

# TEHNIČKE KARAKTERISTIKE IPP ELEKTRANE KTE 240 MW JERTOVEC

Mr. sc. Miroslav Š a n d e r, Zagreb

UDK 621.311.22:621.182  
PREGLEDNI ČLANAK

U članku je prikazana KTE 240 MW - Elektrana Jertovec d.o.o., prva elektrana u Hrvatskoj koja će se graditi po modelu Neovisnog proizvođača električne energije (Independent Power Producer IPP). Između domaće elektroprivrede HEP-a i američke tvrtke ENRON se sklapa ugovor o zakupu kapaciteta i preradi energenta tzv. CTA (Capacity & Tolling Agreement) u lipnju 1999. g. Ovdje se nećemo baviti modelom IPP, nego čisto tehničkim aspektima nove elektrane i uklapanjem nove elektrane u hrvatsku tehničku regulativu i zakone koji se primjenjuju pri izgradnji ovakvih elektrana. Također se sa čisto tehničkog aspekta promatra uklapanje nove elektrane u postojeću elektranu te međusobno povezivanje postojećih i novih objekata. Posebno je razmotrena zaštita od požara i eksplozija, zaštita od buke te zaštita na radu.

**Ključne riječi:** KTE (kombi-termoelektrana), plinska turbina, parna turbina, elektropostrojenje, generator, mjere zaštite.

## 1. UVOD

Na dijelu površine koju zauzima postojeća kombi termoelektrana ukupne električne snage 88 MW, službeno nazvana KTE Jertovec (KTE 88 MW), izgradit će se nova kombi termoelektrana ukupne električne snage 240 MW, službeno nazvana Elektrana Jertovec d.o.o. (u daljnjem se tekstu KTE 240 MW). KTE 240 MW gradit će se po modelu Neovisnog proizvođača električne energije (Independent Power Producer IPP). Elektrana Jertovec d.o.o. je prva termoelektrana u Hrvatskoj po modelu IPP u kojem je HEP-u partner američka tvrtka ENRON. Opći trend liberalizacije i deregulacije energetske tržišta vodi privatizaciji i globalizaciji elektroenergetike i energetike. Deregulacija i popratna privatizacija je radikalno ukidanje državnih barijera slobodnoj trgovini u energetici pri čemu se kapital slijeva prema energetskom sektoru. Između domaće elektroprivrede i IPP-a se sklapa kupoprodajni ugovor o isporuci električne energije ili PPA (Power Purchase Agreement) koji definira IPP kao samostalnog proizvođača i prodavatelja električne energije kupcu – domaćoj elektroprivredi. Ovdje se nećemo baviti modelom IPP nego tehničkim aspektima nove elektrane i uklapanjem nove elektrane u hrvatsku tehničku regulativu i zakone koji se primjenjuju pri izgradnji elektrane. Također se promatra uklapanje nove elektrane u postojeću elektranu te međusobno povezivanje postojećih i novih objekata. Posebno je razmotrena zaštita od požara i eksplozija, zaštita od buke te zaštita na radu.

## 2. POSTOJEĆA POSTROJENJA

KTE Jertovec, odnosno KTE 88 MW (postojeće kombi postrojenje na lokaciji Jertovca) vršna je elektrana, u sastavu HEP-a (Hrvatske elektroprivrede), ukupne električne snage 88 MW, smještena na lokaciji nekadašnje termoelektrane na ugljen iz 1958. godine snage 40 MW, u Jertovcu pokraj Konjšćine.

KTE 88 MW ima dvije plinske turbine proizvodnje Westinghouse (USA) W 251B1/1974 snage 2x31,5 MW iz 1976. godine, kotlove na ispušne plinove proizvodnje Cockerill (Belgija) iz 1978. godine, parne turbine (hrvatska proizvodnja - Karlovac) snage 2x12,5 MW, dva rashladna tornja s prirodnim strujanjem zraka, te ostala pomoćna postrojenja i prateće sadržaje [1].

KTE 88 MW kao osnovno gorivo koristi zemni plin, koji se dobavlja iz magistralnog plinovoda INA-Naftaplina promjera 20" (NO 500) preko MRS (mjerno-redukcijske stanice) u Konjšćini. Magistralni plinovod prolazi trasom Zlatar Bistrica - Konjšćina - Donji Kraljevec i nazivnog je tlaka 50 bar. Visokotlačni distribucijski plinovod MRS Konjšćina do KTE promjera je 6" (NO 150) i duljine 2,131 km. Plinovod je ukopan na dubini 1,5 m, izoliran je polykenom i starosti je približno 20 godina.

Rezervno gorivo za KTE 88 MW je ekstralako loživo ulje koje se dobavlja vagoncisternama ili autocisternama. U funkciji je istakalište loživog ulja kapaciteta istakanja približno 200 m<sup>3</sup>/h (približno 172 t/h), odnosno za 6 vagoncisterni odjednom. Ukupni skladišni

kapacitet ekstra lakog loživog ulja predstavljaju dva samostojeća čelična spremnika, kapaciteta  $2 \times 6.500 \text{ m}^3$ .

Sirova voda za KTE 88 MW dobavlja se sa vodozahvata na rijeci Krapini (brana sa vodozahvatom), koji je dislociran od elektrane i udaljen zračne linije cca 1,2 km. Vodozahvat je građevinski projektiran i izveden za dnevnu potrebu sirove vode od  $2480 \text{ m}^3$  (u vremenu 06 - 14 sati približno  $130 \text{ m}^3/\text{h}$  i u vremenu 14 - 06 sati približno  $90 \text{ m}^3/\text{h}$ , odnosno prosječno  $103,3 \text{ m}^3/\text{h}$ ).

Priključak na električnu mrežu KTE 88 MW ostvaruje se posredstvom rasklopnog postrojenja 110 kV smještenog na otvorenom prostoru. Rasklopno postrojenje je klasične izvedbe, opremljeno dvostrukim sabirnicama od Cu užeta  $150 \text{ mm}^2$  na betonskim portalima, a podijeljeno je na 12 polja širine 9 m, od kojih su četiri polja blok transformatora, tri polja vodna, jedno polje distribucijskog transformatora 110/35 kV, jedno spojno polje, jedno mjerno polje, jedno pričuvno polje opremljeno i jedno pričuvno polje neopremljeno. Rasklopno postrojenje je povezano na elektroenergetski sustav HEP-a preko tri dalekovoda; DV Resnik, DV Zabok/Rakitje i DV Nedeljanec.

Pogon KTE 88 MW ima centralno smješteno postrojenje za čišćenje otpadnih voda. Konačni efluent iz postrojenja otpadnih voda ispušta se u potok Jertovec, pritok rijeke Krapine, koji je svrstan u I kategoriju vodotoka. Uredbom o klasifikaciji voda, u potok Jertovec dopušten je utok samo nezagađene oborinske vode, dok se sve ostale vode mogu ispuštati iza konačnog čišćenja do stupnja pročišćavanja I kategorije.

Pogon KTE 88 MW ima integralno riješen sustav zaštite od požara koji uključuje:

- hidrantsku mrežu s ukupno 30 hidranata razmještenih po krugu elektrane
- sustav stabilne instalacije za hlađenje i gašenje vagonkog istakališta loživog ulja
- sustav stabilne instalacije za hlađenje i gašenje dva spremnika loživog ulja zapremine  $2 \times 6.500 \text{ m}^3$  i njihove zaštitne kade.

Distribucija vode za opskrbu 28 hidranata, napajanje stabilnih instalacija za hlađenje kao i za proizvodnju pjene za gašenje, provodi se u protupožarnoj stanici posredstvom tri centrifugalne elektromotorno pogonjene pumpe kapaciteta  $2 \times 69,5 \text{ l/s}$  i  $1 \times 70 \text{ l/s}$ . Opisane protupožarne instalacije napajaju se, uz iznimku dva hidranta, vodom iz vodozahvata na rijeci Krapini i to neposredno iz vodospreme  $500 \text{ m}^3$  (pričuva za slučaj kada iz bilo kojeg razloga izostane dobava iz rijeke Krapine).

KTE 88 MW priključen je u mrežu HPT-a posredstvom kabela TK 59 i optičkog kabela, koji se granaju unutar prostora elektrane na dva kraka; prema upravnoj zgradi i prema zgradi strojarnice parnih turbina. KTE 88 MW je priključena i na HEP-ov interni bežični komunikacijski sustav.

### 3. GLAVNA POSTROJENJA NOVE ELEKTRANE

KTE 240 MW smjestit će se uz postojeći pogon KTE 88 MW (uz sliku 1), na mjestu gdje se sada nalaze dva spremnika loživog ulja  $2 \times 6500 \text{ m}^3$  (koji će se srušiti i koje će zamijeniti dva nova spremnika  $2 \times 9.000 \text{ m}^3$ , na novoj lokaciji između dva industrijska kolosijeka željezničke pruge). Ukupna predviđena električna izlazna snaga za ISO uvjete okoliša ( $15^\circ\text{C}$  i 60% relativne vlage zraka) je 240 MW [2]. Osnovno gorivo je zemni plin, a rezervno ekstralako loživo ulje. U zemnom plinu nema sumpora, a sadržaj sumpora u loživom ulju je prosječno 0,5% (1% maksimalno). Elektrana će biti projektirana u skladu s hrvatskom regulativom zaštite okoliša, propisima i standardima te smjernicama World Bank iz rujna 1996. godine [7, 8].

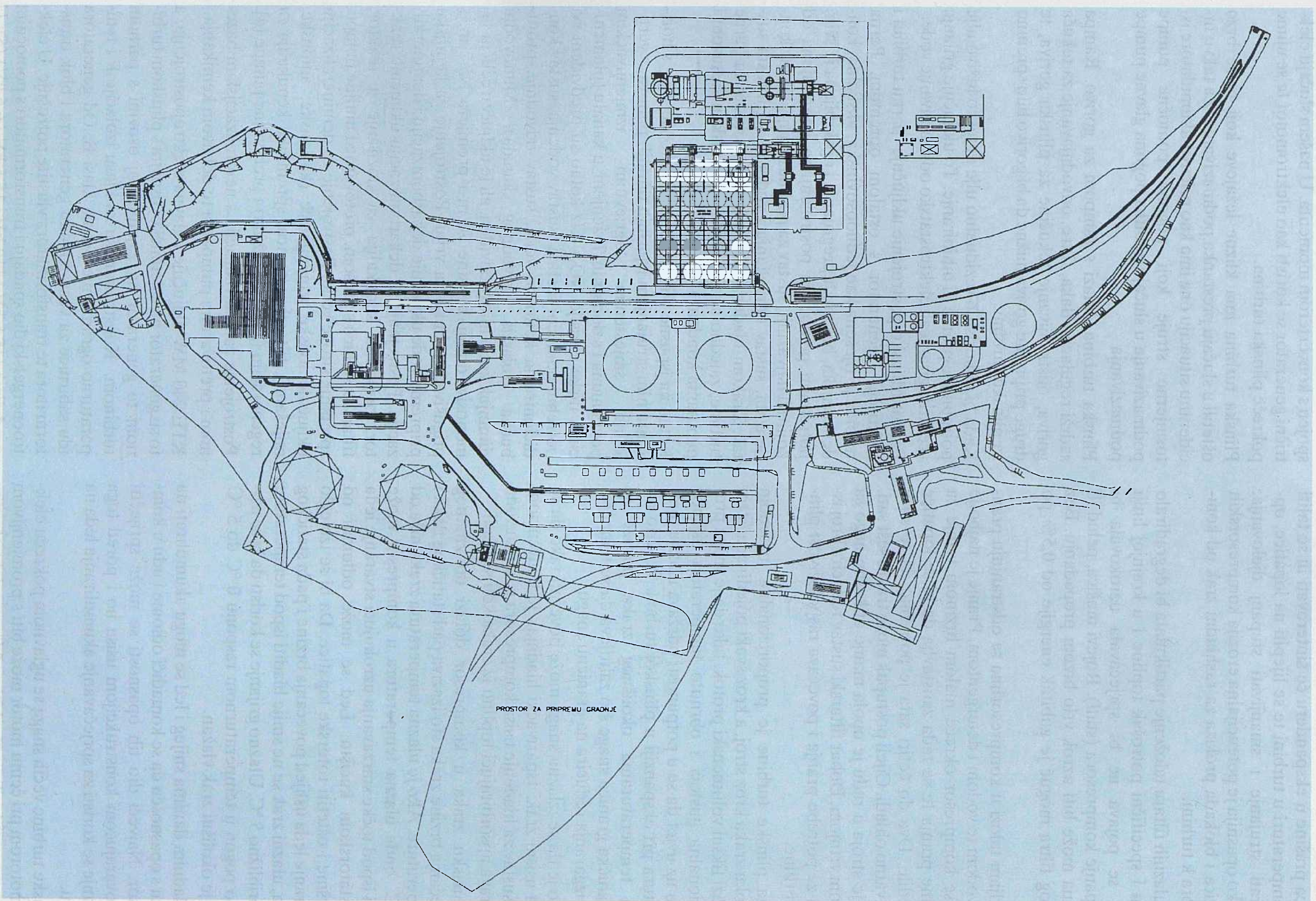
KTE 240 MW je kombi termoelektrana koja se osniva na plinskoj turbini snage 157 MW kojoj je prigradna parna turbina snage 91 MW tako da je bruto snaga elektrane 248 MW. Uz vlastitu potrošnju od približno 8 MW izlazna ili neto snaga elektrane je 240 MW. Ispušna toplina dimnih plinova na izlazu iz plinske turbine, iskorištava se u kotlu na ispušne plinove, a proizvedena se para uvodi u parnu turbinu.

Zemni plin se dovodi rekonstruiranim VT distribucijskim plinovodom iz MRS Konjšćina. Sirova voda se dovodi iz novog vodozahvata na rijeci Krapini i služi za tehnološke svrhe i protupožarnu zaštitu. Sanitarna voda dovodi se iz Zagorskog vodovoda.

Plinskoturbinsko postrojenje je opremljeno svim potrebnim pomoćnim postrojenjima i uređajima od kojih su najvažnija: postrojenje za loženje zemnim plinom kao osnovnim gorivom, postrojenje za loženje loživim uljem kao pomoćnim gorivom, usis za dobavu zraka s prigušivačem buke, usisni filter zraka s predhladnjakom isparavanjem, postrojenje za podmazivanje, filtriranje i hlađenje mazivog ulja, ispuh dimnih plinova s kompenzatorom, postrojenje za čišćenje kompresora, elektrohidraulički startni uređaj, sustav vođenja, sustav vatrozaštite, i dr. U komore izgaranja ugrađeni su plamenici tipa DLN (Dry Low  $\text{NO}_x$ ), konstruirani za izgaranje plina i loživog ulja uz nisku emisiju  $\text{NO}_x$ , s injektiranjem vode kod izgaranja loživog ulja [3].

Razina buke što se širi iz usisa i ispuha plinske turbine premašuje dozvoljenu razinu buke te zahtijeva mjere koje će to spriječiti. Prigušivači se sastoje od izolacijskih kanala i panela napravljenih od materijala što apsorbiraju buku, a montirani su na povećanim presjecima usisa i ispuha. Troškovi i primjena prigušivača se smanjuje korištenjem prednosti nekih drugih mjera. Primjerice kotao na ispušne plinove (KIP) djeluje kao prigušivač s ukrutama i panelima na zidovima koji će sprječavati rezonanciju.

Okolni zrak sadrži čestice prašine. Dio prašine će se taložiti na lopaticama kompresora smanjujući tako stupanj djelovanja, a dio prašine će ući i u ekspanter. Dio



Slika 1. Dispozicija elektrane 240 MW

čestica prašine u ekspaneru će sintrovati ili se taliti na temperaturi u turbini te se lijepiti na lopatice, opstruirati strujanje i smanjivati stupanj djelovanja. Daleko opasnija je potencijalna erozija kompresorskih lopatica i blokada prolaza za rashladni zrak od kompresora k turbini.

Bez ulaznih filtara taloženje partikulata bi degradiralo snagu i specifični potrošak topline i u krajnjoj liniji kada se pojava ne bi sprječavala uzrokovala bi pumpanje kompresora (stall). Rojevi mušica, pelud ili prašina može biti uzrok vrlo brzom propadanju. Bez radnog filtra moguć je gubitak energije od 0,5% po satu

Zaprljani talozi u kompresorima se odstranjuju pranjem vodom te vodom i detergentom. Pranje je najbolje kad se kompresor okreće malom brzinom vrtnje za vrijeme pranja te se tada zaustavlja da bi se lopatice iscijedile. Dva do četiri sata je potrebno da se stroj adekvatno ohladi. Cijeli postupak može trajati šest sati. Pranje stroja u radu je upola manje efikasno nego sa sporom vrtnjom. Dobar filtarski sustav reducira broj ispada za potrebe pranja i povećava raspoloživost plinske turbine.

Snaga plinske turbine je proporcionalna masenom protoku zraka kroz stroj, a kroz svaki pojedinačni stroj prolazi fiksni volumenski protok, tako da je snaga proporcionalna gustoći i obrnuto temperaturi usisnog zraka uz uvjet da se u potpunosti održava ulazna temperatura pri ekspanziji u plinskoj turbini. Pri vrlo niskim temperaturama okolišnog zraka postiže se mehanička granica snage što zahtijeva da se temperatura izgaranja reducira na graničnu snagu.

Jasno je da se izlazna snaga može povećati tako da se hladi usisni zrak. Isparivački hladnjak je konvencionalni sustav za hlađenje usisa kompresora u kojem voda isparava apsorbirajući toplinu iz zraka koji se hladi.

Pri ulasku zraka u kompresor dolazi do znatnog povećanja brzine zraka što izaziva pad statičkog tlaka i temperature. Ako je ulazna temperatura zraka niža od 5 °C onda ulazna temperatura u kompresor može pasti ispod točke smrzavanja uzrokujući stvaranje leda na statorskom kućištu. Led se može odlomiti od površine i oštetiti rotorske lopatice. Da bi se izbjeglo stvaranje leda uslijed povećanja brzine i pada statičkog tlaka, ulazni zrak se ne smije hladiti ispod temperature od približno 5 °C. Ulazno grijanje se koristi da bi se izbjegao pogon u temperaturnom rasponu 0 °C do 5 °C kad je okolišni zrak vlažan.

U hladnim danima snijeg i led se mogu akumulirati na ulazu s opasnošću da se komadići odlome i uđu u kompresor. Najveći dio tih opasnosti se može spriječiti odgovarajućom konstrukcijom usisa no i pored toga grijanje se koristi za sprječavanje akumuliranja leda na usisu.

Plinske turbine većih snaga se uglavnom pokreću elektromotorom pri čemu motor može biti s promjenjivom brzinom vrtnje ili može biti asinhroni elektromotor

spojen s konverterom momenta. U našem slučaju električni generator se koristi kao elektromotor te se njime pokreće plinska turbina.

Plinska turbina ima klizne ležajeve koji bi se brzo oštetili u slučaju prestanka podmazivanja. Za takvu incidentnu situaciju ona ima kao pričuvu akumulatore istosmjernje struje koji pogone pomoćne pumpe podmazivanja u slučaju gubitka pogona glavne pumpe podmazivanja

Plinska turbina dolazi s rampom za gorivo. Rampa sadrži regulaciju tlaka, filtre, odvodnjavanje za tekuća goriva, odstranjivanje tekućine za plinska goriva, te druge pripreme goriva nužne da bi gorivo bilo spremno za plinsku turbinu.

Kada bi se koristilo rezidualno ulje ili teško loživo ulje potrebno je pranje ili inhibiranje. To uključuje grijanje i centrifugiranje ili elektrostatsko odstranjivanje vode.

Parnoturbinsko postrojenje uključuje parnu turbinu i električni generator s ostalom opremom. Parna turbina je riješena kao jednoosovinska, aksijalna, kondenzacijska, bez međupregrijanja i opskrbljena je svim potrebnim pomoćnim postrojenjima i uređajima od kojih su najvažniji; sustav za podmazivanje, sustav kondenzata, sustav upravljanja i vođenja, sigurnosni sustav. Zrakom hlađen kondenzator je u nastavku parne turbine, zajedno s pripadnim vakuumskim sustavom i pumpama kondenzata.

Kotao na ispušne plinove trotačne koncepcije, s horizontalnim strujanjem ispušnih dimnih plinova, s vertikalno smještenim ogrjevnim izmjenjivačkim površinama i s dodatnim loženjem u kanalu (plamenicima niske emisije NO<sub>x</sub>). Uz kotao su predviđeni svi potrebni pomoćni sustavi (sustav vođenja, sustav kondicioniranja kotlovene vode, sustav odvodnje, protubučna izolacija privodnog kanala). Mimovodni dimnjak kotla nije predviđen, ali je uključen čelični samonosivi dimnjak visine 70 m i promjera N5,2 m, s prigušivačem buke na vrhu. Postrojenje za kemijsku pripremu vode uključuje dekarbonizaciju i demineralizaciju. Postrojenje za dekarbonizaciju uključuje reaktor, pripremu kemikalija za doziranje u reaktor, filtarsku stanicu s prešom, pretovarne i muljne pumpe, spremnik sirove vode. Postrojenje za demineralizaciju uključuje ionske izmjenjivače (kationske, anionske, miješane), filtarsku stanicu, spremnike kemikalija za regeneraciju (kiselina, lužina) i pretovarne pumpe [4]. Postrojenje za neutralizaciju s neutralizacijskim bazenom i pretovarnim pumpama te dobavom kemikalija.

KTE 240 MW uključuje i glavna elektropostrojenja, a to su generator na zajedničkoj osovini s plinskom turbinom te generator na zajedničkoj osovini s parnom turbinom. Konstruirani su za klasu izolacije F i temperaturno ograničenje prema klasi B. Od generatora idu sabirnice za vezu između generatora i blok transformatora te transformatora vlastite potrošnje. U elektroenergetski dio spadaju i transformatori s pomoćnim uređajima (15,5 kV / 110 kV i 15,5 kV / 6,6 kV) (5). U

glavnom projektu bit će točno definirana: pomoćna postrojenja vlastite i opće potrošnje, dizelski agregat s pomoćnom opremom, uređaji istosmjernog napajanja, regulacija, mjerenja, zaštita i nadzor, kabeli i kabelski pribor, oprema opće potrošnje: rasvjeta, grijanje, ventilacija, uzemljenje, komanda postrojenja te telekomunikacijski sustav.

#### 4. KOMBI PROCES - TERMODINAMIKA

Kombi proces je proračunat za zemni plin za ISO uvjete 1.014 bar, 15 °C, s relativnom vlažnošću zraka od 60%. Kombi proces postiže ( uz sliku 2 ) :

Snaga plinske turbine	156 849 kW
Snaga parne turbine	91004 kW
Bruto snaga procesa	247853 kW
Neto snaga procesa	240 055 kW
Vlastita potrošnja	7798 kW
Gorivo u plinsku turbinu dov	1665 GJ/h
Gorivo u kanalni plamenik dov	60 GJ/h
Gorivo ukupno dov	1725 GJ/h
Specifični potrošak topline	7182 KJ/ kWh

##### Ulazni parametri u plinsku turbinu (zemni plin)

Maseni protok ( kg/s )	9.5
Tlak ( bara )	19
Temperatura ( °C )	120
Entalpija ( kJ/kg )	5718

##### Usis zraka u plinsku turbinu (prije isparnog hladnjaka)

Maseni protok ( kg/s )	504.2
Tlak ( bara )	1
Temperatura ( °C )	15
Entalpija ( kJ/kg )	49

##### Ulazni parametri u parnu turbinu (svježa para)

Maseni protok ( kg/s )	72.2
Tlak ( bara )	94
Temperatura ( °C )	504
Entalpija ( kJ/kg )	3390

##### Ispuh iz parne turbine (svježa para)

Maseni protok ( kg/s )	86.6
Tlak ( bara )	0.069
Temperatura ( °C )	39
Entalpija ( kJ/kg )	2242

Kombi proces je proračunat za ekstralako lož ulje za ISO uvjete 1.014 bar, 15 °C, s relativnom vlažnošću zraka od 60%. Kombi proces postiže ( uz sliku 3):

Snaga plinske turbine	164 565 kW
Snaga parne turbine	83610 kW
Bruto snaga procesa	248175 kW
Neto snaga procesa	240 572 kW
Vlastita potrošnja	7603 kW
Gorivo u plinsku turbinu dov	1849 GJ/h
Gorivo u kanalni plamenik dov	0 GJ/h
Gorivo ukupno dov	1849 GJ/h
Specifični potrošak topline	7686 KJ/ kWh

##### Ulazni parametri u plinsku turbinu (ekstralako lož ulje)

Maseni protok ( kg/s )	12.1
Tlak ( bara )	3
Temperatura ( °C )	25
Entalpija ( kJ/kg )	0

##### Usis zraka u plinsku turbinu (prije isparnog hladnjaka)

Maseni protok ( kg/s )	502.5
Tlak ( bara )	1
Temperatura ( °C )	15
Entalpija ( kJ/kg )	49

##### Ulazni parametri u parnu turbinu (svježa para)

Maseni protok ( kg/s )	67.5
Tlak ( bara )	88
Temperatura ( °C )	504
Entalpija ( kJ/kg )	3397

##### Ispuh iz parne turbine (svježa para)

Maseni protok ( kg/s )	74.1
Tlak ( bara )	0.057
Temperatura ( °C )	36
Entalpija ( kJ/kg )	2235

Proračuni proizvođača opreme te američkog projektanta pokazuju da u smislu mehaničke otpornosti i stabilnosti strojevi i postrojenja zadovoljavaju kako prije navedene američke standarde i zahtjeve tako i hrvatske što će biti detaljno elaborirano u glavnom projektu.

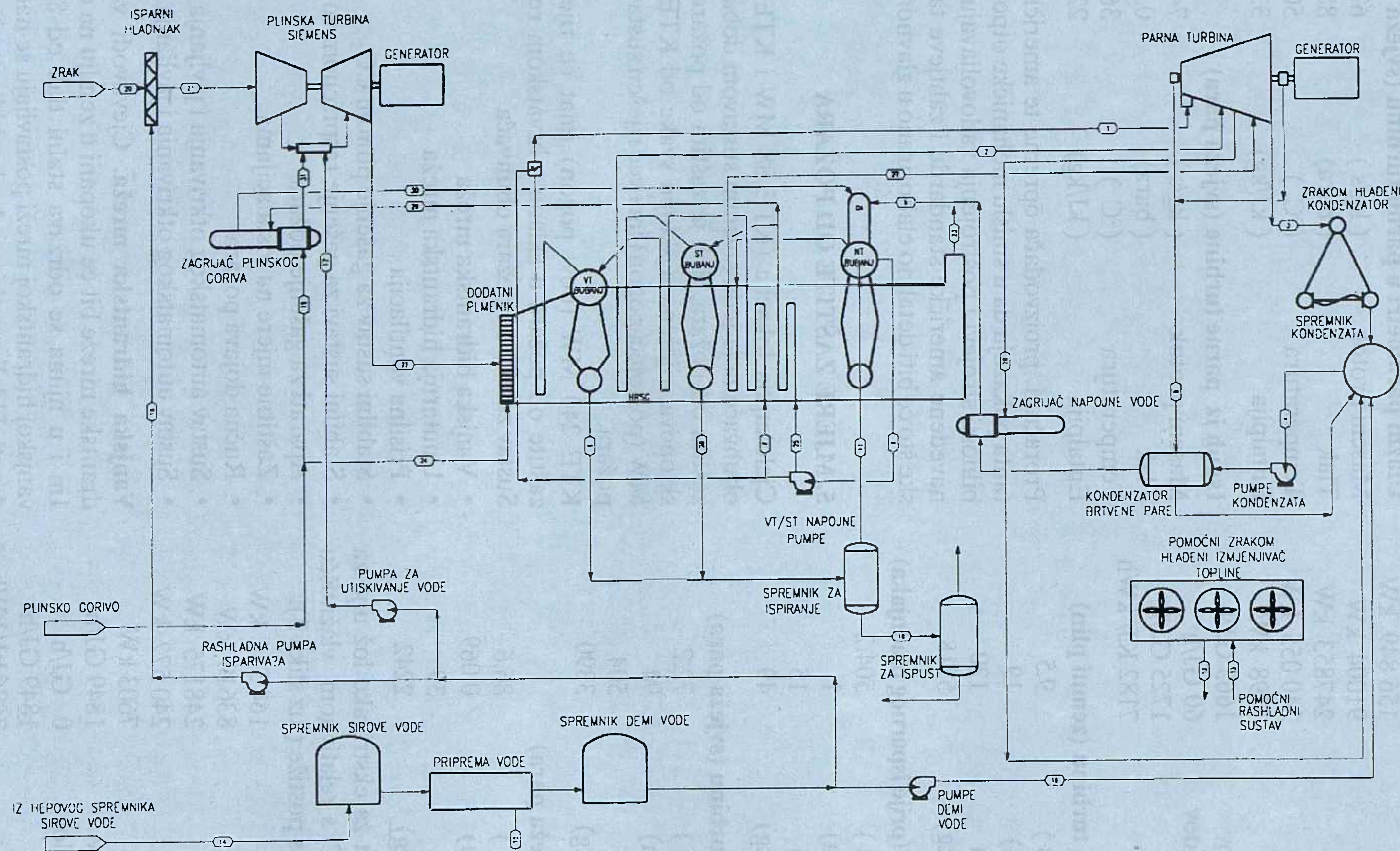
#### 5. MJERE ZAŠTITE OD POŽARA

Cjelokupna lokacija (KTE 88 MW i KTE 240 MW) obuhvaćena je jedinstvenim sustavom dobave vode za zaštitu od požara, dok je zaštita od požara pojedinih sklopova, riješena u sklopu svake od KTE. KTE 88 MW (postojeći pogon) ima već riješen sustav zaštite od požara.

KTE 240 MW (novi pogon) imat će riješen sustav zaštite od požara u skladu s hrvatskom regulativom. Sustav zaštite od požara obuhvaća

- Vanjska hidrantska mreža
- Unutarnja hidrantska mreža
- Prisilna ventilacija
- Stabilni sustav za gašenje plinom CO<sub>2</sub>
- Stabilni sustavi za gašenje raspršenom vodom
- Aparati za gašenje požara
- Zaštitne mjere na instalacijama
- Ručna dojava požara
- Sustav automatskog otkrivanja i javljanja požara
- Sustav automatskog otkrivanja i javljanja plina

**Vanjska hidrantska mreža.** Cjevovodi vanjske hidrantske mreže bit će ukopani u zemlju na dubini oko 1m i u njima se održava stalni tlak od 8 bara. Na vanjskoj hidrantskoj mreži postavljaju se nadzemni hidranti. Udaljenosti između dva hidranta iznosi manje



## OPĆE NAPOMENE

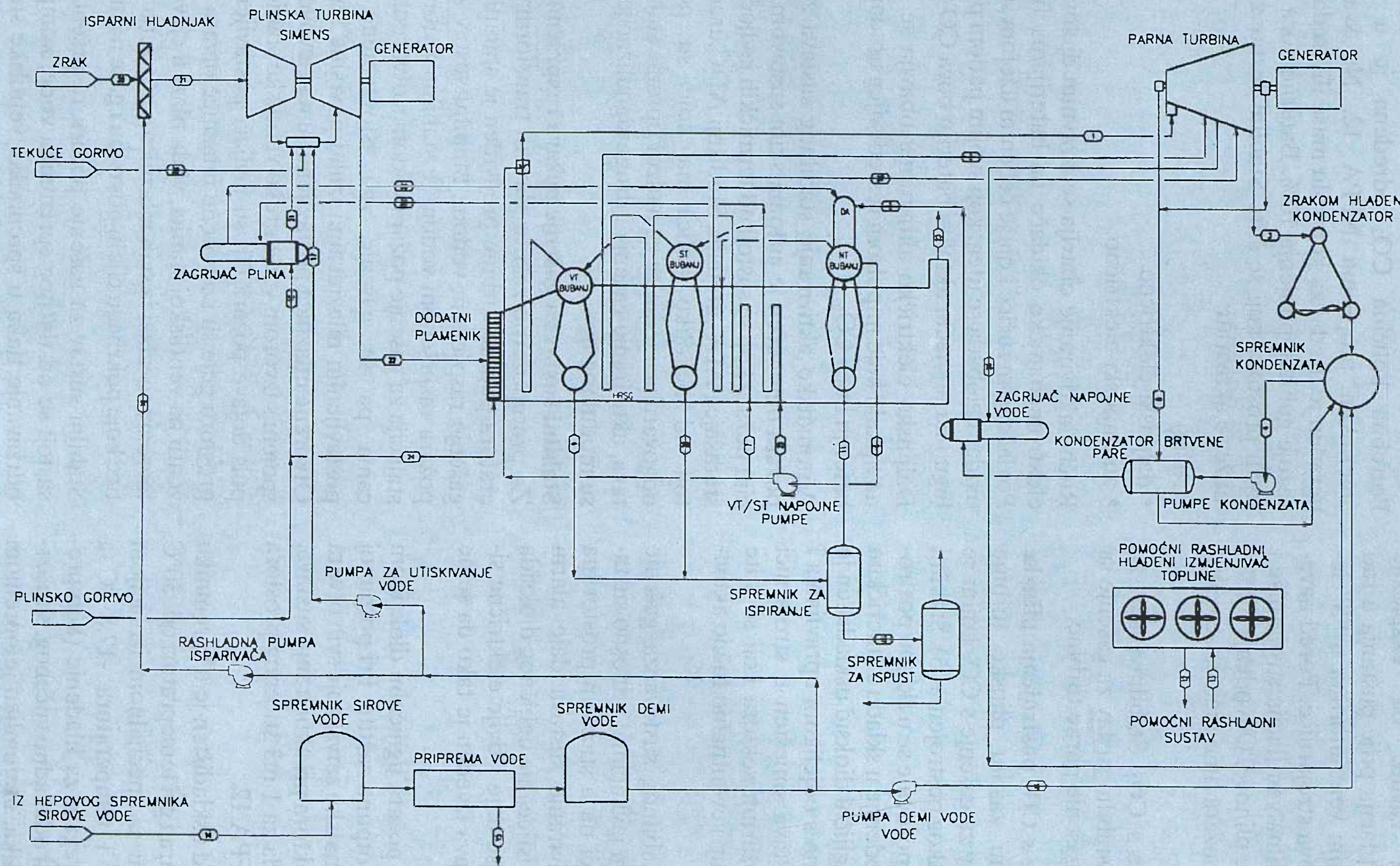
OKOLIŠNI TLAK	1.014 bara
OKOLIŠNA TEMPERATURA	15°C
RELATIVNA VLAŽNOST	60%
SNAGA PLINSKE TURBINE	156,849 kW
SNAGA PARNE TURBINE	91,004 kW
BRUTO SNAGA	247,853 kW
STANIČNA SNAGA	7,798 kW
NETO SNAGA	240,055 kW
GORIVO U PLINSKU TURBINU DOV	665 GJ/hr
GORIVO U KANALNI PLAMENIK DOV	60 GJ/hr
GORIVO UKUPNO DOV	1,724 GJ/hr
SPECIFIČNI POTROŠAK TOPLINE	182 kJ/kW-HR

STRUJANJE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
MASENI PROTOK (kg/sec)	72.2	10.5	86.6	87.4	87.4	92.5	72.8	0.2	0.5	0.4	0.2	206.4	206.4	1.2	0.1	0.4	0.0	0.7	9.5	504.2	505.0	514.5	514.8	0.3	19.7	-	4.2	0.1	9.1	9.1	9.5	
TLAK (bara)	94	18	0.069	7	5	4	132	91	100	4	4	3	1	3	1	1	3	3	-	1	1	1	1	3	26	-	3	19	19	19	31	
TEMPERATURA (°C)	504	262	39	39	128	139	142	503	311	139	139	37	43	15	15	15	15	15	25	15	12	549	68	25	140	-	213	211	202	149	120	
ENTALPIJA (kJ/kg)	3390	2939	2242	163	537	586	605	3390	1409	586	2731	156	179	63	63	63	63	63	-	49	49	-	-	-	591	-	2890	900	860	628	5718	

Slika 2. Shema tokova – loženje plinom

### OPĆE NAPOMENE

OKOLIŠNI TLAK	1.014 bara
OKOLIŠNA TEMPERATURA	15°C
RELATIVNA VLAŽNOST	60%
SNAGA PLINSKE TURBINE	164,565 kW
SNAGA PARNE TURBINE	83,610 kW
BRUTO SNAGA	248,175 kW
STANIČNA SNAGA	7,798 kW
NETO SNAGA	240,572 kW
GORIVO U PLINSKU TURBINU DOV	1,849 GJ/hr
GORIVO U KANALNI PLAMENIK DOV	0 GJ/hr
GORIVO UKUPNO DOV	1,849 GJ/hr
SPECIFIČNI POTROŠAK TOPLINE	7,686 kJ/kW-HR



STRUJANJE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
MASENI PROTOK (kg/sec)	67.5	12.0	74.1	85.8	85.8	80.1	68.0	0.2	0.5	0.4	0.2	206.4	206.4	14.6	1.3	0.4	12.1	0.7	-	502.5	503.2	527.6	527.6	0.0	12.1	11.1	5.9	0.1	0.0	0.0	-	12.1
TLAK (bara)	88	18	0.057	8	6	5	123	86	94	5	5	3	1	3	1	1	3	3	-	1	1	1	1	3	21	-	3	19	21	21	-	3
TEMPERATURA (°C)	504	258	36	36	153	153	156	503	307	153	153	37	43	15	15	15	15	15	-	15	12	547	137	25	154	132	206	209	154	-	-	25
ENTALPIJA (kJ/kg)	3397	2932	2235	149	646	646	663	3397	1381	646	2749	156	179	63	63	63	63	63	-	49	49	-	-	-	649	-	2879	895	649	-	-	0

Slika 3. Shema tokova – loženje uljem

od 80 m (2). Razmještaj hidranta omogućuje gašenje objekta s najmanje dva hidranta.

**Unutarnja hidrantska mreža.** Međusobni razmak između dva unutarnja hidranta manji je od 30 m, a raspoređeni su tako da se požar može gasiti s dva hidranta. Na cjevovodima unutarnje hidrantske mreže postavljaju se unutarji hidranti u zidne hidrantske ormariće sa svom potrebnom opremom. Zidni hidrantski ormarići postavljeni su na visini 1,5 m od poda i označeni propisanom oznakom za hidrant. U ormariću se postavlja tlačna savitljiva cijev dužine 15 m s mlaznicom promjera 12 mm.

**Ventilacija.** Kao mjera zaštite od eksplozije predviđena je prisilna ventilacija prije puštanja u rad plinske turbine s ugrađenim ventilatorima u "S" izvedbi i odvodom iznad krova strojarnice. Pored navedenog predviđena je i prisilna ventilacija strojarnice i kotlovnice kotla na ispušne plinove. Odvođenje dima i topline nastalih u slučaju požara omogućit će se ventilacijskim otvorima.

**Stabilni sustav za gašenje s CO<sub>2</sub>.** Stabilni sustav za gašenje s CO<sub>2</sub> se dijeli na stabilni sustav za gašenje sa CO<sub>2</sub> plinske turbine te za gašenje parne turbine.

**Stabilni sustav za gašenje s CO<sub>2</sub> postrojenja plinske turbine.** Za protupožarnu zaštitu plinske turbine predviđen je stabilni sustav za gašenje s CO<sub>2</sub> kojim se štite moduli plinskoturbinskog postrojenja (6). Stabilni sustav za gašenje sa CO<sub>2</sub> isporučuje se u sklopu postrojenja plinskih turbina i izveden je u skladu s američkim propisima NFPA12 (4). Ugljični dioksid uskladišten je u spremniku koji je zajedno s odjeljkom upravljanja i kontrolnim odjeljkom sustava smješten u strojarnici plinskih turbina izvan požarnih sektora koji se štite tako da je omogućen pristup i eventualno ručno aktiviranje.

Detekcija i aktiviranje stabilnog sustava za gašenje požara vrši se automatskim javljačima, odnosno sustavom dojava požara. Budući da u šticećenim prostorima mogu boraviti ljudi, aktiviranje sustava daje alarm (zvučni i optički) i odlaže istjecanje ugljičnog dioksida 10 do 30 sekundi. Alarm se daje s dvije električne sirene. Alarm prorade sustava izveden je tako da se ne može nehotice isključiti.

Stabilni sustav za gašenje požara ugljičnim dioksidom predviđen je kao sustav potpune zaštite. Pri potpunoj zaštiti predviđeno je automatsko zatvaranje svih otvora na granicama požarnog sektora pri aktiviranju sustava. Količina ugljičnog dioksida za 1 m<sup>3</sup> šticećenog prostora određena je u skladu s NFPA 12.

Pothlađeni ugljični dioksid uskladišten je u spremniku pod tlakom od 15 do 25 bara i pri temperaturi od -30 °C do -10 °C. U spremniku sa specijalnom izolacijom radni tlak je 20,68 bar i temperatura -17,8 °C a održavaju se pomoću agregata za hlađenje (kompresora). Spremnik je izrađen od hladno vučenog, sitnozrnatog konstrukcijskog čelika. Opremljen je opremom

za mjerenje razine punjenja i pražnjenja, alarmiranje, dvostrukim sigurnosnim ventilima, sigurnosnim uedačima za porast temperature i priključcima za punjenje i pražnjenje.

Startanje stabilnog sustava za gašenje ugljičnim dioksidom predviđeno je dvozonskim sustavom automatskih javljača požara. Pored automatskog startanja sustava predviđeno je i ručno startanje izvan šticećenog prostora.

Za protupožarnu zaštitu generatora parne turbine predviđen je stabilni sustav za gašenje s CO<sub>2</sub>. Uređaj za gašenje sastoji se od dvije baterije boca CO<sub>2</sub>, od kojih jedna služi za početno gašenje požara, a druga za održavanje koncentracije CO<sub>2</sub> u trajanju od 20 min.

Potrebna količina CO<sub>2</sub> određena je u skladu s američkim propisima NFPA 12. Na svakoj boci ugrađen je uređaj za kontrolu mase ili uređaj koji pokazuje gubitak punjenja 10%. Baterije boca nalaze se izvan prostora koji se štiti. Stabilni sustav za gašenje može se aktivirati:

- ručno
- daljinski-električno
- automatski-električno.

Ručno aktiviranje obavlja se izravnim djelovanjem na elektromehaničke okidače na baterijama boca CO<sub>2</sub>. Povlačenjem ručice koja je čeličnim užetom spojena na okidač oslobađa se uteg, koji svojim padom povlači polugu i na taj način aktivira bateriju boca CO<sub>2</sub>.

Daljinsko električno aktiviranje obavlja se pritiskom na tipkalo koje impulsom iz središnjeg uređaja aktivira bateriju boca CO<sub>2</sub>.

Automatsko aktiviranje stabilnog sustava za gašenje požara omogućen je automatskim sustavom za detekciju požara koji se sastoji od termičkih javljača požara i središnjeg ADC uređaja. Središnji ADC uređaj se sastoji od nekoliko polica na koje su postavljene odgovarajuće jedinice za nadzor opreme stabilnog sustava, aktiviranje gašenja i druge signalizacije. Jedinice su modulnog tipa.

**Stabilni sustav za gašenje požara raspršenom vodom.**

Za protupožarnu zaštitu glavnih transformatora generatora plinske turbine predviđen je stabilni sustav za gašenje raspršenom vodom. Stabilni sustav za gašenje požara raspršenom vodom je stabilna automatska instalacija za gašenje požara vodom s otvorenim mlaznicama pa se gašenje vrši istovremeno sa svim postavljenim mlaznicama iznad površine koja se štiti. Otvorene mlaznice postavljene su na cjevovode koji su spojeni s izvorom vode preko ventilске stanice. Na impuls dojava požara čiji su javljači postavljeni u istom prostoru gdje su i otvorene mlaznice, otvara se Deluge ventil na ventilskoj stanici, voda ulazi u cjevovode i istovremeno izlazi iz svih mlaznica, raspršena u fine čestice koje pokrivaju cijelu površinu i gase nastali požar.

Stabilni sustav za gašenje požara raspršenom vodom sastoji se od tlačnog spremnika vode, kompresora za održavanje tlaka u spremniku, ventilске stanice, raz-



vodnog cjevovoda, cjevovoda s mlaznicama, javljača požara i vatrodojavne centrale.

Tlačni spremnik je opremljen sigurnosnim ventilom, uređajima za kontrolu razine vode i tlaka i svim potrebnim priključcima. Kompresor održava stalni tlak u spremniku u granicama 9,5 do 10 bar. Tlak vode na najnepovoljnijoj mlaznici iznosi 2 bara.

Količina vode u spremniku određena je u skladu s američkim propisima NFPA 15 te je dostatna za trajanje gašenja od 10 min na glavnom transformatoru. Stabilni sustav za gašenje može se aktivirati:

- ručno
- poluautomatski
- automatski.

Ručno aktiviranje obavlja se izravnim otvaranjem ručnog ventila koji je ugrađen na DELUGE ventilu. Poluautomatsko aktiviranje obavlja se tipkalo ručnog aktiviranja koji je postavljen uz transformator. Automatsko aktiviranje obavlja se pomoću termomaksimalnih javljača požara ugrađenih kod transformatora koji prosljede signal na vatrodojavnu centralu.

Nakon aktiviranja otvara se DELUGE ventil i instalacija dolazi pod tlak vode iz tlačnog spremnika.

#### Vatrogasni aparati

- postavljaju se u blizini opasnih mjesta na uočljivim i lako pristupačnim mjestima,
- poželjno je da se smjeste u zajednički ormarić koji bi sadržavao hidrantski ormarić (iznad) i dva jedinična aparata (ispod)
- međusobna udaljenost aparata neće biti veća od 20 m

**Zaštitne mjere na instalacijama instalacije klimatizacije, ventilacije i grijanja.** Svi ventilacijski kanali koji vode iz požarnih sektora koji se štite stabilnim sustavima za gašenje požara ugljičnim dioksidom izvedeni su plinotijesno, iz negorivih materijala s ispustom jedan metar iznad krova zgrade strojarnice. Svi prodori kanala kroz granice požarnog sektora opremljeni su protupožarnim zaklopkama klase T30 koji je aktiviran na dva načina: stabilnim sustavom dojava požara i lokalno pomoću termomaksimalnog okidača. Zaklopke se aktiviraju termičkim okidačem ukoliko temperatura u kanalu bude viša za 27°C od maksimalne temperature. Uz svaku zaklopku osiguran je servisni otvor za njeno resetiranje i održavanje.

**Elektroinstalacije.** U prostorima koji se štite stabilnim sustavima za gašenje požara ugljičnim dioksidom sve elektroinstalacije opreme dojava požara, rasvjete i nužne rasvjete i ventilacije su u "S" izvedbi. Krovni ventilatori za odvod zraka iz zgrade postrojenja plinskih turbina su u "S" izvedbi. Između faznih vodiča i uzemljenja postavljeni su odvodnici prenapona koji su postavljeni izvan ugroženog prostora (što dalje od plinskih instalacija). Sve električne instalacije koje prolaze kroz granice požarnih sektora zaštićene su protiv požara tako da je njihov prodor nakon polaganja instalacija za brtvljenje smjesom vatrootpornosti u klasi

zida kroz kojeg prolaze, a sami kabeli zaštićeni protupožarnom smjesom na dužini od jednog metra s obje strane granice požarnog sektora u klasi vatrootpornosti zida kroz kojeg prolaze. Napajanje električnom energijom izvedeno je tako da za svaki požarni sektor postoji sklopka izvan požarnog sektora kojom se može isključiti napajanje istog električnom energijom kada u njemu dođe do pojave požara. Za svaki požarni sektor predviđen je posebni razvodni ormarić za napajanje električnom energijom. Predviđene su zaštitne mjere na svim električkim instalacijama, metalnim masama (uzemljenje, zaštita od previsokog napona dodira). U visokonaponskim postrojenjima nije dozvoljeno gašenje požara pod naponom, već se prije početka gašenja postrojenja mora isključiti.

**Sustav automatskog otkrivanja i javljanja požara (vatrodojavna oprema).** U tehnološkim cjelinama su raspoređeni vatrodojavnici u dvije međusobno nezavisne električne petlje. Vatrodjava modula plinskih turbina (moduli agregata i moduli goriva) i stabilni sustav za gašenje s CO<sub>2</sub> navedenih modula su dio paketa koji isporučuje G.E. Vatrodjavni sustav se sastoji od automatskih analognoadresabilnih javljača, automatskih binarnih javljača, prilagodnih naprava, ručnih javljača, dojavnika CO<sub>2</sub> i vatrodojavne centrale. Automatski vatrodjavnici su osjetila prekoračenja zadane temperature ili optičkog tipa, i ne predstavljaju opasnost za posadu.

**Sustav automatskog otkrivanja i javljanja plina.** Sustav plinodjave osigurava nadzor koncentracije eksplozivnih i zagušljivih plinova u Strojarnica plinskih turbina (CO<sub>2</sub>, zemni plin), Kotlovnica (CO<sub>2</sub>, zemni plin), Plinska stanica (zemni plin). Plinodjava modula plinskih turbina (moduli agregata i moduli goriva) su dio paketa koji isporučuje G.E. Njihovi signali u obliku slobodnih bezpotencijalnih kontakata ulaze u cjelokupni sustav plinodjave. Nadzor koncentracije CO<sub>2</sub> u kotlovnici je istodobno i funkcionalni dio vatrodjavnog sustava. U tehnološkim cjelinama su raspoređeni plinodjavnici, koji, sa mjernim pojačalima koncentracije plina smještenim u centralnoj komandi, generiraju strujni signal proporcionalan koncentraciji zemnog plina odnosno CO<sub>2</sub>. Prekoračenjem zadanih vrijednosti koncentracije zemnog plina, aktiviraju se dojavne naprave u centralnoj komandi i nadziranom tehnološkim cjelinama, te se bilježe na kronološkom registratoru događaja KKE.

Prostori, gdje postoji mogućnost pojave zemnog plina, su određeni kao grupa plinova II A, temperaturni razred T1/T2, zone 1 i 2.

Primijenjene vrste protueksplozijske zaštite su :

- samosigurnost
- neprodorni oklop
- povećana sigurnost.

Prostori, gdje postoji mogućnost pojave para tekućeg goriva, su određeni kao

- grupa plinova II A, temperaturni razred T3, zone 1 i 2.

Mjerni krug koncentracije plina se sastoji od davača i središnje jedinice s napravama za prikaz i obradbu mjernih signala. Davači koncentracije zemnog plina su smješteni u masivna kućišta od nehrđajućeg čelika, IP54, vrste "Neprodorni oklop". Trožičnim kabelom spojeni su na središnji uređaj koji se sastoji od okvira s matičnom pločom, prostora za utične module pojedinačnih mjernih kanala, te modulom potvrde.

Dojavna oprema podržava sustav plinodjave. Dijeli se na dvije skupine; dojava u tehnološkim cjelinama (strojarnica, kotlovnica, plinska stanica - u redovnom radu prostor bez osoblja), i dojava u prostoru centralne komande (jedini prostor sa trajnom posadom).

Dojavne naprave u tehnološkim cjelinama uočljivo, jednoznačno i pouzdano upozoravaju osoblje na opasnosti.

Električno napajanje osigurava normalan rad sustava i 72 sata nakon prekida mrežnog napajanja zgrade centralne komande. Sastoji se od mrežnog ispravljača i akumulatorske baterije. Akumulatori su pogodni za smještaj u relejni prostor, ispuštanje vodika je minimalno, ne generiraju eksplozijski ugroženi prostor. Kod dugotrajnih nestanka mrežnog napajanja, moguće je ručno prebaciti napajanje mrežnog ispravljača na razdjelnik pričuvnog dizelskog generatora.

## 6. ZAKLJUČNO O MJERAMA ZAŠTITE NA RADU, OKOLIŠU

Postrojenje će biti izvedeno tako da se uzmu u obzir sve zakonske odredbe zaštite na radu u Republici Hrvatskoj. Pri projektiranju postrojena uzet će se u obzir:

- zaštita od atmosferskih utjecaja,
- da su stubišta, penjalice, ograde, galerije, prilazi i prolazi izgrađeni tako da omogućuju normalan rad i da osiguravaju osoblje pri uporabi,
- zaštita od visokog napona i struje (uključujući i uzemljenje),
- zaštita od direktnog i indirektnog dodira,
- gromobranska zaštita (zaštita od atmosferskih pražnjenja),
- zaštita radnika od buke, toplinskih i kemijskih utjecaja.

Pri pogonu postrojena osigurat će se u skladu s propisima:

- osobna sredstva zaštite radnika,
- organizacija radnih zadataka, tehnologija rada i radno vrijeme,
- sredstva za rad (alati i naprave, uređaji, mehanizacija).

Program praćenja stanja okoliša (7.)(monitoring) uključuje slijedeće elemente:

1	<i>Program praćenja emisije kroz dimnjak</i> Kontinuirano praćenje za vrijeme rada postrojena. Mjeri se: NO <sub>x</sub> , O <sub>2</sub> , temperatura
2	<i>Program praćenja kakvoće tekućeg goriva</i> Analizira se triput godišnje, za vrijeme rada postrojena. Prati se: sumpor
3	<i>Program praćenja kakvoće okolišnjeg zraka</i> Provodi se tijekom tri godine (jednu godinu tijekom posljednje godine izgradnje i dvije godine za vrijeme rada postrojena). Mjeri se: NO <sub>x</sub>
4	<i>Program praćenja razine buke pri radu postrojena</i> Provodi se kvartalno tijekom prve godine rada postrojena.
5	<i>Program praćenja kakvoće otpadnih voda</i> Provodi se kvartalno za vrijeme rada postrojena.

Praćenje kakvoće zraka izvan elektrane provest će se na dvije lokacije:

- prva lokacija je u predjelu sela Hrkci

Smještena je sjeveroistočno od elektrane i zračne je udaljenosti približno 1 km. Smještaj joj je nedaleko zadnjih kuća istočnog ogranka sela, na padini okrenutoj ka elektrani, u blizini uočljivog poljskog puta

- Druga lokacija je u predjelu vikend-naselja Rogari.

Smještena je južno od elektrane, zračne udaljenosti približno 4 km. Smještaj joj je na potezu od kuća uz poljski put, do novih vikend-kuća na padinama okrenutih prema sjeveru (elektrani).

Stručnim tumačenjem mjernih podataka prikupljenih na ovim lokacijama, moguće je zaključivati o razini onečišćenja u zonama potencijalno najvećeg utjecaja elektrane.

## 7. LITERATURA

- [1] ELEKTROPROJEKT Inženjering d.d. "KTE Jertovec i distribucijski plinovod" Elaborat, Z3-C32.00.01.S01.0, Zagreb ožujak 1998.
- [2] ELEKTROPROJEKT Inženjering d.d. "KTE Jertovec" Idejni projekt, Z3-C32.00.01.S01.0, Zagreb 1999.
- [3] M. A. ELMASRI i R.W. FOSTER-PEGG, "Design of Gas Turbine Combined Cycle and Cogeneration Systems" Firenca 1995.
- [4] ELEKTROPROJEKT Inženjering d.d., "KTE Jertovec - dobava sirove vode za KTE Jertovec" Elaborat Y3-C36.00.01.S01.0, Zagreb ožujak 1988.

- [5] RAVEL d.o.o "Programska skica za rekonstrukciju 110 kV rasklopnog postrojenja u KTE Jertovec" Elaborat, ožujak 1988. Zagreb
- [6] "Pravilnik o teh. normativima za stabilne uređaje za gašenje požara ugljičnim dioksidom" Sl. list 31/89
- [7] EKONERG HOLDING d.o.o. "Konačna studija o utjecaju na okoliš KB Jertovec 3" Studija H-040, travanj 1988. godine
- [8] "Vrednovanje i održivo korištenje bioloških dobara jezera Bajer i susjednog područja" Studiju je izradio: Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Biološki odsjek, Zoologijski zavod, 1999.

#### **TECHNICAL CHARACTERISTICS OF JERTOVEC 240 MW IPP CCPP**

The paper describes the Jertovec 240 MW Combined Cycle Power Plant - CCPP - the first power plant in Croatia to be built as an Independent Power Producer (IPP) model. In June 1999 the Croatian National Electricity - HEP - and the US corporation ENRON concluded an Agreement on Capacity and Tooling. The paper does not discuss the IPP model but the technical aspects of the new plant as well as the introduction of the new plant into the Croatian technical regulations and laws applied to the construction of such a plant. Included is a technical analysis of the incorporation of the new plant into the old one as well as their interconnecting, with special emphasis on the fire and explosion, and noise and health protection.

#### **TECHNISCHE MERKMALE DES 240 MW KOMBI-KRAFTWERKES "JERTOVEC" IM EIGENTUM EINES UNABHÄNGIGEN KRAFTWERKBETREIBERS**

Im Aufsatz ist das 240 MW Kombi-Kraftwerk "Jertovec" -Unternehmen mit begrenzter Haftung- als erstes nach der Muster des "unabhängigen Kraftwerkbetreibers" (nach dem englischen: "Independent Power Producer"-IPP) in Kroatien beschrieben. Zwischen der Kroatischen Verbundgesellschaft "HEP" und der amerikanischen Firma "ENRON" wurde diesbezüglich im Juni 1999 ein Vertrag über die Pacht der Erzeugungsanlage und Verarbeitung des Energieträgers sogenn. CTA (= Capacity & Tooling Agreement) abgeschlossen. Hier befasst man sich nicht mit dem IPP-Model, sondern mit rein technischem Gesichtspunkt des neuen Kraftwerkes und seiner Übereinstimmung mit kroatischen technischen Regeln und Gesetzen die beim Bau solcher Kraftwerke ihre Anwendung finden. Von demselben Gesichtspunkt wird die Eingliederung des neuen Kraftwerkes in die bestehende Anlage und die Koppelung bestehender und neuer Objekte betrachtet. In Betracht wurden besonders der Feuer-, Explosions-, Lärm- und Arbeitsschutz gezogen.

Naslov pisca:

**Mr. sc. Miroslav Šander**  
**Elektroprojekt**  
**Alexandera von Humboldta 4**  
**10000 Zagreb, Hrvatska**

Uredništvo primilo rukopis  
 2000-01-25.