

PERF-IS, SISTEM ZA PRAĆENJE PERFORMANSI DISTRIBUTIVNOG SISTEMA U DOMENU POUZDANOSTI I KVALITETA NAPAJANJA

N. Čukalevski, Institut "Mihajlo Pupin", Srbija
G. Jakupović, Institut "Mihajlo Pupin", Srbija
J. Car, Institut "Mihajlo Pupin", Srbija
I. Bundalo*, Institut "Mihajlo Pupin", Srbija

1. UVOD

Brojne promene koje sa sobom donose deregulacija i restrukturisanje elektroprivrednog sektora rezultiraju povećanom složenosti rada elektroenergetskog sistema (EES) ali i poslovanja celog preduzeća. U novim, tržišno orijentisanim uslovima, u kojima će se sve više odvijati rad EES Srbije, u skladu sa novo usvojenom zakonskom regulativom, performanse rada i servisa koji se pružaju potrošačima, odnosno šire shvaćeno klijentima, postaju osnova mera uspešnosti poslovanja energetske kompanije, pa time mera i preduslov njenog opstanka.

U navedenim uslovima, operator prenosnog sistema (npr. TSO tipa), korisnici prenosnog sistema (distributeri, proizvođači, trgovci) i konačno Regulator imaju potrebu da kontinualno, celovito i dokumentovano prate performanse rada EES, pre svega u domenu pouzdanosti napajanja i kvaliteta isporučene električne energije, naročito u tačkama predaje/razmene između prenosa i distribucije, kao i između distributivne mreže i potrošača.

Stanje u tom pogledu u svetu je raznoliko. Tradicionalno rešenje u domenu kvaliteta se zasniva na povremenom praćenju parametara kvaliteta, samo u jednoj ili nekoliko tačaka EES. U poslednjoj deceniji u brojnim naprednim elektroprivredama su se pojavila savremena, ICT bazirana rešenja, oslonjena na kontinualno prikupljanje relevantnih podataka o kvalitetu iz brojnih uređaja u EE objektima, opisana u Goossens (3) i Rahman (4). U domenu pouzdanosti stanje je bolje, odnosno češće se koriste ICT bazirani sistemi, koji na bazi ručnog/automatskog unosa podataka o pogonskim događajima na elementima sistema, računaju relevantne pokazatelje pouzdanosti/raspoloživosti na komponentnom i/ili sistemskom nivou.

Postojeće stanje u elektroenergetskom (EE) sektoru Srbije na tom polju nije sasvim na nivou napredne svetske prakse i standarda u tom pogledu. Formiranje Agencije za energetiku (Regulator) sa svojim zahtevima u pogledu izveštavanja u ovom segmentu će još više zaoštriti navedenu situaciju.

U skladu sa tim, u Institutu je okončan razvoj savremenog informacionog sistema (IS) za nadzor i kontinualno praćenje performansi rada EES koji se ukratko opisuje u ovom radu.

* Igor Bundalo, Institut "Mihajlo Pupin", Volgina 15, Beograd
igor.bundalo@automatika.imp.bg.ac.yu

2. INFORMACIONI ZAHTEVI U POGLEDU PRAĆENJA PERFORMANSI

Na osnovu funkcionalnosti predviđenih aplikacija, opštih karakteristika predviđenih mernih uređaja (pre svega PQ-metara) u EE objektima i strukture EES, formirani su osnovni informacioni zahtevi koji su modelovani i implementirani u odgovarajućoj relacionoj bazi podataka koja sadrži pre svega istorijske podatke o performansama rada (HPD) EES-a.

Da bi bilo omogućeno praćenje kvaliteta isporučene električne energije potrebno je da baza podataka (HPD) sadrži sledeće osnovne grupe podataka:

- Merno mesto/uređaj (tehnološka adresa)
- Merne vrednosti napona i frekvencije
- Parametri kvaliteta koji se računaju na 10 s
- Parametri kvaliteta koji se računaju na 10 min
- Parametri kvaliteta koji se računaju na nedelju dana
- Parametri kvaliteta koji se računaju na mesec dana
- Parametri kvaliteta koji se računaju na godinu dana
- Parametri indikatora flikera dugog trajanja
- Parametri kvaliteta koji se računaju na 3 sec

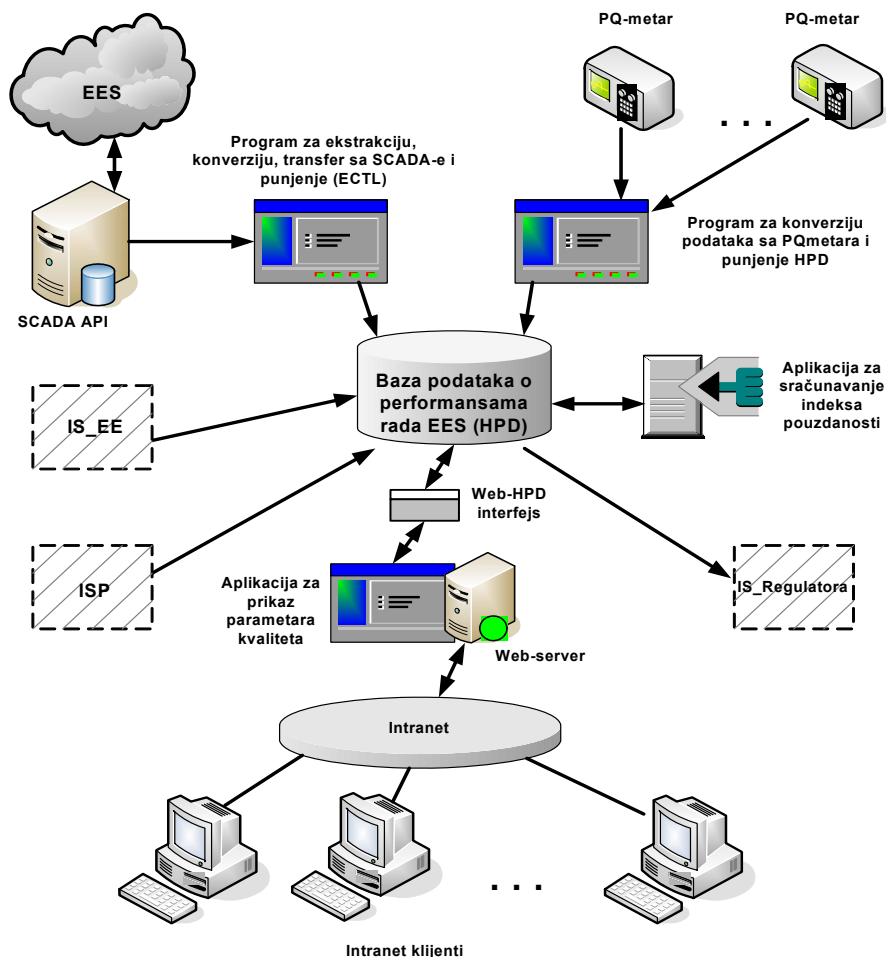
U cilju efikasnog praćenja pouzdanosti napajanja krajnjih korisnika potrebno je da baza podataka sadrži sledeće grupe podataka:

- Podaci potrebni za opis prekida napajanja u tački konekcije
- Podaci o vrstama nerasploživosti
- Podaci o uzrocima otkaza
- Podaci o tipovima otkaza
- Podaci o neisporučenoj energiji za vreme trajanja prekida napajanja
- Indeksi pouzdanosti sistema.

Imajući u vidu da se radi o sistemu koji je u razvoju, i koji mora biti fleksibilan kako bi se mogao prilagoditi različitim zahtevima pojedinih potencijalnih korisnika (TSO, ED preduzeća, Regulator, direktni potrošači), predloženi sadržaj informacionog sistema, ne mora biti i definitivan. Osim toga, pri projektovanju sistema su usvojeni postojeći međunarodni standardi, posebno oni iz domena kvaliteta, kakvi su IEC 61000-4-30 i EN 50160.

3. FUNKCIONALNI OPIS PERFIS-A

U ovom odeljku je dat kratak prikaz osnovnih funkcionalnih komponenti realizovanog prototipa sistema PERFIS. Da bi omogućio prikupljanje, registrovanje, praćenje i analizu brojnih podataka od interesa za performanse rada/servisa, sistem PERFIS mora imati pristup većem broju različitih izvora podataka. Predviđeno je da se kao osnovni izvor relevantnih procesnih podataka koriste (1) podaci koji se mogu preuzeti od SCADA/DMS sistema i (2) podaci koje obezbeđuju instrumenti za merenje parametara kvaliteta (tzv. PQ-metri). Vremenska rezolucija i set podataka koji se dobijaju od SCADA/DMS odnosno PQ-metara se međusobno značajno razlikuju. Nedostatak podataka koje obezbeđuju SCADA/DMS sistemi je u tome što je vremenska rezolucija najčešće reda ~2 sekunde, odnosno na bazi ovih podataka nije moguće izračunati veličine koje zahtevaju uzorke na milisekundnom nivou. S druge strane PQ-metri standardno obezbeđuju podatke koji se mere i računaju na milisekundnom nivou, ali ovi uređaji najčešće nisu stalno povezani na određenom mernom mestu, odnosno ne postoji (kod nas) kontinuirani zapis podataka.



Slika 1. Organizacija sistema PERFIS

U HPD bazi je predviđena integracija svih podataka dostupnih iz različitih izvora, pri čemu se koriste oni podaci koji su za dati vremenski interval najpouzdaniji.

Pored procesnih informacija, u prototipu predviđenom za operatora prenosnog sistema TSO tipa predviđena je upotreba podataka koji se mogu preuzeti od drugih IS kao što su:

- IS-EE, tj. informacioni sistem o potrošnji električne energije, koji u centru (NDC EMS) prikuplja podatke o predatoj/utrošenoj energiji dobijenoj iz uređaja koji se nalaze u objektima EES EPS.
- ISP, tj. informacioni sistem pouzdanosti, kao izvor podataka o pouzdanosti i raspoloživosti elemenata EES (konkretne proizvodne jedinice, vodovi, transformatori).

U klasu dopunskih izvora podataka mogu ući i specijalizovani registratori podataka o poremećajima (Disturbance Data i/ili Fault Data Recorders). Takođe, savremene mikroprocesorske zaštite i integrisani sistemi staničnog upravljanja (SAS-Substation Automation Systems) mogu biti izvor navedenih podataka o poremećajima.

Na slici 1. je prikazana osnovna arhitektura informacionog sistema za nadzor i praćenje performansi rada EES (PERFIS), odnosno njegov položaj u okruženju (spoljni interfejsi). Sistem PERFIS ima interfejs prema:

- Akviziciono-upravljačkom sistemu (SCADA ili SCADA/DMS tipa)
- Interfejs prema PQ-metrima
- Informacionom sistemu o potrošnji (IS-EE)
- Informacionom sistemu pouzdanosti (ISP)
- Informacionom sistemu Agencije za energetiku (IS-Regulatora)
- Korisnicima sistema PERFIS u ED-u, odnosno odgovarajući korisnički interfejs (HMI),

SCADA API: ovaj aplikacioni interfejs omogućava aplikacijama pristup i čitanje podataka iz real-time baze podataka SCADA/EMS sistema, tipa VIEW2 i VIEW6000, a putem korišćenja funkcija definisanih SCADA API-jem.

PQM-INTERFEJS: je konverzion aplikacija sa odgovarajućim „filtrima“ za uvoz podataka iz eksport datoteka konkretnih PQ-metara različitih proizvođača.

IS-EE API: ovaj aplikacioni interfejs treba da omogući aplikaciji za ekstrakciju, pristup i čitanje podataka o utrošenoj energiji koji su raspoloživi, u različitom obliku (binarna datoteka i MS Access), u Direkciji za upravljanje EMS-a. Zahteve u pogledu interfejsa će biti moguće definisati tek posle detaljnijeg uvida u stanje postojećeg sistema za prikupljanje podataka iz savremenih brojila i registratora električne energije.

ISP API: ovaj aplikacioni interfejs treba da omogući odgovarajućoj aplikaciji za ekstrakciju, pristup i čitanje (tj. prenos podataka samo u smeru ka PERF_IS) podataka o raspoloživosti i pouzdanosti elemenata EES. Zahteve u pogledu interfejsa će biti moguće definisati tek posle detaljnijeg uvida u stanje i mogućnosti postojećih sistema za prikupljanje i analizu podataka ovoga tipa.

IS-Regulator: U ovoj etapi rada interfejs prema Agenciji za energetiku bi bio "indirektan", kroz slanje odgovarajućih izveštaja (periodično i na zahtev) korišćenjem, bilo servisa elektronske pošte, bilo FTP servisa i postojeće Internet infrastrukture.

HMI: predviđeni interfejs čovek-mašina, treba da omogući korišćenje svih raspoloživih funkcija sistema PERFIS. Ovaj interfejs zapravo ima dve komponente: komponentu namenjenu krajnjem korisniku sistema koja je realizovana u formi web aplikacije i komponentu namenjenu administratoru sistema (sistem inženjeru) koja je realizovana u formi aplikacije zasnovane na Microsoft .NET Framework platformi.

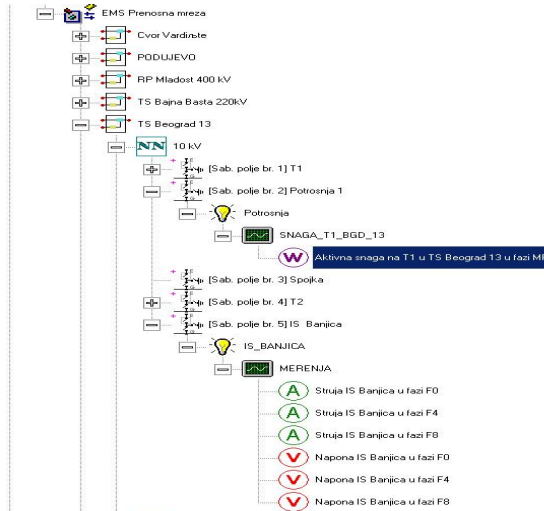
Programi za ekstrakciju, konverziju, transfer i punjenje (ECTL) imaju zadatak da na osnovu informacionih zahteva baze istorijskih podataka o performansama rada EES (HPD), koristeći odgovarajuće aplikacione interfejse (SCADA i ABP API), izvrše ekstrakciju i prebacivanje relevantnih procesnih i obrađenih podataka u HPD sa ciljem njihove registracije i dalje obrade.

Baza istorijskih podataka o performansama rada EES predstavlja centralni repozitorijum podataka sistema PERF-IS u kome će se registrovati i čuvati prikupljeni i obrađeni podaci relevantni za performanse rada EES. Baza HPD je realizovana u okruženju RDBMS-a čime se omogućava jednostavno i standardno (SQL) dodavanje novih aplikacija, kao i integracija sa drugim IS, izvorima/korisnicima podataka.

U sklopu baze HPD sistema PERFIS-a podaci su organizovani hijerarhijski, gde hijerarhija preslikava topologiju EE sistema što se može uočiti sa slike 2.

Aplikacija za sračunavanje performansi rada EES predstavlja početnu aplikaciju ovoga tipa koja se izvršava nad bazom HPD, imajući u vidu izvore podataka raspoložive u fazi realizacije prototipnog sistema PERF-IS. U sklopu nje sračunavaju se i prate podaci koji predstavljaju pokazatelje kvaliteta isporučene energije u pogledu učestanosti, napona, faktora snage itd.

Web-server predstavlja programsku podršku koja krajnjim korisnicima sistema, posredstvom savremenog korisničkog interfejsa (HMI) raspoloživog na klijentskim mašinama i Internet infrastrukture (tj. korišćenjem TCP/IP protokola), omogućava pristup podacima o performansama u bazi HPD, koristeći pri tome odgovarajuće sprežne programe, tj. Web-HPD interfejs, realizovane u raspoloživoj DB middleware tehnologiji (nativni DB API).

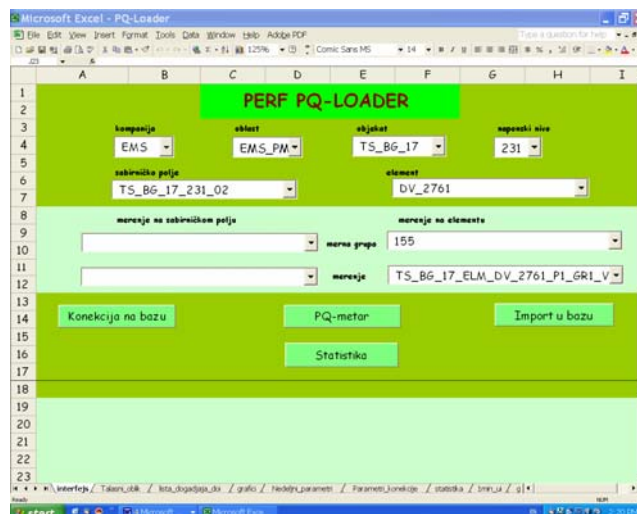


Slika 2. Prikaz hijerarhijske organizacije podataka

4. PQ-LOADER

Aplikacija PQ-LOADER je realizovana u Excel/VBA programskom okruženju. Osnovna namena aplikacije je preuzimanje podataka dobijenih od uređaja za merenje kvaliteta električne energije (PQ-metara) i njihov import u bazu HPD. Pored toga moguće je vršiti osnovne statističke analize kao i grafički prikaz izmerenih i statističkih vrednosti. Svi podaci, preuzeti sa uređaja i izračunati, kao i svi grafikoni logički su grupisani u odgovarajuće radne listove. Na slici 3. prikazan je osnovni korisnički interfejs na kojem je predstavljena hijerarhijska organizacija podataka koja preslikava topologiju sistema i koja je u skladu sa ostalim aplikacijama PERFIS-a. Pored topološke predstave tu su jos i sva kontrolna dugmad koje služe za upravljanje podacima.

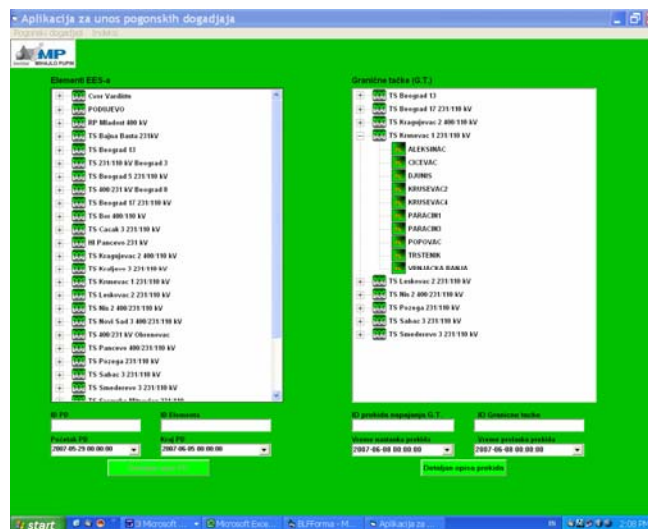
Unos izmerenih vrednosti u bazu podataka vrši se u dve faze: prvo se izmerene vrednosti dobijene sa PQ metra importuju u odgovarajući radni list a zatim u bazu. Savremeni uređaji za praćenje kvaliteta električne energije su dizajnirani tako da imaju sposobnost samostalnog izračunavanja statističkih parametara. Međutim, ukoliko uređaj ne poseduje mogućnost da zadovolji potrebu za svim parametrima koji se zahtevaju, izvedeni parametri se izračunavaju u okviru same aplikacije.



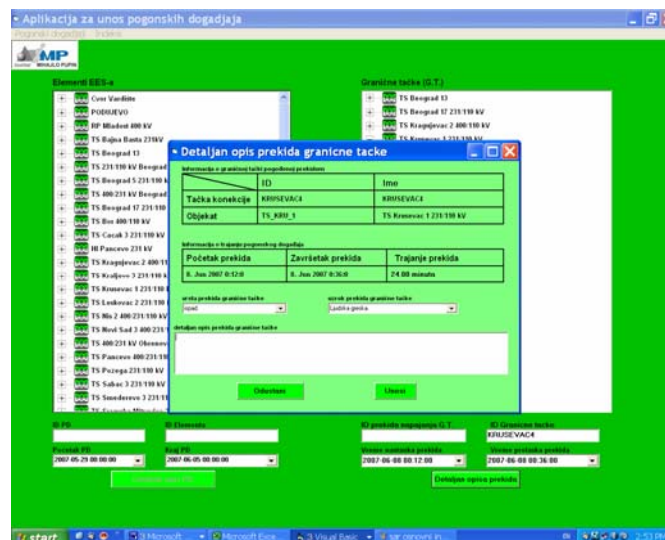
Slika 3. Prikaz prototipa korisničkog interfejsa aplikacije PQ-Loader

5. SAR-ANALYZER

Osnovna namena ove aplikacije u sadašnjoj prototipnoj fazi je registrovanje poremećaja u radu elektroenergetskog sistema koji dovode do prekida napajanja krajnjih potrošača. Na slici 4. je prikazan interfejs aplikacije koji se prikaže posle uspešnog povezivanja na HPD. Stabla na slici 4. predstavljaju hijerarhijsku organizaciju prenosnih elemenata i graničnih (konekcionih) tačaka po kojoj je svaki prenosni element odnosno svaka granična tačka prirdužena odgovarajućem objektu elektroenergetskog sistema. Na slici 5. predstavljena je forma preko koje se vrši registrovanje prekida napajanja granične tačke. Svi podaci koji su potrebni za jedinstven opis prekida su predefinisani od strane administratora baze tako da je mogućnost slučajne greške prilikom unosa svedena na minimum. Pored predefinisanih atributa (vrsta i uzrok prekida napajanja granične tačke) za kategorizaciju prekida moguće je uneti i tekstualni opis koji služi za detaljniji opis pojedinačnog prekida napajanja granične tačke.



Slika 4. Prikaz dela prototipa korisničkog interfejsa aplikacije SAR-Analyzer



Slika 5. Prikaz dela prototipa korisničkog interfejsa aplikacije SAR-Analyzer

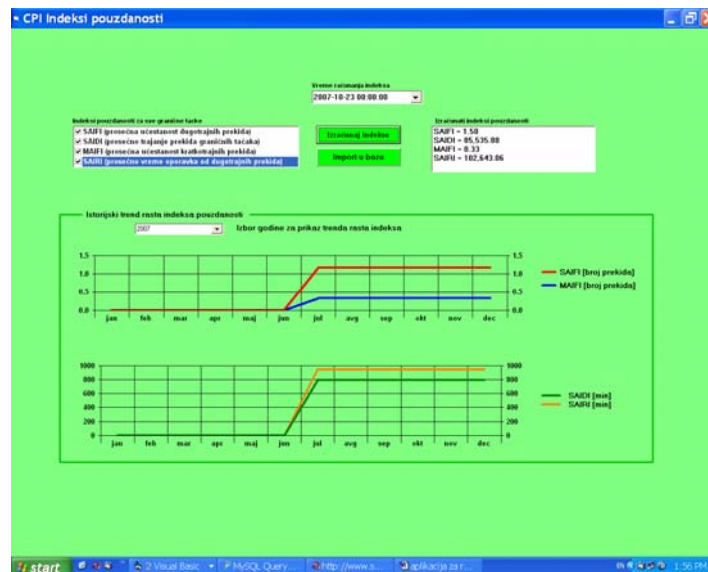
Na osnovu unetih prekida, pored mogućnosti kategorizacije prekida napajanja, moguće je vršiti proračun pokazatelja (indeksa) pouzdanosti. Po definiciji pokazatelji pouzdanosti se računaju za

vremenski period od godinu dana. Postoji mogućnost praćenja trenda rasta pokazatelja pouzdanosti za izabranu godinu što omogućava detaljniji uvid u kvalitet isporuke električne energije (slika.6).

U okviru ove aplikacije sračunavaju se sledeći pokazatelji pouzdanosti:

- SAIFI – prosečna učestanost dugotrajnih prekida za godinu dana
- MAIFI – prosečna učestanost kratkotrajnih prekida za godinu dana
- SAIDI – prosečno ukupno trajanje svih dugotrajnih prekida na konekcionim tačkama
- SAIRI – prosečno trajanje dugotrajnih prekida napajanja

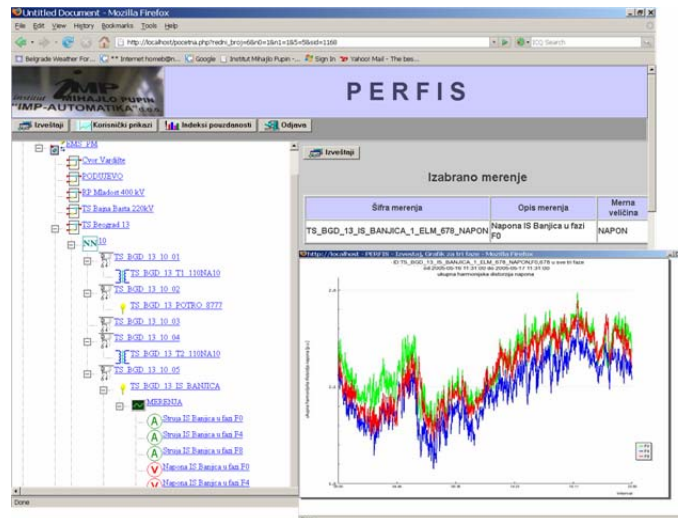
Ovi indeksi prate se na mestu tačaka konekcije (CP), tj. tačkama preuzimanja i predaje.



Slika 6. Prikaz dela prototipa interfejsa aplikacije SAR-Analyzer za prikaz trenda indeksa pouzdanosti

6. ISKUSTVA SA INICIJALNOG TESTIRANJA PERFIS-a

Prva faza testiranja sistema PERFIS obavljena je u sintetičkom okruženju za realna merenja u izabranoj tački distributivne mreže. Podaci sa PQ-metra su najpre posredstvom aplikacije PQ-loader obrađeni i importovani u HPD. Nakon toga podacima je pristupljeno posredstvom web aplikacije za praćenje performansi rada EES-a koja je detaljno opisana u Car (2). Na slici 7. je dat grafički prikaz za ukupno harmonijsko izobličenje napona. Takođe posredstvom aplikacije SAR-analizer uneseni su realni prekidi napajanja na graničnim tačkama i potvrđena je funkcionalnost modula za izračunavanje indikatora pouzdanosti. Ovim podacima takođe je moguće pristupiti pomoću dela web aplikacije koji se odnosi na prikaz pokazatelja pouzdanosti.



Slika 7. Prikaz dela korisničkog interfejsa

7. ZAKLJUČAK

Opisana je arhitektura kao i funkcije elemenata sa akcentom na aplikacije za analizu i import u bazu HPD pokazatelja kvaliteta električne energije jednog originalnog web-omogućenog sistema (Perf-IS) namenjenog za kontinualno i celovito praćenje i analizu performansi rada EES u domenu pouzdanosti napajanja krajnjih potrošača i kvaliteta isporučene električne energije, koji celu ovu problematiku u našim uslovima može značajno unaprediti i uskladiti sa međunarodnim standardima.

8. LITERATURA:

1. Cigre Working Group C4.07, 2004, "Power quality indices and objectives" TB-261
2. J.Car, G.Jakupović, N.Čukalevski, I.Bundalo, 2008, "Web aplikacija za praćenje performansi rada EES", "ETRAN"
3. P. Goossens, G. Borloo, A. Robert, 2005, "From stand-alone monitoring device to intelligent quality management system", "CIRED"
4. F. Abdul Rahman, 2005, "System-wide power quality monitoring in Malaysia", "CIRED"
5. <http://www.ofgem.gov.uk>