

ANALIZA STANJA ULJA TRANSFORMATORA 35/x kV

S. Spremić, EPS - P.D. "Elektrovojvodina" - Sektor eksploatacije Uprave, Srbija

UVOD

Redovne analize ulja energetskih transformatora su neophodne u cilju praćenja stanja ulja kao dela izolacionog sistema. Za transformatore 35/x kV se redovno rade analize fizičkih, hemijskih i električnih karakteristika (u daljem tekstu: FHE analiza). Period uzorkovanja i FHE analize je 4 godine izuzev u slučajevima kada su pojedini parametri pogoršani i tada se uzorkovanje i FHE analize vrše češće zavisno od slučaja do slučaja. Primetno je da su granice pojedinih parametara s vremenom pooštřavane tako da je za planiranje potrebnih radova na transformatorima u cilju dovođenja izolacionog sistema neophodno, pored pojedinačnih analiza, vršiti i opšte analize stanja ulja kako bi se na vreme isplanirali neophodni radovi i troškovi. S obzirom na starost transformatora 35/x kV neophodno je pored praćenja stanja ulja, pratiti i stanje izolacionog sistema, stanje prateće opreme na transformatoru i opšte stanje transformatora u cilju donošenja kvalitetnih odluka.

POREĐENJE GRANICA PARAMETARA ULJA PREMA IEC 60422:1989 I IEC 60422:2005

U TABELI 1 je dat prikaz poređenja granica parametara prema IEC 60422:1989 i IEC 60422:2005. Kategorije opreme prema slovnim oznakama su prikazane u nastavku:

- O - Energetski transformatori/prigušnice sa nominalnim sistemskim naponom od 400 kV i preko toga.
- A - Energetski transformatori/prigušnice sa nominalnim sistemskim naponom iznad 170kV i ispod 400 kV. Tu spadaju i energetski transformatori sa bilo kojim naznačenim naponom, gde je neprekidnost napajanja presudna, kao i slična oprema za posebne namene koja radi u teškim uslovima
- B - Energetski transformatori/prigušnice sa nominalnim sistemskim naponom iznad 72.5 do 170 kV, uključujući i tu vrednost (za razliku od onih iz kategorije A).
- C - Energetski transformatori/prigušnice za npr. SN/NN primenu nominalnih sistemskih napona manjih ili jednakih 72.5 kV, elektrovučni transformatori. Uljem ispunjeni prekidači sa nominalnim sistemskim naponom preko 72.5 kV. Uljem ispunjene sklopke, pre svega prekidači u metalnom kućištu i upravljačka oprema sa nominalnim sistemskim naponom većim ili jednakim 16 kV.
- D - Merni/zaštitni transformatori sa nominalnim sistemskim naponom iznad 170 kV.
- E - Merni/zaštitni transformatori sa nominalnim sistemskim naponom manjim ili jednakim 170 kV.
- F - Kotlovi teretnog menjača regulacionih sklopki, uključujući kombinovano kotlove biračke sklopke i teretnog menjača.
- G - Uljem ispunjeni prekidači sa nominalnim sistemskim naponom do 72.5 kV, uključujući i tu vrednost. Uljem ispunjene sklopke, pre svega prekidači u metalnom kućištu i upravljačka oprema sa nominalnim sistemskim naponom ispod 16 kV.

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

Karakteristika	Tip opreme	Preporučene granice			Preporučene akcije
		Dobro	Zadovoljavajuće	Loše	
Talag i otpad, IEC 60422:2005	svi	bez taloga ili otpada koji bi se mogao nataložiti . Rezultati ispod 0.02 % od mase mogu se zanemariti			Kada se utvrdi postojanje sedimenta, preraditi ulje. Kada se utvrdi taloženje otpada, reciklirati ulje. Ako je ekonomičnije ili ako drugi testovi nalažu, zameniti ulje
Sediment i talog, %m/m, IEC 60422:1989	svi	manje od 0.02 %			Nije rutinsko ispitivanje, samo kada tgđ i kis. broj pređu gr.vred. Kada ima taloga > 0.02% regeneracija ili zamena ulja
Probojni napon, kV, IEC 60422:2005	O,A,D	> 60	50-60	< 50	Dobro: nastaviti uobičajeno uzorkovanje Zadovoljavajuće: češće uzorkovanje; proveriti druge parametre, npr. sadržaj vode, broj čestica, tgđ/spec. otpornost i kiselost Loše: preraditi ulje ili kada drugi testovi pokazuju ozbiljno propadanje, ekonomičnije je zameniti ulje
	B,E	> 50	40-50	< 40	
	C	> 40	30-40	< 30	
	F	Regulacione preklopke O, A,B,C transformatora < 25 Jednofazne ili povezane regulacione preklopke O,A,B transformatora < 40			
	G	< 30			
Probojni napon, kV IEC 60422:1989	O,A,D	> 50			Sušenje i filtriranje ulja ili ako ostala ispitivanja zahtevaju zamena ulja
	B,E	> 40			
	C	> 30			
	G	> 20			
	F	> 25, reg.sklopka u zvezdištu (trafoi O,A,B,C) > 40, reg.sklopka u trouglu ili jednofazna (za sklopke trafoa O,A,B)			
Faktor dielektrične disipacije na 40-60 Hz, na 90 °C, IEC 60422:2005	O,A	< 0.1	0.1 -0.2	> 0.2	Dobro: nastaviti normalno uzorkovanje Zadovoljavajuće: češće uzorkovanje. proveriti ostale parametre Loše: reciklirati ulje ili u slučaju kada drugi testovi pokazuju ozbiljno propadanje, ekon. je zameniti ulje Raditi po pravilima datim od proizvođača Raditi po pravilima datim od proizvođača
	B,C	< 0.1	0.1 -0.5	> 0.5	
	D	<0.01	0.01-0.03	>0.03	
	E	< 0.1	0.1 – 0.3	> 0.3	
	F,G	Nije rutinski test			
Faktor dielektričnih gubitaka na 90°C, ‰, IEC 60422/1989	O,A,D B,C E	Maks 0.2 Maks. 1.0 Maks 0.3			Dogovor sa proizvođačem ako se preporučuju druge frekvencije i granične vrednosti
Specifična električna otpornost na 90°C, GΩm, IEC 60422:2005	O,A	> 10	1 - 10	< 1	Dobro: nastaviti uobičajeno uzorkovanje Zadovoljavajuće: češće uzorkovanje, proveriti ostale parametre Loše: reciklirati ulje ili u slučaju kada ostali testovi pokazuju ozbiljno propadanje zameniti ulje Za E nije rutinski test
	B,C	> 3	0.2 - 3	< 0.2	
	D	> 50	10-50	< 10	
	E	> 3	0,4 - 3	< 0,4	
Specifična električna otpornost 90°C, GΩm, IEC 60422/1989	O,A,D B,C E	Min. 1 Min. 0.2 Min. 0.7			
Sadržaj vode (mg _{H2O} /kg _{oil} na 20 °C) korigovano prema ekvivalentnoj vrednosti na 20°C, IEC 60422:2005	O,A,D	< 5	5 - 10	> 10	Dobro: nastaviti uobičajeno uzorkovanje Zadovoljavajuće: češće uzorkovanje; proveriti druge parametre, npr. probojni napon, broj čestica, tgđ/ specifična otpornost i kiselost Loše: preraditi ulje ili u slučaju kada drugi testovi pokazuju ozbiljno propadanje, ekonomičnije je zameniti ulje
	B, E	< 5	5 - 15	> 15	
	C	< 10	10 - 25	> 25	
	F	Kao za odgovarajući transformator			
Sadržaj vode, mg/kg, IEC 60422:1989	O,A,B, C,D,E	O,A,D ≤ 20 mg/kg B ≤ 40 mg/kg E ≤ 30 mg/kg C – bez slobodne vode na sobnoj temperaturi			Proveriti izvor vlage i preporučiti prečišćavanje

Kiselost, mg _{KOH} /g _{oil} , IEC 60422:2005	O,A,D	<0.10	0.10–0.15	>0.15	Dobro: nastaviti uobičajeno uzorkovanje Zadovoljavajuće: češće uzorkovanje; proveriti da li ima taloga i otpada Loše: polaskom sa vrednosti 0.15 korisnik može zatražiti analizu tendencija, zasnovanu na specifičnoj analizi životnog ciklusa (LCA) i proceni rizika (RA); tada se može odlučiti u kom trenutku reciklirati ulje ili ako je ekonomičnije ili ako drugi testovi pokazu ozbiljno propadanje zameniti ulje
	B,E	<0.10	0.10-0.20	>0.20	
	C	<0.15	0.15-0.30	>0.30	
	F,G	Nije rutinski test			
Kiselinski broj, mg KOH/g, IEC 60422:1989	O,A,B, C,D,E, F,G	O,A,B,C,D,E maks. 0.50 mgKOH/g			Iznad gr.vre. zamena ili regeneracija ulja; kada je vrednost iznad 0.30 češće ispitivanje.
Čestice, brojanje i određivanje veličine, IEC 60422:2005	O,A,B, C,D,E,F	Informativno			Ako su probojni napon i sadržaj vode blizu ili izvan granica za odgovarajuću kategoriju opreme, a broj čestica viši u odnosu na granice za bilo koju paletu veličina profiltrirati ulje. Kada su dielektrična čvrstoća i sadržaj vode van graničnih vrednosti i ako se dobiju vrednosti broja čestica, van najviših, filtrirati ulje
Međupovršinski napon σ , mN/m IEC 60422:2005	O,A,B, C,D	> 28	22-28	< 22	Dobro: nastaviti uobičajeno uzorkovanje Zadovoljavajuće: češće uzorkovanje Loše: proveriti sediment i talog
	E	Nije rutinski test			
	F,G	Nisu primenljive			Raditi po pravilima datim od strane proizvođača
Međupovršinski napon, mN/m, IEC 60422:1989	O,A,B, C,D,E	Min. 15			Nije rutinsko ispitivanje
Sadržaj inhibitora, IEC 60422:2005	Svi	1) Koncentracija inhibitora 40-60 % od prvobitne vrednosti i kiselost ≤ 0.06 mg _{KOH} /g _{oil} i IFT ≥ 30 mN/m. 2) Koncentracija inhibitora < 40 % od prvobitne vrednosti i kiselost > 0.06 mg _{KOH} /g _{oil} i IFT < 30 mN/m.			Ponovo inhibirati do prvobitne koncentracije. Reciklirati ulje i ponovo inhibisati do prvobitne koncentracije ili nastaviti upotrebu, ali na koncentraciji inhibitora < 0.05 % povećati učestalost praćenja.
Sadržaj PCB-a, ppm, IEC 60422:2005	Svi	Granice prema lokalnim propisima **			

** kriterijumi i granice EPA (Eng.- Environmental Protection Agency)

TABELA 1 - UPOREDNE VREDNOSTI FHE PARAMETARA ULJA PO IEC 60422:1989 i IEC 60422:2005

Iz Tabele 1. se može videti da su granice FHE parametara ulja za pojedinu opremu (kategorije) prema IEC 60422:2005 u odnosu na IEC 60422:1989 pooštreni u smislu povećanja ili smanjenja granica, a pored toga kod nekih parametara je dat dodatni opseg "zadovoljavajuće" dok su preporučene akcije detaljnije objašnjene. Za transformatore 35/x kV koji su kategorija C i koji su predmet razmatranja kod probojnog napona granica "loše" je ostala ista, ali se pojavio dodatni opseg "zadovoljavajuće". Kod faktora dielektrične disipacije na 90 °C je granica "loše" pooštrena značajno i uveden dodatni opseg zadovoljavajuće. Kod specifične otpornosti na 90 °C granica "loše" je ostala ista uz pojavu dodatnog opsega "zadovoljavajuće". Kod sadržaja vode je data granica "loše" i dodatni opseg "zadovoljavajuće" dok je ranije stajalo "bez slobodne vode na sobnoj temperaturi". Kod kiselosti je granica "loše" pooštrena značajno uz pojavu dodatnog opsega "zadovoljavajuće". Kod međupovršinskog napona je granica "loše" pooštrena značajno uz pojavu dodatnog opsega "zadovoljavajuće". Potrebno je posebno napomenuti i sadržaj inhibitora za koji su date dve napomene sa preporučenim akcijama. Može se zaključiti da su za transformatore značajno pooštrene granice za faktor dielektrične disipacije, sadržaj vode, kiselost i međupovršinski napon uz posebne napomene za sadržaj inhibitora. Za probojni napon i specifičnu otpornost su granice "loše" ostale iste uz uvođenje dodatnog opsega zadovoljavajuće.

Saglasno prethodno navedenom očigledno je da će pooštavanjem granica parametara ulja pojedini transformatori čije je ulje u poslednjoj FHE analizi prema IEC 60422:1989 (pre primene IEC 60422-2 CD:2003 i IEC 60422:2005) bilo klasifikovano kao dobro (I klasa) sa rokom uzorkovanja od 4 godine zbog zadovoljavajućih vrednosti jednog ili više parametara kao preporučenu akciju dobiti češće uzorkovanje i ispitivanje ulja. Ulje pojedinih transformatora koje je bilo klasifikovano u III klasu zbog jednog ili više parametara koji su bliski oceni "loše" (prema IEC 60422:1989) ili su imali jedan ili više

parametara u oceni "zadovoljavajuće" (prema IEC 60422-2 CD:2003) mogu po najnovijem IEC 60422:2005 uz dodatne provere drugih parametara kao preporučenu meru dobiti preradu, recikliranje ili zamenu ulja.

Sadržaj inhibitora kao parametar za ocenjivanje i predložene mere u vezi sa sadržajem inhibitora se mora posebno razmotriti s obzirom da je originalno ulje najstarijih transformatora neinhibirano, a kod nekih transformatora originalno ulje manje inhibirano od uobičajenog nivoa inhibitora u ulju novih transformatora ili prilikom inhibiranja starih ulja (0,3 do 0,4 %).

ANALIZA STANJA ULJA TRANSFORMATORA 35/x kV

U Tabeli 2. su dati podaci o stanju ulja transformatora 35/x kV prema poslednjim ispitivanjima ulja saglasno IEC 60422:2005 prema proizvođaču, snagama i starosti transformatora uz podatak o zamenama ulja u toku eksploatacije i podatak o postojanju inhibitora u ulju. Podaci o sadržaju inhibitora su dati za transformatore za koje se podaci poseduju.

				originalno ulje			zamenjeno ulje		
35/10 kV, 2,5 MVA, 16 komada, 5 u rezervi, prosečna starost 45.1 godina									
	godisšte	uk. kom.	pros. star. (god.)	kom.	loš σ (kom.)	Inhibitor	god.	kom.	Inhibitor
A	1965	2	43	1	1	nema	1965	1	0.25 %
B	1956-1962	9	49,1	8	7	nema	1958	1	nema podatak
C	1964-1967	5	42,4	2	2	nema	1964-1967	3	nema podatak
35/10 kV, 4 MVA, 56 komada, 8 u rezervi, prosečna starost 41 godinu									
A	1969-1972	20	37,5	16	-	0.13-0.36 %	1970-1972	4	0.11 do 0.22 %
B	1958-1961	12	48,8	2	2	nema podatak - verov. nema	1958-1961	10	0,2 %
C	1963-1968	19	41,8	9	9	nema	1963-1968	10	0.24 do 0.26 %
D	1973-1987	4	29	4	1	ET iz 1973. godine nema, ostali nemaju podatak	-	-	-
E	1958	1	50	1	1	<0.1 %	-	-	-
35/10 kV, 8 MVA, 52 komada, 2 u rezervi, prosečna starost 36,7 godina									
A	1967-1971	9	37,7	9	-	0.21 do 0.3 %	-	-	-
B	1961-1967	3	43,3	3	3	nema podatak	-	-	-
C	1964-1971	14	40,6	8	7	nema podatak - verov. nema	1964-1971	6	0.23 do 0.35 %
D	1972-1975	25	34,5	23	3	<0.1 do 0.22 %	1974	2	nema podatak
F	1999	1	9	1	-	nema podatak	-	-	-
35/20 kV, 8 MVA, 26 komada, 2 u rezervi, prosečna starost 33,2 godine									
C	1966	1	42	-	-	-	1966	1	nema podatak
D	1972-1983	25	32,8	24	1	<0,1 do 0,27 %	1973	1	0,29 %
35/20 kV, 10 MVA, 9 komada, 1 u rezervi, prosečna starost 29,4 godine									
D	1978-1981	9	29,4	9	-	0.17-0.27 %	-	-	-
Ukupno				120	37			39	

TABELA 2 - PODACI O ISPITIVANJIMA ULJA TRANSFORMATORA 35/x kV SA NAVEDENIM PODACIMA O LOŠEM STANJU PARAMETARA SAGLASNO IEC 60422:2005

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

Na području EPS-P.D. "Elektrovojvodina" je u pogonu ili na rezervi ukupno 167 transformatora prenosnog odnosa 35/x kV bez "kućnih" transformatora. Analizom će se obraditi 159 transformatora prenosnih odnosa 35/10 kV i 35/20 kV snaga od 2,5 MVA do 10 MVA i ovi transformatori su u proseku stari 38,2 godine. Šest transformatora prenosnih odnosa 35/0,4 kV, 35/3 kV, 35/6 kV i 20/10 kV i dva transformatora prenosnog odnosa 35/10 kV snage manje od 2,5 MVA neće biti obrađeni analizom.

Za većinu transformatora nema podatka o količini inhibitora i u tabeli su dati podaci koji se poseduju.

Moguće je da je i kod drugih transformatora rađena zamena ili obrada ulja sa inhibiranjem, ali u dokumentaciji se ne mogu naći podaci o istom tako da su navedeni samo pronađeni podaci.

Prema poslednjim FHE analizama ulja 22 transformatora se nalaze u III klasi ulja gde je data preporučena mera uzorkovanje i ispitivanje ulja u roku od 2 godine. Pored ovog najnovija FHE analiza ulja (Institut Nikola Tesla) je za dva transformatora dala IV klasu zbog lošeg međupovršinskog napona (dodatna provera je pokazala i prisustvo taloga u N-heptanu >0,02 %) pa je preporučena mera recikliranje (regeneracija) ili zamena ulja. Kod 12 uzoraka ulja je nađen snižen sadržaj inhibitora (oko 0,1 %) i data preporučena mera uzorkovanje i ispitivanje ulja u roku od dve godine. Od toga je 10 uzoraka ulja iz transformatora proizvođača "D" godišta 1972. do 1976. godine istih snaga (prenosni odnosi 35/20 kV i 35/10 kV, snage 8 MVA) ispitanih 2007. godine. Na 4 transformatora godišta 1978. istog proizvođača je nađena zadovoljavajuća količina inhibitora (od 0,17 do 0,22 %), a na 3 transformatora godišta 1980. do 1983. također zadovoljavajuća količina inhibitora (0,23 do 0,27 %). Verovatno su ulja u prethodno navedenim transformatorima za godišta 1972. do 1976. originalno bila manje inhibirana. Od ukupno ispitanih 13 transformatora u 2007. godini za 10 transformatora je data preporučena mera ponovljenog ispitivanja od 2 godine (umesto 4 godine) zbog smanjenog sadržaja inhibitora (<0,11 %), ali kod pojedinih ulja uz dobre parametre kiselosti i međupovršinskog napona što predstavlja suprotnost u odnosu na preporučene mere standarada IEC 60422 s obzirom daje početna koncentracija inhibitora napoznata; jedan kome je zamenjeno ulje 1980. godine ima 0,29 % inhibitora; jedan koji je bio na remontu sa nepoznatim podatkom o zameni ulja ima 0,22 % inhibitora, a jedan ima 0,12 % inhibitora i nije uvršten među one koji imaju rok od 2 godine za ponovljeno ispitivanje ulja (verovatno je pretpostavka izvođača analize da je početna koncentracija inhibitora bila 0,3 % iako je ona bila značajno niža).

Do poslednjih analiza ulja iz 2007. godine nije bilo transformatora kojima je ulje takvih karakteristika da je neophodna regeneracija ili zamena ulja. Pored ovog treba napomenuti da se većina analiza ulja u periodu od 2004. do 2006. godine vršila u Ispitnoj laboratoriji Elektrovojvodine uz primenu granica prema starom standardu IEC 60422:1989. U 2007 godini su se pojavila dva transformatora kojima je zbog karakteristika neophodno vršiti regeneraciju ili zamenu ulja i oni su navedeni u tabeli. Kako se može videti u tabeli 2. čak 37 transformatora sa originalnim uljem imaju parametar međupovršinskog napona prema IEC 60422:2005 u klasifikaciji "loše" i jedan transformator kome je menjano ulje 1980. godine ima parametar međupovršinskog napona "loše". Analizirajući rezultate poslednjih FHE analiza od tih 38 transformatora (23,9 % od 159 komada) 23 su bila u III klasi ulja sa dvogodišnjim periodom uzorkovanja i ispitivanja ulja, a verovatno će i svi ostali po narednoj FHE analizi ulja gotovo sigurno biti za dvogodišnju analizu ulja, izuzev ukoliko ne bude data preporuka da se izvrši regeneracija ili zamena ulja zbog lošeg stanja ulja što je moguće za veći broj od ovih transformatora ukoliko se pokaže prisustvo taloga u N-heptanu veće od 0.02 % ili ukoliko i neki od drugih parametara ulja uđe u kategoriju "loše". Još 51 transformator (32,1 % od 159 komada) imaju ulja koja imaju jedan ili dva parametra (u najvećem broju samo međupovršinski napon, a nekoliko međupovršinski napon sa kiselošću ili specifičnom električnom otpornošću) koji su u granicama "zadovoljavajuće" od kojih će dobar broj ući u češće (dvogodišnje umesto četvorogodišnjeg) ispitivanje prema preporučenim merama iz IEC 60422:2005. Deo ovih transformatora sa zadovoljavajućim parametrom međupovršinskog napona prema ispitivanju iz 2007. godine dobio preporučenu meru dvogodišnjeg ispitivanja ulja zbog malog sadržaja inhibitora. Kod ovih 51 transformatora moraju se za određivanje roka sledećeg uzorkovanja i FHE analize ulja uzeti u obzir i tendencije (poređenje sa prethodnim analizama) kako bi se doneo ispravan zaključak o roku sledećeg uzorkovanja jer ukoliko ne postoje tendencije "kvarenja" parametara ulja nije neophodno pooštravati rokove. Stanje parametara ulja direktno utiče na stanje čvrste izolacije celuloznog porekla pa se može pretpostaviti da je i celulozna izolacija značajno ostarela. S obzirom na prethodno navedeno neophodno je kod planiranja značajno povećati novčana sredstva za učestalije uzorkovanje i FHE analize ulja i za remonte transformatora 35/x kV sa zamenama ulja.

Poređenjem se može ustanoviti da je najčešći parametar koji je u kategoriji "loše" međupovršinski napon, a vidi se da su uz njega značajno pogoršani i ostali parametri kao kiselost, faktor dielektričnih gubitaka i specifična električna otpornost. Ulja sa najlošijim karakteristikama su ulja koja su originalno neinhibirana.

Ulja koja su zamenila originalna su u većini slučajeva u dobrom stanju, a primetno je da su ulja koja su

zamenila originalna u ranoj fazi eksploatacije zadržala bolje karakteristike nego ona koja su zamenila originalna u kasnijoj fazi eksploatacije. Ima i izuzetaka koji verovatno zavise od tehnologije primenjene prilikom zamene ulja (ispiranje i obrada čvrste izolacije) i od kvaliteta i inhibiranosti ulja koje je zamenilo originalno.

Zbog lošeg stanja ulja, starosti transformatora, značaja transformatora i opšteg stanja transformatora (curenje ulja) na 10 transformatora 35/x kV su u poslednjih 8 godina vršeni fabrički remont i sa (ili bez) zamene ulja. Prilikom vizuelnog pregleda nakon otvaranja je kod nekih transformatora uočeno da je papirna izolacija dosta ostarjela, da su odstojni i stezni elementi aktivnog dela usled pogonskih događaja (kratki spojevi) ispali ili popustili.

Zbog lošeg stanja ulja, pretpostavljenog lošeg stanja čvrste izolacije i razlabavljenosti aktivnog dela, a sve zbog velike starosti transformatora 35/x kV, u narednom periodu se mogu očekivati učestaliji kvarovi na transformatorima 35/x kV.

ZAKLJUČAK

Veliki broj transformatora ima značajno pogoršane FHE karakteristike ulja. Uzrok je velika starost transformatora, a pored toga i korišćenje originalno neinhibiranih ulja u najstarijim transformatorima. Ako uzmemo da je životni vek transformatora 30-35 godina vidi se da je najveći broj transformatora "odradio" svoj životni vek.

Prema IEC 60422:2005 granice parametara ulja su značajno pooštrene čime će u narednom periodu veći broj transformatora 35/x kV kao preporučenu meru dobiti češće ispitivanje ulja, a za dobar deo transformatora će preporučena mera biti regeneracija ili zamena ulja.

Kod određivanja preporučenih mera neophodno je poznavati podatak o početnoj količini inhibitora (ili ga pretpostaviti s obzirom na tip transformatora i godišta) i potrebno je ispratiti i tendencije (uporediti podatke prethodnih FHE analiza).

Pogoršane karakteristike ulja uzrokuju i pogoršanje stanja čvrste izolacije. Ovo uz popuštanje učvrstanih elemenata aktivnog dela može uticati na to da se u narednom periodu može očekivati povećan broj kvarova na transformatorima 35/x kV.

Postojeću rezervu transformatora 35/x kV održavati u ispravnom stanju. Transformatore kojima je neophodna zamena (ili regeneracija) ulja menjati sa rezervnim transformatorima, ali zadržati optimalan broj u rezervi s obzirom na brojnost transformatora po snazi i prenosnom odnosu u pogonu. Dopunu rezerve vršiti sa transformatorima iz TS 35/x kV koje se razvojem elektrodistributivne mreže ukidaju.

Planirati veća novčana sredstva za učestalije FHE analize ulja. U cilju preventivnog održavanja planirati veća novčana sredstva za fabričke remonte sa zamenom ulja i izvršiti odgovarajuću pripremu (izrada planova, pokretanje javne nabavke i slično).

LITERATURA

1. IEC 60422:2005, Mineralna izolaciona ulja u električnoj opremi - Vodič za nadzor i održavanje, Medunarodna elektrotehnička komisija (IEC)