

TRANSPORT ENERGETSKIH TRANSFORMATORA

M. RISTIĆ, I. JAGODIĆ, JP Elektroprivreda Srbije, Beograd, Srbija
B. TASIĆ Energoremont Beograd, Srbija
Z. RISTIĆ, PEP, Beograd, Srbija
D. VUKSANOVIĆ, Institut za standardizaciju Srbije, Beograd

KRATAK SADRŽAJ

Transport transformatora je značajna operacija za nove i remontovane energetske transformatore. U radu su navedeni zahtevi za pripreme za transport, kontrole u toku transporta, kontrole po prispeću na lokaciju i skladištenje energetskih transformatora prema pravilima dobre prakse i zahtevima JP Elektroprivreda Srbije.

Ključne reči: energetski transformator, transport, zahtevi, kontrole.

POWER TRANSFORMERS TRANSPORT

M. RISTIĆ, I. JAGODIĆ, Electric Power Industry of Serbia, Belgrade, Serbia
B. TASIĆ Energoremont Belgrade, Serbia
Z. RISTIĆ, PEP, Belgrade, Serbia
D. VUKSANOVIĆ, The Institute for Standardization of Serbia, Belgrade

SUMMARY

Transportation of transformers is significant operations for new and repaired transformers. This paper lists the requirements for preparation for transport, inspections during transport, inspections after arrival at the location and storage of power transformers according to the rules of good practice and the requirements of JP Elektroprivreda Serbia.

Keywords: power transformer, transportation, requirements, inspection.

1. UVOD

Energetski transformatori (ET) su dugotrajna proizvodna dobra koja definišu proizvodni kapacitet, visokog nivoa kvaliteta, pouzdanosti, cene, kontrole kvaliteta koja se planski nabavlja i ima specifične zahteve i karakteristike [1]. Transportovanje i završni radovi pre puštanja u pogon mogu da izmene stanje ET utvrđeno prijemnim ispitivanjima u prostoru proizvođača, te je stoga neophodno da se nadzire kako transport tako i završni radovi i izvrše odgovarajuća ispitivanja i provere. Zahtevi i uslovi transporta ET moraju se poštovati da ne bi došlo do rizičnih

dogadaja, kao što se desilo sa transportom blok ET za HE Bajina Bašta (juni 2012.) skliznuo sa transportera na Debelom brdu kod Valjeva. Blok ET težak 92 tone, u krivini je skliznuo sa specijalnog transportera.

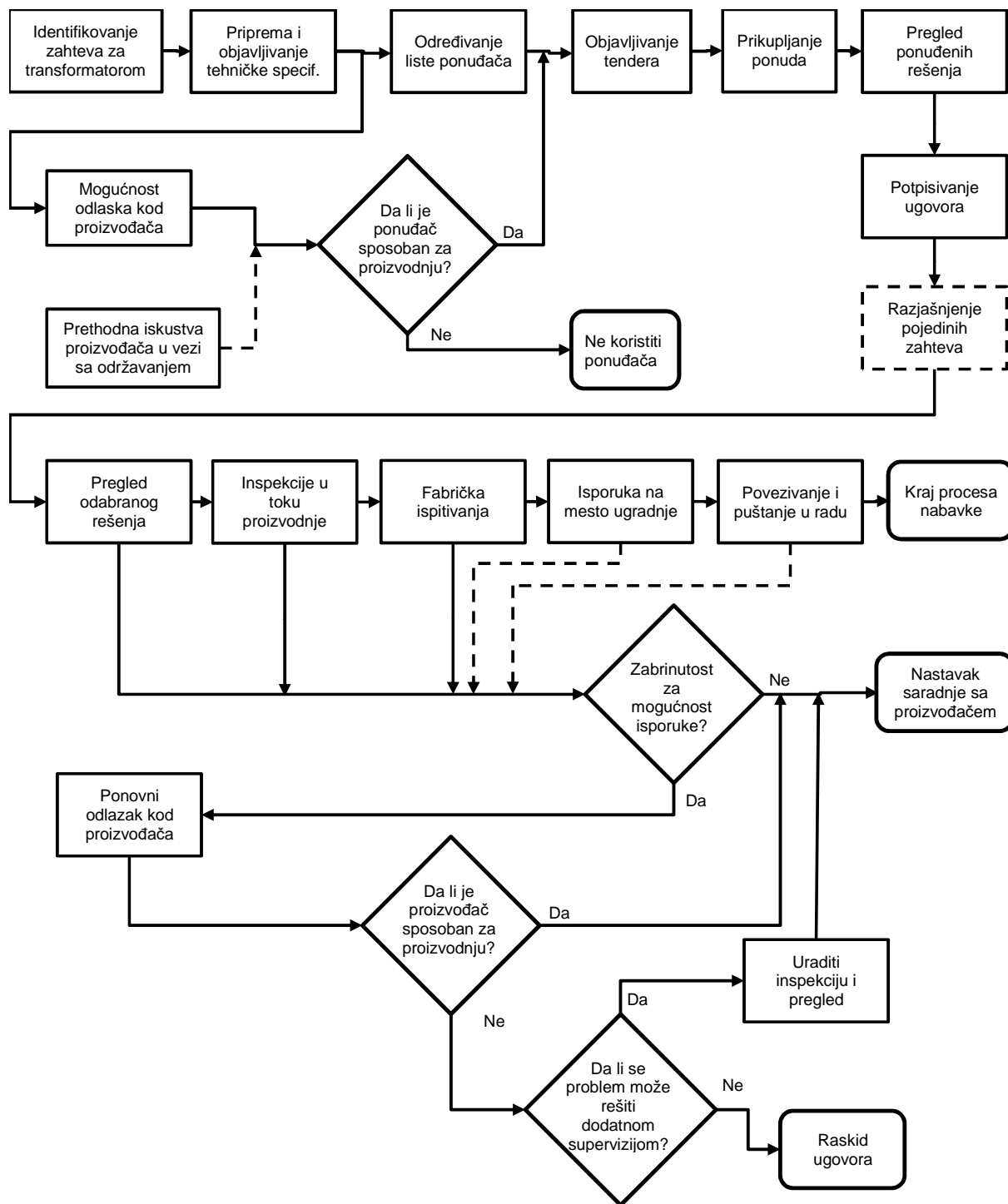
JP Elektroprivreda Srbije (JP EPS) je u internom standardu (EPS IS 09-1: Prijemna ispitivanja energetskih transformatora) definisala i minimum zahteva za transport ET.

Više detalja je dato u Inkoterms 2010 u izdanju " Međunarodne privredne komore " (ICC) . Dodatne informacije su date u novom CIGRE Tehnička Brošura " Vodič za transport transformatora " .

2. UGOVORNE OBAVEZE

Ugovorne obaveze za transport ET u JP EPS su navedene u EPS IS 09-1 [1], a detalji se navode iz Inkoterms 2010 i Vodiča CIGRE. Obaveze prijemnih ispitivanja novih i remontovanih ET se definišu ugovorom, tako da ugovarači zaštite svoje interese i u tehničkom i u ekonomskom smislu. Bilo kakva eventualna odstupanja od ugovornih obaveza iz objektivnih (tehničkih) razloga, bilo da su vezana za ispunjavanje obima ispitivanja ili odstupanja od standarda ili garantovanih vrednosti, moraju da se reše prema ugovornim obavezama između Naručioca i Isporučioca.

Na donjem dijagramu su date sve aktivnosti za velike kapitalne transformatore od plana nabavke, izrade tenderske dokumentacije, ugovaranja, proizvodnje, ispitivanja u fabrici, transporta, montaže, ispitivanja, puštanja u rad i primopredaje [2]. Obaveze, zahtevi i uslovi su dati prema praksi JP EPS, praksi evropskih elektroprivreda i proizvođača kapitalnih transformatora.



Slika 1: Dijagram toka Obezbeđenja kvaliteta za nabavku kapitalnog energetskog transformatora

Transport mora da bude unapred planiran i saopšten između kupca i proizvođača, ko je odgovoran proizvođač ili kupac, pre nego što je potpisan ugovor. U svakom slučaju treba navesti od strane kupca i lokalne propise za transport. Dodatne odredbe moraju takođe biti uključene. Zakonski uslovi koji regulišu transport transformatora, a i delovi opreme koja je labavo privezana, uključujući ulje, treba da se jasno navede u dokumentaciji. U nekim slučajevima, prevoz se može efikasnije postići usvajanjem određenog dizajna transformatora i izgradnje. Alternativno, može se koristiti za projektovanje i tehnike gradnje na licu mesta.

Preporučljivo je da se definišu troškovi, rizici i odgovornosti za prevoz transformatora između kupca i proizvođača pomoću međunarodnih propisa kao što su Incoterms.

3. INCOTERMS 2010 PRAVILA ZA BILO KOJI NAČIN ILI VID SAOBRAĆAJA

Radi lakšeg snalaženja u korišćenju Incoterms pravila ona su grupisana u dve grupe:

I Pravila za svaki vid ili vidove prevoza:

- 1.EXW (Ex Works) – Franko fabrika
- 2.FCA (Free Carrier) – Franko prevoznik
- 3.CPT (Carriage paid to) – Prevoz plaćen do
- 4.CIP (Carriage and insurance paid to) – Prevoz i osiguranje plaćeni do
- 5.DAT (Delivered at terminal) – Isporučeno na terminalu
- 6.DAP (Delivered at place) – Isporučeno u mestu
- 7.DDP (Delivered, duty paid) – Isporučeno sa plaćenim dažbinama

II Pravila za pomorski i transport unutrašnjim plovnim putevima:

- 1.FAS (Free alongside ship) – Franko uz bok broda
- 2.FOB (Free on board) – Franko brod
- 3.CFR (Cost and freight) – Troškovi i vozarina
- 4.CIF (Cost, insurance and freight) – Troškovi, osiguranje i vozarina

3.1Pravila za sve vidove transporta (Ovde navodimo zahteve i uslove za dve vrste transporta)

1.EXW (Ex Works) – Franko fabrika: Franko fabrika znači da prodavac vrši isporuku kada stavi robu na raspolaganje kupcu u prodavčevim prostorijama ili u drugom ugovorenom mestu (skladište, pogon, fabrika, itd). Prodavac nema obavezu da utovari robu na vozilo koje je odredio kupac niti da ocarini robu za izvoz, kao ni obavezu pribavljanja izvoznih dozvola, saglasnosti i sl.

Dato je 7 dužnosti Prodavca.

Dato je 7 dužnosti Kupca.

2.FCA (Free Carrier) – Franko prevoznik: Franko prevoznik znači da je prodavac izvršio isporuku kada je robu, ocarinjenu za izvoz, predao prevozniku imenovanom od kupca u ugovorenoj tački unutar ugovorenog mesta. Isporuka je izvršena :

- 1.Ako je ugovoreno mesto u prodavčevim prostorijama, kada je roba utovarena na prevozno sredstvo koje je obezbedio kupac,
- 2.U svakom drugom slučaju, kada je roba stavljena na raspolaganje prevozniku, ili drugom licu koga je imenovao kupac, na prodavčevom prevoznom sredstvu neistovareno.

Dato je 10 dužnosti Prodavca.

Dato je 7 dužnosti Kupca.

Za više detalja treba pogledati Inkoterms 2010 u izdanju " Međunarodne privredne komore " (ICC) .

Tehnička Brošura " Vodič za transport transformatora ", koja je izrađena od strane CIGRE VG A2-42, takođe daje dodatne informacije po pitanju transporta transformatora.

4.PROCEDURA KONTROLE PRIPREME I PRAĆENJA TRANSPORTA ET [1]

Obaveze vršenja manipulacije, utovara, transporta i istovara ET do mesta ugradnje, uključujući nadgledanja ET u transportu, utvrđuju se ugovorom između Naručioca i Isporučioca ET, a detaljno se definišu Planom transporta. Planom transporta, koji se odobrava od strane Naručioca, definiše se način transporta, kao i organizacija odgovorna za transport ET. Transport može da vrši sam Isporučilac, ali može biti angažovano i specijalizovano transportno preduzeće.

Plan transporta, koji obezbeđuje Isporučilac ET, treba da sadrži sve neophodne informacije za pravilno i sigurno podizanje, rukovanje i transport ET, uključujući kompletne transportne dimenzije, ukupnu transportnu masu i položaje centra mase u sve tri ose: x, y i z.

U dokumentu ICC Guide to Incoterms 2010 (tačka 3 rada) definisane su različite varijante podele odgovornosti i obaveza, uključujući i podelu rizika i troškova tokom transporta od fabrike do mesta ugradnje između Naručioca i Isporučioca.

Priprema za transport ET podrazumeva kontrolu da li je ET sa pripadajućom opremom propisno upakovan, osiguran i spreman za transport.

U zavisnosti od dimenzija i težine, ET se u principu transportuje:

-potpuno opremljen, sa postavljenim prolaznim izolatorima, rashladnim sistemom, dilatacionim sudom, izolacionim uljem, komandno-signalnim ormanom, motornim pogonom teretne regulacione preklopke (ako postoji) i ostalom pripadajućom opremom.

-nepotpuno opremljen, sa transformatorskim sudom sa izolacionim uljem, sa komandno-signalnim ormanom i motornim pogonom teretne regulacione preklopke (ako postoji), bez postavljenih ostalih delova (prolaznih izolatora, rashladnog sistema, dilatacionog suda i ostale pripadajuće opreme) koji se transportuju odvojeno.

-nepotpuno opremljen, sa transformatorskim sudom napunjenim suvim vazduhom ili inertnim gasom (azotom) i pridodatim sistemom za održavanje natpritiska vazduha/gasa u toku transporta i skladištenja do montaže, sa komandno-signalnim ormanom i motornim pogonom teretne regulacione preklopke (ako postoji), a bez postavljenih ostalih delova (prolaznih izolatora, rashladnog sistema, dilatacionog suda, izolacionog ulja i ostale pripadajuće opreme) koji se transportuju odvojeno.

4.1 Kontrola tokom pripreme za transport [3, 4]

Ako se ET transportuje potpuno opremljen, evidentira se stanje apsorbensa u dehidratoru vazduha (stanje „silikagela“) i da li su i koji otvori zapečaćeni, čime se korisnik štiti od izlivanja izolacionog ulja u toku transporta, zbog nezadovoljavajućeg obezbeđenja svih otvora.

Ako se ET transportuje nepotpuno opremljen, sa izolacionim uljem, evidentira se oprema koja je postavljena na transformator i da li su i koji otvori zapečaćeni.

Ako se ET transportuje nepotpuno opremljen, sa suvim vazduhom/inertnim gasom umesto izolacionog ulja evidentira se oprema koja je postavljena na ET i proverava se pritisak vazduha/inertnog gasa. Ugovorom se održavanje natpritiska u toku transporta može poveriti transportnoj organizaciji.

Ako se ET transportuje bez ulja, treba doneti odredbu da se spreči prodiranje vlage i da se održava unutrašnja izolacija u prvoklasnom stanju. Pored toga ET treba ispuniti suvim vazduhom i održavati na kontinuiranom pozitivnom pritisku. Upotreba azota je moguća, ali nije poželjna na osnovu sigurnosti. Pritisak vazduha i tačke rose treba pratiti kontinuirano tokom perioda neposredno nakon što je ulje uklonjeno, dok se ET napuni uljem na licu mesta. U svakom trenutku treba da se obezbedi da se odmah vrati gubitak pritiska vazduha. Tačku rose suvog vazduha treba meriti i snimati kako bi se osiguralo da je ispod -40°C . Tačku rose treba ponovo proveriti u roku od 24 sata, kad je ET ispunjen suvim vazduhom, daju se snimci u izveštaju o ispitivanju i na etiketi isporuke. Ako čitanja tačke rose ukazuju na prosek nivo vlage na površini ET izolacije veća od 0,5%, proizvođač mora osušiti transformator. Maksimalna prihvatljiva tačka rose treba biti navedena na etiketi isporuke. Tačka rose pri prevozu gasa evidentiraju se zajedno sa pritiskom i temperaturom gasa u vreme merenja tačke rose. Ove informacije se evidentiraju u test izveštaju, prevoznim dokumentima.

Sve cevi, ventili, kablovske veze, i pribor za tereta moraju da budu adekvatno zaštićeni u cilju smanjenja rizika od oštećenja prilikom utovara, transporta i istovara.

Kod većih ET, naponskog nivoa $\geq 110\text{kV}$, preporučuje se postavljanje najmanje jednog sistema za merenje i akviziciju ubrzanja tokom manipulacija, utovara i transporta do krajnjeg mesta ugradnje, u najmanje tri ose. Podešavanje parametara i pečačenju nakon podešavanja akvizicionog sistema treba da prisustvuje predstavnik Naručioaca.

Nepričvršćena oprema: Druga oprema kao što su oprema za hlađenje, menjač, orman kontrole i regulacije može biti isporučena rastavljena, i transportovati se i osigurati u skladu sa smernicama transporta i skladištenja i mere opreza proizvođača. Delovi, kao što su instrumenti, ormar, priključne kutije koje su postavljene na glavnom rezervoaru treba učvrstiti uz pomoć antivibracionih postolja, i da budu zaštićeni u kućištu kako bi se sprečilo fizičko oštećenje tokom transporta.

Inventar: Svaki pojedinačni deo treba da bude adekvatno pripremljen i označen za otpremu. Svaka stavka treba da bude imenovana, kodirana i prepoznaje se po marki ili proizvodnji, veličini, vrsti, broj crteža ili broj dela i snimci u inventaru transporta koji treba da bude deo dokumentacije ugovora.

Rukovanje i oznake: U fabrici se tokom priprema za transport na transformatorskom sudu obeležava pozicija uzdužne i poprečne ose i centar gravitacije (težište) za kompletan ET kao i oznake vezane za transport – transportna masa i dimenzije. Ose transformatora glavne jedinice treba da budu trajno obeležene na četiri strane.

ET mora biti opremljen potrebnim i dobro funkcionalnim učvršćivanjima za transport (železnica, kamion, prikolica, brod, barže i avion). Pored podizanja zagrada, moraju se postaviti i jastučići. Svi ovi uređaji moraju biti dimenzionisani i označeni za namenu. Pored toga, oni bi trebalo da budu prikazani na rasporedu transporta za dozvoljeno opterećenje i minimalnog ugla za podizanje.

Dokumentacija: Proizvođač treba da obezbedi saglasnost i pre isporuke, dokumentaciju koja u potpunosti opisuje aranžmane transporta i određuje sva uputstva i zahteve neophodne kako bi se osiguralo da će ET i sva oprema biti isporučena na lokaciju pravilno i sa bilo kojim neophodnim i zakonskim odobrenjima.

Crteži konture transporta moraju da sadrže:

- dimenzije, masa i težište za prevoz ET.
- centar gravitacije treba da bude prikazan na sve četiri strane.

- detalji o ET pokazuju uslove i lokacije za dizanje, blokiranje i klizanje / klizne lokacije, kao i lokacije koje nisu prihvatljive za ove namene. Ove lokacije moraju biti označene na ET sa simbolima ili obaveštenjem za njihove svrhe.
- lokacija za podizanje i vučenje, korake dizanja i nosećih površina za kretanje ET povlačenjem ili upotrebom valjaka.
- prihvatljive načine obezbeđivanja ET na nosačima.
- veličina, položaj i visina iznad temelja postavljanja dizalice.
- maksimalni ugao remena od vertikalnog prilikom podizanja glavnog rezervoara.
- bilo koje posebne zahteve za dizanje,
- posebne mere predostrožnosti kada se pokrene ET.
- ako se transportuje sa uljem, nivo ulja pogodan za isporuku ET.
- crtež prevoza mora pratiti ET tokom transporta i biti lako dostupan tokom transporta.



Slika 2: Remontovan blok ET za HE Bajina Bašta pripremljen za transport

4.2 Kontrola u toku transporta

Ukoliko je postavljen sistem za merenje i akviziciju ubrzanja tokom transporta (akcelerometri) prati se stanje i vrši provera funkcionalnosti istog.

Tokom transporta vrši se stalna vizuelna provera stanja ET. Ukoliko se ET transportuje sa suvim vazduhom/inertnim gasom pod pritiskom vrši se i provera količine vazduha/gasa u boci.

4.3 Kontrola/ispitivanja po prispeću ET na odredište

Po prispeću ET na odredište proverava se stanje ET:

Vizuelnim pregledom se proverava da ET u toku transporta nije oštećen, da su ispravne postavljene membrane, da je nivo izolacionog ulja zadovoljavajući, da apsorbens u sušioniku vazduha nije ovlažen, da je pritisak inertnog gasa u transformatoru nepromenjen, da je oprema ET koja je transportovana odvojeno ispravna, itd.

Ukoliko su tokom transporta ET bili ugrađeni sistemi za merenje i akviziciju ubrzanja tokom transporta (akcelerometri), potrebno je pregledati akvizicione zapise o vrednostima ubrzanja i utvrditi da li je bilo nedozvoljenih potresa ET tokom transporta. Analiza zapisa akcelerometara vrši se u prisustvu ovlašćenog predstavnika Naručioaca,

Maksimalna vrednost ubrzanja u sve tri ose ne bi trebalo da bude veća od 2g po svakoj osi.

Ispitivanjem probojnog napona izolacionog ulja iz suda ET, kod ET transportovanih sa uljem.

Rezultati kontrola/ispitivanja se nose u ispitni protokol. Ukoliko su rezultati nezadovoljavajući, Proizvođač mora da dovede ET i njegovu opremu u zadovoljavajuće stanje.

5. SKLADIŠTENJE [3,4]

ET se od trenutka prispeća na odredište do puštanja u pogon može skladištiti pod sledećim uslovima:

-Potpuno opremljeni ET, uz periodično nadgledanje.

-Nepotpuno opremljeni ET sa izolacionim uljem (bez montiranih prolaznih izolatora, rashladnih grupa, dilatacionog suda i ostale pripadajuće opreme), sa montiranim sušionikom vazduha na transformatorskom sudu, uz periodično nadgledanje.

Kod ET transportovanih sa suvim vazduhom/inertnim gasom i sa istim u toku skladištenja, od prispeća do opremanja, treba održavati odgovarajući natpritisak.

Može se zahtevati da se ET čuvaju za kratke i duge periode vremena. Pravilo je da ne treba da se čuvaju duže od 6 meseci bez ulja. Nije neophodno da radijatori budu instalirani na ET tokom perioda čuvanja, ali oni moraju da budu propisno skladišteni kao što je preporučeno od strane proizvođača ET.

Izvodi ET (ako su instalirani) ili posebni test izvodi treba da budu uzemljeni.

Važno je da su sve ploče i poklopci dizajnirani za dugoročno na otvorenom prostoru i imaju površinsku obradu koja sprečava koroziju tokom perioda čuvanja.

Grejači u okviru svih kontrolnih ormara treba da ostanu pod naponom tokom perioda čuvanja kako bi se sprečila kondenzacija sa koroziju električnih komponenti.

Skladištenja bez ulja

Skladištenje bez ulja treba, kao opšte pravilo, da se koristi samo za kratkoročno čuvanje (do 6 meseci), odnosno tokom pauza u transportnim operacijama ili kraće odlaganje. Duže skladištenje (duže od 6 meseci) treba izbegavati zbog opasnosti od razvoja šupljina u čvrstoj izolaciji, što može biti teško, pa čak i nemoguće ukloniti sa vakuum tretmanom pred punjenje uljem.

Kada se čuvaju bez ulja, treba da se da se spreči prodiranje vlage i da se održe interni sistemi izolacije unutar ET u prvoklasnom stanju. Pored toga ET treba ispuniti suvim vazduhom i održavati na kontinuiranom pozitivnim pritiskom 14 kPa na primer i sa tačkom rošnja ispod -40°C . Pritisak vazduha i tačke rose se moraju pratiti kontinuirano tokom perioda skladištenja.

Posle dužeg perioda skladištenja sa vazduhom, preporučuje se da se prošireni proces vakuumom može izvesti pre konačnog punjenja uljem.

Skladištenje sa uljem

Skladištenje sa uljem je pogodno za dugoročno skladištenje ET. Prostor za skladištenje mora biti opremljen sistemom zadržavanja ulja dovoljno velikim da pokupi kompletan sadržaj ulja u sačuvanim ET. Sistem izjednačavanja pritiska za glavni rezervoar i sklopka, konzervator, treba da se instalira i ispunjen sa dovoljnom količinom ulja kako bi se omogućila normalna varijacija uzrokovana promenama u temperaturi okoline. Pored toga, sistem za dehidraciju mora biti instaliran.

Najbolja praksa je da se daljinski prati nivo ulja aktiviranjem merila.

6. ZAKLJUČAK

ET koji su velikih dimenzija i velikih težina moraju se transportovati uz uslove, zahteve, propise i merenja koji su ovde navedeni. Transportovanje i završni radovi pre puštanja u pogon mogu da izmene stanje ET utvrđeno prijemnim ispitivanjima u prostoru proizvođača, te je stoga neophodno da se nadzire kako transport tako i završni radovi i izvrše odgovarajuća ispitivanja i provere. Zahtevi i uslovi transporta ET moraju se poštovati da ne bi došlo do rizičnih događaja, kao što se desilo sa transportom blok ET za HE Bajina Bašta.

JP EPS je u internom standardu (EPS IS 09-1:Prijemna ispitivanja energetskih transformatora) definisala i minimum zahteva za transport ET. Više detalja je dato u Inkoterms 2010 u izdanju " Međunarodne privredne komore " (ICC). Dodatne informacije su date u novom CIGRE Tehnička Brošura " Vodič za transport transformatora " .

7. LITERATURA

[1]. EPS IS 09-1:Prijemna ispitivanja energetskih transformatora,

[2]. M. Ristić, I. Jagodić, Z. Ristić, Kontrola kvaliteta kapitalne opreme, FQCE 2014,

[3]. CIGRE TB 528:2013, Guide for preparation of specifications for power transformers,

[4]. CIGRE TB 529:2013, Guide for conducting design review for power transformers,