

# Analiza rezultata ispitivanja energetskih transformatora udarnim naponom

Dejan Ćurčić  
MH "ERS" ZD IRCE a.d.  
Istočno Sarajevo, BiH  
curcic\_sa@yahoo.com

Aleksandar Simović  
Univerzitet u Istočnom Sarajevu  
Elektrotehnički fakultet  
Istočno Sarajevo, BiH  
aleksandar.simovic@etf.unssa.rs.ba

**Sadržaj** — Ispitivanje energetskih transformatora udarnim naponom je praksa koja pruža važne informacije o stanju izolacije. Interpretacija naponskih i strujnih oscilograma, dobijenih kao rezultat ove vrste ispitivanja, zasniva se na poređenju i prethodnim iskustvima. IEC standard opisuje samo osnovne primjere koji se sreću u praksi. Ovaj rad ima za cilj da prikaže signale dobijene laboratorijskim ispitivanjem više različitih transformatora. Svi rezultati su praćeni analizom dobijenih pojava i njihovih uzroka, kao i smjernicama za dalje postupanje. Raznovrsnost predstavljenih signala treba da posluži lakšoj interpretaciji sličnih rezultata u budućnosti.

**Ključne riječi** - energetski transformator; udarni napon; oscilogrami

## I. UVOD

Ispitivanje energetskih transformatora udarnim naponom je ustaljena, ali često i vrlo potcijenjena metoda za određivanje ispravnosti izolacije transformatora [1]. Zbog činjenice da se energetski transformatori najčešće nalaze u središtima postrojenja, te da su sa obje strane zaštićeni drugim uređajima i samim tim ne trpe atmosferske nepravilnosti kao uređaji koji ga okružuju, njihovo ispitivanje udarnim naponom se vrši nešto drugačije. Ispitivanje stanja izolacije energetskih transformatora zasniva se na poređenju i analizi naponskih i strujnih oscilograma zabilježenih prilikom primjene udarnog napona na priključke transformatora. Obzirom da je praktično nemoguće postaviti jasno definisana pravila i kriterijume o prolaznosti ispitivanja, procjena rezultata vrši se iskustveno. Stoga svako izvršeno ispitivanje predstavlja svojevrsno novo iskustvo u procjeni stanja izolacije transformatora. Odgovarajući međunarodni standard [2] pokriva ovu vrstu ispitivanja. U standardu su navedeni samo karakteristični slučajevi koji se najčešće javljaju. Ovaj rad prikazuje rezultate dobijene laboratorijskim ispitivanjem više tipova energetskih transformatora, uz odgovarajuće komentare i analizu pomenutih slučajeva.

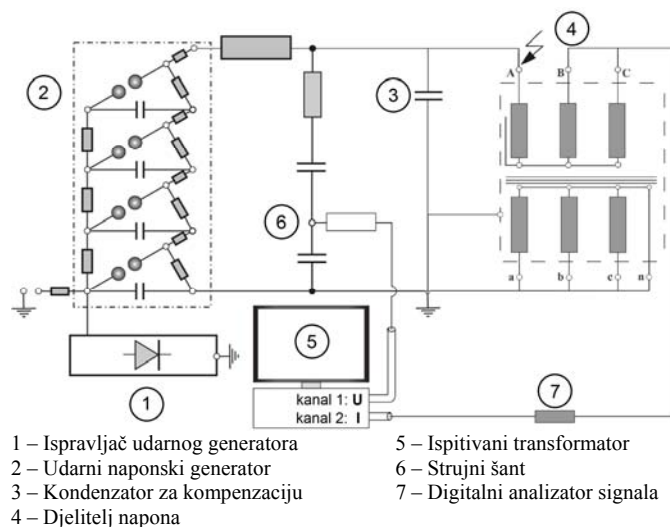
## II. OSNOVNE POSTAVKE ISPITIVANJA

Ispitivanja su vršena na energetskim transformatorima snaga 1,5; 5; 10; 16; 25; 50; 100, 250 i 630 kVA. Sva ispitivanja sprovedena su u visokonaponskoj laboratoriji u sklopu Istraživačko razvojnog centra elektroenergetike (IRCE)

u Istočnom Sarajevu. To podrazumijeva ispitivanje odgovarajućom opremom, kao i adekvatne temperaturne uslove. Tokom svih ispitivanja temperatura u laboratoriji bila je u granicama od 13 °C do 18 °C, što je u saglasnosti sa standardom propisanih 10 °C do 40 °C [3].

### A. Podešavanje ispitnog kola

Nakon sticanja laboratorijskih uslova za ispitivanje, formira se ispitno kolo. Ono je šematski prikazano na Sl. 1.



Slika 1. Šema kola za ispitivanje transformatora udarnim naponom

Obzirom da su predmet ispitivanja energetski transformatori sa uljnom izolacijom, posmatrajući Sl. 1 na ispravljaču (1) udarnog generatora izabran je naponski talas negativnog polariteta. Na taj način smanjuje se mogućnost pojave nepotrebnih spoljnih preskoka u ispitnom kolu. Udarni generator (2), proizvođača Haefely, je naponskog nivoa 500 kV i udarnog kapaciteta 10 kJ, što je dovoljno za ispitivanja transformatora snage do 50 kVA. Međutim, kod ispitivanja transformatora većih snaga neophodno je dodati jedan ili dva kondenzatora (3) od 2000 pC paralelno ispitivanom objektu. Na taj način kompenzuje se visoka kapacitivnost, odnosno niska induktivnost ispitivanog objekta, koja narušava standardom propisani talasni oblik proizvedenog udarnog napona (1,2/50  $\mu$ s) [4]-[5]. Ispitivanja udarnim naponom vrše

se samo na transformatorima koji imaju pristupačne priključke izvedene kroz kućište ili poklopac (4). Svi ispitani transformatori su trofazni. Uređaj za mjerenje i digitalnu analizu signala (5), tip MIAS 200/12-2, proizvođača HighVolt, ima dva kanala. Prvi kanal preko djelitelja napona (6) snima naponski udarni talas. Drugi kanal preko strujnog šanta (7) snima strujni talas [6].

Ispitivanje je vršeno na svakoj od tri faze transformatora. Kada se udarni napon dovodio na priključak jedne faze, priključci preostale dvije faze bili su uzemljeni preko niskoomske impedanse, u ovom slučaju strujnog šanta. U slučajevima kada je postojao neutralni priključak, uzemljivan je direktno. Kućište transformatora je takođe direktno uzemljivano. Niskonaponski priključci su međusobno kratko spajani i uzemljivani direktno. Iskrišta na bušinzima nisu uklanjana niti je povećavan razmak između njih, obzirom da je zanemarljivo mala mogućnost da na njima dođe do spoljašnjeg preskoka.

### B. Procedura ispitivanja

Nakon formiranja ispitnog kola, kreće se sa njegovom provjerom i podešavanjem željenog talasa. U tu svrhu napravi se nekoliko udara bez povezanog ispitnog objekta. Kada se dostigne željeni ispitni napon, transformator se poveže u kolo. Uvažavajući smjernice iz standarda, ako su na samom transformatoru ili u kolu koje ga okružuje ugrađeni nelinearni elementi za ograničavanje prenaponskih tranzijenata, onda je potrebna dodatna provjera u odnosu na normalno ispitivanje. Zbog svoje prirode, ovakvi uređaji u kolu sa namotajima mogu da dovedu do razlike između oscilograma punog i sniženog talasa. Da bi se pokazalo da su ove razlike zaista posljedica rada tih uređaja, potrebno je napraviti dva ili više udara sniženim naponom pri različitim naponskim nivoima, tako da svaki naredni bude veći od prethodnog. Nakon nekoliko udara sniženim, izvrši se udar i punim naponom, a potom da se na isti način primijeni nekoliko postepeno smanjujućih udara reverzibilnih u odnosu na one kojima se došlo do punog napona. Primjera radi, procedura provjere može da ima sljedeći redoslijed izražen u procentima punog napona:

50 %; 75 %; 100 %; 75%; 50 %;

Nakon što se izvrši provjera i ustanovi da nema značajnih odstupanja između talasa na navedenim naponskim nivoima, zaključuje se da je ispitno kolo ispravno i može se pristupiti proceduri ispitivanja.

Transformator se za početak drži odspojenim iz ispitnog kola, a za to vrijeme se podesi sniženi udarni napon, koji treba da iznosi između 50 % i 75 % punog ispitnog napona. Kada se podesi željena vrijednost, transformator se spoji u ispitno kolo i izvrši se jedan udar sniženim naponom. Nakon toga se transformator ponovo odspaja da bi se podesio puni ispitni napon. Razlog što se transformator odspaja prije svakog podešavanja napona je da se ne bi nepotrebno izlagao naprezanju. Kada se podesi puni ispitni napon, transformator se poveže u ispitno kolo i primijene se tri udara punim ispitnim naponom. Ukoliko se iz bilo kog razloga tokom ispitivanja desi spoljni preskok u kolu ili na iskrištima ili neki od mjernih kanala ne registruje udar, taj pokušaj se odbacuje i umjesto njega pravi se novi. Kada se na uređaju za mjerenje i analizu

digitalnih signala dobiju sva četiri oscilograma (jedan sa sniženim i tri sa punim udarnim naponom), ispitivanje jedne faze je završeno.

Pomenuti redoslijed ispitivanja primjenjuje se na svaki fazni priključak transformatora.

### C. Zapisi o ispitivanju

Mjerenje i snimanje zapisa o ispitivanju vršeno je uređajem za mjerenje i digitalnu analizu signala, označenog sa (7) na Sl. 1. Ovaj uređaj uzima podatke sa svoja dva kanala, od kojih je jedan korišten za snimanje napona kojim se djeluje na ispitivani objekat, a drugi za struju koja protokne kroz namotaj transformatora prema zemlji kao posljedica udarnog napona. Na osnovu mjerenja uređaj generiše zapise u vidu digitalnih oscilograma, koji jasno prikazuju talasni oblik napona (vrijeme čela, začelja i amplitudu) i struje (amplitudu). Ova dva talasa prikazuju se na zajedničkoj vremenskoj bazi rezolucije 110  $\mu$ s. Osim toga, pozicionirani su jedan iznad drugog, što pojednostavljuje njihovo praćenje i poređenje.

### D. Kriterijum prolaznosti ispitivanja

Smatra se da je izolacija uspješno prošla ispitivanje ukoliko nema značajnih razlika između naponskih i strujnih talasa snimljenih pri sniženom i punom naponu. Ukoliko postoji nedoumica oko mogućih razlika između tranzijenata, moguće je ponoviti dio ili čak cijelo ispitivanje. Za potvrdu rezultata interpretacije mogu se uzeti i dodatni parametri, kao npr. neuobičajeni zvukovi ukoliko se javljaju tokom primjene napona, ali oni sami od sebe nisu dovoljan dokaz o prolaznosti/neprolaznosti ispitivanja. Svaka nepravilnost koja se javi u rezultatima mora se detaljno ispitati. Neki od razloga koji dovode do nepravilnosti su rad zaštite, zasićenje jezgra ili drugi uslovi u ispitnom kolu.

## III. INTERPRETACIJA REZULTATA ISPITIVANJA

Interpretacija oscilograma ili digitalnih snimaka zasniva se na poređenju talasnih oblika napona i struja, snimljenih pri jednom sniženom i tri uzastopna puna napona. Ovo je zadatak koji zahtjeva znanje i iskustvo. Često je teško odrediti značaj razlika koje se pojavljuju, jer uzroci mogu da budu višestruki. Ipak, razlike bilo kakve prirode stavljaju do znanja da je neophodno dodatno istraživanje. Opšte smjernice za interpretaciju rezultata ispitivanja date su u standardu. Za svako detaljnije istraživanje neophodno je imati određeno iskustvo u ovoj vrsti ispitivanja. Osvrt na rezultate sličnih prethodnih ispitivanja radi poređenja može biti od izuzetnog značaja.

U slučaju da se jave razlike u snimljenim talasima, prvo treba provjeriti da ispitno kolo, mjerni sistem ili načini uzemljenja ne dovode do tih poremećaja. Ukoliko smetnje stvarno unosi kolo, onda treba učiniti sve što je moguće da se one eliminišu ili da se barem njihov uticaj svede na minimum. Neki od ovih uzroka mogu da budu npr. loša uzemljenja pojedinih dijelova kola ili generator, ukoliko nema pravilno podešena kola praznjenja.

Nakon što se eliminišu mogući uzroci nepravilnosti u ispitnom kolu, za sve naredne nepravilnosti razlog se može tražiti u lošoj izolaciji.

### A. Interpretacija naponskih talasa

Oscilogrami napona su generalno manje osjetljivi za otkrivanje kvara. Naponski talasi prikazuju oblik napona kojim se djeluje na transformator i oni uglavnom imaju stalan oblik, izuzev kada dođe do nekog velikog kvara poput proboja ili preskoka na izolaciji. Stoga se bilo kakvoj značajnoj promjeni na naponskom talasu mora posvetiti velika pažnja.

Direktni spojevi sa zemljom u blizini priključka na koji se dovodi napon će rezultirati naglim i potpunim propadanjem napona. Potpuni preskok preko ispitivanog namotaja će dati ipak nešto sporije propadanje napona, najčešće stepenastog oblika. Preskok preko dijela namotaja će smanjiti impedansu namotaja i na taj način dovesti do smanjenja vremena začelja. U momentu preskoka, na naponskom talasu će se takođe pojaviti karakteristične oscilacije.

Manji kvarovi poput proboja izolacije na namotajima u normalnom slučaju ne mogu biti otkriveni preko naponskih zapisa, već isključivo preko strujnih. Pored toga, mali kvarovi na priključcima ili u njihovoj blizini mogu dati samo male indikacije na oscilogramima.

### B. Interpretacija strujnih talasa

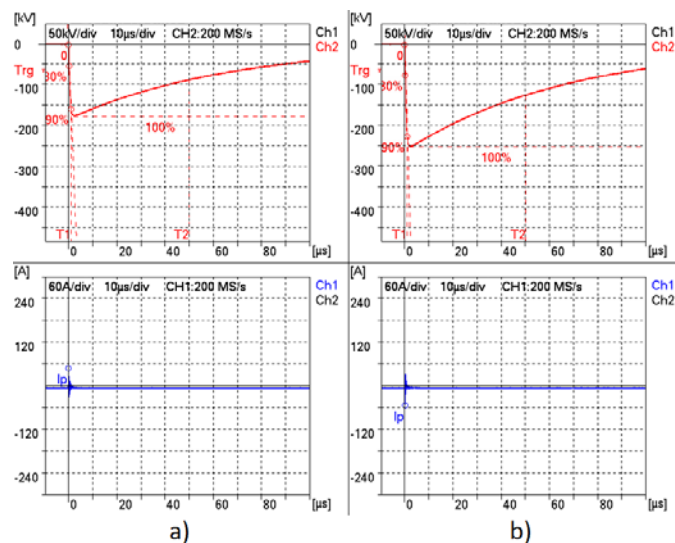
Oscilogrami struja koje nastaju kao reakcija na naponske udare najznačajniji su za otkrivanje kvarova. To su na prvom mjestu struje koje poteknu sa ispitivanog namotaja ka zemlji. Ujedno su i najosjetljiviji za otkrivanje bilo kakvih nepravilnosti.

Značajne promjene talasa, kao što su promjene u amplitudi i frekvenciji, nagovještavaju da je došlo do proboja na ispitivanom namotaju, najčešće prema zemlji. Struje mogu da se smanje ili povećaju, a upravo ti smjerovi promjena mogu da daju naznake o prirodi i lokaciji kvara. Značajno povećanje odvodne struje praćeno promjenom u frekvenciji naznačava da je došlo do kvara u ispitivanom namotaju, dok smanjenje nagovještava da kvar između ispitivanog i susjednog namotaja ili zemlje. Mali, lokalni poremećaji rašireni na oko 2  $\mu$ s do 3  $\mu$ s, nagovještaj su mogućih pražnjenja ili djelimičnih proboja u izolaciji između namotaja.

## IV. ANALIZA DOBIJENIH REZULTATA ISPITIVANJA

Polaznu tačku predstavlja ispitivanje energetskog transformatora snage 25 kVA, predviđenog za upotrebu u željeznicama. Njegov napon primara je 25 kV, a podnosivi atmosferski udarni napon 250 kV. Sniženi napon, koji je u ovom slučaju postavljen na 70 % punog, iznosiće 175 kV. Na Sl. 2 dati su naponski i strujni talasi pri sniženom i punom naponu. Preostala dva odziva pri punom naponu su identična kao ovaj koji je dat na slici, pa je njihovo prikazivanje izostavljeno radi preglednosti. Sa slike se vidi da je sa povećanjem vrijednosti udarnog napona sa 175 na 250 kV došlo samo do povećanja amplituda na odgovarajućim odzivima. Talasni oblici su ostali potpuno isti. To je upravo ono što kriterijum prolaznosti nalaže, da nema značajnih odstupanja između naponskih i strujnih talasa snimljenih pri sniženom i punom naponu. Naponski talas je u oba slučaja idealan primjer standardom propisanog udarnog talasa 1,2/50  $\mu$ s, dok strujni takođe predstavlja odličan primjer kako

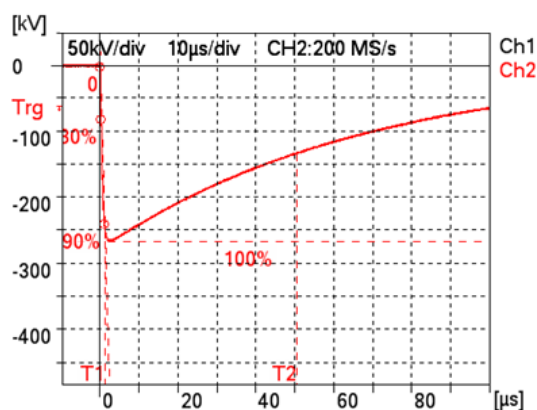
treba da izgleda strujni talas u slučaju ispravne izolacije transformatora i bez smetnji u ispitnom kolu. Iz tog razloga ovaj snimak možemo smatrati "idealnim" primjerom.



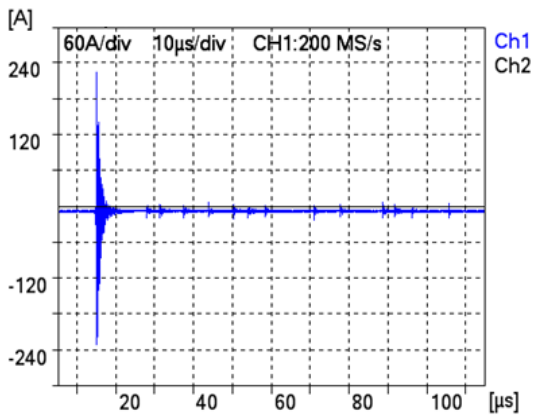
a) Naponski (crveni) i strujni (plavi) talas pri sniženom (70 %) naponu  
b) Naponski (crveni) i strujni (plavi) talas pri punom (100 %) naponu

Slika 2. Primjer idealnog naponskog i strujnog talasa pri sniženom i punom udarnom naponu

U poglavlju III naglašeno je da prije pristupanja konkretnom ispitivanju ispitno kolo mora biti provjereno. Loši kontakti u ispitnom kolu mogu da dovedu do nepravilnosti talasa. Sljedeći primjer je sa ispitivanja energetskog transformatora snage 1,5 kVA. Ovaj transformator je takođe namijenjen za upotrebu u željeznicama i ima primarni napon od 25 kV. Pri punom udarnom naponu (250 kV) dobijen je naponski talas na Sl. 3, a strujni na Sl. 4. U pitanju su smetnje u ispitnom kolu uslijed loših kontakata. Ovo se prije svega odnosi na nedovoljno stegnute kontakte prema zemlji. Sa Sl. 3 uočava se da je naponski talas neosjetljiv na ovu vrstu smetnji. Sa druge strane, strujni talas ukazuje na nepravilnosti uslijed malih oscilacija u vidu vrhova (*peak*) na ispravljenom dijelu talasa. Ovaj problem rješava se dotezanjem kontakata u ispitnom kolu.

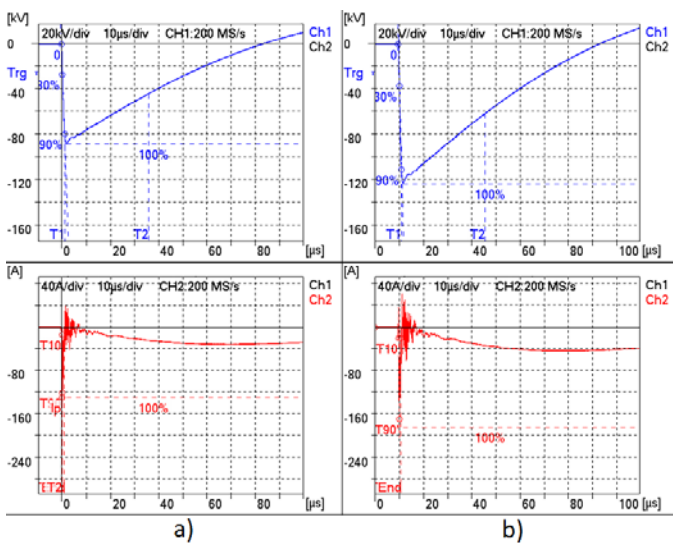


Slika 3. Naponski talas pri lošim kontaktima u ispitnom kolu



Slika 4. Strujni talas pri lošim kontaktima u ispitnom kolu

Posmatra se primjer još jednog transformatora snage 25 kVA. Njegov podnosivi atmosferski napon je 125 kV, pa sniženi koji je u ovom slučaju postavljen na 70 % iznosi 88 kV. Snimljeni odzivi dati su na Sl. 5. Preostala dva odziva pri punom naponu identična su kao ovaj prikazani, pa su radi preglednosti izostavljeni. Sa slike se vidi da su i naponski i strujni odzivi pri sniženom i punom naponu isti, stim da se strujni ipak razlikuju od onih sa Sl. 1. Ovdje je važno primjetiti da na naponskom talasu nema poremećaja. Dakle, nije došlo do proboja u transformatoru, kao ni do preskoka na njegovoj površini. Uzrok razlike strujnog talasa u odnosu na onaj na Sl. 1 je konstrukcione prirode. Zaključak o ispravnosti ponovo se može donijeti na osnovu kriterijuma prolaznosti ispitivanja datog standardom, da je izolacija zadovoljila ako nema značajnog odstupanja među talasima dobijenim pri sniženom i punom naponu.

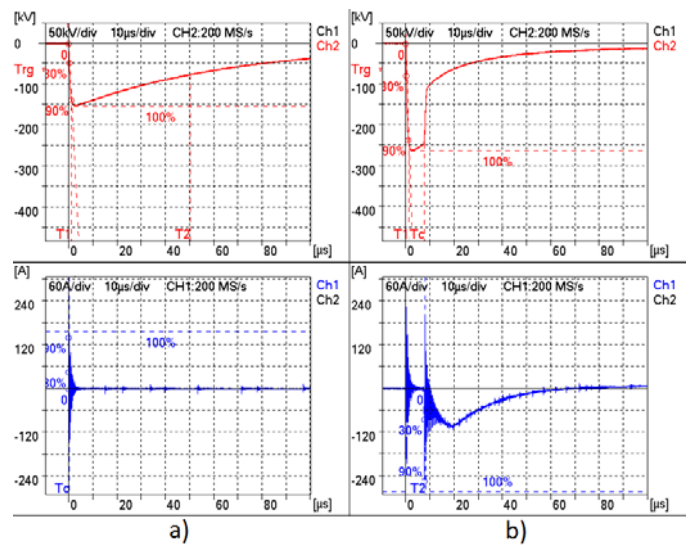


a) Naponski (plavi) i strujni (crveni) talas pri sniženom (70 %) naponu  
b) Naponski (plavi) i strujni (crveni) talas pri punom (100 %) naponu

Slika 5. Primjer dobrog naponskog i strujnog talasa pri sniženom i punom udarnom naponu

Slijedi osvrt na primjere transformatora čija izolacija nije zadovoljila ispitivanje. Ponovo se posmatra transformator snage 1,5 kVA. Puni udarni napon je 250 kV, a sniženi (u ovom slučaju 65 %) je 160 kV. Pri sniženom naponu zabilježen je odziv dat na Sl. 6a i on izgleda ispravno.

Međutim, već na prvom udaru punim naponom desio se proboj kroz izolaciju između namotaja, što je posljedica lošeg izlivanja izolacije od epoksidne smole. Na Sl. 6b dat je naponski talas koji jasno naznačava da je došlo do proboja nakon 7  $\mu$ s do 8  $\mu$ s, poslije čega je uslijedilo postepeno propadanje napona. Posmatrajući strujni talas uočavamo da je do pojave proboja išao sasvim ispravno i da je oblikom pratio odgovarajući strujni talas pri sniženom naponu. Međutim, nakon proboja izolacije dolazi do naglog povećanja struje, kao i do deformacije oblika strujnog talasa. Jasno se zaključuje da ova izolacija nije zadovoljila kriterijum prolaznosti. Proboj kroz čvrstu, neobnovljivu izolaciju između namotaja ostavlja trajno oštećenje, tako da nije bilo potrebe snimati preostale udare pri punom naponu. Međutim, učinjeno je još nekoliko udara informativne prirode, ali nakon takvog oštećenja izolacija više nije bila u stanju da izdrži bilo kakav udar. Čak i najmanji udarni napon je prolazio kroz probijeno mjesto, tako da je transformator u ovom stanju neupotrebljiv.

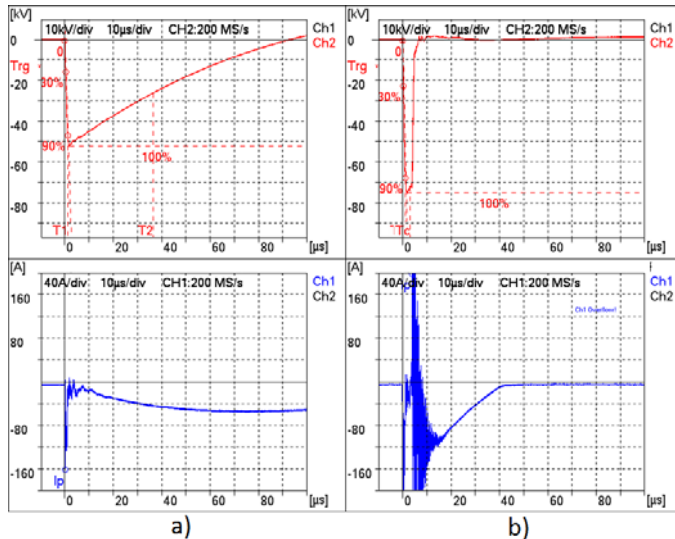


a) Naponski (crveni) i strujni (plavi) talas pri sniženom (65 %) naponu  
b) Naponski (crveni) i strujni (plavi) talas pri punom (100 %) naponu

Slika 6. Primjer proboja kroz izolaciju od epoksidne smole između namotaja transformatora pri punom naponu

Sada se posmatra distributivni transformator snage 250 kVA, sa naponom primara od 10 kV. Puni udarni ispitni napon u ovom slučaju iznosi 75 kV, a sniženi je postavljen na 52 kV (70 %). Dobijeni naponski talasi su prikazani na Sl. 7. Sa slike se može primjetiti da je pri sniženom naponu izolacija uspješno izdržala udar. Naponski talas naznačava da nije došlo do proboja ni preskoka, a strujni zbog konstrukcione prirode ima opadajući trend, što nije naznaka nikakve nepravilnosti. Međutim, nakon primjene punog udarnog napona dolazi do proboja prema kućištu transformatora. Proboj se desio nakon 3  $\mu$ s do 4  $\mu$ s. Tada dolazi do naglog propadanja napona do nule vrijednosti, a struja nekontrolisano raste i otiče prema zemlji. Ovo propadanje je znatno brže, odnosno strmije, za razliku od prethodnog slučaja kada se proboj desio u izolaciji unutar samog namotaja. Strujni talas gubi svoj oblik koji je imao pri sniženom naponu, a tek nakon nekih 30  $\mu$ s smiruje se na nulu. Probijena izolacija između namotaja i kućišta je kruta i neobnovljiva, pa je i kvar na izolaciji takav da ona nije mogla da izdrži nijedan naredni udar pri bilo kojoj vrijednosti udarnog

napona. Prema tome, transformator nije zadovoljio kriterijum prolaznosti ispitivanja, a obzirom na oštećenja postao je neupotrebljiv. Međutim, za razliku od prethodnog slučaja ovdje je mnogo lakše popraviti odnosno zamijeniti izolaciju i vratiti transformator na ispitivanje, a potom eventualno i u upotrebu, što je i učinjeno. Nakon zamjene oštećene cjeline i stavljanja dodatnog sloja izolacije, transformator je zadovoljio ispitivanje.



a) Naponski (crveni) i strujni (plavi) talas pri sniženom (70 %) naponu  
b) Naponski (crveni) i strujni (plavi) talas pri punom (100 %) naponu

Slika 7. Primjer proboja kroz izolaciju između namotaja i kućišta transformatora pri punom naponu

Prethodni primjeri predstavljaju širok spektar slučajeva koji se mogu dobiti ispitivanjem energetskih transformatora udarnim naponom. Nezavisno od toga da li je izolacija transformatora zadovoljila ispitivanje ili ne, rezultati sa odgovarajućom analizom i smjernicama za dalje postupanje predstavljeni su u vidu ispitnog izvještaja [7] i kao takvi predati naručiocu.

## V. ZAKLJUČAK

Cilj ovog rada je bio da približi značaj ispitivanja energetskih transformatora udarnim naponom u ukupnom dijagnostikovanju stanja izolacije, kao i da predstavi neke specifične slučajeve do kojih se došlo tokom ispitivanja, a koji nisu opisani u odgovarajućem IEC standardu. Dat je teoretski uvod u ovu vrstu ispitivanja, smjernice iz standarda, kao i praktični primjeri rezultata ispitivanja transformatora različitih snaga i naponskih nivoa.

Uz pravilnu interpretaciju dobijenih zapisa mogu se dobiti važne informacije o stanju izolacije transformatora, a sve u cilju sprečavanja havarije u pogonu.

Obzirom na prilično ograničen broj primjera navedenih u standardu, poželjno je prikupljati sve podatke dobijene ovom vrstom ispitivanja, kako bi interpretacija rezultata u budućnosti bila jednostavnija. Svakako bi bilo poželjno napraviti i određenu bazu u koju bi bili prikupljeni snimci talasnih oblika dobijenih pri ispitivanjima različitih transformatora, čime bi se olakšalo poređenje koje predstavlja osnovu interpretacije ovih rezultata.

## LITERATURA

- [1] R. Malewski and B. Poulin, "Impulse testing of power transformers using the transfer function method", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 3 No 2, pp. 476-489, April 1988.
- [2] IEC 60076-4, "Power transformers – Part 4: Guide to the lightning impulse and switching impulse testing - Power transformers and reactors", Technical Committee 14 – Power transformers, Edition 1.0, June 2002.
- [3] IEC 60076-1, "Power transformers – Part 1: General", Technical Committee 14 – Power transformers, Edition 3.0, April 2011.
- [4] S.R. Kannan and Y. Narayana Rao, "Prediction of the parameters of an impulse generator for transformer testing", Proc. of IEE Vol. 120, pp. 1001-1005, September 1973.
- [5] IEC 60060-1, "High-voltage test techniques - Part 1: General definitions and test requirements", Technical Committee 42 – High-voltage and high-current test techniques, Edition 3.0, September 2010.
- [6] HighVolt Prüftechnik Dresden GmbH, "Digital impulse analyzer MIAS Datasheet", No 5.60/5, December 2012.
- [7] Test Report "VNL-01/2013", Power Research and Development Centre, East Sarajevo, January 2013, unpublished.

## ABSTRACT

Power transformer lightning impulse testing is a powerful method of insulation condition assessment. Due to the nature of power transformers lightning impulse test, results are drawn out from recorded voltage and current oscillograms and therefore their interpretation requires skills and experience. The corresponding international standard gives basic examples of test results. The aim of this paper is to present and discuss test results obtained from laboratory tests performed on different types of power transformers. Results are supplemented with data analysis as well as with guidelines for following moves. Versatility of presented test data should make future interpretations easier.

## POWER TRANSFORMERS LIGHTNING IMPULSE TEST RESULTS ANALYSIS

Dejan Ćurčić  
Aleksandar Simović