

Kristijan Jurilj
HEP ODS d.o.o. Elektroprimorje Rijeka
kristijan.jurilj@hep.hr

PRAVILNA USKLAĐENOST MJERNE OPREME KAO OSNOVNI PREDUVJET ZA TOČNOST OBRAČUNSKOG MJERENJA

SAŽETAK

Jedan od osnovnih i glavnih preduvjeta za točnost obračunskih mjerenja je pravilno usklađivanje mjerne opreme na mjernom mjestu, a ovisno o tehničkim karakteristikama cjelokupnog obračunskog mjernog mjesta i pojedinih slogova istog.

Rad obrađuje iskustva iz prakse i utjecaj mjernih transformatora na ukupno izmjerenu isporučenu električnu energiju krajnjem kupcu električne energije. Skrenuta je pozornost na nedostatke i uobičajene greške u radu mjerne opreme, počevši od mjernih transformatora na srednjem ili niskom naponu, pa sve do brojila električne energije, a imajući u vidu problematiku gubitaka električne energije, koja je uvijek je vrlo aktualna, a određuje se temeljem mjerenja električne energije na obračunskim mjernim mjestima

Ključne riječi: (mjerni transformator, gubici električne energije, mjerna oprema, kontrola mjerne opreme)

THE RIGHT COMPATIBILITY OF THE MEASURING EQUIPMENT AS A BASIC PRESENCE FOR THE ACCURACY OF THE MEASURING PLACE

SUMMARY

One of the basic and main prerequisites for the achievement of expected metering accuracy is the correct alignment of the metering equipment at the metering point, depending on the technical characteristics of the entire metering point and individual elements.

The paper deals with practical experiences and the impact of metering transformers on the total measured electrical energy delivered to the end customer. Attention has been drawn to the shortcomings and common errors in the operation of measuring equipment, ranging from measuring transformers at medium to low voltage, up to electricity meters, and having regard to the problem of electricity losses, which is always actual and determined on the basis of electricity metering at the metering spot.

Key-words: (measuring transformer, electric power losses, measuring equipment, metering equipment control)

1. UVOD

Mjerna oprema na obračunskom mjernom mjestu sastoji se od odgovarajuće kombinacije zakonitih mjerila, mjernih i spojnih vodova, uređaja za upravljanje tarifama, komunikacijskih uređaja, osiguračkih uređaja i ostale mjerne opreme, a služe za mjerenje obračunskih veličina poput radne i jalove energije, snage i vremena. Izmjerene obračunske veličine imaju svoje novčane ekvivalente i predmet su kupoprodajnih odnosa između proizvođača el. energije, operatora sustava, opskrbljivača i krajnjih kupaca zbog čega moraju biti valjano izmjerene u granicama točnosti.

Mjerenje električne energije je osnovno i najraširenije mjerenje, svaki krajnji kupac el. energije od mjerene opreme ima minimalno mjerni uređaj za mjerenje utrošene energije, tj. brojilo. Ono je i najbrojnije mjerilo od svih mjerila koja podliježu zakonskom mjeriteljstvu; u Hrvatskoj ih ima blizu 2,5 milijuna! Ovaj čimbenik dovoljno govori o značaju brojila, odnosu mjerene opreme na obračunskim mjernim mjestima [1].

Svaka pogreška mjerenja u sustavu opskrbe el. energijom krajnjih kupaca ili događaj vezan uz njih pomnožen sa ovom ogromnom brojkom daje vrtoglave iznose i stoga je i opravdana skrb koju im posvećuju zakonodavci, operatori distribucijskog sustava i kupci električne energije kako diljem Hrvatske, tako i svijeta.

Jedan od čimbenika koji imaju veliki utjecaj na gubitke koji se stvaraju operatoru distribucijskog sustava je i neusklađenost te mjerne opreme na obračunskim mjernim mjestima. Riječ je o neodgovarajućim presjecima naponskih i strujnih mjernih vodova, preopterećeni i/ili podopterećeni strujni mjerni transformatori, strujni mjerni transformatori neodgovarajućeg razreda točnosti, a o čemu je potrebno posvećivati posebnu pozornost poglavito ukoliko kod operatora sustava gubici nisu na zadovoljavajućoj razini [2]. Također, značajni utjecaj ima i činjenica da što je veći broj elemenata uključen u pojedinu vrstu mjerenja, to se vjerojatnost pogreške tog mjerenja znatno povećava, a poglavito ako oprema pojedinog mjerenja nije usklađena na način da se utjecaj pojedinog elementa na ostale elemente i konačni rezultat mjerenja svede na minimum.

2. OPĆENITO O MJERNOJ OPREMI

2.1. Mjerni transformatori

2.1.1. Općenito o mjernim transformatorima

Osnovna namjena mjernih transformatora je sniziti vrijednosti napona i struja na iznose prikladne mjerenju, a s ciljem kako bi se povećao opseg obračunskih mjerenja.

Mjerni transformatori se kao i energetski, sastoje od feromagnetne jezgre, te primarnog i sekundarnog namota. Primarni namot se priključuje izravno u energetsku mrežu, dok se na sekundarni namot priključuju mjerni uređaji.

Prema vrsti mjerene električne veličine, razlikujemo strujne i naponske mjerne transformatore, od kojih se primarni namoti strujnih mjernih transformatora priključuju serijski, a primarni namoti naponskih mjernih transformatora se spajaju paralelno.

2.1.2. Strujni mjerni transformatori

Strujni mjerni transformatori imaju za zadatak smanjiti struju koju krajnji kupac postiže u razmjeru prijenosnog omjera, a na iznos prikladan mjernom uređaju, odnosno brojilu.

Najvažniji pojmovi vezani uz strujne mjerne transformatore, a bitne za odabir istih su:

Nazivna struja I_n je primarna, odnosno sekundarna struja navedena na natpisnoj pločici. Operator distribucijskog sustava za obračunska mjerenja nazivna sekundarna struja je redovito 5A. Primarna nazivna struja se odabire temeljem planiranog vršnog opterećenja koje će se postizati na obračunskom mjernom mjestu te je primjer izbora primarne struje strujnog mjernog transformatora prikazan u tablici I.

Najviši pogonski napon mreže je najviša efektivna vrijednost linijskog napona koji se pojavljuje u bilo kojem trenutku i na bilo kojoj točki mreže u normalnim pogonskim uvjetima. Ta vrijednost ne uzima u obzir prolazne smetnje, odnosno prolazne promjene napona zbog naglog uključivanja/isključivanja velikih tereta.

Tablica I. Primjer izbora primarne struje strujnog mjernog transformatora za $U_n=10$ kV, $\cos\varphi=0,95$

						ext.	ext.	ext.
Primarno opterećenje (% I_n)	1	5	10	20	100	120	150	200
I_n primarna (A)	P (kW)							
10	2	8	16	33	165	197	247	329
12,5	2	10	21	41	206	247	309	411
15	2	12	25	49	247	296	370	494
20	3	16	33	66	329	395	494	658
25	4	21	41	82	411	494	617	823
30	5	25	49	99	494	592	740	987
40	7	33	66	132	658	790	987	1.316
50	8	41	82	165	823	987	1.234	1.645
60	10	49	99	197	987	1.185	1.481	1.975
75	12	62	123	247	1.234	1.481	1.851	2.468
80	13	66	132	263	1.316	1.580	1.975	2.633
100	16	82	165	329	1.645	1.975	2.468	3.291
125	21	103	206	411	2.057	2.468	3.085	4.114
150	25	123	247	494	2.468	2.962	3.702	4.936
200	33	165	329	658	3.291	3.949	4.936	6.582
250	41	206	411	823	4.114	4.936	6.170	8.227
300	49	247	494	987	4.936	5.924	7.405	9.873

Nazivna snaga S_n je prividna snaga u VA uz određeni faktor snage koju strujni mjerni transformator može davati sekundarnom krugu kod nazivne sekundarne struje i nazivnog tereta. Nazivnu snagu treba odrediti iz tereta priključena na sekundarni namot, tj. iz mjernih vodova i mjernih uređaja tako da kod maksimalne struje ukupni priključeni teret bude između 25% i 100% nazivne snage. Ako se na npr. na strujni transformator priključi teret veći od nazivnog, povećava se njegova strujna i kutna pogreška.

Faktor sigurnosti F_s je onaj višekratnik primarne nazivne struje kod koje priključeni teret uzrokuje strujnu grešku (zbog zasićenosti feromagnetske jezgre jezgre) od 10%.

Kutna ili fazna pogreška δ , je fazni pomak (izražen u kutnim minutama) vektora sekundarne struje prema vektoru primarne struje. Fazna se pogreška računa tako da bi kod savršenog strujnog mjernog transformatora bila 0° . Fazna je pogreška pozitivna kada vektor sekundarne struje prethodi vektoru primarne struje.

Strujna pogreška ΔI (kod neke primarne struje) je postotno odstupanje umnoška sekundarne struje i prijenosnog omjera transformacije od primarne struje te je ista pozitivna ako je stvarna vrijednost sekundarne struje veća od idealne vrijednosti, tj. od sekundarne struje koja bi kod primarne struje tekla sekundarnim strujnim krugom kad bi strujni mjerni transformator bio savršeno točan.

Razred točnosti strujnih mjernih transformatora označava granične vrijednosti struje i kutne pogreške. Sukladno tome se strujni mjerni transformatori razvrstavaju u razrede u kojima strujna i kutna pogreška ne smiju premašiti definirane vrijednosti.

2.1.3. Naponski mjerni transformatori

Naponski mjerni transformatori imaju za zadatak smanjiti napon kod krajnjeg kupca na SN-u i/ili VN-u snizi u razmjeru prijenosnog omjera, a na iznos prikladan mjernom uređaju, odnosno brojilu.

Najvažniji pojmovi vezani uz naponske mjerne transformatore, a bitne za odabir istih su:

Nazivni napon U_n je primarni, odnosno sekundarni napon naveden na natpisnoj pločici, a odgovara faznom naponu trofaznog sustava, a označuje se kao linijski napon podijeljen sa $\sqrt{3}$ (jednopolno izolirani naponski mjerni transformatori). Sekundarni nazivni napon kod jednopolno izoliranih mjernih transformatora koji se u distribuciji koriste za obračunska mjerenja, uobičajeno je $100/\sqrt{3}$.

Nazivna snaga S_n je prividna snaga u VA koju naponski mjerni transformator može davati sekundarnom krugu kod nazivnog napona i nazivnog tereta, a normirane vrijednosti su 10, 15, 30,VA.

Granična snaga je ona prividna snaga u VA koju naponski mjerni transformator može trajno davati kod nazivnog napona, a da se ne premaši dozvoljeno povišenje temperature. **Važnost ovog pojma biti će spomenuta u nastavku.**

Naponska pogreška ΔU (kod nekog primarnog napona – napona na primarnim stezaljkama) je postotno odstupanje umnoška sekundarnog napona i nazivnog prijenosnog omjera od primarnog napona, te je ista pozitivna ako je stvarna vrijednost napona veća od idealne vrijednosti, tj. od sekundarnog napona koji bi se kod primarnog napona pojavio na sekundarnim stezaljkama savršeno točnog naponskog mjernog transformatora.

Kutna pogreška δ_n je fazni pomak vektora sekundarnog namota prema vektoru primarnog napona.

2.2. Mjerni vodovi

Pogreška nastala u obračunskom mjerenju nije samo pogreška zbog kretanja točnosti unutar deklariranih granica točnosti brojila ili mjernih transformatora, nego je riječ o zbroju pogrešaka svih pojedinih dijelova mjernih slogova, pa tako i pogrešaka nastalih u ili zbog mjernih vodova, a na što možemo utjecati kako bi smo je smanjili.

2.2.1. Naponski mjerni vodovi

Za naponske mjerne vodove treba koristiti kabele (vodiče) slične vodičima tipa/izvedbe NYCY koji se polažu na način predviđen propisom za tu vrstu vodiča. Posebnu pozornost treba obratiti u slučajevima kada su naponski mjerni vodovi položeni u blizini i/ili usporedno s energetskim kabelima, kada ih treba položiti u cijevi čime se štite od stranih električnih i magnetnih polja.

2.2.1. Strujni mjerni vodovi

Strujni mjerni vodovi koji spajaju sekundarne stezaljke strujnih mjernih transformatora sa mjerilima el. energije znatno mogu utjecati na točnost mjernih transformatora. Kao što je prije napomenuto, oni su jedan dio sekundarnog tereta, koji je u seriji sa strujnim granama mjerila priključen na sekundar strujnog mjernog transformatora.

Kod strujnih mjernih transformatora točnost ostaje u granicama razreda točnosti samo kod određenih vrijednosti sekundarnog tereta, tj. samo ukoliko je vrijednost sekundarnog tereta u granicama od 25% i 100% nazivnog tereta uz faktor $\cos\varphi=0,8$. To znači da u slučaju pada sekundarnog tereta ispod, odnosno povećanju sekundarnog tereta iznad spomenutih granica, pogreška strujnog mjernog transformatora može prijeći maksimalno dozvoljene vrijednosti određene razredom točnosti.

3. PRAVILNO USKLAĐIVANJE MJERNE OPREME I POSLJEDICE NEUSKLAĐENOSTI

3.1. Mjerni transformatori

Kao što je već spomenuto, jedan od velikih čimbenika koji imaju utjecaj na gubitke koji se stvaraju operatoru distribucijskog sustava je i neusklađenost mjernih transformatora i mjernih vodova na obračunskim mjernim mjestima. Riječ je o preopterećenosti i/ili podopterećenosti strujnih mjernih transformatora, strujni mjerni transformatori neodgovarajućeg razreda točnosti, itd.

3.1.1. Usklađenje strujnih mjernih transformatora

U Tablici II je prikazan primjer opterećenosti strujnih mjernih transformatora na području Elektroprimorja Rijeka, na uzorku od 1.000 mjernih mjesta tijekom tri godine.

Tablica II. Prikaz opterećenosti strujnih mjernih transformatora tijekom 2013., 2014. i 2015. godine

r.br.	maksimalna opterećenost SMT	broj OMM	udio u ukupnom broju	broj OMM	udio u ukupnom broju	broj OMM	udio u ukupnom broju
	[%]	[kom]	[%]	[kom]	[%]	[kom]	[%]
		2013. godina		2014. godina		2015. godina	
1.	0-10	92	9,2%	78	7,8%	26	2,6%
2.	10-25	197	19,7%	132	13,2%	119	11,9%
3.	25-50	355	35,5%	360	36,0%	368	36,8%
4.	50-100	311	31,1%	384	38,4%	396	39,6%
5.	100-120	45	4,5%	46	4,6%	39	3,9%

U tablici je razvidno kako je zaključno sa 2015. godinom bilo 14,5% strujnih mjernih transformatora koji su u vrijeme najvećeg izmjerenog vršnog opterećenja tijekom jedne godine još uvijek bili opterećeni manje od 25%. Osvrtom na tablicu je također, razvidno i da je dvije godine ranije taj postotak bio 14% veći, a razlog tog smanjenja je rezultat rekonstrukcija mjernih mjesta iz poluizravnog u izravni spoj, prespajanje strujnih mjernih transformatora na manji prijenosni omjer kod mjerenja na SN obračunskim mjernim mjestima. Iz tablice je razvidno i da je tijekom prethodnog perioda došlo i do smanjenja mjernih mjesta u poluizravnom ili neizravnom spoju kao rezultat uređenja obračunskih mjernih mjesta. Na dan 31.12.2017. godine u mreži preostalo još 86 mjernih mjesta sa strujnim mjernim transformatorima prijenosnog omjera 75/5 [A].

Kao što je već prije spomenuto, kod strujnih mjernih transformatora točnost ostaje u granicama razreda točnosti samo kod određenih vrijednosti sekundarnog tereta, tj. samo ukoliko je vrijednost sekundarnog tereta u granicama od 25% i 100% nazivnog tereta uz faktor $\cos\varphi=0,8$.

3.1.2. Usklađenje naponskih mjernih transformatora

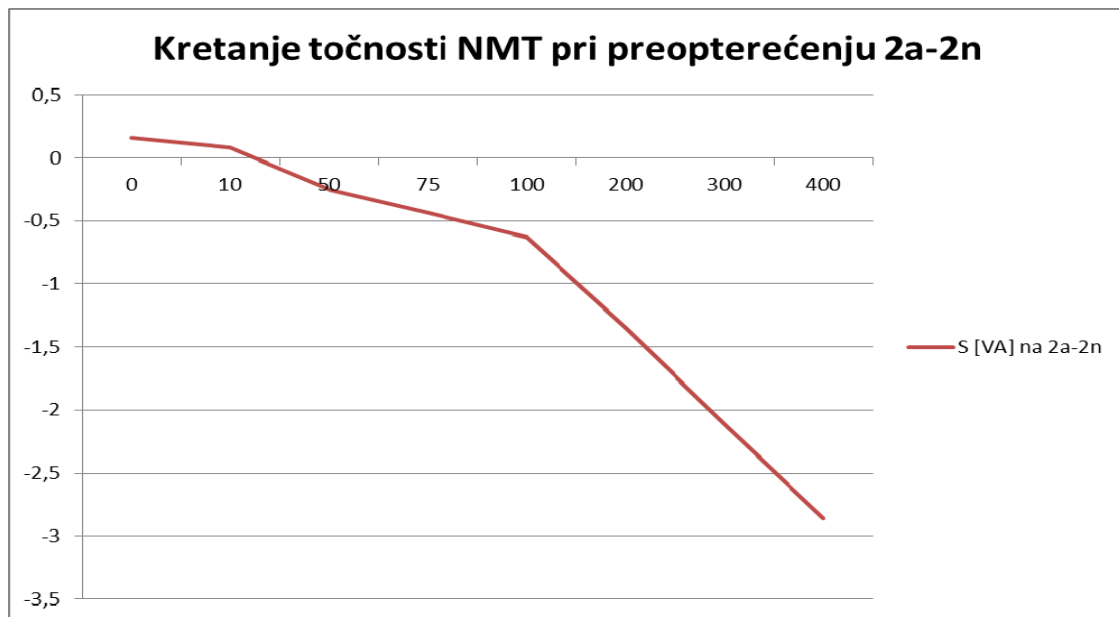
Jedna od bitni karakteristika naponskih mjernih transformatora je *granična snaga* koju naponski mjerni transformator može trajno davati kod nazivnog napona, a da se ne premaši dozvoljeno povišenje temperature. Ova karakteristika je izrazito bitna u slučajevima kada se koriste naponski mjerni transformatori sa dva namota (ne gledajući tercijar) od kojih je jedan sekundarni namot za obračunska mjerenja, a drugi sekundarni namot se daje na raspolaganje korisniku za interne potrebe npr. praćenja kvalitete.

Svi naponski mjerni transformatori se ispituju prema normi IEC 61869-3, gdje se prvo mjerenje izvodi kada je prvi sekundarni namot 1a-1n opterećen s 25 % svog nazivnog tereta i u isto vrijeme drugi sekundarni namot 2a-2n je opterećen s 0 VA. Treći sekundarni namot je predviđen za spajanje u trokut i nema utjecaja na točnost pa je opterećen s 0VA.

Drugo mjerenje se izvodi kada je taj sekundarni namot opterećen s 100 % svog nazivnog tereta i u isto vrijeme drugi sekundarni namot 2a-2n je opterećen s 100 % svog nazivnog tereta. Treći sekundarni namot je predviđen za spajanje u trokut i nema utjecaja na točnost pa je opterećen s 0VA. [4]

Ako izađemo izvan normi za ispitivanje i pristupimo ispitivanju na način da pokušamo utvrditi međeutjecaj jednog mjernog namota na drugi, koristeći konstrukcijske karakteristike na način da mjerni transformator može biti u trajnom pogonu dolazimo do pitanja: možemo li utjecati na točnost obračunskog mjerenja?

Testiranje naponskog mjernog transformatora obavljeno u ovlaštenom laboratoriju pokazalo je da se može utjecati na preko jednog sekundarnog namota na drugi, pri čemu ga s deklarirane pogreške od +/- 0,5% dovedemo na pogrešku -2,94 %, što je prikazano na slici 1..



Slika 1. Prikaz kretanja točnosti NMT pri opterećivanju namota 2a-2n do granične snage

Kako?

Konstrukcijske karakteristike ispitivanog naponskog mjernog transformatora su:

- Klasa točnosti = 0,5
- Nazivni napon = $10/\sqrt{3} / 0,1/\sqrt{3}$ kV
- Nazivna snaga prvog namota = 10 VA
- Nazivna snaga drugog namota = 10 VA
- Deklarirana granična snaga = 400 VA.

Opterećivanjem drugog namota na naponskom mjernom transformatoru preko deklarirane nazivne snage do maksimalne granične snage dokazano je da možemo utjecati na točnost obračunskog mjerenja čime se operatoru sustava mogu znatno povećati gubici.

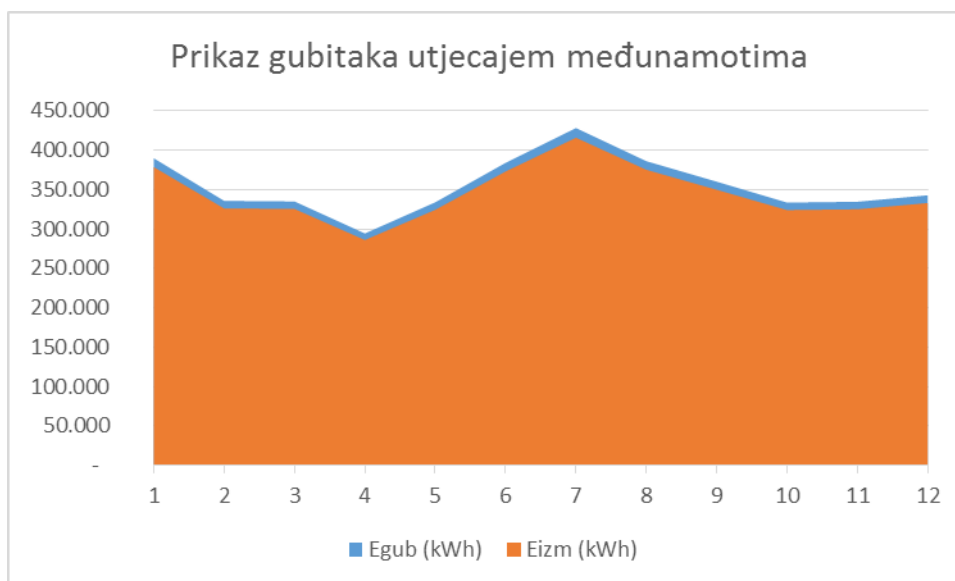
Prema postupku povećavanja tereta na drugom sekundarnom namotu, prvi sekundarni namot koji je deklariran r.t.=0,5 (prema normi) pokazao je netočnost, a koraci povećanja snage na drugom sekundarnom namotu sa pogreškom na prvom sekundarnom namotu su prikazani u tablici III

Tablica III. Prikaz odstupanja točnosti na 1a-1n namotu utjecajem preko namota 2a-2n

(1a-1n)	(1a-1n)	(1a-1n)	(2a-2n)
δ (min)	p(%)	S [VA]	S [VA]
1,8	0,16	2,5	0
0,5	0,08	2,5	10
- 4,3	-0,25	2,5	50
- 7,3	-0,44	2,5	75
- 10,3	-0,63	2,5	100
- 22,7	-1,35	2,5	200
- 34,4	-2,11	2,5	300
- 46,0	-2,86	2,5	400

Kako bi se prikazala važnost i ozbiljnost problema mogućeg utjecanja na mjerenje preko drugog sekundarnog namota u slučajevima kada se isti naponski mjerni transformatori koriste za obračunsko mjerenje i za potrebe korisnika, na slici 2 su grafički prikazani mogući gubici kod jednog prosječnog srednjenaponskog krajnjeg kupca koji ima godišnju potrošnju 4.200.000, 00 kWh, dok tablica IV prikazuje numeričku vrijednost gubitaka na istom obračunskom mjernom mjestu.

Simulacija gubitaka je prikazana za vrijednost kada je drugi sekundarni namot bio opterećen maksimalnom graničnom snagom, bez da se prijeđe granično zagrijavanje i pri nazivnom primarnom naponu $U/U_n = 1,0$. Prvi sekundarni namot je bio opterećen nazivnim teretom od 2,5 VA što odgovara brojilu snage 2,1 VA po fazi i spojenom komunikacijskom uređaju.



Slika 2. Prikaz udjela gubitak utjecanjem na obračunsko mjerenje

Tablica IV. Numerički prikaz udjela gubitak utjecanjem na obračunsko mjerenje

mjesec	Egub	Eizm
	kWh	kWh
1	11.146	378.572
2	9.600	326.064
3	9.581	325.430
4	8.419	285.952
5	9.550	324.354
6	10.982	373.002
7	12.245	415.918
8	11.044	375.100
9	10.299	349.813
10	9.539	323.978
11	9.568	324.988
12	9.803	332.974
Ukupno	121.777	4.136.144

Na slici 2 i u tablici IV E_{gub} predstavlja gubitak, odnosno neizmjerenu električnu energiju zbog utjecaja preko drugog sekundarnog namota, dok E_{izm} označava izmjerenu količinu el. energije.

U ovom djelu je potrebno samo spomenuti kako u razmatranje nisu uzeti utjecaji opterećenja na sekundarnom namotu koji je predviđen za spajanje u trokut jer su testiranja vršena sa teretom od 0 VA na njemu, iako se zadnje vrijeme u el. projektima koji obuhvaćaju obračunska mjerna mjesta na srednjem naponu sve više koristi za zaštitu.

3.2. Mjerni vodovi

Kao nepisano pravilo u tehničkim uputama i u projektima koji obuhvaćaju rekonstrukcije postojećih mjerni mjesta ili nova mjerna mjesta, za naponske mjerne vodove definiraju se vodiči presjeka $1,5 \text{ mm}^2$, dok se za strujne mjerne vodove definiraju vodiči presjeka $2,5 \text{ mm}^2$ ili 4 mm^2 , ovisno o udaljenosti brojila od mjernog transformatora. Nigdje se ne sagledava današnji problem malog tereta, odnosno nedostatne opterećenosti mjernih transformatora uslijed povlačenja iz uporabe kombinacije elektromehaničkih brojila radne i jalove energije koji su bili dovoljan teret za mjerne transformatore. Današnja napredna brojila imaju deklariran teret od oko 2W po fazi, što znači da samo brojilo i pri odabiru pravilne nazivne snage mjernog transformatora bez točnog izračuna presjeka mjernog voda može utjecati na povećanje gubitaka el. energije na određenom mjernom mjestu, a ne spominjući česti problem ugradnje mjernih transformatora nazivne snage višestruko veće nego što bi trebala biti za namot koji služi obračunskom mjerenju (15 ili 30 VA).

3.3. Provjera usklađenosti mjerne opreme

Imajući u vidu sve navedeno, u nastavku su prikazane formule po kojima bi se temeljem ugrađenog brojila i ugrađenih mjernih transformatora trebala izvršiti usklađenost ugrađene/projektirane mjerne opreme.

a. Proračun i provjera optimiziranosti strujnog mjernog kruga:

Potrošak priključnog kabela P_k iznosi:

$$P_k = I_n^2 \cdot 2 \cdot \rho \cdot l / A = \quad [\text{VA}] \quad (1)$$

gdje su:

ρ - specifični otpor vodiča;
 l - duljina kabela;
 A - presjek kabela;

Ukupni potrošak strujnog mjernog transformatora za mjerenje električne energije iznosi:

$$P_{uk} = P_{br} + P_k = \quad [\text{VA}] \quad (2)$$

gdje su:

P_{uk} – ukupni utrošak strujnog mjernog transformatora,
 P_{br} – potrošak brojila
 P_k – potrošak priključnog kabela

Ukupni potrošak P_{uk} je zadovoljavajući ukoliko je u granicama 25% do 100% nazivne snage strujnog mjernog transformatora (npr., 2,5 - 10VA), što znači da je strujni mjerni transformator opterećen teretom koji osigurava mjerenje u deklariranoj klasi točnosti. U protivnom je riječ o pogrešno konstrukcijski odabranom strujnom mjernom transformatoru ili u bi se slučaju zanemarivog odstupanja povećanjem/smanjenjem presjeka vodiča trebalo izvršiti korekciju tereta.

b. Proračun i provjera optimiziranosti pada napona na namotu koji se koristi za obračunsko mjerenje:

Kod naponskih mjernih transformatora također je potrebno napraviti kontrolu, ali na dopušteni pad napon gdje se proračunava pad napona naponskih mjernih vodova po formuli:

Pad napona naponskih mjernih krugova iznosi:

$$u\% = \frac{2 \cdot P \cdot l \cdot \rho}{U^2 \cdot A} \cdot 100 = \quad [\%] \quad (3)$$

gdje su:

ρ - specifični otpor;
 l - duljina kabela;
 A - presjek kabela;
 P - potrošak naponskih grana brojila;

Dakle, iz ovoga se može zaključiti da ukoliko je pad napona u naponskim mjernim krugovima za mjerenje električne energije manji od dopuštenog, ti naponski mjerni transformatori zadovoljavaju. U protivnom bi trebalo promjenom presjekom vodiča uskladiti pad napona.

4. ZAKLJUČAK

U referatu je iznesen samo dio činjenica bitnih za pravilno usklađivanje mjerne opreme koje je preduvjet za točnost obračunskog mjerenja, a čime se uopće nije zagrebalo po površini problema niti načinu kako doskočiti gubicima. Želja je bila pokazati kako se preko neispravno usklađene mjerne opreme operatora distribucijskog sustava mogu povećati gubici el. energije, ali i kako se može utjecati na točnost mjerenja omogućavajući korištenje preostalih sekundarnih namota za druge potrebe.

Temeljem prikazanih podataka i izuzetno malog dijela analiza pokazana je potreba da se u još većoj mjeri pristupi konkretnim analizama i izradama detaljnih uputa, programa i smjernica te nadzoru nad provedbom mjera za smanjenje gubitaka. Zašto su u referatu obrađeni ovi mogući gubici? Zato što su gubici veliko područje koje se u jednom referatu ne može obraditi u cjelokupnom pogledu, nego je ovo dio gubitaka na koji se može utjecati bez investicijskih ulaganja, tj. zato što je ovo područje gledajući sa tehno-ekonomskog aspekta „*besplatno*“, a učinkovito u pogledu smanjenju gubitaka.

Operator sustava svakako treba razmisliti da li će kao i do sada velikodušno pristajati na ugradnju naponskih mjernih transformatora sa više sekundarnih namota u obračunska mjerenja od kojih će druge ustupati na korištenje ili će poduzeti sve mjere za smanjenje gubitaka el. energije.

5. LITERATURA

- [1] Vojislav Uzelac, "Obračunska mjerenja u elektrodistribuciji", Tisak „Zambelli“ d.o.o., ožujak 2000.
- [2] Kristijan Jurilj, "Programi i mjere za smanjivanje gubitaka električne energije", 5(11) savjetovanje CIRED, Osijek, Hrvatska, svibanj 2016. SO6-27
- [3] Bilten 246, „Tehnički uvjeti za obračunska mjerna mjesta u nadležnosti HEP ODS-a“, listopad 2011.
- [4] HRN EN 61869-3:2012, Mjerni transformatori -3. Dio: dodatni zahtjevi za induktivne naponske transformatore (IEC 61869-3:2011; EN 61869-3:2011)