

UNAPREĐENJE FUNKCIJA UREĐAJA MIKROPROCESORSKE ZAŠTITE TRANSFORMATORA 110/x kV

S. Spremić¹, EPS - P.D. "Elektrovojvodina" - Sektor eksploatacije Uprave, Srbija
D. Petrović, EPS – P.D. "Elektrovojvodina" – Ogranak "ED Subotica", Srbija
Z. Ristanović, Siemens d.o.o. Beograd, Srbija
M. Sentin, EPS - P.D. "Elektrovojvodina" - Sektor eksploatacije Uprave, Srbija

UVOD

Savremeni uređaji mikroprocesorske zaštite transformatora u sebi objedinjavaju sve neophodne zaštitne funkcije i signalizaciju, a pored toga isti su programibilni tako da je moguće napraviti i dodatne zaštitne funkcije i signalizaciju ili postojeće proširiti prema potrebama korisnika. Ovde se detaljno obrađuje mogućnost korišćenja napona i struja primara i sekundara (tercijera) transformatora 110/x kV u određivanju položaja regulacione sklopke. Detaljno su sagledani uticaji tačnosti (grešaka) uređaja i struje magnećenja na grešku u izračunavanju položaja regulacione sklopke. Sažeto su razmotrene ostale greške koje mogu uticati na tačnost. Prikazana je jednačina za izračunavanje položaja regulacione sklopke i navedeni potrebni podaci koji se moraju ubaciti u mikroprocesorski uređaj. Daju se predlozi mogućih načina primene, tj. unapređenja funkcija mikroprocesorske zaštite i upravljanja. Zaključuje se da postoji mogućnost primene, ali je potrebna detaljna praktična provera pri različitim uslovima rada.

MOGUĆNOSTI I POSTOJEĆI NAČIN UVOĐENJA ANALOGNIH VELIČINA U MIKROPROCESORSKE UREĐAJE

Uobičajeni analogni ulazi u mikroprocesorske uređaje zaštite transformatora 110/x kV su struje zaštitnog jezgra strujnih transformatora višenaponske strane, struje zaštitnog jezgra strujnih transformatora niženaponske strane i naponi višenaponske strane. Analogni ulazi napona niženaponske strane se ne koriste. Struje niženaponskih strana su neophodne za funkciju diferencijalne zaštite.

Uobičajeni analogni ulazi u mikroprocesorske upravljačke uređaje trafo polja 110 kV su struje drugog mernog jezgra strujnih transformatora višenaponske strane i naponi višenaponske strane.

Pored ovog mikroprocesorski uređaji niženaponske strane za zaštitu trafopolja, izvodnih ćelija, merne i spojne ćelije koriste napone iz merne ćelije i struje strujnih transformatora svoje ćelije.

Komunikacija je izvedena optičkim vezama iako se kod termoboksa, uređaja automatske regulacije napona (u daljem tekstu: uređaj ARN) koriste i drugi načini kao što su ethernet, RS 485,....

¹ Siniša Spremić, EPS-P.D. "Elektrovojvodina" - Sektor eksploatacije Uprave, Bulevar oslobođenja 100, 21000 Novi Sad (sinisa.spremic@ev.rs)

MOGUĆNOST KORIŠĆENJA NAPONA PRIMARA I SEKUNDARA TRANSFORMATORA U ODREĐIVANJU POLOŽAJA REGULACIONE SKLOPKE

Ovde će biti data analiza mogućnosti korišćenja napona primara i sekundara transformatora u određivanju položaja regulacione sklopke. Ukoliko su transformatori tronamotajni mogu da se uzmu u obzir naponi oba niženaponska namotaja.

Naponi mereni preko naponskih transformatora višenaponske i niženaponske strane ne mogu biti korišćeni u određivanju prenosnog odnosa i položaja regulacione sklopke izuzev pri praznom hodu ili malim opterećenjima, s tim da se i tu čini određena greška koja je uslovljena malim padom napona u transformatoru. Da se to prikaže urađen je proračun dva transformatora u paralelnom radu i proračun jednog transformatora za različita opterećenja i različite sačinioce (faktore) snage. Oba transformatora čiji su podaci korišćeni za proračun su prenosnih odnosa 110/21/10,5 kV, snaga 31,5 kVA, koraka regulacije 1,6 %. Iz podataka o naponima kratkog spoja u srednjem i oba krajnja položaja je napravljena interpolisana kriva za sve položaje koja je korišćena za proračun.

U Tabeli 1 su prikazani rezultati proračuna za dva transformatora u paralelnom radu i pojedinačan rad transformatora pri primarnom naponu od 112000 V. Položaji regulacionih sklopki su prilagođavani prema opterećenju i prema zadatim parametrima kompenzacije pada napona čime je sekundarni napon održavan u željenim okvirima.

TABELA 1 – Razlike položaja regulacione sklopke računatog iz odnosa napona priključaka ET u odnosu na stvarni položaj

Razlika položaja regulacione sklopke računatog iz odnosa napona priključaka ET u odnosu na stvarni položaj									
Dva ET u paralelnom radu u istim položajima regulacione sklopke					Pojedinačan rad transformatora				
Vrednost $\cos\varphi$	$0,9*S_n$	$0,5*S_n$	$0,25*S_n$	$0,1*S_n$	Vrednost $\cos\varphi$	$0,9*S_n$	$0,5*S_n$	$0,25*S_n$	$0,1*S_n$
1.000	0	0	0	0	1.000	1	0	0	0
0.975	2	1	1	0	0.975	2	1	1	0
0.950	3	2	1	0	0.950	3	2	1	0
0.925	3	2	1	0	0.925	3	2	1	0
0.900	3	2	1	1	0.900	4	2	1	1
0.875	4	2	1	1	0.875	4	2	1	1
0.850	4	3	1	1	0.850	4	3	2	1

Iz rezultata datih u Tabeli 1 se vidi da se razlika položaja regulacione sklopke računatog iz odnosa napona priključaka ET u odnosu na stvarni položaj povećava sa povećanjem opterećenja i smanjenjem sačinioća snage. Prema proračunima za normalne uslove rada u distribuciji električne energije razlike položaja regulacione sklopke izračunatog iz primarnog i sekundarnog napona i stvarnog iznose maksimalno 4 (moguće i 5 položaja). Transformatori razmatrani u proračunima imaju ± 10 položaja u odnosu na srednji.

Ovde se mora napomenuti da se kod paralelnog rada dva transformatora u slučaju razlike položaja regulacione sklopke jednom transformatoru razlika stvarnog prenosnog odnosa i proračunatog iz odnosa napona priključaka povećava, a drugom smanjuje. Nekoliko razmotrenih mikroprocesorskih uređaja za zaštitu trafopolja 110 kV nisu opremljeni ulazima za napone niženaponske strane (izuzev jednog koji ima ugrađenu funkciju automatskog regulatora napona), a upravljački uređaji nisu opremljeni ulazima za struje i napone niženaponske strane. Gledajući uređaje pojedinačno ovaj način za određivanje položaja regulacione sklopke nije primenjiv, ali ako uzmemo u obzir mogućnost komunikacije i slanja podataka između uređaja ovaj način bi se mogao iskoristiti kod opterećenja manjih od 10 % (što bi bio nerazuman način korišćenja snage transformatora), ali uz uslov da se iz trafopolja razmatrane niženaponske strane i sa upravljačkog uređaja trafopolja višenaponske strane komunikacijom proslede sinhronizovani podaci o naponima. Za opterećenja manja od 20 % bi se ovaj način mogao iskoristiti za veće vrednosti sačinioća snage, ali uz moguću grešku od jednog položaja.

Zbog uticaja opterećenja i sačinioća snage, dodatne greške izračunate vrednosti položaja regulacione sklopke koju unosi razlika položaja kod paralelnog rada, ali i greške prenosnog odnosa energetskog transformatora, grešaka naponskih transformatora i uređaja i time mogućih velikih razlika izračunatog i stvarnog položaja regulacione sklopke u normalnim uslovima rada transformatora, može se reći da je ovaj način određivanja položaja regulacione sklopke ograničeno primenjiv.

Mogućnost primene postoji u praznom hodu i pri malim opterećenjima u pojedinačnom radu transformatora. U praznom hodu je primena moguća ako su naponski transformatori niženaponske

strane nalaze između prekidača i transformatora. Ukoliko su naponski transformatori u mernoj ćeliji na sabirnici koja ima napajanje sa drugog transformatora, a prekidač posmatranog trafo polja je isključen, podatak o naponu drugog transformatora ulazi u zaštitni uređaj čime se može se dobiti položaj regulacione sklopke sa velikom greškom. Ovo se mora onemogućiti ispravnom konfiguracijom uređaja, tj. obezbeđenjem odgovarajućih uslova, a to znači da se u tom slučaju nema podatak o položaju regulacione sklopke.

MOGUĆNOST KORIŠĆENJA STRUJA PRIMARA I SEKUNDARA TRANSFORMATORA U ODREĐIVANJU POLOŽAJA REGULACIONE SKLOPKE

Ovde će biti data analiza mogućnosti korišćenja struja primara i sekundara transformatora u određivanju položaja regulacione sklopke. Ukoliko su transformatori tronamotajni analiza se malo usložnjava pošto treba da se uzmu u obzir struje oba niženaponska namotaja.

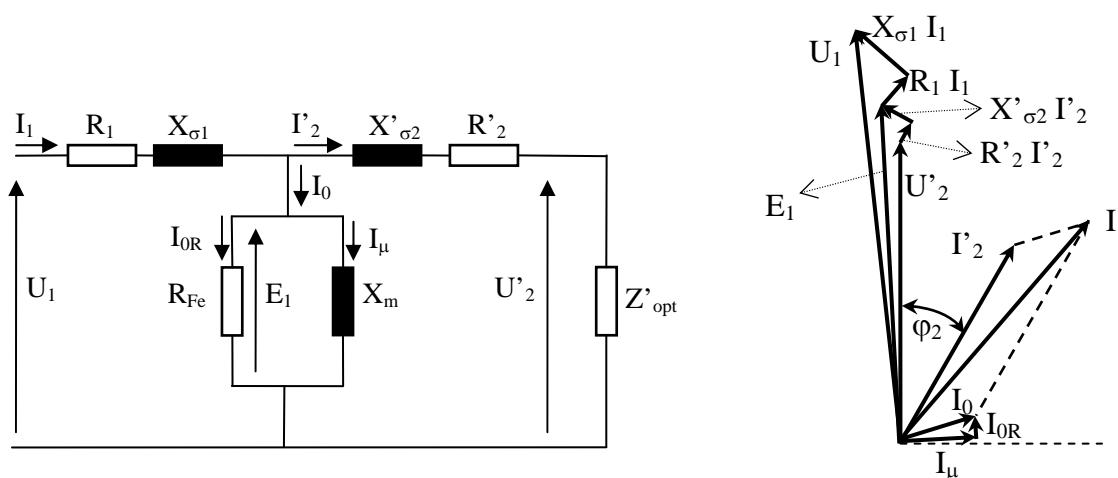
Određivanje položaja regulacione sklopke iz odnosa struja primara i sekundara ili primara i niženaponskih namotaja neće biti prikazano proračunski već će biti detaljno opisano. Poznato je da je odnos struja primara i sekundara za "idealni" transformator određen jednačinom

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}, \quad (1)$$

Kad bi transformator idealno prenosio struju primara na sekundar iz odnosa struja bismo imali tačan prenosni odnos [1]. U stvarnosti se pojavljuje više uzroka koji će dovesti do većih ili manjih grešaka. To su:

- struja praznog hoda,
- greška strujnog transformatora,
- greška prenosnog odnosa transformatora i
- greška uređaja mikroprocesorske zaštite i upravljačkog uređaja.

Struja praznog hoda energetskog transformatora zavisi od konstrukcije i materijala upotrebljenih u izradi transformatora. Transformatori starije konstrukcije i lošijih materijala (prvenstveno dinamo lim) imaju struje praznog hoda pri nominalnom naponu u iznosu od 1 % do 3 % nominalne struje transformatora. Noviji transformatori prenosnog odnosa 110/x kV imaju struju praznog hoda pri nominalnom naponu u iznosu od oko 0,2 % do 0,5 % nominalne struje transformatora, a najnoviji i manje od 0,2 %. Izuzev nekoliko transformatora sa strujom praznog hoda pri nominalnom naponu većom od 1 % nominalne struje ostali imaju struju praznog hoda manju od 0,5 %. Struja praznog hoda se značajno povećava povećanjem napona. Pri naponima za oko 10 % većim od nominalnog struja praznog hoda može biti veća do 4 puta. Kod transformatora 110/x kV domaće proizvodnje starih do 38 godina struja praznog hoda se pri naponu većem za 10 % od nominalnog poveća za 1,6 puta do 2 puta. Kod ostalih transformatora (strane proizvodnje) izuzimajući one koji pri nominalnom naponu imaju struju praznog hoda veću od 1 % pri naponima većim za oko 10 % od nominalnog struja praznog hoda se poveća do 3 puta.



SLIKA 1 – Zamenska šema i vektorski dijagram struja i napona transformatora

Kao što se vidi iz Slike 1 struja praznog hoda I_0 direktno utiče na prenosni odnos struja primara i sekundara tako da isti ne odgovara jednačini (1) čime bi se kod određivanja prenosnog odnosa i time položaja regulacione sklopke činila greška. Struja praznog hoda I_0 je

$$\vec{I}_0 = \vec{I}_\mu + \vec{I}_{0R}, \quad (2)$$

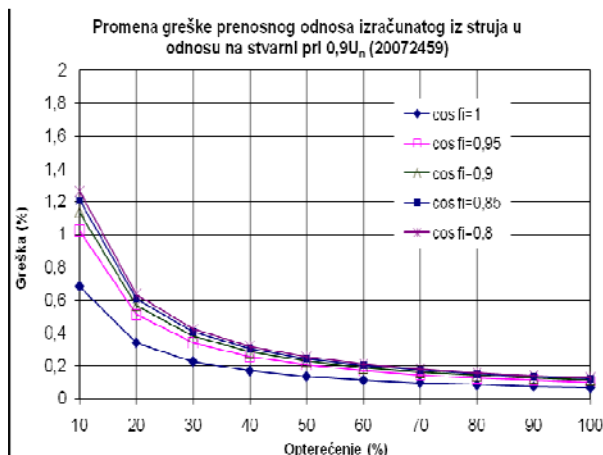
gde je I_μ reaktivni deo struje praznog hoda potreban za magnećenje gvožđa, a I_{0r} aktivni deo struje praznog hoda potreban za pokrivanje gubitaka histerezisa i vrtložnih struja. Uz uvažavanje struje praznog hoda jednačina (1) bi izgledala ovako

$$\frac{|\vec{I}_1 - \vec{I}_0|}{|\vec{I}_2|} = \frac{N_2}{N_1}. \quad (3)$$

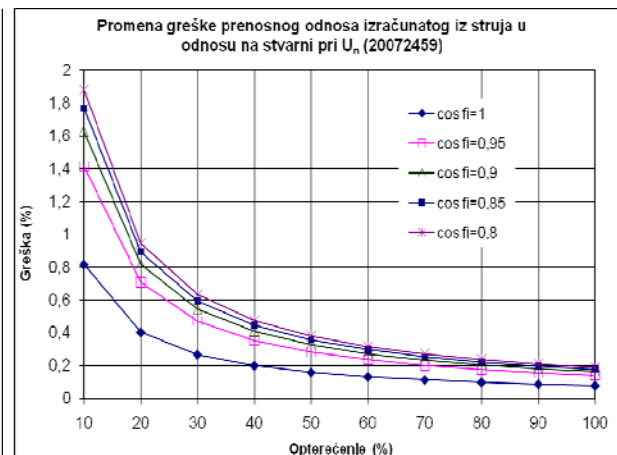
Struje praznog hoda po fazama su različite što onda utiče na razlike u prenosnim odnosima izračunatim iz struja po fazama. U ogledu praznog hoda se za podatke o gubicima praznog hoda i struji praznog hoda (apsolutna i/ili postotna vrednost) uzima srednja vrednost faznih struja.

Za određivanje prenosnog odnosa, a time i položaja regulacione sklopke potrebne su efektivne vrednosti struja primara i sekundara transformatora koje dobijamo sa strujnih transformatora. Uvažavajući navedeno u prethodnom pasusu poželjno je da se za izračunavanje prenosnog odnosa koriste srednje vrednosti struja sve tri faze primara i sekundara kako bi se i greška kod izračunavanja „usrednjila“.

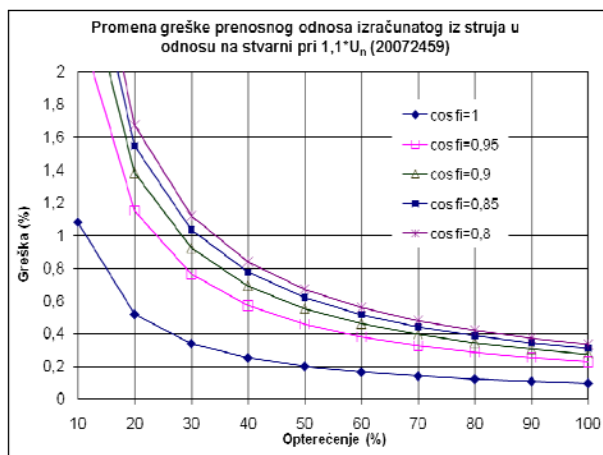
Za nekoliko transformatora 110/x kV snaga 31,5 MVA je koristeći podatke iz ogleda praznog hoda proračunski provereno kolika se greška pravi ukoliko se prenosni odnos određuje iz odnosa struje primara i struje sekundara za različita opterećenja i različite sačiniocne snage opterećenja. Na Slici 2 su prikazane karakteristike grešaka pri naponu koji je za 10 % manji od nazivnog, na Slici 3 pri naponu koji je jednak nazivnom, a na Slici 4 za napon koji je za 10 % veći od nazivnog (21 kV), sve za transformator f.br. 20072459. Ovaj transformator spada u grupu domaćih transformatora koji imaju najmanje greške prenosnog odnosa izračunatog iz struja primara i sekundara.



SLIKA 2 – Greške pri $U_2 = 0,9 \cdot U_n$



SLIKA 3 – Greške pri $U_2 = U_n$



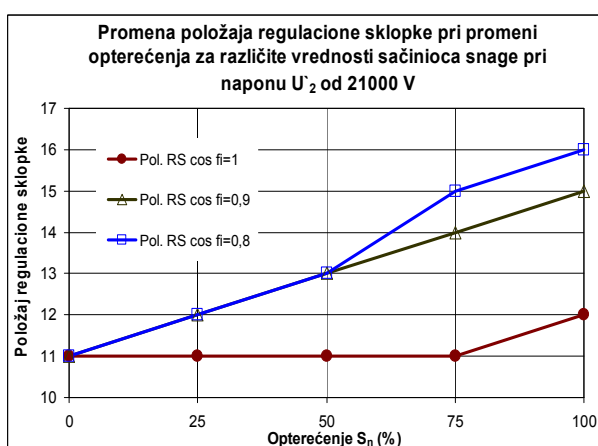
SLIKA 4 – Greške pri $U_2 = 1,1 \cdot U_n$

U proračunu se zadaju struja sekundara, sačinilac snage sekundara, a iz rezultata ispitivanja praznog hoda iz ispitnog lista za različite napone je u proračun ubačen sačinilac snage praznog hoda i struja praznog hoda. Iz tih podataka je vektorskim sabiranjem kao na vektorskom dijagramu sa Slike 1 dobijena primarna struja. Ovde je zanemaren dodatni pomeraj struje praznog hoda u odnosu na apscisu zbog faznog pomeraja između napona U_2 i E_1 uzrokovanih padom napona na sekundarnom otporu $I_2 R_2$ i reaktansi $I_2 X_{\sigma 2}$. Ovaj fazni pomeraj uvećava grešku prenosnog odnosa izračunatog iz struja primara i sekundara jer se apsolutna vrednost struje primara I_1 uvećava vektorskim sabiranjem struje sekundara I_2 i struje praznog hoda I_0 zbog pomeranja struje praznog hoda prema struji sekundara. Deo struje praznog hoda potreban za magnećenje gvožđa I_μ je upravan na napon E_1 . Za razmatrane transformatore je taj dodatni fazni pomeraj pri nazivnom opterećenju i sačiniocu snage jednakom jedinici najveći i iznosi (zavisno od položaja regulacione sklopke i karakteristike napona kratkog spoja) manje od 2,5 stepena što nije zanemarivo. Pri manjim opterećenjima i pri sačiniocima snage manjim od 1 ovaj fazni pomeraj se značajno smanjuje. Uticaj na povećanje greške je najveći kod visokih opterećenja gde je greška najmanja, a najmanji kod malih opterećenja gde je greška najveća. Prikazane karakteristike na Slikama 2, 3 i 4 bi malo promenile izgled ukoliko bi se prikazao i ovaj uticaj (malo bi se podigle naviše). Može zapaziti da se greška prenosnog odnosa izračunatog iz struja primara i sekundara povećava sa povećanjem napona E_1 .

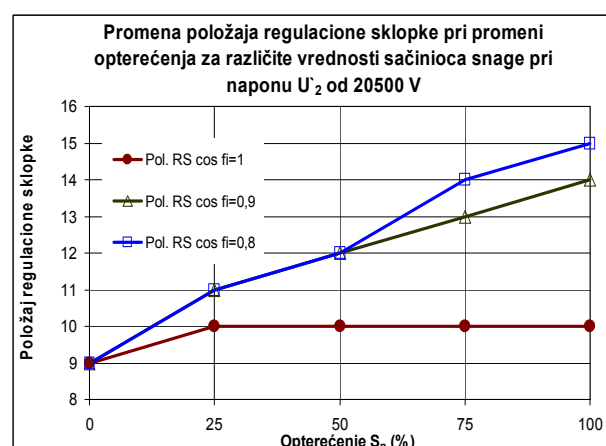
U praznom hodu je zbog male struje pad napona na primarnom otporu $I_1 R_1$ i reaktansi $I_1 X_{\sigma 1}$ zanemariv pa je $U_1 \approx E_1$. Pri sačinioicu snage jednakom jedinici razlika između ova dva napona je mala čak i kod nazivne struje, a razlika se značajno uvećava sa smanjenjem vrednosti sačinioica snage.

Kod opterećenja se primarnom naponu U_1 vektorski oduzimaju pad napona $I_1 R_1$ na primarnom otporu i pad napona $I_1 X_{\sigma 1}$ na primarnoj reaktansi. Kod svih opterećenja vrednost napona E_1 je manja kod manje vrednosti sačinioica snage, a veća kod veće vrednosti sačinioica snage pri istom primarnom naponu U_1 . Kod stvarnog rada transformatora regulisanog automatskom regulacijom napona sa ili bez kompenzacije pada napona ovo nije slučaj jer zbog potrebe održavanja napona sekundara u određenim granicama uslovljenim podešenim prametrima regulacije napona dolazi do promene položaja regulacione sklopke. Zbog potrebe održavanja napona u željenim vrednostima, uvažavajući izbegavanje previsokih napona ukoliko se koristi kompenzacija pada napona, regulaciona sklopka morati otići u viši položaj kod manjih vrednosti sačinioica snage uz isto prividno opterećenje. Razlika položaja pri opterećenjima bliskim nazivnom kod vrednosti sačinioica snage jednakim 0,8 u odnosu na vrednost sačinioica snage jednakim 1 može biti 4 ili 5 što zavisi od vrednosti željenog napona na sekundaru.

Na Slikama 5 i 6 je prikazana promena položaja regulacione sklopke pri promeni opterećenja za različite faktore snage. Napon sekundara je na Slici 5 održavan na 21000 V, a na Slici 6 na 20500 V. Osnova za održavanje sekundarnih napona na tim veličinama je promena položaja regulacione sklopke čime se ne može dobiti tačno ta vrednost (21000 V ili 20500 V) pa je dodatno podešavan primarni napon u okolini 110000 V kako bi se dobila tačna vrednost sekundarnog napona.



SLIKA 5 – Promena položaja regulacione sklopke

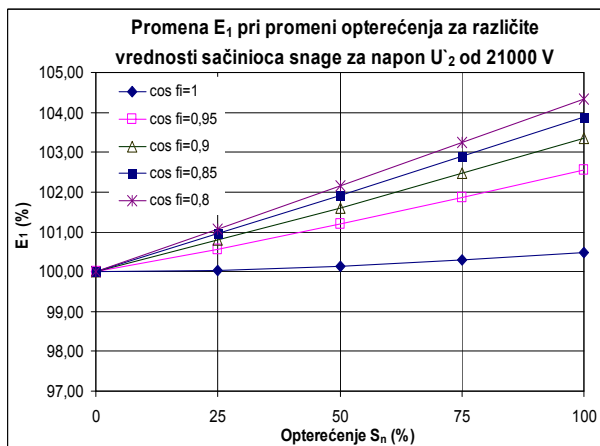


SLIKA 6 – Promena položaja regulacione sklopke

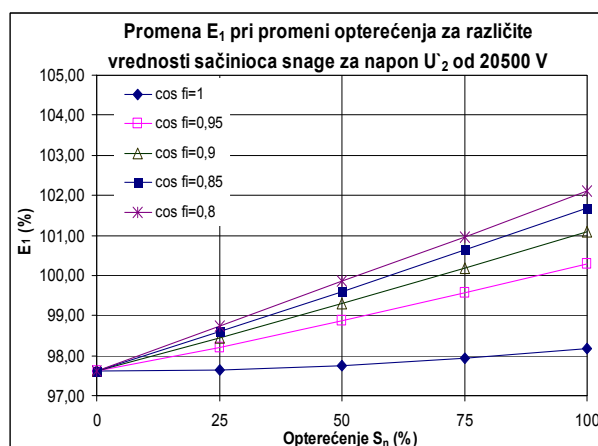
Na Slikama 7 i 8 su prikazane karakteristike promene napona E_1 pri promeni opterećenja za različite vrednosti sačinioica snage. Slika 7 prikazuje karakteristike za slučaj da je sekundarni napon održavan na vrednosti od 21000 V. Slika 8 prikazuje karakteristike za slučaj da je sekundarni napon održavan na vrednosti od 20500 V.

Saglasno prethodno navedenom i gledajući Slike 7 i 8 vidi se da ćemo, u određenim uslovima pri

manjim maksimalnim željenim naponima sekundara U'_2 , pri manjim opterećenjima i većim vrednostima sačinioca snage, imati manje napone E_1 (manje od U_n), a time i manje vrednosti struje praznog hoda, čime se dobija i manja greška u izračunavanju prenosnog odnosa i položaja regulacione sklopke iz odnosa struja primara i sekundara.



SLIKA 7 – Promena napona $E_1=f(S, \cos\varphi)$



SLIKA 8 – Promena napona $E_1=f(S, \cos\varphi)$

Analizirajući podešenja parametara uređaja automatske regulacije napona distributivnih transformatora 110/x kV na području EPS-P.D. Elektrovojvodina željeni naponi pri maksimalnim opterećenjima su u većini ispod 20500 V ili 35875 V (97,62 % od nazivnog napona), a vrednosti sačinioca snage retko idu ispod vrednosti od 0,85. Većina transformatora 110/x kV ima karakteristike promene greške prenosnog odnosa izračunate iz prenosnog odnosa slične onima na Slikama 2, 3 i 4.

RAZMATRANJE GREŠAKA KOD KORIŠĆENJA STRUJA

Greške strujnih transformatora se moraju uzeti u obzir kod ovog razmatranja. Klase tačnosti mernih jezgara strujnih transformatora 110 kV u trafopoljima iznose 0,2 % i 0,5 % pri nominalnoj primarnoj struji. Na upravljački uređaj je uobičajeno uvedena struja drugog mernog jezgra klase tačnosti 0,5 %. Pored mernih jezgara koriste se i zaštitna jezgra čija apsolutna greška pri nominalnoj primarnoj struji treba da je manja od 1 %, a zaštitna jezgra se uvode u uređaj mikroprocesorske zaštite. Fazne greške su za ova razmatranja zanemarive (do 30 minuta). Pregledom ispitnih listova strujnih transformatora 110 kV se vidi da je greška i mernih i zaštitnih jezgara značajno manja od deklarisanе klase tačnosti pri nominalnoj struji i faktoru snage 0,8. Ovde se mora uzeti u obzir da se greške strujnih transformatora mogu povećati sa smanjenjem primarne struje tako da se može pretpostaviti da pri malim primarnim strujama ove greške mogu biti značajne.

Greške prenosnog odnosa energetskog transformatora postoje i standardom [2] su ograničene na $\pm 0,5$ %. Sagledavanjem velikog broja ispitnih listova transformatora vidi se da su u najvećem broju slučajeva odstupanja merene vrednosti prenosnog odnosa u odnosu na računске značajno manje od 0,5 %. Daljim sagledavanjem zapaža se da su kod većine transformatora greške prenosnog odnosa po fazama približno jednake i da su razlike apsolutne vrednosti grešaka prenosnog odnosa faza međusobno u istim položajima regulacione sklopke male (najčešće manje od 0,1 %).

Apsolutne vrednosti grešaka ulaza struja i napona uređaja mikroprocesorske zaštite, upravljačkog uređaja ili uređaja automatske regulacije napona nisu velike. Kod jednog uređaja automatske regulacije napona iznose $<0,3$ % ± 40 ppm/ $^{\circ}$ C za napon i $<0,5$ % ± 40 ppm/ $^{\circ}$ C. Kod razmotrenih uređaja mikroprocesorske zaštite iznose ≤ 1 % i za struju i za napon.

Neke od prethodno navedenih grešaka imaju mogućnost korekcije. Greška u izračunavanju prenosnog odnosa iz struja primara i sekundara se može smanjiti korišćenjem krive ili prave korekcije koristeći karakteristike sa Slika 2, 3 i 4 gde bi se za različite vrednosti sačinioca snage koristile različite krive ili prave. Pošto su novi uređaji mikroprocesorske zaštite programibilni, tj. pored postojećih mogu da im se ugrade nove funkcije prema potrebi korisnika, korekcija bi mogla biti rešena upotrebom odgovarajućeg algoritma (jednačina) čiji bi ulazni parametri bili podaci iz oglеda praznog hoda transformatora. Ovo ne bi potpuno odstranilo grešku, ali bi ona bila značajno manja. Greške prenosnog odnosa energetskog transformatora bi se takođеr mogle delimično odstraniti upotrebom korekcionih krivih koristeći podatke sa ispitnog lista transformatora. Greške ulaza struja uređaja mikroprocesorske zaštite bi se mogle smanjiti podešavanjem (kalibracijom). Čak se i greška strujnog transformatora uz poznavanje karakteristike može donekle smanjiti odgovarajućim podešenjem.

NAČIN ODREĐIVANJA POLOŽAJA REGULACIONE SKLOPKE

Za određivanje položaja regulacione sklopke izračunavanjem iz prenosnog odnosa srednjih vrednosti struja sve tri faze primara i sve tri faze sekundara moraju se u uređaj mikroprocesorske zaštite ubaciti podaci o nominalnoj vrednosti prenosnog odnosa m_{12sr} koja odgovara nazivnom prenosnom odnosu transformatora (npr. za 110/21 kV/kV je 5.2381), koraku regulacije V_s (%) i ukupnom broju položaja n_{uk} sa različitim prenosnim odnosom (izuzimaju se prelazni položaji i položaji kod kojih nema promene prenosnog odnosa kao npr. više srednjih položaja). Ovi podaci se mogu dobiti iz ispitnog lista ili sa natpisne tablice transformatora. Merenoj vrednosti prenosnog odnosa izračunatog iz primarnih i sekundarnih struja dajemo oznaku m_{mer} . Isti princip važi i za izračunavanje položaja regulacione sklopke za primarne i sekundarne napone. Položaj n_{RS} bi se odredio na sledeći način:

$$n_{RS} = n_{uk} - \frac{m_{mer} - m_{12sr} \cdot \left(1 - \frac{V_s}{100} \cdot \left(\frac{n_{uk} - 1}{2} \right) \right)}{m_{12sr} \cdot \frac{V_s}{100}} \quad (4)$$

Jednačina (4) važi za transformatore koji imaju jednak korak regulacije u čitavom opsegu. Pošto vrednost n_{RS} neće u većini slučajeva biti celobrojna ista bi se zaokruživala na celobrojnu vrednost. Za određivanje položaja regulacione sklopke i za funkciju automatske regulacije napona nije potrebna velika brzina reagovanja kao kod većine funkcija zaštite. Zbog toga bi se pri izračunavanju položaja regulacione sklopke odbacili pojedini vremenski intervali merenja kod kojih se fazne struje značajno razlikuju ili imaju veoma velike vrednosti. To su slučajevi zemljospojeva i kratkih spojeva u mreži. Da bi se ovo primenilo u uređajima ARN bilo bi neophodno da se omogući ulaz struje i/ili napona primara (koja je odgovarajuća struji sekundara) ili da se taj podatak obezbedi iz drugog uređaja komunikacijom.

PRIMENA OVOG NAČINA ODREĐIVANJA POLOŽAJA REGULACIONE SKLOPKE

Ovaj način određivanja položaja regulacione sklopke može biti primenjen na više načina:

- Kod starih motornih pogona regulacionih sklopki sa neispravnim otporničkim davačem i/ili pomoćnim delovima (kontakti, veze, mehanika,...) gde ne postoji mogućnosti jednostavne zamene.
- Rezervni podatak o položaju regulacione sklopke u slučaju otkaza drugog načina dobijanja podatka o položaju regulacione sklopke (otpornički davač ili mA, BCD,...) za uređaj ARN za potrebe regulacije napona transformatora u paralelnom radu postupkom vodeći-prateći i za potrebe daljinske signalizacije. Preuzimanjem ovog podatka nakon otkaza drugog paralelnog rada postupkom vodeći-prateći bi se mogao nastaviti bez blokade paralelnog rada. Ukoliko je uređaj ARN u sklopu mikroprocesorskog zaštitnog uređaja dobijanje ovog podatka iz struja primara i sekundara ne predstavlja problem, ali ako je uređaj ARN poseban isti mora imati odgovarajući način komunikacije (optički, ethernet,...) sa odgovarajućim protokolom i softverskim rešenjem ili dodatni analogni ulaz za struju i/ili napon primarne strane.
- Za potrebe diferencijalne zaštite izvedene u mikroprocesorskom zaštitnom uređaju bi se poznavanjem podatka o položaju regulacione sklopke, tj. prenosnog odnosa struja i/ili napona diferencijalna zaštita mogla podesiti na značajno manju vrednost. Postojeći uređaji podrazumevaju dovođenje podatka iz motornog pogona regulacione sklopke. Kod paralelnog rada transformatora i određivanja položaja regulacione sklopke iz primarnog i sekundarnog napona moguće su veće razlike stvarnog i izračunatog položaja regulacione sklopke nego kad su u pojedinačnom radu. Kod praznog hoda transformatora uz isključen sekundarni prekidač i naponske transformatore koji se ne nalaze između prekidača i transformatora korišćenje položaja regulacione sklopke izračunatog iz prenosnog odnosa napona primara i sekundara transformatora nije moguće. U slučaju potpunog izostanka podatka o položaju regulacione sklopke uređaj mikroprocesorske zaštite bi koristio osnovnu vrednost podešena diferencijalne zaštite.

ZAKLJUČAK

Zbog malih struja praznog hoda energetski transformatori (izuzev najstarijih) su, uvažavajući i njihove greške prenosnog odnosa, veoma precizni u preslikavanju struja primara na sekundar. Uvažavajući greške prenosnog odnosa strujnih i naponskih transformatora i uređaja postoji mogućnost korišćenja prenosnog odnosa dobijenih iz struja i napona primara i sekundara transformatora u određivanju

položaja regulacione sklopke uz moguće razlike.

S obzirom na izvršenu analizu može se pretpostaviti da je način određivanja položaja regulacione sklopke izračunavanjem prema prikazanoj jednačini uz korišćenje struja primara i sekundara transformatora primenljiv. Postoji verovatnoća da zbog različitih grešaka stvarni i izračunati položaj ne budu jednaki, posebno kod malih opterećenja, uz moguću razliku do jednog položaja.

Korišćenje napona primara i sekundara je moguće u praznom hodu i pri malim opterećenjima samo u slučaju da nema paralelnog rada i da je obezbeđen podatak o sekundarnom naponu predmetnog transformatora.

Predlaže se detaljna praktična provera mogućnosti primene ovog načina određivanja položaja regulacione sklopke koja bi uključila različite uslove rada (opterećenja - struje, sačinioći snage, primarni i sekundarni naponi) odgovarajućim snimanjem potrebnih podataka. Poželjno bi bilo da se napravi i provera uticaja zemljospojeva i kratkih spojeva u mreži.

Ukoliko praktična provera pokaže primenljivost postoji mogućnost unapređenja mikroprocesorske zaštite, ali i automatske regulacije napona zasebno ili u sklopu sa mikroprocesorskom zaštitom.

LITERATURA

1. Branko Mitraković, "Transformatori" VI izdanje, Naučna knjiga Beograd, 1979.
2. IEC 60076-1:1993+A1:1999 "Power transformers – Part 1: General"

KLJUČNE REČI: prenosni odnos, regulaciona sklopka, položaj, struja, tačnost, greška, upravljanje, zaštita