

IMPLEMENTACIJA SISTEMA ZA DALJINSKI NADZOR NAD TRANSFORMATORSKIM STANICA SN/NN

D. VUKOTIĆ*, ODS "EPS DISTRIBUCIJA" d.o.o Beograd, Srbija
M. STOJANOVIĆ, "Netico-Solutions" d.o.o Niš, Srbija
V. MILENKOVIĆ, "Netico-Solutions" d.o.o Niš, Srbija
V. STOJIČIĆ, ODS "EPS DISTRIBUCIJA" d.o.o Beograd, Srbija
A. MILOJKOVIĆ, ODS "EPS DISTRIBUCIJA" d.o.o Beograd, Srbija

KRATAK SADRŽAJ

Implementacija sistema za daljinski nadzor nad transformatorskim stanicama SN/NN baziran na GPRS prenosu podataka na reprezentativnom uzorku od 350 transformatorskih stanica omogućila je efikasan pristup u cilju prikupljanja i obrade velikog broja električnih mernih veličina koje se mere na NN strani transformatorskih stanica. Optimalan izbor transformatorskih stanica SN/NN u kojima su ciljno ugrađeni merno-kontrolni ormani (MKO) sa muti-funkcionalnim mernim uređajima (MFMU), omogućio je na celovit način praćenje opterećenja i naponskih prilika u okviru svih transformatorskih stanica na nivou jednog SN izvoda, koji se napaja iz primarne transformatorske stanice VN/SN. Ovakav način praćenja omogućio je na vrlo jednostavan način agregaciju merenja duž SN izvoda i upoređivanje da dobijenim merenjima putem SCADA sistema na SN izvodu, a u cilju alokacije gubitaka u III balansnoj grupi SNDM mreže. Pored alokacije gubitaka u III balansnoj grupi, akcentat je stavljen i na alokaciju gubitaka u okviru IV balansnoj grupi, gde je vršena analiza u odnosu na očitana merenja energije kod krajnjih kupaca i potpuno topološki determinisanu mrežu ciljnih konzumnih područja (trafo reona) u okviru GIS informacionog sistema. Realizovani sistem je integrisan sa SCADA sistemom putem standardnog komunikacionog protokola DNP3, koji omogućava da se u realnom vremenu prenose informacije o merenjima po krajnjim potrošačkim čvorovima, kao i pojedini predefinisani alarmi, a u cilju efikasnog vođenja pogona SNDM mreže od strane dispečera u nadležnom dispečerskom centru, ali i izvršavanje energetske mrežne aplikacije.

Ključne reči: SCADA, inteligentna mreža, DNP3

SUMMARY

An implementation system for remote monitoring of the MV/LV substation based on GPRS data transmission on a representative sample of 350 substations has provided an efficient approach in order to collect and process a large number of electrical measurement values measured on the LV side of the substations. The optimum choice of target MV/LV substations in which Measure Control Cabinets (MCCs) with multi-functional measuring units (MFMUs) are built-in, has enabled in a comprehensive way the monitoring of load and voltage conditions within all substations at the level of one MV feeder, which is fed from the primary transformer station HV/MV. This way of monitoring is in a very simple way to aggregate the measurement along the MV feeder and comparing it with the obtained measurements via the SCADA system to the MV feeder, in order to allocate losses in the III balance group of the MV distribution network. In addition to the allocation of losses in the III Balance Group, the emphasis was placed on the allocation of losses within the IV Balance Group, where the analysis was performed in relation to the expressed energy measurements of the end-customers and completely topologically determined network of the target consumer areas (transformer area) within the GIS information system. The implemented system is integrated with the SCADA system through the standard communication protocol DNP3, which allows real-time information on end-consumer data measurements as well as certain predefined alarms to be transmitted in real time, and in order to effectively manage the MV distribution network operation by the dispatcher at the relevant dispatch center, but also the execution of network applications.

Keywords: SCADA, Smart Grids, DNP3

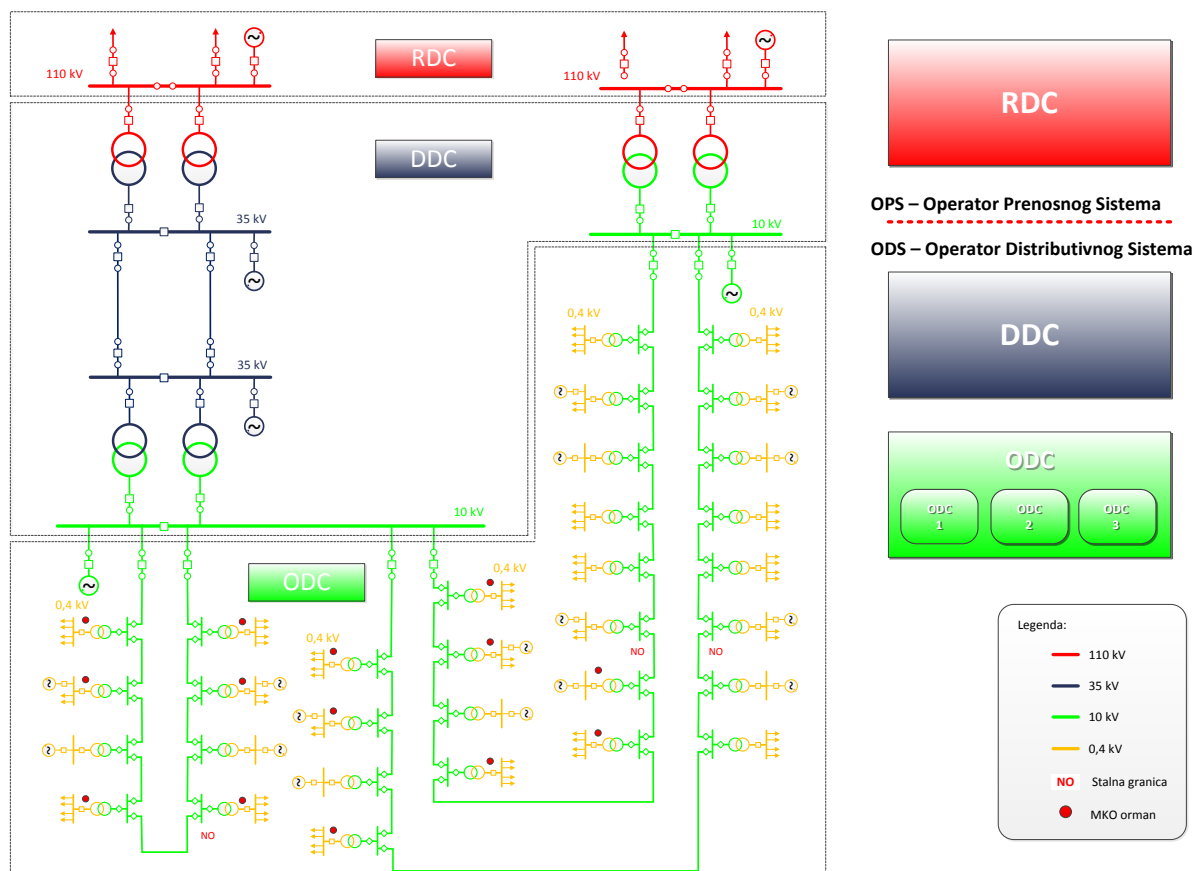
*) Dušan Vukotić, dusan.vukotic@epsdistribucija.rs

UVOD

U promenjenim uslovima poslovanja nakon okončane statusne promene EPS-a posebna pažnja je usmerena ka praćenju i analizi električnih parametara elektrodistributivne mreže, potrošnji električne energije, kao i kvalitetu električne energije u SN i NN elektrodistributivnoj mreži. Jedan od prioritarnih poslovnih ciljeva Operatora

Distributivnog Sistema (ODS) predstavlja smanjenje tehničkih i komercijalnih gubitaka električne energije u elektrodistributivnoj mreži svih naponskih nivoa. Podaci koji se dobijaju praćenjem i analizom električnih parametara elektrodistributivne mreže, kvaliteta električne energije, kao i potrošnje električne energije, mogu se iskoristiti za određivanje gubitaka električne energije, odnosno alokaciju gubitaka u elektrodistributivnoj mreži po naponskim nivoima. Pored utvrđivanja nivoa tehničkih i komercijalnih gubitaka električne energije u elektrodistributivnoj mreži, praćenje parametara električne energije i potrošnje električne energije može doprineti i pravilnom izboru mera za racionalno korišćenje raspoloživih resursa (produženje eksploatacionog veka raspoložive infrastrukture) i poboljšanje performansi operatora distributivnog sistema koje se prate odstrane regulatornog tela, što na kraju treba da rezultuje efikasnijem i pouzdanim snabdevanju kupaca električnom energijom.

Iako su postupci za proračun gubitaka u elektrodistributivnoj mreži veoma dobro poznati i definisani u literaturi, pri njihovoj implementaciji u praksi javlja se problem nedostatka ulaznih podataka za njihovo izvršavanje. Potrebni ulazni podaci se nalaze u različitim informacionim sistemima i/ili se moraju preuzeti sa različitih mernih uređaja ugrađenih po dubini elektrodistributivne mreže. Primarnu ulogu imaju podaci sa brojila, kao i kontrolnih brojila, koji se preuzimaju iz sistema za obračun električne energije. Pored tih podataka od velikog značaja za proračun su i podaci iz Geografskog Informacionog Sistema (GIS), koji sadrži topologiju i parametre elementa elektrodistributivne mreže. Takođe, zahvaljujući intenzivnim radovima na modernizaciji sistema za daljinski nadzor i upravljanje nad elektroenergetskim objektima VN i SN, posebnu pažnju treba obratiti i na obezbeđivanje mernih podataka sa mikroprocesorskih zaštitno-upravljačkih uređaja, koji se dobijaju preko SCADA sistema. Svi ovi tehnički i poslovni informacioni sistemi u elektrodistributivnom preduzeću najčešće funkcionišu potpuno izolovano, tako da su podaci koje generiše jedan sistem dostupni samo korisnicima u okviru tog sistema. Za što precizniju procenu gubitaka na osnovu potrebnih ulaznih podataka, neophodno je obezbediti pristup svim navedenim informacijama, od podataka sa mernih uređaja do ostalih neophodnih tehničkih podataka (GIS, SCADA, itd.). U tom cilju realizovan je specijalizovani informacioni sistem koji treba da obezbedi prikupljanje i analizu podataka o električnim parametrima, potrošnji električne energije, kao i kvalitetu električne energije, u trafo poljima transformatorskih stanica SN/NN, odnosno na NN sabirnicama, koji će perspektivno biti povezan sa postojećim GIS sistemom, kao i postojećim SCADA (VN i SN) sistemima.



Slika 1 – Hijerarhijska nadležnost dispečerskih centara ODS sa ciljnim lokacijama MKO ormana

Ciljni sistem se bazira na ugradnji velikog broja specijalizovanih multi-funkcionalnih mernih uređaja za prikupljanje podataka, smeštenih u okviru posebnih merno-kontrolnih (MKO) ormara, obezbeđivanju posebnih komunikacionih kanala za transfer podataka, razvijene softverske module za prikupljanje velike količine podataka, kao i njihov efikasna upis u bazu podataka, kao i vezu ka specijalizovanim softverskim sistemom za obradu i analizu tehničkih podataka o elektrodistributivnoj mreži.

Takođe, postojeće aktivnosti na modernizaciji i unifikaciji SCADA sistema koje je započeo Operator Distributivnog Sistema (ODS) konvergirali su ka potrebi da se jasno definiše granica pokrivanja, odnosno nadležnosti, postojećih SCADA (VN i SN) sistema, ali i novih SCADA sistema koji su planirani da se realizuju po dispečerskim centrima nižeg hijerarhijskog nivoa (ODC). Predmetnim projektom modernizacije i unifikacije SCADA sistema fokus aktivnosti pre svega usmeren ka tehnološkom unapređenju dispečerskih centra po distributivnim područjima (više i srednjeg nivoa) – DDC (Distributivni Dispečerski Centar) i PDC (Područni Dispečerski Centar). Budući da se MKO ormari ugrađuju na NN strani transformatorskih stanica SN/NN, oni su predmet pokrivanja, odnosno direktne nadležnosti od strane dispečerskih centara najnižeg hijerarhijskog nivoa – ODC (Operativni Dispečerski Centar). Upravo njihovom instalacijom i integracijom u SN SCADA sistem, definisana je „krajnja“ granica nadležnosti realizovanog SN SCADA sistema u okviru dispečerskog centra najnižeg hijerarhijskog nivoa (ODC), kao što je prikazano na Slici 1.

MERNO KONTROLNI ORMANI (MKO)

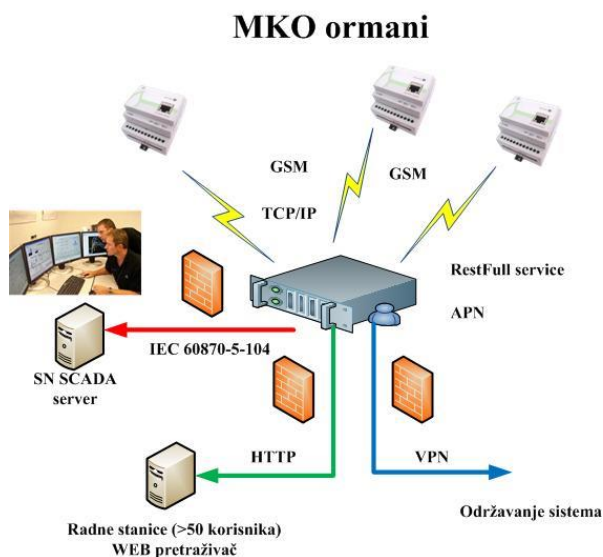
Specijalizovani merno kontrolni (MKO) ormari su identične konstrukcije, bez obzira koji će biti montirani na stubnim transformatorskim stanicama (spoljna montaža) i/ili u zatvorenim transformatorskim stanicama (MBTS, u objektu, itd.) (unutrašnja montaža). Mesta ugradnje MKO ormara predstavljaju takozvane „merne tačke“, pokrivene su sledećim komponentama: multi-funkcionalni merni uređaj (MFMU) za merenje i skladištenje mernih podataka („*history log*“), 3G komunikacioni više-portni „*router*“ (komunikacioni link), blok napajanja sa akumulatorom, UPS-om, invertorom, osiguračima, kao i unutrašnjim kablovskim razvodom. Unutrašnji prikaz MKO ormara sa ugrađenim komponentama je prikazan na Slici 2. Važno je istaći, da u postojećim stubnim transformatorskim stanicama koje su bile predmet ugradnje MKO ormara, ne postoje strujni transformatori u sve tri faze, pa su merni strujni transformatori odgovarajuće klase (klase 0,2) potrebni za potpuno povezivanje MKO ormara, obezbeđeni iz rezerve ODS. Komunikacioni 3G link između mernih tačaka, sa jedne strane, i komunikacionog centra (postojećeg softverskog modula za prikupljanje i čuvanje podataka, odnosno postojećeg SCADA servera za nadzor NN mreže) i više strane (u dispečerskom centru postoji „*master 3G router*“ za komunikaciju sa perifernim mernim ormanima).



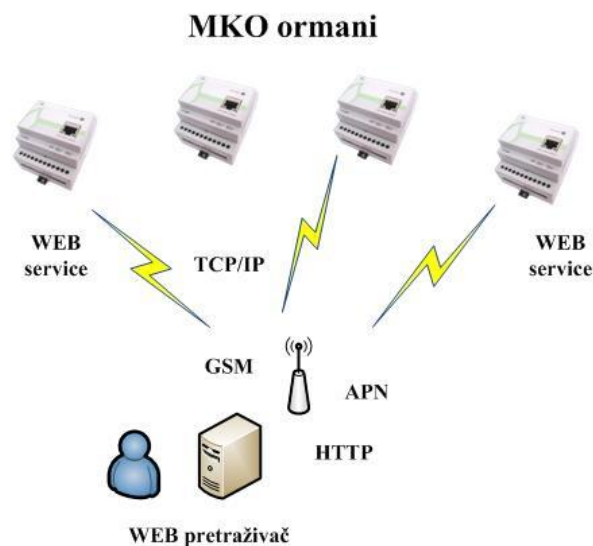
Slika 2 – Prikaz komponenti MKO ormara

OPIS SISTEMA ZA DALJINSKI NADZOR NAD MKO ORMANIMA

Scenario korišćenja realizovanog sistema za daljinski nadzor nad MKO ormanima podrazumeva niz aktivnosti koje su inicirane podacima sa MKO ormana. MKO ormani su tako koncipirani i realizovani da omoguće merenja željenih parametara u transformatorskoj stanici SN/NN, na NN izvodima, kao i na svim na kritičnim mestima na NN elektrodistributivnoj mreži. Registrovana merenja, kao i statusi, se preko 3G komunikacionog linka preuzimaju od strane modula za prikupljanje i čuvanje podataka, realizovanog na posebnom serveru, koji vrši automatski upit uz prethodnu verifikaciju u posebno projektovanu bazu podataka. Integrirani informacioni sistem je omogućio evidenciju i zapis registrovanih podataka, kao i njihovu efikasnu analizu, pre svega korišćenjem tehnika obrade ogromnog broja podataka („big data“).



Slika 3a – Arhitektura komunikacionog podsistema za nadzor nad MKO ormanima



Slika 3b – Prikaz direktnog pristupa MKO ormanima u okviru posebnog APN putem WEB pretraživača

Sistem omogućuje rad sa podacima koji se odnose na topologiju elektrodistributivne mreže, transformatorske reone, tehnički opis deonica, tehnički opis detalja mreže koji su neophodni za proračune i analizu elektrodistributivne mreže. Sistem je koncipiran na takav način da obezbedi funkcionisanje MFMU uređaja u MKO ormanima, nezavisno od rada ostatka sistema, prenos trenutnih mernih veličina, kao i arhivskih podataka sa MKO ormana u nadređeni dispečerski centar. Arhitektura komunikacionog podsistema za nadzor nad MKO ormanima je prikazan na Slici 3a. Modul za prikupljanje i čuvanje podataka obezbeđuje mehanizme i protokole za prozivke i evidenciju mernih uređaja i validnosti preuzetih podataka. Svi preuzeti podaci se čuvaju na postojećem serveru, u odgovarajućoj relacionoj bazi podataka, kojoj pristupaju ostali moduli ovog sistema, ali po potrebi i drugi sistemi i moduli iz okruženja poslovnog informacionog sistema ODS (npr. SCADA sistemi, GIS, i dr.). Sistem je realizovan korišćenjem savremenih softverskih i hardverskih tehnologija i alata. Sistem je realizovan u „klijent-server“ arhitekturi, korišćenjem Microsoft tehnologija, kao skup „desktop“ aplikacija/modula i/ili servisa, koje preuzimaju podatke sa uređaja i upisuju ih u centralizovanu bazu podataka (relaciona baza podataka), i kojima ostale aplikacije/moduli pristupaju preko serverske komponente. Posebno je potrebno naglasiti da je realizovan „WEB server“ na samom MFMU uređaju, tako da je moguće direktno pristupiti krajnjem uređaju putem WEB pretraživača u cilju konfiguracije, očitavanja mernih veličina, ali i eksporta memorisanih podataka sa traženom rezolucijom merenja, kao što je prikazano na Slici 3b.

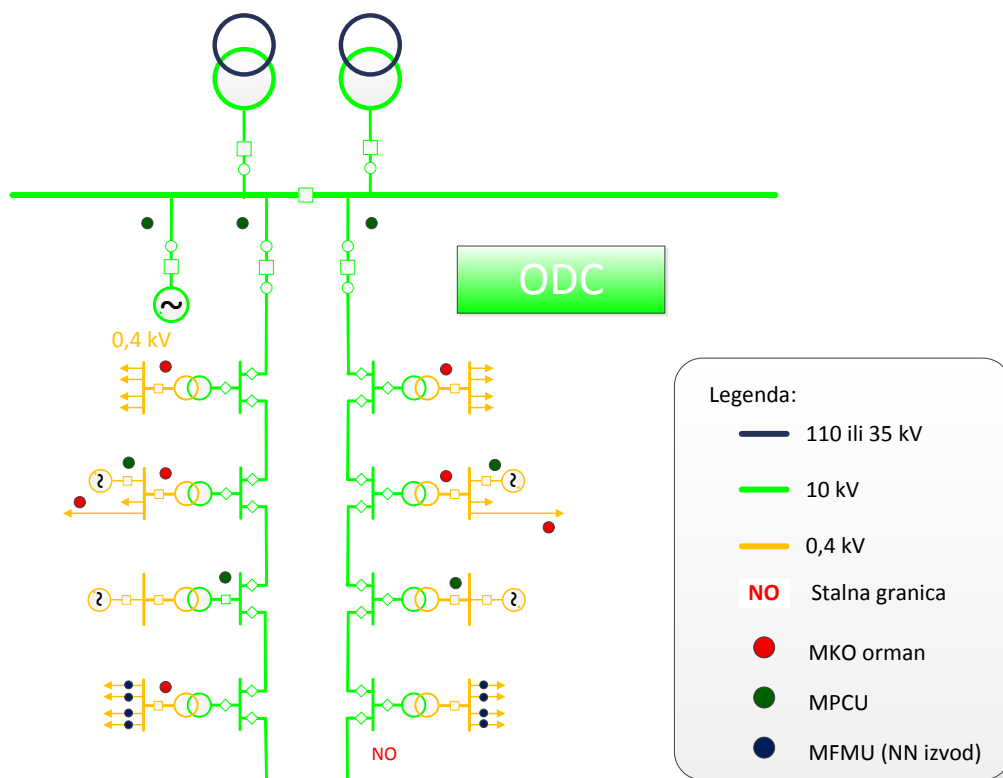
Predloženo rešenje sadrži softverski moduo za analizu podataka iz relacione baze podatka koji su preuzeti sa svih mernih uređaja. Moduo obezbeđuje, za potrebe analiza, korišćenje aktuelnih merenja sa uređaja (preuzetih iz baze podataka), arhivskih podataka za definisane vremenske intervale (npr. 15 minuta), alarmnih stanja upisanih u bazu podataka i drugo. Predmetni moduo koristi i podatke o raspoložive podatke o topologiji mreže i lokaciji transformatorskih stanica SN/NN. Moduo obezbeđuje generisanje tekstualnih i grafičkih prikaza analize potrošnje na nekom izvodu ili transformatorskom reonu, pri čemu obezbeđuje određivanje dnevnog dijagrama opterećenja potrošača po izvodima ili transformatorskim stanicama.

UGRADNJA MKO ORMANA

Imajući u vidu postoji veliki broj transformatorskih stanica SN/NN u kojima je ciljno bilo potrebno ugraditi MKO ormene, očigledno je da je tako veliki posao trebao da bude podeljen u više faza, pre svega imajući u vidu potrebno vreme za njihovu ugradnju i puštanje u rad, ali i potrebna finansijska sredstva za njihovu nabavku, ugradnju i integraciju u SCADA sistem. Neophodna faznost u realizaciji ovako složnog posla se odnosila i na evaluaciju efekata njihove ugradnje u elektrodistributivnu mrežu, jer se svakako nakon inicijalne ugradnje MKO ormana bilo potrebno da se utvrde i potvrde njihovi efekti. Kao što je rečeno, strategija prilikom ugradnje MKO ormana je podeljena u više faza:

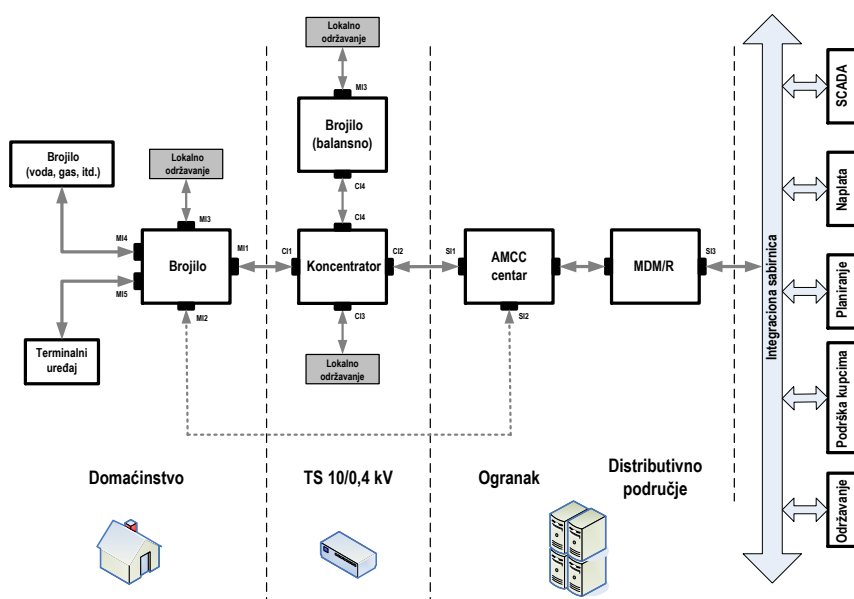
- I faza – ugradnja duž SN izvoda (do „stalne granice“) na kome postoje merenja aktivne i reaktivne snage na SN izvodu, pri čemu su pokrivanе sve transformatorske stanice SN/NN koje su u vlasništvu ODS.
- II faza – ugradnja MKO ormana sa više MFMU po NN izvodima na transformatorskim stanicama SN/NN, gde su konstatovana velika odstupanja u IV balansnoj grupi (odstupanje očitane predate električne energije registrovane na MKO ormanu tokom jednog meseca u odnosu na očitano mesečnu energiju na brojilima kod kupaca).
- III faza – Ugradnja MKO ormana duž složenih (razgranatih) NN izvoda u cilju tačne alokacije gubitaka.
- IV faza – Ugradnja MKO ormana na kraju najdužih NN izvoda, na transformatorskim reonima gde je postoji neki izvor distribuirane proizvodnje (DG), a postoji potreba za automatskom regulacijom transformatora snage SN/NN (OLTC).

Kao što se može videti da je predloženim konceptom ugradnje i integracije MKO ormana u značajnoj meri povećana merna struktura, koja je praktično spuštена do najnižeg naponskog (NN) nivoa, što je potpunosti saglasno sa datim direktivama u pogledu realizacije rešenja inteligentnih elektrodistributivnih mreža („Smart Grids“). Naravno, u cilju obuhvata potpune merne strukture na jednom SN izvodu koriste se merenja sa mikroprocesorskih zaštitno-upravljačkih uređaja (MPCU) ugrađenih na izvodnoj SN čeliji, kao i SN priključno-razvodnim postrojenjima, gde su priključena postrojenja elektrana (DG). Važno je napomenuti, da po postojećim „Pravilima o radu DS“ postoji obaveza proizvođača električne energije koji su priključeni elektrodistributivnu mrežu, da svoja postojanja instalisane snage veće od 160 kVA integrišu sa SCADA sistemom u nadređenom dispečerskom centru (ODC/PDC). Na Slici 4 prikazana je ugradnja MKO duž jednog SN izvoda, pri čemu su prikazani MKO ormani koji će biti ugrađeni na osnovu predložene faznosti ugradnje MKO ormana.



Slika 4 – Hijerarhijska nadležnost dispečerskih centara ODS sa ciljnim lokacijama MKO ormana

Jedna od glavnih dilema koja se postavljala pred realizaciju ovako jednog složenog sistema predstavljala je činjenica da je planom implementacije napredne AMI infrastrukture u okviru elektro distributivnog sistema ODS sa masivnom ugradnjom „inteligentnih“ brojila kod krajnjih kupaca, ali i ugradnjom izvesnog broja kontrolnih „inteligentnih“ brojila (balansnih brojila) kojima bi se obezbedili praćenje gubitaka u IV balansnoj grupi, a koja bi se instalirala na istim mernim mestima, kao i MKO ormani. Budući da se instaliraju na istim „mernim mestima“ postavlja se pitanje svrshodnosti njihove ugradnje, kao i eventualno opredeljenje za instalaciju samo jednog od rešenja. Odluka da se konačno opredelimo za instalaciju oba rešenja, bazira se pre svega u činjenici da se ta rešenja baziraju na krajnje različitim komunikacionim protokolima. Kod primene balansnih „inteligentnih“ brojila komunikacija se vrši putem DLMS protokola (razmena podataka inicirana prozivkom), dok se kod MKO ormana komunikacija sa modulom (serverom) za prikupljanje podataka vrši putem komunikacionog protokola DNP3 (razmena podataka se vrši nakon spontane pojave događaja). Na Slici 5 prikazana je realizacija planirane AMI infrastrukture kod ODS, gde je prikazana razmena informacija putem propisanih interfejsa i sa koje se jasno uočava da sam proces integracije nije tako jednostavan, i da je pre svega ograničen skupom informacija koje se razmenjuju, ali i potrebnim resursima da se ona realizuje, što će svakako rezultovati nešto dužim vremenskim periodom potrebnim za integraciju planiranih sistema u okviru pojedinih delova elektrodistributivnog preduzeća.



Slika 4 – Hijerarhija planiranog rešenja AMI infrastrukture ODS

Kao što je ranije istaknuto, u pogledu konstrukcije MKO ne postoji razlika u slučaju instalacije MKO ormana spolja ili unutra u okviru transformatorske stanice SN/NN, što se može videti na Slikama 5a i 5b, gde su prikazane spoljne ugradnje MKO ormana na stubnoj transformatorskoj stanici, kao i na transformatorskoj stanici tipa „kula“.

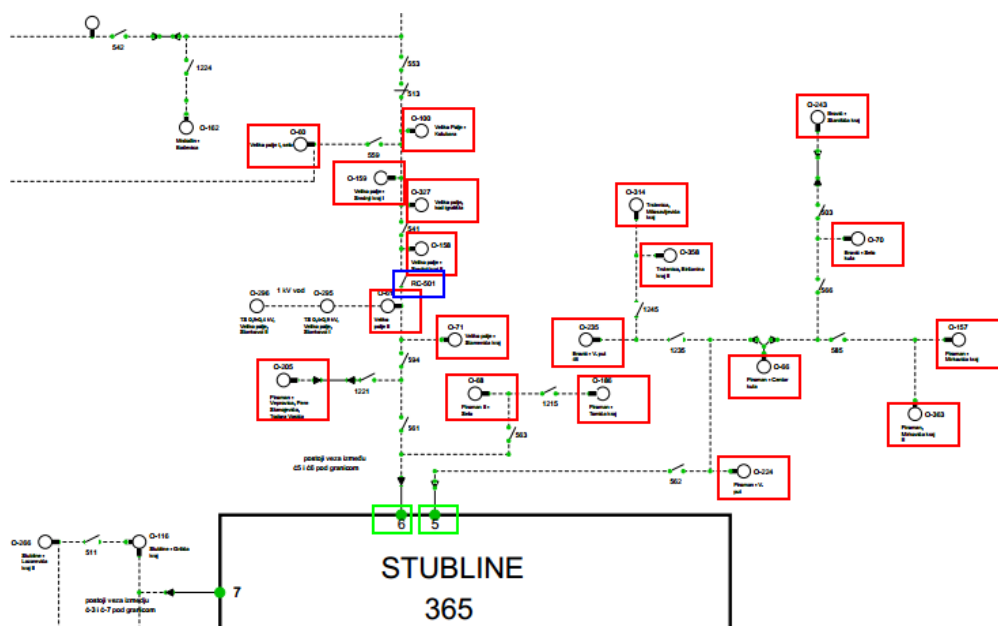


Slika 5a – Spoljna ugradnja MKO ormana (stubna)

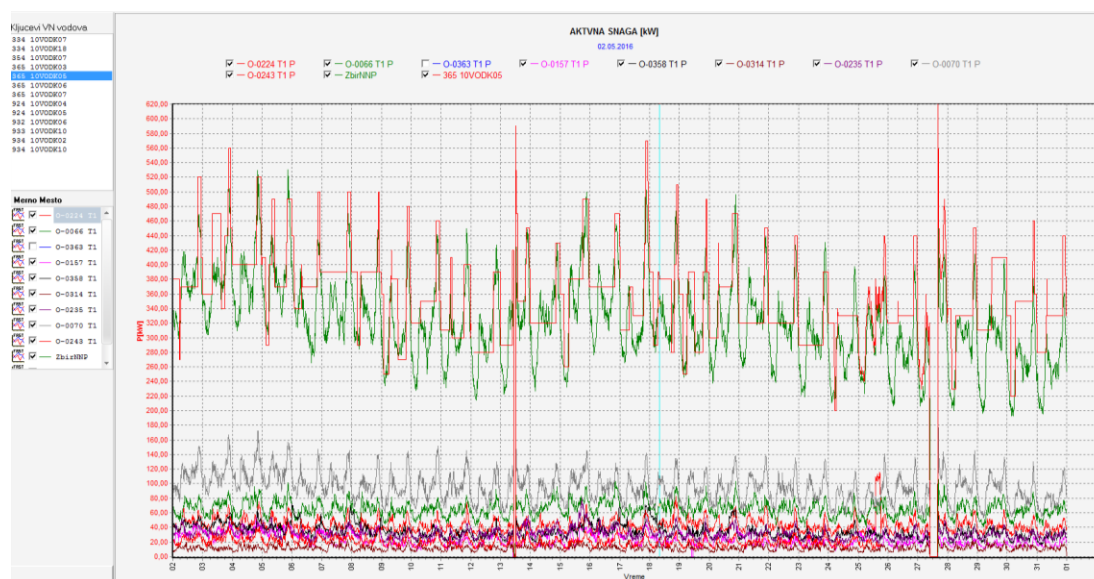


Slika 5b – Spoljna ugradnja MKO ormana (kula)

Prilikom definisanja plana ugradnje MKO ormara pre svega se vodilo računa da se pokriju izvodi na kojima postoje integrisana merenja aktivne i reaktivne na SN izvodu, ali i da sa topološke strane budu izabrane karakteristične konfiguracije mreže, pri čemu treba na izabranom SN izvodu bude dominantan broj transformatorskih stanica SN/NN koje su u vlasništvu ODS. Takođe, vodilo se računa da ukupan broj MKO ormara (ukupno ugrađeno 350 MKO ormara) bude podjednako raspoređen na gradskom, prigradskom i ruralnom delu konzuma grada Beograda. Poseban akcenat je dat na izboru „antenskih“ vodova (konfiguracija „riblja kost“ – SN izvod koji se napaja samo sa jednog SN izvoda bez mogućnosti rezerviranja), gde je agregacija opterećenja mestima ugradnje MKO ormara (potrošački čvorovi) u odnosu na opterećenje SN izvoda – jednoznačna. Na Slici 6 je prikazan jedna deo konzuma (sa dva SN izvoda) na kome su ugrađeni MKO ormani. Za potrebe agregacije opterećenja razvijena je posebna aplikacija koja vrši agregaciju merenja (aktivne snage) sa svih mernih mesta, gde su ugrađeni MKO ormani (potrošački čvorovi - PQ), i na Slici 7 se može videti primer mesečne agregacije registrovanih opterećenja, gde se može videti poklapanje „agregiranog“ opterećenja i opterećenja predate aktivne snage na SN izvodu. Odstupanje od apsolutnog poklapanja predstavlja mesečnu energiju gubitaka u okviru III balansne grupe, pri čemu treba imati u vidu da je zbog uvođenja „mrtve zone“ preneto merenje aktivne snage sa SN izvoda, ima nešto manju dinamiku („ubalaženo“).

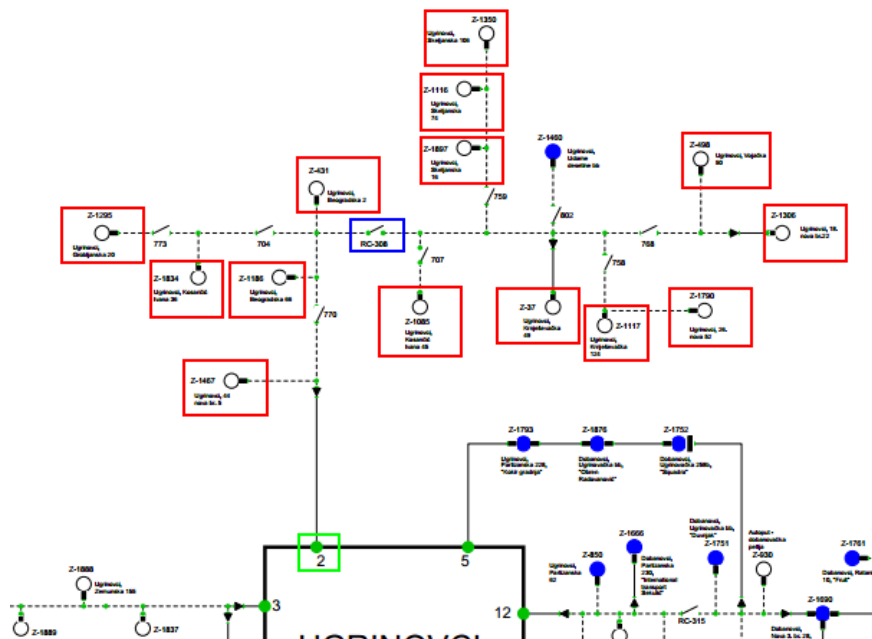


Slika 6 – Prikaz ugradnje MKO ormara duž celog SN izvoda („antenski” vod i tipičan nadzemni SN izvod)

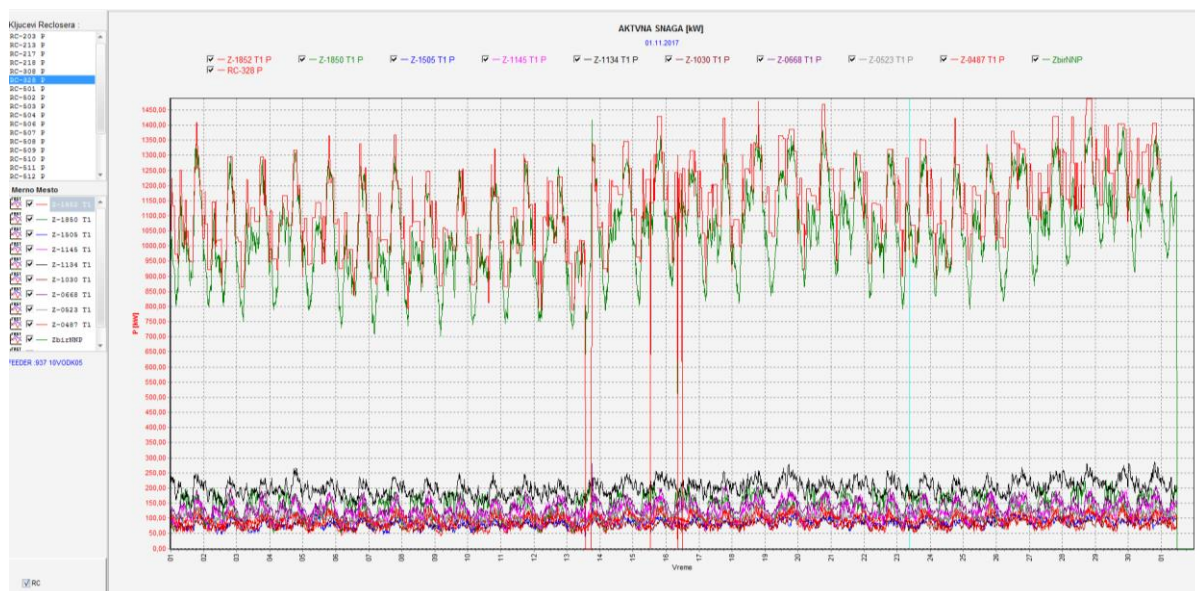


Slika 7 – Prikaz agregacije merenja MKO ormara duž celog SN izvoda u odnosu na merenje na SN ćeliji

Na pojedinim izabranim SN izvodima postoje integrisani SN reklozeri, koji su po pravili ugrađeni na „sredini“ SN izvoda i sa kojih se takođe prenose aktivna opterećenja. Budući da se preko ciljnih SN reklozera prenosi samo deo opterećenja predatog preko SN ćelije, moguće je formiranje III balansne podgrupe (IIIa). Na Slici 8 je prikazan SN izvod „antenskog“ tipa, gde je ugrađeni integrisani SN reklozer na sredini izvoda. Agregirano opterećenje na delu SN izvoda koji se napaja preko SN reklozera prikazano je na Slici 9, na kojoj se uočava da je zbog nešto manje „mrtve zone“, dinamika merenje aktivne snage nešto veća, odnosno da je poklapanje dijagrama - veće.



Slika 8 – Prikaz ugradnje MKO ormana duž celog SN izvoda (‘‘antenski’’ vod sa ugrađenim SN reklozera na sredini SN izvoda)



Slika 9 – Prikaz ugradnje MKO ormana duž celog SN izvoda (‘‘antenski’’ vod i tipičan nadzemni SN izvod)

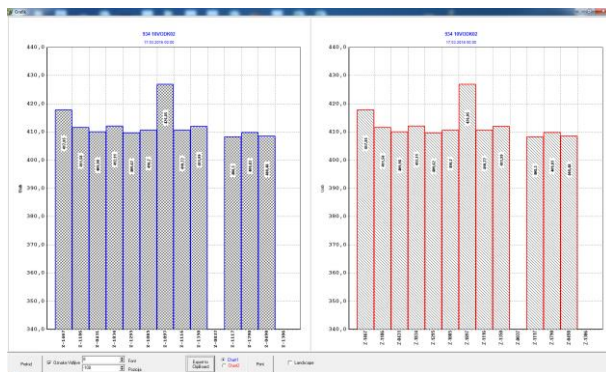
Kao što se može videti, akcenat pri analizi je pre svega dat na agregaciji opterećenja na nivou SN izvoda, budući da je potrebno prethodno izvršiti validaciju prikupljenih merenja, ali ono što je mnogo značajnije da je na ovaj način prikupljanja mernih podataka izvršno obezbeđivanje velikog broja profila opterećenja (‘‘Load Profile’’) na potrošačkim čvorovima, koji su različiti po broju i strukturi kupaca, načinu grejanja, itd., što predstavlja neophodan verodostojan podataka za izvršavanje velikog broja energetskih proračuna, a pre svega osnovnog - proračuna tokova snaga (‘‘Power Load Flow’’).

ENERGETSKE ANALIZE

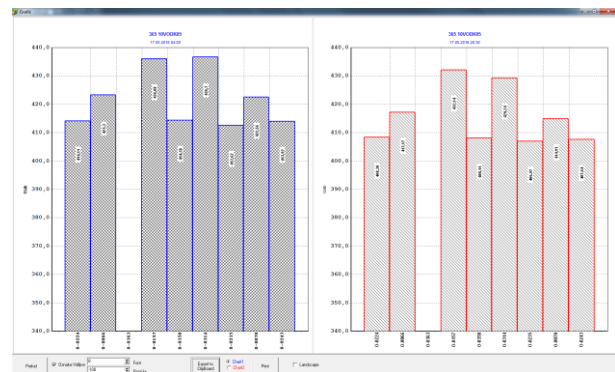
Preko MFMU uređaja koji su ugrađeni u okviru MKO ormana, obezbeđena su sledeća merenja, pri čemu se samo pojedina merenja koja su od interesa na SCADA sistemu preneti, dok se ostala merenja prenose direktni pristupom MFMU uređaju:

- Efektivne vrednosti linijskih napona (prenosi se na SCADA sistem);
- Efektivne vrednosti faznih napona;
- Efektivne vrednosti struja (prenosi se na SCADA sistem);
- Aktivna, reaktivna i prividna snaga, kao i faktor snage, za svaku fazu (prenosi se na SCADA sistem);
- Ukupna trofazna aktivna, reaktivna i prividna snaga, kao i faktor snage (prenosi se na SCADA sistem);
- Aktivna energija (po fazama i ukupna) (prenosi se na SCADA sistem);
- Reaktivna energija (po fazama i ukupna) (prenosi se na SCADA sistem);
- Pozitivna i negativna aktivna energija (po fazama i ukupna);
- Pozitivna i negativna reaktivna energija (po fazama i ukupna);
- Strujni i naponski harmonici svake faze (ukupan broj harmonika 32);
- Parametar THDI i THDU svake pojedinačne faze;
- Maksimalno 15' opterećenje (dnevni, sedmični i mesečni maksigraf) ;
- Aktivna i reaktivna energija po tarifnim satovima;
- Frekvencija;
- Unutrašnja temperatura ormana (spoljno merenje uređaja).

Pored aplikacije za analizu agregiranog opterećenja duž SN izvoda, napravljeno je namenski još par aplikacija, pri čemu je jedna od značajnijih aplikacija, aplikacija za analizu naponskog profila duž SN izvoda („Voltage Profile“). Profili napona za karakteristične SN izvode na gradskom i ruralnom delu konzuma su dati na Slikama 10a i 10b, respektivno. Naponski profil se određuje najčešće na dnevnom nivou, što je i prikazano na slikama, gde je plavom bojom prikazan naponski profil koji je zabeležen u trenutku apsolutnog minimuma dnevnog dijagrama opterećenja SN izvoda, dok je crvenom bojom prikazan naponski profil koji je zabeležen u trenutku apsolutnog maksimuma dnevnog dijagrama opterećenja SN izvoda. Sa dijagrama naponskog profila se jasno uočava pogrešno podešenje regulatora napona na transformatorima snage SN/NN, i na osnovu toga je moguće dati nalog za korekciju položaja regulatora na terenu.



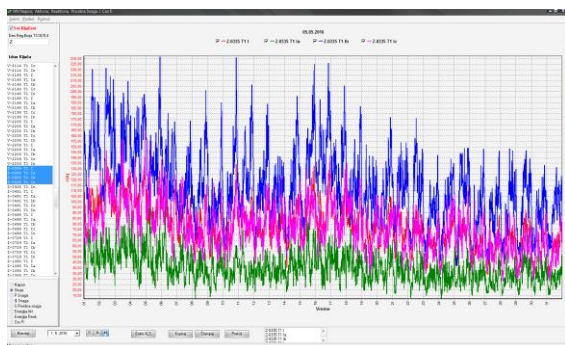
Slika 10a – Profil napona duž SN izvoda (gradski konzum)



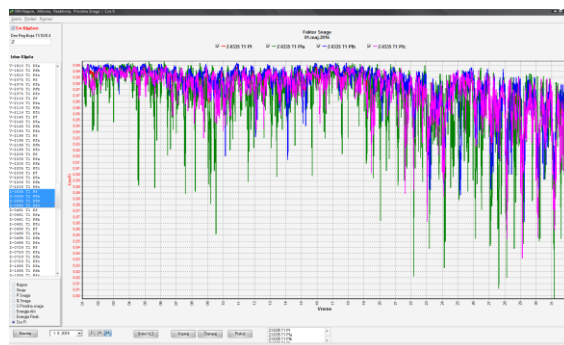
Slika 10b – Profil napona duž SN izvoda (ruralni konzum)

Takođe, razvijena je aplikacija za pregled svih prenetih merenja na SCADA sistem, putem koje se vrši pregled i analiza svih prikupljenih merenja putem sistema za daljinski nadzor ugrađenih MKO ormana. Analiza na koju se obraća posebna pažnja se odnosi na praćenje faznih struja opterećenja transformatora snage SN/NN, a u cilju praćenja nebalansiranosti NN mreže. Jedan karakterističan dijagram opterećenja transformatora snage SN/NN je prikazan na Slici 11a, na kome se uočava izrazita nebalansiranosti opterećenja, odnosno veliko odstupanje od merenja struja po fazama. Situacija koja se uočava na transformatoru snage SN/NN je daleko nepovoljnija po NN izvodima koji se napajaju preko tog transformatora snage. U planiranoj II fazi implementacije projekta, ona će biti jedna od ciljnih lokacije, gde će se realizovati merenje po NN izvodima, a sve u cilju eliminisanje izrazite nebalansiranosti koja treba da rezultuje i smanjenju tehničkih gubitaka koji se pri tome javljaju. Takođe, od interesa je i praćenje faktora snage (ukupno i po fazama), a u cilju praćenja efekta ugradnje kondenzatorskih baterija za potrebe kompenzacije reaktivne snage, ali i donošenja odluka oko ugradnje kondenzatorskih baterija u transformatorskim stanicama, gde one nisu ugrađene. Na Slici 11b prikazan je jedan karakteristični mesečni

dijagram faktora snage na mestu ugradnje MKO ormara. Važno je napomenuti da se na osnovu dijagrama može tačno odrediti potrebna snaga kompenzacije reaktivne snage, budući da se ona do sada određuje isključivo u odnosu na instalisanu snagu transformatora snage SN/NN.



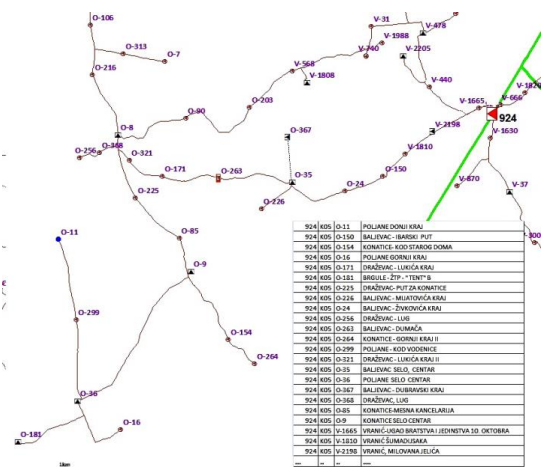
Slika 11a – Mesečni dijagrami faznih struja



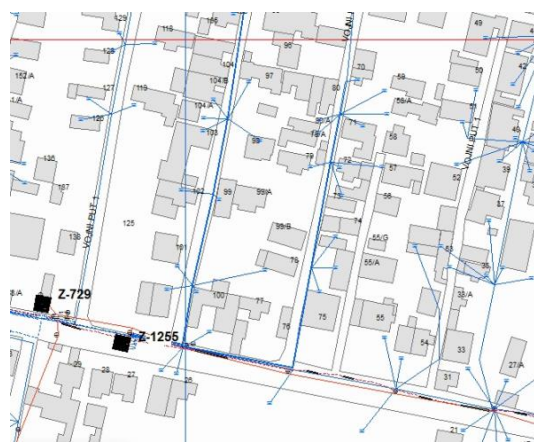
Slika 11b – Mesečni dijagrami faktora snage

INTEGRACIJA MKO ORMANA SA GIS SISTEMOM

Za agregaciju mernih podataka u IV balansnoj grupi koriste se mesečna očitavanja sa mernih mesta kod krajnjih kupaca i očitano merenje isporučene aktivne električne energije sa MFMU uređaja u MKO ormanu. U IV balansnoj grupi ne postoji dinamika profila, već je agregacija statičan i odnosi se na upoređivanje samo po jedne veličine u odnosu na koje se računa odstupanje. Da bi se izvršila tačna agregacija svih očitanih vrednosti sa mernih mesta kod krajnjih kupaca, bila nam je neophodna informacija topologiji koja se nalazi u GIS sistemu. Paralelno sa opsežnim radovima na ugradnji, puštanju u pogon i integraciji MKO ormara na ciljnim lokacijama, pristupilo se i masovnom unosu svih relevantnih (tehničkih) podataka o NN mreži koja se napaja sa transformatorskih stanica SN/NN na kojima se vrši ugradnja MKO ormara. Na slikama 12a i 12b su prikazani georeferencirani delovi SN i NN mreže u okviru GIS sistema



Slika 12a – Georeferencirani prikaz SN mreže



Slika 11b – Georeferencirani prikaz NN mreže

Da bi dobili podatke koje ćemo koristiti i u sledećim fazama implementacije Projekta, snimanje NN mreže je vršeno po svakom pojedinačnom NN izvodu iz transformatorske stanice SN/NN. Samo snimanje NN mreže je kasnilo u odnosu na ugradnju MKO ormara iz razloga što nije bilo dovoljno ekipa na raspolaganju koje bi ovaj složen Projekat ispratili po dinamici realizacije. Važno je napomenuti, da za većinu ciljnih lokacija, osim za ruralne delove na obodu konzuma grada Beograda, su postojali sinoptički prikazi NN mreže, ali i pored toga, bilo je potrebno sve proveriti na terenu, kako bi se dobila tačna uklopna stanja NN mreže, a u cilju što bolje agregacije očitanih mernih veličina. Nepostojanje dinamike očitanih podataka u značajnoj meri otežava analizu, što prilikom dobijanja nešto većih odstupanja, prvo je ponovo trebalo izvršiti proveru uklopnog stanja i naći eventualno pomeranje granica tokom posmatranog obračunskog (mesečnog) perioda. Prilikom snimanja celokupne NN mreže koja se napaja sa ciljnih transformatorskih stanica SN/NN, gde su ugrađeni MKO ormani, izvršeno je fotografisanje svih karakterističnih delova NN mreže, pa i samih lokacija gde su ugrađeni MKO ormani. Snimljene fotografije su unesene u tehničku bazu podataka sa jasnim odrednicama, npr. kod ugradnje na stubnim transformatorskim stanicama, da su u pitanju MKO ormani, a ne ormani za kompenzaciju NN mreže ili

ormani sa izmeštenim mernim mestom, da bi se eventualno izbegle nedoumice u vezi vrste ormara koje se nalaze na ciljnim lokacijama.

EFEKTI UGRADNJE MKO ORMANA

Ugradnjom MKO ormara na ciljnim lokacijama duž celih SN izvoda postiglo se na jedinstven način pristup nadzoru i analizi NN elektrodistributivne mreže, na način koji je do sada bio na razmatran samo na teoretskom, ali i ne i praktičnom nivou. Ugradnjom MKO ormara, ali i razvojem većeg broja aplikacija za praćenje i analizu mernih podataka, postiglo se na efikasan način sledeće:

- Praćenje energetske pokazatelja transformatora SN/NN;
- Praćenje opterećenja transformatora u cilju “*re-sizing*” transformatora ili obezbeđivanja optimalnog uklopnog stanja NN mreže;
- Praćenje pokazatelja kvaliteta isporučene energije;
- Optimalan plan podešenja regulatora napona na transformatorima SN/NN;
- Mogućnost određivanja preciznih profila opterećenja;
- Praćenje protoka reaktivne snage u cilju optimalnog plana ugradnje kondenzatorskih baterija;
- Mogućnost upravljanja kondenzatorskim baterijama;
- Mogućnost praćenja “*termo-slike*” transformatora.

Pored nesumnjivih efekata koji su postignuti ugradnjom MKO ormara, važno je napomenuti da su troškovi komunikacije koji se imaju na mesečnom nivou za realizovani sistem za nadzor nad MKO krajnje prihvatljivi. Budući da postoji ugovorna obaveza o pružanju usluga servisa mobilne telefonije sa jednim od provajdera mobilne telefonije, za realizaciju ovako složenog Projekta uzeta je standardna usluga servisa mobilne telefonije, pri čemu je realizovan jedan poseban APN za potrebe komunikacije sa krajnjim MKO uređajima. Budući da je pored alata za praćenje energetske veličina, razvijen i poseban alat za praćenje ostvarenog saobraćaja po pojedinačnim SIM karticama koje ugrađene u MKO ormara, koji kao ulazne podatke koristi pregled mesečnih računa sa svim tarifnim stavovima koji se dobijaju na kraju meseca od provajdera mobilne telefonije. Može se konstatovati da na osnovu podatka za 2017.godine, u odnosu na protok koji se imao u inicijalnoj fazi realizaciji Projekta, cena na pojedinačnoj kartici povećala za 28% budući da je na kraju 2017.godine realizovan sistem za nadzor u punom obimu. Praćenjem saobraćaja prenosa podataka sa MKO ormara imalo je za posledicu da je u toku 2017.godine više puta intervenisalo na samom „*firmware*“ MFMU uređaja, budući da su realizovani posebni mehanizmi koji prate i kontrolišu protok podataka. U slučaju većih zahteva za ponavljanjem prenosa podataka sa ciljne tačke zbog problema nepokrivenosti GSM signalom u mobilnoj mreži, obično je dolazilo do blokade i prekidanja komunikacije sa jedne bazne stanice i prebacivanje na drugu baznu stanicu. Realizovani mehanizam kontrole protoka podataka omogućio je blokadu izvršenje uzastopnih zahteva za prenosom informacija, i na taj način je sprečeno ostvarenje velikog protoka podataka na pojedinim ciljnim lokacijama. Ovim unapređenjem se postiglo da nema odstupanja više nego na 3% lokacija u pogledu mesečnog protoka, čime je prosečan mesečni račun u odnosu na mesečnu pretplatu neznatno uvećan.

ZAKLJUČAK

Početna ugradnja MKO ormara na 350 lokacija, odnosno na preko 30 (trideset) karakterističnih SN izvoda na konzumnom području grada Beograda, apsolutno je opravdala sva očekivanja koja su se postavila pred realizaciju ovako složenog projekta. Ugradnja MKO ormara i njihova integracija sa SN SCADA sistemom u punoj meri je pokazala u kome pravcu treba da ide dalja integracija u pogledu objedinjavanja postojeće nadležnosti upravljanja, ali i raspoloživosti procesnih podataka u jednom dispečerskom centru najnižeg hijerarhijskog nivoa. Ugradnja savremenih digitalnih MFMU uređaja u okviru MKO ormara na NN strani transformatora snage, trasirala je put ka konačnoj „digitalizaciji“ NN razvodnih tabli. Realizovano rešenje je pokazalo da se više ne postavlja pitanje opravdanost zamene postojećih analognih ampermetara i voltmetara sa jednim integrabilnim multi-funkcionalnim mernim uređajem, već je dilema oko načina na koji tako jedan opsežan posao najefikasnije realizovati. Iako je realizacija sistema za nadzor na transformatorskim stanicama SN/NN inicijalno bila usmerena na alokaciju gubitaka u elektrodistributivnoj mreži, punom implementacijom je nedvosmisleno pokazano da postoji i mnogo drugi, ništa manje značajni pozitivni efekti koji su postignuti realizacijom predmetnog projekta.

LITERATURA

1. Pravila o radu distributivnog sistema, ODS „EPS Distribucija“ d.o.o. Beograd, 2017.godine
2. Interna dokumentacija ODS „EPS Distribucija“ d.o.o. Beograd