

PRISTUPI PRILIKOM UVOĐENJA DALJINSKOG NADZORA I UPRAVLJANJA DISTRIBUIRANIH PROIZVODNIH IZVORA

M. Kržišnik, Sipronika d.o.o., Slovenija
S. Golob, Sipronika d.o.o., Slovenija
M. Švajger, Elektro Ljubljana d.d., Slovenija

UVOD

U Sloveniji i uopšte u većini država sve više investitora odlučuje se za izgradnju objekata za proizvodnju električne energije iz obnovljivih primarnih izvora. Većina njih to čini zbog ekonomskih uzroka uključenih u distributivu mrežu, što znači da dovođenjem energije utiču na pogonske prilike mreže. Dok su distribuirana proizvodnja i potrošnja u sinergiji, kod koje distribuirani izvori (DI) energije (engl. Dispersed/Distributed Generation Unit) pokrivaju veći deo potrošnje u sistemu, distribuirani izvori mogu imati pozitivan efekt na pogonske parametre mreže, kao što su naponski profil i gubici. Povećavanjem udela distribuirane proizvodnje na nekoliko desetina odsto [1] pojavljuju se problemi s postavljanjem propisanih pogonskih parametara mreže. Nestalna priroda primarnih izvora, kao što su solarna energija i energija vetra, a delimično i hidroenergija, doprinose dodatnoj nestabilnosti u pogonima i opasnosti da se naponske prilike pomere van propisanih granica. Zbog obezbeđivanja dugoročno sigurnog i stabilnog pogona elektroenergetskog sistema (EES) DI moraju sarađivati u različitim sistemskim uslugama, u koje se na primer svrstavaju koordinirana regulacija napona distributive mreže i nadzor proizvodnje jalove snage.

Interesovanje investitora za proizvodnju energije iz obnovljivih izvora usmereno je ka uspostavljanju pogonskih uslova koji proizvode što veće prinose i samim tim što bržem vraćanju investicije. U to se, između ostalog, ubrajaju i pogon DI u tački najveće iskoristljivosti s obzirom na trenutno raspoloživu primarnu energiju i neograničeno dopremanje energije i u slučaju viška proizvodnje s obzirom na potrošnju u lokalnom opsegu distributive mreže. Interesi investitora i sistemskih operatera mogu u nekim tačkama biti suprotstavljeni. Sa druge strane, uključanje proizvodnih izvora u sistem rukovođenja pojedinim proizvodnim jedinicama, bez obzira na njihovu veličinu, omogućuje saradnju prilikom korišćenja sistemskih usluga za potrebe distributive mreže i u slučaju aktivnog učešća na tržištu električne energije. Povećavanjem broja DI povećava se potreba za koordiniranim nadzorom proizvodnih jedinica i u izvesnom trenutku postaje neophodna, a za to je potreban moderan informaciono-komunikacijski sistem [2].

POSTOJEĆE STANJE

Dispozicija slovenačkih elektrodistributivnih mreža omogućuje pouzdan i siguran rad, pri tome se koristi informaciono-komunikacijska tehnologija za daljinsko upravljanje i nadzor svih RTP i drugih elemenata EES, kao što su daljinski upravljana rasklopna mesta opremljena sa rastavljačima i automatskim prekidačima u srednjenaponskoj distributivnoj mreži. Zbog predvidivog protoka energije u smeru od energetske transformatora prema teretima, do sad nije bilo potrebe za centralizovanim daljinskim nadzorom radnih parametara ostalih elemenata mreže. Na taj način se procesi za uspostavljanje stabilnosti pogona mreže većinom izvode lokalno, a lokalno se izvode i procesi u funkciji rada proizvodnih jedinica i njihove zaštite te zaštite distributivne mreže na mestu priključenja izvora.

U oblasti daljinskog upravljanja i nadzora DI informatizaciji su pristupili većinom vlasnici većih proizvodnih jedinica sa snagama reda veličine 100 kW i više, dok jedinice sa manjim kapacitetima rade sasvim autonomno. Koriste se različiti sistemi daljinskog upravljanja i nadzora, od savremenih sistema SCADA, koji omogućuju potpun nadzor proizvodnog izvora, do jednostavnih sistema, koji se temelje na prenosu podataka preko GSM mreže na mobilne telefone i sadrže samo najosnovniji odabir informacija o trenutnom stanju proizvodnje izvora i nekoliko osnovnih merenja. Informaciono povezivanje proizvodne jedinice i distributivnog centra upravljanja (DCU) obavljena je samo u nekoliko slučajeva, kada se radilo o snagama izvora reda MW. Razlozi za nizak stepen informatizovanosti malih hidroelektrana pre svega su visoka cena izvođenja i obuhvatanje informacija sa, u većini slučajeva, tehnološki zastarelom opremom za nadzor elektrane.

Nešto drugačije je stanje u oblasti očitavanja brojača proizvedene energije, gde su distributiva preduzeća uspostavila daljinsko očitavanje kod većine industrijskih potrošača, kao i u slučaju većih ili, u izvesnoj meri, i manjih proizvodnih jedinica. U brojnim slučajevima sistem za daljinsko očitavanje i dnevni uviđaj u na taj način dobijene podatke predstavlja jedini nadzor za pogon izvora u smislu nadzora stvarne proizvodnje i otkrivanja smetnji rada.

U slučaju informatizacije solarnih elektrana slika je sasvim drugačija, jer savremena tehnologija već u osnovi predviđa izvestan način daljinskog nadzora rada pojedinih elemenata elektrane i elektrane kao celine. Tu svaki proizvođač pretvarača u svojoj ponudi ima i komunikacijski spoj ili nadzornu jedinicu, koja omogućuje daljinski nadzor i prenos informacija o radu izvora. U većini slučajeva predviđena je Ethernet veza nadzorne jedinice u LAN ili WAN. Pored toga, proizvođači pretvarača nude besplatan pristup sopstvenim internet portalima na koje se povezuje komunikacijski interfejs elektrana i na taj način svojim kupcima omogućuje skupljanje, arhiviranje i vizualizaciju podataka o radu njihovih elektrana. Nadzorni sistem proizvođača obično raspolaže najvećim mogućim odabirom informacija – od podataka o trenutnim prilikama na primarnom mrežnom električnom krugu, o proizvedenoj energiji, do stanja vitalnih delova pretvarača, čime omogućuju nadzor nad efikasnošću rada elektrane i brzo otkrivanje mogućih nepravilnosti u radu. Ali, načini skupljanja podataka i komunikacijski protokol su nestandardizovani i razlikuju se od proizvođača do proizvođača. Dodatni problem se javlja ako proizvođač ne želi razotkriti svoj protokol, tako da je time komunikacijska integracija takve elektrane u jedinstven sistem daljinskog upravljanja otežana.

Ostali DI (npr. elektrane na vetar i suproizvodnja) i vodljivi tereti, koji su izgrađeni poslednjih godina, za lokalni i daljinski nadzor koriste savremene upravljače, koji omogućuju informacionu integraciju u nadređeni sistem upravljanja, ali i u tim slučajevima postoji problem implementacije standardnih komunikacijskih protokola.

Prilikom analize postojećeg stanja informatizovanosti EES i DI treba pomenuti i pitanja koja će intenziviranjem distribuirane proizvodnje bitno uticati na pouzdanost rada EES. To su merenja napona, frekvencije, protoka energije i harmonske distorzije na različitim naponskim nivoima distributivnih mreža te prenos tih informacija u centralni informacioni sistem. Ta merenja se sad, ako se ograničimo na distributive mreže, izvode samo na srednjenaponskim izvodima RTP, nekih RP, daljinski upravljanih rasklopnim mestima (recloserima) i tačkama priključenja pojedinih proizvodnih jedinica. Na niskonaponskom delu mreže merenja se obično ne izvode. Pored toga, u slučaju kvarova na distributivnoj mreži, koji za posledicu imaju ispad dela ili celokupne mreže, ne izvodi se aktivna koordinacija detekcije kvarova s obzirom na udeo struje kvara, kojem u mrežu doprinose DI [3], a isto tako DI ne učestvuju aktivno u slučaju ponovnog uspostavljanja normalnog stanja.

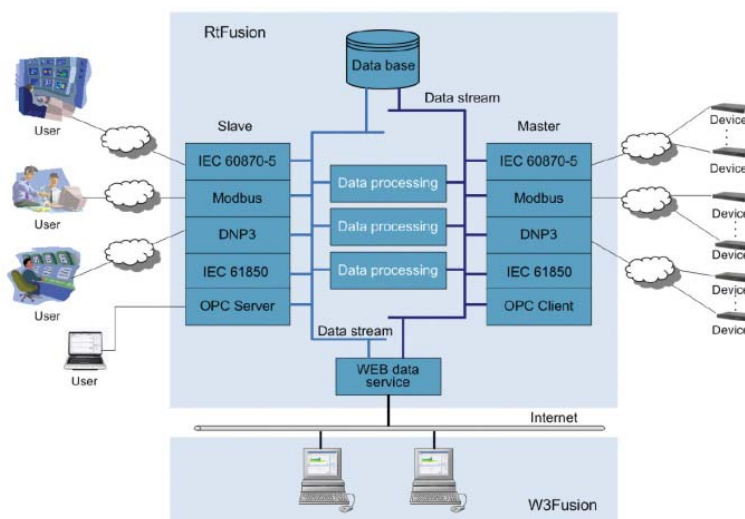
CILJEVI I PRISTUPI PRILIKOM UVOĐENJA DALJINSKOG NADZORA DI

Osnovni ciljevi uvođenja daljinskog upravljanja i nadzora DI i uopšte informatizovanja EES u smislu koncepta naprednih mreža (smart grids) jesu [1], [4]:

- smanjenje nepovoljnih uticaja DI na naponske prilike, protoke snage i stabilnost EES;
- saradnja kod sistemskih usluga, kao obezbeđivanje stabilnosti EES, regulacija frekvencije, napona, proizvodnje radne i jalove snage;
- zastupljenost na tržištu električne energije agregiranja DI i korisnika u virtuelnoj elektrani;
- maksimiziranje iskoristljivosti i otkrivanje smetnji u radu proizvodnog izvora, obezbeđivanje optimalnog delovanja opreme, održavanje.

Ključne sistemske usluge, koje obezbeđuju stabilnost rada EES, kao što su primarna i sekundarna regulacija napona te lokalno uslovljena sistemska rešenja, izvode se na lokalnom nivou i u realnom vremenu. Usluge sa širim uticajem EES distribuirane su u informacionim sistemima, koji moraju biti međusobno informaciono povezani sa dovoljno jakom komunikacijskom infrastrukturom, što je i uslov za izvođenje određenih usluga u realnom vremenu. Pouzdana i sposobna komunikacijska infrastruktura znači uslovljava kvalitet izvođenja sistemskih usluga, kao što je na primer tercijalna regulacija napona sa sistemskim elektranama, koje moraju biti međusobno dobro koordinisane za dostizanje optimalnih naponskih uslova. Sve proizvodne jedinice naravno neće biti uključene u sistem daljinskog upravljanja i nadzora zbog ekonomskog aspekta, koji proizlazi iz odnosa troškova informatizacije izvora s obzirom na njegov odnos, kao i manji uticaj na rad EES.

Informacioni sistemi za upravljanje i nadzor DI moraju biti zasnovani na platformama, koje omogućuju visok stepen prilagodljivosti, povezivanja i rasprostranjenosti kako u funkcionalnom, tako i u komunikacijskom smislu. Primer takve platforme prikazuje crtež 1.



CRTEŽ 1 - PRIMER INFORMACIONE PLATFORME SISTEMA ZA UPRAVLJANJE I NADZOR

U okviru platforme dodaju se programski moduli, koji omogućuju izvođenje usluga i koji u konačnom obliku zajedno s elementima EES vode informacioni sistem virtuelne elektrane s modulima i funkcijama:

- baze podataka različitih tipova;
- komunikacija s upravljačima DI i vodljivih tereta te drugim elementima EES (rasklopna mesta, kompenzatori i regulatori napona, alati FACTS [5], mesta za priključenje električnih vozila itd.);
- komunikacija s mernim mestima;
- povezivanje sa distributivim i mernim centrom;
- procesiranje informacija i signala za izvođenje sistemskih usluga, nadzora i upravljanja mreža;
- integracija i povezivanje sa drugim modulima, aplikacijama i sistemima za izvođenje usluga marketinga električne energije, prognoziranja, planiranja, analize itd.;
- usluge za vizualizaciju, nadzor i upravljanje;
- podrška vlasnicima i održivačima DI preko internet portala;
- arhiviranje, izrada izveštaja.

Informacioni sistem zajedno s telekomunikacijskom infrastrukturom sačinjava hijerarhijski organizovanu celinu, koja sjedinjuje različite elemente sistema sa standardnim postupcima. Sistem mora podržavati komunikacijske protokole i standarde koji se koriste za upravljanje i nadzor EES, kao što su IEC 61850, IEC 60870-5, DNP3.0, i koji pre svega mora biti odgovarajuće podešen za proširenje sa postojećim i budućim standardnim modelima te protokolima (MDA - Model Driven Architecture, UIB - Utility Integration Bus [1]).

Programski moduli za procesiranje informacija i signala, baze podataka te moduli za komunikaciju moraju biti zasnovani na izvođenju usluga u realnom vremenu, jer mnogi od njih sarađuju u ključnim sistemskim uslugama koje obezbeđuju stabilnost EES – u to se ubrajaju različiti regulacioni moduli, moduli za nadzor stabilnosti (vremenske oscilacije), kvaliteta i spektralnog zagađenja, zaštitni algoritmi itd.

PRIMER SISTEMA ZA UPRAVLJANJE I NADZOR DI

Projekt daljinskog upravljanja i nadzora malih hidroelektrana (MHE) i solarnih elektrana (SE) izveden je u okviru preduzeća Elektro Ljubljana OVE d.o.o. Preduzeće upravlja sa deset malih hidroelektrana ukupne snage 2.433 kW, od kojih je najmanja sa instaliranom snagom od 90 kW i najveća sa dva agregata ukupne snage 980 kW. Preduzeće je vlasnik i 16 solarnih elektrana ukupne instalirane snage 617 kW. Svi proizvodni izvori uključeni su u NN distributivu mrežu. Zbog pouzdanijeg rada, optimizacije proizvodnje i smanjenja troškova rada, u preduzeću smo se 2007. godine odlučili za ažuriranje odnosno izgradnju novog pouzdanijeg nadzornog sistema MHE, a prošle godine i za nadogradnju sistema za upravljanje i nadzor i priključenje dodatnih sedam solarnih elektrana u ovaj sistem.

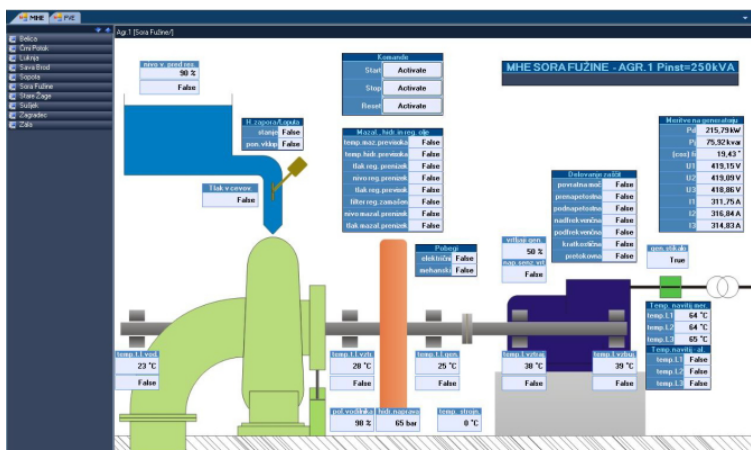
Oprema MHE nije tipizirana i razlikuje se od primera do primera. Objekti su bili izgrađeni u različitim vremenskim periodima, tako da su regulativno-upravljački sistemi veoma različiti. U poslednjih pet godina prihvatili smo se modernizacije opreme: u šest MHE zamenili smo stare regulatore novim PLC upravljačima. Za potrebe upravljanja i nadzora pokušali smo što više ujediniti prikupljanje informacija upravljanja i nadzora u okviru mogućnosti postojeće upravljačke opreme. U sve MHE ugrađena je dodatna upravljačko-komunikaciona oprema za učitavanje signala i merenje MHE i komunikaciju s nadzornim sistemom. Za upravljanje je korišćen upravljački uređaj RTU TN 10 proizvođača Sipronika, koji učitava digitalne i analogne signale, a preko serijske komunikacije RS-485 učitava analogna merenja iz mernih centara, koji su priključeni na NN stranu elektrane. Na objektima, u kojima su u upotrebi upravljači PLC, upravljački uređaj TN 10 učitava podatke preko serijske komunikacije RS-485 i protokola Modbus. Za komunikaciju sa sistemom upravljanja i nadzora uglavnom se koristi GSM/GPRS, osim na lokaciji MHE Zala, gde signal GSM nije na raspolaganju, pa se zato koristi širokopojasna žičana veza, i MHE Sava Brod, gde je na raspolaganju LAN mreža za neposrednu vezu sa nadzornim sistemom.

Sistem daljinskog upravljanja i nadzora MHE omogućava prenos informacija o radnim stanjima i merenjima, signaliziranje stanja alarma i upravljanje elektrane sa izdavanjem komandi za zaustavljanje i ponovno pokretanje. Sav nadzor vrši se preko tekstualnog ili grafičkog interfejsa informacionog sistema u nadzornom prostoru preduzeća ili preko daljinskog pristupa i internet aplikacija. Osim toga, sistem omogućava i nadzor i upravljanje MHE i alarmiranje preko mobilnih telefona s odgovarajućim sistemom provere identiteta.

Informacioni sistem na nadzornoj strani temelji se na platformi (crtež 1) koja omogućava fleksibilno kreiranje funkcionalnosti u smislu načina učitavanja podataka, procesiranja i izvođenja različitih logičkih i aritmetičkih operacija, snimanja na disk, analize i vizualizacije podataka i njihovo prosleđivanje drugim korisnicima (DCU) po standardizovanim komunikacijskim protokolima. Sistem je sastavljen iz tri glavna modula:

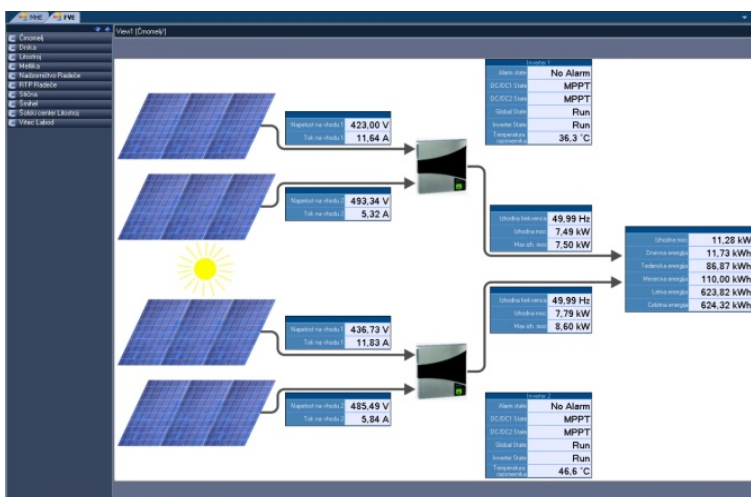
- programske opreme za učitavanje, obradu i snimanje podataka u realnom vremenu (omogućava učitavanje, procesiranje i snimanje fazora sa rezolucijom od 20 ms u realnom vremenu);
- višekorisničkog internet sistema SCADA;
- alatke za konfigurisanje i sistemski nadzor.

Sistem je komunikacijski povezan sa serverom internet portala, koji vlasnicima ili administratorima omogučava pristup radnim podacima proizvodnog izvora. Korisnik internet portala može biti obavešten o svim stanjima alarma preko SMS-poruka, elektronske pošte, SNMP ili MSN računa.



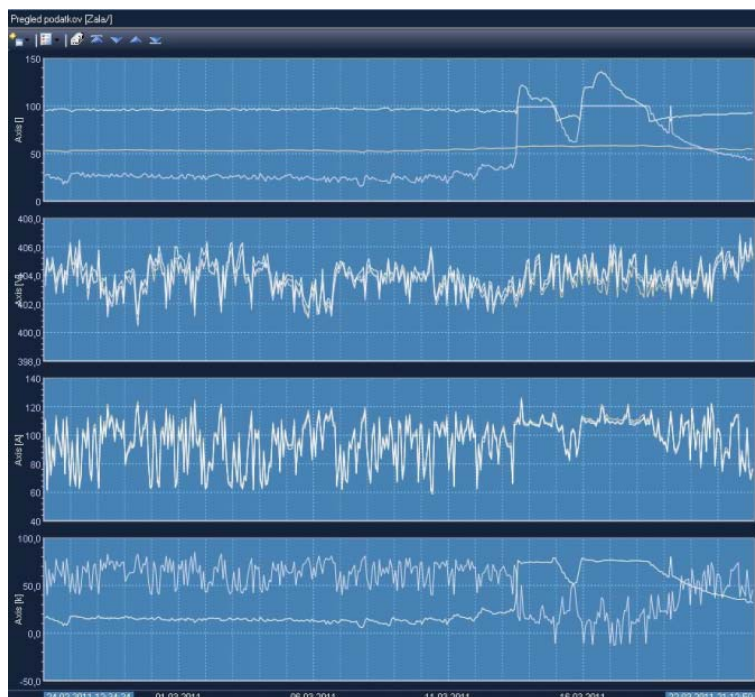
CRTEŽ 2 - GRAFIČKI INTERFEJS ZA UPRAVLJANJE I NADZOR MHE

Nadzor nad DI vrši se sa internet klijentom za SCADA, kod kojeg se za svakog korisnika određuju sadržina i parametri vizualizacije. Gornja i donja crtež prikazuju primer grafičkog interfejsa za nadzor MHE (crtež 2) i solarne elektrane (crtež 3).



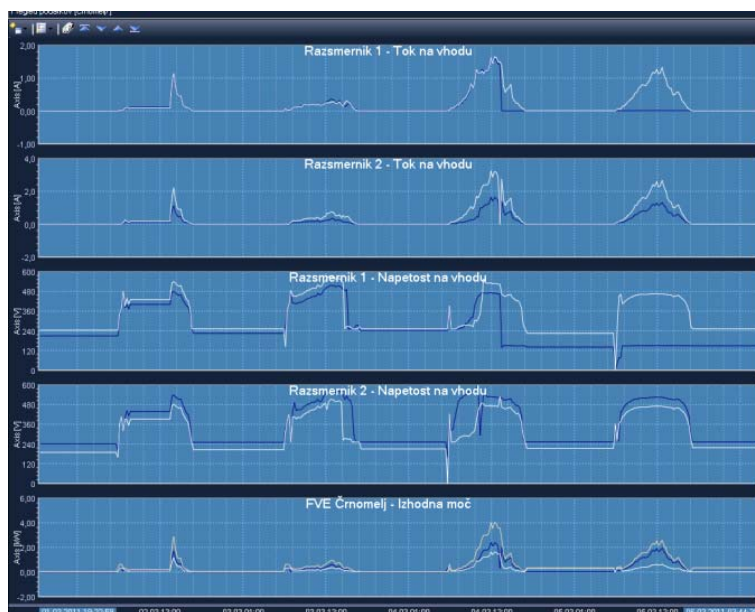
CRTEŽ 3 - GRAFIČKI INTERFEJS ZA UPRAVLJANJE I NADZOR SOLARNE ELEKTRANE

Učitani podaci se u sistemu snimaju na više baza podataka različitih tipova, koje pored toga što odmah obrađuju podatke, omogučavaju i njihovo arhiviranje u vremenskim periodima različite dužine. Korisnički interfejs omogučava pregled događaja i alarma, raznih merenja električnih i drugih veličina i zbirnih vrednosti proizvodnje električne energije, kao što su prosečna petnaestominutna, jednosatna, jednonedeljna, mesečna i godišnja proizvodnja. Vizualizacija tih podataka data je u formi različitih 2D i 3D grafikona. Na crtežu 4 prikazan je primer jednonedeljne proizvodnje MHE sa nominalnom snagom 90 kW; od gornjeg prema donjem grafikonu ređaju se podaci o nivou vode i položaju obrtnog kola (gornji grafikon), međufaznih napona, struje i na donjem grafikonu radne i jalove snage.



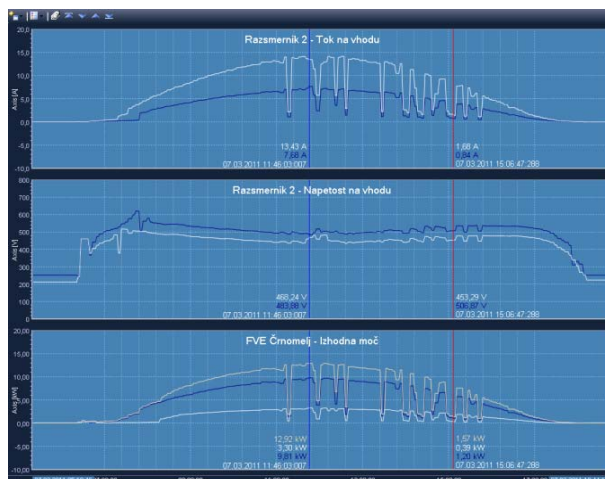
CRTEŽ 4 - PRIMER JEDNONEDELJNE PROIZVODNJE MHE

Na sliki 5 prikazan je primer četvorodnevne proizvodnje solarne elektrane nominalne snage 20 kW. Elektrana ima dva pretvarača sa po dve jednosmerne grane. Grafikoni prikazuju struje i napone na ulazima i prosečnu izlaznu snagu u intervalu od 15 minuta. Na gornjem i srednjem grafikonu primetan je iznenadni ispad jedne od dveju jednosmernih grana na ulazu pretvarača 1 (plava crta).



CRTEŽ 5 - GRAFIKON PROIZVODNJE SOLARNE ELEKTRANE

Cilj sistema za upravljanje i nadzor DI između ostalog je i obezbeđivanje rada proizvodne jedinice bez greške. Bez detaljnih podataka o trenutnoj i prosečnoj snazi u kraćem vremenskom periodu (15 minuta), često je teško prepoznati anomalije u radu. Takav primer prikazuje crtež 6, gde je zbog smetnji u radu pretvarača u solarnoj elektrani dolazilo do kratkotrajnih ponavljajućih prekida proizvodnje. Uzrok prekida nisu bile promene zračenja fotonaponskih modula.



CRTEŽ 6 - PRIMER PRIMEČENIH SMETNJI U RADU PRETVARAČA

Iz gornja dva primera možemo videti da je nadzor rada proizvodne jedinice veoma značajan ako investitor želi postići predviđenu proizvodnju i time očekivani prinos, jer se u slučaju neoptimalnog rada proizvodne jedinice period isplativosti može znatno produžiti.

ZAKLJUČCI

Deo distribuirane proizvodnje u distributivim mrežama se povećava i ubuduće će se povećavati još brže, što će znatno uticati na pouzdanost i stabilan rad mreža elektrodistribucije. Informatizacija proizvodnih jedinica, tereta i drugih elemenata EES tako postaje nužna za postizanje pouzdanosti i odgovarajuće ekonomičnosti. Moderna informaciono-telekomunikaciona infrastruktura je temelj za formiranje virtuelnih elektrana, čiji deo je i sistem daljinskog upravljanja i nadzora, opisan u ovom referatu.

Izvedeni sistem daljinskog upravljanja i nadzora u preduzeću Elektro Ljubljana OVE d.o.o. predstavlja jedan od koraka u pravcu postizanja gore navedenih ciljeva i istovremeno ciljeva predstavljenih u konceptu naprednih mreža, a u sadašnjoj fazi projekta glavni naglasak je na tehničkom delu virtuelne elektrane. Korišćena informaciona platforma sistema omogućava proširenje s programskim modulima za podršku svim uslugama, koje su predviđene konceptom virtuelne elektrane, a istovremeno je zbog fleksibilnosti primerena za istraživačke, razvojne i eksperimentalne aktivnosti.

Dosadašnja iskustva su pokazala da je veoma značajno redovno praćenje rada proizvodnih jedinica, održavanje i moguće hitne intervencije u slučaju kvarova, jer je korišćenje obnovljivih izvora obično uslovljeno niskom iskoristljivošću. Svi mogući kvarovi u velikoj meri dovode do izmene predviđenih prihoda proizvodnje.

LITERATURA

1. Elektroinštitut Milan Vidmar, 2010, "Vizija razvoja koncepta SmartGrids v Sloveniji", br. študije 2026.
2. Lorencin I., Andlovic N., Kompare M., Strmčnik B., 2009, "Koncept navidezne elektrane razvit v Evropskem raziskovalno-razvojnem projektu FENIX", Zbornik referatov 9. konference slovenskih elektroenergetikov - Kranjska Gora 2009.
3. CRISP consortium, 2004 "Fault detection, analysis and diagnostics in high-DG distribution systems", report identifier D1.4 Version 2 (S+18), 22-01-2004.
4. EURELECTRIC, 2000, "Connection Rules for Generation and Management of Ancillary Services", ref.: 2000-130-0003.
5. Matvoz D., Papič I., Mihalič R., 2005, "Razpršeni viri električne energije in naprave FACTS v elektroenergetskih omrežjih", Zbornik referatov 7. konference slovenskih elektroenergetikov - Velenje 2005.