

SMANJENJE GREŠAKA STRUJNIH MERNIH TRANSFORMATORA IZRADOM SEKUNDARNOG NAMOTAJA OD VIŠE PARALELNIH PROVODNIKA, PROMENOM OTPORA SEKUNDARNOG NAMOTAJA

N. Ružin, ABS MINEL FEPO Zrenjanin, Srbija
S. Rakić, ABS MINEL FEPO Zrenjanin, Srbija
S. Petrović, ABS MINEL FEPO Zrenjanin, Srbija
L. Poljak, ABS MINEL FEPO Zrenjanin, Srbija

1. UVOD

Poznate metode za smanjenje grešaka strujnih mernih transformatora su:

- korekcija navoja,
- dodatno opterećenje,
- predmagnetisanje jezgra,
- kombinacije magnetnih materijala,
- promena otpora sekundarnog namotaja.

Radom je obuhvaćena praktična metoda smanjenja grešaka strujnih transformatora izradom sekundarnog namotaja od više paralelnih provodnika, uključujući i promenu omskog otpora sekundarnog namotaja.

U radu je opisana izrada strujnog transformatora sa sekundarnim namotajem od više paralelnih provodnika, način promene omskog otpora sekundarnog namotaja i uticaj promenjenog otpora na greške strujnog transformatora.

2. RAD

Kod strujnih transformatora proizvod naznačene primarne struje i broja navoja u primarnom namotaju, treba da bude jednak proizvodu naznačene sekundarne struje i broja navoja u sekundarnom namotaju.

$$I_{1n} \times N_1 = I_{2n} \times N_2 \quad (1)$$

gde su:

I_{1n} – naznačena primarna struja,
 I_{2n} – naznačena sekundarna struja,
 N_1 – broj navoja primarnog namotaja,
 N_2 – broj navoja sekundarnog namotaja.

Kod ovakvog izbora broja navoja, redovno se dobijaju negativne strujne greške zbog struje magnetiziranja, jer je sekundarna struja I_2 manja od primarne struje svedene na sekundar I_1 . Da bi se strujne greške podesile u granice za deklarisanu klasu tačnosti, potrebno je korigovati broj navoja u sekundarnom namotaju da se poveća sekundarna struja i strujne greške pomere u pozitivnu zonu.

$$p_i = \frac{Kn * I_{2n} - I_{1n}}{I_{1n}} * 100[\%] \quad (2)$$

gde su:

p_i - strujna greška u %,

Kn - odnos transformacije.

Kada je broj amper navoja nizak (umnožak naznačene struje i broja navoja) korekcija za samo jedan navoj na sekundarnom namotaju je gruba i grešku pomera van granica deklarisanе klase tačnosti u pozitivnu zonu.

$$p_{i1navoj} = \frac{1}{N_2} * 100[\%] \quad (3)$$

gde je:

$p_{i1navoj}$ - greška koju unosi korekcija 1 navoja na sekundaru.

Da bi se strujne greške podesile u granice deklarisanе klase tačnosti potrebno je izvršiti korekciju sekundarnog broja navoja za manje od jednog navoja, što se postiže izradom sekundarnog namotaja od više paralelnih provodnika i promenom omskog otpora sekundarnog namotaja.

2.1. Podešavanje strujne greške izradom sekundarnog namotaja od više paralelnih provodnika

2.1.1. Strujni transformator 400 / 5 A, kl. 0,5S, 30 VA, Fs 5,

jezgro $\varnothing 70 / 130 \times 25$ mm

$N_1 = 1$ navoj,

$N_2 = 80$ navoja $2 \times \varnothing 1,3$ mm.

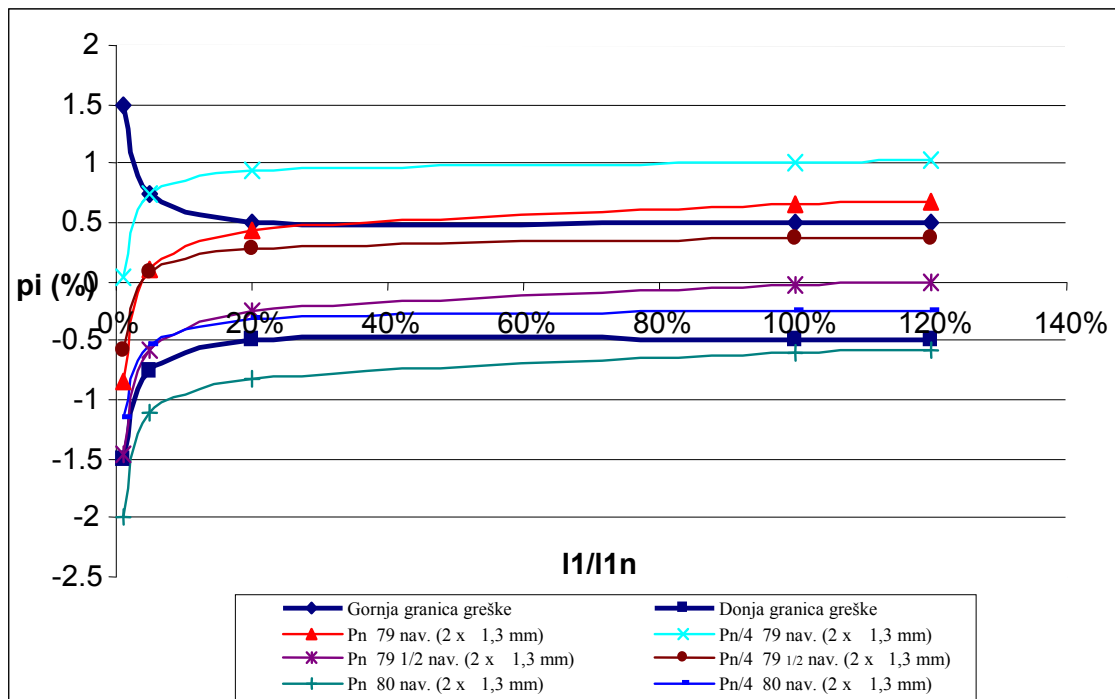
Rezultati dobijeni ispitivanjem strujnih grešaka sa propisanim granicama kl. 0,5S dati su u *Tabeli 1*, a krive strujnih grešaka prikazane su na *Dijagramu 1*.

Greške su merene pri naznačenoj snazi P_n i četvrtini naznačene snage $P_n/4$, u referentnim tačkama 1; 5; 20; 100; 120 % naznačene primarne struje sa punim brojem navoja na sekundaru 80, korigovanim 79, korigovanim 79 $\frac{1}{2}$.

Prema izrazu (3) korekcijom sekundarnih navoja, za 1 navoj greška se pomera za 1,25 %, korekcijom za $\frac{1}{2}$ navoja greška se pomera za 0,625 %.

Tabela 1.

Redni broj merenja	Referentne vrednosti I_1/I_{1n} [%]	1%	5%	20%	100%	120%
	Gornja granica greske kl. 0.5S	1,5	0,75	0,5	0,5	0,5
	Donja granica greske kl. 0.5S	-1,5	-0,75	-0,5	-0,5	-0,5
1.	P_n 79 nav. ($2 \times \varnothing 1,3$ mm)	-0,8443	0,1081	0,4247	0,6435	0,6741
2.	$P_n/4$ 79 nav. ($2 \times \varnothing 1,3$ mm)	0,0311	0,7531	0,9313	1,0024	1,0326
3.	P_n 79 $\frac{1}{2}$ nav. ($2 \times \varnothing 1,3$ mm)	-1,4722	-0,5715	-0,2577	-0,0309	-0,0126
4.	$P_n/4$ 79 $\frac{1}{2}$ nav. ($2 \times \varnothing 1,3$ mm)	-0,5765	0,0898	0,2746	0,3748	0,3714
5.	P_n 80 nav. ($2 \times \varnothing 1,3$ mm)	-1,9859	-1,1176	-0,8193	-0,6009	-0,5792
6.	$P_n/4$ 80 nav. ($2 \times \varnothing 1,3$ mm)	-1,1644	-0,5354	-0,3236	-0,2451	-0,2489



Dijagram 1.

2.1.2. Postupak merenja i korigovanja

Sekundarni namotaj strujnog transformatora izrađen je dvostrukom žicom $2 \times \varnothing 1,3$ mm, prema (1) namotano 80 navoja. Merenjem su dobijeni rezultati strujnih grešaka u *tabeli 1*, merenja 5 i 6.

Izvršena korekcija navoja na sekundarnom namotaju za 1 navoj, oduzet 1 navoj, sa 80 navoja broj navoja smanjen je na 79. Dobijeni rezultati strujnih grešaka dati su u *tabeli 1*, merenja 1 i 2.

Izvršena korekcija navoja sekundarnog namotaja za $\frac{1}{2}$ navoja, tako da paralelno vođeni provodnici $\varnothing 1,3$ mm, jedan ima 80 navoja a drugi 79 navoja, pa je broj navoja na sekundaru $79 \frac{1}{2}$. Dobijeni rezultati merenjem strujnih grešaka prikazani su u *tabeli 1*, merenja 2 i 3.

2.1.3. Analiza dobijenih rezultata

Sa punim brojem navoja 80 na sekundarnom namotaju pri naznačenoj snazi, strujne greške negativne i van granica deklarisanе klase tačnosti.

Sa korigovanim 1 navojem na sekundarnom namotaju, strujne greške pomerene u plus opseg, van granica deklarisanе klase tačnosti. Pri naznačenoj snazi P_n i referentnoj vrednosti primarne struje I_1/I_{1n} 100% strujna greška je pomerena za +1,24% (izračunato prema izrazu 3. +1,25%).

Sa korigovanjem $\frac{1}{2}$ navoja na sekundarnom namotaju strujne greške i pri punoj naznačenoj snazi i četvrtini naznačene snage, smeštene su u granice za deklarisanu klasu tačnosti. Pri naznačenoj snazi P_n i referentnoj vrednosti primarne struje I_1/I_{1n} 100% strujna greška pomerena za + 0,57 % (izračunato prema izrazu 3. + 0,625).

Izradom sekundara strujnih transformatora sa više paralelnih provodnika, mogu se strujne greške postaviti u granice deklarisanе klase tačnosti, korekcijom navoja sa manje od jednog navoja u ovom slučaju $\frac{1}{2}$ navoja.

2.2. Podešavanje strujne greške strujnog transformatora promenom omskog otpora sekundarnog namotaja

Strujne greške strujnog transformatora mogu se podešavati promenom otpora sekundarnog namotaja, izradom namotaja od više paralelnih provodnika različitih preseka.

$$\Delta p_i = \frac{kl * 100}{N_2} * \frac{S_{2T}}{S_{2T} + S_{2D}} \% \quad (4)$$

gde su:

Δp_i – korekcija strujne greške u %,

kl – klasa tačnosti,

S_{2T} – presek tanjeg provodnika,

S_{2D} – presek debljeg provodnika.

2.2.1. Strujni transformator 800 / 5 A, kl. 0,5S, 15 VA, Fs 5,

jezgro \varnothing 90 / 125 x 10 mm,

$N_1 = 1$ navoj

a. $N_2 = 160$ navoja $2 \times \varnothing$ 1,3 mm,

b. $N_2 = 160$ navoja (\varnothing 1 mm + \varnothing 1,6 mm) paralelno vođeni.

Za strujni transformator sa sekundarnim namotajem sa dva paralelna provodnika "Slučaj a." ispitivanjem dobijeni rezultati strujnih grešaka su u *Tabeli 2*, a krive strujnih grešaka su prikazane na *Dijagramu 2*.

Za strujni transformator sa sekundarnim namotajem sa dva paralelna provodnika (\varnothing 1 mm + \varnothing 1,6 mm) "Slučaj b." ispitivanjem dobijeni rezultati strujnih grešaka su u *Tabeli 3*, krive strujnih grešaka su prikazane na *Dijagramu 3*.

2.2.2. Postupak merenja i korigovanja navoja

Korigovanje navoja i merenje za sekundarni namotaj "Slučaj a." ponovljen iz tačke 2.1.2. Za sekundarni namotaj "Slučaj b." merenje obavljeno tako da provodnik \varnothing 1mm ima 160 navoja, provodnik \varnothing 1,6mm ima 159 navoja

2.2.3. Analiza dobijenih rezultata

a. Rezultati dobijeni sa ne korigovanim brojem navoja 160, ne zadovoljavaju jer su strujne greške u referentnim tačkama I_1/I_{1n} , 5 i 20 % preko dozvoljenih granica negativne za Pn.

Korekcijom od jednog navoja, 159 navoja na sekundaru strujne greške su u granicama deklarisanе klase tačnosti 0,5S ali su pri Pn/4 u referentnim tačkama I_1/I_{1n} , 100 i 120 % blizu pozitivne granice.

Korekcijom od $\frac{1}{2}$ navoja, 159 $\frac{1}{2}$ na sekundaru krive strujnih grešaka su dobro postavljene u odnosu na granice deklarisanе klase tačnosti 0,5S.

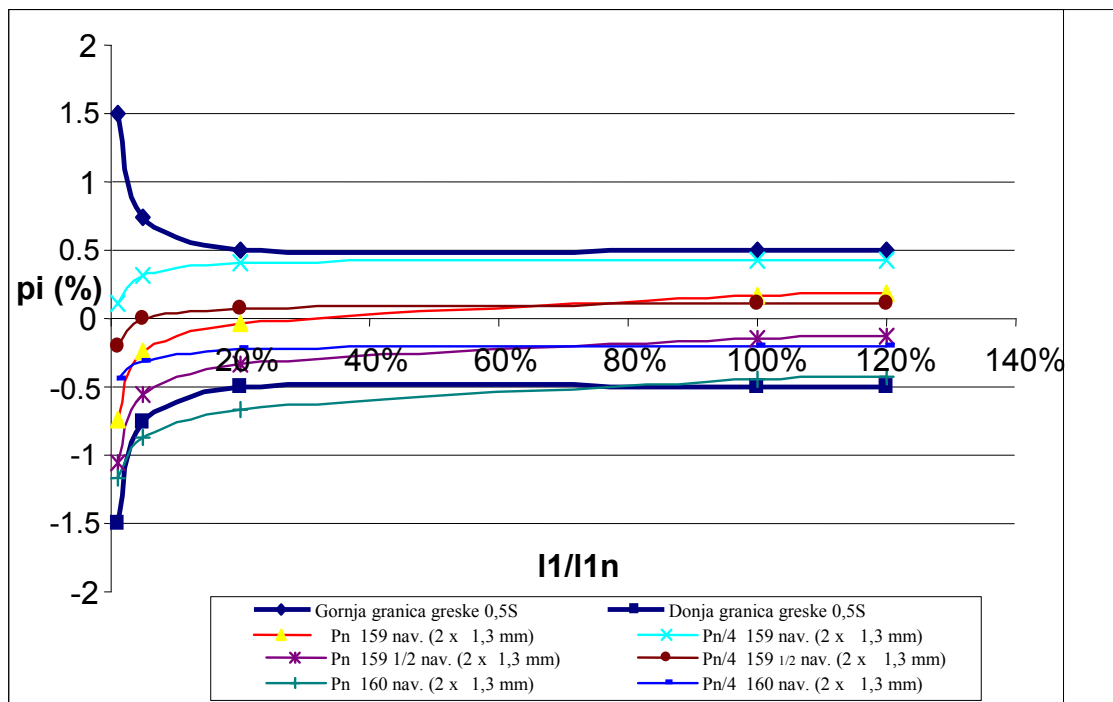
b. Izradom sekundarnih namotaja sa paralelnim provodnicima različitog poprečnog preseka (\varnothing 1 mm + \varnothing 1,6 mm) tj. promenom omskog otpora sekundarnog namotaja, strujna greška korigovana za + 0,078% (izračunato prema izrazu 4. + 0,085%) u odnosu na isti transformator sa 79 $\frac{1}{2}$ navoja i dva paralelno vođena provodnika ($2 \times \varnothing$ 1,3 mm). Strujni transformator sa sekundarnim namotajem "Slučaj b." zadovoljava klasu tačnosti 0,2S

Izradom strujnih transformatora sa sekundarnim namotajem od paralelnih provodnika različitih poprečnih preseka tj. promenom omskog otpora sekundarnog namotaja, mogu se precizno podesiti strujne greške u granice deklarisanе klase tačnosti.

Tabela 2.

Redni	Referentne vrednosti I_1/I_{1n} [%]	1%	5%	20%	100%	120%
-------	---------------------------------------	----	----	-----	------	------

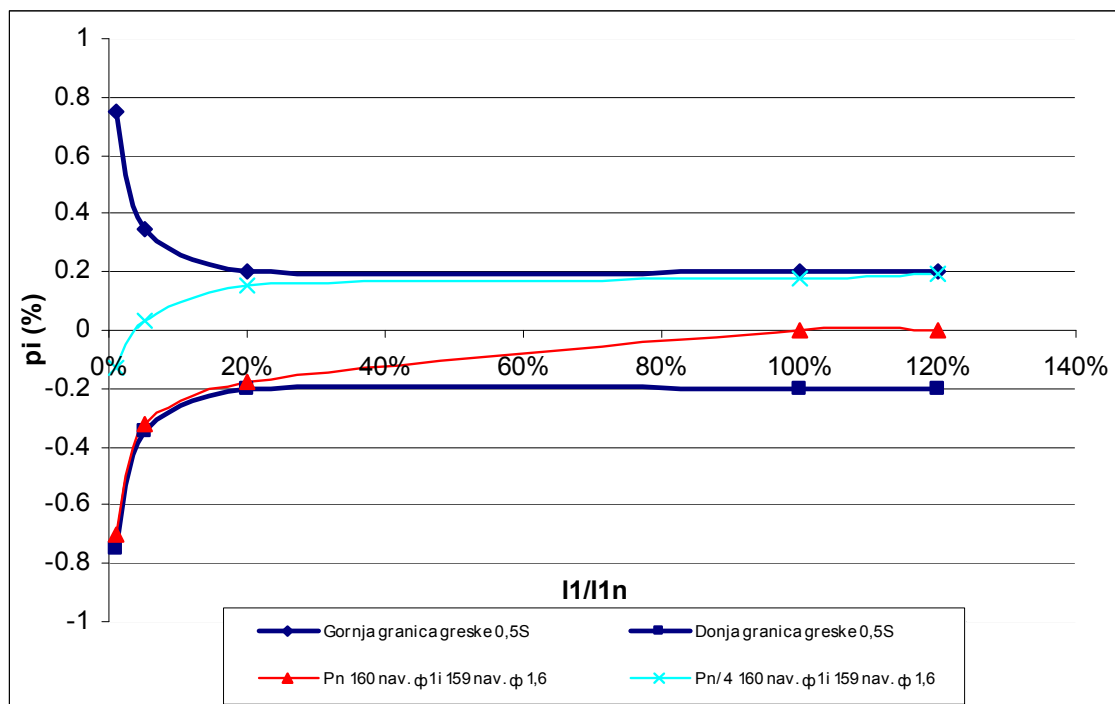
broj merenja	Gornja granica greske 0,5S	1.5	0.75	0.5	0.5	0.5
	Donja granica greske 0,5S	-1.5	-0.75	-0.5	-0.5	-0.5
1.	Pn 159 nav. (2 x \varnothing 1,3 mm)	-0.7461	-0.2317	-0.0455	0.1705	0.1907
2.	Pn/4 159 nav. (2 x \varnothing 1,3 mm)	0.1178	0.3094	0.4013	0.4258	0.4274
3.	Pn 159 1/2 nav. (2 x \varnothing 1,3 mm)	-1.0502	-0.5556	-0.3311	-0.1489	-0.1366
4.	Pn/4 159 1/2 nav. (2 x \varnothing 1,3 mm)	-0.1961	-0.0008	0.0802	0.102	0.1078
5.	Pn 160 nav. (2 x \varnothing 1,3 mm)	-1.162	-0.8712	-0.6583	-0.4517	-0.4286
6.	Pn/4 160 nav. (2 x \varnothing 1,3 mm)	-0.444	-0.3175	-0.2296	-0.2013	-0.1971



Dijagram 2.

Tabela 3.

Redni broj merenja	Referentne vrednosti l_1/l_{1n} [%]	1%	5%	20%	100%	120%
		Gornja granica greske 0,2S	0.75	0.35	0.2	0.2
	Donja granica greske 0,2S	-0.75	-0.35	-0.2	-0.2	-0.2
1.	Pn 160 nav. \varnothing 1 i 159 nav. \varnothing 1,6	-0.7053	-0.321	-0.175	0.0008	0
2.	Pn/4 160 nav. \varnothing 1 i 159 nav. \varnothing 1,6	-0.128	0.03	0.153	0.18	0.192



Dijagram 3.

3. ZAKLJUČAK

Rezultati dobijeni merenjem su praktični i ponovljivi u serijskoj proizvodnji. Na već izrađenom sekundarnom namotaju na jezgru strujnog transformatora može se obaviti korekcija strujne greške dodatnom izradom namotaja preko već postojećeg sa tanjim provodnikom.

Literatura

- [1] Bego, V., „Mjerni transformatori“, Školska knjiga, Zagreb 1977.
- [2] MWB-Messwandler Bamberg „Uputstvo BU 60“.
- [3] Standard IEC 60044-1.

Kontakt informacije autora:

Nikola Ružin el. inž.
 ABS MINEL FEPO
 Pančevački put 36, Zrenjanin, Srbija
 Sektor kvaliteta
 tel. 023/541 064; 063/509 498
 e-mail: nikola.ruzin@abs.rs