

Na osnovu člana 4. stav 2, člana 21. stav 2. Zakona o mjeriteljstvu Bosne i Hercegovine ("Službeni glasnik BiH", broj 19/01), člana 7. stav 1. tačka a), i člana 9. stav 2. Zakona o osnivanju Instituta za mjeriteljstvo Bosne i Hercegovine ("Službeni glasnik BiH", broj 43/04), a u vezi sa članom 16. Zakona o upravi ("Službeni glasnik BiH", br: 32/02, 102/09 i 72/17), direktor Instituta za mjeriteljstvo Bosne i Hercegovine donosi

PRAVILNIK

O MJERNIM TRANSFORMATORIMA KOJI SE KORISTE ZA OBRAČUN ELEKTRIČNE ENERGIJE

I. OPŠTE ODREDBE

Član 1. (Predmet)

Ovim Pravilnikom propisuju se mjeriteljski uslovi za mjerne transformatore koji se koriste za obračun električne energije (u daljem tekstu: mjerni transformatori), njihovu verifikaciju, označavanje, način ocjenjivanja usklađenosti te uslovi i način mjeriteljskog nadzora nad mjernim transformatorima koja su u upotrebi.

Član 2. (Primjena)

- (1) Ovaj Pravilnik primjenjuje se na mjerne transformatore u kojima naizmjenične struje, frekvencije 50 Hz.
- (2) Pod mjernim transformatorom, u smislu ovog Pravilnika, podrazumjevaju se:
 - a) strujni mjerni transformator;
 - b) strujni mjerni transformator sa proširenim mjernim opsegom;
 - c) grupa strujnih mjernih transformatora, izrađena kao cjelina od dva ili tri strujna mjerna transformatora;
 - d) naponski mjerni transformator;
 - e) naponski mjerni transformator, dvopolno izolovan, pojedinačan, ili dva transformatora u V-spoju, u zajedničkom kućištu sa tri izolatora;
 - f) kapacitivni naponski mjerni transformator;
 - g) kombinovani mjerni transformator izrađen kao cjelina od jednog strujnog mjernog transformatora i jednog naponskog mjernog transformatora jednodopolno izolovanog u zajedničkom kućištu;
 - h) grupa mjernih transformatora izrađena kao cjelina od dva ili tri strujna mjerna transformatora, sa dva ili tri naponska mjerna transformatora u zajedničkom kućištu.

Član 3. (Termini i definicije)

- (1) Pojedini izrazi koji se upotrebljavaju u ovom Pravilniku imaju sljedeće značenje:
 - a) **Mjerni transformator** je transformator čija je namjena da prilagode mjerne signale sa konstantnim permosnim odnosom i gotovo bez faznog pomaka, na nivo signala prikladan za napjanje mjernih instrumentima, mjerila električne energije, zaštitnih ili kontrolnih uređaja;
 - b) **Strujni mjerni transformator (SMT)** je transformator čija je sekundarna struja, u normalnom radu, približno proporcionalna primarnoj struji i približno sa njom u fazi;
 - c) **Naponski mjerni transformator (NMT)** je transformator čija je sekundarni napon, u normalnom radu, približno proporcionalan primarnom naponu i približno sa njim u fazi;

- d) **Nazivna primarna struja (I_{pn})** je vrijednost primarne struje koja se upisuje na natpisnu pločicu i prema kojoj se određuju osobine transformatora;
 - e) **Nazivna sekundarna struja (I_{sn})** je vrijednost sekundarne struje koja se upisuje na natpisnu pločicu i prema kojoj se određuju osobine transformatora;
 - f) **Nazivna primarni napon (V_{pn})** je vrijednost primarnog napona koja se upisuje na natpisnu pločicu i prema kojoj se određuju osobine transformatora;
 - g) **Nazivna sekundarni napon (V_{sn})** je vrijednost sekundarnog napona koja se upisuje na natpisnu pločicu i prema kojoj se određuju osobine transformatora;
 - h) **Nazivni odnos transformacije (K_n)** je odnos između nazivne primarne struje (napona i nazivne sekundarne struje (napona);
 - i) **Strujna/Naponska greška ($(\xi$ ili (ν))** je greška koju transformator unosi u mjerenje struje/napona i koja nastaje zbog toga što odnos transformacije nije jednak nazivnom odnosu transformacije. Izražava se u procentima (%);
 - j) **Fazna greška ($(\xi$ ili (ν))** je fazna razlika između fazora primarne i fazora sekundarne struje/napona. Smijer fazora odabira se tako da je ugao nula za idealni transformator. Smatra se da je fazna greška pozitivna ako fazor sekundarne struje/napona prednjači fazoru primarne struje/napona. U suprotnom fazna greška je negativna. Izražava se u minutama (min) ili centiradijanima (crad);
 - k) **Klasa tačnosti** je oznaka strujnog (naponskog) mjernog transformatora čije greške ostaju unutar određenih granica pod utvrđenim uslovima upotrebe;
 - l) **Opterećenje strujnog/naponskog mjernog transformatora** je impedansa/admitansa sekundarnog strujnog/naponskog kola izražena u omima za određeni faktor snage. Opterećenje se najčešće izražava kao prividna snaga u VA uz definisani faktor snage i nazivnu sekundarnu struju/napon;
 - m) **Nazivno opterećenje** je ona vrijednost opterećenja na kome se temelje zahtjevi u pogledu klase tačnosti strujnog/naponskog mjernog transformatora;
 - n) **Imenovano tijelo za ocjenjivanje usklađenosti** (u daljem tekstu: Imenovano tijelo) je pravno lice koje je imenovano za obavljanje aktivnosti u skladu s tehničkim propisima donesenim u svrhu provođenja Zakona o mjeriteljstvu Bosne i Hercegovine. Imenovana tijela mogu uključivati certifikacijska tijela, inspekcijiska (nadzorna) tijela, laboratorije u javnom i privatnom sketoru, kao i laboratorije Instituta za mjeriteljstvo Bosne i Hercegovine i druga tijela koja zadovoljavaju zahtjeve relevantnog propisa;
 - o) **Verifikacija mjerila (prva, naredna i vanredna)** je procedura, koja obuhvata pregled, ispitivanje, označavanje (žigosanje) i izdavanje certifikata o verifikaciji, odnosno rješenja o ispravnosti mjerila, kojim se potvrđuje da mjerilo ispunjava propisane mjeriteljske zahtjeve.
 - p) **Normativni dokument** je dokument koji uređuje pravila smjernice ili karakteristike za aktivnosti i njihove rezultate.
- (2) Drugi izrazi koji se upotrebljavaju u ovom Pravilniku, a nisu definisani u stavu (1) ovog člana, imaju opšta značenja u oblasti mjeriteljstva definisana Zakonom o mjeriteljstvu Bosne i Hercegovine, podzakonskim aktima proizašlim iz navedenog Zakona, i normativnih dokumenta BAS EN

61869-1, BAS EN 61869-2, BAS EN 61869-3, BAS EN 61869-4 i BAS EN 61869-5.

Član 4.

(Mjerne jedinice)

- (1) Korištene jedinice za greške mjernih transformatora su mjerne jedinice koje su u skladu sa međunarodnim sistemom jedinica (SI), kao i mjerne jedinice koje su izvedene iz SI jedinica.
- (2) Mjerne greške mjernih transformatora moraju biti iskazane:
 - a) amplitudska (strujna/naponska) greška se iskazuje u procentima (%);
 - b) fazna (strujna/naponska) greška u minutama (min) ili centiradijanima (crad).

II. MJERITELJSKO – TEHNIČKI USLOVI

Član 5.

(Opšti uslovi)

- (1) Mjerni transformatori koji su dio mjernog sistema za obračun električne energije moraju da zadovolje mehaničke, dielektrične i električne zahtjeve, te zahtjeve za okolinske uslove propisane ovim Pravilnikom i normativnim dokumentima BAS EN 61869-1, BAS EN 61869-2, BAS EN 61869-3, BAS EN 61869-4 i BAS EN 61869-5.
- (2) Mjerni transformatori su dizajnirani tako da zadržavaju adekvatnu stabilnost svojih mjeriteljskih karakteristika za cijelo namjeravano vrijeme upotrebe (trajanje procjenjuje proizvođač), uz pretpostavku da su ispravno instalirani, održavani i korišteni u skladu sa uputstvima proizvođača i u okruženju koje je predviđeno za tu namjenu.
- (3) Mjerni transformatori su konstruisani i izrađeni tako da se pri normalnim radnim uslovima obezbijedi zaštita od električnog udara, previsoke temperature, širenja vatre, eksplozije, prodiranja čvrstih predmeta, prašine i vode u kućište mjerila.
- (4) Mjerni transformatori namijenjeni za primjenu na otvorenom prostoru moraju biti otporni na sve vanjske uslove propisane normativnim dokumentima iz stava (1) ovog člana, tako da oni ne utiču na njegov ispravan rad. Njegov izgled, a posebno natpisi i oznake ne smiju biti oštećeni tokom eksploatacije u specificiranim okolinskim uslovima.
- (5) Proizvođač mora specificirati fizičke uslove okoline za koju je mjerilo namijenjeno.
- (6) Mjerni transformatori su konstruisani i izrađeni tako da bude spriječena bilo kakva opasnost pri normalnoj upotrebi i pod normalnim uslovima, a posebno mora biti zadovoljeno:
 - a) sigurnost ljudi od povreda usljed strujnog udara;
 - b) sigurnost ljudi od uticaja pretjeranog zagrijavanja;
 - c) zaštita od širenja požara i eksplozije;
 - d) zaštita od prodiranja čvrstih predmeta, prašine i vode.
- (7) Mjerni transformatori imaju odgovarajuće poklopce za pokrivanje sekundarnih priključaka.
- (8) Ispitni i mjerni priključci mjernih transformatora moraju biti pozicionirani i prilagođeni za priključak standardne ispitne i mjerne opreme.
- (9) Natpisna pločica mora da bude pričvršćena za mjerni transformator tako da se ne može skinuti ili zamijeniti.
- (10) Natpisna pločica mora biti izrađeno na takav način da je moguće jasno postaviti potrebne oznake, šeme i natpise.

Član 6.

(Uslovi ispitivanja)

Ispitivanje tipa mjernih transformatora obavlja se prema važećim normativnim dokumentima iz člana 5. ovog Pravilnika, te prema odredbama ovog Pravilnika koje su navedene u Aneksima I, II i III.

III. NATPISI I OZNAKE

Član 7.

(Natpisi i oznake)

- (1) Mjerilo mora na vidnom mjestu da ima natpisnu pločicu na kojoj su ispisani natpisi i oznake, koji moraju biti jasni i dobro vidljivi u radnim uslovima i takvi da se pri normalnom korištenju ne mogu izbrisati ili skinuti.
- (2) Natpisi i oznake moraju biti na jednom od službenih jezika u upotrebi u Bosni i Hercegovini.
- (3) Natpisna pločica mjernih transformatora iz stava (1) ovog člana mora da minimalno sadrži sljedeće elemente:
 - a) naziv proizvođača ili njegova oznaka;
 - b) naziv mjerila i fabrička oznaka tipa;
 - c) serijski broj i godina proizvodnje;
 - d) nazivna frekvencija;
 - e) najviši napon opreme;
 - f) nazivni stepen izolacije (tj. nazivni podnosivi kratkotrajni napon mrežne frekvencije i nazivni podnosivi udarni napon ukoliko se transformatori koriste za spoljašnju montažu);
 - g) temperaturna klasa izolacije;
 - h) masa u kg;
 - i) tip izolacionog medija;
 - j) nominalni pritisak (ukoliko se kao izolacioni medij koristi gas ili ulje);
 - k) zapreminu ili masu medija koji se koristi u mjernom transformatoru;
 - l) službena oznaka za tip mjerila Instituta za mjeriteljstvo Bosne i Hercegovine (u daljem tekstu Instituta) mora biti vidljiva i kada je mjerilo u upotrebi.
- (4) Pored elemenata iz stava (3) ovog člana natpisna pločica strujnih mjernih transformatora mora da sadrži sljedeće elemente:
 - a) oznaka vrste mjerila;
 - b) nazivna primarna i nazivna sekundarna struja (ovo važi i za slučaj kada je strujni mjerni transformator primarno prespojiv);
 - c) nazivna snaga u VA i odgovarajuća oznaka klase tačnosti;
 - d) faktor sigurnosti;
 - e) oznaka proširenog mjernog opsega npr. ext. 150%;
 - f) nazivna kratkotrajna termička struja I_{th} ;
 - g) nazivna dinamička struja I_{dyn} , ako se razlikuje od $2,5 \times I_{th}$;
 - h) nazivna trajna termička struja ukoliko se razlikuje od nazivne primarne struje;
 - i) oznaka odgovarajućih priključaka, ako transformator ima dva jezgra ili više.
- (5) Pored elemenata iz stava (3) ovog člana, natpisna pločica naponskih mjernih transformatora mora da sadrži sljedeće elemente:
 - a) oznaka vrste transformatora;
 - b) nazivni primarni i nazivni sekundarni napon;
 - c) nazivna snaga u VA i odgovarajuća oznaka klase tačnosti (kada postoje dva odvojena sekundarna namotaja za svaki namotaj mora biti navedena snaga u VA, odgovarajuća klasa tačnosti kao i nazivni napon);
 - d) nazivni faktor napona i odgovarajuće nazivno trajanje;
 - e) oznaka odgovarajućih priključaka, ukoliko transformator ima više od jednog sekundarnog namota;
 - f) kategoriju ili opseg temperature ambijenta.
- (6) Dodatno kod kapacitivnih naponskih mjernih transformatora na pločici treba da stoji:

- a) nazivna kapacitivnost kapacitivnog djelitelja C_1 u (pF);
 - b) nazivna kapacitivnost kondenzatora na strani visokog napona C_1 u (pF);
 - c) nazivna kapacitivnost međunaponskog kondenzatora C_2 u (pF);
 - d) broj kondenzatorskih jedinica i njihov serijski broj;
 - e) granično termičko opterećenje u (VA);
 - f) maksimalno istovremeno opterećenje u (VA) za namote kompletnog kapacitivnog mjernog transformatora za definisanu klasu tačnosti.
- (7) Za kombinovane mjerne transformatore i grupe mjernih transformatora podaci na natpisnoj pločici iz stava (3), (4) i (5) ovog člana daju se posebno kako za strujni tako i za naponski mjerni transformator.
 - (8) Na svakom mjernom transformatoru ili grupi mjernih transformatora mora biti naznačena šema vezivanja mjernih transformatora sa oznakama svih priključaka. Šema vezivanja mora biti tako postavljena, da pri normalnim radnim uslovima ostane trajno vidljiva.
 - (9) Označavanje priključaka mjernih transformatora mora biti tako da se jasno raspoznaju:
 - a) primarni i sekundarni namotaj;
 - b) sekcija svakog namotaja, ako postoji;
 - c) polaritet namotaja i sekcija namotaja;
 - d) međuizvodi ako postoje.
 - (10) Oznake priključaka mjernih transformatora moraju biti jasne i neizbrisive te u skladu sa zahtjevima relevantnih normativnih dokumenata pobrojanih u člana 5. ovog Pravilnika.
 - (11) Ukoliko je imenovano tijelo (pravo lice na području Bosne i Hercegovine) učestvovalo u postupku ocenjivanja usklađenosti (domaći proizvod) iza znaka usklađenosti stavljaju se dodatne oznake propisane u skladu sa legislativom koja definiše rad imenovanih tijela. Sve oznake moraju biti jasno vidljive, lako pristupačne i neizbrisive.
 - (12) Uz sve mjerne transformatore koji se stavljaju na tržište Bosne i Hercegovine mora biti priloženo uputstvo za pravilno instaliranje i rukovanje na jednom od službenih jezika koja se koriste u Bosni i Hercegovini.

IV. OCJENJIVANJE USKLAĐENOSTI

Član 8.

(Ocjena usklađenosti)

- (1) Ocjenjivanje usklađenosti mjernih transformatora sa mjerodavnim zahtjevima važećih normativnih dokumenata iz člana 5., kao i ovog Pravilnika, provodi se primjenom kombinacije modula za ocjenjivanje usklađenosti B + F, definisanih u skladu sa podzakonskim aktom Instituta, koji uređuje ocjenjivanja usklađenosti mjerila.
- (2) Ispitivanja mjernih transformatora prema zahtjevima normativnih dokumenata iz člana 5. ovog Pravilnika, mora biti izvedeno isključivo u ispitnim laboratorijama akreditovanim u skladu sa normativnim dokumentom BAS EN ISO/IEC 17025 od strane akreditacionog tijela koje je potpisnik EA MLA ili ILAC MRA.
- (3) Samo odobreni mjerni transformatori sa službenom oznakom dodijeljenom od strane Instituta mogu biti predmet verifikacije.
- (4) Do izdavanja odgovarajućih tehničkih propisa o načinu verifikiranja strujnih, naponskih i kombinovanih mjernih transformatora od strane entitetskih institucija za mjeriteljstvo, u postupku verifikacije kao referentni dokument koristi će se normativni dokumenti iz člana 5. ovog Pravilnika kao i Aneksi IV, V i VI ovog Pravilnika.
- (5) Period verifikacije mjernih transformatora su definisane u skladu sa podzakonskim aktom Instituta, koji uređuje rokove verifikacije.
- (6) Ukoliko se iz nekog razloga vrši bilo kakva popravka ili zamjena djelova na mjernim transformatorima, takav mjerni transformator podliježe vanrednoj verifikaciji.
- (7) Nadzor nad mjernim transformatorima u upotrebi obavlja se na isti način kao i postupak verifikacije uzimajući pri tome u obzir dozvoljene greške za mjerne transformatore u upotrebi, propisane kroz odgovarajući Aneks ovog Pravilnika.

Član 9.

(Aneksi)

Sastavni dio ovog Pravilnika su Aneksi I, II, III, IV, V i VI.

V. PRELAZNE I ZAVRŠNE ODREDBE

Član 10.

(Prelazne i završne odredbe)

- (1) Danom stupanja na snagu ovog Pravilnika prestaje važiti Pravilnik o metrološkim uslovima za mjerne transformatore za brojila elektricne energije ("Službeni list SFRJ", broj 66/84) i Metrološko uputstvo za pregled mjernih transformatora za brojila elektricne energije ("Glasnik ZMDM", broj 3/83).
- (2) Mjerila koja su u postupku odobrenja tipa na dan stupanja ovog Pravilnika mogu se ispitati i odobriti u skladu sa zahtjevima Pravilnika iz prethodnog stava.
- (3) Prva verifikacija mjernih transformatora koji imaju važeće Certificate o odobrenju tipa mjerila izdate do dana stupanja na snagu ovog Pravilnika i mjerni transformatori iz stava (2) ovog člana koji dobiju certifikat o odobrenju tipa, moći će se obavljati do isteka roka važenja certifikata o odobrenju tipa.
- (4) Mjerni transformatori kojima je istekao rok važenja certifikata o odobrenju tipa, ne mogu biti predmet prve verifikacije.
- (5) Mjerni transformatori koji su, na propisan način stavljena ranije u upotrebu, prije objave ovog Pravilnika mogu se nastaviti koristiti i nakon isteka važenja certifikata o odobrenju tipa mjerila, ukoliko ispunjavaju granice najveće dozvoljene greške navedene u relevantnom propisu u vrijeme stavljanja istih u upotrebu.
- (6) Institut će izdati Rješenje o povlačenju onog tipa mjernog transformatora za koje se utvrdi da više nije pogodno za upotrebu u mjeriteljskom sistemu.
- (7) Propisi Federacije Bosne i Hercegovine, Republike Srpske i Brčko Distrikta Bosne i Hercegovine usaglasice se sa odredbama ovog Pravilnika u roku od tri mjeseca od dana stupanja na snagu.

Član 11.

(Stupanje na snagu)

Ovaj Pravilnik stupa na snagu 8 dana od dana objavljivanja u "Službenom glasniku BiH".

Broj 01-2-2-1017-1/23
3. oktobra 2023. godine
Sarajevo

Direktor
Instituta za mjeriteljstvo
Bosne i Hercegovine
Milica Ristović Krstić, s. r.

ANEKS I

Mjeriteljski i tehnički zahtjevi za strujne mjerne transformatore

Ovim Aneksom propisuju se mjeriteljski i tehnički zahtjevi za strujne mjerne transformatore namjenjeni za mjerenje u grupi sa mjerilima električne energije.

1. Nazivne vrijednosti parametara strujnog mjernog transformatora

Strujni mjerni transformatori moraju imati sljedeće nazivne karakteristike:

a) Vrijednosti nazivne primarne struje (10; 12.5; 15; 20; 25; 30; 40; 50; 60; 75; 100)

A i njihovi decimalni umnošci ili dijelovi.

NAPOMENA: Ukoliko strujni mjerni transformator ima više odnosa transformacije, navedene standardne vrijednosti se odnose na najniže vrijednosti nazivne primarne struje

b) Vrijednosti nazivne sekundarne struje 1 A, 2 A ili 5 A; vrijednosti kojima se daje prednost su 5 A i 1 A.

NAPOMENA: Za transformatore namjenjene za spregu u trougao, ove nazivne vrijednosti podijeljene s $\sqrt{3}$ smatraju se takođe standardnim.

c) Nazivna trajna termička struja

Osim ako nije drugačije specificirano, mora biti jednaka nazivnoj primarnoj struji, odnosno maksimalnoj struji transformatora sa proširenim opsegom.

d) Vrijednosti maksimalne primarne struje

Kod transformatora sa proširenim mjernim opsegom to su ext. 120 %, ext. 150 % ili ext. 200% od nazivne primarne struje.

e) Vrijednosti nazivne snage

Za strujne transformatore do 30 VA to su sljedeće vrijednosti: (2.5; 5.0; 10; 15; 30) VA.

Ako je potrebno, može se odabrati vrijednosti veće od 30 VA pod uslovom da greške transformatora odgovaraju jednoj od standardnih klasa tačnosti.

Za strujne mjeme transformatore sa više jezgara, nazivna snaga mora biti naznačena pojedinačno za svako mjerno jezgro.

f) Nazivna frekvencija

Za strujne mjeme transformatore nazivna frekvencija je 50 Hz.

2. Klase tačnosti

Za strujne mjerne transformatore klasa tačnosti predstavlja broj kojim je definisana najveće dozvoljene strujna greška (ε_I) koja se ima pri nazivnom opterećenju i nazivnoj primarnoj struji.

Strujna greška izražena u procentima, računa se sljedećim izrazom:

$$\varepsilon_I = \frac{(K_n I_s - I_p)}{I_p} \cdot 100(\%)$$

pri čemu je:

K_n -nazivni odnos transformacije,

I_p -efektivna vrijednost primarne struje,

I_s -efektivna vrijednost sekundarne struja koja odgovara primarnoj struji I_p u datim uslovima mjerenja.

Fazna greška (δ) strujnog mjernog transformatora je fazna razlika između fazora primarne i fazora sekundarne struje. Smjer fazora odabira se tako da je ugao nula za idealni transformator.

Smatra se da je fazna greška pozitivna ako fazor sekundarne struje prednjači fazoru primarne struje. U suprotnom fazna greška je negativna. Ova greška izražava se u minutama (min) ili centiradijanimi (crad).

2.1. Klase tačnosti strujnih mjernih transformatora

Strujni mjerni transformatori za obračun električne energije moraju biti sljedeće klase tačnosti: 0.1; 0.2; 0.5; 0.2S; 0.5S.

3. Uslovi ispitivanja strujne i fazne greške strujnih mjernih transformatora

Za transformatore klase tačnosti 0.1, 0.2, 0.5 i 1 strujna i fazna greška pri nazivnoj frekvenciji ne smije preći vrijednosti utvrđene u Tabeli 1. za sve vrijednosti opterećenje između 25 % i 100 % nazivnog opterećenja.

Za klase 0.2S i 0.5S strujna i fazna greška pri nazivnoj frekvenciji ne smiju preći vrijednosti utvrđene u Tabeli 2. kada je sekundarno opterećenje između 25 % i 100 % nazivnog opterećenja.

Sekundarno opterećenje koje se koristi za potrebe ispitivanja za sve klase tačnosti mora biti induktivno, faktora snage $\cos\beta = 0.8$, osim ako je opterećenje manje od 5 VA. U tom slučaju faktor snage opterećenja mora biti jednak jedinici tj. $\cos\beta = 1$. Ispitno opterećenje ne smije biti manje od 1 VA.

Tabela 1. - Granice dozvoljene strujne i fazne greške za strujne mjerne transformatore

Klasa tačnosti	Strujna greška u $\pm\epsilon_1$ (%) pri postotku nazivne primarne struje				Fazna greška $\pm\delta_1$ pri postotku nazivne primarne struje							
					Minute (min)				Centiradijani (crad)			
	5	20	100	120	5	20	100	120	5	20	100	120
0.1	0.4	0.2	0.1	0.1	15	8	5	5	0.45	0.24	0.15	0.15
0.2	0.75	0.35	0.2	0.2	30	15	10	10	0.9	0.45	0.3	0.3
0.5	1.5	0.75	0.5	0.5	90	45	30	30	2.7	1.35	0.9	0.9

Tabela 2. - Granice dozvoljene strujne i fazne greške za strujne mjerne transformatore za posebnu namjenu

Klasa tačnost i	Strujna greška u $\pm\epsilon_1$ (%) pri postotku nazivne primarne struje					Fazna greška $\pm\delta_1$ pri postotku nazivne primarne struje									
						Minute (min)					Centiradijani (crad)				
	1	5	20	100	120	1	5	20	100	120	1	5	20	100	120
0.2S	0.75	0.35	0.2	0.2	0.2	30	15	10	10	10	0.9	0.45	0.3	0.3	0.3
0.5S	1.5	0.75	0.5	0.5	0.5	90	45	30	30	30	2.7	1.35	0.9	0.9	0.9

Za strujne transformatore klase tačnosti od 0,1 do 1 sa proširenim mjernim opsegom struje (npr. ext 150%), strujna i fazna greška pri nazivnoj frekvenciji i maksimalnoj struji navedenog opsega ne smije preći granice definisane u tabeli 1. za 120 % nazivne struje.

NAPOMENA: Maksimalna primarna struja za transformatore sa proširenim mjernim opsegom izražava se kao postotak nazivne vrijednosti primarne struje (npr. 150 % I_N)

Greške strujnih mjernih transformatora sa više jezgara moraju se za svako jezgro koje se koristi za obračunavanje električne energije održavati u granicama definisanim u Tabeli 1 i 2 ovog Aneksa i kod kratkospojenih sekundarnih namota ostalih jezgara, kao i kada su ti sekundarni namoti opterećeni nazivnim opterećenjem.

Za prespojive strujne transformatore sa različitim nazivnim prenosnim odnosima, koji se postižu rednim ili paralelnim vezivanjem primarnih dijelova namota, strujna i fazna greška za sve nazivne prenosne odnose ne smije preći granice definisane u Tabeli 1 i 2.

Kod strujnih mjernih transformatora svih klasa tačnosti kod kojih se može priključiti promjenljivo opterećenje, strujne i fazne greške ne smiju preći granice dozvoljene greške definisane u Tabeli 1 i 2 za opseg opterećenja od 1 VA do nazivnog opterećenja i pri faktoru snage od $\cos\beta = 1$. Maksimalno nazivno opterećenje u tom slugčaju je ograničeno na 15 VA.

4. Najveća dozvoljena greška

Pri nazivnim radnim uslovima, greške strujnog mjernog transformatora ne smiju prelaziti najveće dozvoljene greške koje su navedene u Tabelama 1 i 2 ovog Aneksa.

ANEKS II

Mjeriteljski i tehnički zahtjevi za naponske mjerne transformatore

Ovim aneksom propisuje se mjeriteljski i tehnički zahtjevi za naponske mjeme transformatore namijenjeni za mjerenje u grupi sa mjerilima električne energije.

NAPOMENA: U ovom ANEKS-u termin naponski mjerni transformator podrazumjeva da on može biti ili induktivni ili kapacitivni.

1. Nazivne vrijednosti parametara naponskog mjernog transformatora

Naponski mjerni transformatori moraju imati sljedeće nazivne karakteristike:

a) Vrijednost nazivnog primarnog napona

Standardna vrijednost primarnog napona za jednofazne transformatore koji se upotrebljavaju u jednofaznoj mreži ili između faza u trofaznoj mreži mora da bude onaj koji je definisan nazivnim napon mreže na koji se priključuje, a prema važećem normativnom dokumentu BAS EN 60038. Ako se radi o jednofaznom naponskom transformatoru koji se priključuje između jedne faze trofazne mreže i zemlje ili između neutralne tačke i zemlje, nominalni primarni napon se dobija množenjem nazivnih napona mreže sa vrijednoću $1/\sqrt{3}$.

b) Vrijednosti nazivnog sekundarnog napona

Nazivna vrijednost sekundarnog napona za jednofazne transformatore koji se upotrebljavaju u jednofaznoj mreži ili između faza u trofaznoj mreži mora da bude 100 V ; 110 V ili 200 V

Ako se radi o jednofaznom naponskom transformatoru koji se priključuje između faze i zemlje u trofaznoj mreži, nazivni sekundarni napon mora da bude: $100/\sqrt{3}$; $110/\sqrt{3}$ ili $200/\sqrt{3}$.

c) Vrijednosti nazivne snage

Standardne vrijednosti nazivnih snaga sa faktorom snage $\cos\beta=1$, su: 1.0 VA; 2.5 VA; 5.0 VA i 10 VA (KATEGORIJA I).

Standardne vrijednosti nazivnih snaga uz induktivni faktor snage $\cos\beta=0.8$ su: 10 VA; 25 VA; 50 VA i 100 VA (KATEGORIJA II).

Za trofazne naponske transformatore prethodno navedene vrijednosti odnose se na snagu po fazi.

Nazivne snage naponskih mjernih transformatora mogu biti različite od gore navedenih standardnih vrijednosti, pod uslovom da greške transformatora odgovaraju jednoj od standardnih klasa tačnosti.

Za naponske mjerne transformatore sa više namota, nazivna snaga mora biti izražena pojedinačno za svaki namot.

d) Nazivna frekvencija

Za naponske mjerne transformatore nazivna frekvencija je 50 Hz.

e) Nazivni faktor napona (Fv)

Standardne vrijednosti nazivnih faktora napona koji odgovaraju različitim uslovima uzemljenja mreže i načina priključivanja primarnog namota naponskog transformatora na mrežu, zajedno sa dozvoljenim trajanjem (nazivno trajanje), mora da bude u skladu sa važećim normativnim dokumentom BAS EN 61869-3.

2. Klase tačnosti

Za naponske mjerne transformatore klasa tačnosti predstavlja broj kojim je definisana najveće dozvoljene naponska greška (ε_V) koja se ima pri nazivnom opterećenju i nazivnom primarnom naponu.

Naponska greška izražena u procentima, data je izrazom:

$$\varepsilon_V = \frac{(K_n V_s - V_p)}{V_p} \cdot 100(\%)$$

pri čemu je:

K_n -nazivni odnos transformacije,
 V_p -efektivna vrijednost primarnog napona u V
 V_s -efektivna vrijednost sekundarnog napona u V, koja odgovara primarnom naponu V_p u datim uslovima mjerenja.

Fazna greška (δ_V) naponskog mjernog transformatora je fazna razlika između fazora primarnog i fazora sekundarnog napona. Smijer fazora odabira se tako da je ugao nula za idealni naponski mjerni transformator.

Smatra se da je fazna greška pozitivna ako fazor sekundarnog napona prednjači fazoru primarnog napona. U suprotnom fazna greška je negativna. Ova greška izražava se u minutama ili centiradijanima.

Klase tačnosti naponskih mjernih transformatora

Naponski mjerni transformator kada se koristi za obračun električne energije mora imati jednu od sljedećih klasa tačnosti: 0.1; 0.2; 0.5.

3. Uslovi ispitivanja naponske i fazne greške naponskih mjernih transformatora

Za transformatore klase tačnosti 0.1, 0.2 i 0.5 naponska i fazna greška pri nazivnoj frekvenciji za induktivne, a za kapacitivne naponske mjerne transformatore u opsegu od 99% do 101% nazivne frekvencije, ne smiju prelaziti granične vrijednosti date u tabeli 4. za sve vrijednosti napona između 80% i 120 % nazivnog napona i pri nominalnim snagama opterećenja i to:

- Bilo koja vrijednost od 0 VA do 100% nominalnog opterećenja, pri faktoru snage $\cos\beta = 1$, za sve vrijednosti nazivne snage do 10 VA (tj. Nazivne snage iz KATEGORIJE I)
- Bilo koja vrijednost od 25 % do 100% nominalnog opterećenja, pri induktivnom faktoru snage $\cos\beta = 0.8$, za sve vrijednosti nazivne snage veće od 10 VA (tj. Nazivne snage iz KATEGORIJE II)

Naponske i fazne greške moraju se odrediti na priključcima naponskih mjernih transformatora, uključujući i uticaj osigurača ili otpornika ako su oni sastavni dio tog transformatora.

Tačnost prespojivih naponskih mjernih transformatora sa različitim nazivnim prenosnim odnosima, koji se postižu izvodima primarnog ili sekundarnog namota, ispituju se pri svim nazivnim prenosnim odnosima i na svima ispitnim tačkama datim u tabeli 3 Aneksa II.

Tablica 3. - Granice dozvoljene naponske i fazne greške za naponske mjerne transformatore

Klasa tačnosti	Naponska greška u $\pm \epsilon_v$ (%) pri postotku nazivnog primarnog napona			Fazna greška $\pm \delta_v$ pri postotku nazivnog primarnog napona					
				Minute (min)			Centiradijani (crad)		
	120	100	80	120	100	80	120	100	80
0.1	0.1	0.1	0.1	5	5	5	0.15	0.15	0.15
0.2	0.2	0.2	0.2	10	10	10	0.3	0.3	0.3
0.5	0.5	0.5	0.5	20	20	20	0.6	0.6	0.6

Ako naponski mjerni transformator ima više sekundarnih namota preko kojih se vrši obračunavanje električne energije, svaki od namota mora zadovoljiti zahtjeve tačnosti za navedeni opseg opterećenja, kada su istovremeno drugi namoti neopterećeni ili opterećeni bilo kojim opterećenjem iz opsega od 0 VA do 100% nominalnog opterećenja.

Ako opsezi snaga za namote koji se ispituju nisu specificirani, smatra se da su granice opsega opterećenja od 25 % do 100 % nazivnog opterećenja svakog od namota.

Namot za vezivanje u otvoreni trougao pri ispitivanju klase tačnosti naponskog mjernog transformatora mora ostati neopterećen.

4. Najveća dozvoljena greška

Pri nazivnim radnim uslovima, greške naponskog mjernog transformatora ne smiju prelaziti najveće dozvoljene greške koje su navedene u Tabeli 3 ovog Aneksa.

ANEKS III**Mjeriteljski i tehnički zahtjevi za kombinovane mjerne transformatore**

Ovim aneksom propisuju se mjeriteljski i tehnički zahtjevi za kombinovane mjerne transformatore koji su namjenjeni za mjerenje u grupi sa mjerilima električne energije.

1. Nazivne vrijednosti parametara kombinovanog mjernog transformatora

Nazivne vrijednosti parametara kombinovanog mjernog transformatora moraju biti one koje su definisane u Aneksu I za strujne mjerne transformatore, kao i Aneksu II za naponske mjerne transformatore ovog Pravilnika.

Nazivne vrijednosti parametara kombinovanih mjernih transformatora treba da budu definisane posebno za strujni mjerni transformator, a posebno za naponski mjerni transformator.

2. Klase tačnosti**Klase tačnosti naponskih mjernih transformatora**

Klase tačnosti kombinovanog mjernog transformatora kada se koriste za obračun električne energije su one koje su definisane u Aneksu I za strujne mjerne transformatore, kao i Aneksu II za naponske mjerne transformatore ovog Pravilnika.

3. Uslovi ispitivanja grešaka kombinovanih mjernih transformatora

Za kombinovane mjerne transformatore izrađene kao cijelina od jednog strujnog mjernog transformatora i jednog jednopolno izolovanog naponskog mjernog transformatora u zajedničkom kućištu mora da:

- 1) Pri radu naponskog mjernog transformatora između 80% nazivnog napona i vrijednosti nazivnog napona pomnoženog nazivnim naponskim faktorom F_v , za sve vrijednosti opterećenja između 25% i 100% nazivnog opterećenja, strujni mjerni transformator mora da zadovolji granice dozvoljenih grešaka koje odgovaraju njegovoj klasi tačnosti.
- 2) Pri radu strujnog mjernog transformatora između 5%, odnosno 1% nazivne struje i nazivne trajne termičke struje, za sve vrijednosti opterećenja između 25% i 100% nazivnog opterećenja na svim jezgrima, naponski mjerni transformator mora da zadovolji granice dozvoljenih grešaka koje odgovaraju njegovoj klasi tačnosti.

Granice dozvoljenih grešaka za kombinovane mjerne transformatore su definisane u Tabeli 1 i 2 Aneksa I za strujne mjerne transformatore, kao i u Tabeli 3. Aneksa II ovog Pravilnika za naponske mjerne transformatore.

4. Najveća dozvoljena greška

Pri nazivni radnim uslovima, greška mjerila ne smije prelaziti najveće dozvoljene greške koje su navedene u Tabelama 1, 2 i 3 Aneksa I i II.

ANEKS IV (Verifikacija strujnih mjernih transformatora)

1. Način provjere

Prilikom verifikacije strujnih mjernih transformatora moraju se provoditi sljedeća ispitivanja:

- a) Vizuelni pregled
- b) Utvrđivanja ispravnog označivanja priključaka i natpisnih oznaka.
- c) Razmagnetisavanje transformatora
- d) Utvrđivanje strujnih i faznih grešaka transformatora.

1.1. Oprema za pregled

Za ispitivanje strujnih mjernih transformatora koristi se sljedeća ispitna oprema:

1.1.1. Mjerenje

Skup mjernih uređaja koji se sastoji od referentnog mjerila za određivanje razlika u greškama između referentnog i ispitnog strujnog mjernog transformatora (tzv. Most za mjerenje strujnih grešaka), referentnog strujnog mjernog transformatora ili referentnog strujnog komparatora, opterećenja strujnog transformatora, pomoćnih mjernih instrumenata za mjerenje struje, frekvencije i izobličenja.

1.1.2. Demagnetizacija strujnih mjernih transformatora

Regulisani strujni izvor, ampermetar ili šant za mjerenje struje, djelitelj napona s voltmetrom za mjerenje vršnog i srednjeg napona ili osciloskop.

1.1.3. Utvrđivanje dodatnih otpora kablova za napajanje

Mjerilo otpornosti (npr. digitalni multimetar sa opcijom za četvorožično mjernje otpornosti).

1.1.4. Opterećenja strujnog mjernog transformatora

Moraju se koristiti odgovarajuća opterećenja s faktorom snage od $\cos\beta = 0.8$ ili $\cos\beta = 1$, utvrđeno za nazivnu frekvenciju koja se mogu podešavati u cilju dostizanja ispitnih zahtjeva. Opterećenja strujnog mjernog transformatora čija vrijednosti je $S < 5$ VA moraju imati faktor snage od $\cos\beta = 1$. Za mjerenje grešaka transformatora s proširenim opsegom opterećenja mora se koristiti opterećenje s faktorom snage $\cos\beta = 1$ do $S \leq 15$ VA.

1.1.5. Strujni izvor

Stabilan strujni izvor sa mogućnošću fine regulacije struje čiji faktor izobličenje mora biti manji od 5 %.

1.1.6. Instrument za mjerenje strujnog izobličenja

Instrument za mjerenje strujnog izobličenja koristi se za praćenje faktora strujnog izobličenja koji mora biti manji od 5 %.

1.2. Uslovi tokom ispitivanja

Strujni mjerni transformatori moraju biti ispitani pri nazivnoj frekvenciji s njenim najvećim dozvoljenim odstupanjem od ± 1 %, pri ispitnoj struji čiji faktor izobličenja ne premašuje 5 %, pri okolnskim uslovima temperaturi od $+15$ °C do $+25$ °C, te relativnoj vlažnosti zraka od najviše 75 %.

1.3. Opis ispitivanja

1.3.1. Vizuelni pregled

Provjerava se postoje li na strujnim mjernim transformatorima fizička oštećenja, da li su sve informacije one koje su propisane u ovom Pravilniku navedene na natpisnoj pločici čitljive i neizbrisive, te jesu li priključci pravilno spojeni.

1.3.2. Ispravno označavanje priključaka

Provjera označavanja priključaka strujnog mjernog transformatora vrši se u skladu sa članom 7. ovog Pravilnika, vizuelnim pregledom i identifikacijom:

- (1) primarnog i sekundarnog namota;
- (2) sekcije svakog namota, ukoliko ih ima;
- (3) polariteta namota i sekcije namota;
- (4) međuizvoda, ako ih ima.

1.3.3. Razmagnetisanje strujnog mjernog transformatora

1.3.3.1. Razmagnetisanje

Strujni mjerni transformatori koji se ispituju moraju biti razmagnetisani prije početka ispitivanja klase tačnosti da bi se otklonile moguće promjene grešaka usljed remanentne indukcije.

1.3.3.2. Postupak razmagnetisavanja

Strujni mjerni transformatori razmagnetišu se tako što se pri otvorenom primarnom namotu sekundarni namot ili pri otvorenom sekundarnom namotu primarni namot napaja strujom čija je najmanja vrijednost 5 % od nazivne struje. Pri tome se ni na jednom namotu ne smije pojaviti napon čija bi tjemena vrijednost bila veća od 3.5 kV, a kod namotaja sa sekundarnom nazivnom strujom od 1 A i nazivnom snagom većom ili jednakom 30 VA - napon veći od 5.6 kV.

Ako se očekuje pojava većeg indukovano napona, indukovani napon na namotaju sa najmanjom nazivnom strujom kontroliše se instrumentom za mjerenje tjemene vrednosti napona. Ulazna impedansa instrumenta treba da bude veća od 1 MΩ.

Ako se strujni mjerni transformator razmagnetiše sa sekundarne strane, onda se svako jezgro mora posebno razmagnetisati. Za razmagnetisavanje se mogu koristiti regulacioni transformatori, koji omogućavaju dovoljno finu regulaciju.

Pri razmagnetisavanju strujnih mjernih transformatora struja se mora postepeno povećava do željene vrijednosti, a zatim smanjivati do nule.

1.3.3.3. Razmagnetisavanje transformatora s više jezgara

Za transformatore s više jezgara svako jezgro mora biti razmagnetisano.

1.3.3.4. Razmagnetisavanje etalonskog transformatora

Etalonski strujni mjerni transformator u sklopu sistema za mjerenje mora biti razmagnetisan prilikom ispitivanja nakon svakog naglog prekida struje ili ako rezultati ukazuju na to da je možda namagnetisan.

1.3.4. Određivanje strujnih i faznih grešaka strujnih mjernih transformatora

1.3.4.1. Metod određivanja grešaka

Osnovni princip određivanja greške strujnog mjernog transformatora prikazan je na slici 1.



Slika 1. - Princip utvrđivanja grešaka strujnog mjernog transformatora

Ako su greške referentnog transformatora poznate, uz izmjerenu vrijednosti strujne i fazne greške sa mjernog mosta, greške strujnog mjernog transformatora koji se ispituje se određuje:

$$\varepsilon_{IX} = \varepsilon_{IN} + \varepsilon_{IM}, \quad \delta_{IX} = \delta_{IN} + \delta_{IM}$$

Pri čemu su

ε_{IX} i δ_{IX} greške strujnog mjernog transformatora koji se ispituje (%; min),

ε_{IN} i δ_{IN} greške referentnog transformatora (%; min),

ε_{IM} i δ_{IM} mjerene vrijednosti strujne i fazne greške (%; min).

Greške strujnih mjernih transformatora prvo se utvrđuju pri najvećoj vrijednosti mjernog opsega (npr. 120 % I_{1N}). Potom se koriste niže ispitne tačke strujne koje su u skladu s Tabelom 1. ili 2. iz Aneksa I ovog Pravilnika. Razlog za to je taj, što se transformator pri ovakom postupku može razmagnetisati tokom mjerenja.

Za transformatore klase tačnosti 0.1, 0.2, 0.5 i 1, strujna i fazna greška pri nazivnoj frekvenciji ne smije preći vrijednosti utvrđene u Tabeli 1. Aneksa I, za sve vrijednosti opterećenje između 25 % i 100 % nazivnog opterećenja.

Za klase 0.2S i 0.5S strujna i fazna greška pri nazivnoj frekvenciji ne smiju preći vrijednosti utvrđene u Tabeli 2. Aneksa I, kada je sekundarno opterećenje između 25 % i 100 % nazivnog opterećenja.

Sekundarno opterećenje koje se koristi za potrebe ispitivanja za sve klase tačnosti mora biti induktivno, faktora snage $\cos\beta = 0.8$, osim ako je opterećenje manje od 5 VA. U tom slučaju faktor snage opterećenja mora biti $\cos\beta = 1$. Ispitno opterećenje ne smije biti manje od 1 VA. Kod strujnih transformatora sa proširenim opsegom opterećenja, određivanje grešaka transformatora provodi se pri 1 VA i nazivnom opterećenju. Za mjerenje strujnih i faznih grešaka koristi se opterećenje do $S \leq 15$ VA sa faktorom snage $\cos\beta = 1$.

1.3.4.2. Greške strujnih mjernih transformatora sa proširenim opsegom

Za strujne transformatore klase tačnosti od 0.1 do 1 sa proširenim mjernim opsegom struje, strujna i fazna greška pri nazivnoj frekvenciji i maksimalnoj struji navedenog opsega ne smije preći granice definisane u Tabeli 1. za 120 % nazivne struje.

Napomena: Maksimalna primarna struja za transformatore sa proširenim mjernim opsegom izražava se kao postotak nazivne vrijednosti primarne struje (npr. 150 % I_N).

1.3.4.3. Određivanje grešaka strujnih mjernih transformatora s više jezgara

U slučaju strujnih mjernih transformatora s dva ili više jezgara, strujne i fazne greške namota na svakom od jezgara utvrđuju se pojedinačno, pri čemu su sekundarni namoti koji se ne

ispituju kratko spojeni ili opterećeni nazivnim opterećenjem. Greške moraju biti unutar dozvoljenih granica u skladu s Tabelom 1. ili 2. Aneksa I.

1.3.4.4. Određivanje grešaka za strujne mjerne transformatore s razdvojjim magnetskim kolom

U slučaju strujnog mjernog transformatora obuhvatnog tipa sa razdvojjim magnetskim kolom, prilikom ispitivanja potrebno je voditi računa da on bude ispravno zatvoren i osiguran.

1.3.4.5. Određivanje grešaka za strujne mjerne transformatore s višestrukim prenosnim odnosima

Pri ispitivanju tačnosti prespojivih strujnih transformatora sa različitim nazivnim prenosnim odnosima, koji se postižu rednim ili paralelnim vezivanjem primarnih dijelova namota, prespojivi strujni transformator se ispituje pri svim nazivnim prenosnim odnosima i na svima ispitnim tačkama datim u Tabeli 1 i 2 Aneksa I.

1.3.4.6. Greške u strujnih mjernih transformatorima s dodatnim priborom

Najveće dozvoljene strujne i fazne greške ne smiju biti prekoračene za strujne mjerne transformatore sa spojenim dodatnim priborom ako je isti sastavni dio transformatora.

1.4. Zahtjevi u pogledu tačnosti etalonske i mjerne opreme

Greška generisane primarne struje na svim ispitnim tačkama iz opsega od 120% do 20% nazivne primarne struje strujnog mjernog transformatora ne smije biti veća od 0.5 %, dok za opsegu od 5 % do 1 % nazivne struje ta greška ne smije biti veća od 0.3 %.

Greška ispitnog opterećenja koje se vezuje u sekundarno kolo ispitivanog strujnog mjernog transformatora ne smiju biti veća od 3 % njegove nazivne vrijednosti.

Etalonska i mjerna oprema koji se koriste za verifikaciju strujnih mjernih transformatora mora da ima odgovarajuću tačnost kojom se postiže da proširena mjerna nesigurnost mjernih grešaka transformatora koji se verifikuje bude najmanje tri puta manja od od njegove najveće dozvoljene greške definisane u Tabeli 1. ili 2. Aneksa I.

Etalonska i mjerna oprema za verifikaciju strujnih mjernih transformatora mora biti redovno kalibrisana u jasno definisanim kalibracionim periodima, radi obezbjeđivanja sljedivosti rezultata mjerenja do najvišeg mjeriteljskog nivoa.

ANEKS V (Verifikacija naponskih mjernih transformatora)

1. Način provjere

Prilikom verifikacije naponskih mjernih transformatora moraju se provoditi sljedeća ispitivanja:

- a) Vizuelni pregled
- b) Utvrđivanje ispravnog označivanja priključaka i natpisnih oznaka.
- c) Utvrđivanje strujnih i faznih grešaka transformatora.

1.1. Oprema za pregled

Za ispitivanje naponskih mjernih transformatora koristi se sljedeća ispitna oprema:

1.1.1. Mjerenje

Skup mjernih uređaja koji se sastoji od referentnog/etalonskog mjerila za određivanje razlika u greškama između referentnog i ispitnog naponskog mjernog transformatora (tzv. Most za mjerenje naponskih grešaka), referentnog/etalonskog naponskog mjernog transformatora ili referentnog/etalonskog kapacitivnog djelitelja napona, opterećenja naponskog transformatora, izvora primarnog napona, pomoćnih mjernih instrumenata za mjerenje napona, frekvencije i izobličenja.

1.1.2. Utvrđivanje dodatnih otpora kablova za napajanje

Mjerno otpomosti (npr. digitalni multimetar sa opcijom za četvorožično mjernje otpornosti)

1.1.3. Opterećenja naponskog mjernog transformatora

Moraju se koristiti odgovarajuća opterećenja s faktorom snage od $\cos\beta=0.8$ ili $\cos\beta=1$, utvrđeno za nazivnu frekvenciju koja se mogu podešavati u cilju dostizanja ispitnih zahtjeva. Opterećenja naponskog mjernog transformatora čija vrijednosti je $S < 10$ VA moraju imati faktor snage od $\cos\beta=1$. Za mjerenje grešaka naponskog mjernog transformatora s nazivnim opterećenjem $S \geq 10$ VA mora se koristiti opterećenje s faktorom snage $\cos\beta=0.8$.

1.1.4. Naponski izvor

Stabilan naponski izvor sa mogućnošću fine regulacije primarnog napona čiji faktor izobličenja mora biti manji od 5 %.

1.1.5. Instrument za mjerenje naponskog izobličenja

Instrument za mjerenje naponskog izobličenja koristi se za praćenje faktora naponskog izobličenja koji mora biti manji od 5 %.

1.2. Uslovi tokom ispitivanja

Naponski mjerni transformatori ispituju se pri nazivnoj frekvenciji s njenim najvećim dozvoljenim odstupanjem od ± 1 %, dok pri ispitivanju kapacitivnih naponskih transformatora frekvencija pri kojoj se određuju greške mora biti određena sa tačnoću od 0.1%, pri ispitnom naponu čiji faktor izobličenja ne premašuje 5 %, pri okolnskim uslovima temperaturi od +15 °C do +25 °C, relativnoj vlažnosti zraka od najviše 75 %.

1.3. Opis ispitivanja

1.3.1. Vizuelni pregled

Provjerava se postoje li na naponskim mjernim transformatorima fizička oštećenja, da li su sve informacije one koje su propisane u ovom Pravilniku navedene na natpisnoj pločici čitljive i neizbrisive, te jesu li priključci pravilno spojeni.

1.3.2. Ispravno označivanje priključaka

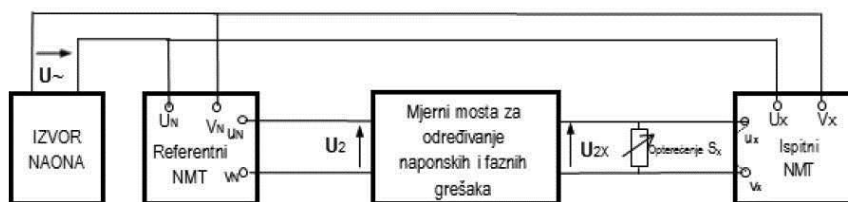
Provjera označivanja priključaka naponskog mjernog transformatora vrši se, u skladu sa članom 7. ovog Pravilnika vizuelnim pregledom i identifikacijom:

- (1) primarnog i sekundarnog namota;
- (2) sekcije svakog namota, ukoliko ih ima;
- (3) polariteta namota i sekcija namota;
- (4) međuizvoda, ako ih ima.

1.3.3. Određivanje naponskih i faznih grešaka naponskih mjernih transformatora

1.3.3.1. Metoda određivanje grešaka

Osnovni princip određivanja greške naponskog mjernog transformatora prikazan je na slici 2.



Slika 2. - Princip utvrđivanja grešaka naponskog mjernog transformatora

Ako su greške referentnog transformatora poznate, uz izmjerenu vrijednosti naponske i fazne greške sa mjernog mosta, greške naponskog mjernog transformatora koji se ispituje se određuje:

$$\varepsilon_{VX} = \varepsilon_{VN} + \varepsilon_{VM}, \quad \delta_{VX} = \delta_{VN} + \delta_{VM}$$

Pri čemu su:

- ε_{VX} i δ_{VX} greške naponskog mjernog transformatora koji se ispituje (%; min),
- ε_{VN} i δ_{VN} greške referentnog naponskog mjernog transformatora (%; min),
- ε_{VM} i δ_{VM} mjerena vrijednost naponske i fazne greške (%; min).

Greške naponskih mjernih transformatora prvo se utvrđuju pri najvećoj vrijednosti mjernog opsega (npr. 120 % U_{1N}). Potom se koriste niže ispitne tačke napona koje su u skladu s tablom 3. iz Aneksa II ovog Pravilnika.

Za transformatore klase tačnosti 0,1, 0,2, 0,5 naponske i fazna greška pri nazivnoj frekvenciji ne smije preći vrijednosti utvrđene u Tabeli 3. za sve vrijednosti opterećenje između 25 % i 100 % nazivnog opterećenja, odnosno 0% i 100% ako se radi o nazivnom opterećenju koje je manje od 10 VA.

Sekundarno opterećenje koje se koristi za potrebe ispitivanja za sve klase tačnosti mora biti induktivno, faktora snage $\cos\beta = 0,8$, osim ako je opterećenje manje od 10 VA, u tom slučaju faktor snage opterećenja mora biti $\cos\beta = 1$.

1.3.3.2. Greške naponskih mjernih transformatora sa proširenim opsegom

Za naponske mjerne transformatori klase tačnosti od 0.1 do 0.5 koji zbog načina uzemljenja mreže kao i priključka transformatora na mrežu, imaju primarni napon koji je uvećan za faktor napona (F_V), naponska i fazna greška pri nazivnoj frekvenciji i maksimalnom naponu ($F_V \cdot U_N$) ne smije preći dozvoljene granice definisane u Tabeli 3 Aneksa II

Napomena: Maksimalna primarni napon za transformatore sa proširenim mjernim opsegom određuje se umnoškom nazivnog napona i naponskog faktora (npr. $F_V \cdot U_N$).

1.3.3.3. Određivanje grešaka naponskih mjernih transformatora s više namota

U slučaju naponskih mjernih transformatora s dva ili više sekundarnih namota, naponske i fazne greške svakog od namota utvrđuju se u dva slučaja:

- 1) U prvom slučaju namoti koji se ne ispituju se ostavljaju otvoreni;
- 2) U drugom slučaju namoti koji se ne ispituju moraju se opteretiti nazivnom snagom.

Namot za vezivanje u otvoreni trougao ne opterećuje se.

Naponske i fazne greška za oba navedena slučaja, kao i za svaki namot koje se koristi za obračunavanje električne energije, moraju biti unutar granica definisanih u Tabeli 3. Aneksa II.

1.3.3.4. Određivanje grešaka za naponske mjerne transformatore s višestrukim prenosnim odnosima

Pri ispitivanju tačnosti prespojivih naponskih mjernih transformatora sa različitim nazivnim prenosnim odnosima, koji se postižu izvodima primarnog ili sekundarnog namota, ovakvi transformatori se ispituje pri svim nazivnim prenosnim odnosima i na svima ispitnim tačkama datim u Tabeli 3 Aneksa II.

1.3.3.5. Greške naponskih transformatorima s dodatnim priborom

Najveće dozvoljene naponske i fazne greške iz Tabele 3. Aneksa II ne smiju biti prekoračene za naponske mjerne transformatore sa spojenim dodatnim priborom ako je isti sastavni dio transformatora (npr. osigurač itd).

1.4. Zahtjevi u pogledu tačnosti etalonske i mjerne opreme

Greška generisanog primarnog napona na svim ispitnim tačkama iz opsega od 120% do 80% nazivnog napona naponskog mjernog transformatora ne smije biti veća 0.5%. Frekvencija napona pri kojoj se određuju greške naponskog mjernog transformatora mora biti unutar granica od $\pm 1\%$, dok pri ispitivanju kapacitivnih naponskih transformatora frekvencija pri kojoj se određuju greške mora biti određena sa tačnoću od 0.1%.

Greška ispitnog opterećenja koje se vezuje u sekundarno kolo ispitivanog naponskog mjernog transformatora ne smiju biti veća od 3% njegove nazivne vrijednosti.

Etalonska i mjerna oprema koji se koriste za verifikaciju naponskih mjernih transformatora mora da ima odgovarajuću tačnost kojom se postiže da proširena mjerna nesigurnost mjernih grešaka transformatora koji se verifikuje bude najmanje tri puta manja od od njegove najveće dozvoljene greške definisane u Tabeli 3.

Etalonska i mjerna oprema za verifikaciju naponskih mjernih transformatora mora biti redovno kalibrisana u jasno definisanim kalibracionim periodima, radi obezbjeđivanja sljedivosti rezultata mjerenja do najvišeg mjeriteljskog nivoa.

ANEKS VI **(Verifikacija kombinovanih mjernih transformatora)**

1. Način provjere

Prilikom verifikacije kombinovanih mjernih transformatora moraju se provoditi sljedeća ispitivanja:

- a) Vizuelni pregled
- b) Utvrđivanje ispravnog označavanja priključaka i natpisnih oznaka.
- c) Razmagnetisanje strujnog mjernog transformatora
- d) Utvrđivanje strujnih i naponskih amplitudskih i faznih grešaka transformatora.

1.1. Oprema za pregled

Oprema za pregled koja se koristi za verifikaciju kombinovanih mjernih transformatora je ona ista koja se koristi u aneksu IV i V za strujne i naponske mjernje transformatore respektivno.

1.2. Uslovi tokom ispitivanja

Kombinovani mjerni transformatori ispituju se pri nazivnoj frekvenciji s njenim najvećim dozvoljenim odstupanjem od $\pm 1\%$, pri ispitnom naponu i struji čiji faktor izobličenja ne premašuje 5% , pri okolnskim uslovima temperaturi od $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$, relativnoj vlažnosti zraka od najviše 75% .

1.3. Opis ispitivanja

1.3.1. Vizuelni pregled

Provjerava se postoje li na kombinovanom mjernom transformatoru fizička oštećenja, da li su sve informacije one koje su propisane u ovom Pravilniku navedene na natpisnoj pločici čitljive i neizbrisive, te jesu li priključci pravilno spojeni.

1.3.2. Ispravno označavanje priključaka

Provera označavanja priključaka naponskog i strujnog mjernog transformatora vrši se, u skladu sa članom 7. ovog Pravilnika vizuelnim pregledom i identifikacijom:

- (1) primarnog i sekundarnog namotaja;
- (2) sekcije svakog namota, ukoliko ih ima;
- (3) polariteta namota i sekcija namota;
- (4) međuizvoda, ako ih ima.

1.3.3. Razmagnetisanje strujnog mjernog transformatora

Strujni mjerni transformatori koji se ispituju kao i etalonski strujni mjerni transformator, moraju biti razmagnetisani prije početka ispitivanja klase tačnosti da bi se otklonile moguće promjene grešaka usljed remanentne indukcije. Postupak razmagnetisanja se provodi na isti način naveden u Aneksu IV za svako mjerno jezgro.

1.3.4. Određivanje strujnih i naponskih amplitudskih i faznih grešaka kombinovanih mjernih transformatora

1.3.4.1. Zahtjevi u pogledu grešaka kombinovanih mjernih transformatora

Za kombinovane mjerne transformatore strujni transformator mora ispunjavati zahtjeve utvrđene u Aneksu I i III, a naponski transformatori zahtjeve utvrđene Aneksom II i IV ovog Pravilnika.

1.3.4.2. Postupak utvrđivanja interakcije mjernih transformatora

Prilikom određivanja mjernih grešaka kod kombinovanih mjernih transformatora, međusobni uticaj strujnog i naponskog transformatora mora biti određen.

(a) Uticaj strujnog mjernog transformatora u grupi na naponski transformator koji se ispituje utvrđuje se određivanjem naponske i fazne greške ispitanog naponskog mjernog transformatora pri sljedećim uslovima:

- na svim tačkama od 80 % do 120 % nazivnog napona (ili pri primarnom naponu koji je uvećan za faktor napona (F_V) i opsega opterećenja od 25 % i 100 % nazivnog sekundarnog opterećenja, kada su primami priključci strujnog mjernog transformatora neopterećeni (MJERENJE 1a);

MJERENJE 1a: Mjerenje naponskih i faznih grešaka provodi se prema Aneksu V, a izmjerene greške moraju da zadovolje granice najveće dozvoljene greške definisane u Aneksu II za sve klase tačnosti.

- pri nazivnoj trajnoj termičkoj struji strujnog transformatora, kada je primami namot naponskog transformatora kratko spojen, a sekundar opterećen nazivnim opterećenjem ili 15 VA (MJERENJE 2a).

MJERENJE 1b: Prije provođenja procedure mjerenja potrebno zadovoljiti zahtjeve minimalne dozvoljene distance ispitnog objekta i mjernog sistema, kao i njihove međusobne pozicije koju definiše normativni dokument BAS EN IEC 61869-4.

Napon na sekundarnim priključcima naponskog transformatora indukovanoj strujom strujnog transformatora, potrebno je mjeriti sa milivoltmetrom ili osciloskopom.

Varijacija naponske i fazne greške na 80 % nazivne primarnog napona se određuje:

$$\pm \Delta \varepsilon_V = \frac{V_i}{0,8 \cdot V_{SN}} \cdot 100 [\%]$$

$$\pm \Delta \delta_V = \pm \Delta \varepsilon_V \cdot 34,4 [min]$$

Gdje je:

V_i – mjereni pad napona u (V)

V_{SN} – Nazivna sekundarni napon u (V)

Kada se prethodno određene varijacije naponske i fazne greške apsolutno zbroje sa greškom izmjerenom u slučaju MJERENJA 1a pri 80 % nazivnog napona, ukupna greška ne smije prelaziti granice najveće dozvoljene greške definisane u Aneksu II za definisanu klasu naponskog mjernog transformatora.

Prethodno opisanu proceduru mjerenja potrebno je provesti na svim tačkama iz ANEKSA II između 80 % i 120 % nazivnog primarnog napona, pri primarnom naponu koji je uvećan za faktor napona (F_v) za transformator sa proširenim mjernim opsegom. Ukupna greške određena apsolutnim zbrajanjem rezultata sekvence MJERENJA 1b i 2b za sve mjerne tačke iz navedenog opsega primarnog napona i opterećenja, ne smije prelaziti granice najveće dozvoljene greške definisane u Aneksu II za definisanu klasu tačnosti naponskog mjernog transformatora.

(b) Uticaj naponskog mjernog transformatora u grupi na strujni mjerni transformator koji se ispituje utvrđuje se mjerenjem strujne i fazne greške ispitnog strujnog transformatora:

- na svim tačkama od 5 % do 120 % nazivne struje (kao i na tački nazivne trajne termičke struje za transformatore sa proširenim mjernim opsegom) i opsega opterećenja od 25 % i 100 % nazivnog sekundarnog opterećenja, kada su primarni priključci naponskog mjernog transformatora neopterećeni (MJERENJE 1b);

MJERENJE 1b: Mjerenje strujnih i faznih grešaka provodi se prema ANEKSU IV, a izmjerene greške moraju da zadovolje granice najveće dozvoljene greške definisane u Aneksu I za sve klase tačnosti.

- pri primarnom naponu od 120 % od V_{pn} ili pri primarnom naponu pomnoženim sa naponskim faktorom F_v i otvorenom sekundaru (MJERENJE 2b).

MJERENJE 2b: Napon od 120% V_{pn} (ili $F_v \times V_{pn}$) se narine na primarni priključak naponskog transformatora, koji je povezan direktno na jedan od priključaka strujnog transformatora koji se ispituje. Kapacitivnu struju generisanu od strane naponskog transformatora u strujnom transformatoru potrebno je mjeriti preko pada napona na otpomiku tačnosti $\pm 10\%$ vezanom na sekundar strujnog transformatora. Na nazivnim sekundarnim strujama od 1 A i 5 A potrebno je koristiti otpomike veličine 100 Ω i 4 Ω respektivno. Potrebno je izvršiti dva mjerenja kao na slici 3. Prvo kada je sekundarno kolo strujnog mjernog transformatora uzemljeno na jednom kraju priključka (priključak S_1 - MJERENJE 2b-1), drugo kada je sekundarno kolo uzemljeno na drugom kraju priključka (priključak S_2 - MJERENJE 2b-2). Veća vrijednost izmjenog napona U_i od dva prethodna mjerenja se razmatra u daljoj analizi uticaja naponskog transformatora na strujnu i faznu grešku strujnog transformatora. Varijacija strujne i fazne greške na 5 % nazivne primarne struje se određuje:

$$\pm \Delta \varepsilon_I = \frac{V_i}{R \cdot 0.05 \cdot I_{sn}} \cdot 100 [\%]$$

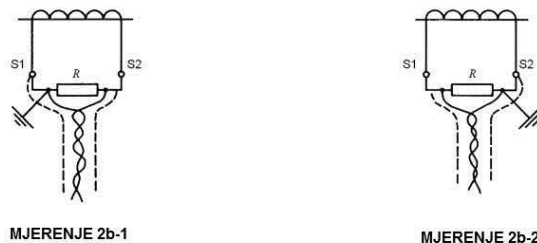
$$\pm \Delta \delta_I = \pm \Delta \varepsilon_I \cdot 34.4 [min]$$

Gdje je:

V_i – mjereni pad napona na otpomiku u (V)

R – Otpornost otpornika u (Ω)

I_{sn} – Nazivna sekundarna struja u (A)



Slika 3. Mjerenje struje u sekundarnom kolu strujnog transformatora

Kada se prethodno određene varijacije strujne i fazne greške apsolutno zbroji sa greškom izmjerenom u slučaju MJERENJA 1b pri 5 % nazivne struje, ukupna greška ne smije prelaziti granice dozvoljene greške definisane u Aneksu I za definisanu klasu strujnog mjernog transformatora.

Prethodno opisanu proceduru mjerenja potrebno je provesti na svim tačkama iz ANEKSA I između 5 % i 120 % nazivne primarne struje, kao i na tački nazivne trajne termičke struje za transformatore sa proširenim mjernim opsegom. Ukupna greška određena apsolutnim zbrajanjem rezultata sekvence MJERENJA 1b i 2b za sve mjerne tačke iz navedenog opsega primarne struje i opterećenja, ne smije prelaziti granice najveće dozvoljene greške definisane u Aneksu I za definisanu klasu tačnosti strujnog mjernog transformatora.

1.4. Zahtjevi u pogledu tačnosti etalonske i mjerne opreme

Zahtjevi u pogledu tačnosti primarnog napona, struje i opterećenja su isti oni koji važe posebno za svaki transformator, a koji su navedeni u Aneksima IV i V ovog Pravilnika.

Etalonska i mjerna oprema koja se koriste za verifikaciju naponskih i strujnih mjernih transformatora mora da ima odgovarajuću tačnost kojom se postiže da proširena mjerna nesigurnost mjernih grešaka transformatora koji se verifikuje bude najmanje tri puta manja od njegove najveće dozvoljene greške za pojedini transformator definisane u Tabelama 1, 2 i 3. Aneksa I i II.

Etalonska i mjerna oprema za verifikaciju naponskih i strujnih mjernih transformatora mora biti redovno kalibrisana u jasno definisanim kalibracionim periodima, radi obezbjeđivanja sljedivosti rezultata mjerenja do najvišeg mjeriteljskog nivoa.