

NAPREZANJA IZOLACIJE NAMOTAJA TERCIJARA AUTOTRANSFORMATORA 400kV/115kV/10,5kV U TS "PANČEVO 2" PRI DELOVANJU ATMOSFERSKIH I SKLOPNIH PRENAPONA

Dr Petar Vukelja, Jovan Mrvić, Dejan Hrvčić, Ninoslav Simić
Elektrotehnički institut "Nikola Tesla", Beograd

Sadržaj: U radu su razmatrani prenaponi koji se mogu pojaviti na izolaciji namotaja tercijara autotransformatora 400kV/115kV/10,5kV u TS "Pančevo 2" pri pojavi atmosferskih prenapona na njegovim 400 kV i 115 kV priključcima i pri sklopnim operacijama prekidača. Konstatovano je da izolaciju namotaja tercijara nije neophodno štiti od prenapona.

Ključne reči: autotransformator, prenapon, izolacija.

1 UVOD

Autotransformator 400kV / 115 kV / 10,5 kV snage 300 MVA / 300MVA / 80 MVA je proizveden u Kini. Postavljen je u TS 400 kV/ 220 kV / 110 kV "Pančevo 2" i priključen na mrežu napona 400 kV i 110 kV. Tercijar (10,5 kV namotaj) autotransformatora je u spoju trougao. Svi krajevi tercijarnog namotaja: "a", "b", "c" i "x" su izvedeni kroz provodne izolatore na kazanu autotransformatora. Krajevi "c" i "x" su kratko spojeni (na taj način je zatvoren namotaj tercijara) i uzemljeni.

Prenaponsku zaštitu autotransformatora čine metaloksidni odvodnici prenapona postavljeni na njegovu 400 kV i 115 kV stranu. Na tercijaru nema prenaponske zaštite, jer proizvođač autotransformatora smatra da ona u ovoj šemi tercijara nije potrebna.

Ukazala se potreba da se tercijar autotransformatora koristi za napajanje sopstvene potrošnje TS "Pančevo 2". U tom slučaju menja se stanje na tercijaru. Tercijar se odzemljava i preko kablovskog voda na njega priključuje transformator sopstvene potrošnje 10 kV / 0,4 kV smešten u 10 kV postrojenju u zgradi. U ovakvoj šemi menjaju se naponska i strujna opterećenja tercijara pa prema tome i naprezanja njegove izolacije. Posebno su bitna naprezanja izolacije pri dejstvu atmosferskih i sklopnih prenapona. Da bi se ona slagledala, izvršena su eksperimentalna istraživanja prenapona na tercijaru autotransformatora, koji se mogu pojaviti pri dolasku atmosferskih i sklopnih prenapona na njegove 400 kV i 115 kV priključke [1].

2 EKSPERIMENTALNA ISTRAŽIVANJA

Eksperimentalna istraživanja prenapona, koji se mogu pojaviti na izolaciji namotaja tercijara pri dolasku atmosferskih i sklopnih prenapona na 400 kV i 115 kV priključke autotransformatora, su izvršena sa repeticionim udarnim generatorom 400 V. Iz njega su injektirani u 400 kV i 115 kV priključke autotransformatora monofazno (u jedan od priključaka) i trofazno (istovremeno u sva tri priključka) naponski talasi (akcije) različitih oblika, od atmosferskih do sklopnih. Priključci u koje nisu injektirani naponski talasi uzemljeni su preko otpornika otpornosti $R=390 \Omega$. Pomoću digitalnih osciloskopa snimani su injektirana akcija i preneti naponi (odzivi) koji su se pri tom

pojavi na 10,5 kV priključcima tercijara autotransformatora. Injektirane akcije oblika atmosferskih talasa su sa čelom od 0,2 μ s do 2 μ s i začeljem od reda 2 μ s (sečeni talas) do 50 μ s, a oblika sklopnih talasa sa čelom od 30 μ s do 400 μ s i začeljem od 50 μ s do 1050 μ s.

Istraživanja prenapona na tercijaru autotransformatora su izvršena u sledećim konfiguracijama:

- jedan priključak tercijara je uzemljen-tercijar se ne koristi za napajanje sopstvene potrošnje (konfiguracija A),
- priključci tercijara nisu uzemljeni-tercijar neopterećen (konfiguracija B),
- tercijar opterećen sa kondenzatorima 5 nF vezanim između njegovih priključaka i zemlje (konfiguracija C),
- tercijar opterećen kablovskim vodom dužine 250 m na čijem kraju je priključen transformator sopstvene potrošnje 10kV/0,4kV (konfiguracija D),
- tercijar opterećen kablovskim vodom dužine 50 m (od priključaka tercijara do kućice tercijara) sa induktivnim naponskim transformatorima na njegovom kraju (konfiguracija E),
- tercijar opterećen kablovskim vodom dužine 250 m (od priključaka tercijara do postrojenja 10 kV u zgradi) sa induktivnim naponskim transformatorima na njegovom kraju (konfiguracija F),
- tercijar otvoren (skinuta veza između priključaka "c" i "x"), nijedan priključak nije uzemljen (konfiguracija G),

Akcije i odzivi su snimani digitalnim osciloskopima povezanim sa računarima preko naponskih mernih sistema odnosa deljenja $n=10$ i vremena odziva $T_0 < 10$ ns. Primera radi na sl.1, 2, 3 i 4 date su akcije na priključcima 400 kV i 115 kV i preneti naponi na priključcima tercijara autotransformatora.

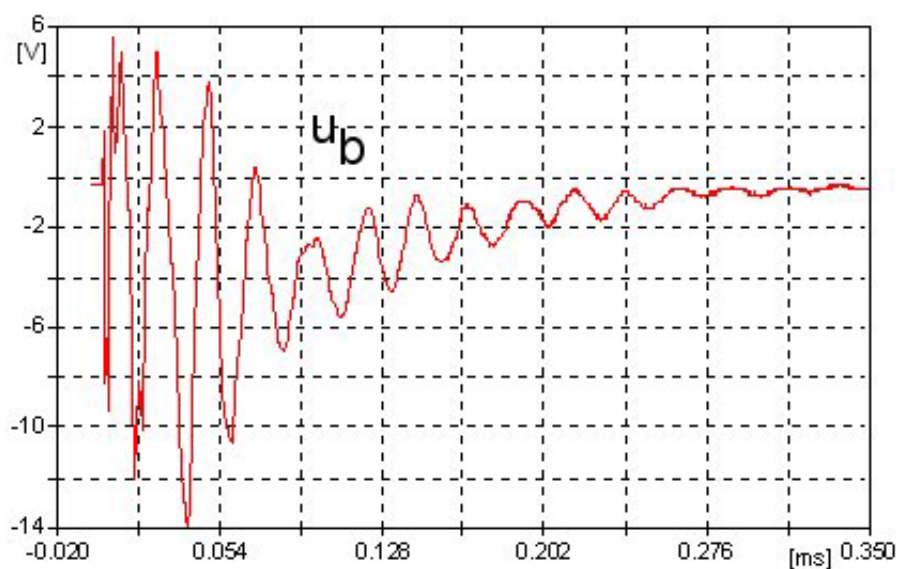
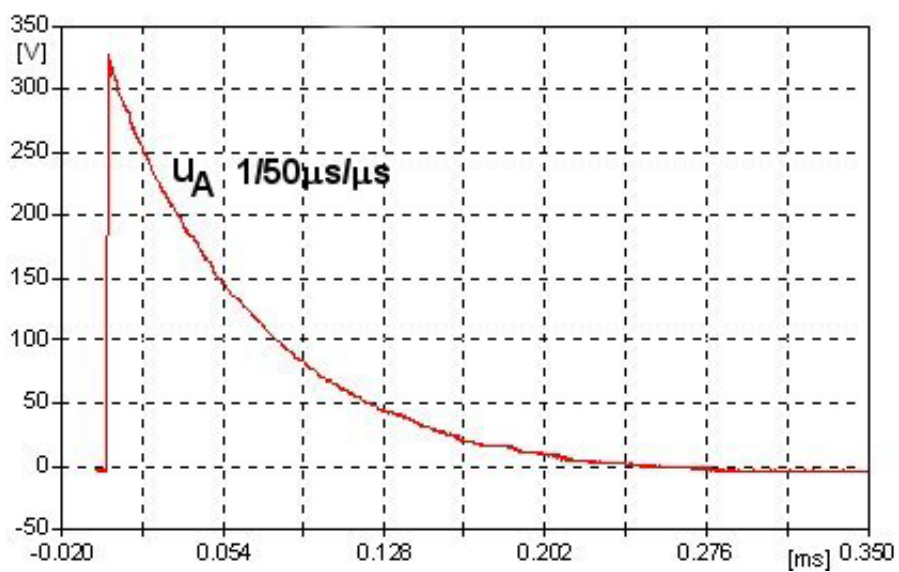
3 ANALIZA REZULTATA

Za procenu dielektričnog napreznja izolacije namotaja tercijara autotransformatora usvojene su sledeće vrednosti za:

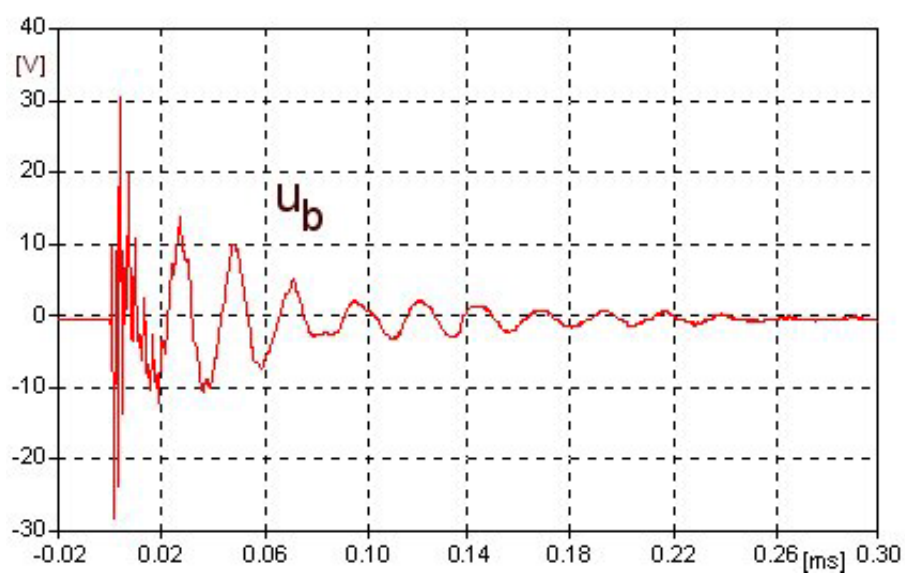
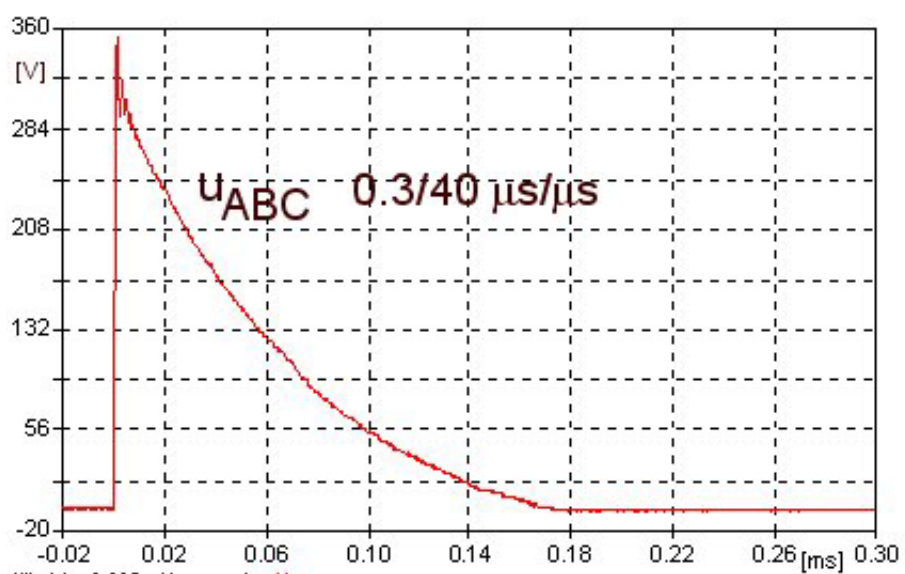
- probojni napon fazne i međufazne izolacije namotaja tercijara za atmosferske prenapone 125 kV,
- probojni napon fazne i međufazne izolacije namotaja tercijara za sklopne prenapone 104 kV,
- preostali napon metaloksidnog odvodnika prenapona bez iskrišta tipa 3EP2-321 na 400 kV priključcima autotransformatora za:
 - atmosferske prenapone pri struji odvođenja 10 kA (1/2 μ s/ μ s) 814 kV,
 - sklopne prenapone pri struji odvođenja 2 kA (30/60 μ s / μ s) 678 kV,
- preostali napon metaloksidnog odvodnika prenapona bez iskrišta tipa 3EP2-108 na 115 kV priključcima autotransformatora za:
 - atmosferske prenapone pri struji odvođenja 10 kA (1/2 μ s/ μ s) 281 kV,
 - sklopne prenapone pri struji odvođenja 2 kA (30/60 μ s/ μ s) 220 kV.

Izolacija namotaja tercijara autotransformatora, u toku prijemnih ispitivanja u fabrici proizvođača, je izdržala bez proboja ispitivanja atmosferskim udarnim naponom temene vrednosti 125 kV, oblika 1,2/50. U analizi ovaj napon je uzet kao probojni.

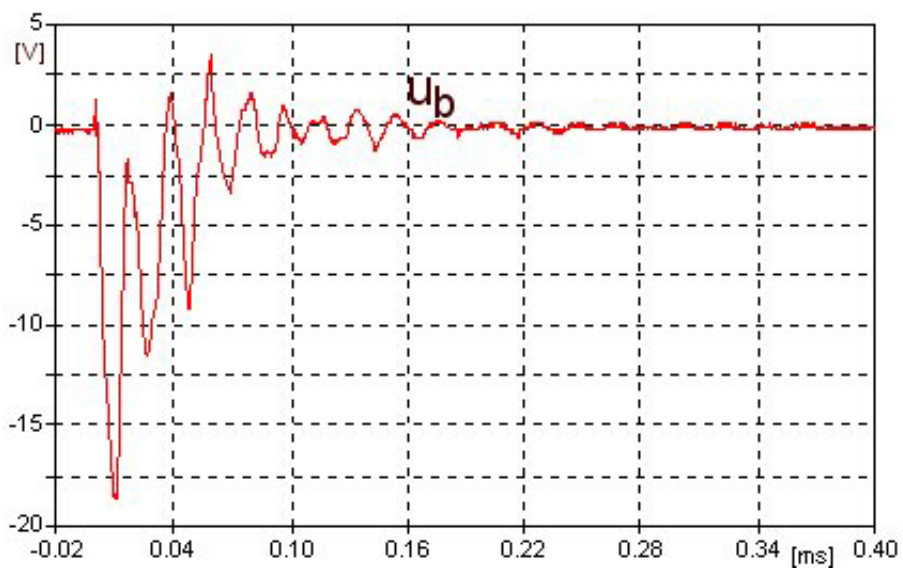
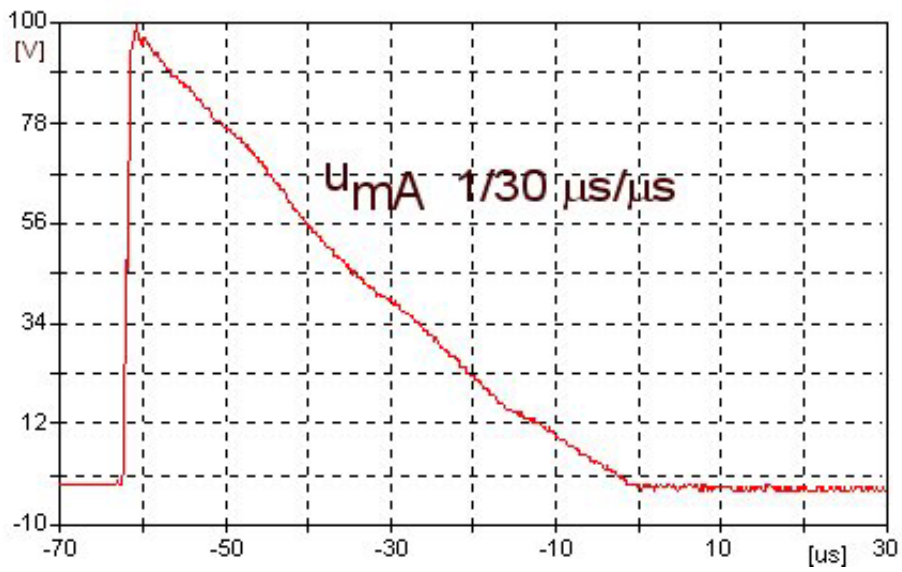
Probojni napon izolacije namotaja tercijara autotransformatora za sklopne talase se ne zna, ali se smatra da je za papirno-uljnu izolaciju oko 83% probojnog napona za atmosferske talase ($U_{pr}=0,83 \cdot 125=104$ kV).



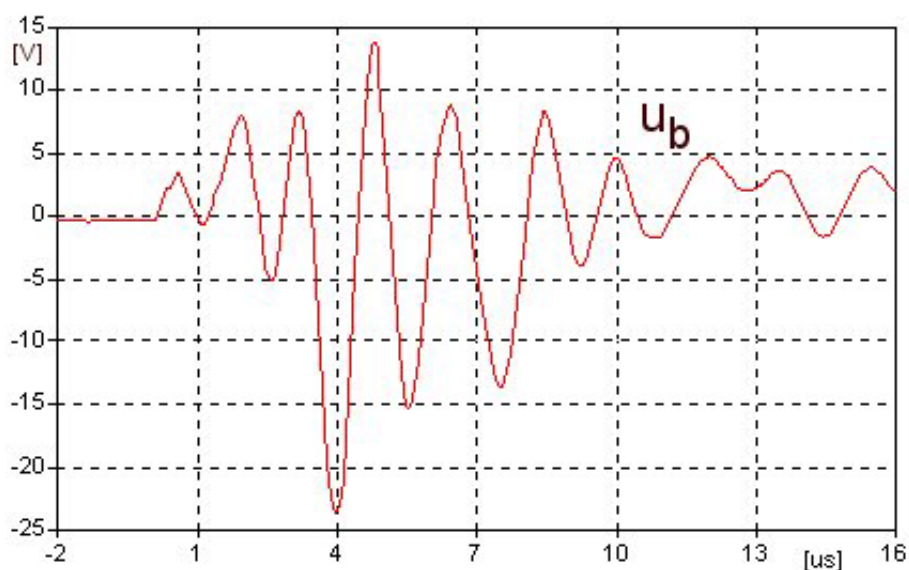
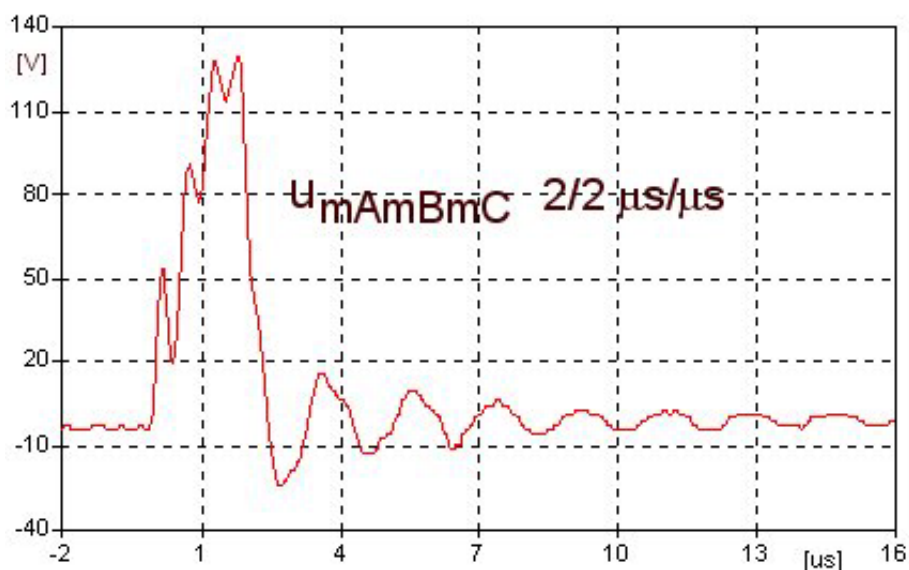
Slika 1- Akcija u_A oblika $1/50 \mu s / \mu s$ na 400 kV priključku "A" autotransformatora i preneti napon u_b na priključku "b" tercijara u konfiguraciji A



Slika 2 - Akcija u_{ABC} oblika $0.3/40 \ \mu s/\mu s$ na 400 kV priključcima "A", "B" i "C" autotransformatora i preneti napon u_b na priključku "b" tercijara u konfiguraciji A



Slika 3 - Akcija u_{mA} oblika $1/30 \ \mu s/\mu s$ na 115 kV priključku "mA" autotransformatora i preneti napon u_b na priključku "b" tercijara u konfiguraciji A



Slika 4 - Akcija u_{mAmBmC} oblika $2/2 \mu s/\mu s$ (sečeni talas) na 115 kV priključcima "mA", "mB" i "mC" autotransformatora i preneti napon u_b na priključku "b" tercijara u konfiguraciji A

Pretpostavljeno je da atmosferski talasi, koji stižu vodovima na 400 kV i 115 kV priključke autotransformatora, ne mogu biti viši od preostalog napona metaloksidnog odvodnika prenapona bez iskrišta na istim priključcima za struju odvođenja 10 kA oblika $1/2 \mu s/\mu s$.

Procena dielektričnog napreznja izolacije namotaja tercijara autotransformatora izvršena je na sledeći način [1, 2]. Najpre je pretpostavljena maksimalna akcija ($U_{T,P}$) koja se može pojaviti na 400 kV i 115 kV priključcima autotransformatora. Za tako pretpostavljenu temenu vrednost akcije maksimalne vrednosti prenetih faznih ($U_{f,p}$) i

međufaznih ($U_{mf,p}$) prenapona na tercijaru autotransformatora se dobijaju iz sledećih jednačina:

$$U_{T,i} : U_{f,i} = U_{T,p} : U_{f,p} \quad (1)$$

$$U_{T,i} : U_{mf,i} = U_{T,p} : U_{mf,p} \quad (2)$$

$U_{T,i}$, $U_{f,i}$, $U_{mf,i}$ – izmerene temene vrednosti akcije i izmerene maksimalne vrednosti prenetih faznih i međufaznih napona na tercijaru autotransformatora u toku eksperimentalnih istraživanja.

Dakle, za iznalaženje maksimalnih vrednosti prenetih prenapona primenjena je metoda linearizacije. Provera ove metode izvršena je ranije na dva energetska transformatora u visokonaponskoj laboratoriji fabrike transformatora u Ripnju. Za proveru metode su korišćeni transformatori 35kV/6,3kV i 110kV/21kV/10,5kV [3, 4]. Konstatovano je da preneti naponi na niženaponskoj strani transformatora imaju isti oblik za primenjene akcije istog oblika nezavisno od njihove temene vrednosti. Takođe je konstatovano da između temenih vrednosti akcije i maksimalnih vrednosti prenetih napona postoji linearna zavisnost, nezavisno od visine temene vrednosti primenjene akcije.

Tražene maksimalne vrednosti prenetih faznih i međufaznih prenapona na tercijaru autotransformatora, koristeći jednačine (1) i (2), su sledeće:

$$U_{f,p} = \frac{U_{f,i} \cdot U_{T,p}}{U_{T,i}} = \frac{n_f}{100} U_{T,p} \quad (3)$$

$$U_{mf,p} = \frac{U_{mf,i} \cdot U_{T,p}}{U_{T,i}} = \frac{n_{mf}}{100} U_{T,p} \quad (4)$$

gde su:

$$n_f = \frac{U_{f,i}}{U_{T,i}} 100[\%] \quad (5)$$

$$n_{mf} = \frac{U_{mf,i}}{U_{T,i}} 100[\%] \quad (6)$$

n_f – maksimalna vrednost prenetog faznog napona u procentima temene vrednosti akcije,

n_{mf} – maksimalna vrednost prenetog međufaznog napona u procentima temene vrednosti akcije.

Preneti prenaponi se superponiraju sa radnim naponom tercijara autotransformatora i tako stvaraju prenaponske talase. Njihova visina, pored visine prenetog prenapona, zavisi od trenutne vrednosti radnog napona, a visina prenetog napona zavisi od pretpostavljene

akcije. Maksimalna vrednost akcije koja se može pojaviti na 400 kV i 115 kV priključcima autotransformatora može da se kreće u zavisnosti od trenutne vrednosti napona mreže od $(U_{pn} - U_M \sqrt{2} / \sqrt{3})$ do $(U_{pn} + U_M \sqrt{2} / \sqrt{3})$, gde su U_{pn} – preostali napon metaloksidnog odvodnika prenapona bez iskrišta i U_M – međufazni napon mreže 400 kV, odnosno 110 kV na koju je priključen autotransformator. Pretpostavljeno je da metaloksidni odvodnici prenapona bez iskrišta na 400 kV i 115 kV priključcima autotransformatora neće propustiti prema namotajima višu vrednost napona od njihovog preostalog napona za atmosferske i sklopne naponske talase, to jest da akcija na priključcima 400 kV i 115 kV, superponovana sa radnim naponom mreže (U_M) u toku jedne njegove periode, može da bude:

$$U_{T,p}(x) < U_{pn} - \frac{U_M \sqrt{2}}{\sqrt{3}} \sin x$$

(7)

$$0 \leq x \leq 2\pi$$

Maksimalne vrednosti faznih i međufaznih prenaponskih talasa na tercijaru autotransformatora, prema izrazima (5), (6) i (7), su:

$$U_{f,p} = \frac{n_f}{100} U_{T,p}(x)$$

(8)

$$U_{mf,p} = \frac{n_{mf}}{100} U_{T,p}(x)$$

(9)

Pošto je sprega 400 kV i 115 kV namotaja sa 10,5 kV namotajem tercijara autotransformatora Yd5, prenapon koji može da se pojavi na njegovoj faznoj i međufaznoj izolaciji predstavlja zbir naizmeničnog faznog, odnosno međufaznog radnog napona i prenetog prenapona definisanog izrazima (8) i (9) i iznosi:

$$U_f(x) = \frac{U_{M,t} \sqrt{2}}{\sqrt{3}} \sin(x - \theta) + \frac{n_f}{100} U_{T,p}(x)$$

(10)

$$0 \leq x \leq 2\pi$$

θ ima vrednost $5\pi/6$ ili $\pi/6$ ili $3\pi/2$ u zavisnosti od toga koji se fazni napon posmatra, i

$$U_{mf}(x) = U_{M,t} \sqrt{2} \sin(x - \theta) + \frac{n_{mf}}{100} U_{T,p}(x)$$

(11)

$$0 \leq x \leq 2\pi.$$

θ ima vrednost 0 ili $2\pi/3$ ili $4\pi/3$ u zavisnosti od toga koji se međufazni napon posmatra.

Ovde $U_{M,t}$ predstavlja temenu vrednost međufaznog napona tercijara autotransformatora.

Procentualna vrednost n_f ili n_{mf} ima predznak "+" ili "-" u zavisnosti od toga kakav polaritet imaju akcije na 400 kV i 115 kV priključcima autotransformatora i maksimalna vrednost prenetog prenapona. Ako se, usled akcije pozitivnog polariteta na 400 kV i 115 kV priključcima, pojavi na tercijaru autotransformatora maksimalna vrednost prenetog prenapona pozitivnog polariteta, dolazi znak "+", a ako se pojavi maksimalna vrednost negativnog polariteta dolazi znak "-".

Za svako x od 0 do 2π , iz jednačina (10) i (11) se odbijaju maksimalne vrednosti faznih i međufaznih prenapona na tercijaru autotransformatora, koje na njemu mogu da se pojave. Najviši prenapon na tercijaru autotransformatora se dobija na sledeći način:

- nalazi se prvi izvod jednačina (10) i (11) po " x ", izjednačava se sa nulom i nalaze se rešenja x_1 i x_2 iz jednačine (10) i rešenja x_3 i x_4 iz jednačine (11);
- vrednosti x_1 i x_2 se unose u jednačinu (10) i nalaze rešenja $U_f(x_1)$ i $U_f(x_2)$ u kV; najviši fazni prenapon na tercijaru autotransformatora predstavlja rešenje [ili $U_f(x_1)$ ili $U_f(x_2)$] koje ima veću brojnu vrednost, bez obzira da li je predznak "+" ili "-";
- vrednosti x_3 i x_4 se unose u jednačinu (11) i nalaze rešenja $U_{mf}(x_3)$ i $U_{mf}(x_4)$ u kV; najviši međufazni prenapon na tercijaru autotransformatora predstavlja rešenje [ili $U_{mf}(x_3)$ ili $U_{mf}(x_4)$] koje ima veću brojnu vrednost, bez obzira da li je predznak "+" ili "-".

Ako su najviši prenaponi na tercijaru autotransformatora viši od izolacionog nivoa namotaja (od podnosivih atmosferskih i sklopnih udarnih napona), izolacija namotaja može da bude ugrožena, a ako su niži od izolacionog nivoa, izolacija nije ugrožena. Na taj način se vrši procena dielektričnog naprezanja izolacije namotaja tercijara autotransformatora pri delovanju atmosferskih i sklopnih prenapona.

Koristeći podatke eksperimentalnih istraživanja (maksimalne vrednosti prenetih napona u procentima temene vrednosti akcije utvrđene iz jednačine (5 i 6)) [1], iz izraza (10) i (11) ustanovljeni su maksimalni prenaponi koji se mogu pojaviti na izolaciji namotaja tercijara autotransformatora. Isti su dati za sve istraživane konfiguracije u tabeli 1.

Ovako izvršena procena dielektričnog naprezanja izolacije namotaja tercijara autotransformatora pokazuje sledeće:

- U istraživanim konfiguracijama A, B, C, D, E i F preneti prenaponi na tercijaru autotransformatora ne ugrožavaju njegovu izolaciju. Razlog je što je izolacija namotaja tercijara pojačana, kao da je izolacija za mrežu napona 20 kV (kratkotrajni podnosivi napon industrijske frekvencije je 50 kV; podnosivi atmosferski udarni napon je 125 kV). Izolacija za mrežu napona 10 kV ima kratkotrajni podnosivi napon industrijske frekvencije 28 kV i podnosivi atmosferski udarni napon 75 kV. Da su namotaji tercijara sa takvom izolacijom oni bi bili ugroženi od prenetih prenapona.
- Nešto niži preneti fazni prenaponi od svih istraživanih konfiguracija mogu se očekivati u konfiguraciji C, kada su neposredno na priključcima tercijara postavljeni prema sudu transformatora kondenzatori kapacitivnosti reda 5 nF.
- Nema bitne razlike u visini prenetih prenapona u konfiguracijama D, E i F. Niži su nego kada na tercijaru nije ništa priključeno (konfiguracija B).
- U konfiguraciji G (otvoren tercijar) postoji mogućnost da preneti prenaponi ugroze izolaciju namotaja tercijara autotransformatora. Ova konfiguracija nije realna i ne bi trebalo da se koristi u normalnom radu autotransformatora. Ukoliko bi se slučajno koristila u eksploataciji neophodno je štititi izolaciju namotaja tercijara postavljanjem metaloksidnih odvodnika prenapona između svih priključaka tercijara i mase (zaštita fazne izolacije) i između samih priključaka (zaštita

međufazne izolacije). Takođe bi trebalo razmotriti da li se na izolaciji tercijara mogu pojaviti i neki drugi prenaponi (npr. usled pojave zemljospoja na strani 400 kV i 110 kV autotransformatora) koji bi mogli da je ugroze.

Napred izloženi deterministički postupak za procenu ugroženosti izolacije namotaja tercijara autotransformatora pri delovanju atmosferskih i sklopnih prenapona ne daje pravu sliku; predstavlja samo relativno grubu procenu. Za tačniju procenu potrebno je utvrditi parametre pouzdanosti rada autotransformatora pri delovanju atmosferskih i sklopnih prenapona u TS "Pančevo 2", tamo gde je smešten [5]. A to znači da treba utvrditi skupove prenapona na priključcima autotransformatora pri atmosferskom pražnjenju i sklopnim operacijama, na osnovu njih rizike proboja izolacija namotaja tercijara, pa očekivane godišnje brojeve proboja i na kraju prosečne intervale vremena između dva uzastopna proboja izolacije namotaja tercijara. Rezultati eksperimentalnih istraživanja mogu da posluže za verifikaciju modela autotransformatora koji bi se koristio pri proračunu prenetih prenapona, usled atmosferskih i sklopnih prenapona koji stižu iz mreže 400 kV i 110 kV, za tačniju procenu ugroženosti izolacije namotaja tercijara.

I pored toga što se, na osnovu analize rezultata eksperimentalnih istraživanja, dobila samo gruba slika o ugroženosti izolacije namotaja tercijara autotransformatora, rezultati analize se mogu koristiti za procenu da li treba ili ne treba štititi izolaciju namotaja tercijara od prenetih prenapona.

4 ZAKLJUČCI

Analiza rezultata istraživanja prenetih prenapona na tercijar autotransformatora 400kV / 115 kV / 10,5 kV u TS "Pančevo 2", usled prenapona koji stižu iz mreže 400 kV i 110 kV, je pokazala da izolacija namotaja tercijara nije ugrožena ni kada je tercijar uzemljen, ni kada se koristi za napajanje sopstvene potrošnje. Isključuje se samo mogućnost da namotaj tercijara bude otvoren.

U slučaju da se tercijar ne koristi za napajanje sopstvene potrošnje neophodno je da jedan njegov priključak bude uzemljen i nije neophodna zaštita njegove izolacije od prenapona.

Kada se tercijar koristi za napajanje sopstvene potrošnje nije neophodna prenaponska zaštita samo ako oprema priključena na njega ima iste podnosive napone, odnosno da je to oprema predviđena za rad u mreži 20 kV. Ako je oprema za napajanje sopstvene potrošnje predviđena za rad u mreži 10 kV, neophodno je postaviti metaloksidne odvodnike prenapona za zaštitu njene fazne i međufazne izolacije. Optimalno rešenje je korišćenje metaloksidnih odvodnika prenapona u neptun sprezi.

Tercijar autotransformatora može da se koristi za stalno ili povremeno napajanje sopstvene potrošnje TS "Pančevo 2". U periodu kada se ne koristi potrebno je da u šemi budu prisutni naponski transformatori. Neophodno je da se na krajeve otvorenog trougla sekundarnih namotaja garniture naponskih transformatora priključiti otpornik otpornosti reda 20 Ω . Takođe je potrebno da naponski transformatori imaju faktor napona 1,9.

Tabela 1. Maksimalne vrednosti prenapona na izolaciji tercijara autotransformatora pri dolasku atmosferskih i sklopnih prenapona na njegove 400 kV i 115 kV priključke

Red. broj	Konfiguracija	Atmosferski i sklopni prenaponi na 400 kV i 115 kV priključcima autotransformatora		Maksimalne vrednosti prenapona na tercijaru autotransformatora	
		Vrsta prenapona	Priključci autotransformatora	fazni (kV)	međufazni (kV)
1.	A (tercijar neopterećen i uzemljen)	atmosferski	400 kV	<115	<120
			115 kV	<90	<95
		sklopni	400 kV	<40	<60
			115 kV	<50	<55
2.	B (tercijar neopterećen i neuzemljen)	atmosferski	400 kV	<120	<90
			115 kV	<90	<90
		sklopni	400 kV	<25	<45
			115 kV	<30	<55
3.	C (kondenzatori C=5nF na tercijaru)	atmosferski	400 kV	<70	<75
			115 kV	<55	<95
		sklopni	400 kV	<25	<45
			115 kV	<25	<50
4.	D (na tercijaru kabl. vod 250m+transf. 10kV/0,4kV)	atmosferski	400 kV	<115	<70
			115 kV	<85	<80
		sklopni	400 kV	<25	<40
			115 kV	<25	<50
5.	E (na tercijaru kabl. vod 50m+ind.napon transformatori)	atmosferski	400 kV	<115	<85
			115 kV	<75	<90
		sklopni	400 kV	<25	<45
			115 kV	<30	<50
6.	F (na tercijaru kabl. vod 250m+ind. nap. transformatori)	atmosferski	400 kV	<115	<85
			115 kV	<80	<80
		sklopni	400 kV	<25	<50
			115 kV	<25	<55
7.	G (tercijar otvoren)	atmosferski	400 kV	<140	<125
			115 kV	<150	<140

LITERATURA

- [1] P. Vukelja, J. Mrvić, D. Hrvić: "Analiza prenaponske zaštite i predlog rešenja sopstvene potrošnje sa tercijara autotransformatora TR2 u TS 400kV/220kV/110kV Pančevo 2" Izveštaj broj 310213, Elektrotehnički institut "N.Tesla", Beograd 2002. godine, str.61.

- [2] P. Vukelja i drugi: "Problematika zaštite tercijera energetskih transformatora ZEP-a sa stanovišta pojave prenapona", Studija br.383V12, Elektrotehnički institut "N.Tesla", Beograd 1983.god., str.170.
- [3] P. Vukelja, M. Vučinić, A. Janković:"Prenošenje napona iz jednog u drugi naponski nivo transformatora – uporedna istraživanja visokim i niskim udarnim naponima", XIV savetovanje elektroenergetičara Jugoslavije, R33.10, Sarajevo, 14-19 maj, 1979, 127-135.
- [4] P. Vukelja, M. Vučinić: "Uporedna eksperimentalna analiza prenošenja napona kod transformatora delovanjem niskih i vrlo visokih napona", XV savetovanje elektroenergetičara Jugoslavije, I12.12, Beograd, 19-22 april, 1981, 161-172.
- [5] Z. Zdravković, P. Vukelja: "Koordinacija izolacije postrojenja i sistema visokonaponskih objekata", Studija br. 319703, Institut "N.Tesla", Beograd 1997, str.273.

Abstract: The paper deals with overvoltages which can appear on the 400 kV/115kV /10.5 kV autotransformer-tertiary winding in TS "Panchevo 2" at the appearance of lightning overvoltages on the 400 kV and 115 kV terminals of autotransformer and at switching operations of the circuit-breaker. The conclusion is drawn, that tertiary-winding insulation should not necessarily be protected from overvoltages.

Keywords: autotransformer, overvoltage, insulation

**STRESSES ON TERTIARY-WINDING INSULATION OF TS "PANCHEVO 2"
400 kV/115 kV/ 10,5 kV AUTOTRANSFORMER WHEN SUBJECTED TO
LIGHTNING AND SWITCHING OVERVOLTAGES**

Dr Petar Vukelja, Jovan Mrvić, Dejan Hrvić, Ninoslav Simić