

Denisa Galzina
Hrvatski operator prijenosnog sustava d.d.
denisa.galzina@hops.hr

Robert Nađ
Hrvatski operator prijenosnog sustava d.d.
robert.nad@hops.hr

Toni Radovanović
Hrvatski operator prijenosnog sustava d.d.
toni.radovanovic@hops.hr

Ivan Vlahović
Tectra d.o.o.
vlahovic@tectra.hr

Anton Penko
Hrvatski operator prijenosnog sustava d.d.
anton.penko@hops.hr

NADOGRADNJA SUSTAVA ZA PRAĆENJE KVALITETE ELEKTRIČNE ENERGIJE

SAŽETAK

Operator sustava pokrenuo je postupak nadogradnje postojećeg sustava modernim sustavom za praćenje kvalitete električne energije u sva četiri prijenosna područja. Novi sustav će omogućiti redundanciju i povećati pouzdanost sustava za prikupljanje podataka o kvaliteti električne energije. Sustav također povećava sigurnost i olakšava pristup koristeći sustav vjerodajnica za pristup podacima. Sustav se temelji na modernoj programskoj arhitekturi i omogućava direktan pristup mjerenjima koristeći standardne web preglednike koristeći HTML 5 tehnologiju. Sustav omogućava prikupljanje podataka sa više tipova uređaja i integraciju podataka u istoj bazi podataka. Sustav je modularne arhitekture i ima ugrađen modul za komunikaciju i integraciju podataka u nadređene sustave (SCADA, skladište podataka...)

Ključne riječi: kvaliteta električne energije, pristup mjerenjima, analiza podataka

UPGRADE OF THE POWER QUALITY MONITORING SYSTEM

SUMMARY

System operator initiated upgrade project of the existing power quality monitoring system in all transmission area divisions. The new system will provide redundancy and improve reliability of the operator's power quality data management system. System operator improved security and ease data access with credentials managed access. The system is based on modern computing platforms, which enable direct access to data with standard web browsers using HTML 5 technology. PQ monitoring system can collect data from different PQ monitors and integrate data in same database. System is modular and have additional module for integration with operator 3rd party systems used in power system analysis.

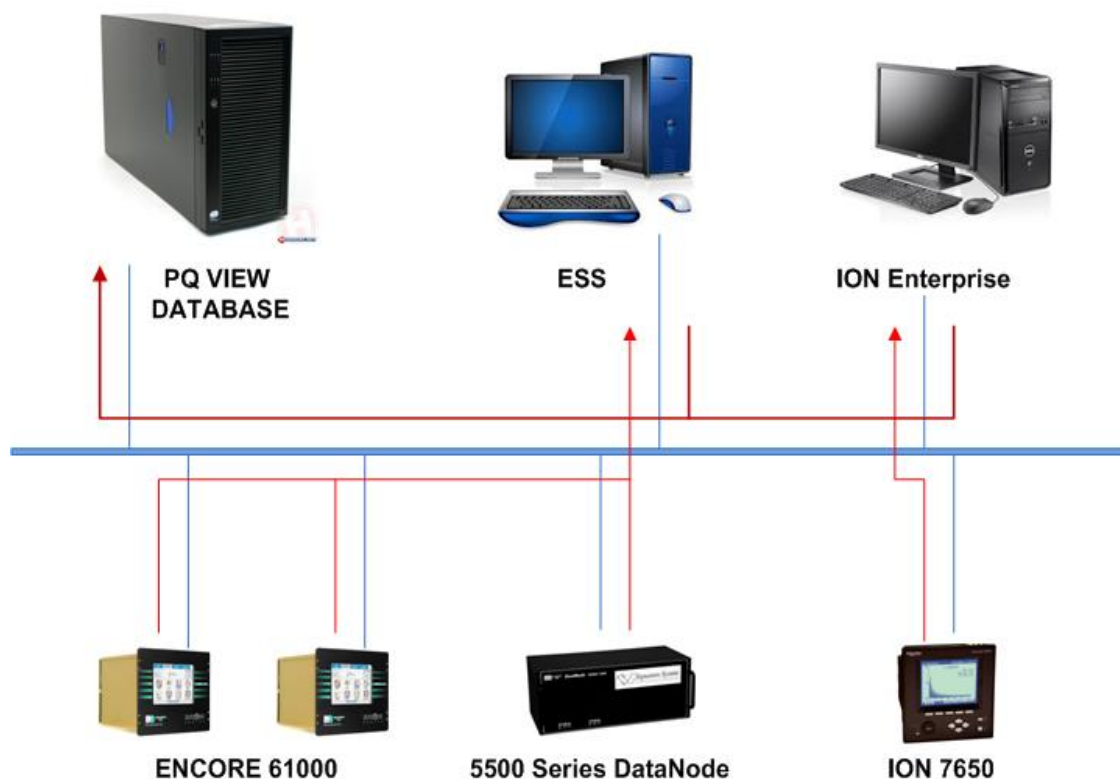
Key words: power quality, measurement availability, data analysis

1. UVOD

Operator prijenosnog sustava je *Zakonom o tržištu električne energije* [1] obavezan trajno pratiti, izvještavati i pohranjivati podatke o kvaliteti električne energije na obračunskim mjernim mjestima (OMM), dok se kvaliteta električne energije na prijenosnoj razini određuje kroz *Pravilnik o općim uvjetima za korištenje mreže i opskrbu električnom energijom* [2], *Mrežna pravila prijenosnog sustava* [3] i *Pravilnik o uvjetima kvalitete opskrbe električnom energijom* [4].

Za potrebe trajnog nadzora kvalitete električne energije, operator koristi jedinstven cjeloviti sustav specijaliziran toj namjeni [5].

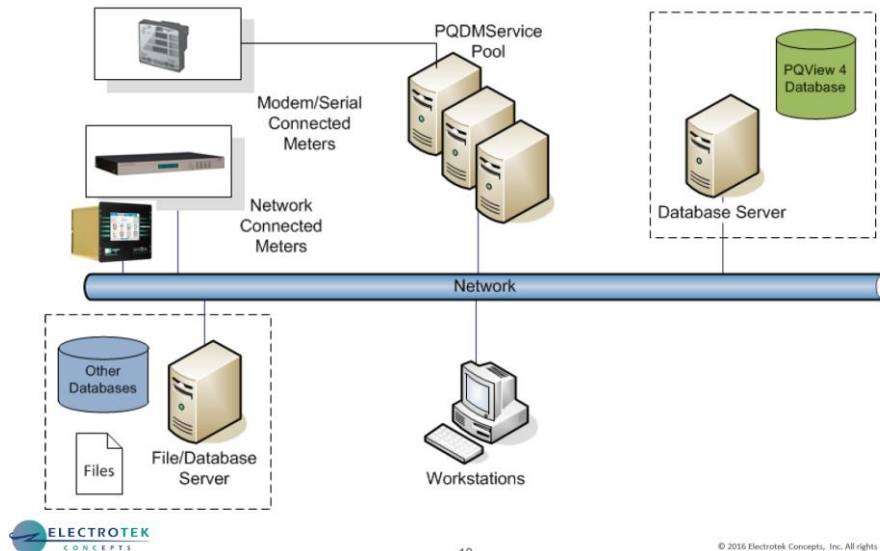
Sustav se sastoji od uređaja za mjerenje parametara kvalitete električne energije ugrađenih na mjernim mjestima razgraničenja vlasništva osnovnih sredstava u transformatorskim stanicama, infrastrukture za prijenos podataka te centralnog dijela s pripadajućom sklopovskom i programskom opremom. Postojeći sustav implementiran je 2009. godine. U međuvremenu sustav je nadograđen na oko 700 mjernih mjesta s kojih se prikupljaju podaci uređajima novije generacije tri tipova proizvođača: Dranetz Encore, Schneider Electric ION te Siemens. Sustav je koristio aplikacije Encore Series Software (ESS) i ION Enterprise za konfiguraciju samih uređaja te definiranje načina prikupljanja podataka. Programski alat korišten za administraciju baza podataka, upravljanje prikupljenim podacima, analizu, pregled i izvještavanje bio je PQView 3. Zbog starosti same programske opreme, zastarjelih aplikativnih rješenja, višestrukog povećanja broja mjernih mjesta, usklađivanja sa zahtjevima modernih operativnih sustava, povećanja dohvatljivosti i prikaza podataka, prilagođavanja automatskog izvještavanja novijoj formalno pravnoj regulativi operator je nadgradio sustav.



Slika 1. Arhitektura starog sustava za praćenje kvalitete električne energije

2. PRIKAZ FUNKCIONALNOSTI NOVOG SUSTAVA ZA PRAĆENJE KVALITETE ELEKTRIČNE ENERGIJE

Instalirani sustav PQView4 [1] je modularan i skalabilan sustav koji omogućuje lako i brzo proširenje dodavanjem resursa, za pohranu podataka (SQL server), prikaz podataka (MS IIS servisi) ili prikupljanje podataka (PQDMS server).



Slika 2. Prikaz arhitekture PQView 4 sustava

Sustav omogućuje pristup podacima koristeći standardne web preglednike na više platformi (Android, MS Windows, Apple iOS...). Također, ima ugrađene algoritme za osiguranje redundantnosti koristeći „fail-over“ metodu pokretanjem aplikacija i servisa na više neovisnih računala te praćenjem dostupnosti svake od njih, i automatski prelazak na drugu u slučaju problema u radu.

PQView4 koristi MS SQL servere za pohranu podataka, a za rad treba minimalno dvije baze, administratorsku i podatkovnu. Administratorska baza služi za pohranu podataka o pravima pristupa i pristupnim podacima. Osjetljivi podaci (pristupne šifre) se spremaju koristeći HASH tehnologiju maskiranja kako bi se onemogućilo neovlašteno očitavanje osjetljivih podataka.

Podatkovna baza je optimirana za brz pristup i dugotrajnu pohranu podataka. Podatkovna baza sadrži podatke o uređajima, mjernim mjestima i zabilježenim trendovima mjernih podataka.

Osiguranje redundancije je osigurano korištenjem ugrađenog mehanizma automatske sinkronizacije baza podataka na dva servera.

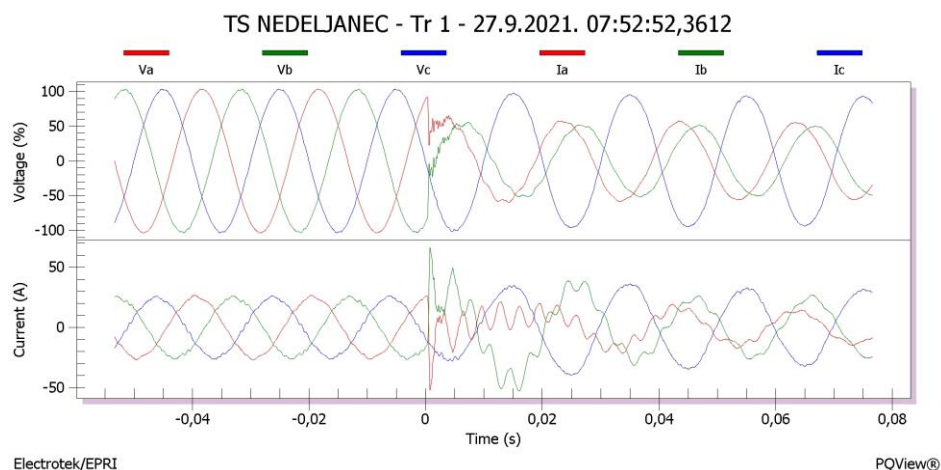
3. PRIMJENA SUSTAVA U SVAKODNEVNOM RADU

U današnjim uvjetima tržišnog natjecanja, podaci sa sustava za praćenje kvalitete električne energije ne koriste se samo za izvještavanje regulatorne agencije, nego i za rješavanje sporova kod kvarova i poremećaja u postrojenjima kupaca i korisnika mreže.

Budući da je sustavom pokrivena cijela hrvatska prijenosna elektroenergetska mreža, parametri poremećaja se mogu pratiti kroz nju, te se mogu donijeti zaključci je li do štete u korisnikovom postrojenju došlo radi neispravnog rada elektroenergetske mreže, više sile, ili nemara samog korisnika.

3.1. Ispad dalekovoda uslijed pada stabla

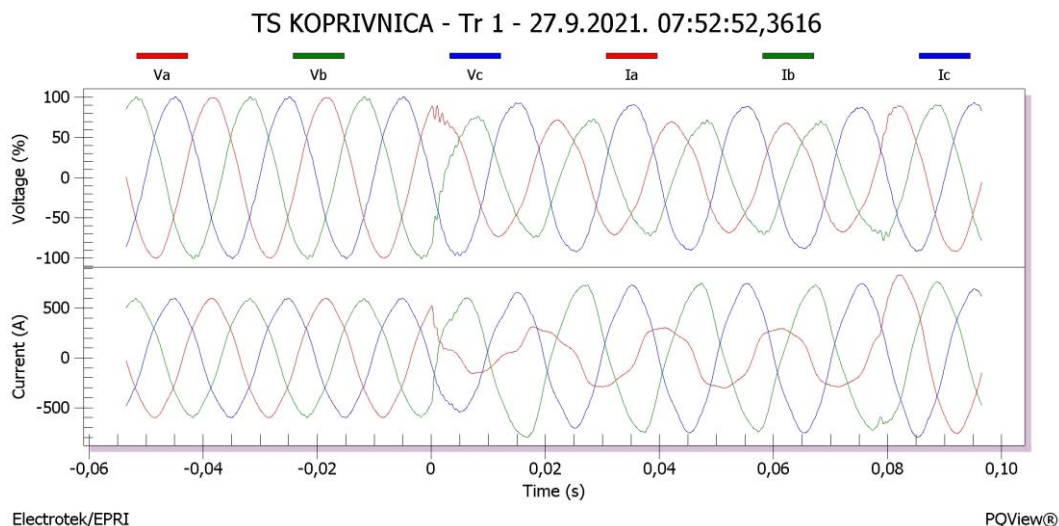
U jesen 2021.g. palo je stablo na vod DV 110 kV Nedeljanec – Čakovec, pri čemu je došlo do njegovog isključenja, ali se propad napona osjetio u cijelom prijenosnom sustavu.



Slika 3. Prikaz valnih oblika na dalekovodu u kvaru

Na slici 3 se vide valni oblici struje i napona svih triju faza, izmjereno na monitoru kvalitete električne energije instaliranom u TS Nedeljanec. Točno se vidi trenutak pada stabla, te valni oblici 60ms prije događaja i kroz cijeli događaj.

U istom trenutku je i monitor u 50 kilometara udaljenoj TS Koprivnica zabilježio poremećaj, te se može vidjeti da je stradala faza A, pokazano na slici 4.



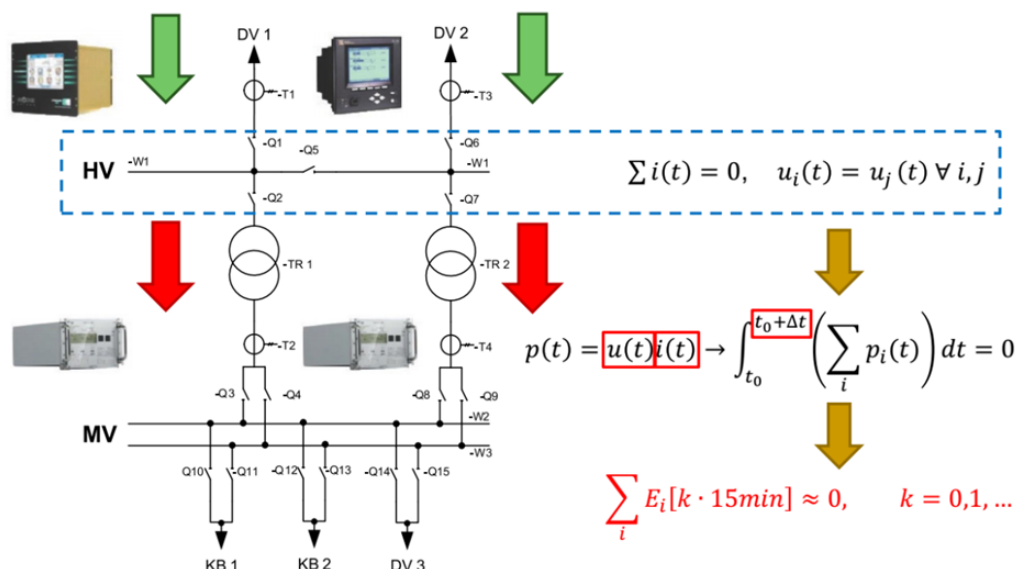
Slika 4. Prikaz valnih oblika u udaljenoj trafostanici

3.2. Integracija obračunskih mjernih podataka u PQView bazu podataka

Operator prijenosnog sustava nema pokrivena sva čvorišta istim tipom mjerila te se pojavljuje potreba za integracijom mjernih podataka s više izvora, npr. s brojila električne energije i monitora kvalitete električne energije.

Prednost PQView sustava za praćenje kvalitete električne energije je da može integrirati podatke iz brojila električne energije zajedno s podacima iz monitora kvalitete električne energije. Korisnik tada koristi ove podatke za automatsku izradu izvještaja o tokovima snaga u definiranim čvorištima prijenosnog sustava, a sustav omogućava automatski izračun tokova snaga za svako podešeno čvorište sustava.

PQview sustav ima razvijene komponente za učitavanje podataka iz raznih sustava, npr. direktno s monitora kvalitete električne energije kao što su Schneider Electric ION 7650 i ION 9000, Siemens 9810, Dranetz Encore 61SG, Powerside PQube3 uređaji i iz proizvođačkih baza mjernih podataka, kao što je Advance sustav za prikupljanje obračunskih mjernih podataka. Za potrebe ovog izvještaja preuzimaju se podaci o isporučenoj radnoj i jalovoj energiji te srednje vrijednosti radnih i jalovih snaga i energija.

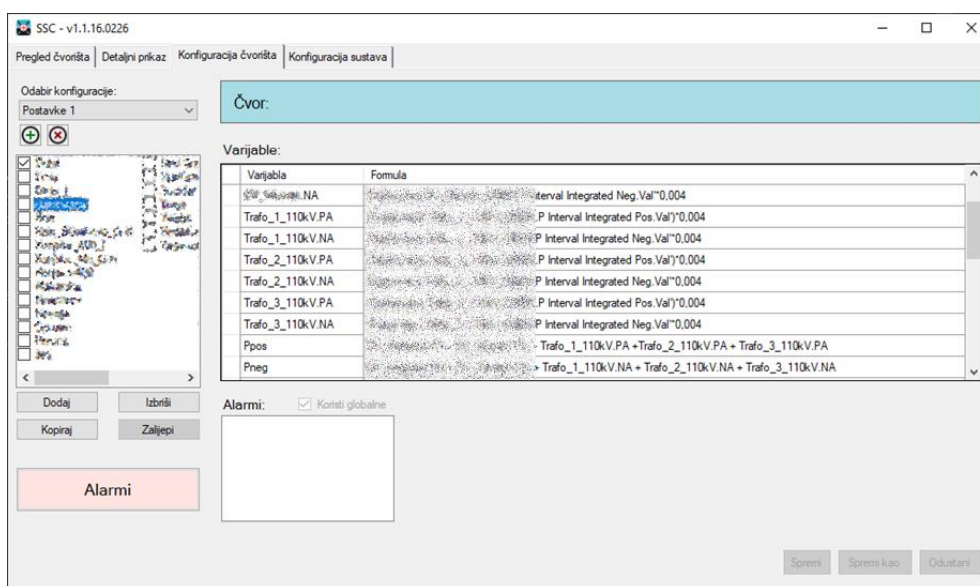


Slika 5. Shematski prikaz čvorišta

Kombinirajući vrijednosti iz oba sustava, sustava za praćenje parametara kvalitete električne energije i sustava obračunskog mjerenja korisnik ima mogućnosti komparativne analize mjernih podataka:

- Izračun tokova snaga u čvorištima
- Statistička usporedba mjerenja iz oba sustava radi kontrole ispravnosti mjerenja
- Kontrola ugrađene greške sustava

Iako se zbog različite konfiguracije mjernih mjesta (mjerni pretvornici, uređaji za mjerenje) ne može očekivati apsolutna točnost mjerenja, PQview omogućava korisniku izračun pogreške mjerenja različitih mjernih sustava te statističku obradu radi kontrole mjernog sustava u definiranim čvorištima.



Slika 6. Definicija čvorišta u PQview sustavu

3.2.1. Konfiguracija čvorišta

Sustav omogućava konfiguraciju svakog pojedinog čvorišta definiranjem varijabli kojim se mjerenja iz različitih sustava svode na isti tip mjernog podatka.

Primjer definicije varijable u sustavu:

$$\text{Var1} = \text{'PQView_naziv_mm.PQView_naziv_kanala.PQView_tip_podatka'} * \text{faktor} \quad (1)$$

Gdje su:

Var1 – naziv varijable

PQView_naziv_mm – naziv mjernog mjesta u PQView bazi podataka

PQView_naziv_kanala – naziv mjernog kanala

PQView_tip_podatka – tip podataka (min, max, avg)

Faktor – korisnički definiran faktor za ujednačavanje varijabli unutar definiranog čvorišta.

Definirane varijable se zatim kombiniraju u čvorištu koristeći aritmetičke operacije (+, -, *, /, %, ^) i/ili koristeći više ugrađenih funkcija (Sin, Cos, Tan, Ctanh, Sinh, Cosh, Tanh, Ctanh, ASin, ACos, ATan, Log, Ln, Sqrt, Pos, Neg, Sig, SigPos, SigNeg, Zero).

3.2.2. Alarmi i upozorenja

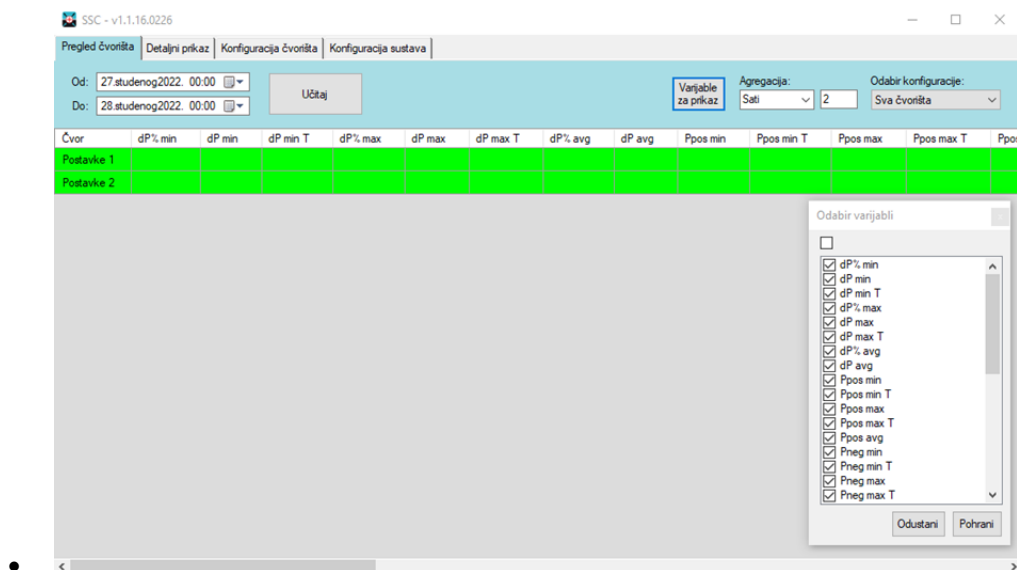
Sustav omogućava definiranje upozorenja i alarma koristeći pragove za definirane varijable. Koristeći ugrađene algoritme sustav prema predefiniranom rasporedu radi izračune i korisniku prikazuje stanje sustava i problematične točke unutar sustava.

Varijable	Funkcija	Gornja gr. alarma	Donja gr. alarma	Pojas alarma
*				

Slika 7. Podešavanje alarma i upozorenja

Za svaku od točaka s utvrđenom nesukladnošću korisnik može napraviti pregled i provjeriti uzrok problema. Očekivani uzroci problema mogu biti:

- Kvar na komunikacijskom sučelju prema uređaju
- Kvar uređaja
- Kvar mjernog sloga (mjerni transformator, vodiči primarnog ili sekundarnog kruga)
- Greška u sustavu pohrane mjernih podataka
- Poremećaji vremenske sinkronizacije
- Korisnička greška
-



Slika 8. Pregled stanja sustava

4. ZAKLJUČAK

Operator sustava je zakonski obavezan mjeriti parametre kvalitete električne energije i davati izvješća o tome. Osim toga, sustav praćenja parametara kvalitete električne energije postaje važan alat za rješavanje tehničkih i pravnih problema kod pojave poremećaja, smetnju i kvarova u mreži.

U skorijoj budućnosti se planira projekt kojim će se podaci o izmjenjenim parametrima kvalitete električne energije objedinjavati i uspoređivati s podacima iz SCADA sustava. Na taj način će se kod određenog ispada ili poremećaja u mreži istovremeno moći usporediti sve podatke i brže otkriti uzrok tome, te se prije krenuti u sanaciju problema.

Radi svega navedenog, potrebno je imati jaki sustav monitoringa i obrade podataka koji će podržati sve zahtjeve koji se pred njega stavljaju.

5. LITERATURA

- [1] Narodne novine 111/21: Zakon o tržištu električne energije
- [2] Narodne novine 100/22, 134/24.: Pravilnik o općim uvjetima za korištenje mreže i opskrbu električnom energijom, 2022,
- [3] Narodne novine 10/24: Mrežna pravila prijenosnog sustava, 2024.
- [4] Narodne novine 84/22: Pravilnik o uvjetima kvalitete opskrbe električnom energijom, 2022.
- [5] I. Vlahović, D. Galzina: „Sustav za praćenje kvalitete električne energije“, HO CIRED, 14. savjetovanje 2023., Trogir