

MOGUĆNOSTI METROLOŠKOG NADZORA OBRAČUNSKIH MERNIH MESTA U ELEKTRODISTRIBUTIVNIM MREŽAMA

Dragana Naumović-Vuković, Elektrotehnički institut „Nikola Tesla“ Beograd, Srbija
Slobodan Škundrić, Elektrotehnički institut „Nikola Tesla“ Beograd, Srbija
Srđan Milosavljević, Elektrotehnički institut „Nikola Tesla“ Beograd, Srbija

1. UVOD

Smanjenje gubitaka električne energije u elektroenergetskom sistemu je u direktnoj funkciji podizanja energetske efikasnosti. Najveći deo ovih gubitaka realizuje se u distributivnom sistemu, pa je razumljivo da se i najveći efekti smanjenja gubitaka mogu ostvariti upravo u ovom segmentu elektroenergetskog sistema.

Po prirodi nastanka gubici električne energije se razvrstavaju na tehničke i ne tehničke (komercijalne). Dalja klasifikacija tehničke gubitke deli na stalne i promenljive sa opterećenjem, a po lokaciji nastanka na gubitke u vodovima i transformatorima. Ne tehnički gubici obuhvataju gubitke nastale usled nesavršene i neregularne: eksploatacije, merenja, metodologije obračuna i korišćenja električne energije u distributivnom sistemu.

Gubici električne energije u elektroenergetskom sistemu Srbije su znatno iznad svetskih i evropskih standarada. Razlike u nivou gubitaka posebno su izražene na distributivnom nivou. Povećani gubici električne energije u elektrodistributivnim mrežama Srbije delom su rezultat povećanih grešaka merenja. Procenjuje se da je to rezultat dotrajalosti i tehnološke zastarelosti postojećeg sistema merenja, ali i slabog ili skoro nikakvog metrološkog nadzora obračunskih mernih mesta.

Metrološki nadzor je zakonska obaveza distributivnih organizacija. To je vrlo ozbiljan tehničko-metrološki posao koji iziskuje određene resurse: znanje, obučeno ljudstvo, opremu, akreditovane laboratorije, vreme i novac. U tom kontekstu razumno je razmotriti sve mogućnosti metrološkog nadzora obračunskih mesta u distributivnim mrežama tako da isiti bude metrološki korektan a ekonomski racionalan.

U radu se daje prikaz standardnog metrološkog nadzora merila zastupljenih u obračunskim mernim mestima, utemeljenog na važećim metrološkim standardima i propisima. U osnovi to se svodi na pojedinačno ispitivanje tačnosti brojila električne energije i mernih transformatora u laboratorijskim uslovima. U radu se takođe razmatraju i drugi mogući alternativni postupci metrološkog nadzora, od grube kontrole mernih mesta do uporednog ispitivanja sa referentnom mernom grupom u samom postrojenju.

2. STANDARDNI METROLOŠKI NADZOR

Obračunska merna mesta u distributivnim mrežama obuhvataju sledeća merila: merne strujne i naponske transformatore, brojila aktivne i reaktivne električne energije, maksigrafe, uklopne časovnike ili MTK prijemnike, koji obrazuju mernu grupu. Savremeni elektronski uređaji integrišu navedena merila (osim mernih transformatora) u istom kućištu. Za svako od ovih merila postoje metrološki standardi i uputstva o ispitivanju istih. Zakonom je regulisana obaveza tipskog ispitivanja, kao i rokovi prvog i periodičnog pregleda za brojila aktivne i reaktivne električne energije i strujne i naponske merne transformatore na obračunskim mernim mestima. Može se oceniti da je ova oblast normativno, tehnički i pravno regulisana i usaglašena u određenoj meri sa odgovarajućom evropskom regulativom, ali ne sasvim i ne na razuman način [1]. U našoj zemlji postoje laboratorije koje su opremljene potrebnom mernom opremom koja omogućava tražena ispitivanja. Postoje i stručnjaci sa znanjem i iskustvom koji mogu da obave takva ispitivanja. Reklo bi se da postoje svi potrebni uslovi da se metrološki nadzor ovih merila obavlja na propisani način, tehnički i metrološki valjano. Za očekivati je da je stanje u ovoj oblasti dobro i da nema nekih ozbiljnih problema vezanih za metrološki nadzor.

Nažalost, stanje je daleko od dobrog, a problema ima na pretek. Istraživanja urađena od strane EPS-a još daleke 2000. godine ukazala su na alarmatnu situaciju u ovoj oblasti. Preko 50 % brojila električne energije i 90 % mernih transformatora u postrojenjima EPS nije ispitivano u predviđenim rokovima [2]. Danas situacija u tom pogledu nije ni malo bolja. Sa osnovom se pretpostavlja da su povećeni gubici električne energije u distributivnoj mreži delom posledica i ovakvog metrološkog nadzora. Postoji latentna i ozbiljna pretnja da se zbog takvog stanja merila sa pravnog aspekta može osporavati i valjanost obračuna i naplate potrošene električne energije.

Metrološki nadzor od strane inspekcijских državnih službi je slab ili nedovoljan. Aktivnost Direkcije za mere i dragocene metale uglavnom se ograničava samo na proizvođače merila i metrološke laboratorije u kojima se takva merila overavaju. Metrološka inspekcija obračunskih mesta u elektrodistributivnim postrojenjima se ne obavlja, a za nju objektivno i nepostoje odgovarajući preduslovi, pravni, tehnički, kadrovski.

Metrološki nadzor nije prvi prioritet EPS. Oduvek je prvi prioritet bio da potrošači imaju električnu energiju, o kvalitetu se manje brinulo. Društvene promene poslednjih deset godina, kao i prihvatanje evropskih standarda i razmišljanja postavljaju nove zahteve u ovoj oblasti. Pitanje energetske efikasnosti i visokih gubitaka električne energije direktno je povezano sa tačnošću merenja, odnosno metrološkim nadzorom.

Metrološki nadzor, a posebno periodično overavanje merila je prilično zametan posao. Standardni postupak metrološkog nadzora koji uključuje i periodični pregled (overu) merila podrazumeva isključenje postrojenja, razvezivanje i demontažu merila, transport do ispitne laboratorije, servis merila, ispitivanje (overavanje) merila i žigosanje, potom opet transport, montažu, povezivanje i uključivanje postrojenja. Jasno je da sve to zahteva dosta rada i vremena, odnosno novca. Poseban problem je i isključenje postrojenja u periodu kontrole. Jedan od načina prevazićaženja navedenih problema je montaža i priključenje rezervnih, unapred overenih merila, umesto merila koja je potrebno ispitati. To bi zahtevalo da se raspolaze sa odgovarajućim rezervnim merilima. Problem je, što je u postrojenjima EPS vrlo veliki broj merila različitih proizvođača i tipova, pa je teško obezbediti odgovarajuću optimalnu rezervu merila, posebno danas kada se mnogi tipovi merila više i ne proizvode. Mogućnost primene drugih tipova merila veća je kod brojila električne energije, nego kod mernih transformatora, gde se osim o podudarnosti merno-tehničkih karakteristika mora voditi računa i o dimenzijama merila, načinu priključka primarnih veza i sl. Usled toga je verovatno i procenat overenih brojila električne enrgije veći nego procenat overenih mernih transformatora.

U vezi standardnog metrološkog nadzora, koji u zakonskom smislu insistira da su ugrađena merila na obračunskim mestima overena, sa važećim žigom od strane ovlašćenog organa (ovlašćene laboratorije), može se reći da to ne garantuje da je merenje električne enrgije na obračunskom mestu u propisanim (dozvoljenim) granicama greške. Merna instalacija, način priključivanja merila i eksploatacioni uslovi mogu ozbiljno degradirati ukupnu tačnost merenja električne energije. Ako se tome doda i ne retko svesna zloupotreba merila i kriminalne radnje nad merilima, može se s pravom oceniti da je postojeća praksa metrološkog nadzora obračunskih mesta slaba i nedovoljna. Istu svakako treba dopuniti određenim aktivnostima i postupcima označenim kao nestandardni metrološki nadzor.

3. NE STANDARDNI METROLOŠKI NADZOR

Postoji ceo niz merno-tehničkih aktivnosti i postupaka koji mogu doprineti podizanju tačnosti i pouzdanosti merenja električne energije. Kako isti nisu propisani ili standardizovani određenim propisima mogu se smatrati nestandardnim, prikladnim za određena merila, eksploatacione uslove i elektroenergetska postrojenja. Svakako, te aktivnosti i postupci treba da su jednoznačno definisani, ispitani i normirani određenim internim standardom ili naredbom odgovornog organa ili rukovodioca. U ovom radu prikazaće se tri postupka metrološkog nadzora koji se mogu svrstati u grupu ne standardnih, a koji su prošli eksperimentalnu proveru, tako da se već može govoriti i o nekom iskustvu u radu na terenu.

3.1 Ispitivanje brojila i mernih transformatora na terenu

Tačnost merenja električne energije zavisi kako od tačnosti električnih brojila tako i od tačnosti mernih transformatora. Tačnost mernih transformatora i brojila električne energije ispituje se prvi put prilikom njihove izrade u fabričkoj laboratoriji, a potom bi trebalo i periodično u zakonskim rokovima.

Za ispitivanje klase tačnosti brojila električne energije u terenskim uslovima razvijeni su, od strane poznatih svetskih proizvođača, posebni sofisticirani prenosni uređaji koji u svojoj modularnoj strukturi sadrže kako referentno etalonsko brojilo tako i uređaje za napajanje. Ovakvi uređaji - sistemi, zahvaljujući mogućnosti priključivanja bez razvezivanja ispitivanog brojila sa postojećeg mesta ugradnje i svojim relativno malim gabaritima, u potpunosti su prolagođeni ispitivanjima brojila aktivne i reaktivne električne energije na terenu.

Ispitivanje tačnosti mernih transformatora međutim, daleko je složenije iz više razloga. Tačnost mernih transformatora ispituje se i pri primarnim strujama i naponima koji su za 20 % veći od naznačenih, a to znači da se ponekad radi sa strujama od reda veličine kA i naponima reda stotine kV u terenskim uslovima bez fiksne elektro-instalacije, sa prenosivom prilično teškom i mernom opremom velikih dimenzija. Merna oprema mora biti prilagođena terenskim uslovima, što podrazumeva prilagođenost uslovima transporta: otpornost na vibracije, modularnost konstrukcije, manje dimenzije i težinu. Poznato je da gabariti i težina merne opreme rastu sa naznačenim primarnim strujama i naponima, a što se posebno odnosi na: napojne, regulacione i etalon transformatore, koji u tom smislu predstavljaju kritične elemente. Merna oprema za ispitivanje strujnih transformatora primarnih struja do 1000 A i naponskih transformatora primarnih napona do $110/\sqrt{3}$ kV teška je oko 1500 kg.

Sve ovo ukazuje da je ispitivanje tačnosti mernih transformatora u elektroenergetskim postrojenjima ozbiljan i složen tehnički i metrološki zadatak. Za njegovu realizaciju potrebno je ovladati mernim metodama i postupcima pogodnim za terenske uslove, raspolagati sa odgovarajućom mernom opremom i stručnim kadrom sa znanjem i iskustvom u ovoj oblasti merenja.

Problem transporta i dislokacije ovako teške i skupe merne opreme u elektroenergetskim postrojenjima je jedan od ključnih problema, koji se uglavnom rešava primenom specijalnih vozila, koncipiranih kao mobilne laboratorije za ispitivanje tačnosti mernih transformatora.

Za potrebe "Elektrostopanstva" iz Skoplja realizovana je jedna takva pokretna laboratoriju za ispitivanje tačnosti strujnih transformatora primarnih struja do 1000 A i naponskih transformatora primarnih napona do $110/\sqrt{3}$ kV. Sastavni deo ispitne opreme su i pomoćna demontažna kolica za prenos visokonaponskog napojnog i etalon transformatora unutar elektroenergetskog postrojenja. Svaki od ovih transformatora težak je po 650 kg i oni predstavljaju najteži deo ispitne merne opreme. Koncept demontažnih kolica pokazao se kao dobro rešenje u praksi, slika 1. Montažu ovih kolica, istovar i premeštanje transformatora u elektroenergetskom postrojenju mogu da obave dva čoveka za manje od petnaest minuta. Isto toliko im je potrebno za utovar i demontažu pomoćnih kolica.

3.2 Gruba kontrola obračunskih mernih mesta

Gruba kontrola obračunskih mernih mesta u elektrodistributivnoj mreži je najmanje što se može uraditi u podizanju metrološkog nadzora nad obračunskim mernim mestima, što ne znači da efekti takvog nadzora ne mogu biti i vrlo značajni. Gruba kontrola obračunskog mesta obuhvata niz aktivnosti: od vizuelnog pregleda obračunskog mesta, uvida u stanje merila i merne instalacije, do određenih ispitivanja koja treba da ukažu na grube greške u radu merila.

Vizuelnim pregledom obračunskog mesta može se utvrditi: mehaničko oštećenje merila, prisustvo žigova na njima, što ukazuje da su ista metrološki overena, postojanje odgovarajućih ispravnih plombi na propisanim mestima na merilu, postojanje nedozvoljenih zahvata na primenjenim merilima.

Određenim, relativno jednostavnim ispitivanjima (pod naponom), bez demontaže, razvezivanja i isključenja mogu se utvrditi da li postoje grube greške u radu merila i to na sledeći način:

- proverom aktuelnog vremena na uklopnom časovniku mogu se utvrditi gruba odstupanja u promeni tarifnog režima brojila;
- na obračunskim mestima naponskog nivoa 220V/380V (poluindirektna merna grupa) moguće je pomoću dvoje odgovarajućih strujnih kješta grubo proveriti naznačeni odnos transformacije primenjenih strujnih transformatora u mernoj grupi,
- na obračunskim mestima naponskog nivoa 220V/380V moguće je priključkom referentnog (etalon) brojila grubo proveriti tačnost merenja brojila aktivne i reaktivne energije kao i maksigrafa 15-minutne snage.



Slika 1. Pokretna Laboratorija za ispitivanje mernih transformatora na terenu

Ovakva ispitivanja ne mogu zameniti standardna (propisana) ispitivanja pojedinačnih merila u laboratoriji, jer se ne sprovode u propisanom opsegu merenja, niti sa odgovarajućom tačnošću, ali ista mogu efikasno utvrditi dali u radu ispitivanih merila postoje grube greške merenja (greške veće od $\pm 5\%$ od merene veličine).

Gruba kontrola obračunskih mernih mesta je inspekcijskog karaktera, a svrha joj je da otkrije eventualne neispravnosti, zloupotrebe, oštećenja i kvarove merila na obračunskim mestima. Kod svih sumljivih situacija utvrđenih ovakvom kontrolom treba zatraži standardni metrološki pregled u laboratoriji u svrhu razjašnjenja i utvrđivanja pravog stanja.

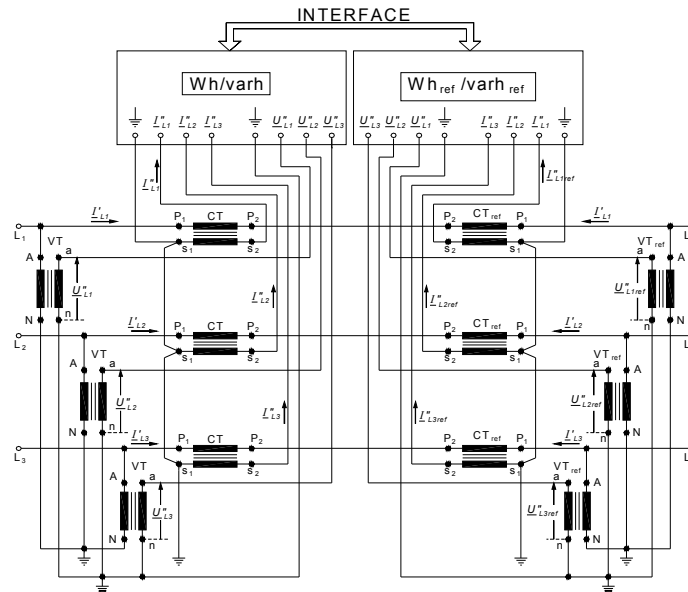
Dosadašnja iskustva sa više stotina pregledanih mernih mesta potvrđuju opravdanost grube kontrole. Pored identifikovanja neispravnih merila, neispravnih veza i merne instalacije, otkrivene su i određene zloupotrebe i nedozvoljene radnje na merilima.

3.3 Kontrola obračunskog mernog mesta referentnom mernom grupom

Koncept kontrole obračunskog mernog mesta primenom referentne merne grupe prikazan je na slici 2. U prikazanoj blok šemi nedostaje uklopní časovnik, ali za razmatranu kontrolu tačnosti merne grupe to je potpuno irelevantno. Kontrola tačnosti uklopnih časovnika se obavlja prema referentnom časovniku i ne predstavlja veći metrološki problem.

Kao što se sa slike vidi strukturu merne grupe čine brojila aktivne i reaktivne električne energije, kao i naponski i strujni merni transformatori. Za kontrolu tačnosti takve merne grupe neophodno bi bilo instalirati referentnu mernu grupu pod istim naponskim i strujnim uslovima i to bez demontaže i razvezivanja postojeće kontrolisane merne grupe. Ovakav koncept kontrole tačnosti merne grupe može se razmatrati sa više aspekta: tehničke izvodljivosti, metrološke saglasnosti, bezbednosti rada i zakonske regulative.

Realizacija referentne merne grupe na mestu postojeće kontrolisane merne grupe je izvesno tehnički moguća. Pitanje je samo optimalnosti odabranog rešenja, a to u mnogome zavisi i od konkretnog elektrodistributivnog postrojenja. Na primer, ako se radi o niskonaponskom postrojenju 220 V / 380 V, tada se struktura referentne merne grupe pojednostavljuje, odnosno redukuje za naponske merne transformatore. Postavljanje naponskih mernih priključaka, kao i strujnih klješta ili strujnih transformatora sa rastavljivim magnetnim kolom je praktično moguća bez isključenja napona elektroenergetskog postrojenja. I kod viših napona to je takođe moguće ali uz niz preduzetih bezbedonosnih mera.



Slika 2. Ispitivanje merne grupe referentnom mernom grupom

Metrološka saglasnost podrazumeva da je referentna merna grupa bar tri do pet puta tačnija od kontrolisane merne grupe. U elektrodistributivnim postrojenjima klase tačnosti primenjenih brojila i mernih transformatora su uglavnom kalse 0,5. Prema navedenoj metrološkoj saglasnosti bilo bi poželjno da klasa tačnosti mernih transformatora i brojila u referentnoj mernoj grupi bude bolja od 0,2. Detaljnija analiza pokazala bi da su strujni transformatori kritični elementi.

Bezbednost i pouzdanost rada je nesumljivo od primarne važnosti kao u ostalom i u svakom drugom merenju na visokom naponu. Podrazumeva se da svi elementi takve referentne merne grupe maraju biti analizirani i ispitani sa stanovišta pouzdanosti i bezbednosti rada.

Predloženi koncept kontrole tačnosti mernih grupa u elektrodistributivnim postrojenjima nema formalno pokriće ni u jednom međunarodnom ili nacionalnom propisu zakonske metrologije. To ne treba da čudi, jer donošenju bilo kojih metroloških standarda i preporuka, predhodi razrešenje tehničkih problema vezanih za realizaciju i primenu. Da potrebe i interes za ovakvim načinom metrološkog nadzora mernih grupa u elektroenergetskim postrojenjima postoji, svedoče i istraživanja koja se u ovom pravcu sprovode u nizu svetskih laboratorija [3, 4].

ZAKLJUČAK

Stanje metrološkog nadzora obračunskih mesta u elektrodistributivnom sistemu Srbije nije zadovoljavajuće. Zakonske obaveze ne ispunjavaju se u potpunosti, a propisani standardni postupci metrološkog nadzora ne sprovode se ni u obimu ni po kvalitetu koji bi odgovarao jednom tako tehnički i ekonomski značajnom energetsom sistemu.

Popravljanje stanja u ovoj oblasti je nesumljivo moguće i za to postoji niz mogućnosti, kako primenom standardnih postupaka, tako i onih koji su označeni kao ne standardni. U radu su prikazani neki od takvih nestandardnih postupaka metrološkog nadzora za koje postoje određena iskustva iz prakse i za koje autori smatraju da mogu dati pozitivne efekte u ovoj oblasti.

LITERATURA

1. D. Naumović-Vuković, T. Cincar-Vujović, R. Dereta, 2003., "Direktiva evropskog Parlamenta i Saveta o mernim instrumentima u oblasti mernih transformatora i brojila električne energije", Zbornik radova, Četvrti kongres metrologa Jugoslavije, Beograd
2. G. Vuković, T. Petrović, 2000., „Anliza stanja metrologije u JP Elektroprivreda Srbije sa predlogom mera“, Služba za metrologiju, Centar za kvalitet, JP Elektroprivreda Srbije, Beograd
3. P. Mazza, N. Kuljaca, G. Crotti, A. Sardi, G. De Dona, U. Brand, M. Giraud, A. Andersson, S. Weiss, 2006 "On-site Live Verification of HV Instrument Transformer Accuracy, CIGRE session 2006, paper A3-204
4. A. Rautiainen, P. Helisto, T. mansten, H. Seppa, 2002., "50 Hz Current Measurements with Rogowski Coils", in Proceedings of CPEM 2002, pp. 230–231

*Dragana Naumović-Vuković, Elektrotehnički institut „Nikola Tesla“ Beograd, Koste Glavinića 8a,
dragananv@ieent.org, tel. 0113952015*