbina pri 50 % tereta radi pri iskoristivosti $\eta = 69$ %, a potrošnja pare se kreće oko 50 – 52 t/h. U samostalnom radu turbina pri potrošnji pare od 80 tona generira oko 8,8 MW električne energije.



Slika 3.8. Informativni režim rada turbine 10 MW

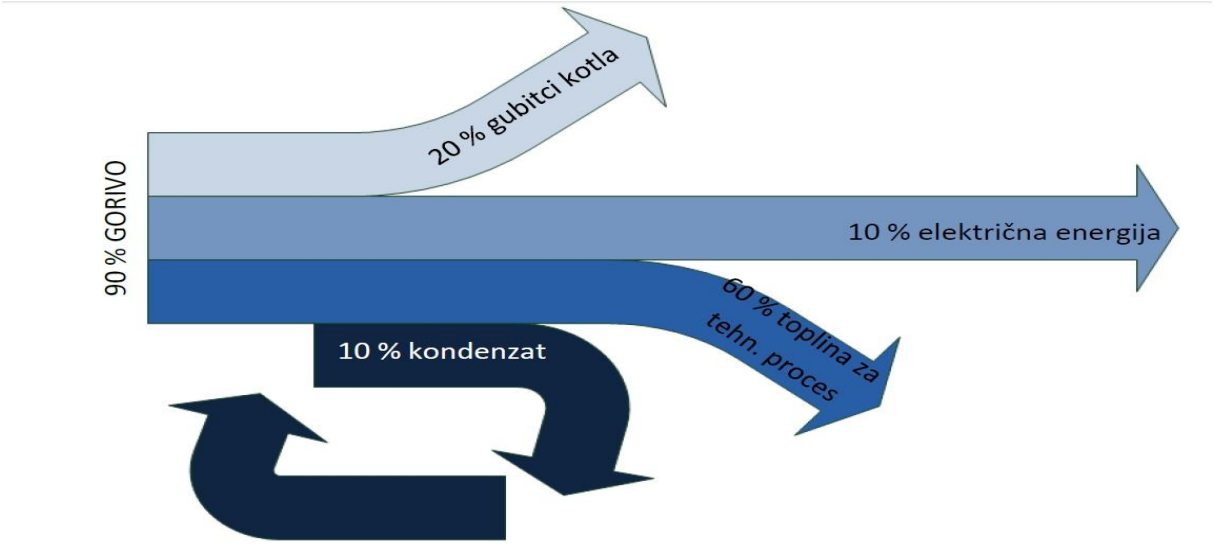


Slika 3.9. Informativni režim rada turbine 6 MW

Turbina 6 MW je izgrađena 1969. Turbina je akcijska. Pri normalnom radu potrošnja pare iznosi 60 t/h (Slika 3.8.) [3] a proizvedena električna energija iznosi 6,5 MW. Iskoristivost turbine za te parametre iznosi η = 80 %. Turbina pri 50 % tereta radi pri iskoristivosti η = 67 %, a potrošnja pare se kreće oko 30 - 33 t/h

Turbina 10 MW u samostalnom radu s većim protocima pare generira više električne energije.

(Slika 3.10) [3] Rad turbina u paralelnom radu nije isplativ i gubitci su veći.



Slika 3.10. Energetska bilanca turbine 10 MW

3.1.9. Redukcijsko rashladna stanica

U slučaju pomanjkanja protutlačne pare iz turbine redukcijska stanica može osigurati 25 - 30 t/h potrošnje pare za tehnološke procese. Minimalni protok pare iznosi 5 t/h. Para na ulazu ima parametre 40 bara, 430 °C, a na izlazu 10 bara, 225 °C. U stanicu ulazi voda pod tlakom 50 bara, temperature 127 °C. Redukcijsko rashladna stanica se upotrebljava kako bi se dobila para zadanih parametara. Toplinska stanica može primati i davati paru. Kod primanja pare para se skida na zahtjevane parametre.

4. GENERATORI

Proizvodnja električne energije se obavlja s tri turbo generatora ukupne instalirane snage 23,6 MVA. U uobičajenoj proizvodnji u vrijeme prerade šećerne repe se proizvodi do 200 MWh dnevno. Proizvedena električna energija se razvodi potrošačima u tehnološkom procesu putem razvodne mreže srednjeg napona, odnosno većeg broja transformatorskih stanica smještenih po tvornici. U slučajima neravnomjerne potrošnje i u slučajevima nužde električna energija se može preuzimati i iz sustava Hep - a, uz ograničenja postrojenja za preuzimanje.

Proizvodnja električne energije se vrši samo na dva generatora. Na generatoru snage 10 MW i na generatoru snage 6 MW. Prvi radi u zelenoj kampanji i tada se proizvodi oko 9 MW električne energije. Drugi radi u žutoj kampanji i tada se proizvodi oko 5 MW električne energije.

4.1 Generator 10 MW



Slika 4.1. Generator Rade Končar 10 MW

Generator 10 MW je trofazni sinkroni generator tip S-1326-2 Proizveden je 1980. godine, a proizvela ga je tvrtka Končar (Slika 4.1.) [3]. Njegova oznaka je TG850075. Nazivna snaga iznosi 12 500 kVA, nazivni napon je 6300 ±5 % V, nazivna struja 1145 ±5 % A, faktor snage 0,8, frekvencija 50 Hz, broj okretaja 3000, broj okretaja pri pobjegu 3600 o/min, zamašni moment 1,25, nazivni napon uzbude 105 V, struja uzbude 420 A. Početna reaktancija iznosi 16,4

%, prijelazna reaktancija iznosi 21,5 %, a sinkrona reaktancija iznosi 237 %. Stupanj korisnog djelovanja kod 100 % tereta iznosi 97,3 %, kod 75 % tereta stupanj korisnog djelovanja iznosi 97,1 %, a kod 50 % tereta iznosi. 96,6 %. Težina generatora je 30,4 tone. Od toga 16,5 tona otpada na stator, a 6,4 na rotor. Generator je horizontalne izvedbe oblika D 10. Rotor generatora se oslanja na dva stojeća klizna ležaja promjera 180 mm. Podmazivanje i hlađenje ležaja uljem provedeno je na zajedničkom sklopu uljovoda s turbinskim ležajima. Generator se hladi ugrađenim ventilatorima (po jedan na svakoj strani rotora). Osjetljivi dijelovi generatora su posebno zaštićeni. Mjerenje temperature vrši se termostondama na više mjesta. Servisiranje potrošnih dijelova je izvedeno vrlo jednostavno, a sva mjesta su lako dostupna. Kućište statora je jednodjelno, izrađeno od valjanih čeličnih limova koji su vareni i ukrućeni rebrima. Statorski paket je rađen od dinamo limova debljine 0,5 mm. Statorski namot je izveden kao štapni dvoslojni petljasti namot. Preplet je rađen po sistemu Roebel. Izolacija namota je klase F što znači da se ne oštećuje ni pri temperaturama višim od 120 °C. Tijelo rotora je monolitni ovitak s osovinom. Po obodu rotora ižljebljeni su utori za ugradnju rotorskog namota. Ispravnost generatora se provjerava da se 2 min vrti na 20 % većoj brzini od nominalne (u ovom slučaju 3600 o/min). Vodiči rotorskog namota su napravljeni od tvrdo vučenog elektrolitskog bakra.

4.2 Generator 12,5 MVA

Uzbuda generatora je statička. Sistem uzbude je tiristorski (trofazni punoupravljivi most)
U modernim postrojenjima regulacija napona se vrši automatski (ARN) ili regulatorom struje uzbude RR. Referencu ovih regulatora moguće je mijenjati ovisno o opterećenju i parametrima mreže. Najčešći opseg regulacije iznosi 90 – 110 % nazivnog napona stroja (ARN) ili 80 % uzbudne struje praznog hoda do maksimalno dozvoljene trajne struje uzbude za RR. Sve promjene u podešavanju moraju biti polagane i glatke da se ne izazovu oscilacije u mreži. Prije su u uporabi bili motorni regulatori, a danas su to isključivo elektronički koji su bolji i lakši za održavanje.

4.2.1. Motorni regulator

To je mali istosmjerni motor s mogućnošću promjene smjera vrtnje. Preko zupčanog prijenosa, koji reducira brzinu vrtnje na potreban iznos za regulaciju. Djeluje se na potenciometar čiji

klizač mijenja referentni napon regulatora. Problem su pokretni dijelovi koji uslijed stalnog rada gube na pouzdanosti i zahtijevaju stalnu brigu i održavanje.

4.2.2. Digitalni regulator (tip Eale 201)

To je elektronička pločica. Osnovne namjene su joj integrator, operator funkcija, množitelj, a u razmatranoj primjeni se koristi kao generator ramp funkcije s digitalnim ulazom i kao generator ramp funkcije s analognim ulazom. Sastoji se od naponsko frekventnog pretvarača, kontrolno logičkih krugova, brojača, D/A pretvornika i izvora visokostabilnog napona.
Regulator EALE 201 izrađen je u poluvodičkoj tehnici i nema mehaničkih pokretnih dijelova. Ugradnja je jednostavna, zauzima mali prostor, nema održavanja.

4.2.3. Zaštita generatora

Relejna zaštita generatora (Tablica 4.1.) [3] se sastoji od niza strujnih i naponskih mjernih transformatora. Strujni transformatori se nalaze na strani izvoda generatora i na strani zvjezdišta transformatora. Postoje tri grupe transformatora. Jedna grupa služi za mjerenje nulte komponente struje i nalazi se na strani izvoda. Druge dvije grupe od po tri transformatora se nalaze na strani izvoda i na strani zvjezdišta. Svi su prijenosnog omjera 1500/5 A, snage 30 VA. Prva skupina je smještena u 6 kV ćeliji A1, a druga skupina u zvjezdištu Z1. Nazivni podatci relejne zaštite su:

Tablica 4.1. Zaštita generatora 10 M*W*

	Glavna zaštita F101	Rezervna zaštita F102	Zaštita od zemljospoja rotora F103
Tip	7UM62, Siemens	7UM61, Siemens	7XR61, Siemens
Tvornički broj	BF0606052953	BF0606052950	BF0606069756
Mjerna struja	5 A	5 A	-
Mjerni napon	100 – 125 VAC	100 – 125 VAC	-
Frekvencija	50, 60 Hz	50, 60 Hz	50, 60 Hz
Lokacija	Ormar zaštite R1	Ormar zaštite R1	Ormar zaštite R1

4.2.4. Sinkronizacija generatora na mrežu

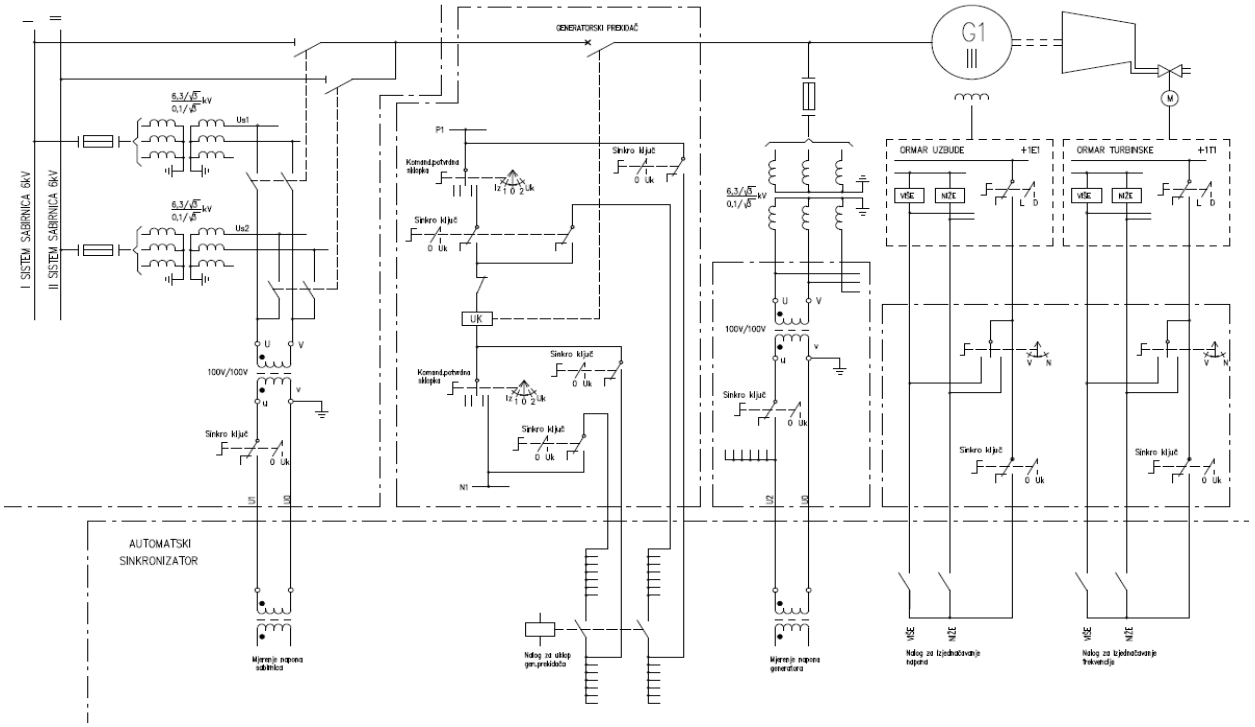
Shema sinkronizacije za generator 10 MW prikazana je na slici 27. Sustav sinkronizacije se koristi kako bi se spojila dva sustava koju imaju isti napon i istu frekvenciju. Da bi se odredio točan trenutak spajanja dva sustava potrebno ih je izjednačiti po iznosu napona, po iznosu frekvencije, faznom kutu i klizanju između ta dva napona.

Sinkronizacija je moguća ručno kada prateći dvostruki voltmetar, dvostruki mjerač frekvencije i sinkronoskop, ručno izjednačavajući napone ručno uključimo prekidač u pravom trenutku.

Automatska sinkronizacija nakon uključenja sama izjednačava napone i kada su postignuti zadani parametri sama uključuje prekidač.

Oprema sinkronizacije (Slika 4.2.) [3] se sastoji od opreme za vizualno praćenje sinkronizacije, (dvostruki voltmetar, dvostruki mjerač frekvencije i sinkronoskop), koji su smješteni u komandnoj ploči II (KP II) polje 3, sinkronizacijske preklopke sa sinkroključem i komandnopotvrdne preklopke za uklop prekidača koji se nalaze svaki u polju pojedinog mjesta sikronizacije (za G1 to je KP II polje 4, za spojno polje to je KP II polje 3, za G2 to je KP II polje 2, za G3 to je KP II polje 1, za dovod 2 to je KPI polje 14, za dovod 3 to je KP I polje 13, za dovod 1 to je KP I polje 12).

Oprema automatskog sinkronizatora smještena je u KP II polje 1. Automatski sinkronizator Syncrotact 5 , preklopka za izbor načina sinkronizacije, sijalica za TEST i tipkalo za uključenje na sabirnice bez napona se nalaze s prednje strane a zaštitni automat, pomoćni releji i redne stezaljke se nalaze sa zadnje strane.



Slika 4.2. Sinkronizacija generatora 10 MW na mrežu

4.3 Generator 2,5 MW

Generator 3,6 MVA (Slika 4.3.) [3] je trofazni sinkroni generator. Nazivni napon je 6300 ±5 % V, nazivna struja 330 ±5 % A, faktor snage 0,7, frekvencija 50 Hz, broj okretaja 3000. Nazivni napon uzbude je 110 V, a struja uzbude 235 A. Generator je proizveden u Končaru, 1958. godine. Ovaj generator se ne koristi u radu tvornice šećera.

4.3.1. Zaštita generatora

Relejna zaštita generatora se sastoji od niza strujnih i naponskih mjernih transformatora. Strujni transformatori se nalaze na strani izvoda generatora i na strani zvjezdišta transformatora. Prijenosni omjeri su (Tablica 4.2.) [3] 400/5 A i 200/5 A. Smješteni su u 6 kV ćeliji na lokacijama A17 i Z2. Naponski transformatori su omjera 6/√3/0.1/√3/0.1/3 kV Nazivni podatci relejne zaštite su:

Tablica 4.2. Zaštita generatora 2,5 MW

	Glavna zaštita F201	Zaštita od zemljospoja rotota F203
Tip	7UM62, Siemens	7XR61, Siemens
Tvornički broj	BF0606052953	BF0606069756
Mjerna struja	5 A	-
Mjerni napon	100 – 125 VAC	-
Frekvencija	50, 60 Hz	50, 60 Hz
Lokacija	Ormar zaštite R1	Ormar zaštite R1



Slika 4.3. Generator Rade Končar 2,5 MW

4.4 Generator 6 MW

Generator je trofazni sinkroni generator. Nazivna snaga iznosi 7500 kVA, nazivni napon je 6300 ±5 % V, nazivna struja 687 ±5 % A, faktor snage 0,8, frekvencija 50 Hz, broj okretaja 3000 o/min. Nazivni napon uzbude je 108 V, struja uzbude 285 A. Sinkrona reaktancija iznosi 180 ±15 %.

4.4.1. Zaštita generatora

Relejna zaštita generatora se sastoji od niza strujnih i naponskih mjernih transformatora. Strujni transformatori se nalaze na strani izvoda generatora i na strani zvjezdišta transformatora. Prijenosni omjeri su (Tablica 4.3.) [3] 800/5 A i 200/1 A. Smješteni su u 6 kV ćeliji na lokacijama A21 i Z3. Naponski transformatori su omjera 6/0.1 kV Nazivni podatci relejne zaštite su:

Tablica 4.3 . ***Zaštita generatora 6 MW***

	Glavna zaštita F101	Rezervna zaštita F102	Zaštita od zemljospoja rotota F103
Tip	7UM62, Siemens	7UM61, Siemens	7XR61, Siemens
Tvornički broj	BF0606052953	BF0606052949	BF0606069757
Mjerna struja	5 A	5 A	-
Mjerni napon	100 – 125 VAC	100 – 125 VAC	-
Frekvencija	50, 60 Hz	50, 60 Hz	50, 60 Hz
Lokacija	Ormar zaštite R1	Ormar zaštite R1	Ormar zaštite R1

5. TRANSFORMATORI

U Tvornici šećera Osijek transformatore možemo podijeliti u dvije skupine. Imamo transformatore prijenosnog omjera 35/6,3 kV (Slika 5.1.) [3] i transformatore omjera 6,3/0,4 kV. U prvoj grupi se nalaze tri transformatora koji povezuju postrojenje s mrežom Hep – a. U drugoj grupi je veći broj transformatora različitih snaga koji su razmješteni po pogonu (ovisno o potrebi).

5.1 Transformatori 35/6,3 kV

Transformatori koji povezuju tvornicu šećera s vanjskom mrežom nalaze se uz energanu. Dva transformatora imaju nazivne snage 2500 kVA i jedan je snage 1600 kVA. Veći transformatori su u paralelnom radu.

Nazivni podatci tih energetskih transformatora su: 2500 kVA, grupa spoja Yd5, hlađeni su uljem. Težina transformatora je 6,65 tona, a težina ulja je 1,61 tona. Maksimalni prijenosni omjer je 36/7,2 kV. Maksimalna struja na primarnoj strani iznosi 41,24 A, a na sekundarnoj strani 229,1 A. Napon kratkog spoja transformatora iznosi 6,01 %.



Slika 5.1. Transformatori 35/6,3 kV u Tvornici šećera Osijek

Spoj zvijezda trokut je pogodan za nesimetrično opterećenje i često se upotrebljava. Jednofazno sekundarno opterećenje prenosi se primarno na odgovarajuću fazu i struja opterećenja može teći iz izvora u spomenutu fazu i vratiti se u izvor, a da pri tome ne prolazi kroz ostale dvije neopterećene faze.

Ako jedan transformator nije dostatan da daje određenu snagu priključenim trošilima, takvom transformatoru je potrebno priključiti jedan ili više paralelnih transformatora. Transformatori su u paralelnom radu kada su im primari spojeni na istu sabirnicu i sekundari spojeni na istu sabirnicu.

Da bi dva ili više transformatora radili paralelno, oni moraju imati:

-jednake prijenosne omjere napona (jednake koeficijente transformacije). Jednake ili približno jednake nazivne napone. Nazivni naponi mogu se eventualno neznatno razlikovati (±2,5 %), ali prijenosni odnosi moraju biti jednaki. Nejednakost prijenosnog odnosa izaziva struje izjednačenja koje bi tekle između transformatora i dodatno ih zagrijavale, dok nejednakost nazivnih napona ima za posljedicu da je jedan transformator naponski prenapregnut, što dovodi do magnetskog preopterećenja jezgre

-odnos nazivnih snaga transformatora koji nije veći od 1: 3

-jednake napone kratkog spoja, odnosno smiju se razlikovati najviše 10 % od neke srednje vrijednosti kratkog spoja svih paralelno spojenih transformatora. U slučaju da se naponi kratkog spoja znatnije razlikuju, transformatori su preopterećeni ili podopterećeni. Također, ako naponi kratkog spoja paralelno spojenih transformatora nisu jednaki, tada je povoljnije da manji transformator ima veći napon kratkog spoja i obratno, jer relativno veće opterećenje preuzima transformator koji ima manji napon kratkog spoja. Ako su naponi kratkog spoja paralelno spojenih transformatora nejednaki, postrojenje treba rasteretiti tako da srednji napon kratkog spoja bude jednak najmanjem naponu kratkog spoja, tj. transformator s najmanjim smije se opteretili nazivnim opterećenjem.

-Jednake grupe spoja (za trofazne transformatore). Pri tome je bitan kut zaostajanja fazora napona, odnosno satni broj. To znači da se mogu paralelno spojiti na istu sabirnicu istoimene stezaljke samo transformatori istog satnog broja (npr. 0 i 0; 5 i 5 itd.). Ako su transformatori različitih satnih brojeva (npr. 0 i 5; 6 i 11 itd.), tada se kod paralelnog spoja na niskonaponskoj strani ne spajaju zajedno na istoimene stezaljke već različito (ovisno o grupama spoja) kako bi se postigao navedeni uvjet.

Treba još spomenuti i preopterećenje transformatora (Tablica 5.1.) [3] koje može uzrokovati ozbiljne probleme. Preopterećivanje transformatora dovesti će do ubrzanog starenja, međutim ponekad je u pogonu to nemoguće izbjeći. Povišenje temperature namota transformatora je dinamička funkcija uslijed tereta i vanjske temperature okoline i stoga do toplinske degradacije izolacije dolazi uslijed kumulativnog učinka ova dva faktora. Poznato je da povišenje radne temperature iznad nazivne temperature smanjuje životni vijek transformatora, ali vrijedi i obratno, smanjenje radne temperature produljuje životni vijek transformatora. Stoga kratki periodi rada s teretom iznad nazivnog mogu biti uravnoteženi s dužim periodima rada pod opterećenjem manjim od nazivnog tako da je ukupni životni vijek transformatora i dalje prihvatljiv.

Odnos između relativne brzine starenja i temperature najtoplije točke namota kaže da za dani transformator pri temperaturi najtoplije točke od 98 °C, brzina starenja za papir u ulju iznosi 1,0. Svakih 6 °C iznad nazivne radne temperature dvostruko povećava brzinu starenja izolacije. Također, smanjenje temperature za 6 °C dvostruko usporava brzinu starenja izolacije.

Prema normi IEC 60076-7 dozvoljeno trajanje kratkotrajnog opterećenja u nuždi distribucijskih uljnih transformatora je obično do pola sata, odnosno trebalo bi biti kraće od toplinske vremenske konstante transformatora i ovisno je o radnoj temperaturi prije porasta tereta. Kao strujno ograničenje navodi se dozvoljeno kratkotrajno opterećenje do 2,0 p.u. nazivne struje.

Za dugotrajno terećenje u nuždi distribucijskih uljnih transformatora definirane su sljedeće granične vrijednosti:

-najveća dozvoljena struja 1,8 p.u. nazivne struje transformatora

-najviša dozvoljena temperatura najtoplije točke namota u doticaju sa izolacijskim materijalima od celuloze 140 °C

-najviša dozvoljena temperatura najtoplije točke drugih metalnih dijelova koji su u doticaju sa uljem 160 °C,

-najviša temperatura ulja 115 °C.

Prekostrujna zaštita na transformatorima (podešenja)

Tablica 5.1. Zaštita transformatora 35/6,3 kV

	Transformator 1	Transformator 2	Transformator 3
Primarna strana 35 kV			
Primarni okicač	Siemens 50 A (48,8 A; 1,5 s)	Siemens 50 A (48,8 A; 1,5 s)	Siemens 50 A (49,9 A; 1,5 s)
Sekundarni relej	Elektroinvest (4,6*In; 1,5 s)	Elektroinvest (4,6*In; 1,5 s)	Elektroinvest (4,6*In; 1,5 s)
Sekundarna strana 6 kV			
Primarni okidač	Wip 41 200 A (270 A; 1,5 s)	Wip 41 200 A (270 A; 1,5 s)	Wip 41 200 A (270 A; 1,5 s)
Sekundarni relej	250 A; 1,5 s	250 A; 1,5 s	250 A; 1,5 s

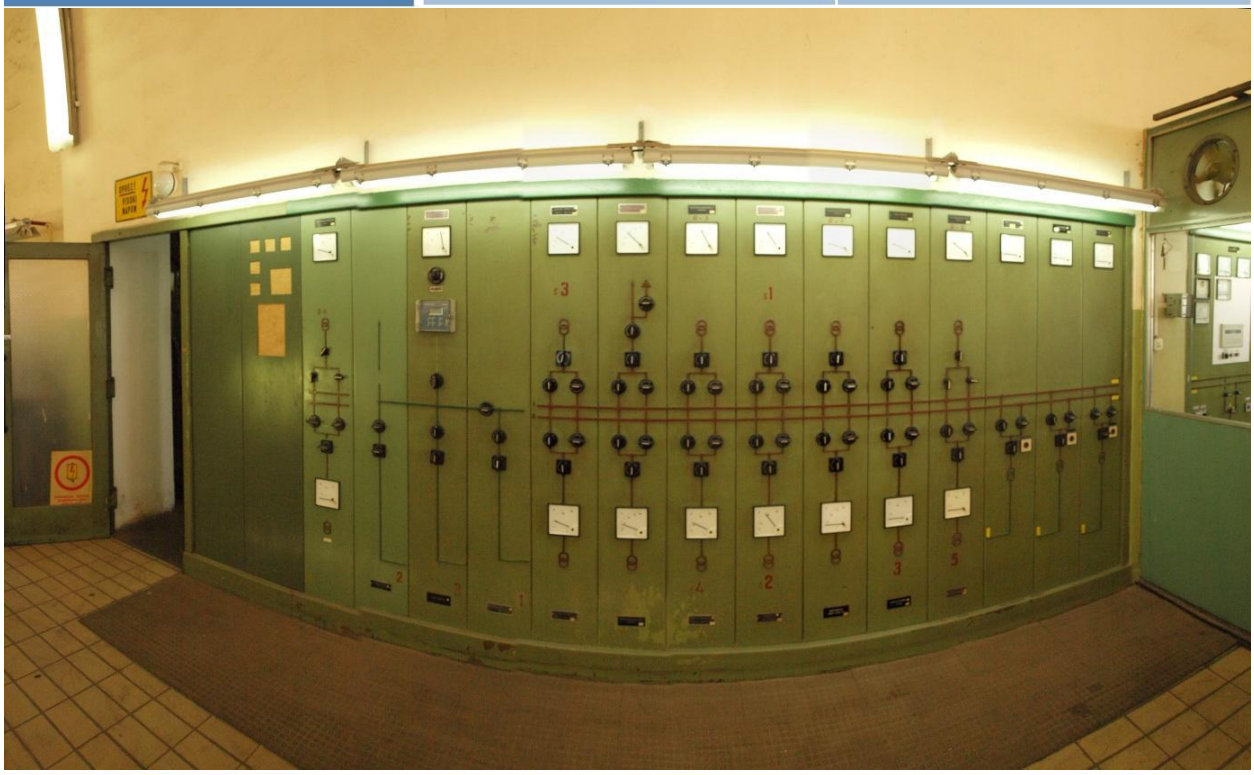
5.2 Transformatori 6,3/0,4 kV

Transformatora 6,3/0,4 kV u Tvornici šećera Osjek je veći broj. Oni su veza između transformatora 35/6,3 kV (Tablica 5.2.) [3] i pogona. Razmješteni su po cijelom pogonu, a transformatorske stanice nose imena prema dijelovima pogona u kojima se nalaze ili prema dijelovima pogona koje opskrbljuju. Velika većina stvari koje su navedene za velike transformatore odnosi se i na manje transformatore koji su raspoređeni po pogonu. Svi ovi transformatori posjeduju zaštite, a kontroliraju se iz uklopnice koja je smještena u energani.

Najveći broj transformatora u pogonu je snage 1600 i 1000 kVA. Ukupno 23 transformatora su raspoređena po tvorničkom krugu. Uz to postoje još tri manja transformatora od 630, 400 i 100 kVA. Ukupno u pogonu ima 28 većih transformatora. U tablici 5 dan je detaljniji popis transformatora. Transformatori su grupirani po transformatorskim stanicama, a za svaku stanicu su dana i okvirna opterećenja. (Tablica 5.3.) (Tablica 5.4) [3]

Tablica 5.2. Dovod 35 kV

Dovod 35 kV		
35/6,3 kV	2500 kVA	2 kom
35/6,3 kV	1600 kVA	1 kom
Trafostanica Kandit		
6,3/0,4 kV	1600 kVA	2 kom
	UKUPNO	**1100 kW**



Slika 5.2. Uklopnica u energani (komandna ploča na kojoj su prikazana stanja svih transformatora u pogonu i na kojoj je moguće pratiti i trenutnu potrošnju na istim transformatorima)

Tablica 5.3. Prikaz transformatorskih stanica u tvornici i okvirno opterećenja istih

Trafostanica sušara		
6,3/0,4 kV	1000 kVA	2 kom
	Crpka za plavljenje	
	Pogon bubnja 2 i 4	
	Potpuh 2 i 4	
	Ciklon 1, 2, 3, 4	
	Pogon presa	
	UKUPNO	**1977 kW**
Pogon elektrane i kruga		
6,3/0,4 kV	1600 kVA	2 kom
	Kotlovi 559 i 560	698 kW
	Dizalica uglja	105 kW
	Sojuz	400 kW
	Apolo	305 kW
	Steamblock	187 kW
	Vodarna	200 kW
	Bunar (tehnološka voda)	200 kW
	UKUPNO	**2095**

Trafostanica rafinerija 1, 2, 3		
6,3/0,4 kV	1000 kVA	6 kom
TS1	**UKUPNO**	**1660 kW**
	Centrifuga AW	
	Voda za plavljenje	
TS2	**UKUPNO**	**2361 kW**
	Crpka zelenog sirupa A	
	Kaskadna sušara	
	Kompresori Boge	
	Centrifuga SW	
	Voda za plavljenje	
	Crpke za mulj	
	Ventilator za Weibull	
TS3	**UKUPNO**	**2284 kW**
	Crpke zelenog sirupa B	
	Crpka za pranje pogona	
	Kompresori Boge	
	Klera B	
	Crpka recirkulacije i melase	
	Centrifuga BW	
	Centrifuga BMA	
	Centrifuga B	
	Plavne crpke	
	Pločasti transporter	
	Bubanj šećera	
	Aspiracija i klima stanica	
	Traka silosa i upuž u silosu	

TR1 + TR2	**UKUPNO**	**3142 kW**
	Crpka korijenčića	
	Svježa voda za DDS i kalcifikaciju	
	Barometrija	
	Vakuum crpke	
	Ravni puž DDS 1	
	Barometrija za zagrijače	
	Recirkulacija saturacije	
	Rolen rost	
	Vakuum crpke	
	Napojna voda	
	DDS 1, 2 i 3	
	Crpka standard sirupa	
TR3	**UKUPNO**	**1580 kW**
	Presa 5 - 12	
	Motori dekantera	
	Repna crpka	
TR4 + TR5	**UKUPNO**	**4103 kW**
	Vapnara	
	Bistri sok	
	Crpke 2. Saturacije	
	Recirkulacija	
	Rolen rost	
	Gusti i rijetki sok	
	Hamellman	
	Separatori	
	Repna traka	
	Sirovi sok	
	Difuzni sok	
	CO2	
	Mješalo Brig	
	Rezalice	

Tablica 5.4. Prikaz opterećenja transformatorskih stanica u tvornici unazad nekoliko godina

Opterećenja transformatora VN					
	10/08	11/08	09/09	11/11	09/12
Šećerana 1 1600 kVA	115	115	30	110	95
Šećerana 2 1600 kVA	115	115	30	110	95
Šećerana 3 1600 kVA	70	50	0	90	70
Šećerana 4 1600 kVA	90	100	50	80	60
Šećerana 5 1600 kVA	80	80	40	65	60
Rafinerija 1 2x1000 kVA	110	120	140	110	100
Rafinerija 2 2x1000 kVA	100	80		120	100
Rafinerija 3 2x1000 kVA	140	150	70	120	130
Suhi istovar 1+1x1600 kVA	80	70	30	70	60
Deponija 1600 kVA					
Sušara 2 x 1000 kVA	70	95	0	85	
Energana 3 1600 kVA	65	45	40	30	70
Energana 5 1600 kVA	65	45	40	25	60
Drava 630 kVA	35	30	15	30	
Silos 1000 kVA	100	80	90	70	30
Kandit 2 x 1600 kVA			25	30	100

S obzirom da je na visokonaponskoj strani maksimalno opterećenje transformatora od 1600 kVA 146,6 A, a opterećenje 1000 kVA transformatora 91,6 A možemo zaključiti kako su svi transformatori opterećeni unutar svojih mogućnosti. Opterećenja na niskonaponskoj strani transformatora iznose 1443 A za 1000 kVA transformatore i 2309 A za 1600 kVA transformatore.

5.2.1. Kompenzacija

U Tvornici šećera Osijek postoji sustav kompenzacije. Na taj način se smanjuju gubitci i popravlja kvaliteta električne energije unutar tvorničkog kruga. Uz sve to, kompenzacijom se smanjuju i troškovi jer sve što nije unutar propisanih vrijednosti, a utječe na vanjsku mrežu Hep – a, se naplaćuje.

Snaga uzeta iz mreže jednaka je umnošku napona i struje, što vrijedi za omske potrošače kod periodički promjenjivih veličina sinusnog oblika (žarulje, grijači). U ovom slučaju, struja vremenski ne kasni za naponom, odnosno, nema faznog pomaka, pa struja i napon prolaze kroz nulu u isto vrijeme. Budući je kod ovakve vrste potrošača snaga pretvorena, koristimo termin radna, tj. djelatna snaga. Potrebna energija za nastanak induktivnih polja ne može se pretvoriti u radnu (djelatnu) snagu, stoga snagu potrebnu za nastanak magnetskih polja zovemo jalova snaga. Jalova struja potrebna je za rad induktivnih potrošača (motori, transformatori) čiji induktivni otpor uzrokuje fazni pomak za kut ø, odnosno, vremensko kašnjenje struje za naponom u prolasku kroz nulu. Budući da je kod prijenosa električne energije jalovi dio beskoristan i nepotrebno opterećuje mrežu, treba ga održavati na najnižim mogućim vrijednostima. U tu svrhu koristimo uređaj za kompenzaciju jalove snage.



Slika 5.3. Uređaj za kompenzaciju jalove snage

Uređaj za kompenzaciju jalove snage (Slika 5.3.) [3] sprječava prijenos jalove snage mrežom, odnosno, stvara jalovu snagu potrebnu za rad induktivnih potrošača u neposrednoj blizini. Kako kod kondenzatora (kapacitivni potrošači) jalova struja prethodi naponu, udjeli kapaciviteta i induktiviteta se međusobno izjednačavaju i tu pojavu koristimo za kompenzaciju jalove snage u

mreži. Drugim riječima, jalova snaga potrebna za rad induktivnih potrošača neće biti uzeta iz mreže, već iz uređaja za kompenzaciju jalove snage. Pritom treba voditi računa da ne pretjeramo sa kompenzacijom jalove snage, budući to može izazvati gospodarsku štetu i probleme tehničke prirode. Kako bismo izbjegli navedene probleme, moramo osigurati da vrijednosti električnih i magnetskih polja (kapacitet i induktivitet) budu istih vrijednosti, ali suprotnih predznaka. To možemo postići:

-fiksnim kompenzacijama

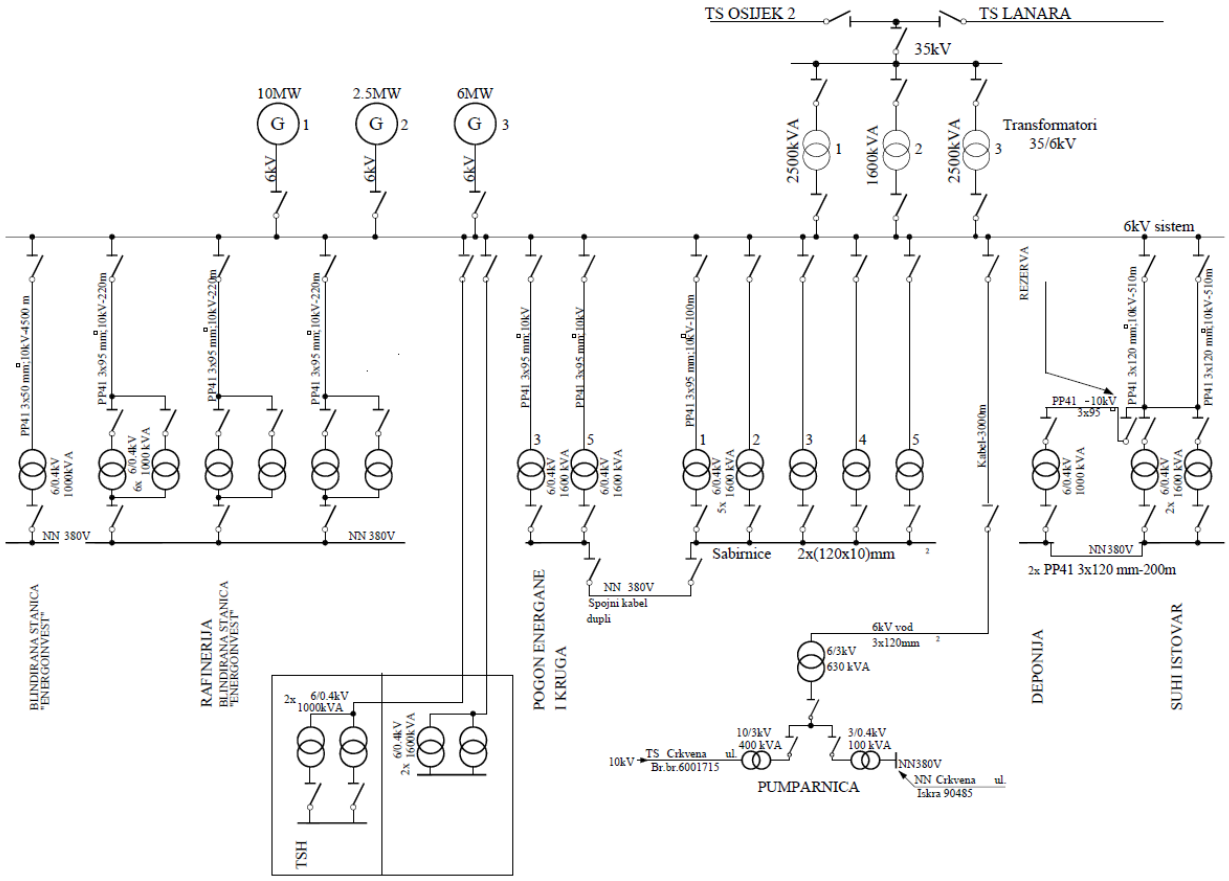
-automatskim kompenzacijama

Kod fiksnih kompenzacija, pojedinačnih ili grupnih, moramo osigurati da kondenzatorska baterija bude uključena u vrijeme kada je uključen potrošač ili grupa potrošača, kako ne bi došlo do prekompenziranja. Ovakva vrsta kompenzacije jalove snage primjenjiva je kod manjeg broja jačih induktivnih tereta. U slučaju kada imamo velik broj induktivnih potrošača, manjih snaga, sa čestim uklopima i isklopima, primjena fiksnih kompenzacija nije moguća. U tom slučaju koristimo automatske uređaje za kompenzaciju jalove snage. Automatski uređaj jalove snage opremljen je mikroprocesorskim regulatorom koji na osnovi podataka iz mreže uklapa i isklapa određene kondenzatorske grupe, te na taj način održava faktor jalove snage (cos ø) u granicama normale (što iznosi od 0,95 - 1 induktivno). Vrijednost cos ø = 0,95 - 1 induktivno osigurava da potrošnja jalove energije ne prelazi 1/3 utrošene radne energije (što HEP ne naplaćuje). Dakle, prilikom odabira tipa kompenzacije, moramo biti upoznati s više čimbenika kako bi odabir kompenzacije bio pravilan.

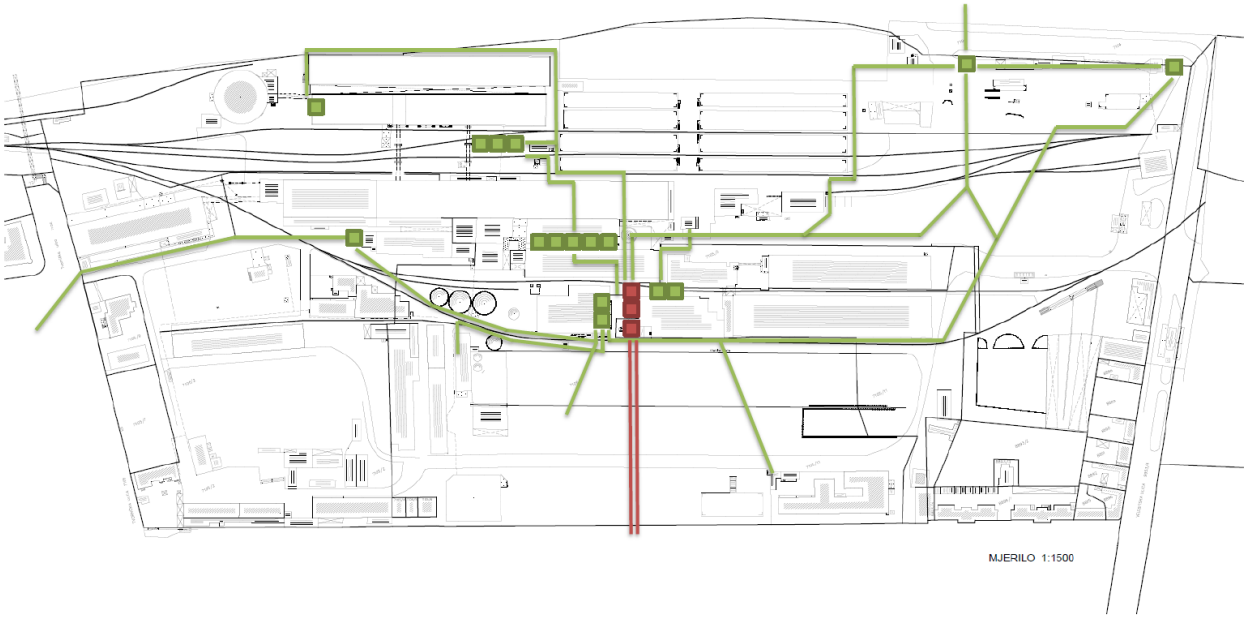
Važno je reći da u NN i SN mrežama, osim struja standardne frekvencije 50 Hz, dolazi do pojave struja viših harmonika. Pojava viših harmonika u mreži ovisi o više faktora i teško je predvidjeti njihovu pojavu. Najčešće, prisustvo viših harmonika utvrdimo tek kada oni uzrokuju nemala oštećenja i štete na električnim uređajima i uređajima za kompenzaciju jalove snage. Ukoliko postoji sumnja u mogućnost pojave struja viših harmonika u mreži, potrebno je odabrati uređaj za kompenzaciju jalove snage koji u sebi sadrži antirezonantne filterske prigušnice.

6. VISOKONAPONSKI RAZVOD 6 kV U TVORNICI ŠEČERA OSIJEK

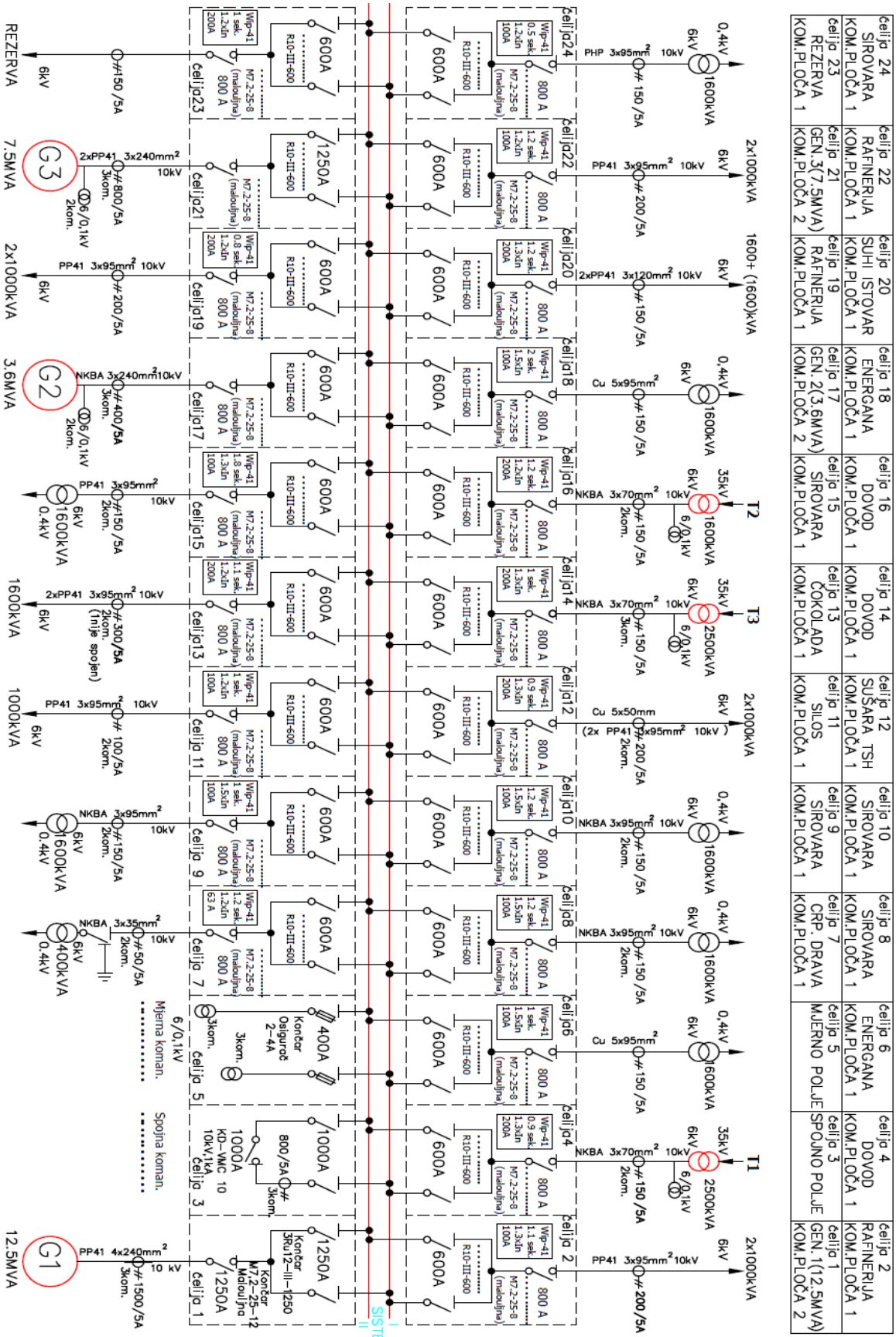
Na slijedećim stranicama ćemo prikazati visokonaponski razvod u Tvornici šećera Osijek. Razvod je na naponskoj razini od 6 kV. Razvod povezuje dolazne transformatore, energanu i sve trafostanice unutar pogona.



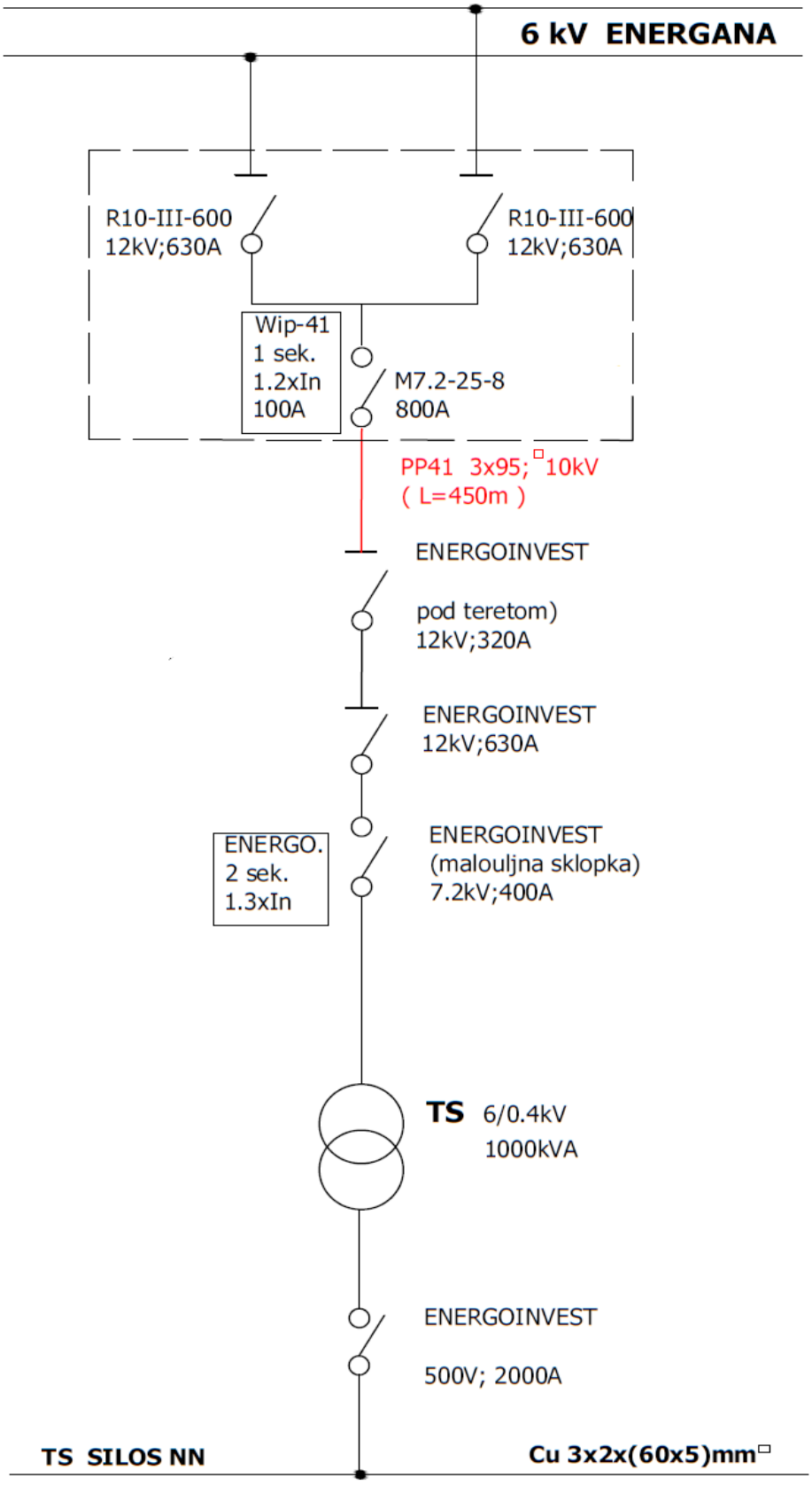
Slika 6.1. Prikaz 6,3 kV raspleta u Tvornici šećera Osijek (shema)



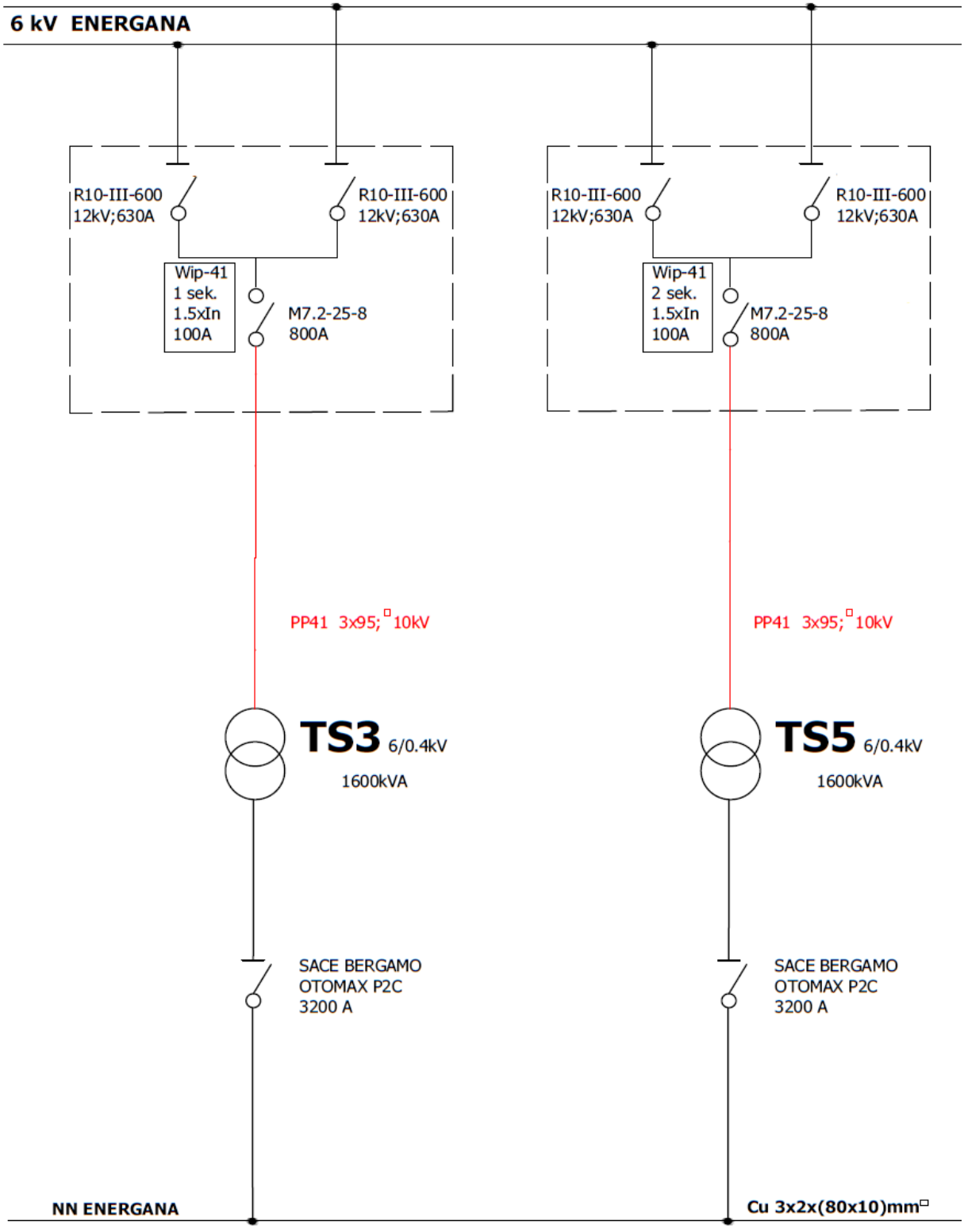
Slika 6.2. Prikaz 6,3 kV raspleta u Tvornici šećera Osijek (razmještaj kabela i TS po tvorničkom krugu)



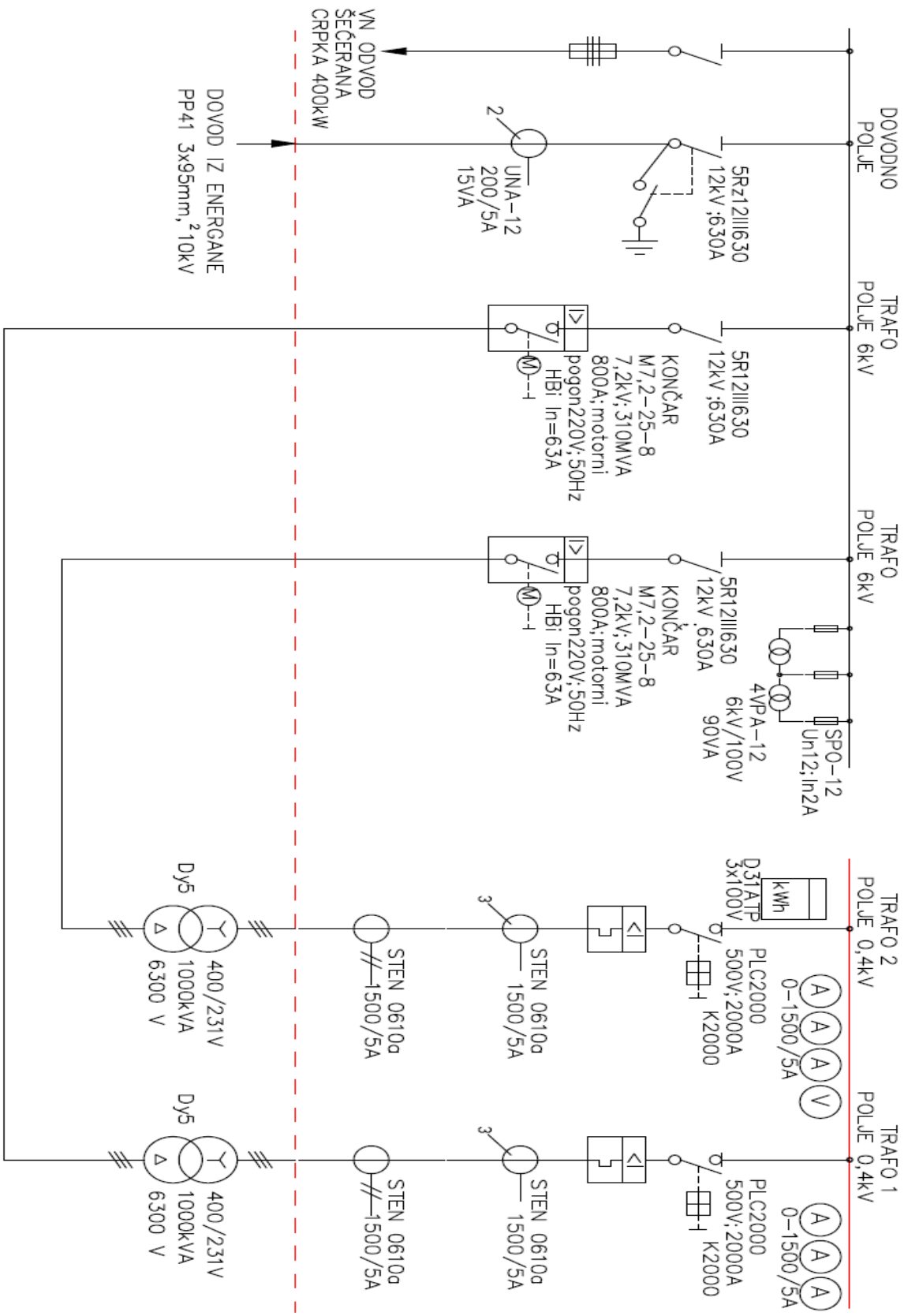
Slika 6.3. Prikaz 6,3 kV raspleta u Tvornici šećera Osijek (specifikacije opreme)



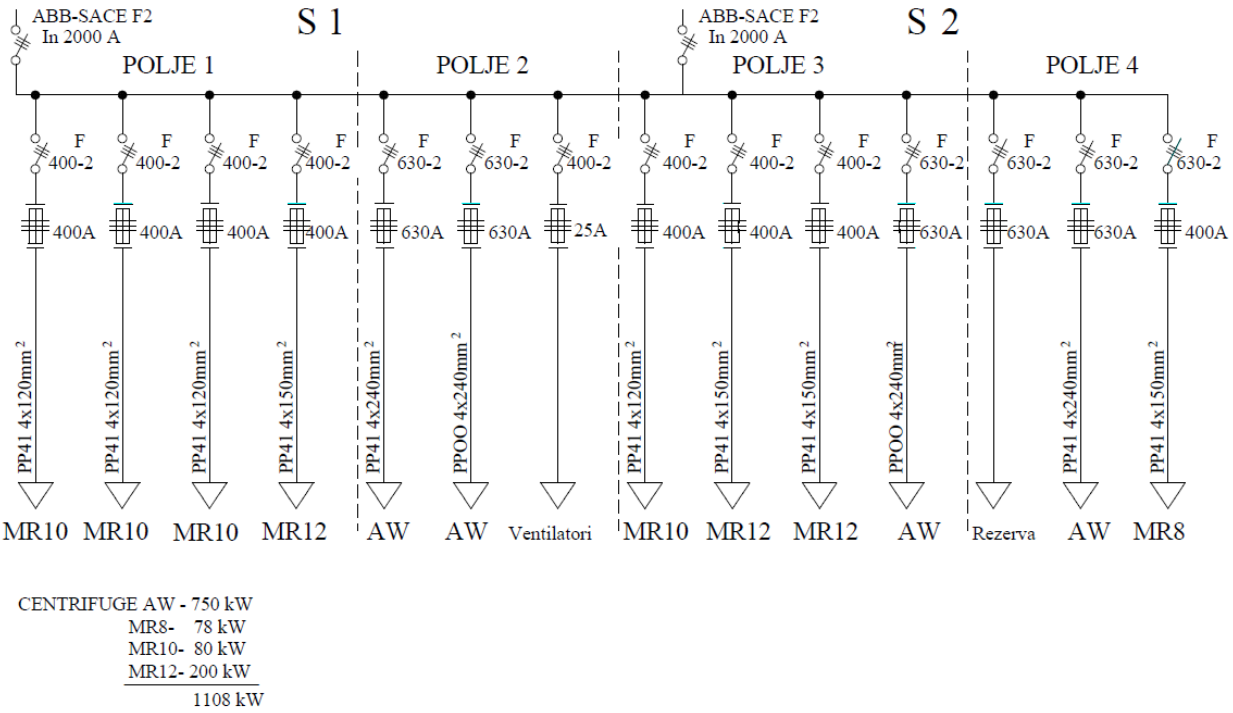
Slika 6.4. Shema TS silos



Slika 6.5. Shema TS vlastita potrošnja

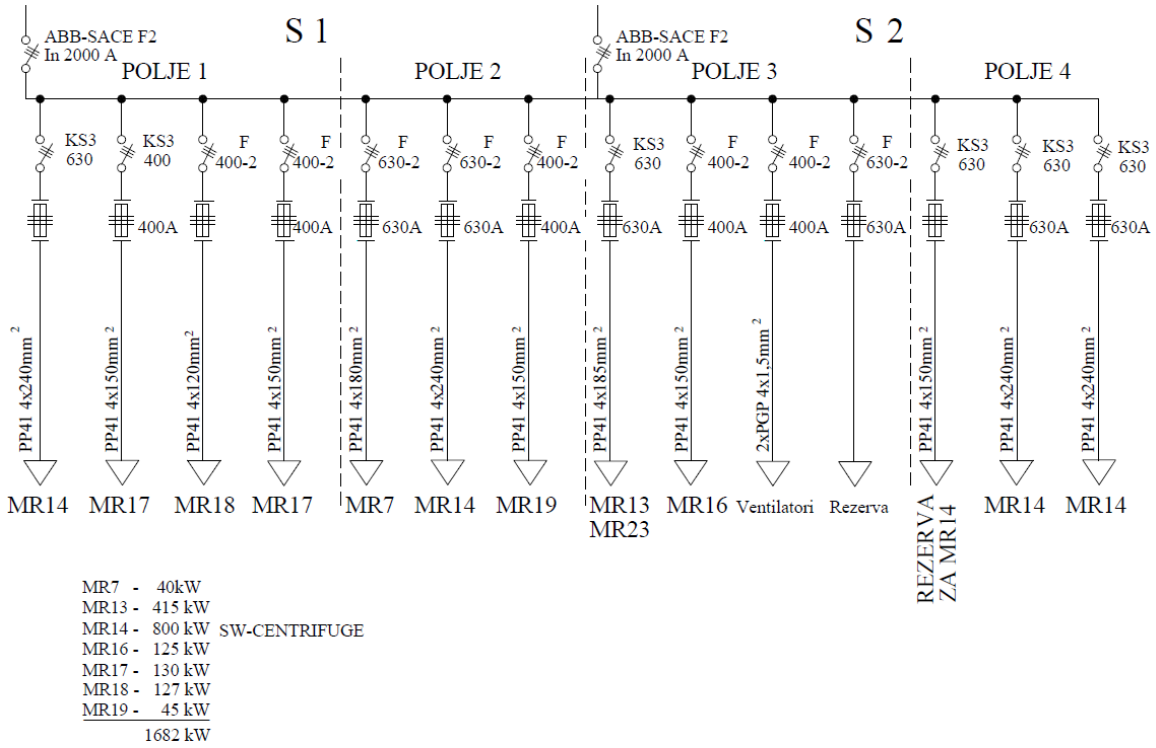


Slika 6.6. *Shema TS sušara*



CENTRIFUGE AW - 750 kW
MR8- 78 kW
MR10- 80 kW
MR12- 200 kW
1108 kW

6.7. Niskonaponski razvod u Tvornici šećera Osijek



Slika 6.8. Shema TS1 rafinerija

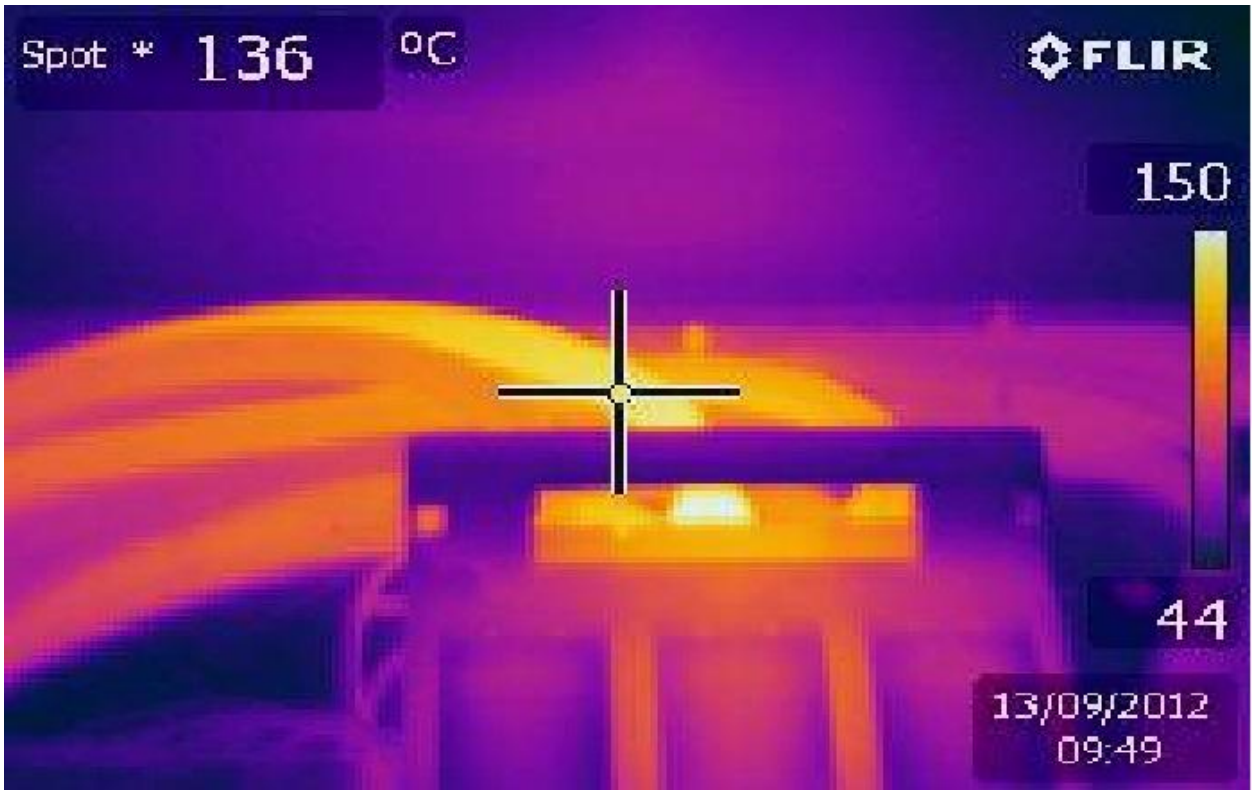
Na slikama je vidljiv prikaz niskonaponskog razvoda (Slika 6.1) (Slika 6.2) (Slika 6.3) (Slika 6.4) (Slika 6.5) (Slika 6.6.) (Slika 6.7.) (Slika 6.8) [3] iz dvije od tri trafostanice rafinerije. Kompletan niskonaponski razvod je za cijeli pogon izrađen kao što je prikazano. Riječ je o napajanju raznih dijelova postrojenja ili zasebnih uređaja. Sve sheme su kao što je prikazano na slici. Vidljivo je iz kojeg polja u trafostanici kabel dolazi, vidljivi su osigurači, dimenzije kabela, gdje kabeli vode i što napajaju.

7. REMONT ENERGANE

Opsezi remonta postrojenja se utvrđuju planom remonta na osnovi pogonskih praćenja tijekom kampanje. Plan remonta izrađuje služba energane i kotlovnice, a usvaja ga uprava. Manje zahvate remonta obavlja pogonsko 56

Remont elektroenergetskih objekata, postrojenja i napajanja elektroenergetske mreže se provodi sukladno rezultatima preventivnog godišnjeg nadzora koji obuhvaća kompletan pregled i osnovno održavanje tih objekata i postrojenja, koji se načelno provodi svake dvije godine. Veći zahvati koje se tom prilikom moraju provoditi, planiraju se u okviru godišnjeg investicijskog održavanja. Specijalistički radovi naručuju se od ovlaštenih poduzeća, a ostale radove provodi elektro služba. Kako se dio radova obavlja na visokonaponskim postrojenjima, to zahtijeva postupanje po posebnim internim pravilima za takve radove, te nadzor i dozvolu nadležne inspekcije. Kod radova važno je konzultirati tehničku dokumentaciju. Remont elektroenergetskog razvoda i pogona je dominantni posao remonta ove službe. Obuhvaća rastavljanje svih strojeva i uređaja, pregled i čišćenje, zamjenu oštećenih ili potrošenih dijelova strojeva i podešavanje zaštite. Kod elektromotora, kontrola i zamjena ležajeva. Često je nužno skidanje i održavanja motora u radionici službe, uz uporabu dizalica i ekipnog rada. Kod održavanja upravljačkih dijelova postrojenja je nužno konzultirati tehničku dokumentaciju. Remont uređaja za mjerenje i regulaciju (automatizacija) se obavlja također tijekom godišnjeg remonta, a obuhvaća dvije osnovne grupe radova: mehaničko održavanje tih uređaja, elektroničko i pneumatsko održavanje. (Slika 8.1) [3] Te radove obavljaju za to specijalizirane grupe ove službe. Ekspertna održavanja i podešavanja povjeravaju se također ovlaštenim tvrtkama. Remont ostalih električnih instalacija i uređaja, te gromobranskih instalacija se obavlja temeljem plana investicijskog održavanja i na osnovi nalaza periodičnih pregleda tih instalacija. Bitna uloga remonta je održavanje pouzdanosti i pogonske spremnosti tehnoloških sredstava za pogon Kampanje, te eliminiranje rizika od većih šteta mogućeg kvara. osoblje, a veće i stručno zahtjevnije, obavlja za to specijalizirana vanjska tvrtka. Organizacijske radove obavlja rukovoditelj energane (prikupljanje ponuda, odabir najpovoljnijih).

Koordinaciju među vanjskim izvoditeljima, vlastitim ekipama i nadzor nad izvođenjem radova obavlja šef energane preko oranizatora remonta, koji neposredno obavlja poslove remonta. Stručni nadzor obavlja rukovoditelj energane, odnosno rukovoditelj službe energane i kotlovnice.



Slika 8.1. Snimka termovizijskom kamerom. Snimke se koriste za popravke u razdoblju remonta pogona

8. ZAKLJUČAK

Na temelju ovog završnog rada možemo vidjeti koliko je zapravo složen process proizvodnje šećera i koliko u njemu ima manjih podprocesa važnih za njegovu realizaciju.Vidimo kako se kroz godine od početka rada tvornice sve vise i vise povečava potreba za šečerom i kako tvornica odgovara s povečanjem na zahtjevanu potražnju. U ovom radu se spominju svi važni procesi koji su neophodni za dobivanje konačnih proizvoda iz sirovina.Uz to se sve također detaljnije objašnjavaju procesi koji su bitni za našu struku odnosno elektrotehniku.Svaki od električnih strojeva je posebno objašnjen i predočeni su njihovi grafovi radi lakšeg uviđaja u sam rad istih.U tvornici šečera Osijek postoji mnogo strojeva čiji rad bi mogli još detaljnije proanalizirati ali zbog dužine samog rada sam morao odusati od toga. Predstavljena logika razmišljanja i metode rješavanja zasigurno pomažu u stjecanju neophodnog iskustva vezanog za samo razumijevanje funkcioniranja tvornice kao jedne cijeline ali tako i svakog procesa ponaosob.Dobijamo uvid u važnost naše struke u prehrambenoj idustriji , te smo proučili njenu široku primjenu.Ovu temu sam odabrao iz razloga što me uvijek zanimalo na koji se način proizvodi šečer i druge prehrambene namirnice, te sam istraživajem došao do kompletnog procesa kojeg sam izložio u završnom radu.

POPIS UPOTREBLJENE LITERATURE

[1] Priručnik za industriju šećera – Slobodan Šušić, Štamparija PTT Beograd, 1980.

[2] - Parne turbine – Jugoturbina, Karlovac

[3] Plan Tvornice šećera Osijek za 2002. godinu [4]

SAŽETAK

U završnom radu opisani su svi važni procesi pri proizvodnji šećera u tvornici šećera Osijek.Svi procesi su pojedinačno objašnjeni kako bi imali bolji uvid u proces prerade sirovina u konačni produkt šećernu repu.Opisanu su također i svi električni strojevi koji su potrebni za za taj cijelokupan proces.

Ključne riječi: Tvornica šećera, energenti , skladištenje , turbine , generatori , transformatori , energija , prerada , postrojenje , hlađenje , grijanje

ABSTRACT

The final paper describes all the important processes in the manufacture of sugar in sugar factory Osijek.All processes are explained individually in order to have a better insight into the process of raw materials to the final product of sugar beet. Describes includ all electrical machines which are needed for this whole process.

Keywords: sugar factories, utilities, storage, turbines, generators, transformers, energy, processing, installation, refrigeration, heating

ŽIVOTOPIS

Renato Palić rođen je 24.7.1991 u Osijeku .U osijeku je 2006 godine završio osnovnu školu „Reftala“ u Osijeku s odličnim uspjehom te nakon toga upisuje srednju školu „Matematička gimnazija“ koju završava 2010 godine te se upisuje na preddiplomski studij elektrotehnike na „Elektrotehnički fakultet u Osijeku“ 2010 godine.

Aktivno se služi engleskim jezikom, računalom i informatički je pismen (MS Word, MS Excel, MS PowerPoint, MS Visio).

Nakon završetka preddiplomskog studija namjera mu je upisati diplomski studij na Elektrotehničkom fakultetu u Osijeku, te po završetku studija raditi u struci.

U Osijeku ,15.09.2014.

Renato Palić:

