

Dragan Mučić , dipl. ing.  
HEP-ODS Elektrodalmacija Split  
[dragan.mucic@hep.hr](mailto:dragan.mucic@hep.hr)

Vedran Nakić ,  
HEP-ODS Elektrodalmacija Split  
[vedran.nakic@hep.hr](mailto:vedran.nakic@hep.hr)

Erika Šehić , mag. ing. el.  
HEP-ODS Elektrodalmacija Split  
[erika.sehic@hep.hr](mailto:erika.sehic@hep.hr)

## AMR SUSTAV KAO DIO SUSTAVA ZA PRAĆENJE KVALITETE ELEKTRIČNE ENERGIJE U DISTRIBUCIJSKOJ MREŽI

### SAŽETAK

Osiguranje kvalitete opskrbe električnom energijom je obaveza Operatora distribucijskog sustava prema Mrežnim pravilima i Općim uvjetima za korištenje mreže i opskrbu električnom energijom. Za uspješno obavljanje tog zadatka potrebno je provoditi kontinuirana i povremena mjerenja kvalitete električne energije. Povremena mjerenja kvalitete električne energije provode se najčešće na zahtjev korisnika mreže ili u sklopu planskih mjerenja u svrhu utvrđivanja stanja mreže. Kontinuirano mjerenje omogućava pravovremene informacije o promjeni ili trendu narušavanja kvalitete električne energije. To omogućuje otkrivanje poremećaja i provođenja aktivnih i brzih mjera za otklanjanje uzroka poremećaja. Osnovna ideja korištenja AMR sustava kao dijela sustava za praćenje kvalitete električne energije u distribucijskoj mreži u svrhu praćenja kvalitete je da se na optimalan način iskoriste postojeći sustavi distribucijske automatizacije odnosno automatskog očitavanja brojila kao izvori podataka za evaluaciju parametara kvalitete električne energije.

**Ključne riječi:** AMR, kvaliteta električne energije, mjerenje, pametna brojila

## AMR AS A PART OF POWER QUALITY MONITORING SYSTEM IN DISTRIBUTION NETWORK

### SUMMARY

Ensuring the quality of electricity supply is an obligation of the Distribution System Operator in accordance with the Network Rules and the General Conditions for Network Use and Electricity Supply. Successful realization of this task requires continuous and periodic measurements of the power quality. Periodic measurements of the power quality are usually carried out upon the request of the network users or as part of planned measurements to determine the status of the network. On the other hand side, continuous measurements provide information regarding changes or trends in power quality degradation in time. This enables disruption detection as well as active and rapid measures in order to eliminate the cause of the disorder. The basic idea of using the AMR system as part of the power quality monitoring system in the distribution network is based on optimal use of the existing distribution automation systems and / or automatic meter readings as data sources for evaluating power quality parameters.

**Key words:** AMR, power quality, monitoring, smart meter

## 1. UVOD

Operator distribucijskog sustava prema Mrežnim pravilima [1] i Općim uvjetima za korištenje mreže i opskrbu električnom energijom[2] dužan je trajno održavati i poboljšavati razinu kvalitete opskrbe električnom energijom na mjestu preuzimanja i/ili predaje električne energije, u skladu s propisima kojima se uređuje kvaliteta opskrbe električnom energijom.

Za uspješno obavljanje tog zadatka potrebno je unaprijediti postojeći pristup kontrole kvalitete električne energije, koji se provodi povremenim mjerenjima kvalitete napona, na proaktivni pristup koji kontinuirano prezentira operatoru distribucijskog sustava pravovremene informacije o promjeni ili trendu narušavanja kvalitete napona što mu omogućuje učinkovito otkrivanje i otklanjanje uzroka poremećaja. [3]

Koncept uspostave sustava nadzora kvalitete električne energije stavlja naglasak na korištenje postojeće opreme distribucijske automatizacije koja ima mogućnosti praćenja parametara kvalitete električne energije. S obzirom da su parametri kvalitete električne energije prema normi HRN EN 50160 određeni kao statistički prosjeci, osnovna značajka opreme koja se može koristiti za određivanje parametara kvalitete napona je mogućnost lokalne obrade izmjerenih električnih veličina te pohrana podataka. Informacijsko-komunikacijskim povezivanjem uređaja distribucijske automatizacije koji imaju mogućnosti praćenja parametara kvalitete električne energije moguće je dobiti iskoristivi skup informacija za potrebe sustava nadzora kvalitete električne energije. Za procjenu kvalitete električne energije, odnosno parametara kvalitete napona uvjetno se mogu koristiti podaci prikupljeni trajno instaliranom opremom:[4]

- daljinske stanice sustava nadzora i upravljanja (SCADA)
- digitalni multimetri za pogonska mjerenja
- digitalni zaštitni releji
- terminali polja
- digitalna elektronička brojila s automatskim daljinskim očitanjem
- posebni uređaji za praćenje kvalitete električne energije

Navedena oprema može se koristiti kao izvor podataka za evaluaciju parametara kvalitete električne energije u klasi A, odnosno B ili odnosno S (prema HRN EN 61000-4-30).

- klasa A: mjerenja za potrebe rješavanja ugovornih sporova,
- klasa B: nadzor kvalitete, otklanjanje kvarova,
- klasa S: praćenje za potrebe statističke obrade;

## 2. Brojila sa daljinskim očitanjem

Napredna brojila električne energije posjeduju mogućnost zapisa određenih parametara kvalitete napona pa se takva brojila mogu koristiti u sklopu sustava daljinskog nadzora kvalitete električne energije. U Hrvatskoj se već nekoliko godina uspostavlja sustav automatskog daljinskog očitavanja brojila (AMR) što podrazumijeva opremanje mjernih mjesta kupaca elektroničkim brojlama s daljinskom komunikacijom [3]. Razvoj elektroničkih brojila zasnovanih na mikroprocesorskoj tehnologiji omogućio je uspostavu digitalne komunikacije s brojlom. Prve generacije digitalnih brojila imale su komunikacijski kanal s optičkim sučeljem, predviđenim prvenstveno za parametriranje brojila, koji se mogao koristiti i za očitavanje stanja brojila, ali mu to nije bila osnovna namjena. Novije generacije digitalnih brojila imaju uz standardno optičko sučelje mogućnost modularnog opremanja raznim komunikacijskim sučeljima ovisno o raspoloživim komunikacijskim medijima:

- GSM/GPRS modem
- Ethernet LAN
- Wi-Fi LAN
- PLC (Power Line Carrier).

Današnja pametna brojila ovisno o proizvođaču mogu detektirati događaje koji utječu na kvalitetu električne energije kao što su prekidi napajanja, prenaponi, propadi napona i mjeriti napon, struju, frekvenciju, harmonike napona i struje. Iako brojila nisu primarno dizajnirana kako bi pratila kvalitetu električne energije, ona ipak mogu dati vrijedne informacije. S obzirom da se brojila koriste za obračunska mjerenja, točnost procesnog sučelja zadovoljava zahtjeve PQ nadzora, međutim dostupnost i učestalost prikupljanja podataka putem raspoloživih komunikacijskih kanala nije prilagođena potrebama nadzora PQ.

Očitavanja brojila za potrebe obračuna obavljaju se relativno rijetko pa se uglavnom koriste komunikacijski mediji s malim investicijskim troškovima odnosno oni čija je cijena korištenja proporcionalna

trajanju komunikacije, a ne količini prenesenih podataka, pa se stoga uglavnom koriste usluge GPRS tehnologije za prijenos podataka. Mogućnost korištenja digitalnih brojlara s daljinskim očitanjem za potrebe nadzora PQ bitno ovisi o programskim aplikativnim mogućnostima samog brojila. Budući da nadzor PQ zahtijeva lokalnu obradu i pohranu velike količine podataka, samo brojila koja posjeduju mogućnost pohrane mjernih i registriranih podataka za određeni vremenski period (barem 24 sata) mogu poslužiti kao izvor podataka za nadzor PQ s time da se učestalost očitavanja prilagodi memorijskom kapacitetu brojila. Drugi problem predstavlja dostupnost komunikacijskih kanala s obzirom da se očitavanja obavljaju iz centra pomoću posebnih programskih aplikacija za obračun el. energije koje nisu predviđene za prikupljanje i pohranu podataka za potrebe nadzora PQ.

Neka brojila imaju registre gdje se zapisuje broj predefinicirana događaja. Mogući događaji su kratkotrajni prekid, dugotrajni prekid, srednja vrijednost napona u 10 minutnom intervalu veća od 110% nominalne vrijednosti i slično. Knjiga događaja, osim podataka o intervencijama u parametre i podatke brojila, sadrži podatke o trenutku nestanka i povratka napona pa se iz njih može izračunati vrijeme prekida opskrbe. Vremenska oznaka je u minutama tako da se iz knjige događaja mogu evidentirati samo dugotrajni prekidi [4].

U nastavku smo prikazali tehničke karakteristike brojila koji se ugrađuju u distribucijskoj mreži Europe i izvan Europe.

## 2.1 Karakteristike brojila u Europskoj uniji

Uspoređujući karakteristike brojila koji se koriste u Hrvatskoj i u Europskoj uniji sa karakteristikama uređaja koji se koriste izvan Europske unije u ovom slučaju Sjeverne Amerike vidimo da se u Sjevernoj Americi već nekoliko desetljeća koriste uređaji koji integriraju funkcije obračunskog mjerenja, mjerenja kvalitete električne energije i upravljanja tarifama sa višestrukim komunikacijskim mogućnostima dok se u Europi brojila postepeno približavaju tim karakteristikama. [5],[6],[7][

U Europskoj uniji se moduli za kvalitetu električne energije razvijaju u svrhu indikativnog praćenja kvalitete napona u mreži. Mjere se i registriraju sljedeći parametri kvalitete električne energije: efektivne vrijednosti faznih napona, efektivne vrijednosti faznih struja, frekvencija, fazni kut između napona i struja, viši harmonici u naponima i strujama (do 15-og), THD, faktor snage, nestanak napona mreže, njihanje amplitude faznog napona, napon iznad gornje i ispod donje granice tolerancije, prenaponi, podnaponi i nestanak napona.

Osnovni nedostatak podataka dobivenih na ovaj način je što nisu u skladu sa standardom EN 61000-4-30 koji definira metode mjerenja i interpretacije rezultata svih parametara po kojima sa definira kvaliteta električne energije



Slika 1. Landis&Gyr brojilo E650 [5]

## 2.2 Karakteristike brojila izvan Europske unije

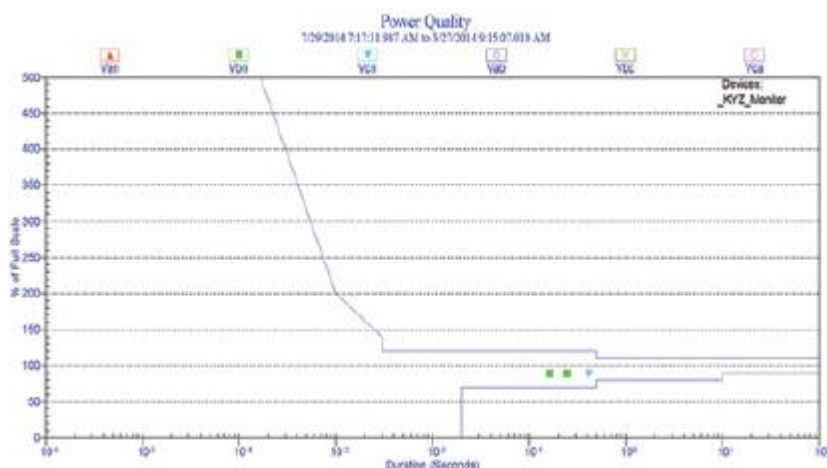
U različitim zemljama imamo različite pristupe ovom problemu. U nastavku ćemo analizirati uređaj Nexus 1272 čiji modul za kvalitetu električne energije nije razvijen samo za indikativno praćenje kvalitete napona u mreži nego se po svojim karakteristikama može uspoređivati sa najboljim mjernim uređajima A klase za mjerenje kvalitete električne energije.



Slika 3. Nexus 1272 [6]

Nexus 1272 brojilo nudi opsežne napredne značajke za praćenje kvalitete električne energije. Koristeći naprednu DSP tehnologiju mjeri trenutne i pohranjene obračunske podatke zajedno s kvalitetom energije i komunikacijom. Standardne značajke uređaja Nexus omogućuju ispunjavanje naprednih potreba za mjerenje .

Brojilo mjeri amplitudu harmonika do 255-og za sve struje i napone u realnom vremenu, bilježi i snima sve CBEMA (Computer and Business Equipment Manufacturers' Association ) događaje. Unosi u CBEMA knjigu događaja uključuju podatke o datumu/satu, vremenu trajanja i amplitudi. CBEMA događaji se mogu skinuti kroz digitalni komunikacijski port.[6] Brojilo ima mogućnost povezati najnovije događaje vezane uz kvalitetu električne energije sa pohranjenim zapisima valnih oblika.



Slika 4. CBEMA/ITIC događaji

Brojilo omogućuje snimanje valnih oblika kako bi zabilježio prijelaze i probleme u kvaliteti strujnih i naponskih valnih oblika. Uzorkuje valne oblike pomoću korisnički postavljene brzine od 16 do 512 uzoraka po ciklusu. Za snimanje valnog oblika je dostupno do sedam kanala. Brojilo pohranjuje 96 zapisa snimljenih valnih oblika u 64 ciklusa na svim kanalima u trajnoj memoriji. Svaki zapis traje najmanje 8 ciklusa s najvišom brzinom uzorkovanja ili 64 ciklusa s najmanjom brzinom uzorkovanja.[6] Brojilo sadržava postavke koje je moguće podesiti kako bi se utvrdio broj zapisa snimljenih po pojedinom događaju. Brojilo snima od 1 do 96 zapisa za bilo koji okidač događaja. Svaki valni oblik sadržava podatke prije događaja i

poslije događaja. Valni oblici snimaju se sa rezolucijom unutar 1 ms. Zapisi valnih oblika se uzimaju kad god efektivna vrijednost napona ili struje prijeđe postavljena ograničenja. Korisnik je u mogućnosti postaviti brojilo tako da zapisi valnih oblika mogu se uzeti kad god dođe do promjene statusa na jednom od osam ulaznih statusa visoke brzine [6].

Sa odgovarajućim softverom „Communicator ext“ mogu se analizirati valni oblici kvarova i druge korisne informacije kao što je prikazano na slici 5.



Slika 5. PQ analiza

### 3. DALJINSKO (AUTOMATSKO) OČITAVANJE BROJILA

Automatsko očitavanje brojila ili AMR ( Automatic Meter Reading) je sustav za daljinsko prikupljanje podataka o potrošnji nekog energenta, najčešće električne energije, plina i vode korištenjem LAN-a, mobilne tehnologije ili niskonaponskih vodova (PLC). Mjerni podaci se prvo očitavaju putem brojila, a nakon toga putem već spomenutih načina komunikacije (LAN, GPRS, PLC) prenose do operatora. Tu se pohranjuju u centralnu bazu podataka koja je dostupna samo ovlaštenim osobama. Očitavanje brojila moguće je izvesti na zahtjev pojedinačno i daljinski prema unaprijed definiranim parametrima. Napredni sustavi za mjerenje mogu pružiti koristi komunalnim uslugama, opskrbljivačima i kupcima. Prednosti će prepoznati komunalije s povećanom učinkovitošću, otkrivanjem kvarova, obavijestima o neovlaštenim potrošnjama i smanjenim troškovima rada kao rezultat automatizacije očitavanja, uspostavljanja i prekida opskrbe.[7]

#### 3.1. Prikupljanje podataka u AMR sustavu

Digitalna brojila imaju nekoliko mogućnosti pohranjivanja mjernih veličina i krivulja opterećenja i to na način da ih uopće ne mogu snimati do mogućnosti istovremenog snimanja različitih mjernih veličina na jednom, četiri ili dvanaest kanala, ovisno proizvođaču i tipu brojila. Temeljna klasifikacija mjernih veličina koje se prikupljaju u AMR sustavu nastala je upravo iz organizacije pohranjivanja podataka u brojlama koja su daljinski očitavana i to na:[7]

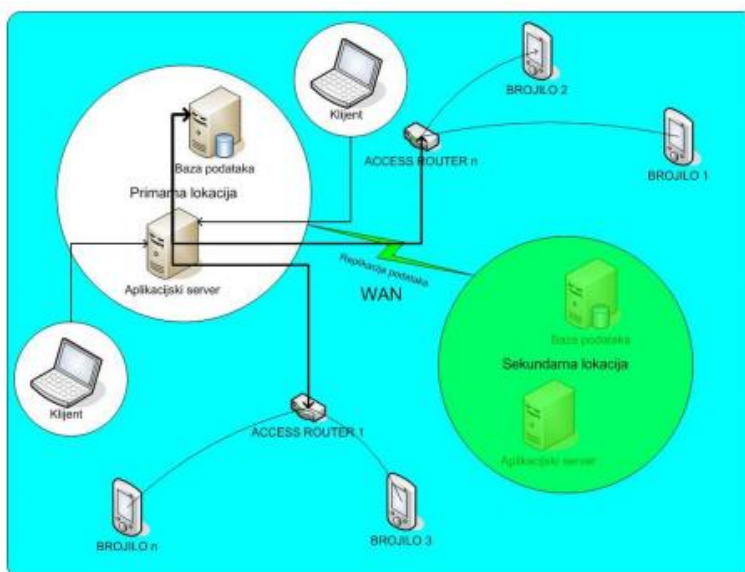
- a) Podatke pohranjene u registrima brojila
- b) Podatke snimljene u krivuljama opterećenja
- c) Podatke zapisane u knjigama događaja.

Kod nekih brojila je fiksna broj veličina koje se snimaju u krivuljama opterećenja, kod drugih je varijabilan, a razlikuju se po kapacitetu memorije i formatu podataka, kao i po mjernim veličinama koje se snimaju jer su definirane ograničenjima u svakom brojlilu. Snimaju se različite mjerne veličine ,a i postoji osnovna razlika u shemi snimanja podataka u krivulji opterećenja tj. snimaju se trenutne vrijednosti mjernih veličina ili zadnje uprosječene vrijednosti mjernih veličina za period usrednjavanja (obično 15-minutni).

Brojila unutar sustava daljinskog očitavanja zapisuju pojedine događaje u vlastitoj knjizi događaja, koja se kod određenih tipova brojila može parametrirati i definirati, dok je kod drugih tipova brojila skup događaja koji se zapisuju zadan tvornički. Isti događaj ima različitu vrijednost koda i definiran je od strane

proizvođača brojila. Od različitih zapisanih događaja trenutno najveća pažnja je samo na ispade napajanja, nestanak nekog od faznih napona ili registraciju protoka radne energije u negativnom smjeru.

Svi pohranjeni rezultati koriste se za potvrdu ispravnosti mjerenja, unificiranje postavki brojila koja se nalaze u elektroenergetskoj mreži i analizu stanja u elektroenergetskoj mreži distribucijskog sustava [7].



Slika 4. Arhitektura AMR sustava [7]

### 3.2. Prednosti i nedostaci korištenja AMR sustava za praćenje kvalitete električne energije

Dostupnost AMR-a izuzetno je važan zahtjev na sustav, jer sustav mora osigurati kontinuirano prikupljanje, obradu i distribuciju podataka. Pored osnovne funkcionalnosti postoji i niz drugih mogućnosti koje današnja brojila mogu ponuditi, uključujući :

- Izvještavanje o neovlaštenom pristupu
- Prikaz podataka o potrošnji u stvarnom vremenu
- Mjerenje aktivnih i reaktivnih količina
- Udaljeno isključenje i ponovno uključanje potrošača
- Upravljanje opterećenjem
- Izvještavanje o kvaliteti energije

Izazovi za korištenje naprednih brojila i AMR strukture za nadzor kvalitete električne energije su povezani sa mogućnostima naprednog brojila i sa propusnošću komunikacijskih kanala, posebno ako se radi o PLC tehnologiji. Potencijalni problem pri prikupljanju PQ podataka iz AMR sustava je značajan porast količine podataka nastalih tijekom 15-minutnog mjerenja. Ova količina podataka ne predstavlja samo problem za pohranu nego i opterećenje za sustav za daljinsko očitavanje. Učinak praćenja PQ na ove sustave će uvelike ovisiti o primijenjenoj metodologiji snimanja podataka, od kojih postoji nekoliko mogućnosti.

Prvo je izvještavanje o događajima u stvarnom vremenu gdje brojilo odmah javlja događaj izvan određenih PQ granica. Ova metodologija ima značajan utjecaj na komunikacijske sustave, kako u pogledu preopterećenja, za široko prisutne PQ događaje, tako i na povećane troškove i korištenje mreže.

Druga opcija je izvještavanje pokazatelja kvalitete energije individualno prema događaju. Mjesta s lošim pokazateljima PQ mogu se postaviti tako da izvještavaju događaje detaljnije. Ova opcija smanjuje kako zahtjeve za komunikacijom, tako i zahtjeve za skladištenjem podataka [8].

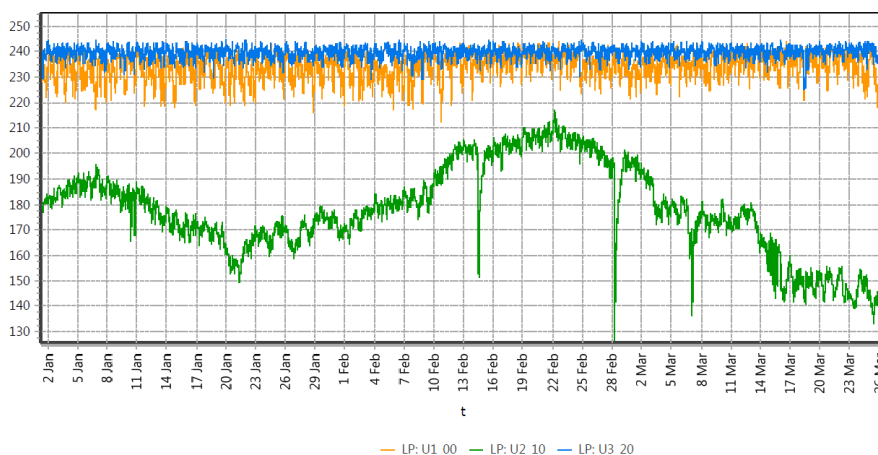
Postojeći AMR sustav u ODS-u Elektrodalmacija Split brojnošću od cca 38059 uređaja sa odgovarajućim komunikacijskim medijima i geografskim rasporedom po cijeloj županiji, te uzimajući u obzir da se brojila nalaze na mjestima primopredaje električne energije predstavlja značajan izvor podataka za procjenu kvalitete električne energije.



#### 4. PRIMJERI

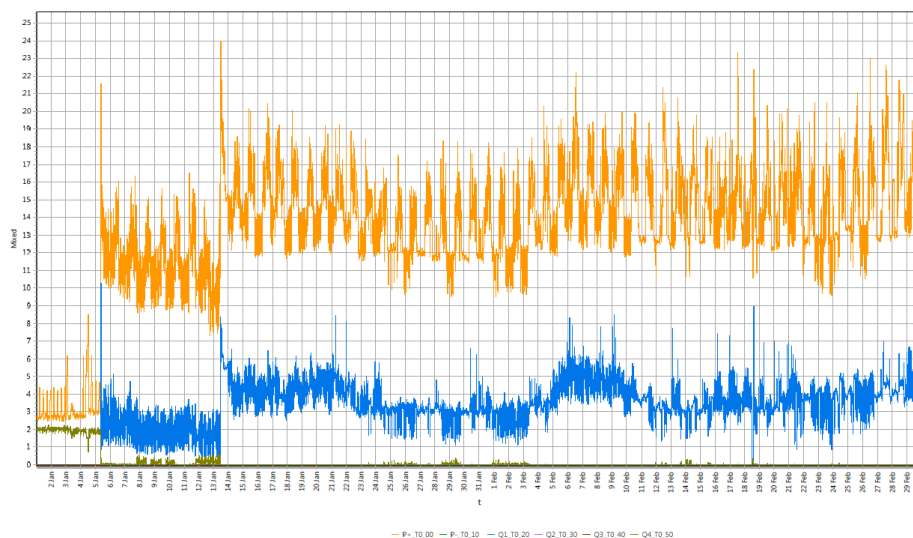
U ovom dijelu ćemo prikazati nekoliko primjera kako koristimo AMR sustav u svrhu indikativnog praćenja kvalitete električne energije, sanacije naponskih prilika, kompenzacije faktora snage i praćenja broja propada napona.

Na slici 5 imamo prikaz mjerenja faznih napona u kojima naponi prelaze dozvoljene granice. U ovom slučaju imamo poremećaj u jednoj fazi (drugoj fazi) gdje napon izlazi iz dozvoljenih granica  $230\text{ V} \pm 10\%$  (207-253 V). Ovo mjerenje pokreće skup aktivnosti koji se sastoje od nekoliko koraka. Prvi korak je provjera spojeva na samom brojilu (slabi spojevi, neovlaštena potrošnja), nakon toga analiza mreže dodatnim pogonskim mjerenjima u svrhu traženja optimalnih rješenja da se napon dovede u dozvoljene granice u skladu s Mrežnim pravilima i EN 50160. Zadnji korak je sanacija naponskih prilika kroz otklanjanje kvara ili razna tehnička rješenja kao povećanje presjeka izvoda, ugradnja stabilizatora napona ili čak izgradnja nove trafostanice.



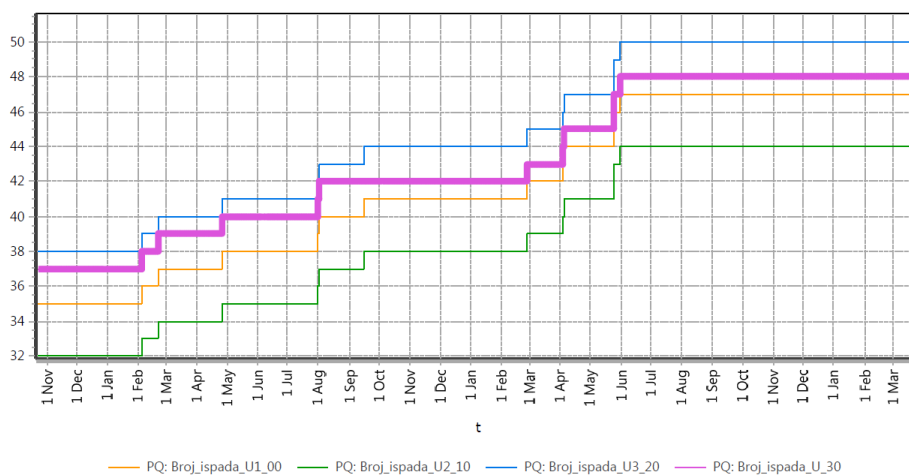
Slika 5. Mjerenje faznih napona

Na slici 6 imamo prikaz mjerenja radne i reaktivne energije koji možemo koristiti prilikom projektiranja uređaja za kompenzaciju jalove energije. Kada imamo mogućnost analiziranja dnevnih dijagrama potrošnje može se lakše analizirati obračunska vršna radna snaga potrošača i pratiti tokovi snage u energetskej mreži. Kupci kategorije poduzetništvo (osim javne rasvjete), koji održavaju faktor snage od 0,95 do 1, ne plaćaju naknadu sve dok im se faktor snage ne smanji ispod 0,95. U tom slučaju, plaćaju naknadu za prekomjerni dio, od ostvarenog nižeg faktora snage do 0,95. Iznos jalove energije koja uzrokuje faktor snage 0,95 jednaka je približno iznosu 33% radne energije. Povećanjem jalove energije iznad tog iznosa uzrokuje pad faktora snage ispod 0,95 pa se prekomjerna jalova energija koja se naplaćuje može izračunati iz izmjerenih podataka.



Slika 6. Mjerenje radne i jalove energije

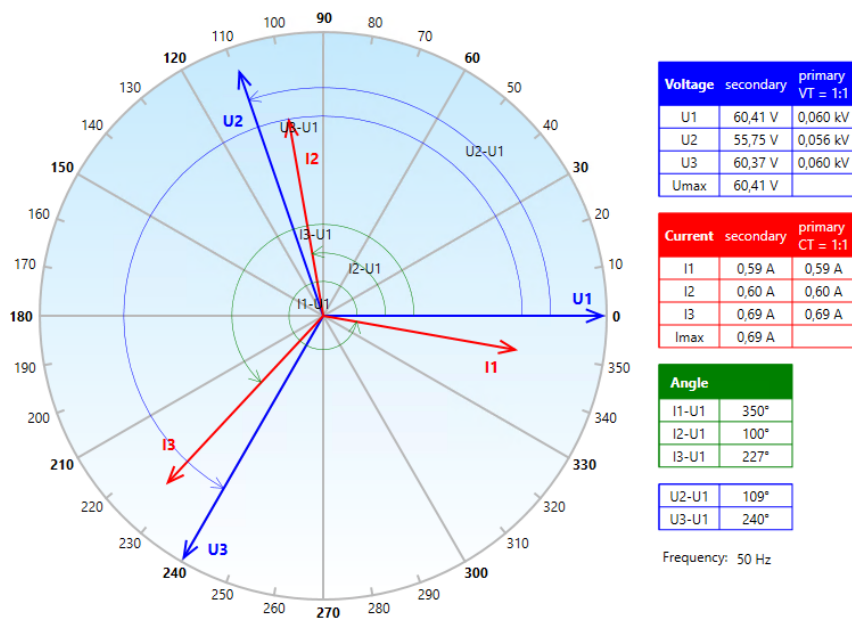
Na slici 7. je prikazan graf sa brojačima poremećaja napona. Brojač poremećaja napona se aktivira kada napon izađe iz dozvoljenih granica i u podešenom vremenu se ne vrati u dozvoljene granice (granice vremena su od 1 s do 3600 s -1h). Brojači propada napona kumulativno evidentiraju broj propada napona po pojedinoj fazi, a i poremećaj napona u sve tri faze istovremeno.



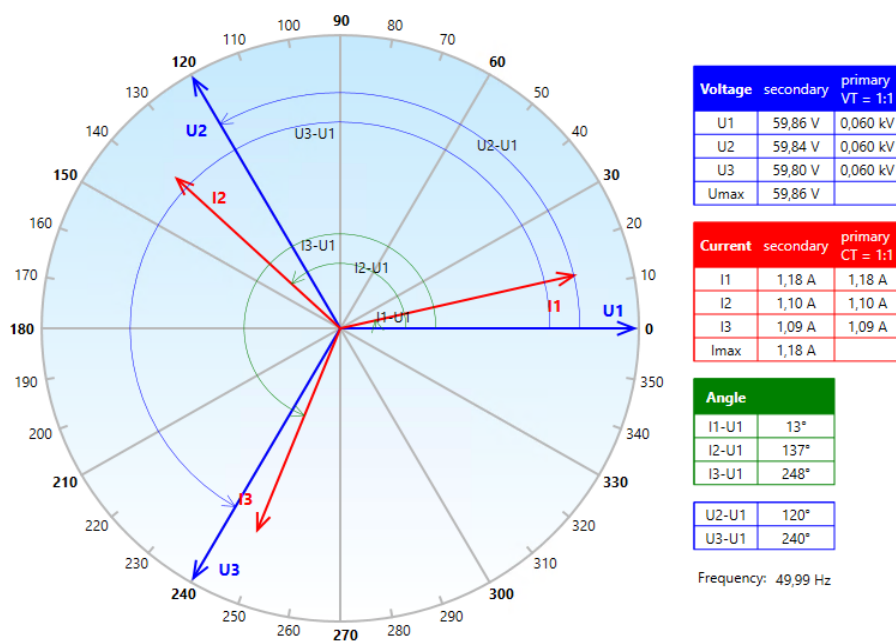
Slika 7. Brojač propada napona

Analizom nesimetrije napona na sredjenaponskim mjernim mjestima registrirana je nesimetrija napona na jednom mjernom mjestu. Iz validacijskog izvješća utvrđeno je odstupanje napona na jednoj fazi ( $U_2=55,75$  V). Nakon analize vektorskog dijagrama (Slika 8) sa brojila primijećen je snižen napon i poremećena slika napona. Prilikom izvida na terenu utvrđeno je da je izgorio sredjenaponski osigurač u mjernom polju. Osigurač je zamijenjen, te se stanje normaliziralo što se vidi na slikama i vektorskom dijagramu (Slika 9).





Slika 8. Vektorski dijagram struja i napona prije zamijene osigurača



Slika 9. Vektorski dijagram struja i napona nakon zamijene osigurača

## 5. ZAKLJUČAK

Operator distribucijskog sustava prema Mrežnim pravilima i Općim uvjetima za korištenje mreže i opskrbu električnom energijom dužan je trajno održavati i poboljšavati razinu kvalitete opskrbe električnom energijom na mjestu preuzimanja i/ili predaje električne energije, u skladu s propisima kojima se uređuje kvalitete opskrbe električnom energijom.

Postojeći AMR sustav u ODS-u Elektrodalmacija Split brojnošću od cca 38059 uređaja sa odgovarajućim komunikacijskim medijima i geografskim rasporedom po cijeloj županiji, te uzimajući u obzir da se brojlara nalaze na mjestima primopredaje električne energije predstavlja značajan izvor podataka za procjenu kvalitete električne energije.

Uspoređujući karakteristike brojilara koji se koriste u Hrvatskoj i u Europskoj uniji sa karakteristikama uređaja koji se jednim dijelom koriste u Sjevernoj Americi vidimo da se u Sjevernoj Americi već nekoliko desetljeća koriste uređaji koji integriraju funkcije obračunskog mjerenja, mjerenja kvalitete električne energije i upravljanja tarifama sa višestrukim komunikacijskim rješenjima dok se u Europi brojilara postepeno približavaju tim karakteristikama.

Kroz nekoliko primjera iz prakse smo pokazali praktičnu primjenu AMR sustava u svakodnevnom radu. Prilikom projektiranja kondenzatorskih baterija mogu se koristiti podaci o radnoj i jalovoj energiji sa odgovarajućeg brojilara pa nisu potrebna dodatna mjerenja. Prilikom reklamacija loših naponskih prilika na određenom mjestu u distribucijskoj mreži, uvidom u naponske krivulje brzo se može bez dodatnih mjerenja dati odgovor zainteresiranim strankama. Pri izradi odgovarajućih izvještaja o broju i vremenu trajanja nestanka napajanja također se brzo i elegantno može doći do odgovora.

I na kraju moramo naglasiti da je AMR samo dio sustava za praćenje kvalitete električne energije i da su i dalje neophodni stacionarni i nestacionarni uređaji za mjerenje kvalitete električne energije i drugi korisni izvori informacija kao što su SCADA, numerički releji, digitalni multimetri...

## 5. LITERATURA

- [1] Mrežna pravila distribucijskog sustava, kolovoz 2018.
- [2] Opći uvjeti za korištenje mreže i opskrbu električnom energijom, listopad 2015
- [3] T. Tomiša, Sustavi za trajni nadzor kvalitete napona u distributivnim mrežama, MIPRO, Opatija, svibanj 2012
- [4] Nadogradnja sustava vođenja i informacijskih sustava HEP- Operatora distribucijskog sustava d.o.o. – implementacija sustava nadzora kvalitete električne energije, studeni 2010
- [5] D000030108 E650 ZMD300xT Series 3 User Manual en.docx, Landis+Gyr, lipanj 2012
- [6] Nexus® 1262/1272 Meter Installation and Operation Manual Version 1.25, siječanj 2020.
- [7] I. Hadjina, M. Kavurčić, "Jedinstveni sustav daljinski očitavanih mjernih mjesta HEP-ODS-a", HRVATSKI OGRANAK MEĐUNARODNE ELEKTRODISTRIBUCIJSKE KONFERENCIJE – HO CIREN, Šibenik, Hrvatska, svibanj 2008
- [8] M. Campbell, N. Watson, A. Miller, "Smart Meters to Monitor Power Quality at Consumer Premises", EEA Conference & Exhibition, Wellington, lipanj 2015