Broj rada: I1-06
DOI:10.46793/CIRED2026.I1-06_267

REKONSTRUKCIJA POSTROJENJA 6,3 KV IZMENJIVAČKO-PUMPNE STANICE (2GT) U TE KOSTOLAC A

RECONSTRUCTION OF THE 6.3 KV SWITCHGEAR OF THE HEAT-EXCHANGER PUMP STATION (2GT) IN TPP KOSTOLAC A

Zlatko SIMEUNOVIĆ, AD EPS, TE-KO "Kostolac", Srbija *
Jelena NIKOLIĆ, AD EPS, TE-KO "Kostolac", Srbija
Dejan ŽUKOVSKI, AD EPS, TE-KO "Kostolac", Srbija
Miloš STANISAVLJEVIĆ, AD EPS, TE-KO "Kostolac", Srbija
Desimir MARTIĆ, AD EPS, TE-KO "Kostolac", Srbija

KRATAK SADRŽAJ

Termoelektranu Kostolac A čine dva bloka, A1 snage 100 MW i A2 od 210 MW. Termoblokovi, pored osnovne delatnosti proizvodnje električne energije, proizvode i toplotnu energiju za potrebe daljinskog sistema grejanja Kostolca, Požarevca i okolnih mesta. Toplotna energija se obezbeđuje preko izmenjivačko-pumpne stanice (IPS) u okviru koje se nalazi postrojenje 6,3 kV, oznake 2GT. Srednjenaponsko postrojenje je u pogonu od 2002. godine i obezbeđuje napajanje električnom energijom opreme koja učestvuje u tehnološkom procesu daljinskog sistema grejanja. Usled povećanog broja korisnika daljinskog sistema grejanja gradova Kostolca i Požarevca i u cilju njihovog pouzdanog snabdevanja toplotnom energijom, u TE Kostolac A pojavila se potreba za povećanjem proizvodnog kapaciteta IPS-a, ugradnjom još dve pumpe, snage po 630 kW. Ugradnja dve nove pumpe neminovno je zahtevala rekonstrukciju postojećeg postrojenja 6,3 kV 2GT sa kojeg će se napajati novoinstalirane pumpe i ostali potrošači koji učestvuju u tehnološkom procesu IPS-a. Dugogodišnjom eksploatacijom postojećeg postrojenja (preko 20 godina) sve su se češće javljali problemi sa kvarovima na opremi. Zbog nemogućnosti nabavke iste opreme za potrebe održavanja, zbog dotrajalosti nastale velikim brojem uključenja/isključenja malouljnih prekidača i sve češćim dolivanjem ulja u polove prekidača, a pre svega zbog potrebe za proširenjem i napajanjem novih potrošača, tokom remonta 2024. godine obavljene su nabavka, rekonstrukcija, modernizacija i ugradnja novog postrojenja 6,3 kV. Novo postrojenje je novije generacije, sa vakuumskim prekidačima, najnovijom generacijom mikroprocesorskih zaštita i komunikacionim modulima za implementaciju u energetsku i procesnu SCADA. Rekonstrukcijom su smanjeni troškovi tekućeg održavanja, broj zastoja, postignuto je lakše održavanje, daljinsko praćenje, upravljanje i – što je najvažnije – postignut je visok nivo pouzdanosti opreme i produženje radnog veka postrojenja koje je jedno od najbitnijih u zimskom periodu.

Ključne reči: izmenjivačko-pumpna stanica, mikroprocesorska zaštita, održavanje, postrojenje 6,3 kV, pouzdanost

* Zlatko Simeunović zlatko.simeunovic@eps.rs; Jelena Nikolić jelena.nikolic@eps.rs; Dejan Žukovski dejan.zukovski@eps.rs; Miloš Stanisavljević milos.stanisavljevic@eps.rs; Desimir Martić desimir.martic@eps.rs

ABSTRACT

Thermal power plant Kostolac A consists of two units, A1 of 100 MW and A2 of 210 MW. Thermal units, in addition to their basic function of electricity generation, produce also thermal energy for the needs of the district heating system of Kostolac, Požarevac and surrounding settlements. Thermal energy is provided through the exchange-pumping station (IPS) within which there is a 6.3 kV switchgear, marked as 2GT. The medium-voltage switchgear has been in operation since 2002 and provides electricity to the equipment that participates in the technological process of the district heating system. Due to the increased number of users of the district heating system of the towns of Kostolac and Požarevac, and in order to supply them reliably with heat energy, in TPP Kostolac A the need occurred to increase the production capacity of IPS by installing two more pumps, each of 630 kW. The installation of two new pumps inevitably required the reconstruction of the existing 6.3 kV switchgear 2GT, from which the newly installed pumps and other consumers participating in the technological process of IPS will be powered. Due to the long-term exploitation of the existing switchgear (for over 20 years), problems with equipment failures occurred more often. Due to the impossibility of procuring the same equipment for maintenance purposes, due to wear and tear caused by the large number of low-oil switches' switching on/off and the increasingly frequent topping up of switch poles with oil, and above all due to the need to expand and supply new consumers, during the overhaul in 2024, the procurement, reconstruction, modernization and installation of a new 6.3 kV switchgear was carried out. The new switchgear is of the latest generation, with vacuum switches, the latest generation of microprocessor protection and communication modules for implementation in energy and process SCADA. The reconstruction reduced the costs of ongoing maintenance, the number of electrical equipment outages, allowed easier maintenance, remote control was achieved, and – the most importantly – the high level of reliability of the equipment was achieved, and extended lifespan of the switchgear, one of the most important during the winter period.

Keywords: heat exchanger-pumping station, maintenance, microprocessor relay protection, reliability, switchgear 6.3 kV

UVOD

Termoelektranu (TE) Kostolac A čine dva bloka, A1 snage 100 MW i A2 snage 210 MW. Od prvog priključenja na prenosnu mrežu naponskog nivoa 110 kV osnovna delatnost ove TE bila je proizvodnja električne energije. Povećanjem broja korisnika toplotne energije u zimskom periodu iz individualnih ložišta, znatno se povećao negativni uticaj na životnu sredinu. Stoga je u TE počela realizacija prelaska na kombinovanu proizvodnju električne i toplotne energije. Izgrađena je izmenjivačko-pumpna stanica (IPS) čiji zadatak je proizvodnja toplotne energije za grejanje grada Požarevca, Kostolca i okolnih sela. Postrojenje IPS se sastoji od šest razmenjivača toplote para-voda, tri mrežne pumpe za vodu, šest pumpi za kondenzat i armature (ventila) sa merno-regulacionom opremom. Da bi se postigla efikasnija i ekonomičnija proizvodnja toplotne energije prvi uslov je bio da se izvrši rekonstrukcija (oduzimanje pare) na turbinskim postrojenjima oba bloka termoelektrane. Ovom rekonstrukcijom obezbeđeno je kvalitetnije i povoljnije grejanje u kontinuitetu tokom grejne sezone. Povećanjem broja korisnika daljinskog sistema grejanja ukazala se potreba za uvođenje još dve mrežne pumpe sa svom pratećom opremom. To je obezbedilo pouzdan i stabilan rad toplifikacionog sistema i povećanje protoka vode kroz vrelovod.

1 OPIS POSTROJENJA

Rekonstruisano postrojenje 6,3 kV 2GT napaja se sa razvoda opšte grupe 2G (glavno napajanje) i sa postrojenja 2GP (rezervno napajanje). Sastoji se od trinaest ćelija, kao što je prikazano na jednopolnoj šemi (Slika 1), [1] ,od kojih su:

- L1 dovodna ćelija (2GP);
- L2 merna ćelija;
- L3 elektromotorna ćelija br. 4;
- L4 elektromotorna ćelija br. 5;
- L5 elektromotorna ćelija br. 3;
- L6 transformatorska ćelija br. 1;
- L7 dovodna ćelija (2G);
- L8 elektromotorna ćelija br. 1;
- L9 elektromotorna ćelija br. 2;
- L10 transformatorska ćelija br. 2;
- L11 izvod – rezerva;
- L12 transformatorska ćelija – rezerva;
- L13 elektromotorna ćelija – rezerva.

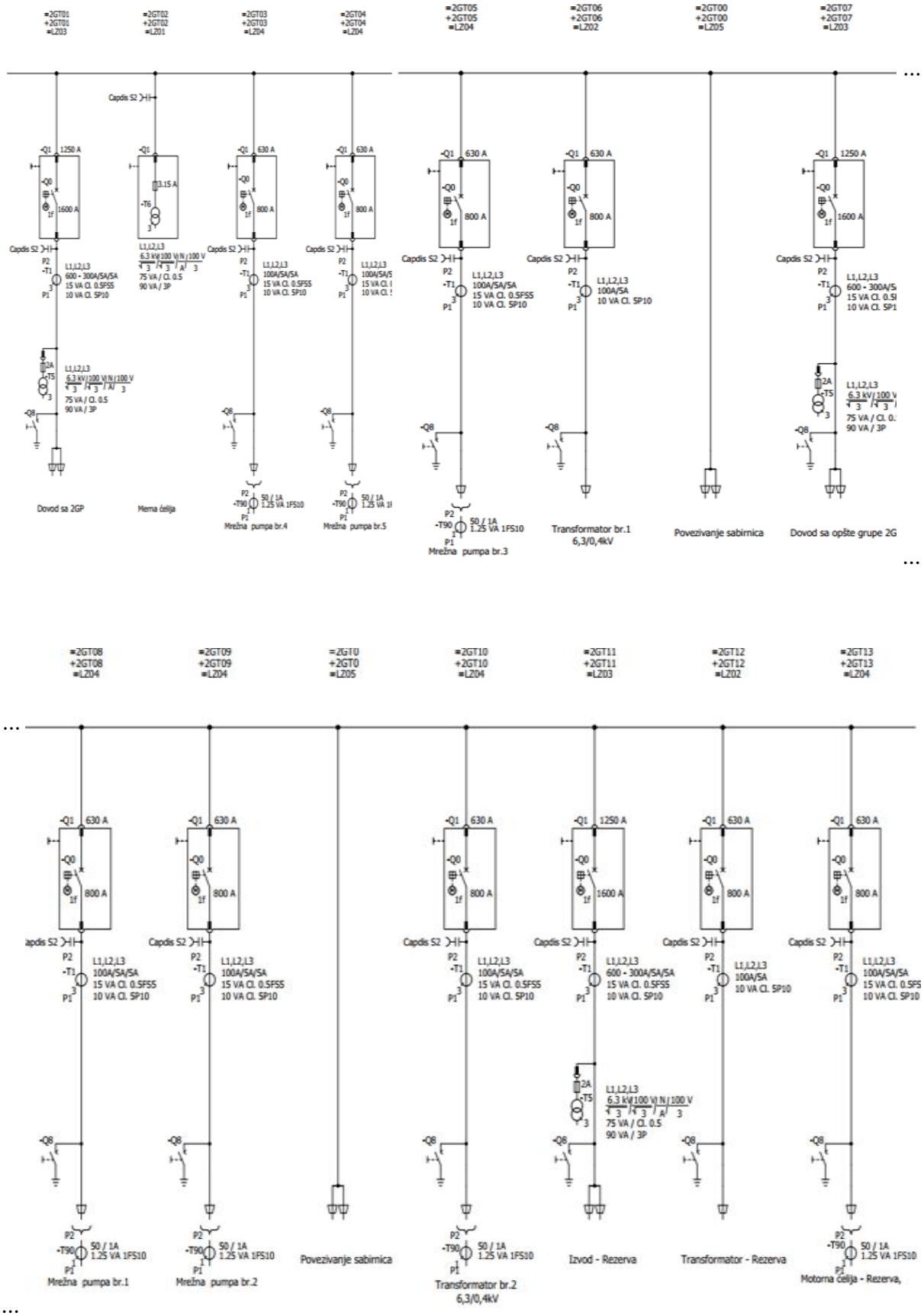
Postrojenje je slobodnostojeće, metalom oklopljeno, vazduhom izolovano, kompaktnog modularnog dizajna (Slika 2). Svaka ćelija sastoji se od četiri nezavisna odeljka:

- sabirnički odeljak kroz koji prolaze sabirnice kroz prolazne izolatore;

- niskonaponski odeljak u kome se nalaze klem lajsne, pomoćni releji, automatski osigurači, pomoćna oprema i na vratima – mikroprocesorska zaštita i lokalna signalizacija;
- prekidački odeljak sa vakuumskim prekidačem;
- kablovski odeljak sa standardnim blokovskim strujnim transformatorima i priključnim kablovima.

Visokonaponski (VN) odeljci su klase PM (*Partition Metal* – metalne pregrade), otporni na moguću pojavu luka usled kratkog spoja. U VN odeljcima prati se pojava pritiska. Kod motornih i transformatorskih ćelija pojava pritiska u kablovskom odeljku deluje na isključenje svog prekidača a u sabirničkom i prekidačkom odeljku informacija o pojavi luka sprovodi se do dovodnih prekidača (*upstream*). Osnovni podaci o novom postrojenju [2] su:

- nazivni napon 12 kV;
- radni napon 6,3 kV;
- stepen izolacije SI 12;
- nazivna struja sabirnica 1250 A;
- nazivna struja kratkog spoja prekidanja 25kA;
- stepen zaštite VN odeljka IP 41;
- upravljački napon 220 V - 250 V DC;
- pomoćni napon 3x400 V/230 V.



Slika 1 - Jednopolna šema postrojenja 2GT



Slika 2 – Izgled postrojenja 2GT

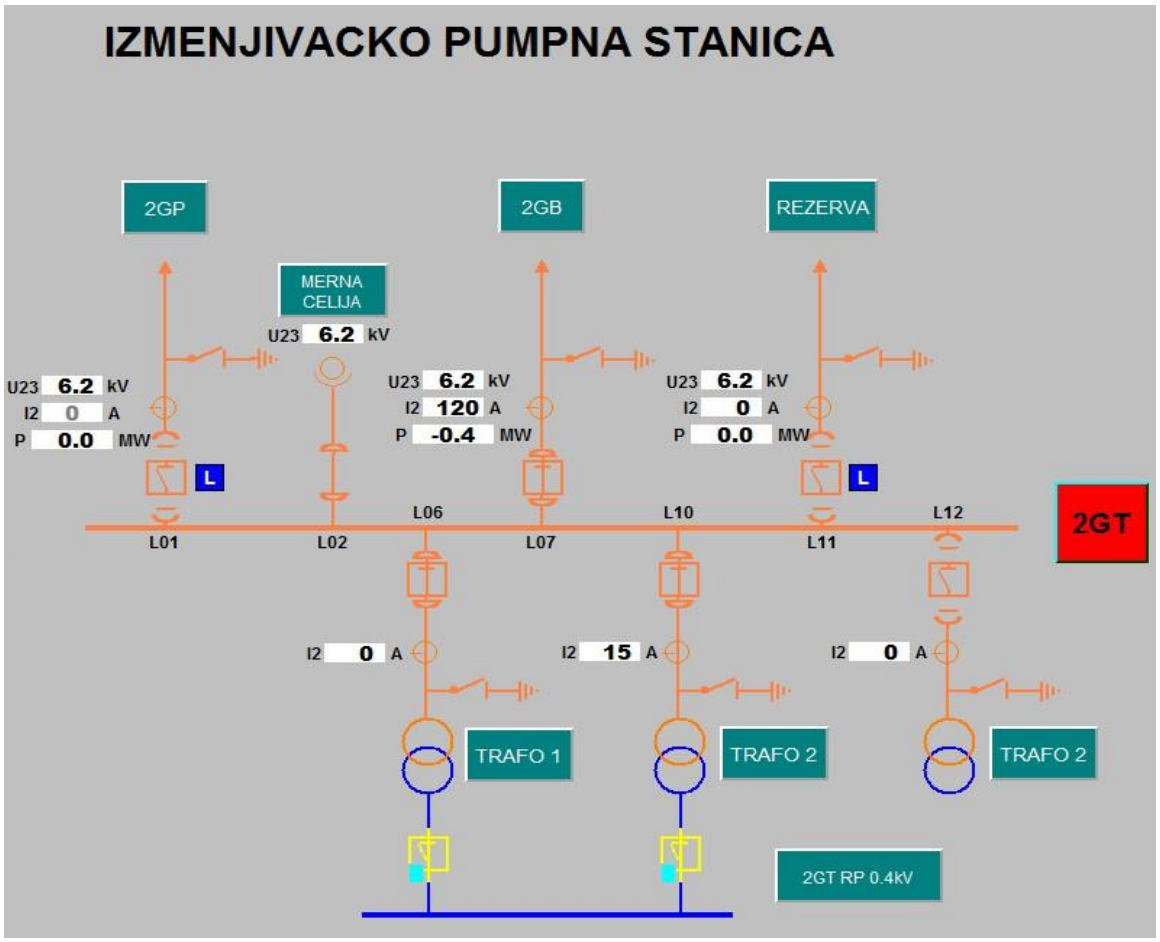
2 NADZOR, UPRAVLJANJE I PRIKUPLJANJE PODATAKA SA POSTROJENJA

Sistem daljinskog upravljanja i nadzora (energetska SCADA) [3] razvodnog postrojenja 6/0,4 kV nalazi se na elektrokomandi i sastoji se od sledećih komponenti:

- SCADA MMI radne stanice sa dva ekrana;
- staničnog (komunikacionog) računara sa odgovarajućim softverom;
- inženjerske radne stanice za konfigurisanje sistema;
- kompletnih komunikacionih puteva (optika, svičevi, konvertori).

Mikroprocesorski uređaji dovodnih, transformatorskih i merne ćelije povezani su međusobno dvožičnim kablom (RS 485) za serijsku komunikaciju i preko medija konvertora i optikom komuniciraju sa staničnim računarom po protokolu IEC 60870-5-103.

Informacije o stanju opreme, merenju analognih veličina, dnevnicima događaja i isključenja prikuplja stanični računar i preko *switch*-a i *ethernet* kabla prosleđuje operatorskoj radnoj stanici. Svi prikupljeni podaci i veličine prikazuju se na radnoj stanici kao dinamička slika postrojenja (Slika 3), što omogućava rukovaocu elektrokomande da ima potpuni uvid u stanju postrojenja.



Slika 3 – Dinamička slika elemenata postrojenja

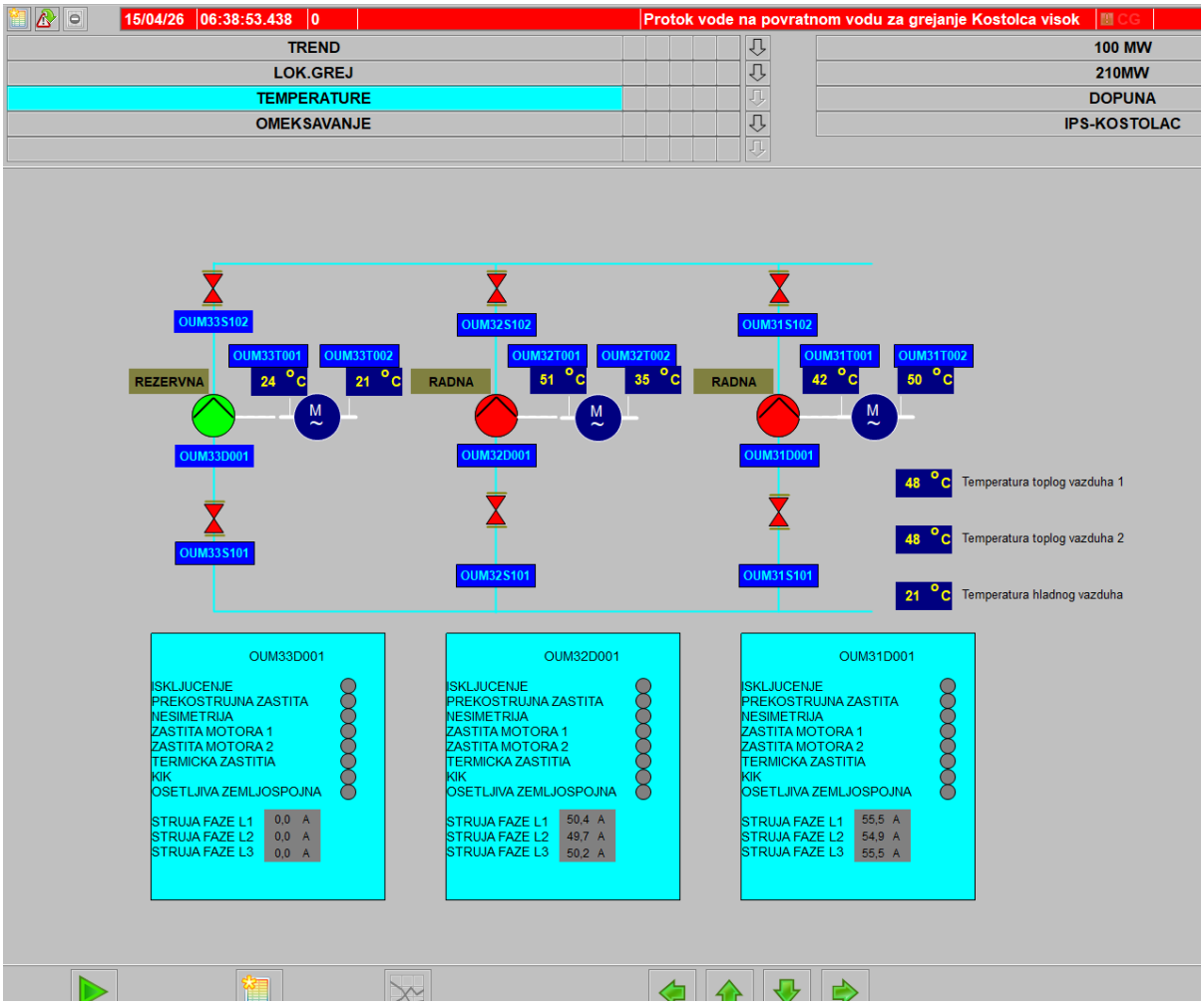
Upravljanje rasklopnom opremom postrojenja 2GT moguće je na dva načina:
- lokalno;
- daljinski.

Lokalno upravljanje moguće je sa mikroprocesorske zaštite i sa vrata niskonaponskog odeljka za sve prekidačke ćelije i za test i radni položaj.

Daljinsko upravljanje je najvišeg nivoa i obavlja ga rukovalac elektrokomande sa upravljačko-nadzornog sistema (SCADA). Upravljanje može biti izvedeno preko integrisanog operater panela, sistem interfejsa, binarnih ulaza i USB porta koristeći PC sa odgovarajućim softverom. Ukoliko dođe do otkaza daljinskog upravljanja moguće je preći na lokalno upravljanje rasklopnom opremom. Upravljačko-nadzorni sistem obezbeđuje sledeće funkcije:
- komande na uključenje i isključenje prekidača;
- signalizaciju stanja elemenata postrojenja;
- indikaciju merenih veličina;
- blokade i alarmne signale;
- registraciju i arhiviranje događaja;
- memorisanje liste kvarova;
- samokontrolu ispravnosti uređaja.

Na grafičkom prikazu elemenata postrojenja 2GT na ekranu, vide se položaji prekidača, uzemljivača, vrednosti napona, struje, snage (Slika 3).

Pored energetske SCADA postoji i procesna SCADA (Slika 4). Ona se nalazi u komandnoj Sali IPS-a i PROFINET industrijskim kablom povezana je sa elektromotorima mrežnih pumpi. Sve informacije o stanju prekidača i kompletne opreme prikazane su na procesnoj SCADA što značajno olakšava rad osoblju koji upravljaju IPS-om.



Slika 4 – Dinamička slika elektromotora mrežnih pumpi

3 ZAŠTITE

Postrojenje 2GT opremljeno je savremenim mikroprocesorskim zaštitama. To su digitalni višefunkcionalni zaštitni i upravljački uređaji opremljeni snažnim mikroprocesorima najnovije generacije [4]. Ovi uređaji imaju veći broj integrisanih zaštitnih funkcija. Uređaji su opremljeni sa velikim LC displejom i na njima je prikazana dinamička jednopolna šema, vrednosti napona, struja i snaga (Slika 5). Rukovalac elektrokomande ima mogućnost da sa uređaja iščitava razne merne veličine, dnevnik događaja, dnevnik isključenja. Pored navigacionih i numeričkih tastera na prednjoj strani nalazi se osam funkcijskih tastera, koji dozvoljavaju rukovaocu da izvršava često korišćene akcije jednostavno i brzo. Releji pored zaštitnih funkcija imaju i upravljačku funkciju. U uređaju je integrisana programabilna logika (CFC), koja nam omogućava da implementiramo naše sopstvene funkcije (npr. blokada uključenja prekidača po delovanju

kratkospojne zaštite i razni alarmi). Uređaji su implementirani u postojeći SCADA sistem što obezbeđuje pouzdano upravljanje postrojenjem odnosno prekidačima. Mikroprocesorski zaštitni uređaji povezani su direktno, fiksnožičnim vezama sa elektroenergetskom opremom (strujni i naponski merni transformatori, kalemovi za uključenje i isključenje prekidača), dok su sa nadređenim upravljačkim sistemom povezani optičkom vezom. Zaštitni uređaji se podešavaju i testiraju lokalno (PC sa odgovarajućim softverom sa prednjeg porta), mada se mogu i daljinski, preko sviča, zadavati parametri, vršiti simulacija i analiza. Isključenje proradom zaštite deluje direktno na kaleme prekidača a informacije o delovanju i svi ostali podaci prosleđuju se u zaštitno-upravljačku jedinicu po polju i na sledeći nivo upravljanja i nadzora.



Slika 5 – Zaštitno-upravljački uređaj

Upravljačko-zaštitna jedinica koristi optičku vezu sa centralnom upravljačkom jedinicom i to preko serijskog interfejsa. Zaštitne funkcije koje su uvedene na novim relejima su:

- prekostrujna sa definisanim vremenom u dva stepena;
- kratkospojna sa definisanim vremenom u dva dva stepena;
- predugi zalet;
- homopolarna zemljospojna;
- usmerena zemljospojna;
- nesimetrično opterećenje;
- termičko preopterećenje;
- blokada uključenja od više uzastopnih uključenja;
- podnaponska u dva stepena;
- kontrola isključnih krugova prekidača;
- funkcija samonadzora (*watchdog*).

Sve poruke i signali prikazuju se preko LC displeja ili preko LE dioda na samom zaštitnom uređaju. Releji su opremljeni na prednjem delu servisnim komunikacijskim portom (u skladu sa protokolom IEC 60870-5-103), kao i sistemskim komunikacijskim portom. Sistem upravljanja i zaštite je veoma fleksibilan u pogledu svih promena na objektu kojim se upravlja, tj. u pogledu proširenja, naknadnih zahteva, podešavanja parametara zaštite, obrade procesnih informacija i slično. Takođe, sistem upravljanja i zaštite mora biti otvoren i za sve softverske promene, tj. treba da omogući povezivanje, standardnim protokolima, sa opremom drugih proizvođača.

4 ZAKLJUČAK

Termoelektrana Kostolac A, kao neobnovljivi izvor energije, prelaskom na kombinovanu proizvodnju električne i toplotne energije postala je efikasnija i ekonomičnija. Rekonstrukcijom postrojenja 2GT i turbinskih postrojenja omogućeno je da se zadovolje svi neophodni parametri za povećanje proizvodnje toplotne energije za potrebe daljinskog sistema grejanja. Ovim je postignuto da još veći broj korisnika toplotne energije u periodu od šest meseci, a po potrebi i duže, ima u kontinuitetu pouzdano, kvalitetno, jeftinije i celodnevno grejanje (tokom 24 časa). Rekonstrukcijom postrojenja 2GT postignut je pouzdan, nesmetan rad izmenjivačko-pumpne stanice, jednostavno upravljanje, optimalna bezbednost osoblja i postrojenja u TE Kostolac A, sa minimiziranim otkazima opreme. Uvođenjem savremenih mikroprocesorskih zaštita postigli smo visok stepen pouzdanosti zbog njihove brzine, selektivnosti i osetljivosti. Veliki napredak smo ostvarili uvođenjem usmerene zemljospojne zaštite zbog njene selektivnosti i onemogućavanje nastanka kolateralnih kvarova usled pojave zemljospoja.

LITERATURA

[1] ELMOD inženjering d.o.o.: Projekat izvedenog objekta toplifikacije, RP 2GT, TE Kostolac A (razvodno postrojenje 2GT + toplifikacija), mart2025.
[2] SIEMENS katalog HA 25.73, 2023: Medium-Voltage Switchgear Type NXAIR up to 17.5 kV, up to 40 kA, Air insulated
[3] TE „Kostolac A“, Glavni projekat - Upravljačko nadzorni sistem za razvodna postrojenja 6 kV i 0,4 kV TE Kostolac A, Energoprojekt, Beograd, jun 2006
[4] SIPROTEC 5 Motor Protection 7SK82/85, Manual