

Matija Babić  
HEP – ODS d.o.o. Elektra Vinkovci  
[matija.babic@hep.hr](mailto:matija.babic@hep.hr)

Danijel Dobutović  
HEP – ODS d.o.o. Elektra Vinkovci  
[danijel.dobutovic@hep.hr](mailto:danijel.dobutovic@hep.hr)

Marko Perišić  
HEP – ODS d.o.o. Elektra Vinkovci  
[marko.perisic@hep.hr](mailto:marko.perisic@hep.hr)

## INTEGRIRANI SUSTAV KONTROLE KVALITETE ENERGIJE DISTRIBUCIJSKOG PODRUČJA

### SAŽETAK

Sve veći tehnički i komercijalni zahtjevi tržišta za kvalitetnom i pouzdanom isporukom energije u restrukturiranom tržištu električne energije stavljaju pred isporučioce i distributere energije sve strože zahtjeve na kontrolu kvalitete energije kao i dodatni zahtjev za racionalnim gospodarenjem energijom. Moderne tehnologije, sklopovske opreme (IED - inteligentni elektronički uređaji) i programske opreme (Integrirani sustavi kontrole kvalitete energije) omogućuju realizaciju navedenih zahtjeva. Osnovni elementi sustava su inteligentni mjerni terminali za mjerenje energetske parametara mreže kao i analizatori mreže za kontrolu kvalitete električne energije u skladu s standardom, IEC 61000-4-30 i EN 50160. U radu je naglasak dan na integraciji mjernih terminala i monitora kvalitete trajno ugrađenih u srednjenaponsku i niskonaponsku mrežu u Sustav kontrole kvalitete energije na nivou distribucijskog područja, koji osim funkcija kontrole kvalitete električne energije, obuhvaća i funkcije prikupljanja i arhiviranja pogonskih mjerenja, te funkcije određivanja i praćenja gubitaka u elektroenergetskoj mreži.

Ključne riječi: kvaliteta energije, gubici, IEC 61000-4-30, EN 50160

## INTEGRATED POWER QUALITY CONTROL SYSTEM FOR DISTRIBUTION AREA

### SUMMARY

The increasing technical and commercial demands of the market for quality and reliable energy delivery in the restructured electric power market demands strict energy quality control as well as the additional requirement for rational energy management. Modern technologies, hardware (IED - intelligent electronic devices) and software (Integrated Energy Quality Control Systems) enable the realization of these requirements. The basic elements of the system are intelligent metering terminals for measuring the energy parameters of the network as well as network quality control analyzers in accordance with the standard, IEC 61000-4-30 and EN 50160. The paper emphasizes the integration of metering terminals and quality monitors permanently installed into medium voltage and low voltage network into the Power Quality Control System at the distribution area level, which in addition to the electricity quality control functions, also includes the functions of collecting and archiving operating measurements, as well as the functions of determining and monitoring losses in the electricity network.

**Key words:** energy quality, losses, IEC 61000-4-30, EN 50160

## 1. UVOD

Monitori kvalitete električne energije trajno ugrađeni u postrojenja Elektre Vinkovci ozbiljnije su se sustavno počeli ugrađivati s integracijom distribuiranih izvora energije. Korištenjem tih uređaja brzo su se uvidjele sve mogućnosti kao i prednosti sustavnog praćenja i arhiviranja prikupljenih podataka.

Općenito, prema [1] postoji 6 glavnih motiva za uvođenje sustava nadzora kvalitete električne energije:

1. Provjera usklađenosti s standardima – provjera se usklađenost parametara kvalitete električne energije -sa standardima, između najmanje dva ugovorno vezana subjekta.

2. Procjena stanja sustava – analiza sustava je obično pitanje za mrežnog operatora i rezultati se prvenstveno koriste u razne interne svrhe (npr. strateško planiranje, upravljanje imovinom itd.)

3. Karakterizaciju određene lokacije - koristi se za kvantificiranje i detaljno opisivanje parametara kvalitete električne energije na određenom mjestu.

4. Otkrivanje problema - mjerenja za rješavanje problema temeljena na parametrima kvalitete električne energije.

5. Napredne aplikacije i studije – Napredne aplikacije i studije uključuju konkretnija mjerenja i analize što često nije dio svakodnevnog posla.

6. Aktivno upravljanje kvalitetom napajanja - uključuje sve aplikacije u kojima postoje bilo koje vrste kontrola rada mreže izvedene iz parametara kvalitete električne energije (offline ili u stvarnom vremenu).

## 2. PREGLED RASPOLOŽIVIH MONITORA KVALITETE

### 2.1. Monitori kvalitete električne energije na srednjem naponu

#### 2.1.1. Distribuirani izvori

Distribuirani izvori priključeni na SN proizvodnih su snaga >500 kW a temeljem mrežnih pravila distribucijskog sustava [4], u „obveznoj“ opremi susretnih postrojenja imaju monitor kvalitete u skladu s Hrvatskom normom HRN EN 50160:2012 i standardom IEC 61000-4-30 klasa A. Takva susretna postrojenja u sustavu su daljinskog vođenja s jakim komunikacijskim -vezama.

Tablica I. Monitori kvalitete električne energije na srednjem naponu - Distribuirani izvori

R.b.	Naziv	Priključna snaga	Monitor KEE		Komunikacija
		[MW]	Tip	Proizvođač	
1.	Uni Viridass	9,5	MT 40	IEL	<a href="#">optika/ethernet</a>
2.	Biomass to energy Županja	4,93	MT 40	IEL	<a href="#">Optika i WiFi/ethernet</a>
3.	Osatina grupa d.o.o, Ivankovo	2,65	MT 40	IEL	<a href="#">Optika i WiFi/ethernet</a>
4.	Energija Gradec d.o.o, Vinkovci	2	MT 40	IEL	<a href="#">optika/ethernet</a>
5.	Energija Gradec d.o.o, Vukovar	2	MT 40	IEL	<a href="#">optika/ethernet</a>
6.	Landia, Tordinci	0,999	PQube 2	PSL	<a href="#">Metroethernet</a>
7.	Flamtron d.o.o, Županja,	1	MT 40	IEL	<a href="#">Optika i WiFi/ethernet</a>

#### 2.1.2. Veze s postrojenjima HOPS-a

Kako bi se osigurao potpuni nadzor kvalitete energije koja ulazi na raspolaganje Elektri Vinkovci, osim nadzora snažnih distribuiranih izvora, odlučili smo se i za praćenje kvalitete električne energije preuzete od HOPS-a. Elektra Vinkovci energiju od HOPS-a preuzima na četiri susretne lokacije s po dva transformatorska polja 110/35 kV, koja su sva opremljena monitorom kvalitete u skladu s Hrvatskom normom HRN EN 50160:2012 i standardom IEC 61000-4-30 klasa A. Kako se radi o najvećim transformatorskim stanicama u Elektri Vinkovci, koje su ujedno i komunikacijska čvorišta, sve četiri lokacije odlično su komunikacijski su povezane s procesnom mrežom HEP-ODS-a, vlastitim optičkim komunikacijskim vodovima.

Tablica II. Monitori kvalitete električne energije na srednjem naponu - HOPS

R.b.	Naziv	Instalirana snaga [MW]	Monitor KEE		Komunikacija
			Tip	Proizvođač	
1.	TS 110/35/10kV Vinkovci 1 – TR1	40	PQube2	PSL	<a href="#">optika/ethernet</a>
2.	TS 110/35/10kV Vinkovci 1 – TR2	40	PQube2	PSL	<a href="#">optika/ethernet</a>
3.	TS 110/35/10kV Županja 2 – TR1	40	MT40	IEL	<a href="#">optika/ethernet</a>
4.	TS 110/35/10kV Županja 2 – TR2	40	MT40	IEL	<a href="#">optika/ethernet</a>
5.	TS 110/35/10kV Nijemci – TR1	20	MT40	IEL	<a href="#">optika/ethernet</a>
6.	TS 110/35/10kV Nijemci – TR2	20	MT40	IEL	<a href="#">optika/ethernet</a>
7.	TS 110/35/10kV Vukovar 2 – TR1	40	PQube2	PSL	<a href="#">optika/ethernet</a>
8.	TS 110/35/10kV Vukovar 2 – TR2	40	PQube2	PSL	<a href="#">optika/ethernet</a>

### 2.1.3. Transformatorske stanice SN/SN

Sukladno strateškim ciljevima HEP-ODS-a, prelasku na rad s pogonskim naponom 20 kV, uvođenju direktne transformacije 110/20 kV i napuštanju naponskih razina 35 i 10 kV u Elektri Vinkovci sustavno se postrojenja 10 kV zamjenjuju postrojenjima naponske razine 20 kV. Kako se radi o opsežnim rekonstrukcijama koje redovito uključuju kompletnu zamjenu primarne i sekundarne opreme, ugrađena je i znatan broj monitora kvalitete u skladu s Hrvatskom normom HRN EN 50160:2012 i standardom IEC 61000-4-30 klasa A, redovito u niženaponska transformatorska polja (20 kV).

Tablica III. Monitori kvalitete električne energije na srednjem naponu - TS SN/SN

R.b.	Naziv	Instalirana snaga [MW]	Monitor KEE		Komunikacija
			Tip	Proizvođač	
1.	TS 35/10kV Vinkovci 2 – TR1 i TR2	16	PQube3	PSL	<a href="#">optika/ethernet</a>
2.	TS 35/10kV Županja 1 – TR1	8	MT40	IEL	<a href="#">optika/ethernet</a>
3.	TS 35/10kV Županja 2 – TR2	8	MT40	IEL	<a href="#">optika/ethernet</a>
4.	TS 35/10kV Babina Greda – TR1	8	MT40	IEL	<a href="#">optika/ethernet</a>
5.	TS 35/10kV Babina Greda – TR2	8	MT40	IEL	<a href="#">optika/ethernet</a>
6.	TS 35/20kV Ilok – TR1 i TR2	16	PQube3	PSL	<a href="#">optika/ethernet</a>
7.	TS 35/10kV Tovarnik – TR1 i TR2	8	PQube3	PSL	<a href="#">optika/ethernet</a>
8.	TS 35/20kV Opatovac – TR2	4	MT40	IEL	<a href="#">optika/ethernet</a>
9.	TS 35/10kV Opatovac – TR3	4	MT40	IEL	<a href="#">optika/ethernet</a>
10.	TS 35/10kV Vinkovci 5 – TR1 i TR2	16	PQube3	PSL	<a href="#">optika/ethernet</a>
11.	TS 35/20kV Drenovci – MP 20kV	12	PQube2	PSL	<a href="#">optika/ethernet</a>
12.	TS 35/10kV Vukovar 1 – TR1	4	MT40	IEL	<a href="#">optika/ethernet</a>
13.	TS 35/10kV Borovo naselje – TR1	4	MT40	IEL	<a href="#">optika/ethernet</a>

## 2.2. Monitori kvalitete električne energije na niskom naponu

### 2.2.1. Rekonstrukcija NN razvoda u TS 10(20)/0,4 kV

Pogonska mjerenja koja se mogu akvizirati iz NN razvoda distribucijskih stanica (10(20)/0,4 kV, odnosno iz mjernih uređaja priključenih u transformatorska polja 0,4 kV, do sada nisu sustavno obrađivana u Elektri Vinkovci. Kako se radi o velikom broju tipova mjernih uređaja, različitim komunikacijskih mogućnosti i mogućnosti pohrane mjernih podataka, analiza podataka ovisila je o mogućnostima pojedinih uređaja. Najčešći zahtjevi koji se postavljaju na takve mjerne uređaje su oni za dugoročnim prikazom trendova opterećenja, struja i napona, kao i za kontrolom kvalitete električne energije na sabirnicama distribucijske stanice. Monitori kvalitete električne energije mogu pripremiti i pohraniti potrebna mjerenja, pa su se kao logičan izbor obzirom na mogućnosti, broj i cijenu uređaja, za ugradnju u rekonstruirane NN razvode distribucijskih transformatorskih stanica nametnuli monitori kvalitete u skladu s Hrvatskom normom HRN EN 50160:2012 i standardom IEC 61000-4-30 klasa S.

Kao ogledni primjer nadzora kvalitete električne energije, na svim naponskim razinama, od 35 kV na mjestu preuzimanja od HOPS-a<sub>7</sub> do sabirnica 0,4 kV najudaljenije TS 10/0,4 kV<sub>1</sub> predviđeno je trafo područje TS 35/10(20) kV Babina Greda. U TS 10/0,4 kV<sub>7</sub> u transformatorska polja 0,4 kV<sub>7</sub> tog trafo područja ugrađuju se monitori u skladu s Hrvatskom normom HRN EN 50160:2012 i standardom IEC 61000-4-30 klasa S u posljednje stanice u nizu na pojedinim SN izvodima, te u najopterećenije TS 10/0,4 kV. U preostale TS ugrađuju se reducirani mjerni uređaji koji mjere sve parametre u skladu s Hrvatskom normom HRN EN 50160:2012 i standardom IEC 61000-4-30 klasa S, osim treperenja i viših harmonika.

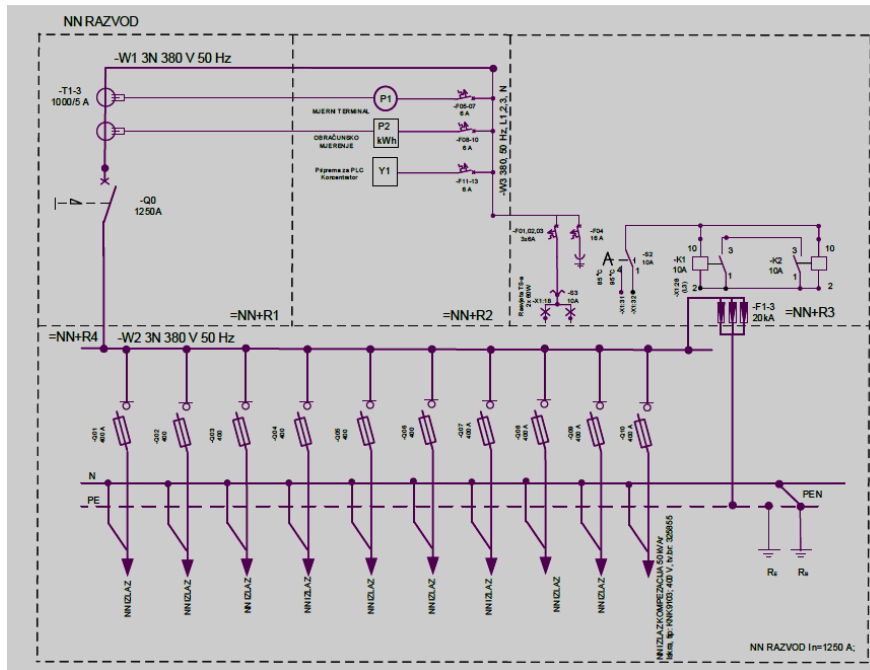
Osim spomenutog, kao dodatni zahtjev javlja se i nadzor nad gubitcima energije isporučene iz kompletne distribucijske transformatorske stanice. U tu svrhu, u rekonstruirane distribucijske NN blokove u transformatorska polja 0,4 kV, ugrađuju se kontrolna elektronička brojila (mjerne garniture). Unatoč poboljšanim mogućnostima mjerenja energije kod modernih monitora kvalitete, zbog sukladnosti mjernih podataka, koja olakšava daljnju analizu, kao i iz organizacijskih razloga (nadležnosti) u Elektri Vinkovci odlučili smo se za opisanu koncepciju mjerenja u NN distribucijskim blokovima.

### 2.2.2. Obračunsko-kontrolna mjerenja

Ugradnja obračunsko-kontrolnih mjerenja, paralelno monitorima kvalitete električne energije, ima za cilj usporedbu mogućnosti monitora kvalitete električne energije u praćenju i identificiranju mjesta nastanka gubitaka, u odnosu na klasična obračunsko-kontrolna mjesta.

Tehničko rješenje NN razvoda na razini tipske TS (KTS, SBTS, PTTS, ŽSTS), osim uobičajenih karakteristika obuhvaća:

- Mjerenje izlazne energije TP 0,4 kV (obračunska klasa, PLC)
- Mjerenje napona, struja i KEE (EN 50160, IEC 61000-4-30 klasa S)
- Automatska kompenzacija jalove energije



- Slika 1. Shema tipskog NN razvoda

### 2.2.3. Distribuirani izvori do 500 kVA

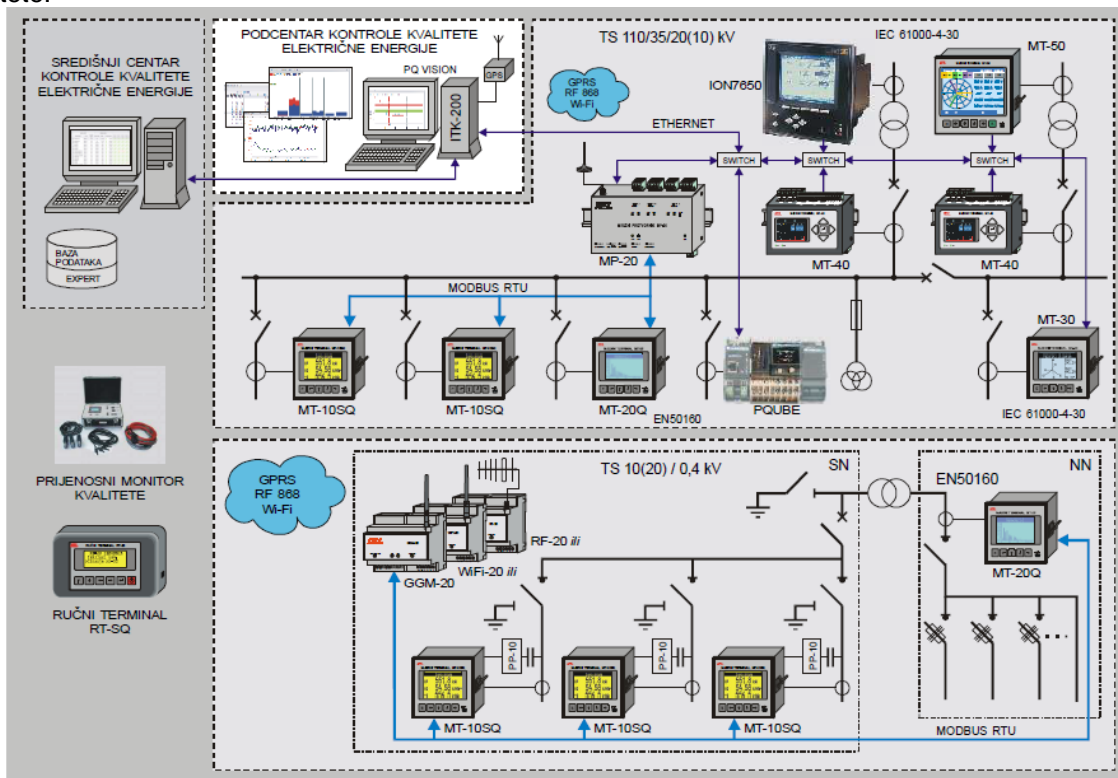
U Elektri Vinkovci u pogonu je i nekoliko distribuiranih izvora snage <500 kW. Predmetni izvori priključeni su na NN, te iako to nije propisano mrežnim pravilima [4], Elektra Vinkovci je u predmetna susretna postrojenja ugradila monitore kvalitete u skladu s Hrvatskom normom HRN EN 50160:2012 i standardom IEC 61000-4-30 klasa S.

Tablica IV. Monitori kvalitete električne energije na niskom naponu - Distribuirani izvori <500 kW

R.b.	Naziv	Priključna snaga [kW]	Monitor KEE		Komunikacija
			Tip	Proizvođač	
1.	KP Agner	495	MT 20S	IEL	<a href="#">GPRS modem</a>
2.	KP Marina	300	MT 20S	IEL	<a href="#">GPRS modem</a>
3.	BP Dar prirode	300	MT 20S	IEL	<a href="#">GPRS modem</a>
4.	KP Bendix 1	300	MT 20S	IEL	<a href="#">GPRS modem</a>
5.	SE BIC	102	MT 20S	IEL	<a href="#">GPRS modem</a>
6.	SE Studentski dom	100	MT 20S	IEL	<a href="#">GPRS modem</a>

### 3. OPIS SUSTAVA

Kontrola kvalitete električne energije vrlo je važan dio ukupnog nadzora elektroenergetskog sustava. Sustav kontrole kvalitete električne energije izgrađen je kao integrirani sustav kontrole kvalitete, a namijenjen je za nadzor kvalitete kompleksnih sustava proizvodnje, distribucije i prijenosa energije u skladu s Hrvatskom normom HRN EN 50160:2012 i standardom IEC 61000-4-30. Osnovni elementi Sustava su inteligentni elektronički uređaji – monitori kvalitete komunikacijski povezani s terminalom kvalitete.



Slika 2. Sustav kontrole kvalitete električne energije IPQS

Terminal kvalitete ima vrlo napredne funkcije prikupljanja i analize mjerenja te statističke obrade mjerenih rezultata. U terminalu kvalitete implementirana je odgovarajuća programska oprema sa zadatkom prikupljanja informacija s monitora kvalitete različitih proizvođača, njihova obrada, pohrana u bazu podataka, te prilagodba za grafičku interpretaciju. U terminalu kvalitete implementirana je i programska oprema za automatsko generiranje, arhiviranje i slanje izvještaja. Programski paket terminala kvalitete sastoji se od poslužiteljskih i klijentskih aplikacija, te isti može povezati poslužiteljske i klijentske aplikacije s bazom podataka.

Programska oprema koristi već postojeći poslužitelj baze podataka u središnjem centru kontrole kvalitete HEP-ODS-a, te virtualno računalo za izvršavanje poslužiteljskih aplikacija.

### **3.1. Prikupljanje i arhiviranje mjerenja**

Programski modul PQ DAQ prikuplja, obrađuje i arhivira trenutne i registrirane veličine monitora kvalitete i mjernih uređaja različitih proizvođača. PQ DAQ iskorištava procesorsku snagu modernih višezgriženih procesora kako bi omogućio paralelno procesiranje te povezivanje velikog broja mjernih uređaja u jedinstveni sustav nadzora kvalitete električne energije.

#### **3.1.1. Komunikacijski povezani monitori**

Povezivanje s mjernim uređajima moguće je ostvariti preko standardnih komunikacijskih protokola poput Modbus RTU / TCP, IEC 60870-5-104 i IEC 61850 te automatskim preuzimanjem datoteka za razmjenu podataka poput PQDIF, COMTRADE i CSV direktno iz mjernih uređaja. PQ DAQ podržava brojne načine povezivanja s mjernim uređajima. Uz direktno povezivanja preko mrežnog sučelja mjernog uređaja ili Mrežnog pristupnika MP-20, moguće je ekonomično povezivanje mjernih uređaja bez mrežnog sučelja preko konvertora protokola, komunikacijskih terminala ili naprednih monitora kvalitete (npr. Mjerni terminal MT-50, Komunikacijski terminal KT-20, Centralna jedinica CJ-50). PQ DAQ omogućava automatsko prikupljanje svih mjerenih veličina definiranih u standardu IEC61000-4-30 poput 200-ms, 3-sek, 10-sek i 10-min vrijednosti te preuzimanje informacija o propadima, prekidima i nadvišenjima napona zajedno s pripadajućim snimkama tranzijenata. Prikupljeni podaci arhiviraju se u SQL bazu podataka (MS SQL Server ili MySQL).

#### **3.1.2. Monitori bez komunikacijskih veza**

Monitori kvalitete električne energije Hrvatskom normom HRN EN 50160:2012 i standardom standardom IEC 61000-4-30, klasa S, ugrađuju se u posljednje stanice u nizu na pojedinim SN izvodima i u najopterećenije TS 10/0,4 Kv. U preostale transformatorske stanice ugrađuju se „reducirani mjerni uređaji“, koji snimaju sve mjerne veličine u skladu sa standardom IEC 61000-4-30, klasa S osim treperenja i viših harmonika. Monitori kvalitete električne energije u ovakvim postrojenjima ugrađeni u transformatorska polja NN razvoda i opremljeni su USB priključcima za izvoz prikupljenih podataka.

Programski modul PQ DAQ osim već opisanih komunikacijskih mogućnosti, baze podataka može popunjavati i „ručno“ prikupljenim podacima, putem izvoz/uvoz sistema koristeći prijenosni USB medij.

### **3.2. Analiza kvalitete električne energije**

Programski modul PQ REPORT automatski obrađuje arhivirana mjerenja te izrađuje i pohranjuje izvještaje o kvaliteti električne energije u bazu podataka. Analiza kvalitete električne energije obuhvaća statističku analizu parametara napona te određivanje sukladnosti s važećom normom. Metode mjerenja parametara napona strogo su definirane standardima vezanim uz klasu mjernih uređaja, dok su granične vrijednosti i tolerancije propisani od strane regulatornih tijela.

PQ REPORT podržava analizu kvalitete električne energije koristeći različite norme te pruža mogućnost definiranja vlastitih kriterija i graničnih vrijednosti. EN50160 je važeća norma unutar Europske unije te obuhvaća analizu parametara napona kao što su frekvencija, kolebanje napona, nesimetrija napona, dugotrajno treperenje napona, harmonici i izobličenje napona.

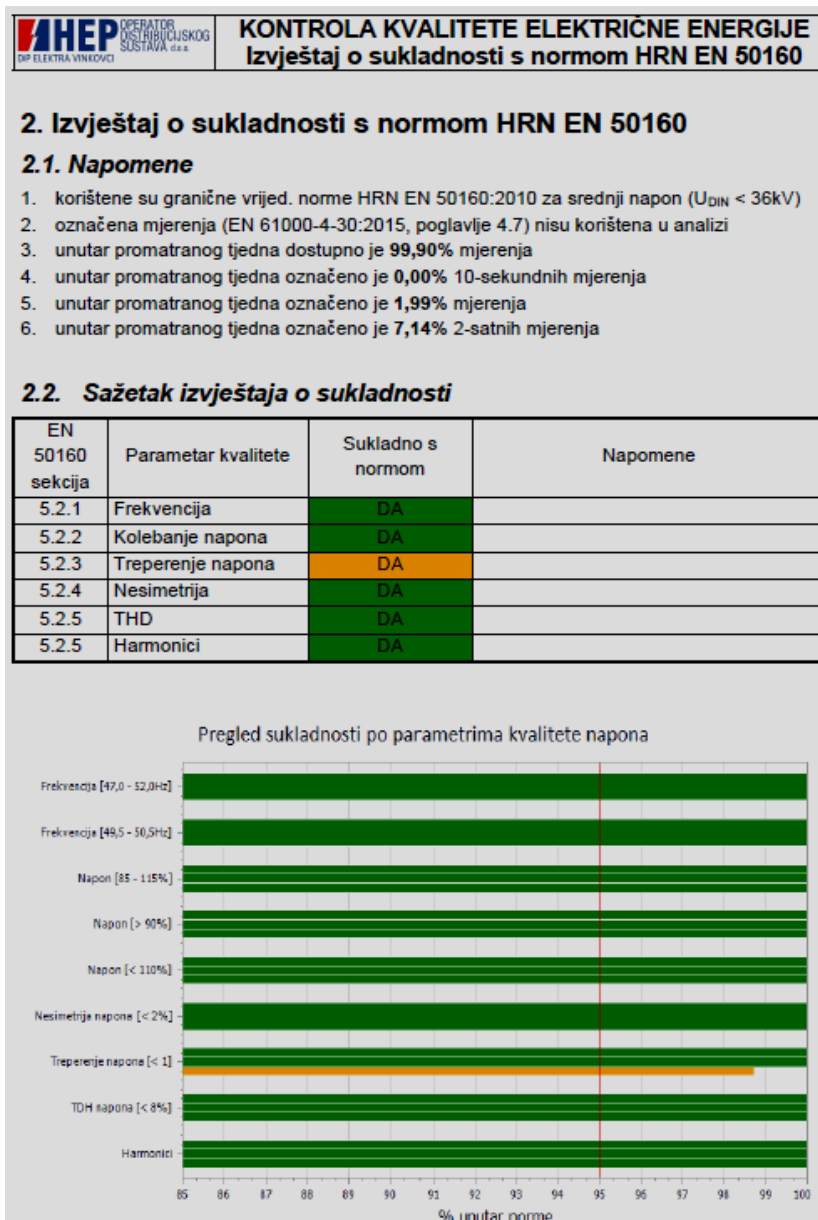
Analiza kvalitete električne energije provodi se na tjednim intervalima. Norma EN50160 propisuje da parametri napona moraju biti unutar definiranih granica za bilo kojih sedam dana u nizu.

### 3.3 Izvještavanje

Programski modul PQ REPORT omogućava izradu različitih tipova izvještaja. Za monitore kvalitete moguće je izraditi izvještaje o kvaliteti električne energije, dok svi mjerni uređaji podržavaju izradu izvještaja s prikazom statistike i trendova mjerenih veličina, dnevnih, tjednih i mjesečnih dijagrama te analizom proizvodnje i potrošnje električne energije. Izvještaji su dostupni za pregled unutar klijentske aplikacije PQ VISA.

Programski modul PQ REPORT omogućava automatsku izradu i slanje izvještaja na e-mail adrese različitih službi (odjel mjerenja, regulatorne agencije, uprava). Automatska izrada i slanje izvještaja izvršava se periodički (tjedno, mjesečno, kvartalno, godišnje) ili pri ispunjenju postavljenog kriterija. PQ REPORT podržava izradu detaljnih izvještaja za jedno mjerno mjesto ili sažetih izvještaja za više mjernih mjesta. Izgled i sadržaj izvještaja moguće je prilagoditi službi za koju su namijenjeni (odjel mjerenja, regulatorne agencije, uprava).

Detaljni izvještaj o kvaliteti električne energije daje kompletan pregled parametara napona za izabrani tjedan i pojedinačno mjerno mjesto. Izvještaj sadrži statistiku, grafičke prikaze trendova i histograme svih parametara napona te listu događaja s pripadajućom ITIC krivuljom i DISDIP tablicom. U izvještaju su priložene i snimke tranzijenata.



Slika 3. Izvadak iz Izvještaja o sukladnosti sa normom HRN EN 50160:2012

Izveštaj je zbog detaljnosti prvenstveno namijenjen odjelu mjerenja ili potrošaču na zahtjev. PQ REPORT podržava izradu grupnih izvještaja za više mjernih mjesta. Izvještaji daju sažeti pregled za veći broj mjernih mjesta i podešeno vremensko razdoblje, moguće ih je izraditi na dnevno ili tjednoj bazi.

### 3.3.1. Grupni izvještaji za više mjernih mjesta

Svi izvještaji sadrže osnovne informacije o mjernom mjestu poput postavki naponskih i strujnih transformatora, nazivnog napona, pragova događaja i parametara korištenih za izradu izvještaja. Izvještaji sadrže dodatne informacije o ispravnosti rada mjernog uređaja poput statusa registracije mjerenja i sinkronizacije vremena.

MJERNO MJESTO			2020																															
OBJEKT	MJERNO MJESTO	NAPONSKI NIVO	siječanj																															
			02.01.	03.01.	04.01.	05.01.	06.01.	07.01.	08.01.	09.01.	10.01.	11.01.	12.01.	13.01.	14.01.	15.01.	16.01.	17.01.	18.01.	19.01.	20.01.	21.01.	22.01.	23.01.	24.01.	25.01.	26.01.	27.01.	28.01.	29.01.	30.01.	31.01.		
TS 35/10kV ŽUPANJA 1	=J12 TP1	10kV	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	
TS 35/(20)10kV Opatovac	=J2 TP2	20kV	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	
TS 35/10kV Borovo Naselje	=J6 TP1	10kV	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	
TS 35/(20)10kV Opatovac	=J6 TP3	10kV	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	
RS Kogeneracija Županja	=H4 B2E	35kV	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	
RS Kogeneracija Županja	=H6 Sušara	35kV	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	
TS 110/35/(20)10kV NIJEMCI	=H5 TP1	35kV	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	
TS 110/35/(20)10kV NIJEMCI	=H7 TP2	35kV	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
BPP PIK Vinkovci	TS Vinkovci 5	10kV	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	
Uni Viridass	TS Babina Greda	10kV	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	
TS 110/35/10kV ŽUPANJA 2	=H10 TP1	35kV	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
TS 110/35/10kV ŽUPANJA 2	=H8 TP2	35kV	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
TS 110/35/10kV ŽUPANJA 2	=H13 1B	10kV	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
TS 110/35/10kV ŽUPANJA 2	=H14 1A	10kV	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
TS 35/10kV ŽUPANJA 1	=J1 TP2 10kV	10kV	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
TS 35/10kV BABINA GREDA	=J11 TP2 10kV	10kV	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
TS 35/10kV BABINA GREDA	=J5 TP1 10kV	10kV	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
TS 35/10kV VUKOVAR 1	=K5 TP1 10kV	10kV	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
SE Ambarine	KTS Gradište 11	400V	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
BPP Staklenik Ivanko	KRS Slatine	10kV	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
BPP Ovcara	DTS Ovcara	10kV	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
SE Županja	DTS Krcevine	10kV	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
TS Vinkovci 2	TP1 i TP2	10kV	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
TS ILOK	TP1 i TP2	10kV	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
TS Vinkovci 5	TP1 i TP2	10kV	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green

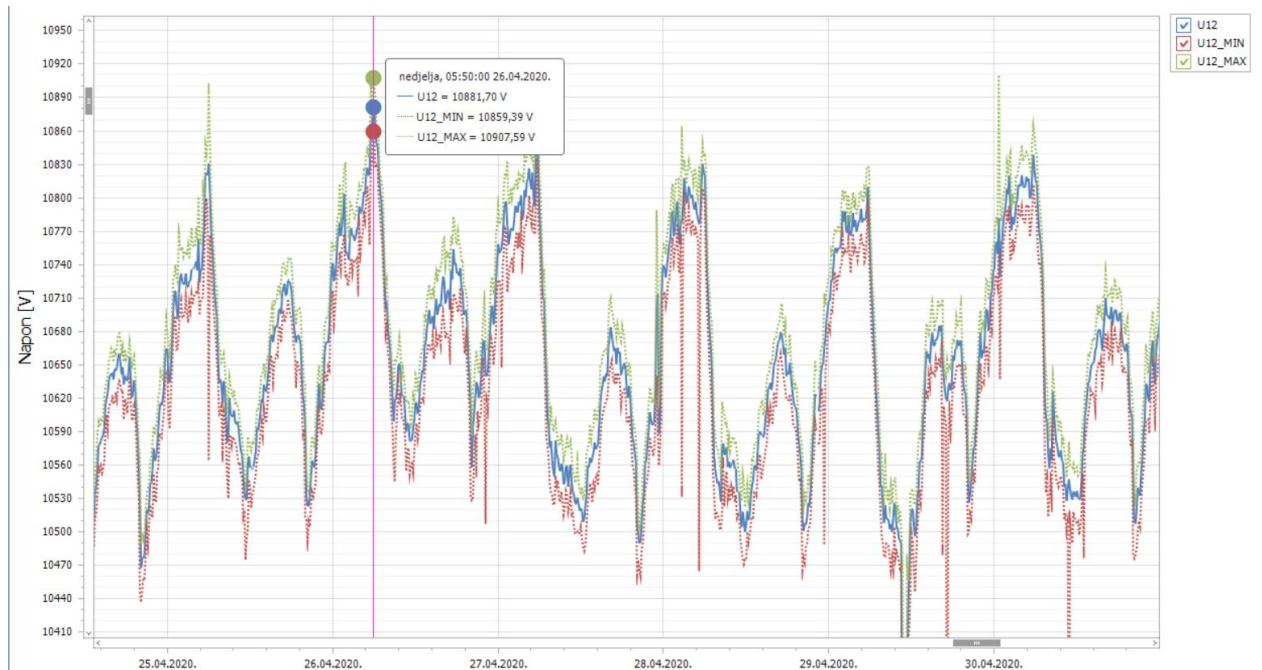
Slika 4. Primjer pregleda dnevnih sukladnosti sa normom EN 50160 za više mjernih mjesta

### 3.3.2. Praktična primjena

Osim već opisanih koristi sustava za nadzor kvalitete električne energije kod planiranja investicijskih ulaganja i zahvata redovnog održavanja, sustav je koristan i u komunikaciji sa korisnicima mreže. Kako je u uvodu opisano, sustav najbolje pokriva korisnike mreže sa proizvodnjom >1MW, koji su ujedno zbog naponskih zaštita integriranih u svoja postrojenja jako osjetljivi na kvalitetu napona.


Primjer korištenja PQ sustava u svrhu analize naponskih prilika je prigovor korisnika mreže sa proizvodnjom 2 MW, na naponskoj razini 10 kV, u kojoj se žali da zbog učestalih porasta napona i prorada nadnaponskih zaštita ima zastoje u radu postrojenja, a samim tim i gubitke zbog izgubljene dobiti. Po zaprimanju prigovora za predmetno razdoblje pregledani su trendovi napona, te je izrađen je izvještaj o sukladnosti za HRN EN 50160:2012, koji je pokazao da je kvalitete električne energije u sukladnosti sa normom (Slika 3), dok je pregled trenda napona pokazao da je uslijed smanjenog opterećenja u mreži napon porastao i približio se granici prorade nadnaponske zaštite.





Slika 5. Primjer prikaza trenda napona

Daljnjom analizom zabilježenih događaja, utvrđeno je da je prigovor korisnika mreže opravdan, te da zabilježena naponska nadvišenja iznosa i trajanja takvih da mogu prouzročiti prorade nadnaponske zaštite.

 <b>OPERATOR DISTRIBUCIJSKOG SUSTAVA d.d.o.</b> <small>DP ELEKTRA VINKOVCI</small>		<b>KONTROLA KVALITETE ELEKTRIČNE ENERGIJE</b> <b>Izveštaj o sukladnosti s normom HRN EN 50160</b>			
<b>2.9. Događaji</b>					
Promatrane veličine	Propadi napona, prenaponi i prekidi napona				
Metoda evaluacije	HRN EN 50160:2010, sekcija 5.3.2				
<b>Granične vrijednosti</b>					
Propadi napona	90%				
Prenaponi	110%				
Prekidi napona	5%				
<b>Informacije o događaju</b>					
Rbr.	Početak	Kraj	Trajanje	Tip	Vrijednost
1	26.04.2020. 05:45:28.950	26.04.2020. 05:45:29.120	170ms	prenapon	110,06%
2	26.04.2020. 05:46:18.730	26.04.2020. 05:50:00.440	03:41.710	prenapon	110,12%
3	26.04.2020. 05:51:12.660	26.04.2020. 06:50:59.160	59:46.500	prenapon	110,13%
4	28.04.2020. 05:06:28.900	28.04.2020. 05:06:28.970	70ms	propad napona	87,91%

Slika 6. Primjer prikaza događaja

Analiza napona rezultirala je reakcijom distributera, regulacijom napona, koja je riješila probleme korisnika mreže. Cijela analiza provedena je bez izlazaka na teren i u vrlo kratkom vremenskom roku. Korisniku mreže dostavljen je pozitivan izvještaj o sukladnosti sa HRN EN 50160:2012 za predmetno razdoblje, sa napomenom da će se zbog utvrđenih naponskih okolnosti izvršiti dodatan napor kako bi mu se omogućio nesmetan rad. Korištenje podataka pohranjenih u bazi podataka o kvaliteti električne

energije kod komunikacije sa korisnikom mreže pokazalo se iznimno korisno za distributera, te je ostvaren pozitivan dojam i spriječeni su daljnji gubitci za korisnika mreže, a i potencijalni sudski spor.

#### **4. ZAKLJUČAK**

Sustav kontrole kvalitete električne energije omogućuje dodatnu dimenziju nadzora elektroenergetskog sustava. Sustav unapređuje dosadašnje metode analize, planiranja i razvoja elektroenergetskog sustava konkretnim podacima prikupljenim mjerenjima, tj. trajno pohranjenim dokazima kvalitete (ili nekvalitete) izvedenih zahvata na postrojenju, bilo uslijed redovnog održavanja ili investicijskih projekata.

#### **5. LITERATURA**

- [1] M.H.J. Bollen, J.V. Milanović<sup>2</sup>, N. Čukalevski, "Power Quality Monitoring", International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPARAMETARA KVALITETE ELEKTRIČNE ENERGIJE'14), Cordoba (Spain), 8th to 10th April, 2014
- [2] IEC 61000-4-30, Elektromagnetska kompatibilnost (EMC) -- Dio 4-30: Ispitne i mjerne tehnike -- Metode mjerenja kvalitete električne energije (IEC 61000-4-30:2015/Corr:1:2016; EN 61000-4-30:2015/AC:2017).
- [3] Elektromagnetska kompatibilnost (EMC) -- Dio 4-30: Ispitne i mjerne tehnike -- Metode mjerenja kvalitete električne energije (IEC 61000-4-30:2015; EN 61000-4-30:2015)
- [4] MREŽNA PRAVILA DISTRIBUCIJSKOG SUSTAVA, Narodne novine“ broj 74/18 i NN 52/2020 (29.4.2020.), Izmjene i dopune Mrežnih pravila distribucijskog sustava, HEP-Operator distribucijskog sustava d.o.o., od 27. srpnja 2018. godine