

Opis postrojenja Termoelektrana-toplana Osijek

Blažević, Vedran

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

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:200:435425>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-10**

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**

Stručni studij

**OPIS POSTROJENJA TERMOELEKTRANA-
TOPLANA OSIJEK**

Završni rad

Vedran Blažević

Osijek, 2023 godina.

Sadržaj

1. UVOD.....	1
1.1. ZADATAK ZAVRŠNOG RADA	1
2. POVIJEST.....	2
3. TE- TO OSIJEK.....	5
3.1. STEAMBLOK kotlovnica i plinsko turbinski agregati	6
3.1.1. PLINSKO TURBINSKA ELEKTRANA.....	9
3.1.2. KNOT.....	14
3.2. BLOK 45 MW.....	15
3.2.1. PARNA TURBINA.....	18
3.2.2. GENERATOR.....	19
3.2.3. ULJNI SUSTAV	20
3.2.4. Transformatorska stanica TS 110/35/10kV Osijek 2	21
4. BE-TO	22
4.1. OPIS PROCESA PROIZVODNJE.....	23
.....	24
4.1.1. Ciklus i proizvodnja toplinske energije u procesu	25
4.1.2. Ciklus vode u proizvodnji električne i toplinske energije	26
4.1.3. Isporuka topline.....	28
5. ZAKLJUČAK.....	29
LITERATURA.....	30
SAŽETAK.....	31
ABSTRACT	31
ŽIVOTOPIS.....	32
PRILOG.....	33

1. UVOD

U ovome završnom radu opisano je nastajanje i razvijanje Termoelektrane – toplane Osijek (TE-TO Osijek) kroz povijest, postrojenje Termoelektrane – toplane Osijek, proces proizvodnje električne i toplinske energije, od samog ulaza vode i pogonskog goriva u proces pa sve do izlaza odnosno gotovog proizvoda koji sadrži električnu i toplinsku energiju, tehnološku paru i vrelu vodu. Postrojenje koje je opisano sastoji se od glavnog bloka snage 45 MW_E, dva plinsko-turbinska agregata (PTA1 i PTA2) ukupne snage 50 MW_E koji imaju mogućnost proizvoditi toplinsku energije zahvaljujući KNOT-u (kotao na otpadnu toplinu), steamblok kotlovnice koja sadrži tri parna kotla (SBK1, SBK2, SBK3) i najnovijeg pogona, puštenog u rad 2017.godine koji radi na šumsku biomasu – BE-TO Osijek. Vrste goriva koje se koriste za pokretanje i rad pogona su prirodni plin, ekstra-lako ulje, mazut i drvena sječka.

1.1. ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Zadatak završnog rada je koristeći se dostupnom dokumentaciji i literaturi te provedenoj stručnoj praksi u TE-TO Osijek, opisati i prikazati proizvodnju električne i toplinske energije, postrojenje TE-TO Osijek te navesti glavne dijelove pogona. Sav sadržaj treba biti prikazan skicama i shemama koji daju jasnu viziju rada u ovakvom načinu postrojenja.

2. POVIJEST

U 19. stoljeću događa se veliki gospodarski procvat u Osijeku, otvaraju se nove kulturne ustanove te se grade tvornice što dovodi do velikog broja naseljavanja ljudi. Prvi pokušaj razvijanja električne energije u Osijeku događa se 17. prosinca 1926. godine kada je puštena u rad „Osječka munjara i tramvaj“ (Sl. 2.1.). U počecima rada, zbog ogromne potražnje ljudi i tvornica, elektrana je bila primorana utrostručiti svoju proizvodnju. U ratu 1944. je bombardirana, no ubrzo je obnovljena te nastavlja sa radom. 1963. godine Osječka Munjara prestaje sa proizvodnjom električne energije i počinje raditi samo za toplinske potrebe grada Osijeka. Počinje centralizirana opskrba kućanstva i tvornica toplinskom energijom.



Slika 2.1. Osječka munjara i tramvaj [1]

50 godina nakon izgradnje prve elektrane „Munjara“, pušteno je u pogon dva plinsko turbinska agregata na lokaciji Zeleno polje (Sl. 2.2.). Plinsko turbinski agregati su izgrađeni kao vršni agregati s ciljem ublažavanja energetske krize 1973. godine. Nominalne snage 25 MW, koristili su zemni plin i ekstra lako ulje za gorivo. Iznad prvog plinsko turbinskog agregata instaliran je kotao na otpadnu toplinu sa proizvodnjom 56 tona pare po satu.



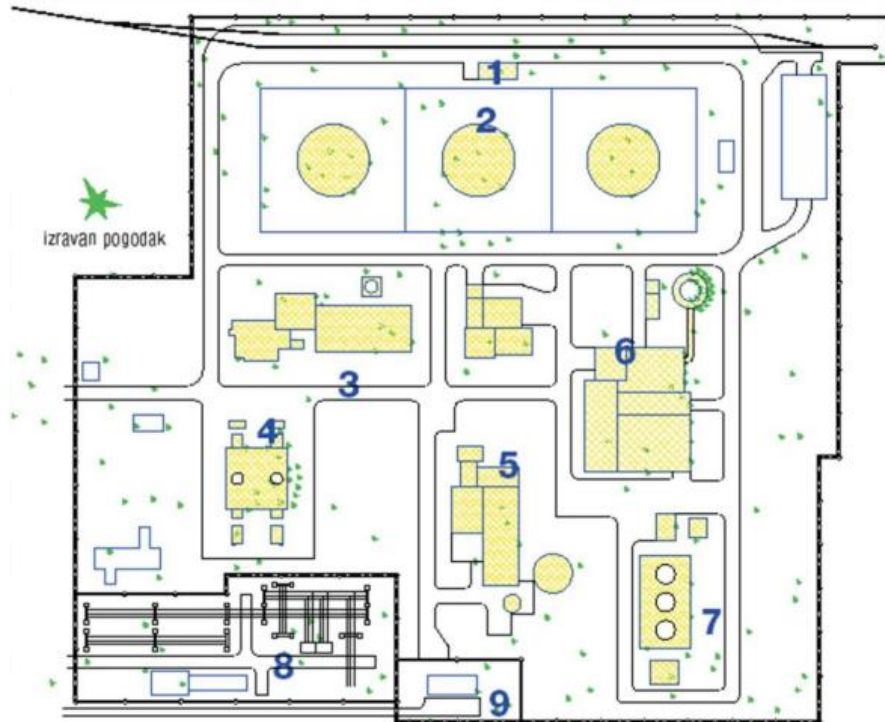
Slika 2.2. Plinsko turbinska elektrana [1]

Nakon toga, 1985. godine dolazi druga faza izgradnje i nadogradnje TE-TO Osijek. Zbog porasta potrošača, TE-TO Osijek bio je primoran izgraditi glavni blok snage 45MW (Sl. 2.3.) koji može proizvoditi električnu i toplinsku energiju u spojenom procesu. Grad Rijeka ugovara izgradnju bloka 45 MW, no zbog nedobivanja građevinske dozvole, blok je prebačen u Osijek. Trenutno je to glavni blok koji proizvodi vrelu vodu i paru za potrebe cijelog grada.



Slika 2.3. Glavni blok snage 45MW [1]

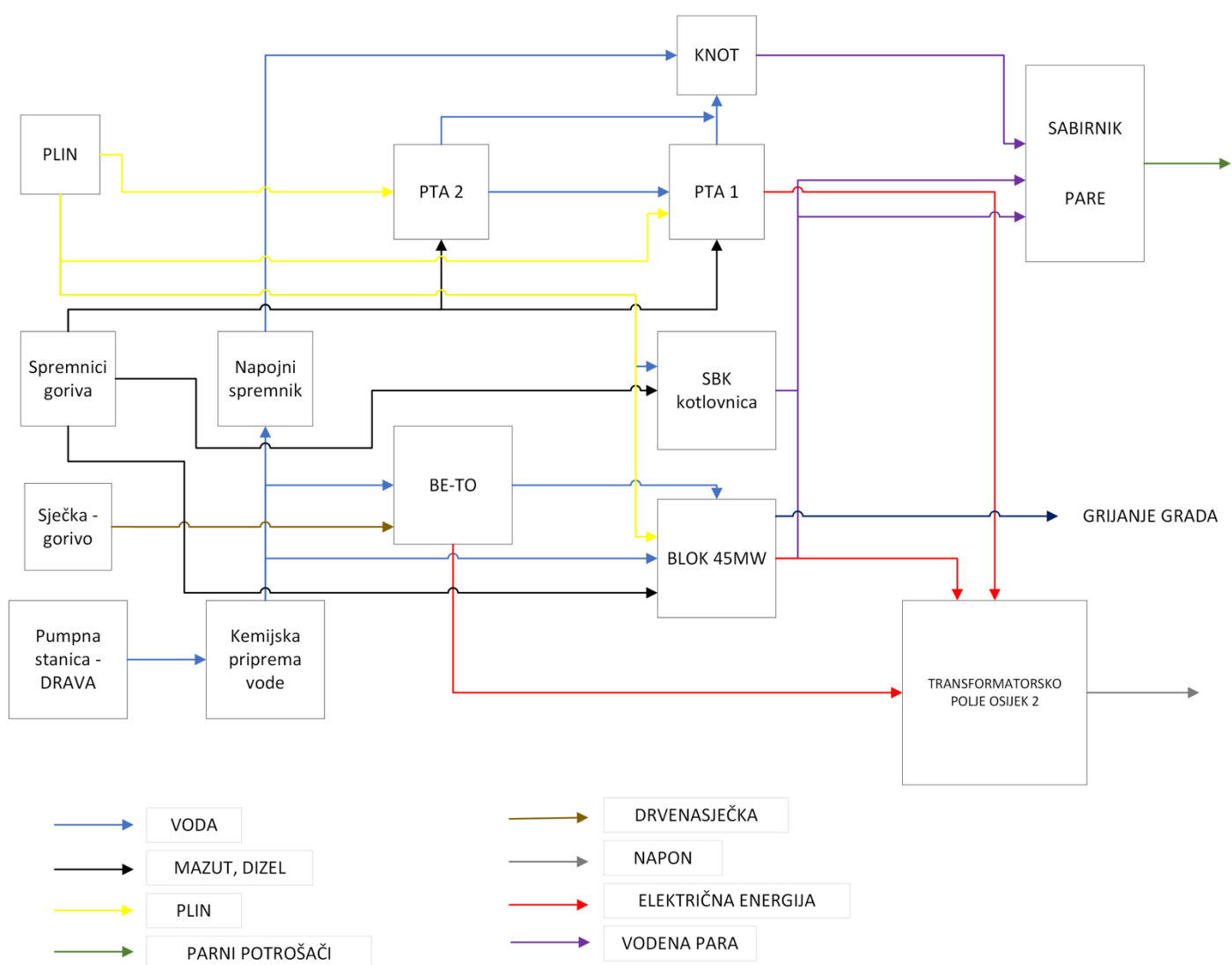
Na slici 2.4. može se vidjeti mjesta pogođena tijekom Domovinskog rata. Sa preko 300 teških projektila koja su pala u krugu pogona, jedan plinsko turbinski agregat radi tijekom cijelog rata i većinu vremena jedini je izvor električne energije u Osijeku.



Slika 2.4. Mjesta pogođena tijekom Domovinskog rata [1]

3. TE- TO OSIJEK

Termoelektrana – toplana Osijek je kogeneracijska elektrana, što znači da osim električne energije u spojenom procesu proizvodi toplinsku energiju koja služi za grijanje grada i tehnološku paru za razne industrije u gradu. Blok dijagram prikazan na slici 3.1 prikazuje TE-TO Osijek, jedan složeni pogon kojeg čine više manjih povezanih dijelova i koji zajedno čine strukturnu cjelinu. Na blok dijagramu (Sl. 3.1.) ugrubo je prikazana funkcija i distribucija određenog medija svakog postrojenja.



Slika 3.1. Pojednostavljeni blok dijagram TE-TO Osijek (dijagram nacrtan u programu Microsoft Visio)

3.1. STEAMBLOK kotlovnica i plinsko turbinski agregati

STEAMBLOK kotlovnica (SBK kotlovnica) je sustav koji se sastoji od tri parna kotla (Sl. 3.2.) koji zajedno proizvode 54 t/h (3x18 t/h) pare temperature 250 °C i tlaka 12,5 bar. Gotov proizvod služi kao tehnološka para koja se može predati preko 4,3 barskog sabirnika prema glavnom bloku kako bi pomogla u zagrijavanju vode za distribuciju grijanja grada. Plinsko-turbinski agregati (PTA) se koriste kao vršna elektranu što znači da ima brzu promjenu snage. Kada je potreba za gradom velika, ili u slučaju hitnosti plinsko-turbinski agregati mogu doći u puni radni kapacitet u samo pet minuta, dok je uobičajeno vrijeme pokretanja za rad deset minuta. Tijekom ljeta kada većina pogona nije uključena i kada su potrebe grada za proizvodnju toplinske energije minimalne, SBK kotlovnica zajedno sa plinsko turbinskom elektranom proizvodi energiju za potrebe cijelog grada. Ukoliko to ne bude dovoljno, glavni blok snage 45 MW uključuje se i pokreće proizvodnju toplinske energije kako bi se zadovoljili uvjeti za potrebe grada. Svaki od tri kotla ima isti princip, strukturu i način rada te će u daljnjem tekstu biti objašnjen samo jedan kotao.

Glavna zadaća 3 parna kotla je proizvodnja pare za industriju, ali i za vlastitu potrebu. Da bi se uopće pokrenuo kotao moraju se zadovoljiti sljedeći uvjeti: nivo vode, tlak plina (ako koristimo plin kao pogonsko gorivo) mora biti između 147 i 200 mbar, temperatura mazuta (ako koristimo mazut kao pogonsko gorivo), tlak zraka koji mora biti veći od 20 mbar te podtlak u dimovodnom kanalu koji mora biti veći od 7 mbar. SBK kotlovnica sastavljena je od kotla, uređaja za loženje i pomoćnih uređaja. Sa prednje strane kotla nalaze se po dva plamenika koji proizvode toplinu za grijanje vode. Uvjeti za paljenje i učinkovito djelovanje plamenika su: opskrba i priprema pogonskog goriva te dovod zraka za izgaranje. Zrak za izgaranje se uzima preko ventilatora koji na ulazu ima filter. Kotao ima primarni i sekundarni ventilator (Sl. 3.3.). Nakon izbora goriva daje se nalog za pokretanje. Prvo se pokreće primarni ventilator, a ako je odabran mazut pali se i sekundarni ventilator. Kreće provjetravanje kotla i provjera glavnih plinskih ventila. Nakon toga postavljaju se zaklopke za zrak u položaj za potpalu. Sustav upravljanja daje nalog za potpalu pilot plamena. Nakon što fotočelija registrira plamen, otvaraju se glavni plinski ventili. Ukoliko samo jedan od uvjeta za start nije zadovoljen, kotao ispada iz rada. Unutar kotla nalazi se ogromni spremnik sa vodom, a u vodi se nalaze dimne cijevi koje griju vodu. Na slici ispod možemo vidjeti tri prolaza kroz koje dimni plinovi moraju proći. Prvi prolaz je kroz cijev koju griju dva plamenika te kroz dva reda dimovodnih cijevi. Nakon prolaska dimnih plinova kroz kotao, plinovi odlaze u dimnjak i završavaju sa procesom.

Steamblok kotlovnica koristi zemni plin i mazut kao pogonska goriva. Sustav je napravljen tako da oba plamenika moraju raditi u isto vrijeme. Topla rezerva je održavanje kotla pod tlakom oko 12 bar. Kotao dnevno dva puta prolazi kroz toplu rezervu kako bi u slučaju hitnosti, u najkraćem vremenu počeo sa proizvodnjom.



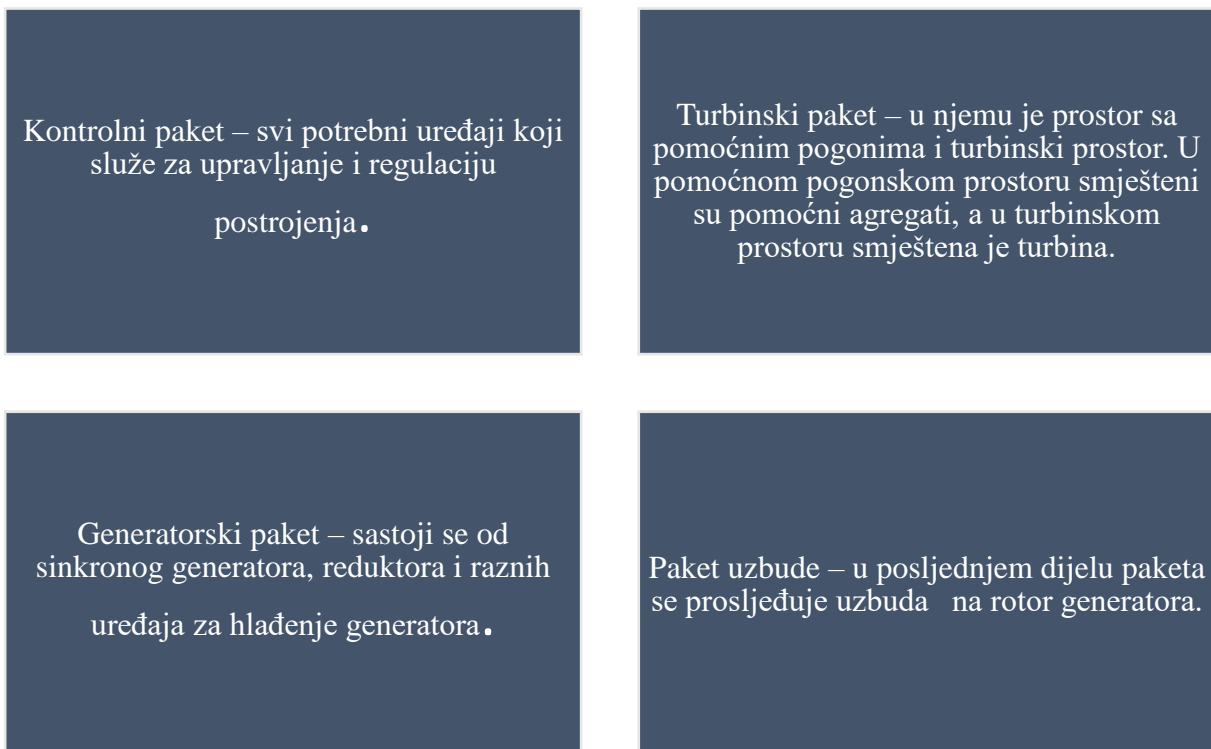
Slika 3.2. Prikaz steamblok kotlovnice (fotografirano 8.lipnja 2022.)



Slika 3.3. Prikaz prednjeg dijela kotla 1 (fotografirano 8.lipnja 2022.)

3.1.1. PLINSKO TURBINSKA ELEKTRANA

Plinsko turbinsku elektranu čine dva plinsko turbinska agregata (PTA1 i PTA2), kotao na otpadnu toplinu (KNOT) koji se nalazi iznad plinsko turbinskog agregata 1. Svaki od agregata ima paketnu kutiju koja se sastoji od 4 dijela:



Slika 3.4.. Paketna kutija



Slika 3.5. Prikaz paketnih kutija (fotografirano 8.lipnja 2022.)

3.1.1.1. KONTROLNI PAKET

Oprema koja se nalazi u prostoru kontrolnog paketa dio je automatike. Uređaji i veličine za kontrolu, upravljanje i regulaciju kao što su: broj okretaja, temperatura, dotok goriva, uključivanje, isključivanje, regulacija određenih ventila,.. Sve je to spojeno na upravljačke ormare koji se nalaze u kontrolom paketu odakle ih je moguće nadzirati. Nadzorni sustav u prostoru kontrolnog paketa može javljati greške ili razna oštećenja na turbini, generatoru, reduktoru. Ukoliko se dogodi neko od navedenih oštećenja turbina se automatski isključuje iz rada. Za lakši pregled rada, kontrole grešaka i raznih upravljanja instaliran je monitor koji se može upravljati pomoću touch olovke.

3.1.1.2. TURBINSKI PAKET

U ovome dijelu paketa nalazi se turbina, kompresor, ležajevi i uređaj za izgaranje. Svaka parna turbina sastoji se od glavnih dijelova: sapnice, rotora s lopaticama, vratila, labirintnih brtvenica, ležaja koji nose vratilo, lopatica (na rotoru i statoru), statora (kućišta). Sapnice imaju zadatak da toplinsku energiju tlaka pare pretvore u kinetičku. Rotor s lopaticama preuzima radnju pare i predaje je vratilu. Sastavljen može biti od više kola (diskova). Vratilo prenosi snagu. Na njega je preko klina u vrućem stanju navučen i učvršćen rotor. Labirintne brtvenice postavljaju se na mjesta gdje vratilo izlazi iz kućišta turbine da spriječe izlaženje pare. Ležaji nose vratilo. Namješteni su na temeljnu ploču izvan kućišta da se toplina s kućišta ne prenosi na ležaj. Lopatice na rotoru su radne, a ne statoru privodne (služe za usmjeravanje mlaza pare u rotorske lopatice). Stator turbine neprodužan je i zatvara radni prostor rotora. Da bi se smanjili gubici na isijavanju topline pare iz turbine, postavlja se po cijelom opsegu statora toplinski izolacioni materijal (staklena vuna) [5]. Osovina turbine je direktno spojena sa osovinom kompresora. Zrak ulazi u kompresor preko filtera koji imaju funkciju zaštite ulaska nečistoća. Filteri se zamjenjuju novima ako pad pritiska prijeđe 5 mbara, a to se dogodi zbog začepjenja ili prilikom stvaranja leda tijekom zime. Nakon komprimiranja zraka, preko cijevi odlazi do komore za sagorijevanje. Zajedno sa komprimiranim zrakom u komore za sagorijevanje ulazi i pogonsko gorivo koje se ubrizgava sapnicama za gorivo u plamenik. U uređaju za izgaranje



Slika 3.7. Prikaz turbine i fotočelija (fotografirano 8.lipnja 2022.)



Slika 3.6. Prikaz startnog diesel motora (fotografirano 8.lipnja 2022.)

nalazi se deset komora za sagorijevanje koje su smještene na vanjskom obodu kompresora. Na dvije komore se nalazi fotoćelije (Sl. 3.7.) koje služe za nadzor plamena, a na dvije komore se nalazi svjećice za paljenje koje dobivaju energiju iz transformatora za paljenje. Pogonsko gorivo može biti plin ili lož ulje, a može biti i mješavina navedena dva goriva. Poprečne cijevi za paljenje omogućuju plamenu da prelazi iz zapaljene komore u nezapaljene. Smjesa zapaljenog zraka i plinova ulazi na lopatice turbine ogromnom brzinom te predaje kinetičku energiju. Turbina ima snagu 25 MW i maksimalni broj okretaja 5120 min⁻¹. Pokretanje turbine vrši se sa diesel motorom. Nakon pokretanja turbine očekivana brzina je 2600-3000 min⁻¹. Diesel motor (Sl. 3.6.) spojen je sa turbinom preko spojke koja nakon što turbina prestigne nazivni broj okretaja diesel motora iskopča ga iz rada te nastavlja samostalno okretati.

3.1.1.3. GENERATORSKI PAKET

U generatorskom paketu nalazi se glavni reduktor, sinkroni generator, ležajevi i uređaj za hlađenje generatora. Nakon što turbina dođe do maksimalnog broja okretaja od 5100 min⁻¹ glavni reduktor koji povezuje turbinu i rotor generatora smanjuje broj okretaja na 3000 min⁻¹ što odgovara frekvenciji od 50 Hz. Nakon stabiliziranja broja okretaja od 3000 min⁻¹, generator se sinkronizira sa mrežom. Generator (Sl. 3.8.) ima dva načina rada: kompenzatorski i generatorski. U oba načina rada generator mora postići nazivni broj okretaja i uspješno se sinkronizirati sa mrežom. Odabir načina rada može se izvršiti ili prije pokretanja plinsko turbinske elektrane ili tijekom rada.



Slika 3.8. Prikaz generatora (fotografirano 8.lipnja 2022.)

Kada je u generatorskom režimu PTA je izvor električne energije i vezan je za mrežu preko trafostanice Osijek 2. Ako je odabran kompenzatorski režim rada, generator se automatski dovodi na nazivni broj okretaja i sinkronizaciju na mrežu, a tada će sinkrona spojka koja se nalazi unutar reduktora, odvojiti turbinu i generator. Turbina nakon odvajanja od generatora, počinje sa procesom zaustavljanja i hlađenja, dok generator nastavlja raditi kao motor. Uređaj za hlađenje čine tri zaklopke koje su smještene po dvije na bočnoj strani i jedna na gornjoj strani glavnog reduktora. Na bočnim stranama izvršava se izravno izbacivanje zraka iz generatorskog paketa, a gornja strana služi za cirkulaciju zraka. To hoće li zrak preko bočnih strana izaći van paketa ili će nastaviti cirkulirati unutar paketa ovisi isključivo o temperaturi zraka u generatoru.



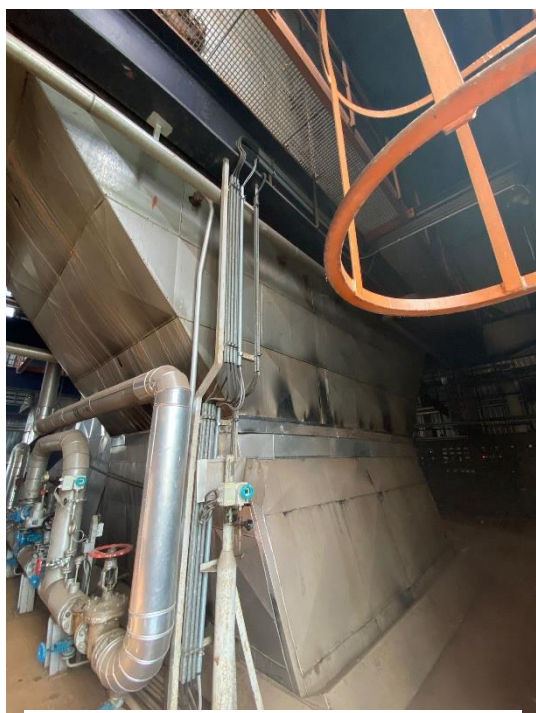
*Slika 3.9. Prikaz četkica za uzбудu
(fotografirano 8.lipnja 2022.)*

3.1.1.4. PAKET UZBUDE

U paketu pobude nalazi se: regulator napona, tiristorski usmjerivač i uzbudni transformator. U ovome paketu tiristorski usmjerivač pruža istosmjernu struju na uzbudni namot generatora (Sl. 3.9.), a kao rezultat izlazi 10,5 kV napon na stezaljkama statora.

3.1.2. KNOT

Kotao na otpadnu toplinu (KNOT) – Smisao kotla za otpadnu toplinu je iskorištavanje topline dimnih plinova iz plinsko turbinskog agregata što pridonosi boljoj učinkovitosti elektrane (Sl. 3.10.). Kotao je smješten iznad PTA1 i spojnim kanalom je vezan za PTA2. Pomoću sustava zaklopki možemo omogućiti da ukoliko PTA1 ne radi, toplina dimnih plinova izlazi na PTA2 (Sl. 3.11.). Izlazna temperatura dimnih plinova je oko 500 °C. Ukoliko se dogodi da izlazni dimni plinovi iz turbine nemaju spojeni kanal za prolaz, sustav zaklopki neće dozvoliti pokretanje PTA. Izlazni dimni plinovi osiguravaju grijanje demineralizirane vode koja se dovodi iz napojnog spremnika, gdje se voda grije na temperaturi od 125 °C pomoću pare sa 4,3 bar-skim sabirnikom. Pri prvom puštanja u pogon KNOT se upravlja ručno, a kada određeni parametri budu zadovoljeni prelazi u stanje automatskog režima rada.



Slika 3.10. Prikaz kotla na otpadnu toplinu (KNOT) (fotografirano 8.lipnja 2022.)



Slika 3.11. Prikaz poveznice između PTA- 2 i KNOT-a (fotografirano 8.lipnja 2022.)

3.2. BLOK 45 MW

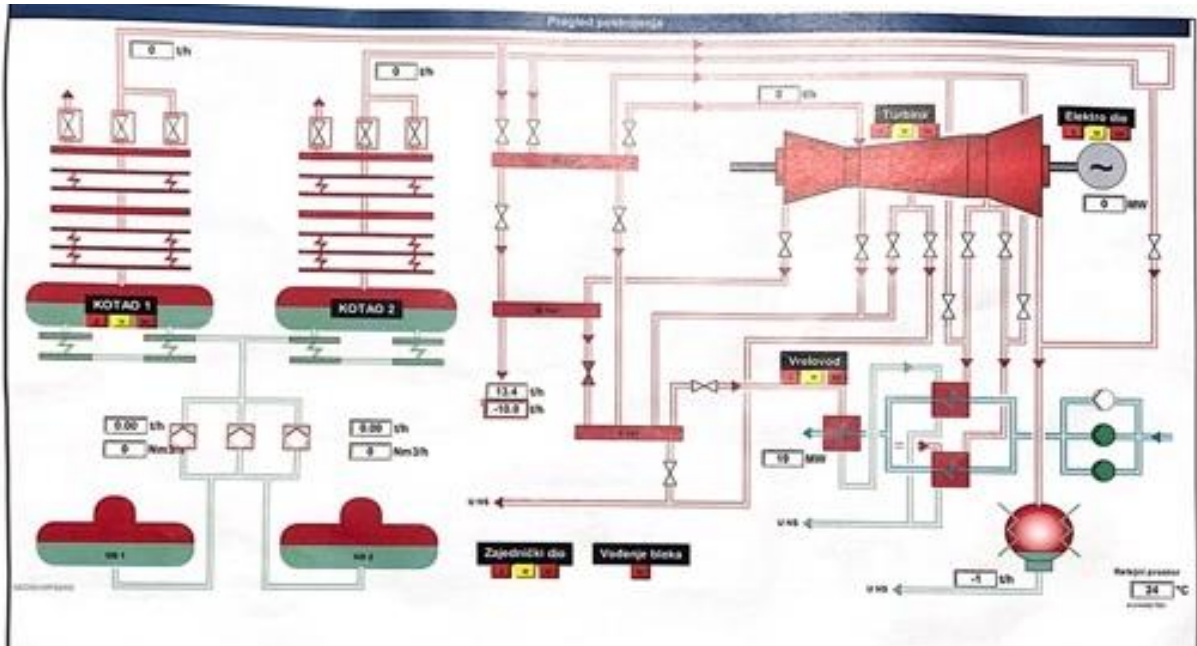
Glavni blok električne snage 45 MW i toplinske snage 130 MW je kogeneracijski blok kojemu je primarna zadaća isporuka tehnološke pare za parne potrošače, ali i proizvodnja električne energije za vlastite potrebe. Glavni dijelovi postrojenja su: dva visokotlačna kotla visine 14 metara kapaciteta 125 t/h, parna turbina i generator. Ukoliko se pojavi duži poremećaj i nastane sam prekid pogona, ovaj objekt ima mogućnost rada u otočnom radu što znači da će nastaviti proizvoditi energiju kako bi se što manje oštetila isporuka za potrošače. Na slici ispod prikazana je toplinska shema glavnog bloka.

U glavnom bloku nalazi se centralna komanda (Sl. 3.12.) cijelog pogona TE-TO Osijek koja služi za nadzor i upravljanje. Pomoću DCS sustava (Distributed control systems) koji je instaliran u glavnom bloku, omogućava se nadzor i upravljanje svih blokova u pogonu. DCS sustav za upravljanje pogonom TE-TO Osijek je Siemens SPPA-T3000 i on je najsuvremeniji model upravljačkog sustava za termoelektrane. Ovaj konkretan sustav podržava povezivanje do deset ovakvih DCS sustava u jedan putem specijalizirane zasebne komunikacijske sabirnice. Osim SPPA-T3000 koji postoji već više od deset godina, postoji njegova dodatna nadogradnja poput sustava SPPA-R3000 koji povećava učinkovitost elektrane, dinamičnost i smanjuje ukupne troškove rada cijelog pogona, no trenutno taj sustav nije instaliran u pogonu TE-TO Osijek.



Slika 3.12. Prikaz glavne centralne komande (fotografirano 8.lipnja 2022.)

Proces proizvodnje (Sl. 3.13.) započinje u crpnoj stanici Drava. Pumpe pumpaju sirovu vodu u dogrijačku stanicu gdje se voda grije do $17\text{ }^{\circ}\text{C}$. Kao takva dogrijana ulazi u kemijsku pripremu vode i tu se tehnički obrađuje. KPV – kemijska priprema vode – postrojenje u kojem se voda dekarbonizira ili demineralizira kako bi se koristila za hlađenje odnosno za proizvodnju pare u generatorima pare. Pri dekarbonizaciji koristi se vapneno mlijeko $\text{Ca}(\text{OH})_2$ i željezni triklorid FeCl_3 . Nakon obrade, voda preko pumpi dolazi u napojni spremnik gdje se otplinjuje (uklanja se prisustvo kisika) i zagrijava na temperaturi od $107\text{ }^{\circ}\text{C}$. Iz napojnog spremnika voda ide na tri napojne pumpe (dvije pumpe radne, jedna rezerva) kapaciteta 150 t/h koje pumpaju vodu u predgrijač 1 gdje se zagrijava na $130\text{ }^{\circ}\text{C}$, a zatim predgrijač 2 i dogrijava se do $260\text{ }^{\circ}\text{C}$. Nakon toga vodena para odlazi u bubanj koji se sastoji od 2 dijela: gornji i donji dio. U donjem dijelu bubnja je voda, a u gornjem dijelu bubnja je vodena para. Vodena para iz bubnja preko cijevi odlazi u pregrijač 1 pa nakon toga u pregrijač 2.(Sl 3.14.). Zatim vodena para odlazi u kolektor gdje se sakuplja i putem redukcijske stanice spušta joj se tlak i odlazi za parnu turbinu ili za grijanje grada. Proces zagrijavanja vode teče sve dok se ne dostigne temperatura pri kojoj će početi isparivanje. Ta se temperatura naziva temperatura zasićenja, a označava se sa t_z . Pri kojoj će se temperaturi t_z to dogoditi, ovisi jedino o tlaku pod kojim se masa vode nalazi. Ako je temperatura zadana, tlak pri kojem će se pojaviti isparivanje nazivamo tlak zasićenja i označava se sa p_z . Vodu tog stanja nazivamo vrelom vodom [3].



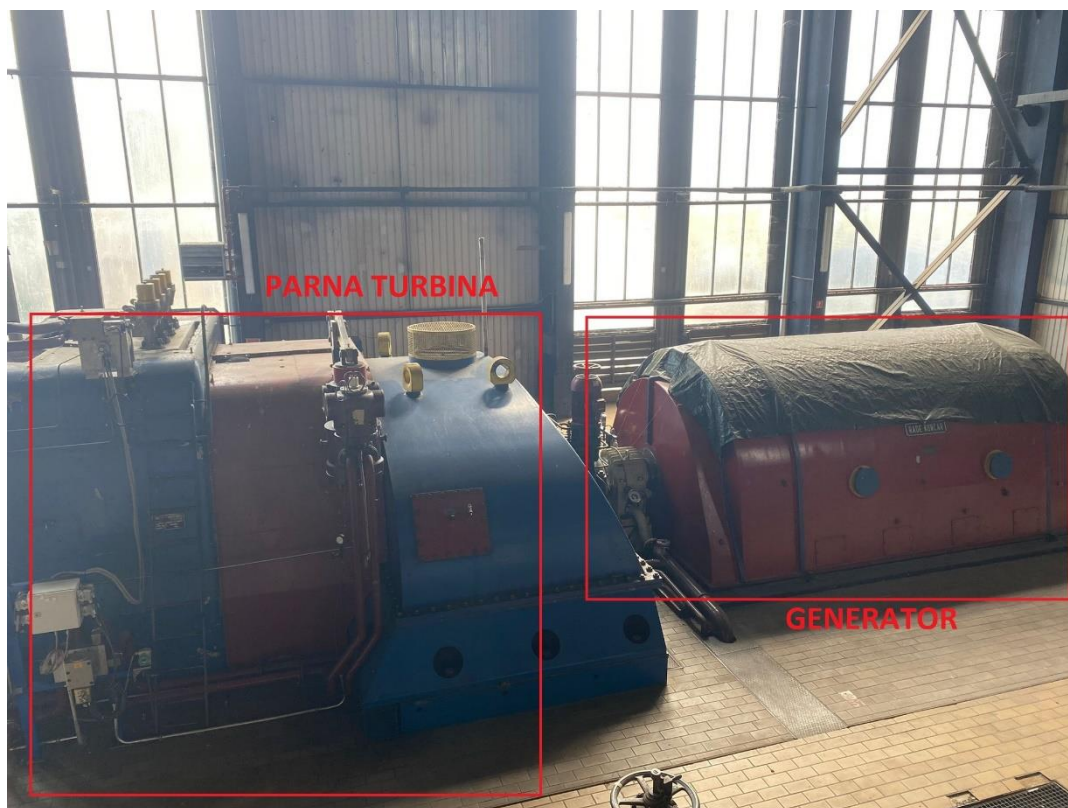
Slika 3.13. Prikaz toplinske sheme procesa proizvodnje Bloka 45MW (fotografirano 8.lipnja 2022.)



Slika 3.14.. Prikaz dva plemenika na nivou 2 (fotografirano 8.lipnja 2022.)

3.2.1. PARNA TURBINA

Turbinski agregat 45 MW (Sl. 3.15.) ima četiri oduzimanja pare. Prvo oduzimanje se koristi za opskrbu tehnološkom parom koju koriste vanjski potrošači (industrije). Para koja je ekspandirala nakon sedmog stupnja turbine koristi se kao prvo oduzimanje. Preostala para koja nije ekspandirala na prvih sedam stupnjeva dolazi do osmog, devetog ili desetog stupnja, ekspandira te se počinje koristiti kao drugo oduzimanje. Drugo oduzimanje se koristi za opskrbljivač vlastite potrošnje nazivnog tlaka 4,3 bar. Para koji nije još ekspandirala na lopaticama turbine, dolazi sve do 15. stupnja, ekspandira i koristi se za treće oduzimanje. Treće oduzimanje ima dva načina. Prvo (3a) se oduzimanje koristi za grijanje napojnog spremnika, a drugo (3b) se koristi kao alternativa drugom oduzimanju. Nakon 15. stupnja pa sve do 18. stupnja se koristi kao četvrto oduzimanje za potrebe grijanja grada (tzv. Regulirano oduzimanje). Para na četvrtom oduzimanju ide na parne izmjenjivače kroz koje struji vode povrata vrelovoda gdje se ista zagrijava i odlazi u polaz prema gradu.



Slika 3.15. Prikaz parne turbine i generatora (fotografirano 8.lipnja 2022.)

3.2.2. GENERATOR

Trofazni sinkroni generator nazivne snage 45 MW (Sl. 3.16.) vezan je za parnu turbinu čvrstom vezom što znači da se i turbina i generator vrte istom brzinom od 3000 o/min što odgovara frekvenciji od 50 Hz. Generator ima jedan par polova i pobuđuje se istosmjernom strujom u početku iz aku baterija, sve do 80% okretaja turbine i generatora. Iz ormara uzbude dovodi se istosmjerna struja na četkice generatora (uzbudni namot) te preko kliznih prstenova prolazi kroz zavojne elektromagneta i stvara magnetsko polje istosmjerne struje. Pokreće se rotor sa magnetima i nosi magnetski tok koji sječe zavojne statora generatora i u njima inducira izmjenični napon 10,5 kV i frekvencije 50 Hz (Slika 3.17.). Prekidačem 10/110 kV veže se za mrežu te napaja potrošače sa dovoljno struje pri konstantnom naponu. Ako se ne može automatski povezati na mrežu, prijenos na mrežu se mora obaviti ručno.



Slika 3.16. Prikaz četkica na uzbuđnom namotu generatora (fotografirano 8.lipnja 2022.)

3.2.3. ULJNI SUSTAV

Spremnik turbinskog ulja (Sl. 3.17.) nalazi se ispod turbine i služi za hlađenje i podmazivanje ležaja turbine. Na spremniku se nalaze četiri pumpe, dvije glavne i dvije podizne uljne pumpe. Dvije podizne uljne pumpe, od kojih je jedna istosmjerna, a druga izmjenična pumpa, podižu tlak ulja (na oko 150 bara) kako bi pomogle glavnim pumpama da lakše pumpaju ulje na ležajeve turbine. Rade u redundanciji, izmjenična podizna pumpa je primarna i ona radi konstantno dok istosmjerna radi u slučaju nestanka napajanja u pogonu. Glavne pumpe također rade u redundanciji, dok jedna radi, druga glavna pumpa je u stanju pripravnosti.



Slika 3.17. Prikaz spremnika ulja (fotografirano 8.lipnja 2022.)

3.2.4. Transformatorska stanica TS 110/35/10kV Osijek 2

Distribucija i pretvaranje električne energije Termoelektrane-toplane Osijek odvija se u transformatorskoj stanici Osijek 2. Naponi koji se prenose su 110 kV, 35 kV i 10 kV, a naponi 6,3 kV i 0,4 kV služe za rad postrojenja TE-TO Osijek. Sa glavne transformatorske stanice „Ernestinovo“ putem dalekovoda (Sl. 3.18.) prenose se naponi 110 kV i 35 kV koji se pretvaraju u 6,3 kV (Sl. 3.19.). U slučaju rada generatora na bloku PTE ili glavnom bloku snage 45MW, generator se „veže“ za TS Osijek 2, inducira se napon 10 kV koji se pomoću broja namota primara i sekundara transformatora povećava na 110 kV i kao takav šalje se za TS Ernestinovo.



Slika 3.18. Prikaz dalekovoda [6]



Slika 3.19. Prikaz transformatora 35/6,3 kV (fotografirano 10.siječnja 2023.)

4. BE-TO

BE-TO Osijek (Sl. 4.1.) – kombi-kogeneracijska elektrana na šumsku biomasu u spojenom procesu proizvodi toplinsku i električnu energiju. Električne snage 3 MW i toplinske snage 10 MW, kao takva, glavnu zadaću ima proizvoditi tehnološku paru za industriju te električnu energiju za vlastite potrebe i potrebe potrošača. Pogon BE-TO Osijek nije jedini sagrađen pogon na biomasu u Hrvatskoj. Paralelno sa izgradnjom BE-TO Osijek, 2017.godine izgradio se i BE-TO Sisak koji je pušten u rad par tjedana poslije BE-TO Osijek. Pogon BE-TO Osijek svojom izgradnjom ispunio je nacionalne ciljeve usklađene sa pravilima Europske Unije u vezi proizvodnje energije iz obnovljivih izvora.



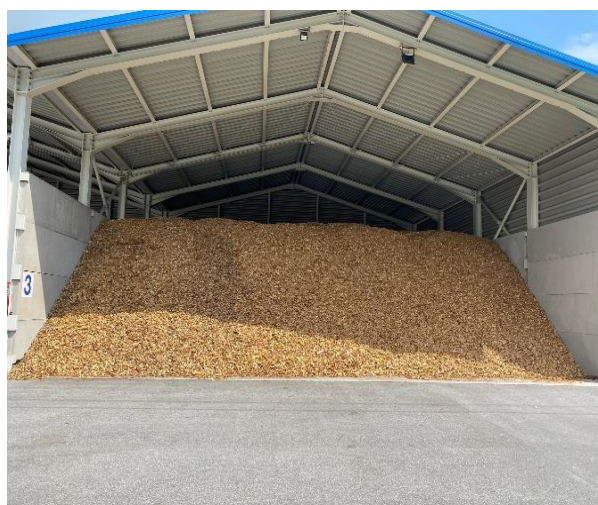
Slika 4.1. Prikaz BE-TO pogona [2]

4.1. OPIS PROCESA PROIZVODNJE

Specijalnim vozilom Manitou (Sl. 4.2.) uzima se drvena sječka iz skladišta (Sl. 4.3.) i prevozi se do pomičnog poda na kojem su hidraulički pokretači. Sječka mora imati postotak vlage između 20-40% kako bi zadovoljila uvjete za daljnji proces. Prije nego sječka dođe do hidrauličkih pokretača, dolazi u spiralni cilindar gdje se raspršuje kako ne bi bila u krutim komadima, blokovima,..



Slika 4.2. Prikaz vozila za sječku (fotografirano 8.lipnja 2022.)



Slika 4.3. Prikaz skladišta sječke (fotografirano 8.lipnja 2022.)

Hidraulički pokretači (Sl. 4.5.) guraju sječku na transporter sječke koja zatim nosi sječku u 15-o minutni spremnik. Hidraulički pokretači rade u redundanciji tako da u slučaju kvara jednog, drugi pokretač može početi sa radom i smanjiti zastoje pri distribuciji sječke na traku.

U 15-o minutnom spremniku (Sl. 4.4.) sječka se dodatno razgrađuje i popravlja prije ulaska u ložište.



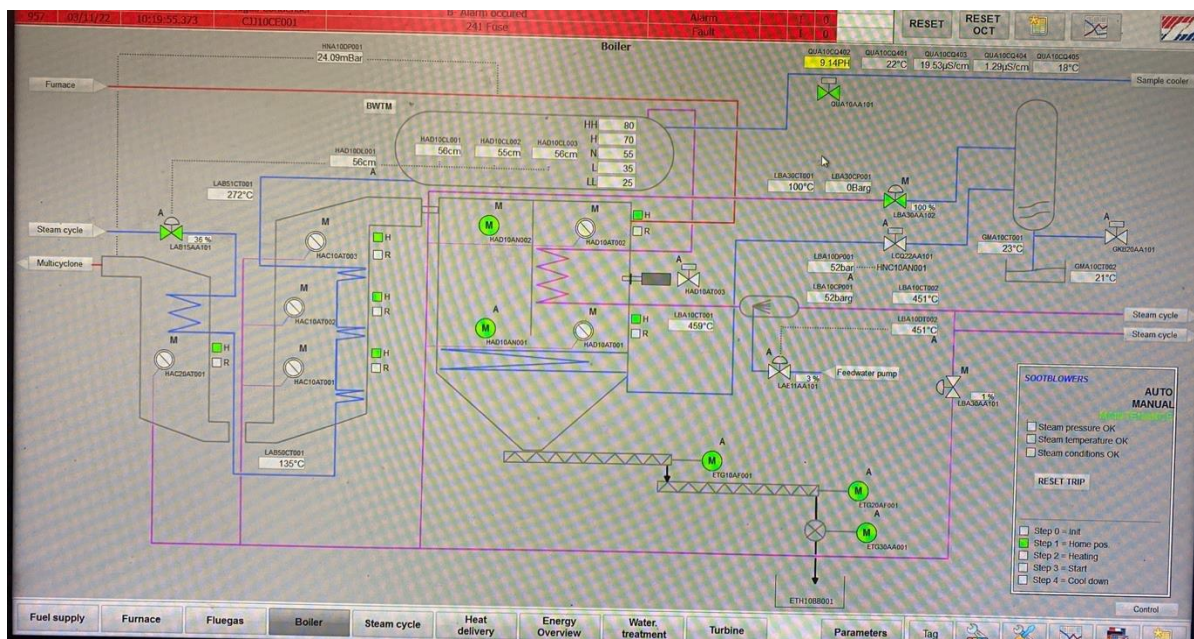
Slika 4.4. 15-o minutni spremnik (fotografirano 8.lipnja 2022.)



Slika 4.5. Hidraulički pokretači (fotografirano 8.lipnja 2022.)

4.1.1. Ciklus i proizvodnja toplinske energije u procesu

Na slici 4.6. prikazana je shema ciklusa i proizvodnje toplinske energije u procesu proizvodnje. U ložištu se odvija gorenje i pravi se toplinska energija koja kasnije služi za grijanje vode i proizvodnju pare. Izgaranje goriva (sječke) se odvija u tri faze: sušenje, pliniziranje (oslobađa se plin iz drveta na oko 500°C) i izgaranje, u kojem nastaje pepeo koji završava u transporterima pepela gdje se kasnije deponira na smetlište. Da bi imali gorenje u ložištu moramo imati zapaljivu tvar i kisik. Kisik se upuhuje u ložište sa sekundarnim ventilatorima koji imaju zadaću održavanja razine kisika u ložištu na 7%. Primarni ventilator služi za podtlak koji treba biti -110 Pa u ložištu. Postoji još i recirkulacijski ventilator koji služi da smanji temperaturu pare odnosno dimnih plinova. Ukoliko je temperatura dimnih plinova prevelika npr. kvaliteta sječke bude izvrsna i dobije se temperatura veća nego što treba biti, onda cirkulacijski ventilator usisava dimni plin i upuhuje ga u isto mjesto gdje primarni ventilator djeluje, a samim time primarni ventilator upuhuje manje „prljavog“ zraka. Temperatura toplinske energije u ložištu je oko 972°C i kao takva, odlazi u kotao u pregrijač pare putem glavnog ventilatora i tamo dogrijava vodenu paru koja je izašla iz bubnja. Nakon dogrijevanja pare, toplinska energija proizvedena u ložištu odlazi u Economiser 2, pa u Economiser 1 i dogrijava vodu koja je ušla u Economisere. Economiser je dio sustava za zagrijavanje vode koji zagrijava vodu na zadanu temperaturu. Na kraju procesa, ohlađena toplinska energija izlazi kroz dimnjak u atmosferu pri temperaturi od oko 140°C.



Slika 4.6. Proces proizvodnje (fotografirano 10. siječnja 2023.)

4.1.2. Ciklus vode u proizvodnji električne i toplinske energije

Voda pripremljena iz KPV (kemijska priprema vode) sa temperaturom od 20°C i dolazi u napojni spremnik. U napojnom spremniku se zagrijava voda na 107°C i vrši se otplinjavanje vode (uklanja se kisik iz vode). Osim vode koja je došla iz KPV-a, iz kondenzatora voda koja je obavila proces proizvodnje dolazi također u napojni spremnik. Pomoću napojnih pumpi voda dolazi u Economiser 1, gdje se dogrijava na 135°C pa zatim u Economiser 2 gdje dolazi do 273°C i tlakom 52 bara. Nakon prolaska kroz dogrijevanje, voda ulazi u bubanj. U donjem dijelu bubnja je voda, a u gornjem dijelu je vodena para. U pregrijač pare dolazi vodena para iz bubnja i tu se zagrijava na 450°C sa tlakom 52 bara i kao takva sadrži uvjet za ulazak u parnu turbinu. Ukoliko parna turbina ne radi, stvorena vodena para se šalje u redukcijску stanicu gdje joj se spušta tlak i šalje za zagrijevanje vode za grijanje grada.

Proces pokretanja turbine (Sl. 4.7.) započinje putem brzo zatvarajućeg ventila (BZV). Kroz brzo zatvarajući ventil (Sl. 4.8.) pušta se mala količina pare kako bi progrijalo turbinu. Kada se turbina zagrije na određenu temperaturu, BZV se počinje jače otvarati i pušta se veća količina pare u turbinu putem regulacionih ventila. Na turbini postoje 3 regulaciona ventila koja prave rotaciju i služe za pokretanje turbine. Postoje 2 oduzimanja kod turbine, kontrolirano i nekontrolirano. Nekontrolirano oduzimanje se koristi za otplinjavanje u napojnom spremniku, a kontrolirano oduzimanje radi samo u ljetnom razdoblju kada hladnjaci ne mogu ohladiti svu toplinu jer su hladnjaci manji od stvarne proizvodnje. Turbina se vrti brzinom 12500 okretaja u minuti, a generator



Slika 4.7. Parna turbina (fotografirano 10. siječnja 2023.)

1500 okretaja u minuti. Da bi se pokrenula isporuka pare, turbina mora zadovoljiti uvjete za isporuku (zadani tlak, zadanu temperaturu,..). Nakon što zadovolji uvjete isporuke, turbina preuzima isporuku pare i šalje ju u glavni blok snage 45MW. Samim time, u kondenzator ne dolazi veća količina proizvedene pare nego znatno manja.



Slika 4.8. Brzo-zatvarajući ventili (fotografirano 10.siječnja 2023.)

4.1.3. Isporučka toplina

Pogon BE-TO Osijek u procesu isporuke topline služi samo za dogrijavanje vode i „pomaganje“ glavnome bloku 45MW. Voda nakon što prođe kroz vrelovod grada i završi svoj proces tj. „ugrije“ grad vraća se nazad u Termoelektranu-toplanu i to nazivamo povrat. Temperatura povrata vode bude oko 50°C i ona kao takva ulazi u kondenzator. U kondenzatoru (Sl. 4.9.) je snop cijevi koji pomoću izmjenjivača topline dogrijava vodu koja je došla iz povrata, postavlja ju na 80°C i pomoću pumpi (Sl. 4.10.) šalje u glavni blok 45MW. Količina vrelovoda koju toplana šalje u grad iznosi 2000 m³, a od toga 300 m³ ide u pogon za BE-TO Osijek.



Slika 4.9. Kondenzator (fotografirano 10.siječnja 2023.)



Slika 4.10. Pumpe kondenzatora (fotografirano 10.siječnja 2023.)

5. ZAKLJUČAK

U ovom završnome radu prikazan je i pobliže opisan rad postrojenja termoelektrane-toplane Osijek. Obraden je i proces proizvodnje električne i toplinske energije kako za TE-TO tako i za BE-TO Osijek. Od samog ulaza goriva i vode pa sve do njihovih izlaza odnosno gotovog proizvoda. Sirova voda dolazi iz rijeke Drave. Kemijskom obradom voda je spremna za prolazak kroz cijevi i ulaz u kotao. Voda koja je završila proces u turbini završava u kondenzatoru i opet služi za početak procesa. Principi rada kod glavnog bloka snage 45MW i najnovijeg pogona BE-TO su isti samo su tehnologija i dijelovi BE-TO Osijeka znatno noviji. Sav napisani sadržaj približno je dočaran vizualnim shemama i slikama. Unatoč svoj vlastitoj proizvodnji električne energije, tvrtka HEP d.o.o. bavi se i kupnjom i daljnjom distribucijom električne energije prema drugim državama.

U ovom radu opisano je složenost postrojenja koje ulazi u okvire završnog rada. Zbog složenosti pogona i nemogućnosti prolaska kroz neke dijelove pogona nisu obrađena manje bitna postrojenja.

LITERATURA

- [1] T.Antunović, Interna prezentacija HEP-a „TE-TO Osijek – 2012“, Osijek, 2012.
- [2] Službena web stranica tvrtke : HEP Proizvodnja – TE-TO Osijek, url:
<https://www.hep.hr/proizvodnja/termoelektrane-1560/termoelektrane-toplane/te-to-osijek/1566> (14.1.2023.)
- [3] I. Bacinger, Parni kotlovi, Društvo Energetičara Hrvatske, Varaždin, 2013.
- [4] R. Dimitrijević, Goriva i izgaranja, Savez Energetičara Hrvatske, Zagreb, 1984.
- [5] F.Razumović, Parne turbine, Savez Energetičara Hrvatske, Zagreb, 1984.
- [6] Službena stranica firme Dalekovod : Dalekovod Dioničko društvo za inženjering, proizvodnju i izgradnju url: <https://www.dalekovod.hr/izgradnja-i-montaza.aspx> (14.1.2023.)
- [7] I.Conjar, A.Vezmarović, Repetitorij iz tehnologije napojne vode za parne kotlove, Savez Energetičara Hrvatske, Zagreb

Lista korištenih skraćenica:

TE-TO – Termoelektrana-toplana

BE-TO – Bio elektrana-toplana

HEP – Hrvatska Elektroprivreda

SBK – Steamblok kotlovnica

PTE – Plinsko turbinska elektrana

PTA – Plinsko turbinski agregat

KNOT – Kotao na otpadnu toplinu

KPV – Kemijska priprema vode

SAŽETAK

OPIS POSTROJENJA TE-TO OSIJEK

U završnom radu opisana je povijest i sva glavna postrojenja TE-TO Osijek. Termoelektrana-toplana Osijek sastoji se od nekoliko blokova koji zajedno imaju funkciju proizvodnju i distribuciju električne i toplinske energije. Steamblok kotlovnica (SBK) sastoji se od 3 parna kotla koji služe samo za proizvodnju toplinske energije, dok plinsko turbinska elektrana zajedno sa KNOT-om ima zadaću proizvoditi i toplinsku i električnu energiju. Glavni blok snage 45MW zajedno sa dva visokotlačna kotla, parnom turbinom i generatorom - najveći je i najmoćniji u pogonu za proizvodnju toplinske i električne energije. BE-TO Osijek kao najnoviji pogon u Osijeku, pogonjen na šumsku biomasu ima zadaću proizvoditi paru za parne potrošače, proizvoditi električnu energiju i podignuti temperaturu vode kod povrata vrelovoda.

Ključne riječi: Agregat, BE-TO, Blok 45MW, električna energija, generator, gorivo, KNOT, kondenzator, kotao, ložište, parni bubanj, PTA, pumpe, SBK, TE-TO, toplinska energija, turbina, vrelovod

ABSTRACT

DESCRIPTION OF THE TE-TO OSIJEK PLANT

In the final paper, the history and all the main plants of TE-TO Osijek are described. Osijek thermal power plant consists of several blocks that together have the function of producing and distributing electricity and heat energy. The steam block boiler room (SBK) consists of 3 steam boilers that are used only for the production of heat energy, while the gas turbine power plant, together with the KNOT, has the task of producing both heat and electricity. The main unit with a power of 45MW, together with two high-pressure boilers, a steam turbine and a generator - is the largest and most powerful in the plant for the production of heat and electricity. BE-TO Osijek, as the newest plant in Osijek, powered by forest biomass, has the task of producing steam for steam consumers, producing electricity and raising the temperature of the water at the return of the hot water pipe.

Keywords: Aggregate, BE-TO, Block 45MW, electricity, generator, fuel, KNOT, condenser, boiler, furnace, steam drum, PTA, pumps, SBK, TE-TO, thermal energy, turbine, hot water pipe

ŽIVOTOPIS

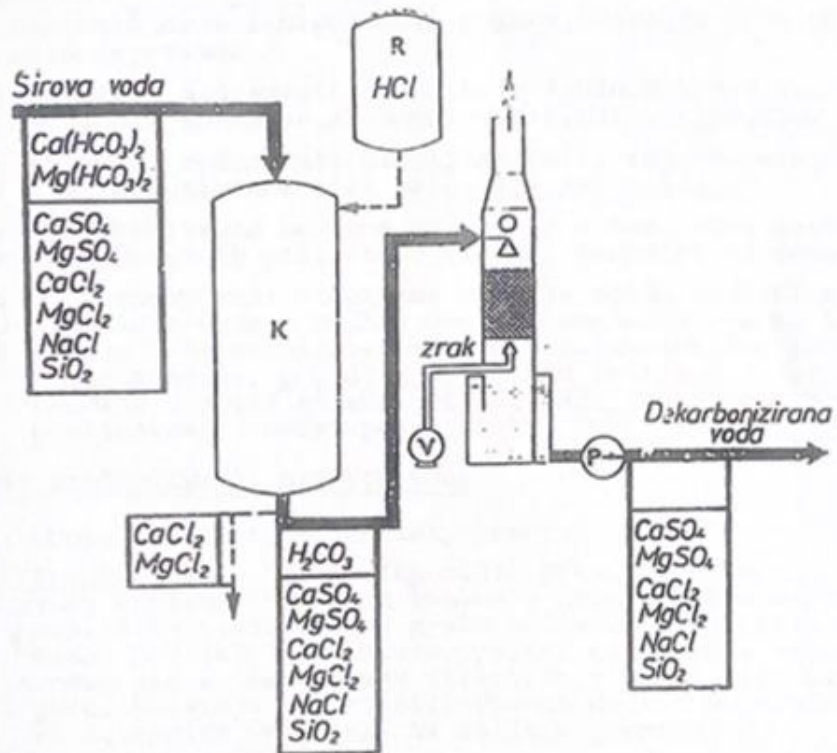
Vedran Blažević rođen je 4. listopada 1998. godine u Osijeku. Osnovnu školu Tina Ujevića u Osijeku završava 2013. godine te iste godine upisuje III. gimnaziju u Osijeku. Nakon završetka srednje škole, upisuje Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija u Osijeku (FERIT) 2018.godine na studiju preddiplomski stručni studij elektrotehnike, smjer Automatika. Tijekom fakultetskog obrazovanja, igrajući futsal za FERIT osvaja brončanu medalju na natjecanju sveučilišta J.J.Strossmayera u Osijeku. Informatički je pismen te se služi engleskim jezikom u govoru i pismu. Tijekom fakultetskog obrazovanja susreće se sa programskim alatima AutoCAD, MATLAB, Arduino IDE, Xilinx Platform Studio, Siemens TIA Portal. Nakon završetka fakulteta cilj mu je pronaći posao u struci.

PRILOG

P[1.1.] Shema dekarbonizacije vode slabo kiselim ikationskim izmjenjivačem [7]

P[1.2.] Shema demineralizacije vode (odsoljavanje s izdvaljanjem SiO) [7]

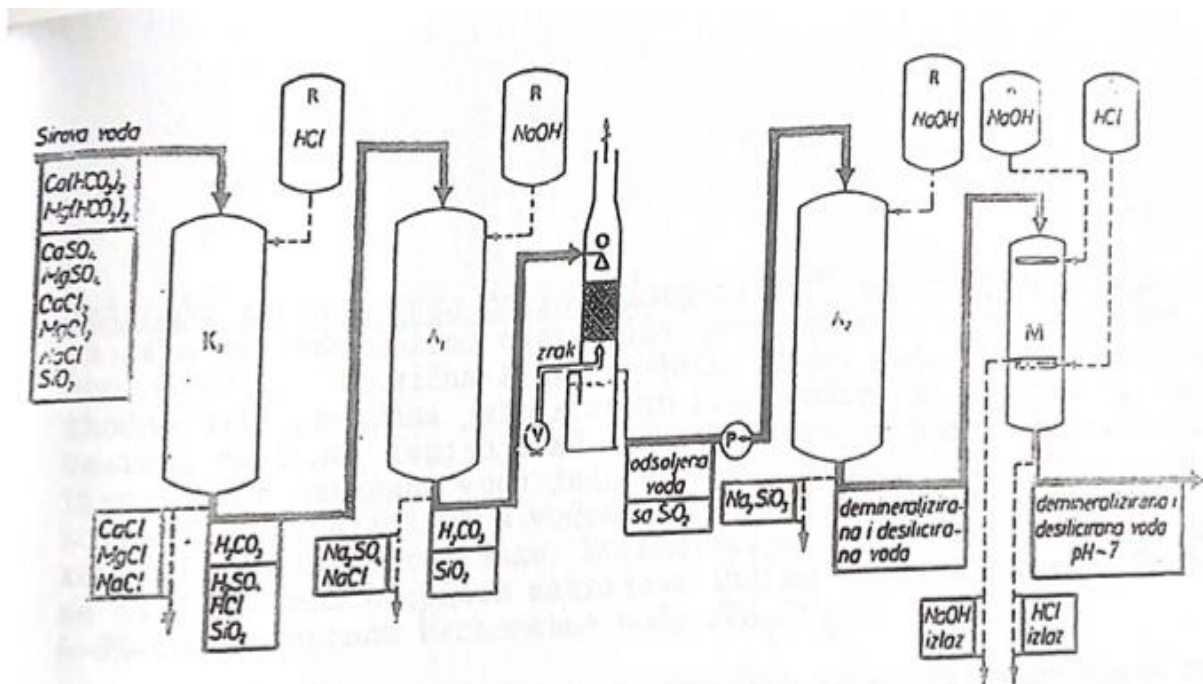
P[1.1.] Shema dekarbonizacije vode slabo kiselim ikationskim izmjenjivačem



Shema dekarbonizacije vode slabo kiselim ikationskim izmjenjivačem

- K — kationski slabo kiseli izmjenjivač
- R — regeneracija izmjenjivača
- O — otplinjač ugljične kiseline
- V — ventilator za upuhavanje zraka
- P — pumpa.

P[1.2.] Shema demineralizacije vode (odsoljavanje s izdvaljanjem SiO)



Shema demineralizacije vode (odsoljavanje s izdvaljanjem SiO₂)

- K₁ — jako kiseli kationski izmjenjivač
- A₁ — slabo bazični anionski izmjenjivač
- A₂ — jako bazični anionski izmjenjivač
- M — miješani filter
- R — regeneracija izmjenjivača
- O — otplinjač ugljične kiseline
- P — pumpa
- V — ventilator za upuhavanje zraka