

Mario Samardžija, dipl.ing.el.
ECCOS inženjering d.o.o.
Mario.samardzija@eccos.com.hr

Silvio Preglej, dipl.ing.el.
ECCOS inženjering d.o.o.
silvio.preglej@eccos.com.hr

ISPUNJAVANJE SPECIFIČNIH KORISNIČKIH ZAHTJEVA VEZANIH UZ KVALITETU ELEKTRIČNE ENERGIJE PRIMJENOM PROGRAMABILNIH I ADAPTIVNIH MJERNIH INSTRUMENTATA

SAŽETAK

Kvaliteta električne energije je skupan pojam koji obuhvaća širok spektar različitih parametara koji se obrađuju matematičkim i statističkim metodama te uspoređuju sa standardiziranim, međunarodno priznatim normama. Često se u praksi javljaju situacije da korisnik želi doznati više podataka o karakteristikama kvalitete električne energije nego što mjerna oprema dozvoljava svojim standardnim tvorničkim postavkama i što standardi propisuju ili želi vidjeti detalje onih parametara koji pokazuju nesukladnost ili se približavaju graničnim vrijednostima koje norma definira. Napredne mjerne uređaje koji koriste ION tehnologiju moguće je programski podesiti da udovoljavaju specifičnim zahtjevima koje korisnik pred njih postavlja te na taj način pružiti korisniku još detaljniji uvid u parametre električne mreže i kvalitetu električne energije. U radu donosimo primjere iz prakse u kojima smo primjenili ION tehnologiju za ispunjavanje naprednih specifičnih korisničkih zahtjeva.

Ključne riječi: specifični korisnički zahtjevi, ION tehnologija, programiranje

SOLVING SPECIFIC USER REQUIREMENTS REGARDING POWER QUALITY ISSUES USING PROGRAMMABLE AND ADAPTIVE MEASUREMENT INSTRUMENTS

SUMMARY

Power quality covers a wide range of different mathematically and statistically processed parameters compared to international standards. In practice, user often wants to know detailed power quality characteristics data in a way not provided by measurement equipment standards with default factory templates and compliance reports. Also, the parameters close to standard norm limits are in focus. Advanced measurement devices using ION technology can be programmatically adjusted to meet specific requirements set by the user and provide more detailed insight in power quality and electrical network parameters. In this paper, examples from practice are given to illustrate the use of ION technology for advanced specific user requirements.

Key words: specific user requirements, ION technology, programming

1. UVOD

1.1. Potreba

U praksi se u sektoru naprednih mjerenja električne energije često susrećemo sa zahtjevima korisnika koje nije moguće ispuniti sa tvornički podešenim mjernim instrumentima. Tada se pokazuje vrijednost instrumenata koje je moguće programirati pomoću objektno orijentiranog programskog jezika korištenjem ION tehnologije.

1.2. O ION tehnologiji i arhitekturi

ION je skraćenica od engleskog *Integrated Object Network*. U prijevodu znači mreža integriranih objekata. U užem smislu se ovdje koristi kao ime za mjerne instrumente koje je moguće programirati ION programskim jezikom.

Program u ION mjernim instrumentima se sastoji od ION modula koji su funkcionalni blok izgradnje ION arhitekture. Funkcije i svojstva koja su dostupna u ION uređajima su rezultat logičkih grupa i veza između različitih tipova ION modula. Svaki modul je specijaliziran za obavljanje specifičnog zadatka, sadrži podatke i instrukcije kako obraditi te podatke. Međusobnom kombinacijom (povezivanjem) nekolicine modula stvaraju se specifične funkcije sustava za nadzor električne energije.

Skup međusobno povezanih modula koji obavljaju neki zadatak naziva se *framework*. *Framework* definira specifičnu funkciju ION uređaja, kao što je *framework* o Opterećenju i energiji (*Demand and Energy Framework*) ili *framework* o kvaliteti električne energije (*Power Quality Framework*). Ovi *frameworkovi* različite funkcije su međusobno grupirani zajedno u specifičnom ION uređaju i kolektivno su definirani kao predložak uređaja (engl. „*device template*“). Svaki ION uređaj ima definirani predložak uređaja koji definira njegove mjerne i programske mogućnosti.

Svaka tvornička konfiguracija u ION uređaju se može promijeniti na način da se mjenjaju postavke (postavni registri) pojedinih ION modula unutar ION uređaja. Moguće je dodati, promijeniti, ili izbrisati funkcionalnosti tako da se promijeni način na koji su pojedini ION moduli unutar uređaja povezani. Ovo je moguće učiniti na nekoliko načina

- putem displeja uređaja je moguće promijeniti osnovne parametre (kao što su prjenosni omjeri, komunikacijske postavke ili slično). Samo određeni broj osnovnih parametara je moguće promijeniti na ovaj način.

- korištenjem softvera ION Setup. ION Setup je besplatni softver za konfiguraciju koji ima napredni način rada u kojem se mogu promijeniti postavke bilo kojeg ION modula unutar ION uređaja. Ovaj način je pogodan posebno za uređaje koji dolaze bez displeja.

- pomoću aplikacije *Designer* koja je dio *Power Monitoring Expert* programskog paketa koja omogućuje grafički prikaz ION modula i njih ovih međusobnih veza unutar *frameworka*. Uz to što omogućuje promjenu postavki svakog pojedinog ION modula, omogućuje i promjenu postojećih veza između modula, dodavanje novih ili brisanje. *Designer* omogućuje vizualizaciju logike kod programiranja posebnih korisnički definiranih zahtjeva.

2. SNIMANJE HARMONIKA

2.1. Zahtjev korisnika

U zadnje vrijeme svjedočimo instalaciji povećanog broja vjetroelektrana u distribucijskom sustavu. Poznato je da vjetroelektrane unose povećano harmoničko izobličenje u elektrodistribucijski sustav. Obično se u točki sučelja elektroenergetskog sustava i vjetroelektrane instaliraju uređaji za trajno praćenje potrošnje i kvalitete električne energije. To su mjerni instrumenti visoke klase točnosti koji služe za snimanje parametara kvalitete električne energije, usporedbu sukladnosti s međunarodno priznatim standardima kvalitete (npr. norma EN50160) i slično. Iako se radi o vrlo naprednim mjernim uređajima, tipično se mjerne veličine vezane uz više harmonike struja i napona koje se pohranjuju svode na THD struja i napona pojedinačnih faza kroz 15-minutne vrijednosti.

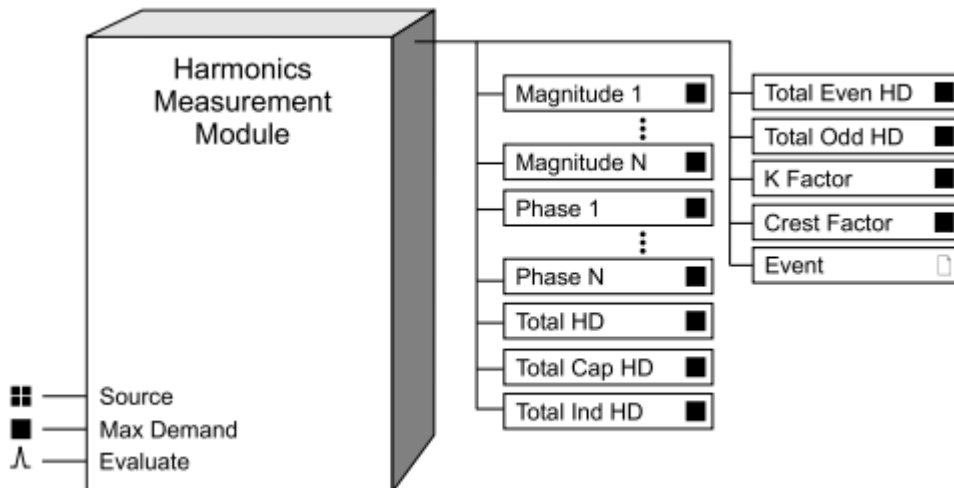
Norma EN50160 daje granice vrijednosti unutar kojih tipično trebaju biti parametri napona kao što su pojedinačni harmonici. Njena perspektiva je statističke prirode i ne daje fizikalne vrijednosti. Krajnji rezultat je samo ocjena dali su parametri kvalitete unutar ili izvan zadanih granica.

Norma IEC 61000-4-30 (IEC 61000-4-7) također daje samo ukupno harmoničko izobličenje a ne daje parametre pojedinačnih harmonika. Implementirano je snimanje ukupnog harmoničkog izobličenja za napon pojedine faze u vremenskim intervalima od 3 sekunde, 10 minuta i 2 sata.

Želimo li vidjeti kretanje apsolutne vrijednosti pojedinačnog harmonika kako bi mogli pratiti utjecaj vjetroelektrane na elektroenergetski sustav, potrebno je izmijeniti tvornički program na način da se prilagodi njegova ION mreža ovom zahtjevu.

2.2. Funkcionalnosti dostupne u tvorničkom programu

Harmonici se u tvorničkom programu snimaju tvorničkim frameworkom. Za izračun pojedinačnih harmonika zadužen je modul naziva „*Harmonic Measurement Module*“. Struktura modula je prikazana na slici. Na ulazni registar modula (Source) se poveže naponski signal pripadajućeg valnog oblika prikladan za obradu metodom brze furijerove transformacije (FFT) npr. napon na pojedinoj fazi. Iz toga modul matematičkim metodama računa amplitude i fazne kutove svakog pojedinačnog harmonika. Osim toga, isti modul računa i vrijednost ukupnog harmoničkog izobličenja (THD), njegove kapacitivne i induktivne komponente (THD Cap i THF Ind), ukupno harmoničko izobličenje posebno parnih a posebno neparnih harmonika (Total Even HD i Total Odd HD) te K faktor i Crest faktor.



Slika 1. Modul *Harmonics Measurement Module* i njegovi registri

Modul može raditi na način da računa prave harmonike i među harmonike.

Postoji obrada vrijednosti ukupnog harmoničkog izobličenja na način da se vrijednost usrednjuje metodom putujućeg vremenskog prozora (*Sliding Window Demand*) i srednja vrijednost se pohranjuje u satnim vremenskim intervalima.

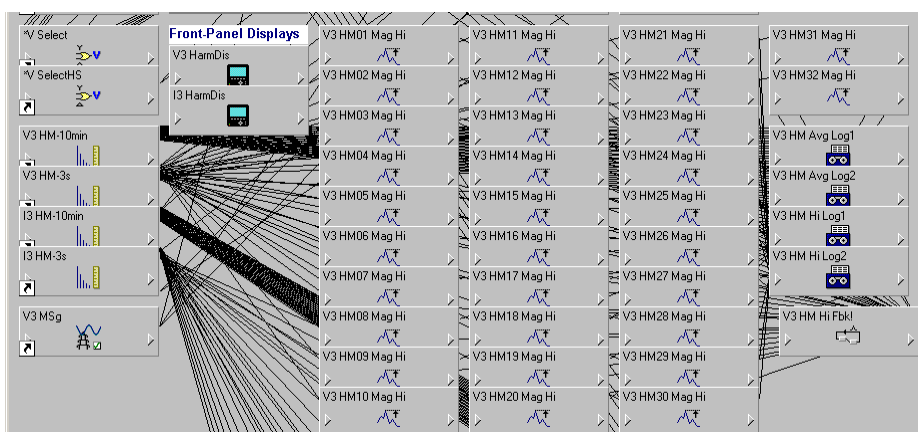
Već u tvorničkom programu dostupne su vrijednosti amplitude i faznog kuta pojedinog harmonika. Trenutne vrijednosti su dostupne za prikaz na displeju samog instrumenta ili putem dijagrama koristeći

pripadajući softver. Ono što tvornički nije dostupno je potrebna obrada i povijesni prikaz ovih parametara koji je potreban za daljnju analizu harmonika u mreži.

2.3. Modifikacija tvorničkog programa

Za potrebe spomenutog korisnika, izmjenjen je tvornički program na način da je omogućio analizu i snimanje svakog pojedinačnog harmonika svake faze napona i struje do uključujući 49. harmonika. Uzevši u obzir prisutna hardverska ograničenja koja se očituju kao ograničeni broj modula koja služe za periodičko snimanje mjernih veličina (*Data recorder module*) odlučili smo se za varijantu da snimamo samo prosječnu vrijednost i maksimalnu vrijednost pojedinačnog harmonika svake faze napona unutar vremenskog perioda od 10 minuta. Svjesno smo žrtvovali mogućnost snimanja minimuma vrijednosti radi uštede u broju iskorištenih modula.

Na slici je ilustracija dijela potrebnog programskog rješenja u grafičkom sučelju za programiranje ION uređaja.



Slika 2. Ilustracija programskog rješenja u grafičkom sučelju

Tako su podaci o pojedinačnim harmonicima dostupni za analizu putem softvera te je omogućen izvoz podataka u obliku izvještaja u standardnim formatima (.pdf, .xls ili slično).

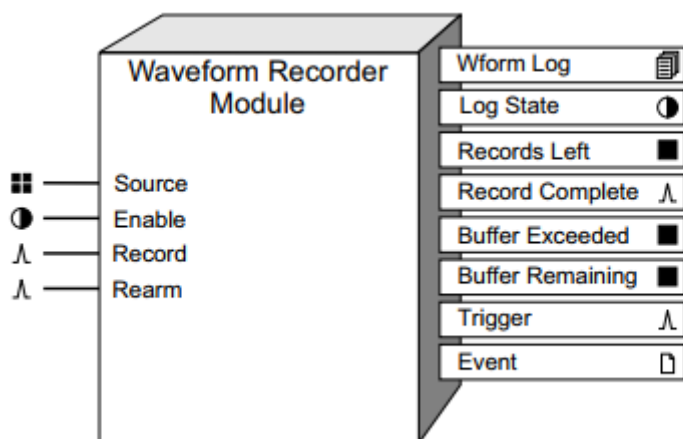
3. SNIMANJE VALNIH OBLIKA

3.1. Zahtjev korisnika

Prilikom puštanja vjerelektre u rad na točkama sučelja sa elektroenergetskim sustavom već su instalirani ION mjerni uređaji za praćenje kvalitete električne energije. Prilikom puštanja vjetroelektre u rad izvođeni su pokusi jednopolnog, dvopolnog i trolnog kratkog spoja te snimanja puštanja pojedinih vjeroagregata u mrežu. Za te potrebe korištena je sposobnost ION uređaja za snimanje valnih oblika mjerenih napona i struja visokom rezolucijom od 1024 uzorka po periodu. Nakon izvođenja pokusa i puštanja elektrane u rad isti uređaji su korišteni za praćenje sukladnosti kvalitete električne energije sa normom EN50160.

3.2. Funkcionalnosti dostupne u tvorničkom programu

ION uređaji imaju sposobnost snimanja valnih oblika napona i struja višefazne elektroenergetske mreže visokom rezolucijom. Ova funkcionalnost je realizirana modulom naziva *Waveform Recorder Module (WRM)*. Modul je ilustriran na slici.

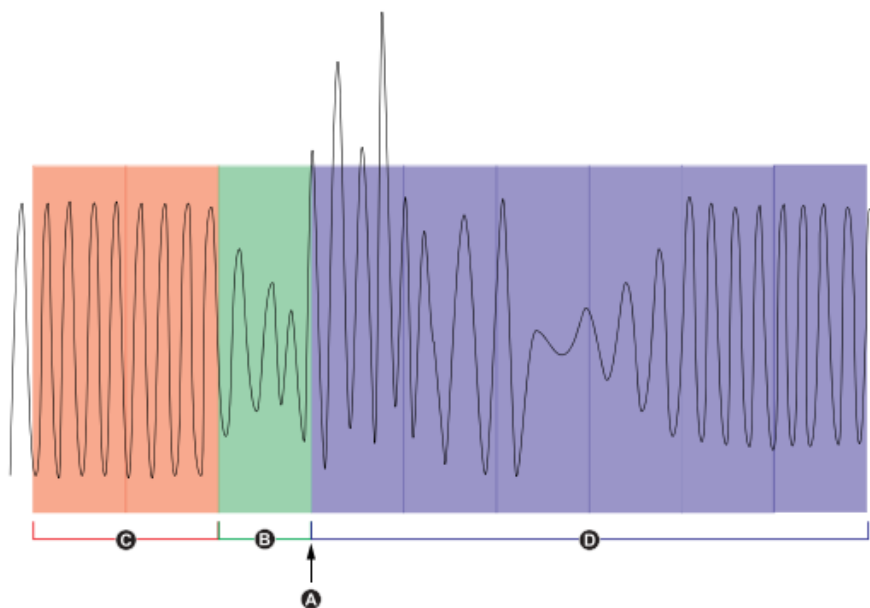


Slika 3. Modul *Waveform Recorder Module* i njegovi registri

Modul se tipično koristi za snimanje valnih oblika tijekom neočekivanih događaja u mreži kao što su fluktuacije u naponu: propadi ili prenaponi te tranzijenti. Modul omogućuje analizu uvjeta prisutnih prije, tijekom i nakon fluktuacija ili prekida napajanja. Omogućuje analizu izvanrednih događaja i pomaže u lokaliziranju mjesta događaja. Moguće ga je programski konfigurirati da pokrene snimanje pri specifičnim uvjetima.

Na ulazne registre modula se dovode mjerna veličina (*Source*) i impuls koji okida snimanje valnog oblika odnosno prebacivanje zapisa o snimljenom događaju iz kratkoročne u dugoročnu memoriju. Pomoću postavnih registara se određuje se duljina valnog obilka koja prethodi okidačkom impulsu (označeno slovom C na ilustraciji) i duljina valnog oblika koja slijedi nakon okidača (slovo D na ilustraciji). Slovom A je označen trenutak impulsa okidanja a lovom B dio koji označava aktualni dio zapisa valnog oblika koji se pohranjuje.

Proces pohranjivanja valnih oblika je iznimno intenzivan za memoriju ION uređaja. Tvornički je predviđeno da se ovaj proces ne aktivira kontinuirano nego samo kad postoji potreba za snimanjem valnog oblika kao što je to u slučaju propada napona ili prenapona ili kod tranzijenata.



Slika 4. Valni oblik napona

3.3. Program prilagođen za snimanje valnog oblika

Za potrebe korištenja ION uređaja kao osciloskopa bilo je potrebno kontinuirano snimati valne oblike većom rezolucijom nego standardno te u većem trajanju nego je to standardno podešeno. Mjerni uređaj je za tu potrebu lišen svih dodatnih funkcionalnosti i napravljen je cijeli framework koji je služio isključivo za snimanje valnih oblika. Uz to je napravljeno sučelje za ručno pokretanje (impulsno okidanje) procesa snimanja valnog oblika napona i struja u svim fazama. Ovdje je vrlo važno bilo obratiti pažnju na sinhronizaciju vremena mjernih instrumenata putem GPS sustava. Nakon provedenih pokusa kratkog spoja u uređaje su vraćeni standardni programi i nastavili su služiti svojoj prvobitnoj svrsi za praćenje kvalitete električne energije, mjerenje sukladnosti sa normama i snimanju valnih oblika samo prilikom definiranih događaja u mreži.

4. SPECIFIČNA MJERENJA

4.1. Standardni slučajevi i potrebne iznimke

Prilikom spajanja i ožičavanja brojila električne energije poznata su nam nekoliko vrsta mjernog spoja. Tako razlikujemo jednofazno i trofazno mjerenje, direktno ili indirektno (korištenjem dva ili tri strujna i dva ili tri naponska mjerna transformatora) te spoj u zvijezdu ili trokut. Za svako ovo mjerenje nalazimo standardne postavke i tvorničke programe koje možemo koristiti te posljedično dobiti sva potrebna mjerenja kao što su struje, naponi po fazama, snage i energije (radne i jalove) po kvadrantima i slično.

Kao poseban slučaj se izdvajaju sustavi za napajanje električne vuče. Njihova specifičnost je u tome što se kontaktna mreža električne vuče temelji na napajanju iz samo dvije faze trofazne visokonaponske mreže. Ovakav potrošač ima vrlo bitan utjecaj na nesimetričnost opterećenja.

Ovo generira potrebu za drugačijim načinom izračuna standardnih mjernih veličina kao što su snage i energije.

4.2. Prilagođeni program za slučaj kontakne mreže električne vuče

ION tehnologija omogućuje prilagodbu svakog pojedinačnog modula i parametriranje te prilagodbu svakog postavnog registra pa na taj način se sam mjerni uređaj može prilagoditi ovako specifičnim mjernim mjestima. Moguće je redefinirati izračun svakog mjernog parametra i dobiti prilagođene rezultate.

5. ZAKLJUČAK

U radu smo obradili tri bitno različita primjera u kojima mjerni uređaji nisu udovoljavali potrebi korisnika ali prilagodbom programa mjernog uređaja dobili smo točno ono što je bilo potrebno.

Smatramo da će se pojavljivanjem sve većeg broja obnovljivih izvora energije, poglavito fotonaponskih i vjetro elektrana i punjača za električne automobile povećavati potreba za adaptivnim mjerenjima i prilagodbom mjerenja za različite upotrebe. Također evolucijom električnih mreža u smjeru *smart-grida* postojat će i sve veća potreba za mogućnostima upravljanja raznim procesima na osnovu informacija o trenutnom stanju mreže.

U takvom okruženju, smatramo da će upotrebljivost i potreba za programabilnim i adaptivnim uređajima temeljenim na ION tehnologija u budućnosti rasti.

6. LITERATURA

- [1] ION Reference; Ion Architecture & ION Modules; 7EN02-0290-10, Schneider Electric, listopad 2018.
- [2] ION Device Template Reference, Schneider Electric, kompilirani dokument