

mr. sc. Kruno Trupinić
HEP-ODS d.o.o., Elektra Slavonski Brod
kruno.trupinic@hep.hr

Renata Simić, dipl.ing.
HEP-ODS d.o.o., Elektra Slavonski Brod
renata.simic@hep.hr

Nenad Banović, dipl.ing.
HEP-ODS d.o.o., Elektroprimorje Rijeka
nenad.banovic@hep.hr

Marko Parać, dipl.ing.
HEP-ODS d.o.o., Elektrodalmacija Split
marko.parac@hep.hr

Branko Radinović, dipl.ing.
HEP-ODS d.o.o., Elektra Karlovac
branko.radinovic@hep.hr

UREĐIVANJE OBRAČUNSKIH MJERNIH MJESTA SA DVOSUSTAVNIM MJERENJEM

SAŽETAK

U HEP-ODS-u aktivno je više od 600 dvosustavnih mjernih mjesta na srednjem naponu preko kojih se godišnje prodaje kupcima više od 700 GWh električne energije. U tijeku je priprema jedinstvenog pristupa ispitivanju i kategorizaciji ovih mjernih mjesta, te određivanja prioriteta u njihovom uređivanju u trosustavna mjerna mjesta.

Ključne riječi: dvosustavno mjerno mjesto, kategorizacija, trosustavno mjerno mjesto

ARRANGEMENT OF TWO-SYSTEM MEASUREMENT POINTS

SUMMARY

In HEP-DSO's medium voltage power network today is active more than 600 two-system measurement points with more than 700 GWh of total annual amount of electrical energy selling. This paper describes procedures on testing and categorisation this measurement points and definition of priorities in their arrangement to the three-system measurement points.

Key words: two-system measurement point, categorisation, three-system measurement point

1. UVOD

U radu je opisana procedura za provedbu aktivnosti na uređenju dvosustavnih obračunskih mjernih mjesta u trosustavna preko određivanja ukupne mjerne nesigurnosti ovakvih mjernih mjesta u odnosu na trosustavna mjerna mjesta, ovisno o sljedećim čimbenicima: sustav mreže (SN– izolirano ili uzemljeno zvjezdište), utjecaj dvopolno izoliranih naponskih mjernih transformatora na vjerni prijenos slike napona sa primara na sekundarno ožičenje odnosno brojilo električne energije zbog nepovezanih zvjezdišta primarnog napona i zvjezdišta brojila, utjecaj nesimetričnog opterećenja, utjecaj faktora snage, utjecaj transformiranja viših harmonika na sekundarnu stranu mjernih transformatora.

Za kvalitetnu pripremu osuvremenjivanja ovih mjernih mjesta potrebno je provesti tehničku kategorizaciju mjernih mjesta zbog pojednostavljenja izrade projektne dokumentacije uređenja putem tipiziranih projekata. S druge strane, zbog opsega posla neophodno je uvesti grupe kriterija sa njihovim specifičnim težinskim faktorima za određivanje prioriteta u provedbi uređenja. Osnovne grupe kriterija su: pogonski uvjeti, stanje mjernih mjesta utvrđeno potrebnim mjerenjima i ispitivanjima, starost mjernih mjesta, količina prodane el. energije, potrebna financijska ulaganja u uređenje.

2. PRIKUPLJANJE PODATAKA O DVOSUSTAVNIM MJERNIM MJESTIMA U MREŽI

U HEP-ODS-u aktivno je više od 600 dvosustavnih mjernih mjesta na srednjem naponu preko kojih se godišnje prodaje kupcima više od 700 GWh električne energije. Zbog činjenica iz teorije dvosustavnog mjerenja (Aronov spoj, Blondelov teorem) u određenim pogonskim uvjetima mreže sa neizoliranim zvjezdištem u kojoj se nalaze ova mjerna mjesta upitna je točnost mjerenja odnosno mjerna nesigurnost ovakvih mjernih mjesta. S druge strane starost ovih mjernih mjesta – od razdoblja elektrifikacije do 80-ih godina prošlog stoljeća, također nameće pitanje detaljne provjere tehničke ispravnosti svih komponenata, a poglavito strujnih i naponskih mjernih transformatora te sekundarnih mjernih vodova. Čest je slučaj da su ugradnjom suvremenih elektroničkih brojila sekundarni tereti strujnih i naponskih mjernih transformatora značajno smanjeni te se sa velikom sigurnošću može pretpostaviti da je povećana mjerna nesigurnost za novonastale pogonske uvjete.

Prvi korak u definiranju procedure za uređenje dvosustavnih mjernih mjesta svako je prikupljanje svih potrebnih tehničkih podataka od strane nadležnih službi distribucijskih područja te njihovo jedinstveno prezentiranje.

2.1. Podaci o postojećim dvosustavnim mjernim mjestima

Temeljem jedinstveno izrađenog upitnika prikupljeni su sljedeći podaci:

- a) Podaci o karakteristikama potrošnje na mjernom mjestu, kao što su ukupna godišnja potrošnja tijekom prošle kalendarske godine, najveća i najmanja zabilježena 15-minutna vršna snaga, odobrena priključna snaga iz važeće elektroenergetske suglasnosti.
- b) Podaci o pogonskim karakteristikama mreže u kojoj je mjerno mjesto, prvenstveno za srednjenaponsku mrežu i određen manji broj mjernih mjesta u niskonaponskoj mreži, kao što je status zvjezdišta mreže – izolirano, uzemljeno preko prigušnice ili malog djelatnog otpora, kruto uzemljeno.
- c) Podaci o strujnim mjernim transformatorima, kao što su tip, proizvođač i godina proizvodnje, godina puštanja u pogon (pod napon), mogući prijenosni omjeri i postavljeni prijenosni omjer za prespojive transformatore, razred točnosti, broj jezgri, nazivna sekundarna snaga mjerne jezgre, postojanje ovjernog žiga – plombe, priključak ostalih pomoćnih uređaja na namot mjerne jezgre.
- d) Podaci o naponskim mjernim transformatorima, kao što su tip, proizvođač i godina proizvodnje, godina puštanja u pogon (pod napon), razred točnosti, broj namota, nazivna sekundarna snaga mjernog namota, postojanje ovjernog žiga – plombe, priključak ostalih pomoćnih uređaja na mjerni namot.
- e) Podaci o brojilu (brojilima) djelatne i jalove energije, kao što su tip, proizvođač i godina proizvodnje te uvedenost u sustav daljinskog očitavanja.
- f) Podaci o vlasništvu kao što su vlasništvo TS u kojoj je smješteno mjerno mjesto, vlasništvo SN razvoda, vlasništvo primarnog dijela mjernog mjesta (strujni i naponski mjerni transformatori) te vlasništvo sekundarnog dijela mjernog mjesta (brojilo električne energije).
- g) Opći tehnički podaci o TS u kojoj je smješteno mjerno mjesto kroz ponuđene odgovore, sa svrhom tipiziranja mjernih mjesta temeljem njihove izvedbe i prostornog razmještaja strujnih i naponskih mjernih transformatora.
- h) Fotografije mjernih mjesta u digitalnom obliku u pet skupina: vanjski izgled TS-a, SN razvod, smještaj strujnih mjernih transformatora, smještaj naponskih mjernih transformatora, smještaj brojila električne energije. Ove fotografije omogućuju kontrolu odnosno naknadnu provedbu tipizacije mjernih mjesta kao prema točki g).

2.2. Podaci o uređenim dvosustavnim mjernim mjestima

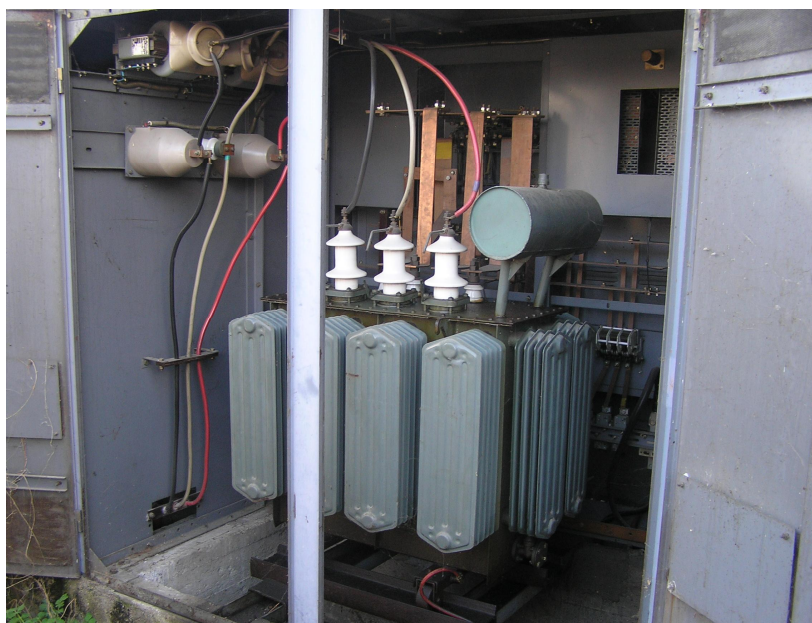
Zbog činjenice da je tijekom prošlih godina u većini distribucijskih područja provedeno uređenje određenog broja dvosustavnih mjernih mjesta u trosustavna, također su prikupljeni podaci i o ovim zahvatima, kako bi se mogla iskoristiti sva pozitivna tehnička rješenja i iskustva:

- a) Opis zahvata na strujnim mjernim transformatorima: ugradnja tri nova ili dogradnja jednog novog transformatora i njihovi podaci, korekcija prijenosnog omjera novi/stari, korekcija nazivne sekundarne snage novi/stari.
- b) Opis zahvata na naponskim mjernim transformatorima: podaci novih transformatora, korekcija nazivne sekundarne snage novi/stari.
- c) Opis zahvata na sekundarnim mjernim vodovima.
- d) Opis zahvata na brojilu (brojilima) električne energije: tip i proizvođač novougrađenog brojila, uvođenje u sustav daljinskog očitavanja.
- e) Eventualni zahvati na SN razvodu: prilagodba ili izmjena dijela ili cijelog SN razvoda.
- f) Provedba uređenja u smislu organiziranja posla i dogovora s kupcem oko privremene obustave isporuke električne energije.
- g) Podaci o vlasništvu TS-e, SN razvoda i primarnog odnosno sekundarnog dijela mjernog mjesta na kojima je zahvat obavljen.
- h) Podaci o troškovima uređenja mjernog mjesta, udjel HEP-ODS-a i udjel kupca.
- i) Fotografije uređenih mjernih mjesta u digitalnom obliku u pet skupina: vanjski izgled TS-a, SN razvod, smještaj strujnih mjernih transformatora, smještaj naponskih mjernih transformatora, smještaj brojila električne energije.

3. TIPIZACIJA DVOSUSTAVNIH MJERNIH MJESTA

Temeljem prikupljenih podataka provedena je tipizacija dvosustavnih mjernih mjesta prvenstveno po pitanju smještaja primarnog dijela mjernog mjesta. Utvrđena su sljedeća postojeća tipska rješenja:

- a) Industrijske TS u metalnom kućištu sa prostorno razdvojeni strujnim i naponskim mjernim transformatorima, malim prostorom na raspolaganju za zahvate na uređenju, 10 kV razinom postojeće opreme (tip Energoinvest i sl.) U većini slučajeva naponski mjerni transformatori smješteni su u mjernom polju (ćeliji) dok su strujni mjerni transformatori smješteni uz energetski transformator. U manjem dijelu i naponski i strujni mjerni transformatori smješteni su uz energetski transformator, kako je prikazano na Slici 1.



Slika 1. Smještaj SMT i NMT u TS u metalnom kućištu

- b) Kableske TS sa klasičnim SN razvodom koje karakterizira zajednički smještaj strujnih i naponskih mjernih transformatora u mjernoj ćeliji , u većini slučajeva 10 kV a manje 20 kV razine, izuzetno mali prostor na raspolaganju (SN razvodi najčešće proizvodnje Končar i TSN Maribor), kao što je prikazano na Slici 2.



Slika 2. Smještaj SMT i NMT u KTS sa klasičnim SN razvodom

- c) Slobodnostojeće zidane TS ili TS u poslovnom objektu kupca starije izvedbe (iz razdoblja elektrifikacije) koje karakterizira velika šarolikost u načinu smještaja strujnih i naponskih mjernih transformatora, uz veći prostor na raspolaganju za provedbu zahvata. U manjem broju slučajeva strujni transformatori smješteni su zajedničkoj mjernoj ćeliji sa naponskim transformatorima kao na Slici 3. a u većem broju slučajeva u u sabirničkom dijelu kao na Slici 4.



Slika 3. Zajednički smještaj SMT i NMT u starijim zidanim TS



Slika 4. SMT u sabirničkom dijelu zidane TS

4. POSTAVLJANJE KRITERIJA ZA ODREĐIVANJE PRIORITETA U PROVEDBI UREĐENJA DVOSUSTAVNIH MJERNIH MJESTA

Zbog velikog broja dvosustavnih mjernih mjesta njihovo uređenje iziskuje znatna financijska ulaganja. Stoga se pomoću postavljenih kriterija određuju prioriteta u provedbi uređenja. Svaki kriterij ima određeni težinski faktor s kojim sudjeluje u ukupnoj sumi. U nastavku su navedeni osnovni kriteriji i njihovi podkriteriji.

- a) Temeljem teorije dvosustavnog mjerenja – status zvjezdišta mreže
 1. Mjerno mjesto u NN mreži sa kruto uzemljenim zvjezdištem i povratnim vodičem,
 2. Mjerno mjesto u SN mreži sa uzemljenim zvjezdištem (preko otpornika ili prigušnice) – 35, 30, 20 kV,
 3. Mjerno mjesto u SN mreži za izoliranim zvjezdištem – 10 kV.
Smještaj mjernog mjesta na samom kraju SN mreže pred energetskim transformatorom sa SN namotom spojenim u trokut odnosno neuzemljenim zvjezdištem SN namota spojenog u zvijezdu upućuje na vrlo male moguće iznose nultih struja kroz OMM.
- b) Temeljem tehničkih karakteristika primarnog dijela mjernog mjesta: podataka o starosti SMT i NMT, tehničkim karakteristikama, te stanju tehničke dokumentacije, natpisnih pločica, ovjerne plombe i sl.
 1. Tehničke karakteristike SMT-a i NMT-a u vezi zadovoljenja tehničkih pravila (razred točnosti, nazivna primarna struja SMT-a, nazivni sekundarni teret),
 2. Starost SMT-a i NMT-a.
- c) Temeljem tehničke kategorizacije smještaja mjernog mjesta – troškovi zahvata
 1. Moguća ugradnja SMT-a i NMT-a u postojeći SN razvod,
 2. Potrebna izmjena dijela ili cijelog SN razvoda sa novim mjernim poljem.
- d) Temeljem potrošnje el. energije na mjernom mjestu (oprez – moguće greške mjerenja značajno smanjuju potrošnju te je obavezna prethodna provjera ispravnog ožičenja sekundarnih mjernih vodova)

- e) Temeljem rezultata mjerenja i ispitivanja mjernog mjesta
 1. Kontrola razreda točnosti SMT i NMT, za stvarna primarna i sekundarna opterećenja,
 2. Ispitivanje sekundarnog ožičenja OMM-a – način izvedbe, zaštita od neovlaštenog pristupa,
 3. Procjena mjerne nesigurnosti OMM-a (SMT, NMT, brojilo) za karakteristične mjerne rezultate (minimum, maksimum opterećenja...) za radnu i jalovu snagu (energiju).

Sama izmjena brojila odnosno ugradnja elektroničkog monolitnog brojila djelatne i jalove energije i uvođenje u sustav daljinskog očitavanja nije upitna i ne treba biti predmet određivanja prioriteta.

5. KRATAK OPIS PROGRAMA UREĐENJA DVOSUSTAVNIH MJERNIH MJESTA

U ovom poglavlju ukratko je opisan sadržaj Programa za uređenje dvosustavnih mjernih mjesta određenih temeljem postavljenih kriterija.

U uvodnim odredbama definiran je opseg provedbe programa, vremenski rok provedbe prema postavljenim kriterijima, raspodjela nadležnosti u provedbi programa u organizacijskom i provedbenom smislu, te procjena troškova za provedbu ovog programa.

Slijede opći zahtjevi za uređena mjerna mjesta, posebno za primarni dio (tehnički opis SMT-a i NMT-a, tablični prikaz karakteristika SMT-a za različite naponske razine i primarne struje a prvenstveno nazivna sekundarna snaga, mjeri opseg i primarno prespajanje, tablični prikaz karakteristika NMT-a za različite naponske razine a prvenstveno nazivna sekundarna snaga) a posebno za sekundarni dio (tehnički opis brojila, sekundarnih mjernih vodova i ostalih pomoćnih uređaja te tablični prikaz karakteristika mjernih vodova u ovisnosti o udaljenosti mjernih transformatora od brojila). Na kraju ovog poglavlja opisuje se i način provedbe procjene mjerne nesigurnosti za uređeno mjerno mjesto.

Dalje se opisuju tehničke karakteristike provedbe uređenja mjernog mjesta i to:

- a) Opseg uređenja primarnog dijela OMM-a koji sadrži detaljan tehnički opis provedbe uređenja po tipiziranim vrstama smještaja uz poželjan minimalistički pristup uređenju primarnog dijela tj. zadovoljiti sve tehničke propise uz minimalne investicije.
- b) Opseg uređenja sekundarnog dijela OMM-a koji sadrži opis uređenja brojila električne energije kao što je ugradnja elektroničkih monolitnih gdje već nisu ugrađena, uvođenje u sustav daljinskog očitavanja, mogućnost registriranja parametara kvalitete el. energije. Tu je i tehnički opis sekundarnih mjernih vodova kao što je način njihove izvedbe, način zaštite od elektromagnetskih polja i zaštite od neovlaštenog pristupa. Na kraju opisani su i ostali pomoćni uređaji kao priključno mjerna kutija u izvedbi za monolitna brojila, te osigurači naponskih mjernih vodova – smještaj i izvedba.

Potom slijedi opis potrebne pripremne dokumentacije, dokumentacije za provedbu uređenja mjernog mjesta i puštanje u pogon te dokumentacije izvedenog stanja.

Na kraju su obuhvaćeni i grafički prilozi kao što su načelne sheme ožičenja mjernog mjesta.

6. ZAKLJUČAK

Kvalitetan Program uređenja dvosustavnih mjernih mjesta nužan je preduvjet za jedinstvenu pripremu, određivanje odgovarajućih tehničkih rješenja te samu provedbu uređenja ovih mjernih mjesta. Posebno je važno što realnije definirati kriterije za postavljanje prioriteta u provedbi uređenja, kako bi se postigli najveći učinci uz minimum uloženi sredstava.

LITERATURA

- [1] Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva, "Mrežna pravila elektroenergetskog sustava", NN 36/2006
- [2] Vlada RH, "Opći uvjeti za opskrbu električnom energijom", NN 14/2006