

Mario Perić
Končar – Inženjering za energetiku i transport d.d
mario.peric@koncar-ket.hr

Drago Ban
Fakultet elektrotehnike i računarstva
drago.ban@fer.hr

Krešimir Spiegl
Končar – Inženjering za energetiku i transport d.d
kresimir.spiegl@koncar-ket.hr

Kristina Glavaš
Končar – Inženjering za energetiku i transport d.d
kristina.glavas@koncar-ket.hr

Mijo Sobota
INA - Industrija nafte d.d
mijo.sobota@ina.hr

PROŠIRENJE KOGENERACIJSKOG SUSTAVA NA CPS MOLVE 2

SAŽETAK

U radu su prezentirane specifičnosti sustava plinskih kogeneracijskih blokova instaliranih u kompleksnom postrojenju centralne plinske stanice CPS Molve. Zbog povećanih potreba za električnom energijom iz vlastitog izvora i mogućnosti plasmana viškova energije u distributivnu mrežu 2006. god. je izgrađen i pušten u pogon novi kogeneracijski blok, oznake TEA-4. Ključne su komponente novog kogeneracijskog postrojenja: plinska turbina Rolls Royce Allison tip KB5 snage 3,8 MW; sinkroni generator Končar 6,25 MVA, 6 kV te dimocjevni parogenerator TPK Orometal Oroslavje termičke snage 5,09 MW. U radu je opisana konfiguracija, način rada i upravljanje pogonom TEA 4. Protueksplozijska zaštita novog turboelektričkoga agregata kontejnerske izvedbe je realizirana i ispitana prema ATEX regulativi što je bio zanimljiv tehničko tehnološki izazov za projektante i izvođače radova.

Ključne riječi: kogeneracijski sustav, turboelektrički agregat

EXTENSION OF THE COGENERATION SYSTEM ON GTP MOLVE 2

SUMMARY

Specifics of the gas cogeneration systems installed in the gas treatment plan GTP Molve are presented in this paper. Because of the increase of consumption of electricity from its own resources and a possibility of selling surplus into the local electrical network, in the year 2006, the new block designated as TEA-4 was built and commissioned. The main components of the facility are: Rolls Royce Allison gas turbine type KB5 with rated power of 3,8 MW, Koncar synchronous generator with rated power of 6,25 MVA and a boiler manufactured by TPK Orometal Oroslavje whose rated thermal power is 5,09 MW. The Configuration, operation and control of the TEA 4 facility are described. The explosion protection of the new turbo-generator set placed in a container is carried out and tested according to ATEX. This was an interesting technical and technological challenge for designers and constructors.

Key words: cogeneration, turbo-generator set

1. UVOD

Centralna plinska stanica Molve (CPS-Molve) je postrojenje za tehnološku obradu prirodnog sirovog plina s bušotina Duboke Podravine, namijenjenog za komercijalnu upotrebu u plinovodnom sustavu Republike Hrvatske. CPS Molve čini 3 postrojenja: CPS Molve I kapaciteta prerade 10^6 m³ plina dnevno, CPS Molve II kapaciteta prerade 3×10^6 m³ plina dnevno i CPS Molve III kapaciteta prerade 5×10^6 m³ plina dnevno.

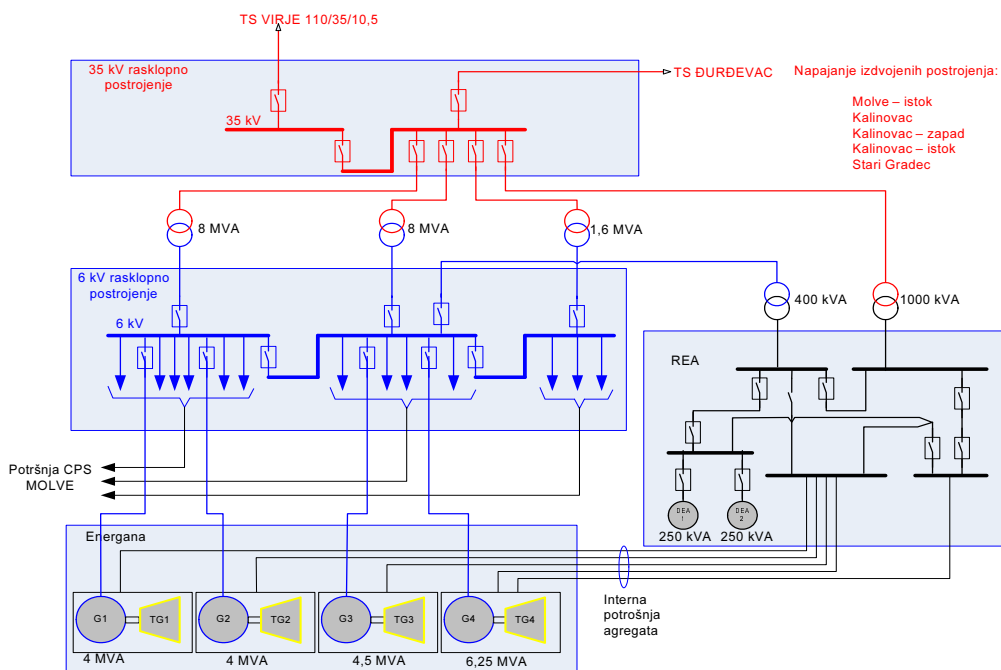
Procesi prerade plina trebaju kontinuiranu opskrbu električnom energijom i tehnološkom parom. Ispad elektroenergetskog napajanja uzrokuje zaustavljanje cjelokupnog tehnološkog procesa, a kod povratka napajanja su potrebne kompleksne procedure ponovnog puštanja postrojenja u pogon. Zbog toga su neminovni veliki gubici proizvodnje i komplikacije dovođenja svih dijelova kompleksnog postrojenja u ispravno stanje.

Zbog nesigurnosti opskrbe čitavog kompleksa postrojenja električnom energijom iz javne distributivne mreže izgrađena je 1986. vlastita elektrana (energana), koja se do 2006. sastojala od 3 podjednaka kogeneracijska postrojenja kontejnerske izvedbe, a 2006. je instalirano i pušteno u pogon novo kogeneracijsko postrojenje koje se zove TEA-4. Postrojenje je optimirano s obzirom na proizvodnju električne energije kojom se u potpunosti zadovoljavaju potrebe vlastitih pogona dislociranih na više lokacija ali i s mogućnošću davanja u mrežu eventualnih viškova električne energije, te na proizvodnju tehnološke pare koja se u potpunosti koristi za tehnološke potrebe na postrojenjima CPS Molve. Izgradnjom i korištenjem vlastite energane-elektrane postignuta je vrhunska sigurnost opskrbe energijom i besprekidni tehnološki proces obrade i isporuke plina u plinsku mrežu Hrvatske.

Zbog promjena stanja bušotina i optimiranja proizvodnje plina na drugim lokacijama okruga Podravina pojavila se potreba za više električne energije iz vlastitih izvora. Stoga je novo kogeneracijsko postrojenje projektirano s prvenstvenom namjenom da se osigura nezavisni i pouzdani izvor električne energije, a da se tome pridoda proizvodnja tehnološke pare u količini koja bi bila optimalna po kriteriju što veće energetske iskoristivosti postrojenja. Ugradnjom turboagregata TEA-4 treba u potpunosti zadovoljiti postojeće i planirane povećane potrebe za električnom energijom (instalirano oko 1000 elektromotornih reguliranih i nereguliranih pogona), bez ovisnosti o stanju u javnoj distributivnoj mreži, a parom iz utilizatora TEA-4 pokriti potrebe za tehnološkom parom i popratnim grijanjima na lokaciji CPS Molve.

2. ELEKTROENERGETSKI SUSTAV CPS MOLVE

2.1. Električna mreža CPS Molve



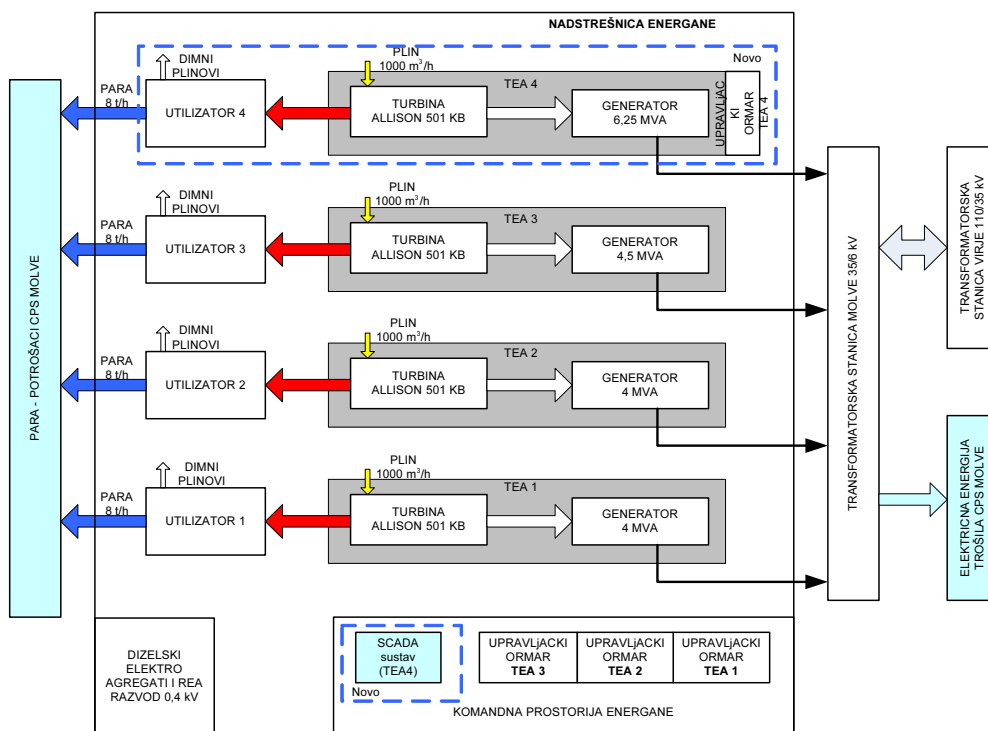
Slika 1. pojednostavljena shema EES-a pogona CPS Molve

Na slici 1. je pojednostavljeno prikazan elektroenergetski sustav CPS Molve. Spojen na distribucijska električnu mrežu preko 35 kV kabela na TS Virje odnosno na TS Koprivnica. Kako što je rečeno u uvodu potrošnju električne energije pogona CPS Molve se podmiruje u cijelosti iz vlastitih izvora, energane koju od početka 2007. čine četiri plinska turboelektrička agregata s podacima prema slici 2. Premda je opskrba moguća u potpunosti iz vlastitih izvora, energana je zbog bolje stabilnosti u normalnom paralelno spojena s vanjskom mrežom preko jednog od dva transformatora 35/6, 8 MVA i 35 kV kabela (dužina 4 km). Mreža 35 kV je uzemljena u TS 110/35 Koprivnica i TS 110/35 Virje preko otpora od 70 Ω dok je 6 kV mreža uzemljena preko otpornika od 12 Ω u TS 35/6 kV CPS Molve [1].

2.2. Energana CPS Molve

Na slici 2. je prikazana blok shema energane, 3 stara turboagregata i jedan novi TEA-4. Pogonsko gorivo turboelektričkih agregata je prirodni distributivni plin donje ogrjevne moći 33,3 MJ/m³. Pri nazivnim uvjetima rada postojeći turboelektrički agregati (TEA 1, TEA2 i TEA3) troše oko 1000 m³/h pri čemu se pored električne energije proizvodi i tehnološka para. Otpadna toplina ispušnih plinova se iskorištava u utilizatorima gdje se proizvodi industrijska para 12 bar. Maksimalni kapacitet svakog od agregata pare je oko 8 t/h. Proizvodnja pare se nadzire i regulira preko PLC-a smještenim u komandnoj prostoriji dežurnog strojaru. Energana CPS Molve osigurava ukupne potrebe za električnom energijom pogona u oko 60% potrebe za procesnom parom.

Rad energane osiguravaju zajednički sustavi rasterećenje plinske rampe i startanja (samo za stare agregate), dovod gorivog plina, odvod procesne pare – parovod i razvoda 0,4 kV vlastite potrošnje s dva „back-up“ dizelska agregata 250 kVA. Upravljanje radom energane obavlja se iz prostorije dežurnog strojaru koja se nalazi na lokaciji energane.



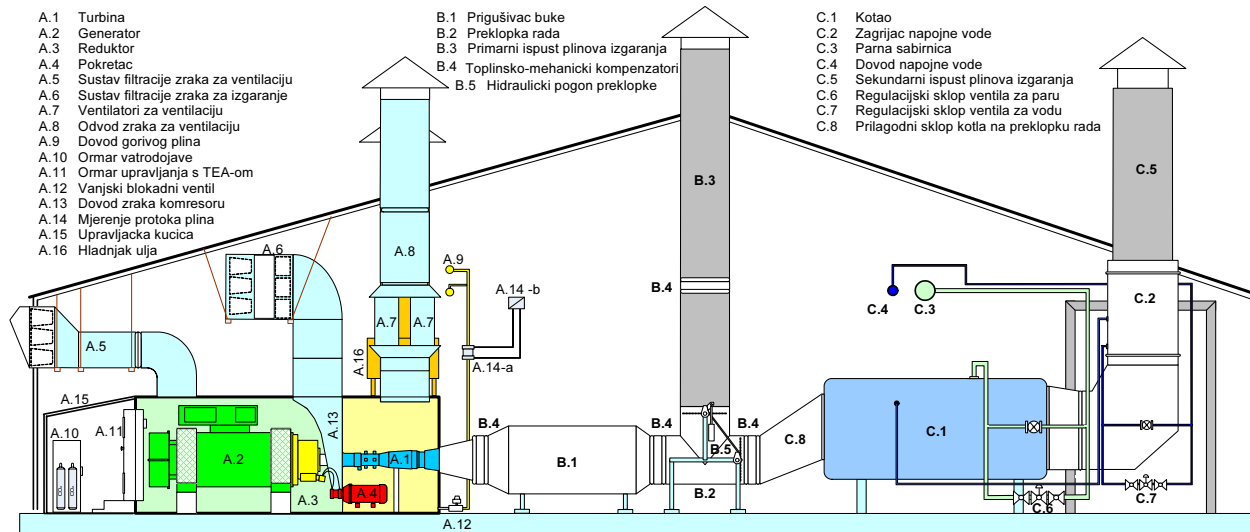
Slika 2. blok shema energane CPS Molve

3. STRUKTURA NOVOG KOGENERACIJSKOG BLOKA TEA4

3.1. Glavne komponente kogeneracijskog sustava

Na slici 3. je prikazana arhitektura novog kogeneracijskog sustava energane CPS Molve s glavnim komponentama; turboelektrički agregat, prigušivač i mimovodna preklopka (bypass) i generator pare. Na istoj su slici popisane i druge sastavnice neophodne za funkcioniranje sustava kao cjeline.

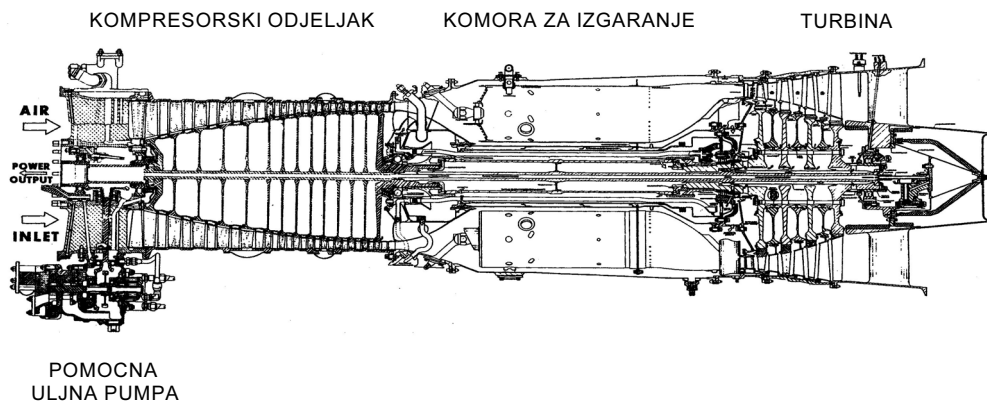
Sustavom prigušivača i preklopke rada (bypass) smanjuje se buka agregata na 80 dB i omogućava da se u slučaju kvara toplinskog dijela ispušni plinovi iz turbine usmjeravaju u atmosferu kroz primarni ispušni plinova.



Slika 3. arhitektura kogeneracijskog postrojenja TEA 4

3.1.1. Turbina

Plinska, aeroderativna, turbina Allison Rolls-Royce 501 KB5, snage 3,84 MW (pri temperaturi okoline od 15 °C) čini okosnicu kogeneracijskog sustava. Pri nazivnoj brzini vrtnje od 14571 min⁻¹, kompresor komprimira zrak u omjeru 1 : 9,175 pri nazivnom protoku od 12,75 m³/s. Stlačeni zrak ulazi u komoru za izgaranje gdje mu se dovodi gorivi plin (0,33 m³/s). Sagorijevanjem smjese zraka i plina plinovi izgaranja na izlazu iz komore dostižu temperaturu do 1035 °C, a na izlazu iz turbine 559 °C. Kompresor ima 14 stupnjeva lopatica, dok turbina ima 4 stupnja pri čemu prva dva stupnja osiguravaju energiju kompresoru a druga dva generatoru. Na slici 4. je prikazan presjek plinske turbine Allison Rolls-Royce KB5.



Slika 4. presjek plinske turbine

3.1.2. Generator

Trofazni sinkroni generator SB1250-4 je proizvod tvrtke KONČAR – GIM. Najnovije je konstrukcije tzv. „brushless“ izvedbe s digitalnim regulatorom napona i rotirajućim uzбудnikom, prividne snage 6250 kVA nazivnog napona 6,3 kV, 50 Hz te nazivne struje 573 A. Generator je izveden kao 4-polni turbogenerator za brzinu vrtnju 1500 min⁻¹ i za brzinu pobjega 1800 min⁻¹. Uzбудnu struju daje mali trofazni izmjenični generator, invertirane koncepcije smješten na rotoru generatora prema ilustraciji na slici 5. Hlađenje generatora je vlastito, s prigradenim ventilatorom na rotoru. Ležajevi generatora se podmazuju uljem pri čemu se ležaj na pogonskoj strani podmazuje uljem iz zajedničkog sustava

agregata a ležaj na suprotnoj strani maznim prstenom. Električna energija iz generatora se odvodi s dva paralelna visokonaponska kabela do postojeće 6 kV trafostanice CPS Molve, gdje se generator sinkronizira na javnu mrežu HEP-a.

3.1.3. Reduktor

Prijenos mehaničke energije s turbine na generator osigurava planetarni reduktor proizvođača ALLEN GEARS. Nazivni prijenosni omjer je 14571:1500, pri čemu može prenijeti snagu do 6650 kW. Reduktor je prigraden na generator, tako da je spoj na prirubnicu generatora izveden direktno. Na pogonskoj strani reduktora je spojena tzv. PTO osovina kojom se mehanička energija od turbine prenosi na reduktor. Reduktoru je prigradena glavna uljna pumpa za prisilnu cirkulaciju ulja za podmazivanje. Pored ove pumpe na reduktor je priključen hidraulični pokretač agregata koji je spojkom priključen na hidrauličnu pumpu za pokretanje turbine.

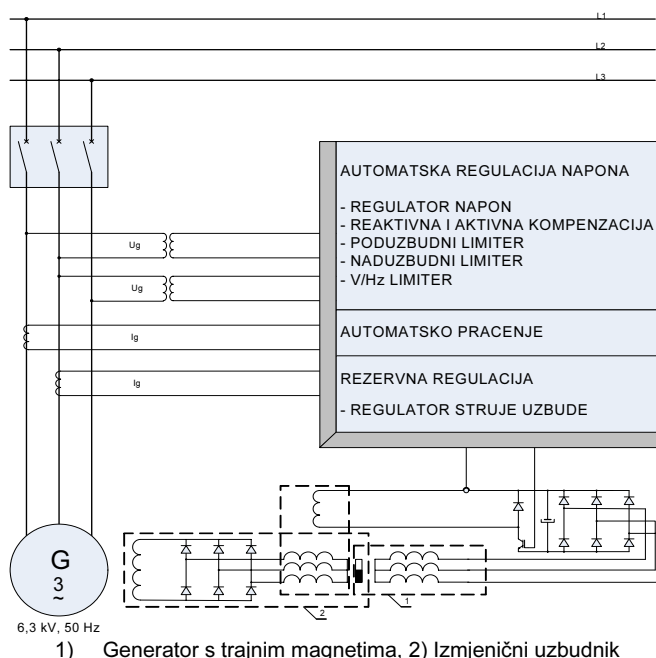
3.1.4. Kotao-utilizator

Napojna voda pri tlaku oko 14 bara i temperaturi 105 °C dovodi se u kotao-utilizator iz pripreme vode koja je zajednička za sve kogeneracijske blokove na pogonu CPS Molve. Voda se u zagrijaču najprije zagrijava do temperature oko 160 °C a nakon toga se u bubnju dodatno zagrijava do temperature isparavanja koja odgovara tlaku od 12 bara. Tako dobivena para odlazi u glavnu paru sabirnicu koja se dalje usmjerava prema trošilima. Bubanj promjera 2,8 m i dužine 6,5 m je osnovni dio utilizatora u kojemu se nalaze dimovodne cijevi kao izmjenjivači topline u jednom prolazu. Ogrjevna površina kotla iznosi 637 m².

3.2. Ostali sustavi

3.2.1. Sustav uzbuđe

Sustav uzbuđe agregata TEA-4 sadrži sve potrebne uređaje i opremu za automatsku regulaciju napona sinkronog generatora. Regulacijski sustav predstavlja zaokruženu funkcijsku cjelinu realiziranu na platformi Siemens S7-300 PLC-a.



Slika 5. načelna shema uzbudnog sustava

Pripadajući generator ima na osovini prigraden sinkroni uzбудnik invertirane koncepcije (polovi na statoru, a armatura na rotoru) i rotirajući diodni ispravljač. Uzbuđna energija za uzбудnik se uzima sa stezaljki malog trofaznog generatora s trajnim magnetima (PMG), smještenog na istoj osovini s generatorom. Na slici 5. je prikazan načelna shema uzbudnog sustava.

Digitalni regulator napona USB 7DT je izveden kao PI regulator s unutrašnjom povratnom vezom po struji uzbude uzбудnika i P regulatorom struje. Kao opcija može se uključiti regulator jalove snage generatora PI tipa. Tada je prelazak s regulacije po naponu na regulaciju po jalovoj snazi i obrnuto gladak. Uvođenjem trofaznog napona i struja faze L1 i L3 generatora preko analognih ulaza regulatora formira se digitalni signal povratne veze. Na osnovu razlike između referentnog signala i signala povratne veze po naponu i struji generatora, regulator koristeći princip širinsko-impulsne modulacije šalje odgovarajući signal na pogonski sklop izlaznog tranzistora. Izlazni tranzistor radi u režimu sklopke, te omjerom vremena vođenja i blokiranja upravlja uzbudom uzбудnika, a time indirektno i naponom sinkronog generatora. Željeni iznos nominalnog napona, kao i iznos strujne kompenzacije jednostavno se podešavaju preko upravljačkih tipki.

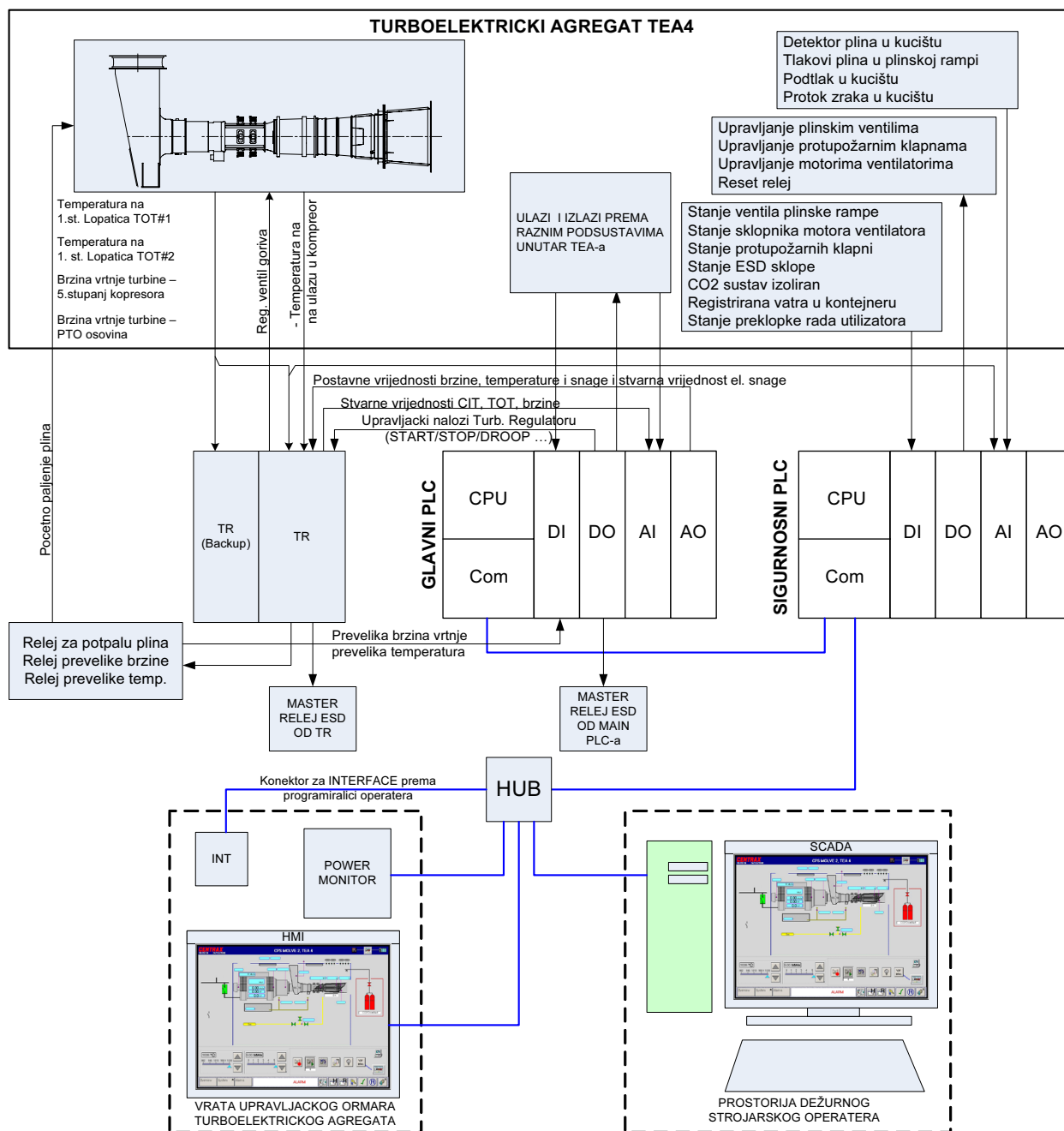
3.2.2. Nadzorno – upravljački sustav, mjerenje i regulacija u turboelektričkom agregatu

Nadzor i upravljanje turboelektričkim agregatom se ostvaruje programabilnim logičkim kontrolerom (PLC) smještenim u ormaru upravljanja na prednjoj strani kontejnera agregata. Funkcije upravljačko – nadzornog sustava realizirane su u dva međusobno povezana PLC-a: glavni i sigurnosni. Glavni PLC ima zadaću upravljanja i nadzora podsustavima pranje kompresora, podmazivanja, startanja, filtracije zraka itd... . Pored ovog, glavni PLC prikuplja sve veličina stanja generatora i distribuira ih prema turbinskom regulatoru. Glavni PLC osigurava sve potrebne ulaze i izlaze prema turbinskom regulatoru (šalje postavne vrijednosti za turbinsku regulaciju, prima stvarne vrijednosti veličina stanja turbine, šalje stvarne vrijednosti veličina stanja generatora). Glavni PLC je odgovoran za realizaciju niza. Sigurnosni PLC je za razliku od glavnog odgovoran za nadzor i upravljanje sustavom plina, ventilatorima za ventilaciju prostora i protupožarnog sustava. Za razliku od starih TEA, sigurnosni PLC nadzire stanje preklopke rada kako bi mogao inicirati ESD (brzo zaustavljanje turbine) ukoliko nadzorno upravljački sustav utilizatora ne uspije zatvoriti preklopku rada (zaštita od pregrijanja kotla). Dakle sigurnosni PLC nadzire sustava odgovorne za siguran rad turboelektričkog agregata i kogeneracijskog sustava u cijelosti.

Turbinska regulacija u turboelektričkom agregatu se ostvaruje zasebnim digitalnim regulatorom. Turbinski regulator izravnao nadzire sve veličine stanja turbine (temperatura na ulazu kompresor CIT, temperaturu na prvom stupnju lopatica turbine TOT, brzina vrtnje mjerene na 5. stupnju kompresora, brzina vrtnje turbine mjerne na PTO osovini). Pored navedenog, turbinski regulator je odgovoran za provođenje sekvence pokretanja, terećenja, zaustavljanja, propuhivanja turbine, pranja kompresora i dr. S obzirom na veličinu u povratnoj vezi, turbinski regulator ima dva moda rada: regulacija po brzini/snazi i po temperaturi. Kada temperatura na prvom stupnju turbinskih lopatica pređe vrijednost od 1025 °C, regulacija automatski prelazi na regulaciju po temperaturi. Međutim s obzirom na paralelan rad, turbinski regulator može raditi u „droop“ modu (u paraleli s mrežom ili samo s drugim agregatima) ili u izohronom modu (kada radi na vlastitoj mreži).

Komunikacija čovjek-stroj (HMI) izvedena je lokalno preko operatorskog panela i daljinski preko SCADA sustava smještenog u prostoriji komande energane. Rad HMI se zasniva na nizu operatorskih prikaza (monitora) sustava između kojih : *alarma, općih podataka, komunikacijske mreže, pranja kompresora, generatora, mehaničkih veličina, goriva, filtracije i ventilacije*. Sinkronizacija i upravljanje sklopnim aparatima se izvodi iz prostorije glavnog operatera u transformatorskoj stanici. Operatorski panel je izveden kao „touch“ panel sa prikazom sustava odakle je moguće imati pregled nad svim trenutnim veličinama stanja sustava (tlakovi, temperature, struje, naponi, ...), trend stanja, alarmna stanja i drugo. Operater na panelu može izvršiti pokretanje, zaustavljanje, povećanje i smanjene brzine vrtnje agregata, aktiviranje pranja agregata itd. Kada se uspostave uvjeti vrtnje u praznom hodu, sinkronizacija se vrši daljinski iz vlastite transformatorske stanice CPS Molve. Na slici 6. je shema sustava upravljanja agregatom.

Turboelektrički agregat TEA4 opremljen je najnovijim, numeričkim zaštitama generatora koje su izvedene nezavisno od ostalog sustava. Zaštite su realizirane u dvije fizičke odvojene jedinice; diferencijalna zaštita generatora i digitalni zaštitni relej (povratna snaga, gubitak uzbude, zemljospoj, podfrekvencijska, nadfrekvencijska, podnaponska, prenaponska, prekostrujna i krivi redosljed faza).



Slika 6. principna shema sustava upravljanja agregatom

3.2.3. Protueksplozijska zaštita kogeneracijskog sustava

Protueksplozijska zaštita kogeneracijskog sustava temeljem klasifikacije ugroženog prostora se temelji na razrjeđivanju potencijalno eksplozivne atmosfere prisilno unutar kontejnera turboelektričkog agregata te prirodnom ventilacijom izvan kontejnera. Novo kogeneracijsko postrojenje smješteno je u prostor koji sam po sebi nije ugrožen eksplozivnom atmosferom od postojećih agregata. Izvan turboelektričkog agregata klasificirana je zona II za prostor oko vanjskog blokadnog ventila (pozicija A.12 Slika 3); oko mjerne linije protoka (pozicija A.14, Slika 3), te oko otvora odvoda zraka za ventilaciju iznad krova (pozicija A.8, Slika 3). Unutar turboelektričnog agregata prostor turbine uključujući i prostor odvoda zraka za ventilaciju su klasificirani su kao ugrožen prostor, zona II i to samo za vrijeme rada agregata. Prije starta odnosno prije uspostave radnih uvjeta ventilacije cijeli prostor se tretira kao siguran. S tim u svezi sva električka i strojarska oprema u turbinskom okruženju zadovoljava minimalne uvjete za upotrebu u prostoru ugroženom eksplozivnom atmosferom.

4. KOGENERACIJSKI UČINAK TEA 4

Kogeneracijsko postrojenje Molve je, kako je već napisano u uvodnom dijelu, postrojenje prvenstvene namjene osiguravanja pouzdanog besprekidnog izvora električne energije u količinama koje zadovoljavaju sve postojeće i planirane povećane potrebe zaokruženog elektroenergetskog sustava CPS Molve. Da bi sigurnost besprekidne opskrbe električnom energijom bila što veća elektroenergetski sustav Molve je trajno povezan na javnu distributivnu mrežu HEP-a u koju besplatno isporučuje oko 500 kW neophodnih za održavanje stabilne veze. Proizvodnja pare za tehnološke potrebe i popratna grijanja je pri gradnji postrojenja planirana da u što većoj mjeri zadovolji potrebe te lokacije, zajedno s klasičnim kotlovnica. Postrojenje se optimira i vodi prema potrebama za električnom energijom.

Premda još nema dovoljno podataka izvesti će se pojednostavljeni proračun energijske iskoristivosti kogeneracijskog bloka TEA 4 koristeći pri tome terminologiju i izraze iz *Zakona o energiji (NN 68/2001 i 177/2004)* i nacrtu *Pravilnika o stjecanju povlaštenog proizvođača električne energije [3] (u nastavku Pravilnik)*. Ukupna energijska učinkovitost kogeneracijskog postrojenja je definirana izrazom:

$$\eta_k = \frac{E_k + H_k}{F} = \eta_e + \eta_t, \quad (1)$$

gdje su E_k ukupna godišnja proizvodnja električne energije, H_k ukupna godišnja proizvodnja korisne toplinske energije, F ukupna godišnja potrošnja primarne energije, η_e ukupna godišnja učinkovitost proizvodnje električne i η_t ukupna godišnja učinkovitost proizvodnje električne energije.

Sukladno direktivi europske unije EN 2004/8/EC kao i *Pravilniku [3]*, ušteda primarne energije (UPE) je pokazatelj energetske učinkovitosti kogeneracije, definirana izrazom:

$$UPE = 1 - 1 / \left(\frac{\eta_e}{\eta_{ref,e}} + \frac{\eta_t}{\eta_{ref,t}} \right), \quad (2)$$

gdje su $\eta_{ref,e}$ i $\eta_{ref,t}$ referentne godišnje učinkovitosti proizvodnje električne odnosno toplinske energije. Za potrebe izračuna kogeneracijskog učinka TEA 4 koristit će se referentne vrijednosti iz *Pravilnika [3]*. Prema *Pravilniku [3]*, referentne vrijednosti učinkovitosti ovise o tipu goriva i vremenu puštanja u pogon postrojenja. S obzirom da je postrojenje pušteno u pogon prije donošenja *Pravilnika [3]* referentne djelotvornosti iznose:

$$\eta_{ref,e} = 37\% \text{ i } \eta_{ref,t} = 75\%. \quad (3)$$

Kogeneracijsko postrojenje TEA 4 je pušteno u rad 05. 02. 2007 u 17:00. Za ilustraciju izračuna uzet je period rada od prva 3 mjeseca (do 03.05.2007). Pregled radnog medija i energije za evaluaciju kogeneracijskog efekta TEA4 je prikazan u Tablici I.

Tablica I. pregled proizvedene energije i potrošnje radne tvari

Veličina	Oznaka	Vrijednost
Proizvedena električna energija	E_u	4174 MWh
Proizvedena zasićena para	m_{para}	12259 t
Potrošena napojna voda (105 °C)	$m_{n.voda}$	13333 t
Potrošen gorivi plin ($H_d=33309 \text{ KJ/m}^3$)	V_{plin}	1733350 m^3
Unutrašnja potrošnja (35 kW x 1929 h)	E_p	67515 kWh

Uzimajući u obzir termodinamička stanja pare na izlazu i napojne vode na ulazu može se izračunati količina korisne topline ispušnih plinova iz turbine:

$$H_k = m_{para} * i_{para} - m_{n.voda} * i_{n.voda}, \quad (4)$$

gdje su i_{para} , $i_{n.voda}$ specifične entalpije pare i vode. Uzimajući da je radni tlak sustava 12 bara te da je para potpuno zasićena (188 °C) a voda pri tlaku od 14 bara i temperaturi od 105 °C dobiva se da je $i_{para}=2783,86 \text{ KJ/kg}$ te da je $i_{voda}=441,072 \text{ KJ/kg}$. Energetski ekvivalent potrošenog plina F dobiva se kao umnožak količine utrošenog plina i donje ogrijevane moći za dotični plin $F=V_{plin} * 33309 \text{ [MJ]}$. Dakle vrijedi:

$$\begin{aligned}
 E_k &= E_u - E_p = 14.783,35 \text{ GJ;} \\
 H_k &= 28.200,17 \text{ GJ;} \\
 F &= 57,736,16 \text{ GJ}
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

Konačno se dobivaju djelotvornosti iz (1):

$$\eta_k = 74,45 \%, \quad \eta_e = 25,61\% , \quad \eta_t = 48,84\%
 \tag{6}$$

Kada se u izračuna ušteda primarnog energenta UPE iz (2) korištenjem vrijednosti iz Pravilnika [3] navedenih u (3) dobiva se

$$UPE = 25,55 \%.
 \tag{7}$$

Dobiveni rezultati su informativni jer još nije ostvaren uvjet jednogodišnjeg pogona i jer je agregat TEA4 u navedenom vremenskom trajanju proizvodio prosječno 2,16 MW što je bilo dovoljno da energana pokrije trenutne potrebe postrojenja a što je daleko ispod nazivnih vrijednosti. Stvarne efekte kogeneracije u smislu navedene regulative će se moći računati nakon jednogodišnjeg pogona uzimajući u obzir da će se sustav vođenja sva 4 turboagregata s vremenom optimirati tako da se pored primarne funkcije, zadovoljavanja svih potreba za električnom energijom dobije što više tehnološke pare i topline za popratna grijanja na lokaciji. Detaljno o računanju kogeneracijskih efekata malih postrojenja se može pročitati u [8].

5. ZAKLJUČAK

Razmotrena su specifična pitanja izgradnje plinskog industrijskog kogeneracijskog postrojenja u elektroenergetskom sustavu CPS Molve, uz primjenu najnovijih tehnoloških dostignuća u gradnji, eksploataciji i održavanju plinskih turboagregata.

Novo industrijsko kogeneracijsko postrojenje TEA 4 snage 4 MW ostvareno plinskom turbinom uz korištenje energenta-plina iz vlastite proizvodnje i na mjestu upotrebe može biti najbolje rješenje za postavljene zahtjeve; raspolaganje sigurnim besprekidnim izvorom električne energije za ukupne vlastite potrebe i s mogućnosti plasmana viškova u distribucijsku mrežu.

Postrojenje ispunjava i zakonom predviđene kriterije za stjecanje statusa povlaštenog proizvođača električne energije.

6. LITERATURA

- [1] D. Ban, I. Pavić, "Optimalizacija i proširenje kogeneracijskog sustava pogona Molve", Studija izvodljivosti, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb, 2004.
- [2] Ž. Bogdan „Direktiva 2004/8/EC o kogeneraciji“ ; *Fakultet strojarstva i brodogradnje.*, Zagreb, 2005.
- [3] grupa autora, Nacrt „Pravilnik o stjecanju statusa povlaštenog proizvođača električne energije“, Zagreb, svibanj 2006
- [4] grupa autora, „Commission decision of EC 2007/74/EC“ ; veljača 2007.
- [5] grupa autora, „CX501-KB5 Operation and Maintenance“, *Centrax UK, 2006*
- [6] grupa autora, „CX501-KB5 Generator sets – Technical Description“, *Centrax Ltd. UK, 2003.*
- [7] Dokumentacija izvedbenog projekta broj 8365-54-06-0006 Uklapanja u postojeći sustava upravljanja i vođenja TEA4, 2006, *Končar – Inženjering za energetiku i transport*
- [8] D. Ban, „Optimalizacija i proširenje kogeneracijskog sustava pogona Molve – Studija izvodljivosti“, *Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb 2004*
- [9] M. Zaglavnik, „Mala kogeneracijska postrojenja danas i sutra“, , RGR 5/2004, Zagreb, 2004, str 131-134.