

ANEKS I

Mjeriteljski i tehnički zahtjevi za strujne mjerne transformatore

Ovim Aneksom propisuju se mjeriteljski i tehnički zahtjevi za strujne mjerne transformatore namijenjeni 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 namijenjene 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) 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. Smijer 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 slučaju 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 namjenjeni 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 $\cos\phi=1$, su: 1.0 VA; 2.5 VA; 5.0 VA i 10 VA (KATEGORIJA I).

Standardne vrijednosti nazivnih snaga uz induktivni faktor snage $\cos\phi=0.8$ 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 naposkih 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 (F_v)

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 mjeme 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 mjeme 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) Utvrđivanje 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 označivanje 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 razdvojitim magnetskim kolom

U slučaju strujnog mjernog transformatora obuhvatnog tipa sa razdvojitim 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 akoje 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 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) Utvrđivanja 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

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

1.1.3. Opterećenja naponskog mjernog transformatora

Moraju se koristiti odgovarajuća opterećenja s faktorom snage od $\cos\beta \approx 0.8$ ili $\cos\beta \approx 1$, 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 $\cos\beta \approx 1$. Za mjerenje grešaka naponskog mjernog transformatora s nazivnim opterećenjem $S \geq 10$ VA mora se koristiti opterećenje s faktorom snage $\cos\beta \approx 0.8$.

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 tačnošću 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

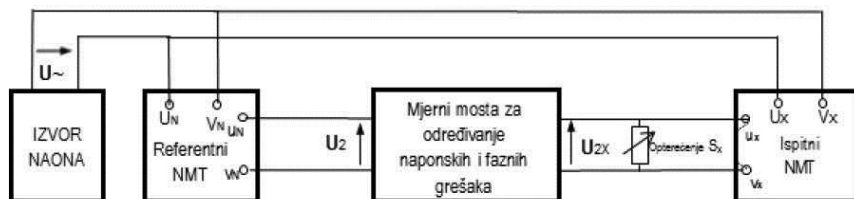
Provjera označavanja priključaka naponskog mjernog transformatora vrši se, u skladu sa članom 7. ovog Pravilnika vizuelnim pregledom i identifikacijom:

- (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 etalonskog 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_{IN}). 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 greške 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 tačnošću 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 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) Utvrđivanja ispravnog označivanja priključaka i natpisnih oznaka.
- c) Razmagnetisavanje 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 mjeme 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 okolinskim 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 označivanje 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) međuzvoda, 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 razmagnetisavanja 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 ispitnog 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 primarni 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 primarni 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 izmjenom 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 otporniku tačnosti $\pm 10\%$ vezanom na sekundar strujnog transformatora. Na nazivnim sekundarnim strujama od 1 A i 5 A potrebno je koristiti otpornike 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 izmjenjenog 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:

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

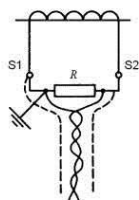
$$\pm \Delta \delta_I = \pm \Delta \varepsilon_I \cdot 34.4 [min]$$

Gdje je:

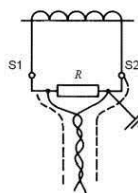
V_i – mjereni pad napona na otporniku u (V)

R – Otpornost otpornika u (Ω)

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



MJERENJE 2b-1



MJERENJE 2b-2

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 primame 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.