



## ANALIZA NEKIH KONSTRUKCIONIH IZVEDBI MERNIH TRANSFORMATORA 110 kV SA PREDLOGOM UNAPREĐENJA

### ANALYSIS OF SOME CONSTRUCTIONAL DESIGNS OF 110 kV INSTRUMENT TRANSFORMERS WITH IMPROVEMENT PROPOSAL

Dušan OBRADOVIĆ, Elektrodistribucija Srbije, TC Novi Sad, Srbija

#### KRATAK SADRŽAJ

Na naponskom nivou 110 kV u transformatorskim stanicama 110/x kV uglavnom se koriste induktivni strujni i naponski transformatori 110 kV sa uljnopapirnom izolacijom. Induktivni strujni i naponski transformatori 110 kV nisu konstrukciono standardizovani. Postoje konstrukcione razlike po dimenzijama, i opštim i ugradnim. Kod naponskih transformatora 110 kV postoje razlike po načinu izvođenja magnetnog kola, otvoreno i zatvoreno. Ranije je za kazane i nosače korišćeno gvožđe dok se u poslednje vreme koristi aluminijum. Značajne su razlike u konstrukcionom izvođenju slavina za uzorkovanje ulja. Razmatra se mogućnost izvođenja merenja parcijalnih pražnjenja ultrazvučnom metodom pri uključenim mernim transformatorima 110 kV (u pogonu pod naponom). Navode se razlozi zbog kojih kod nekih tipova strujnih i naponskih transformatora 110 kV nije moguće izvršiti merenje parcijalnih pražnjenja ultrazvučnom metodom i daje se predlog na koji način rešiti taj problem. Slavine za uzorkovanje ulja su takođe raznolike sa različitim posebnim alatima za uzorkovanje. Daje se prikaz nekoliko starijih i novijih rešenja za uzorkovanje ulja različitih proizvođača mernih transformatora 110 kV sa razmatranjem mogućnosti standardizacije.

**Ključne reči:** naponski transformator, parcijalna pražnjenja, slavinna za uzorkovanje ulja, strujni transformator, ultrazvuk

#### SUMMARY

At the voltage level of 110 kV in 110/x kV substations, inductive instrument transformers of 110 kV with oil and paper insulation are mainly used. The constructions of inductive instrument transformers 110 kV are not standardized. There are constructional differences in dimensions, both general and built-in. Within 110 kV voltage transformers, there are differences in the way the magnetic circuit is designed, open and closed. Earlier, iron was used for vessels and supports, while lately aluminum has been used. There are significant differences in the design of taps for oil sampling. The possibility of partial discharges measurements on live operated 110 kV instrument transformers with ultrasound method is considered. The reasons why it is not possible to measure partial discharges with ultrasound method for some types of 110 kV current and voltage transformers are given and a proposal is given on how to solve this problem. Oil sampling taps are also diverse with different special sampling tools. Several older and newer oil sampling solutions from different 110 kV instrument transformer manufacturers are presented with consideration of standardization options.

**Key words:** Current transformer, Oil sampling tap, Partial discharges, Voltage transformer, Ultrasound

Dušan Obradović, Bulevar oslobođenja 100, 21000 Novi Sad, Srbija, dusan.obradovic@ods.rs

#### 1. UVOD

Preventivno održavanje strujnih i naponskih transformatora 110 kV pored ostalog obuhvata i merenje parcijalnih pražnjenja ultrazvučnom metodom. Zbog starijih rešenja naponskih transformatora 110 kV sa otvorenim magnetnim kolom i novijih rešenja inverznih strujnih transformatora 110 kV sa "aktivnim" delom u gornjem

25  
godina

13. SAVETOVANJE O ELEKTRODISTRIBUTIVNIM MREŽAMA sa regionalnim učešćem  
13<sup>th</sup> CONFERENCE ON ELECTRICITY DISTRIBUTION with regional participation

12-16 / 09 / 2022, Kopaonik, Srbija



ZBORNİK RADOVA | PROCEEDINGS



delu kao i primene aluminijumskih kućišta umesto gvozdениh došlo je do toga da nije moguće ispitivanje parcijalnih

pražnjenja ultrazvučnom metodom korišćenjem sonde koja se pričvršćuje pomoću magneta. Uzorkovanje ulja za gasnohromatografsku analizu ulja strujnih i naponskih transformatora 110 kV različitih proizvođača vrši se na različite načine, a vremenom se i kod istog proizvođača unapređenjem tehnologije došlo do nove tehnologije uzorkovanja ulja.

## 2. ISPITIVANJE PARCIJALNIH PRAŽNJENJA MERNIH TRANSFORMATORA 110 kV

### 2.1 Ispitivanje parcijalnih pražnjenja strujnih transformatora 110 kV

Pojavom novije konstrukcije inverznih strujnih transformatora 110 kV sa aktivnim delom u gornjem delu (na Slici 1 levo) sa kompozitnim ili porcelanskim izolatorom i aluminijumskim kućištem za razliku od starijih sa aktivnim delom u donjem delu i gvozdenim kućištem (kao na Slici 1 desno) došlo je do toga da je otkrivanje parcijalnih pražnjenja postalo nemoguće.



Slika 1 – Prikaz različitih konstrukcionih izvedbi strujnih transformatora 110 kV

Dodatni problem predstavlja promena materijala od gvozdenog na aluminijumsko kućište gde se ne može obezbediti ispitivanje ultrazvučnom metodom standardnim uređajem koji koristi sondu koja se priključuje pomoću magneta kao na Slici 2.



Slika 2 – Priklučenje sonde pomoću magneta

Očekivano je da se parcijalna pražnjenja ultrazvučnom metodom mogu bolje otkriti ukoliko je sonda što bliže aktivnom delu, koji je u slučaju starijih strujnih transformatora u donjem delu. Može se pretpostaviti da se širenje signala parcijalnih pražnjenja može preneti i u druge delove strujnog transformatora 110 kV, ali u manjoj meri. Kod strujnih transformatora 110 kV inverzne izvedbe kod kojih se aktivni deo nalazi u gornjoj zoni signal parcijalnih pražnjenja bi u donjoj zoni bio značajno oslabljen. Da bi se signal parcijalnih pražnjenja ipak mogao ustanoviti neophodno je u tom slučaju osetljivije podesiti uređaj za ispitivanje parcijalnih pražnjenja ultrazvučnom metodom. Ž

Stariji strujni transformatori 110 kV sa aktivnim delom u donjoj zoni su sa kućištem izvedenim gvožđem kod kojih se sonda uz pomoć magneta može jednostavno priključiti na ravnu površinu.

Kako bi se ipak moglo izvršiti ispitivanje parcijalnih pražnjenja ultrazvučnom metodom kod inverznih strujnih transformatora 110 kV sa aluminijumskim kućištem, sondu bi trebalo priključiti uz pomoć nekih guma (gumica), uz pomoć velike štipaljke [1] kao na Slici 3, stega (kao što su stolarske sa dugačkim “kljunom”) kao na Slici 4 ili španera kao na Slici 5. To je nezgodno zbog ispitivanja dok je strujni transformator 110 kV pod naponom, a kod izolacione štipaljke teško je napraviti izolacionu štipaljku koja bi zadovoljila praktične potrebe i različite gabarite različitih tipova strujnih transformatora 110 kV. Kao mogućnost predlaže sa da proizvođači inverznih strujnih transformatora 110 kV obezbede, prilikom proizvodnje, gvozdenu pločicu na donjem delu dobro povezanu sa aluminijumskim kućištem u smislu prenosa signala parcijalnih pražnjenja kako bi se sondom koja se priključuje uz pomoć magneta obezbedila mogućnost ispitivanja parcijalnih pražnjenja ultrazvučnom metodom.



Slika 3 – Štipaljka



Slika 4 – Stolarska stega



Slika 5 - Španer

## 2.2 Ispitivanje parcijalnih pražnjenja naponskih transformatora 110 kV

Češća izvedba naponskih transformatora 110 kV je sa zatvorenim magnetnim kolom u sudu u donjoj zoni kao što je prikazano na slici 6. Kod naponskog transformatora 110 kV sa slike 6 je moguće priključiti sondu za ultrazvučno ispitivanje parcijalnih pražnjenja korišćenjem sonde i magneta jer je kućište suda gvozdено, a iako je ono okruglo, zbog velikog prečnika i korišćenjem masti za obezbeđenje prelaza signala parcijalnih pražnjenja, ispitivanje je moguće.



Slika 6 – Naponski transformator 110 kV sa gvozdenim sudom u donjem delu

Na Slici 7 je prikazana konstruktivna izvedba sa otvorenim magnetnim kolom novijeg naponskog transformatora iako postoje i stariji naponski transformatori 110 kV takve izvedbe. Kod naponskog transformatora 110 kV sa Slike 7 u sredini aktivan deo se nalazi većim delom visine kompozitnog dela izolacije sa silikonskom omotačem.



Slika 7 – Naponski transformator 110 kV sa otvorenim magnetnim kolom

Na slici 8 je prikazan noviji tip naponskog transformatora 110 kV sa aktivnim delom sa zatvorenim magnetnim kolom u donjem delu sa aluminijumskim kućištem.



Slika 8 – Naponski transformator 110 kV sa aluminijumskim sudom u donjem delu

Kako bi se ipak moglo izvršiti ispitivanje parcijalnih pražnjenja ultrazvučnom metodom kod naponskih transformatora 110 kV sa otvorenim magnetnim kolom sa aluminijumskim kućištem ili sa zatvorenim magnetnim kolom sa aluminijumskim kućištem u donjoj zoni, sondu bi trebalo priključiti uz pomoć nekih guma (gumica), uz pomoć velike štipaljke, stega ili španera kao što je prethodno navedeno i za strujne transformatore 110 kV. Kao mogućnost predlaže se da proizvođači naponskih transformatora 110 kV obezbede, prilikom proizvodnje, gvozdenu pločicu na donjem delu dobro povezanu sa aluminijumskim kućištem u smislu prenosa signala parcijalnih pražnjenja kako bi se sondom koja se priključuje uz pomoć magneta obezbedila mogućnost ispitivanja parcijalnih pražnjenja ultrazvučnom metodom.

Odustalo se od pokušaja postavljanja sonde pomoću magneta na gvozdeni deo naponskog transformatora 110 kV sa otvorenim magnetnim kolom, zbog vibracija koje su se pojavile u magnetu približavanjem naponskom transformatoru.

## 2.2 Kombinovani strujno-naponski transformatori 110 kV

Novije izvedbe kombinovanih strujno-naponskih transformatora 110 kV u gornjoj zoni imaju strujni transformator 110 kV, a u donjoj zoni naponski transformator 110 kV sa zatvorenim magnetnim kolom u kućištu (Slika 9) ili u gornjoj zoni imaju strujni transformator 110 kV, a otprilike duž dela koje pokriva porcelanski izolator (može biti i kompozitni sa silikonskim omotačem) imaju naponski transformator 110 kV sa otvorenim magnetnim kolom bez suda u donjem delu (Slika 10).



Slika 9 – Kombinovani strujno-naponski transformator 110 kV



Slika 10 – Kombinovani strujno-naponski transformator 110 kV



Kod kombinovanih strujno-naponskih transformatora 110 kV koji su svi noviji i sa kućištem izvedenim aluminijumom sa strujnim transformatorom u gornjoj zoni takođe nema mogućnosti priključenja sonde pomoću magneta, izuzev korišćenjem guma (gumica), uz pomoć velike štipaljke, stega ili španera, a rešenje za priključenje sonde sa magnetom je fabrička ugradnja gvozdene pločice na donjem delu dobro povezane sa aluminijumskim kućištem u smislu prenosa signala parcijalnih pražnjenja.

Ovde se podrazumeva da bi se moguća parcijalna pražnjenja u gornjem delu (aktivni deo strujnog transformatora) slabije prenosila do mesta priključenja sonde. Zbog toga bi trebalo da se pored ispitivanja parcijalnih pražnjenja za donji deo sa slabijom osetljivošću u slučaju izostanka parcijalnih pražnjenja u donjoj zoni ispituju i parcijalna pražnjenja sa većom osetljivošću za gornju zonu (aktivni deo strujnog transformatora).

### 3. UZORKOVANJE ULJA

Uzorkovanje ulja iz strujnih, naponskih i kombinovanih transformatora sa uljno-papirnom izolacijom vrši se za gasnrohromatografsku analizu ulja, u cilju utvrđivanja mogućih kvarova unutar mernih transformatora. U slučajevima da se ispitivanjem parcijalnih pražnjenja ultrazvučnom metodom utvrdi da postoje parcijalna pražnjenja, provera rezultata se vrši gasnrohromatografskom analizom ulja.

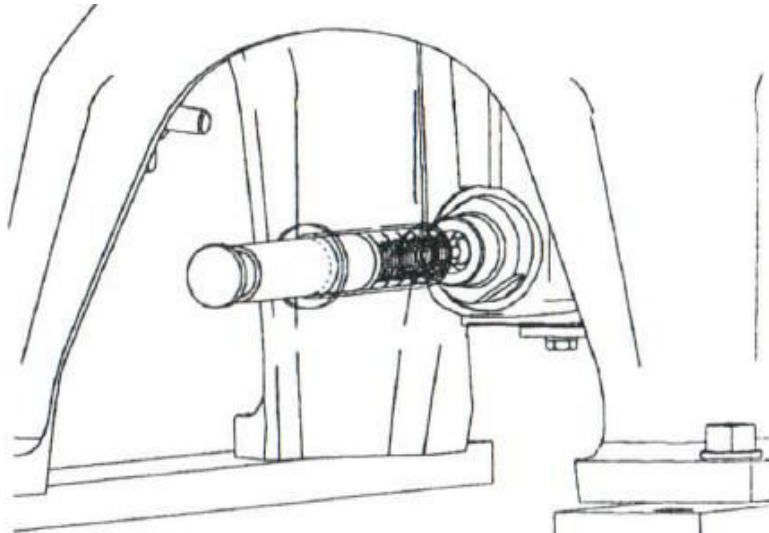
Slavine za uzorkovanje ulja bile su proste kod starijih tipova različitih proizvođača, a vremenom i zahtevima da se u špric iz mernog transformatora izvuče ulje koje neće doći u dodir sa spoljnim uticajima (vlaga, vazduh i nečistoće), došlo je do promene konstrukcije slavina za uzorkovanje ulja.

Na Slici 11 se vide slavine za uzorkovanje ulja starijih smernih transformatora 110 kV. To u tadašnje vreme nije ni bila slavina za uzorkovanje ulja već slavina za istakanje ulja, kao kod energetskih transformatora. Kod ovakvih ventila je neophodno obezbediti odgovarajuću prirubnicu i/ili crevo kojim bi se spojio špric sa mernim transformatorom. Druga mogućnost je da se direktno u čistu posudu ispusti ulje, te da se onda uvuče ulje u špric („direktašica“). Ukoliko se uzorkovanje obavi brzo nema većeg gubitka gasova kvara.



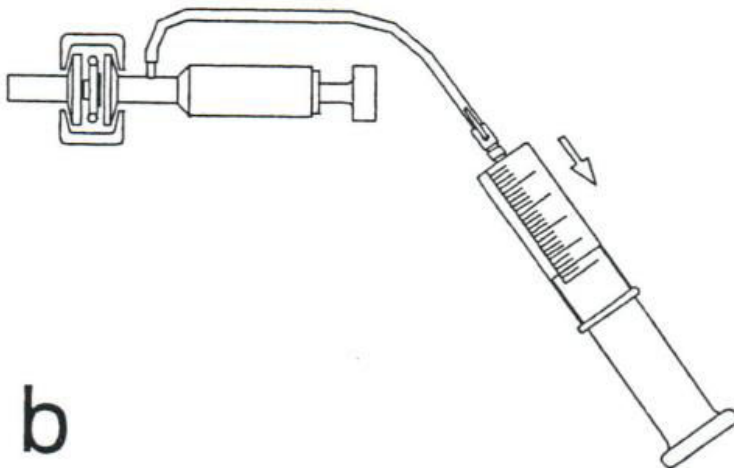
Slika 11 – Stare izvedbe ventila za istakanje (uzorkovanje) ulja

Novije izvedbe ventila za uzorkovanje ulja uz pribor koji obezbeđuje isporučilac mernih transformatora, omogućuje jednostavnije uzorkovanje koje obezbeđuje manje otpadnog ulja prilikom uzorkovanja, osim onog potrebnog za ispiranje šprica, jer nije potrebno crevo. Na Slici 12 je dat prikaz gde se špricom sa iglom direktno uzima uzorak preko nepovratnog kuglastog ventila, što je prema do sada viđenom, najbolji način za uzorkovanje. Za ispiranje šprica od 50 ml je neophodno samo 20 ml ulja za ispiranje bez zaostalog ulja u crevu.



Slika 12 – Nova izvedba ventila za uzorkovanje ulja [2]

Jedna od novijih izvedbi koja je komplikovanija za uzorkovanje sa upotrebom creva prikazana je na Slici 13.



Slika 13 – Jedna od novijih izvedbi ventila za uzorkovanje ulja [3]

Za starije strujne i naponske transformatore 110 kV su se pravili priručni pribori za uzorkovanje radi ispravnog uzorkovanja ulja prema preporuci za uzorkovanje ulja.

#### 4. ZAKLJUČAK

Zbog promena u konstrukciji i materijalima kućišta strujnih, naponskih i kombinovanih transformatora 110 kV ispitivanje parcijalnih pražnjenja ultrazvučnom metodom primenom sonde koja se priključuje magnetom postaje primenljiva na sve manji broj mernih transformatora na kojima se na taj način može izvršiti ispitivanje. Moguća rešenja za prislanjanje sonde su korišćenje guma (gumica) i izolacionih štipaljki što može da bude problem zbog ispitivanja u naponskom stanju (u pogonu). Moguće rešenje za nove merne transformatore bila bi izvedba u kojoj bi proizvođač mernog transformatora prilikom proizvodnje ugradio gvozdeno pločicu na donjem delu, dobro povezanu sa aluminijumskim kućištem u smislu prenosa signala parcijalnih pražnjenja, kako bi se sondom koja se priključuje uz pomoć magneta obezbedila mogućnost ispitivanja parcijalnih pražnjenja ultrazvučnom metodom. Proizvođači bi mogli izvršiti i ispitivanja uzorka kako bi se za inverzne strujne transformatore, naponske transformatore sa otvorenim magnetnim kolom i kombinovane transformatore mogli utvrditi potrebni nivoi pojačanja osetljivosti (zbog udaljenosti “aktivnog dela” od mesta ispitivanja). Time bi se ispitivačima na terenu omogućilo pouzdanije ispitivanje parcijalnih pražnjenja.

Bilo bi poželjno da neka grupa kao što su IEC, CIGRE, CIGRE ili neka druga organizacija obrade detaljno način uzorkovanja ulja iz mernih (a i drugih vrsta transformatora), kako bi se odredio najbolji način (u tom trenutku) za



uzorkovanje ulja i standardizovala oprema, kako na strujnom, naponskom ili kombinovanom mernom transformatoru, tako i za uzorkovanje ulja.

## LITERATURA

- [1] D. Obradović, A. Antonić 2018, “Provera stanja mernih transformatora 110 kV i odvodnika prenapona”, CIRED Srbija, Rad R-1.07.
- [2] PFIFFNER Messwandler AG, OI-JOF24-550-SR-1-0 / Verzija: 1.0 / Datum: 2016-11-07 / Izdao: Grr
- [3] Končar Mjerni transformatori d.d., Uputa za rukovanje i održavanje mjernog transformatora tip VAU / KMT UPTU-115 / 05.2010.