

Mario Berend, dipl.ing.
SCADA projekt d.o.o.
scada.projekt@zg.t-com.hr

Alan Vrana, dipl.ing.
SCADA projekt d.o.o.
scada.projekt@zg.t-com.hr

Savo Vučković, ing.
SCADA projekt d.o.o.
scada.projekt@zg.t-com.hr

Mario Jovanovac, dipl.ing.
Sladorana d.d.
elektro@sladorana.hr

PARALELNI RAD PROIZVODNOG POSTROJENJA S KOGENERACIJOM SLADORANA D.D. ŽUPANJA S DISTRIBUCIJSKOM MREŽOM

SAŽETAK

Osnovni zadaci uspostave paralelnog rada kogeneracijskog postrojenja Sladorane d.d. sa distribucijskom mrežom bili su osiguranje pouzdanijeg napajanja proizvodnih pogona električnom energijom za vrijeme kampanje prerade šećerne repe i sirovog šećera, bolje iskorištenje energije (dizanja ukupne efikasnosti), te mogućnost dobave manjka i isporuke viška električne energije.

Kako bi se ostvarili postavljeni zadaci obavljene su rekonstrukcije turbine, redukcijske stanice, generatora, spoja s vanjskom distribucijskom mrežom, ugrađeni su sustavi za automatsku sinkronizaciju, odvajanje, rasterećenje, te kompleksni SCADA sustav s funkcijama nadzora i upravljanja elektroenergetskim postrojenjem, potrošnje i proizvodnje električne energije, generatora i dijela paroproizvodnog postrojenja, automatskog upravljanja proizvodnjom na generatoru, razmjenom s distribucijskom mrežom i regulacije po protutlaku.

Rad sadrži opis izvršenih rekonstrukcija, ugrađene opreme i sustava.

Ključne riječi: sinkronizacija, odvajanje, rasterećenje, upravljanje razmjenom, regulacija po protutlaku

PARALLEL OPERATION OF COGENERATION FACILITY WITH UTILITY POWER AT SUGAR FACTORY SLADORANA D.D. ŽUPANJA

SUMMARY

Before the parallel operation of two power sources had been realized there were several reconstructions and adjustments performed: new steam turbine control, upgrade of installed power of the power generator including new generator breaker, protection and excitation, reconstruction of connection to utility grid, both in factory and in distribution substation 35/10 kV, new systems automatic synchronization, decoupling, automatic load shedding, monitoring and control of electric power plant, monitoring of power production and demand, automatic power generation control, automatic power flow control with utility grid and automatic exhaust pressure control.

This paper describes all performed reconstructions, equipment and systems used.

Key words: synchronization, decoupling, load shedding, exhaust pressure control

1. UVOD

U cilju povećanja raspoloživosti i boljeg iskorištenja energije (dizanja ukupne efikasnosti) pristupilo se rekonstrukciji napajanja postrojenja električnom energijom i uspostavi paralelnog rada kogeneracijskog postrojenja Sladorane d.d. sa distribucijskom mrežom. Radi se o kompleksnim zahvatima na primarnoj i sekundarnoj opremi. Promjena načina napajanja nužno je zahtijevala i promjenu načina upravljanja kako elektro, tako i paroproizvodnim postrojenjima.

Prije uspostave paralelnog rada sa distribucijskom mrežom napajanje Sladorane se vršilo u dva različita režima: za vrijeme kampanje i van kampanje. Za vrijeme kampanje napajanje se vršilo isključivo iz vlastitog turboagregata u otočnom radu, a izvan kampanje preko jednog od dva energetska transformatora iz vanjske mreže.

Osnovni ciljevi promjene načina napajanja (rekonstrukcije napajanja) bili su:

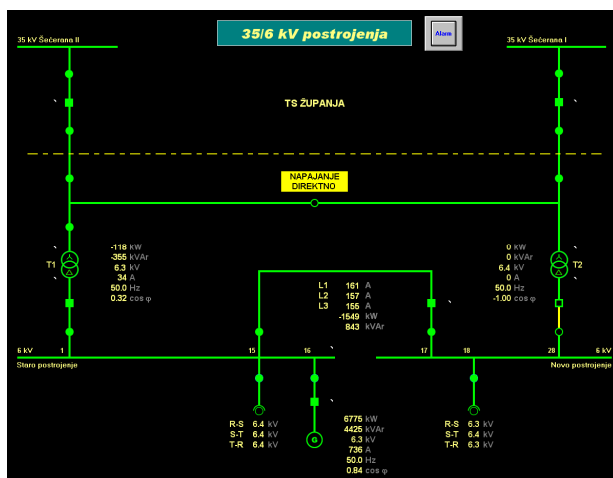
- povećanje raspoloživosti i skraćenje vremena pokretanja energetskih postrojenja kod kvarova,
- zadovoljenje potreba za električnom energijom u svim pogonskim situacijama i predvidivim rekonstrukcijama i dogradnjama proizvodnih postrojenja,
- povećanje proizvodnje električne energije i njena isporuka u vanjsku elektroenergetsku mrežu u ovisnosti o potrebi tehnologije za parom,
- bolje iskorištenje energije (dizanja ukupne efikasnosti),
- popravak kvalitete pare za tehnološki proces.

Za promjenu načina rada i uspostavu paralelnog rada sa distribucijskom mrežom obavljen je niz rekonstrukcija i ugradnja novih sustava opisanih u daljnjem tekstu. Izvršeno je ispitivanje cjelokupne zaštite na postrojenju i njeno preuđavanje kako bi se osigurala pouzdana selektivnost.

Nakon uspostave paralelnog rada, Sladorana se za vrijeme kampanje napaja iz dva paralelna izvora, vlastitog turboagregata i distribucijske mreže.

2. OPIS STANJA POSTROJENJA I NAČINA RADA PRIJE REKONSTRUKCIJE NAPAJANJA

Prije rekonstrukcije, srednjonaponsko postrojenje se napajalo iz vanjske mreže HEP-a preko jednog od dva energetska transformatora prijenosnog omjera 35/6,3 kV, snage po 4 MVA ili iz vlastitog turboagregata snage 7 MW (8,75 MVA). Transformatori su spojeni po sekciji, dok je generator spojen na sabirnice starog postrojenja. Blok shema napajanja prikazana je na slici 1.



Slika 1: Blok shema napajanja

Industrijsko elektroenergetsko postrojenje Sladorane d.d. – Županja, nazivnog napona 6 kV sastoji se iz dvije sekcije, staro i novo postrojenje. Osim stare i nove sekcije 6 kV postrojenja, u krugu Sladorane nalaze se još četiri 6 kV podrazvoda koji se napajaju iz glavnog 6 kV postrojenja.

Zakupljena snaga Sladorane iznosila je 3 MW (samo preuzimanje). U kampanji Sladorana se napajala samo iz vlastitog generatora, što je bilo na granici njenih potreba za električnom energijom. Izvan kampanje napajanje je ostalo nepromijenjeno i vrši se preko jednog od dva energetska transformatora.

S aspekta pouzdanosti, navedeni način napajanja bez redundancije nije bio zadovoljavajući u kampanji. Napajanje nužnih potrošača u krugu Sladorane je veoma bitno. Prilikom ispada generatora u kampanji, dolazi do nestanka el. energije na 6 kV sabirnicama, i prestanka napajanja kotlova, što rezultira prekidom proizvodnje. Nakon gašenja kotlova, za ponovni start je potrebno do 4-6 sati, a do dovođenja parametara proizvodnog postrojenja na razinu prije nestanka električne energije potrebno je do 24 sata.

Sladorana u kampanji ima veći broj ispada napajanja (u prijašnjim godinama prosječno 2,14 puta), što dovodi do velikih financijskih i materijalnih gubitaka u energetici i proizvodnji. Smanjenje troškova i povećanje efikasnosti nije se moglo provoditi jer je postojao stalni debalans u zahtjevima za toplinskom i električnom energijom.

3. REKONSTRUKCIJE

U sklopu nastojanja Sladorane da raspoloživost paroproizvodnih i elektroenergetskih postrojenja podigne na višu razinu, te kao pripremu za uspostavu paralelnog rada sa distribucijskom mrežom obavljene su rekonstrukcije turbine, redukcijske stanice, generatora i spoja s vanjskom distribucijskom mrežom.

Rekonstrukcija turbine je pored zahvata na samoj turbini, obuhvatila i zamjenu turbinskog regulatora, turbinske zaštite i formiranje sustava nadzora rada turbine. Novi turbinski regulator je osigurao kvalitetnu regulaciju u svim režimima rada turboagregata:

- otopno - regulacija broja okretaja (frekvencije),
- paralelno - proporcionalna regulacija (regulacija snage),
- paralelno - kaskadna regulacija (regulacija po protutlaku).

Redukcijska stanica je u cijelosti zamijenjena i opremljena potrebnom automatikom, kako bi mogla pratiti turbinu u regulaciji po protutlaku. Ograničen je minimalni protok kroz redukcijску stanicu, kako bi mogla u svakom trenutku preuzeti dodatni protok pare kod propada protutlaka u situacijama izlaska iz regulacije po protutlaku kod poremećaja (gubitka uvjeta automatskog upravljanja, odvajanja od vanjske mreže i sl.).

Obavljeni su slijedeći zahvati na generatoru:

- povećanje snage generatora (prematanje rotora i promjena sustava hlađenja),
- zamjena generatorskog prekidača,
- zamjena uzbude,
- zamjena zaštite.

U sklopu uspostave paralelnog rada sa distribucijskom mrežom obavljene su rekonstrukcije spoja s vanjskom distribucijskom mrežom (u Sladorani i priključnoj distribucijskoj TS 35/10 kV) koje su obuhvatile:

- zamjenu kompletne primarne i sekundarne opreme u 35 kV vodnim poljima u distribucijskoj TS 35/10 kV (dva kabela odvođa za Sladoranu),
- ugradnju strujnih mjernih transformatora u komorama transformatora 35/6,3 kV za potrebe diferencijalne zaštite transformatora,
- zamjenu kompletne primarne i sekundarne opreme (izuzev rastavljača) u 6 kV dovodnim - trafo poljima,
- ugradnju strujnih transformatora i zaštite u 6 kV sekcijском polju,
- rekonstrukciju komandnog pulta i drugih pomoćnih razvodnih ormara,

4. NOVI SUSTAVI

Pored obavljenih rekonstrukcija, ugrađeni su slijedeći novi sustavi:

- automatska sinkronizacija,
- automatsko odvajanje,
- automatsko rasterećenje,
- kompleksni SCADA sustav.

4.1. Automatska sinkronizacija

Prije ugradnje novog automatskog sinkronizatora, sinkronizacija se vršila ručno uz pomoć sinkronoskopa. Postojeći sinkronizator je bio van funkcije. Sinkronizacija se obavljala isključivo kod pokretanja i zaustavljanja vlastite proizvodnje električne energije i prebacivanja potrošnje sa mreže na generator i obratno.

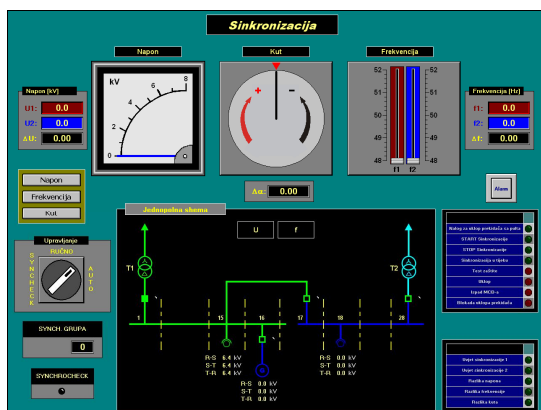
U paralelnom radu dolazi do potrebe za češćim sinkronizacijama pri različitim opterećenjima i pogonskim situacijama. Neprecizna sinkronizacija predstavlja veći ili manji mehanički udar na turboagregat, izaziva oštećenja i skraćuje mu životni vijek.

Za potrebe sinkronizacije ugrađen je novi sinkronizator proizvodnje Siemens, tip 7VE. Postojeći sinkronoskop je zadržan za slučaj ručne sinkronizacije u izvanrednim uvjetima kada je sinkronizator van funkcije ili nije moguće obaviti automatsku sinkronizaciju. Zamijenjeni su međutransformatori i obavljene potrebne rekonstrukcije u komandnom pultu i sinkronizacijskim poljima.

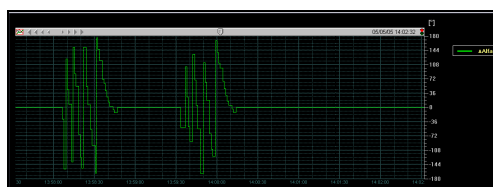
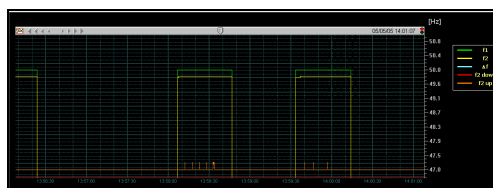
Sinkronizaciju je moguće provesti na četiri različita mjesta: generatorska ćelija, dovodne trafo ćelije (dvije) i sekcijsko polje. Projektom su predviđena tri načina sinkronizacije:

- automatska sinkronizacija – sinkronizator,
- ručna sinkronizacija uz synchrocheck,
- ručna sinkronizacija bez synchrochecka.

Sinkronizator je komunikacijski spojen na sustav nadzora i upravljanja te je omogućeno praćenje odvijanja sinkronizacije i kvalitetna dijagnostika. Na slikama 2 i 3 prikazan je nadzor sinkronizacije.



Slika 2: Nadzor sinkronizacije



Slika 3: Trendovi frekvencije i kuta

4.2. Automatsko odvajanje

Kod poremećaja-kvarova u distribucijskoj mreži i kod mogućeg raspada elektroenergetskog sustava, vrši se automatsko odvajanje od vanjske mreže, tj. prelazak u otočni režim rada IES-a, te po potrebi rasterećenje kako bi se očuvalo napajanje vlastitih kritičnih potrošača (pogona). Radi se o složenom sustavu sa vrlo visokim zahtjevima na pouzdanost, kritičnost, brzinu i osjetljivost.

Ukoliko napon i frekvencija IES-a Sladorane padnu ispod dozvoljenih granica dolazi do ispada generatora i potrošača. Uzroci tih poremećaja mogu biti u samom IES-u ili u vanjskoj mreži. Kvarove u IES-u otklanja selektivno udešena zaštita. U slučaju poremećaja - kvarova u vanjskoj mreži može doći do povećanog toka snage iz IES-a u distribucijsku mrežu. Sustav za automatsko odvajanje je podešen da proradi u vrlo kratkom vremenu kao bi se izbjegla mogućnost ispada generatora.

Ako u toku paralelnog rada dođe do nestanka napajanja na 35 kV strani dio distribucijske mreže će se napajati samo iz agregata Sladorane. To može izazvati preopterećenje agregata. Unatoč djelovanja turbinske regulacije i forsiranja uzbude generatora, može doći do propada frekvencije i napona što nakon određenog vremena uzrokuje proradu zaštite, isklon generatorskog prekidača i nestanak napajanja lokalnog konzuma. Zadatak sustava za odvajanje je da prije toga odvoji IES od vanjske mreže.

Kako se Sladorana može napajati preko jednog od dva 35 kV dovoda (trafo 35/6,3 kV) ugrađena su dva sustava za odvajanja. Za odvajanje se koristi numerička kompleksna zaštita generatora tip 7UM, proizvodnje Siemens sa sljedećim funkcijama:

- podnaponska (27),
- nadnaponska (59),
- podfrekventna (81U),
- nadfrekventna (81O),
- usmjerena nadstrujna (67),
- nesimetrično opterećenje (46),
- detekcija skoka vektora napona
- vanjski isklop - preopterećenje generatora.

Uvjeti odvajanja po bilo kojoj proradnoj veličini su uklopna stanja aparata u spoju generatora sa vanjskom mrežom (aktiviranje / deaktiviranje odvajanja). Praćenje rada sustava za automatsko odvajanje ostvareno je kroz zapise poremećaja (disturbance recorder) ugrađenih numeričkih releja, kao i kroz sustav nadzora i upravljanja. Zapis poremećaja se aktivira različitim internim startovima u releju za odvajanje i vanjskim signalima.

4.3. Automatsko rasterećenje

Osnovni zadatak sustava za odvajanje i rasterećenje je selektivno isključenje dijelova elektroenergetskih postrojenja kod poremećaja ili kvarova, a da pri tom "zdravi" dijelovi postrojenja ostanu u pogonu. Izvan kampanje sustavi za odvajanje i rasterećenje su van funkcije, kao i vlastiti agregat. Ovisno o tipu poremećaja ili kvara rasterećenje se provodi kod odvajanja od vanjske mreže ili ispada generatora.

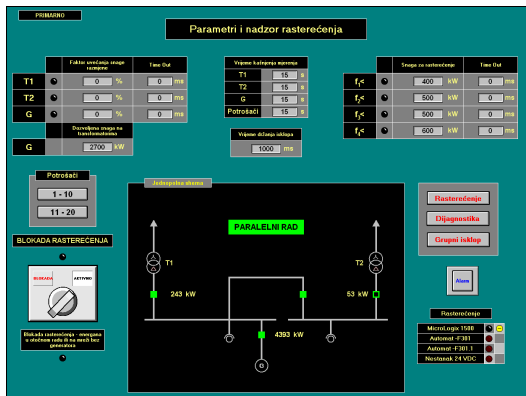
Kod poremećaja / kvarova u vanjskoj elektroenergetskoj mreži ili mogućeg raspada elektroenergetskog sustava, vrši se automatsko odvajanje od vanjske mreže, odnosno prelazak u otočni rad, te prema potrebi automatsko rasterećenje kako bi se održala stabilnost vlastitih postrojenja i napajanje bitnih proizvodnih pogona. Uspješnim i dovoljnim rasterećenjem se osigurava kraće trajanje prijelaznih pojava i smanjenje naprezanja na agregatu, paraproizvodnom postrojenju i industrijskoj mreži.

Kod kvarova / ispada vlastitog agregata, zbog ograničene snage koju Sladorana može preuzimati iz vanjske mreže preko spojnih vodova i energetskih transformatora 35/6 kV, energetske suglasnost i visoke cijene ostvarene vršne snage, vrši se automatsko rasterećenje na maksimalno 3 MW. Osnovni cilj je održati napajanje električnom energijom energetskih postrojenja (prije svega kotlovske postrojenja i drugih rizičnih pogona u kojima mogu nastati štete), kako bi se minimiziralo vrijeme pokretanja agregata i uspostava vlastite proizvodnje električne energije i tehnološkog procesa. Rasterećenje se mora provesti dovoljno brzo kao ne bi došlo do prorade zaštite transformatora ili zaštite na dovodima (odvodi u TS 35 kV Županja).

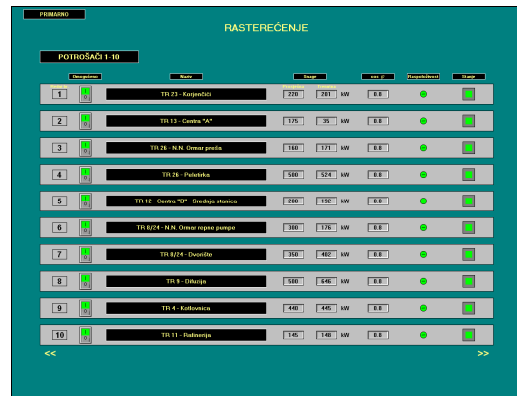
Sustav za rasterećenje je realiziran korištenjem programibilnih logičkih kontrolera (PLC) tip Micrologix 1500, proizvodnje Allen Bradley. Mjerenje razmjene električne energije s vanjskom mrežom na trafo dovodima i vlastite proizvodnje na agregatu vrše multifunkcijski mjerni uređaji, a potrošnje na odvodima mjerni pretvarači struje ugrađeni u ormariće polja na odvodima. Sva mjerenja koja se koriste za izračun snage rasterećenja (na trafo poljima, generatoru i odvodima) uzimaju se prije nastanka poremećaja. Vrijeme se zadaje parametarski na sustavu nadzora i upravljanja (tipično 15 sekundi). Sustav za rasterećenje je predviđen za sve režime rada postrojenja (napajanja) i načine rasterećenja, kao i za dvije razine sigurnosti (raspoloživosti). Parametriranje i udešavanje sustava se obavlja putem sustava nadzora i upravljanja, što je prikazano na slici 4.

Rasterećenje kod odvajanja IES od vanjske mreže provodi se kao direktno odbacivanje tereta (trenutni stupanj rasterećenja) i prema potrebi podfrekventno rasterećenje u više stupnjeva / koraka. Direktno odbacivanje tereta obavlja se trenutno kod prorade sustava za odvajanje, prorade zaštite transformatora ili isklopa prekidača na dovodima, odnosno kod odvajanja IES od vanjske mreže uz uvjet preuzimanja energije. Podfrekventno rasterećenje je aktivno i djeluje po odvajanju i prelasku u otočni režim rada slijedećih 30 sekundi. 30 sekundi po odvajanju podfrekventno rasterećenje prestaje djelovati i signalizira na sustavu nadzora i upravljanja da je blokirano rasterećenje do ponovnog povratka u paralelni rad sa mrežom. Podfrekventno rasterećenje pokreću podfrekventni stupnjevi (četiri stupnja) na releju zaštite sekcijskog polju. Kod ispada generatora rasterećenje se uvijek provodi kao direktno odbacivanje tereta. Rasterećenje se obavlja po prioritarnoj listi formiranoj na sustavu nadzora i upravljanja što je prikazano na slici 5.

Isklop odvoda se obavlja sukcesivno u grupama od po četiri odvoda. Isklop prve grupe, obavlja se trenutno. Svaka slijedeća grupa je vremenski potisnuta za 100 ms. Ovo kašnjenje je izvedeno kako bi se izbjeglo eventualno preopterećenje krugova pomoćnog napona 110 VDC.



Slika 4: Nadzor i parametiranje rasterećenja

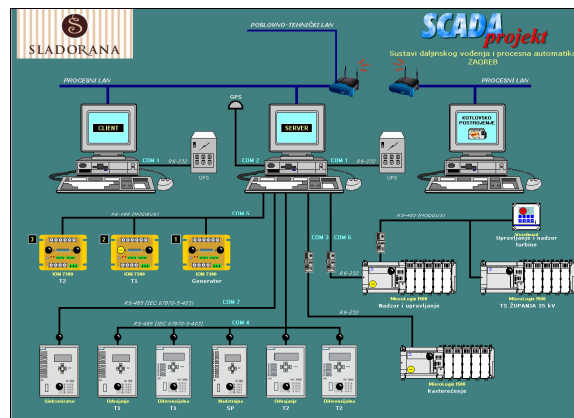


Slika 5: Nadzor i parametiranje potrošača

Kao zadnja rezerva, te za neke specifične pogonske situacije formiran je ručni grupni isklon na sustavu nadzora i upravljanja koji je stalno u funkciji neovisno o uklopnom stanju ili blokadi automatskog rasterećenja.

4.4. Nadzor i upravljanje

Nadzor i upravljanje se provodi putem kompleksnog SCADA sustava s funkcijama nadzora i upravljanja elektroenergetskim postrojenjem, nadzora generatora, potrošnje i proizvodnje električne energije i dijela paroproizvodnog postrojenja, automatskog upravljanja proizvodnjom na generatoru, razmjenom s distribucijskom mrežom i regulacije po protutlaku. Konfiguracija sustava prikazana je na slici 6.



Slika 6: Konfiguracija sustava nadzora i upravljanja

Zbog međusobne tehnološke i organizacijske povezanosti i potrebe za koordiniranim djelovanjem osoblja zaduženog za vođenje elektroenergetskog sustava i paroproizvodnih postrojenja, sustav je povezan sa drugim procesnim informatičkim sustavima Energetike. Aplikacija je izrađena na MS Windows platformi, programskom SCADA sustavu, Lookout, National Instruments u klijent - server arhitekturi, spojena na poslovni informacijski sustav. Aplikacija se sastoji od niza procesa i specifičnih objekata namijenjenih obavljanju različitih funkcija. Sustav je oslonjen na opremu različitih proizvođača (Allen Bradley, Power Measurement, Siemens, Woodward) korištenjem različitih komunikacijskih protokola. Oprema je vremenski sinkronizirana putem GPS sustava.

Sva mjerenja u sustavu se spremaju u bazu podataka i čuvaju godinu dana. Sva mjerenja se mogu pratiti u trendovima i pretraživati zadnjih godinu dana. Podaci potrebni za izvještaje eksportiraju se u vanjsku bazu podataka SQL. Daljnja obrada vrši se nad arhiviranim podacima u SQL bazi uz pomoć aplikacije izrađene u ASP.NET tehnologiji. Obrada se vrši na zahtjev, kod pokretanja izvještaja, a prikaz u HTML formatu. Izvještaji se prikazuju na isti način na SCADA sustavu, kao i na vanjskim računalima. Pored prikaza tekućih, moguće je pregledavanje arhivskih izvještaja (prethodni dani, mjeseci, godina).

Izveštaji su dostupni na WEB-u (Internet Explorer) korisnicima na Intranetu i Internetu i mogu se eksportirati u druge formate (XLS, PDF). Primjer smjenskog izvještaja dat je na slici 7.

Posebno se vodilo računa o tome da novi sustav bude moderno koncipiran, otvoren za daljnje dogradnje i proširenja. Sustav je otvorio i učinio dostupnim informacije iz najvećeg dijela energetskog sustava širem krugu korisnika. Uvođenjem novih tehnologija kao što su intranet i WWW omogućilo je osoblju zaduženom za organizaciju, održavanje, plan, analizu i izvoditelju stalni nadzor rada postrojenja energetike.

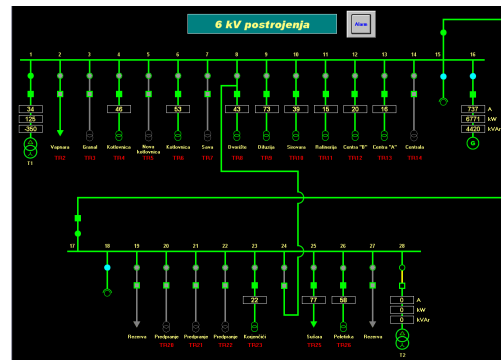
4.4.1. Nadzor i upravljanje elektroenergetskim postrojenjem i praćenje potrošnje i proizvodnje električne energije

Pored svih uobičajenih funkcija nadzora i upravljanja elektroenergetskim postrojenjima (vidi sliku 8), sustav obavlja dodatno:

- nadzor temperatura na generatoru,
- prijenos nužnog skupa informacija iz distribucijske TS 35/10 kV u Sladoranu i obratno,
- praćenje proizvodnje električne energije na generatoru i potrošnje u distribucijskoj TS 35/10 kV i na dovodima sa svim obračunskim elementima (radna, jalova snaga po tarifama i vršna snaga)
- praćenje prisustva harmonika na generatoru i dovodnim trafo poljima.

Sladorana		IZVJEŠTAJ UKLOPNICE										05.12.2007 (sri)										
SATI	GENERATOR	Srednja vrijednost	TEMPERATURA NANOVA I PAKETA GENERATORA [°C]					HLADNE NEKRETNOSTI [°C]					TRANSFORMATOR									
			U1	U2	U3	P1	P2	P3	1	2	3	4	5	TR 1	TR 2							
17:00	757	6676	0,833	288	79	74	75	69	68	65	23	22	44	11	14	32	188	-0,331	0	0	1,000	
18:00	751	6753	0,831	288	81	76	71	69	68	65	23	22	44	11	14	32	188	-0,331	0	0	1,000	
19:00	751	6888	0,831	289	80	76	71	74	68	65	23	22	44	11	14	38	196	-0,400	0	0	1,000	
20:00	758	6884	0,833	289	79	76	72	70	68	65	23	22	44	11	14	38	173	-0,419	0	0	1,000	
21:00	743	6832	0,831	292	82	76	72	74	69	68	23	23	44	11	14	42	190	-0,411	0	0	1,000	
22:00	751	6724	0,834	287	79	75	71	69	68	67	23	22	45	11	14	35	145	-0,360	0	0	1,000	
23:00	750	6718	0,832	290	79	76	72	70	69	68	23	22	45	11	14	35	145	-0,360	0	0	1,000	
00:00	751	6720	0,833	286	80	74	74	70	69	68	23	22	44	11	14	32	161	-0,374	0	0	1,000	
01:00	753	6594	0,833	290	80	74	74	70	69	69	23	22	44	11	14	44	174	-0,328	0	0	1,000	
02:00	743	6771	0,830	290	81	76	72	74	69	69	23	22	45	11	14	37	133	-0,378	0	0	1,000	
03:00	758	6714	0,833	288	81	75	74	74	69	68	23	22	44	11	14	29	52	-0,144	0	0	1,000	
04:00	751	6858	0,830	289	79	74	75	69	69	67	23	22	45	11	14	38	178	-0,361	0	0	1,000	
05:00	757	6747	0,835	299	83	73	74	70	68	68	23	22	44	11	14	40	191	-0,260	0	0	1,000	
06:00	758	6737	0,848	304	78	73	73	68	68	68	23	22	44	11	14	42	141	-0,147	0	0	1,000	
07:00	750	6548	0,848	287	80	75	72	74	68	68	23	22	44	11	14	37	190	-0,355	0	0	1,000	
08:00	751	6708	0,849	302	78	75	72	69	68	68	23	22	44	11	14	30	194	-0,353	0	0	1,000	
09:00	757	6747	0,844	284	79	73	72	69	68	68	23	23	44	11	14	27	81	-0,538	0	0	1,000	
10:00	751	6713	0,849	301	79	74	72	69	68	68	23	22	44	11	14	36	169	-0,368	0	0	1,000	
11:00	755	6640	0,837	284	78	74	73	73	68	68	23	23	44	11	14	44	190	-0,366	0	0	1,000	
12:00	758	6502	0,825	289	80	72	74	68	68	68	23	22	44	11	14	30	150	-0,331	0	0	1,000	
13:00	757	6737	0,829	288	80	74	69	68	68	68	23	22	44	11	14	38	190	-0,400	0	0	1,000	
14:00	754	6691	0,829	289	80	75	71	68	68	68	23	22	44	11	14	33	157	-0,437	0	0	1,000	
15:00	756	6622	0,833	286	80	75	71	68	68	68	23	22	44	11	14	40	190	-0,366	0	0	1,000	
16:00	751	6692	0,832	288	80	75	72	71	69	68	23	22	44	11	14	45	400	-0,603	0	0	1,000	
17:00	758	6727	0,831	288	79	76	73	74	68	68	23	22	44	11	14	34	133	-0,387	0	0	1,000	
ENERGIJA		GENERATOR 10 MW		TR1		TR2		DAN		05.12.2007												
UKUPNO		PREMA	SAK	162370	104558	1948	1439	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DNEVNO		PREMA	SAK	162370	104558	1360	4924	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UKUPNO		PREMA	SAK	811522	527517	6105	39063	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Slika 7: Smjenski izvještaj

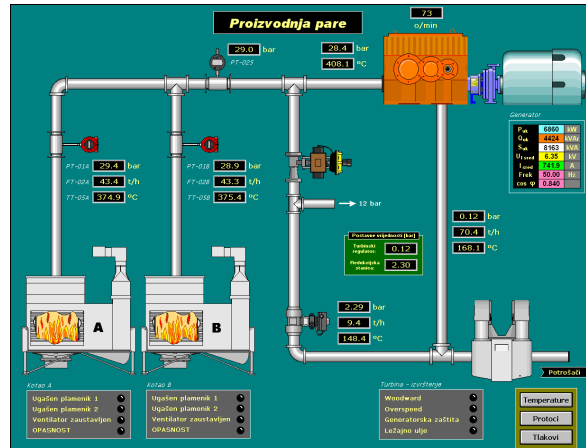


Slika 8: Nadzor 6 kV rasklopnog postrojenja

4.4.2. Nadzor paroproizvodnog postrojenja

Procesi proizvodnje i potrošnje toplinske i električne energije su međuvisni. Svaka promjena u potrošnji ili proizvodnji električne energije utječe na paroproizvodno postrojenje i rezultira većim ili manjim poremećajima i obratno. Kako bi se osigurala što veća stabilnost postrojenja i koordinirani rad operativnog osoblja u sustav nadzora i upravljanja je uveden nužni skup informacija iz paroproizvodnog postrojenja.

Informacija iz paroproizvodnog postrojenja prikupljaju se iz tri različita sustava i to sa sustava upravljanja kotlovskog postrojenja, turbine i redukcijske stanice. Povezivanje sa sustavom kotlovskog postrojenja provedeno je međusobnim povezivanjem SCADA sustava kotlovskog postrojenja i elektroenergetike bežičnom mrežnom vezom. Informacije sa turbine se prenose komunikacijski (Modbus) sa turbinskog regulatora, a ostale informacije putem ulaza/izlaza PLC-ova u turbinskom ormaru i razvodnom ormaru rasklopnog postrojenja.



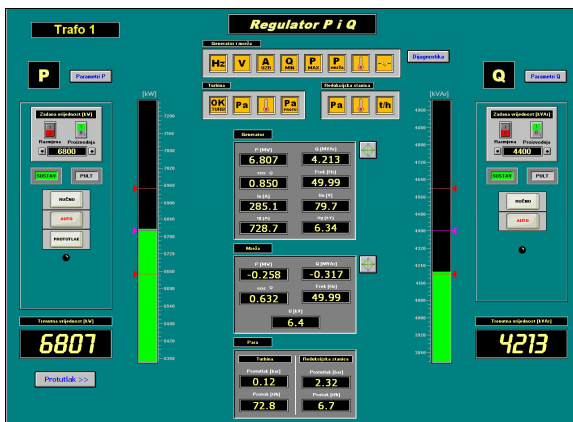
Slika 9: Nadzor paroproizvodnih postrojenja

4.4.3. Automatsko upravljanje proizvodnjom / razmjenom

U sklopu kompleksnog višenamjenskog sustava nadzora i upravljanja realizirane su slijedeća tri načina automatske regulacije proizvodnje / razmjene električne energije:

- automatsko upravljanje proizvodnjom na generatoru,
- automatsko upravljanje razmjenom s distribucijskom mrežom,
- automatska regulacija po protutlaku.

Za razliku od otočnog rada u kojem primarni regulatori (turbinski i naponski) održavaju zadani broj okretaja (frekvenciju) i napon, u paralelnom radu napon i frekvenciju određuje vanjska elektroenergetska mreža. U paralelnom radu turbinski regulator djeluje na povećanje / smanjenje radne snage agregata, a naponski regulator jalove (preuzimanje iz / davanje u mrežu). U automatskom radu sustav kontrolira 30 različitih uvjeta i ograničenja kako na elektro tako i na paroproizvodnom postrojenju. U slučaju gubitka bilo kojeg od uvjeta sustav će prestati upravljati (izdavati komande) i alarmirati operatera, kako bi on utvrdio razloge nestanka uvjeta za automatsko upravljanje. Na slici 10 prikazan je način praćenja rada regulatora, a na slici 11 uvjeti automatskog upravljanja. Automatska regulacija radne i jalove snage su potpuno neovisne, tako da se sa jednom regulacijom može raditi ručno, a drugom automatski. Na komandnom pultu u uklopnici su ugrađene dvije grebenaste preklopke za upravljanje radnom i jalovom snagom zasebno, koje omogućuju izbor mjesta upravljanja pult / sustav. Pokretanje automatskog upravljanja vrši se virtualnim preklopkama na sustavu nadzora i upravljanja.



Slika 10: Automatska regulacija proizvodnjom

Radiša frekvencija GEN1-MREZA	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Uklonjeno stanje	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Radiša snaga GEN1-MREZA	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Snaga T1, Mreža max	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Frekvencija GEN	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Snaga T2, Mreža max	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Frekvencija MREZE	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Σ snaga mreže < Mreža max	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Snaga voda < U MAX	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Protutlak	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Snaga Qg < Qmin	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Temperatura pare na ulazu u turbinu	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Snaga Pg < Pmax	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Tlak pare na ulazu u turbinu	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Napon GEN1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Turbina OK	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Temperatura namota U1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Temperatura pare na ulazu u ređuć st.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Temperatura namota U2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Tlak pare na ulazu u ređuć st.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Temperatura namota U3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Tlak pare na ulazu u ređuć st.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Temperatura paketa P1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Protutlak pare kroz ređuć st.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Temperatura paketa P2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
Temperatura paketa P3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
Temperatura toplog zraka	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
Temperatura hladnog zraka 1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
Temperatura hladnog zraka 2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
Temperatura vode na ulazu u hladnjak	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
Temperatura vode na ulazu u hladnjak 2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			

Slika 11: Uvjeti automatskog upravljanja

Automatsko upravljanje može se pokrenuti tek po osiguranju svih zadanih uvjeta na elektro i parnom postrojenju. U slučaju izvanredne situacije ili planirane promjene načina rada, operater može isključiti automatsko upravljanje preklopkama na pultu.

5. ZAKLJUČAK

Priprema i realizacija svih opisanih zahvata na postrojenju odvijala se etapno prema raspoloživim financijskim sredstvima i trajala ukupno tri godine. Završni dio, uspostava paralelnog rada je realizirana u 2007. godini. Sladorana je u dvije spojene kampanje (repna i žuta) u ukupnom trajanju od 5 mjeseci radila u paraleli s vanjskom elektroenergetskom mrežom. Sva odabrana oprema, projektirana i izvedena rješenja su se pokazala dobrima. U tom periodu na elektroenergetskom postrojenju i instaliranim sustavima nije bilo kvarova ili zastoja.

U vanjskoj elektroenergetskoj mreži nije bilo poremećaja, te sustav za odvajanje nije odvojio generator od mreže. Zbog zastoja u radu turbine i kotlovskog postrojenja (posljedično i generatora) sustav za rasterećenje je radio četiri puta. Sva četiri rasterećenja su bila rasterećenja dovodnog trafo polja, kako bi se očuvalo napajanje kotlovskog postrojenja i nužnih potrošača. Rasterećenje je odradilo besprijekorno, te je omogućilo brzo ponovno pokretanje paroproizvodnih postrojenja, generatora i proizvodnje (prerade).

LITERATURA

- [1] S. Vučković, B. Štambak, Elaborat i idejno rješenje energetske učinkovitosti i paralelnog rada generatora s vanjskom mrežom
- [2] GE, Load shedding, load restoration and generator protection, GET-6449
- [3] BBC, Automatic System Decoupling for Industrial Plants, CH-ES 39-10 E
- [4] Eling projekt d.o.o., E 01 - Projekt-paralelni rad Sladorane d.d. sa vanjskom e.e. mrežom
- [5] SCADA Projekt d.o.o., Sustav za rasterećenje, Sladorane d.d., Korisnički priručnik
- [6] NORIN d.o.o., Sustav zaštite, odvajanja i rasterećenja Belišća d.d., Tehnički opis