

PROVERA STANJA MERNIH TRANSFORMATORA 110 kV I ODVODNIKA PRENAPONA

INSTRUMENT TRANSFORMERS 110 kV AND SURGE ARRESTERS CONDITION CHECK

D. OBRADOVIĆ¹, J.P. EPS – Tehnički centar Novi Sad - Sektor održavanja EEO VN i MM, Srbija
A. ANTONIĆ², J.P. EPS – Tehnički centar Novi Sad - Sektor održavanja EEO VN i MM, Srbija

KRATAK SADRŽAJ:

Provera stanja većeg broja mernih transformatora 110 kV i odvodnika prenapona na naponskom nivou 110 kV obavljena je u 2017. godini. Provera stanja mernih transformatora 110 kV je obuhvatala ultrazvučno ispitivanje parcijalnih pražnjenja uređajem AED-2000, a u slučaju da su ultrazvučnim ispitivanjem utvrđena parcijalna pražnjenja ili su sumnjivi na parcijalna pražnjenja uzeti su uzorci za analizu gasova rastvorenih u ulju (GH analiza). Svi merni transformatori 110 kV su starijih tipova sa gvozdanim kazanom u donjem delu. Inverzne merne transformatore 110 kV, novije sa aluminijumskim kazanom u donjem delu i merne transformatore sa otvorenim magnetnim kolom bez kazana nije bilo moguće ispitati. Za novije tipove sa aluminijumskim kazanom u donjem delu bi trebalo osmisliti jednostavnu spravu za postavljanje sonde. Brojnost mernih transformatora 110 kV ispitanih ultrazvučnom metodom na parcijalna pražnjenja sa rezultatima i analize gasova rastvorenih u ulju su prikazani i analizirani. Ispitivanje odvodnika prenapona na 110 kV strani je obuhvatilo metal oksidne odvodnike prenapona. Merenje je izvršeno uređajem ISA SCAR-10. Merene su tri struje: efektivna vrednost struje I_{rms} (μA), vršna vrednost struje I_p (μA) i struja trećeg harmonika I_{3h} (μA). Osciloskopsko snimanje talasnog oblika struje odvođenja nije rađeno. Strujna klešta su postavljana na mesto gde izolovan ili goli provodnik od odvodnika prenapona ulazi u merač broja prorada odvodnika prenapona. Uočeno je nekoliko stvari koje imaju uticaj na merenja: go ili izolovan provodnik, odvodnici prenapona na portalima iznad energetskog transformatora, mesto merenja na ulazu ili na izlazu merača broja prorada odvodnika prenapona. Rezultati su prikazani po tipovima odvodnika prenapona. Pored prikazanog radi se i periodična termovizijska provera ovih, ali i drugih uređaja, kao i ciljane GH analize mernih transformatora 110 kV.

KLJUČNE REČI: merni transformator, parcijalna pražnjenja, GH analiza, ulje, odvodnik prenapona, struja odvođenja

SUMMARY

Condition check of large number of instrument transformers 110 kV and surge arresters of 110 kV voltage level was made in 2017. Condition check of instrument transformers 110 kV comprise ultrasound test of partial discharges using device AED-2000 and in case of detected partial discharges by ultrasound test or for suspicious on partial discharges oil samples were taken for dissolved gas in oli analysis (DGA). All instrument transformers 110 kV are of older types with steel vessel at lower part. Inverse instrument transformers 110 kV, newer with aluminum vessel at lower part and instrument transformers with open core design without vessel were not possible to test. For new types with aluminum vessel at lower part it should be designed simple device to posit probe. A number of instrument transformers tested with ultrasound method on partial discharges with results and dissolved gas in oil analysis are showed and considered. Surge arresters of 110 kV voltage level testing comprise metal-oxide surge arresters. Testing was carried out with device ISA SCAR-10. Three currents were measured: effective value of current I_{rms} (μA), peak value of current I_p (μA) and value of third harmonic current I_{3h} (μA). Oscilloscopic waveform recording of leakage current was not made. Current clamps were positioned at the place where insulated or naked conductor from surge arrester enter surge counter. Several things were noticed which may have influence on measurement: insulated or naked conductor, surge arresters on portal above transformers, measuring point at entrance or at exit of surge counter. The results are shown by types of surge arresters. Beside showed in this paper periodical thermal imaging of this devices and other devices and targeted DGAs of instrument transformers are carried out.

KEY WORDS: instrument transformers, partial discharges, DGA, oil, surge arrester, leakage current

¹ Dušan Obradović, J.P. EPS-Tehnički centar Novi Sad – Sektor održavanja EEO i MM, Bulevar oslobođenja 100, 21000 Novi Sad (dusan.obradovic@ev.rs)

² Aleksandar Antonić, J.P. EPS – Tehnički centar Novi Sad – Sektor održavanja EEO i MM, Bulevar oslobođenja 100, 21000 Novi Sad (aleksandar.antonice@eps.rs)

UVOD

Provera stanja većeg broja mernih transformatora 110 kV i odvodnika prenapona na naponskom nivou 110 kV obavljena je u 2017. godini. Provera stanja mernih transformatora 110 kV sa uljnopapirnom izolacijom je obuhvatala ultrazvučno ispitivanje parcijalnih pražnjenja uređajem AED-2000, a u slučaju da su ultrazvučnim ispitivanjem utvrđena parcijalna pražnjenja ili su sumnjivi na parcijalna pražnjenja uzeti su uzorci za analizu gasova rastvorenih u ulju (GH analiza). Svi merni transformatori 110 kV su starijih tipova sa gvozdenim kazanom u donjem delu. Inverzne merne transformatore 110 kV, novije sa aluminijumskim kazanom u donjem delu i merne transformatore sa otvorenim magnetnim kolom bez kazana nije bilo moguće ispitati. Za novije tipove sa aluminijumskim kazanom u donjem delu bi trebalo osmisliti jednostavnu spravu za postavljanje sonde. Brojnost mernih transformatora 110 kV ispitanih ultrazvučnom metodom na parcijalna pražnjenja sa rezultatima i analize gasova rastvorenih u ulju su prikazani i analizirani. Ispitivanje odvodnika prenapona na 110 kV strani je obuhvatilo metal oksidne odvodnike prenapona. Merenje je izvršeno uređajem ISA SCAR-10. Merene su tri struje: efektivna vrednost struje I_{rms} (μA), vršna vrednost struje I_p (μA) i struja trećeg harmonika I_{3h} (μA). Osciloskopsko snimanje talasnog oblika struje odvođenja nije rađeno. Strujna klešta su postavljana na mesto gde izolovan ili goli provodnik od odvodnika prenapona ulazi u merač broja prorada odvodnika prenapona. Uočeno je nekoliko stvari koje imaju uticaj na merenja: go ili izolovan provodnik, odvodnici prenapona na portalima iznad energetskog transformatora, mesto merenja na ulazu ili na izlazu merača broja prorada odvodnika prenapona. Rezultati su prikazani po proizvođačima i tipovima odvodnika prenapona, a prikazane su i preporučene vrednosti proizvođača za dati tip. Pored prikazanog radi se i periodična termovizijska provera ovih, ali i drugih uređaja, kao i ciljane GH analize mernih transformatora 110 kV (u daljem tekstu: MT).

PROVERA STANJA MERNIH TRANSFORMATORA 110 kV

U 2017. godini je obavljeno ultrazvučno ispitivanje parcijalnih pražnjenja 350 mernih transformatora 110 kV sa uljnopapirnom izolacijom. Manji broj MT je preostao za ultrazvučno ispitivanje u 2018. godini. Uređaj za ultrazvučno ispitivanje je AED-2000 na slici 1. Svi ispitani MT su starijih tipova sa gvozdenim kazanom u donjem delu. Inverzne MT, novije MT sa aluminijumskim kazanom u donjem delu i MT sa otvorenim magnetnim kolom nije bilo moguće ispitati. U Tabeli 1 je dat prikaz brojnosti ispitanih MT sa rezultatima ispitivanja.



Slika 1 – Uređaj AED-2000

TABELA 1 – BROJNOST ISPITANIH MT

Vrsta MT 110 kV	Broj ispitanih MT 110 kV ultrazvučnom metodom	Broj sumnjivih na parcijalna pražnjenja	Broj GH analizom potvrđenih parcijalnih pražnjenja
Strujni transformatori	220	5	5
Naponski transformatori	130	0	0

U 2005. godini je obavljeno ultrazvučno ispitivanje parcijalnih pražnjenja na svim MT na kojima se moglo ispitati i približno 3 % ispitanih je bilo sumnjivo na parcijalna pražnjenja. Naknadne gasnohromatografske analize (u daljem tekstu: GH analize) su potvrdile postojanje parcijalnih pražnjenja. MT sa parcijalnim

pražnjenima su zamenjeni, a na delu zamenjenih je obavljena reparacija i ponovo su stavljeni u pogon. U 2009. godini je obavljeno ultrazvučno ispitivanje parcijalnih pražnjenja na svim MT na kojima se moglo ispitati i pronađeno je približno 2 % sa potvrđenim parcijalnim pražnjenjima i isti su zamenjeni. U međuvremenu je zamenjen veći broj starih MT, vršene su ciljane GH analize na najstarijim MT i na onim na kojima je bilo više kvarova. Iz Tabele 1 se vidi da je od ukupnog broja ispitanih MT oko 1,4 % je bilo sa potvrđenim parcijalnim pražnjenjima i isti su zamenjeni. U Tabeli 2 su prikazani rezultati GH analiza MT kojima su utvrđena parcijalna pražnjenja.

TABELA 2 – REZULTATI GH ANALIZA MT

Redni broj MT	H ₂ (ppm)	CH ₄ (ppm)	C ₂ H ₂ (ppm)	C ₂ H ₄ (ppm)	C ₂ H ₆ (ppm)	CO (ppm)	CO ₂ (ppm)
1	35211	6260	1	24	583	127	2791
2	3727	266	0	1	74	59	653
3	17178	3274	1	3	651	67	995
4	11320	1478	2	4	727	88	1086
5	17164	3036	1	5	542	59	1097

Kod MT kod kojih ima acetilena C₂H₂ moguće je da je pored parcijalnih pražnjenja bilo ili postoji slabo električno pražnjenje. MT iz Tabele 2 su zamenjeni.

Postavljanje sonde na gvozdeni kazan MT se vrši pomoću magneta i masti koja omogućava dobar kontakt za prenos signala od kazana do sonde. Na MT sa aluminijumskim kazanima u donjem delu se sonda ne može pričvrstiti magnetom. Kazani su kod novijih izvedbi tako projektovani da obuhvataju aktivni deo tako da bi se maksimalno smanjila količina ulja u MT.

Način za postavljanje sonde za ispitivanje parcijalnih pražnjenja je pomoću permanentnog magneta koji pričvršćuje sondu na kazan MT. Ovo nije moguće kod kazana sa aluminijumom. Da bi se omogućilo ispitivanje parcijalnih pražnjenja i kod tipova sa aluminijumskim kazanom u donjem delu koji su u poslednje vreme jedini tip koji se proizvodi treba da se osmisli rešenje za pričvršćivanje sonde za kazan, moguće pomoću ogovarajućih velikih štipaljki ili elastičnih guma. Iako je ispitivanje parcijalnih pražnjenja onemogućeno na inverznim tipovima i onim izvedenim sa otvorenim magnetnim kolom treba da se iznađe rešenje kojim bi se omogućilo ispitivanje onih koji imaju kazan u donjem delu bez obzira da li je gvozdeni ili aluminijumski.

U slučaju da nema mogućnosti ispitivanja parcijalnih pražnjenja na određenim tipovima MT neophodno je da se vrše ciljane GH analize kako bi se utvrdio kvar, ali i postotak sumnjivih na određenim tipovima određenih proizvođača čime bi se odredili tipovi za dalje ciljane GH analize.

ISPITIVANJE ODVODNIKA PRENAPONA

Ispitivanje odvodnika prenapona na 110 kV strani je obavljeno na 198 metal oksidnih odvodnika prenapona. Merenje je obavljeno uređajem ISA SCAR-10 koji je prikazan na slici 2. Merene su tri struje: efektivna vrednost struje I_{rms} (μA), vršna vrednost struje I_p (μA) i struja trećeg harmonika I_{3h} (μA). Osciloskopsko snimanje talasnog oblika struje odvođenja nije rađeno. Strujna klešta su postavljana na mesto gde izolovan ili goli provodnik od odvodnika prenapona ulazi u merač broja prorada odvodnika prenapona ili direktni na vezu do uzemljenja ukoliko nema merača odvodnika prorada.



Slika 2 – Uređaj ISA SCAR-10

U Tabeli 3 su date merene vrednosti za ispitane tipove odvodnika prenapona.

TABELA 3 – OPSEZI MERENIH VREDNOSTI PO TIPOVIMA ODVODNIKA PRENAPONA

Vrsta odvodnika prenapona	I_{rms} (μA)	I_p (μA)	I_{3h} (μA)
3EL2	454-677	653-972	2,8-9,0
VH4	530-663	763-935	10,0-13,7
ABB	320-545	467-800	7,0-8,6
3EP2	371-390	518-559	6,2-11,3
MWL	496-584	670-935	3,0-29,3

Pronađen je samo jedan odvodnik prenapona tipa 3EL2 kod kojeg se nije mogla izmeriti stuja odvođenja jer je za merni uređaj bila previsoka. Bilo bi poželjno da se predmetni odvodnik prenapona ispita laboratorijski, a odvodnik prenapona koji ga je zamenio treba se tokode ispita u pogonu.

UOČENI UTICAJI NA MERENJA ODVODNIKA PRENAPONA

Uočeno je nekoliko stvari koje imaju uticaj na merenja: go ili izolovan provodnik, odvodnici prenapona na portalima iznad energetskog transformatora, mesto merenja na ulazu ili na izlazu merača broja prorada odvodnika prenapona, uzemljenje je izvedeno direktno jer nema brojača prorada i razlika merenih vrednosti srednje faze u odnosu na krajnje. Uočavaju se razlike u vrednostima zavisno od razlika navednih u prethodnoj rečenici. Sagledavanjem većeg broja uzoraka merenja treba da se razjasne razlike u vrednostima merenja na koje utiču različita mesta merenja, vrsta izolovanosti provodnika do ili od merača prorada, različit položaj, tj. vrsta montaže odvodnika prenapona (na posebnim stubovima u polju, na nosačima mehanički vezanim na transformator ili na portalima iznad transformatora) i izvedbe sa ili bez merača broja prorada odvodnika prenapona. Ovome će u narednom periodu biti posvećena posebna pažnja.

ZAKLJUČAK

Iz rezultata ispitivanja parcijalnih pražnjenja, ali i drugih utvrđenih kvarova MT izvršene su zamene istih, izvršene su zamene većeg broja najstarijih tipova MT kod kojih nije bilo ili je bilo kvarova u smislu eksplozija i oštećenja samih MT i/ili okolne opreme (prekidači, rastavljači, transformatori, izolatori,...), a deo je zamenjen prilikom rekonstrukcija trafostanica. Postotno smanjenje broj MT kojima se utvrde parcijalna pražnjenja se smanjuje sa svakom novom kampanjom ispitivanja čemu je razlog zamena onih sa utvrđenim kvarom i zamena najstarijih tipova što treba da se nastavi u sledećem periodu. U narednom periodu je potrebno nastaviti periodično ispitivati parcijalna pražnjenja ultrazvučnom metodom MT u cilju pronalaženja potencijalnih kvarova. Potvrdu rezultata ispitivanja parcijalnih pražnjenja ultrazvučnom metodom treba uraditi GH analizom. Tipove MT sa učestalijim kvarovima predvideti da se ispituju GH analizom. Sagledavanjem kompletnog uzorka ispitanih MT odrediti tipove koji treba da se češće ispituju. Za tipove sa aluminijumskim kazanom u donjem delu osmisliti način priključivanja sonde za merenje parcijalnih pražnjenja.

Za odvodnike prenapona utvrditi dinamiku ispitivanja struja odvođenja. Po potrebi, a na osnovu rezultata ispitivanja, za neke tipove se može odrediti i češće ispitivanje u cilju provere ispravnosti odvodnika prenapona. Neophodno je da se nejasnoće u smislu načina ispitivanja odvodnika prenapona jasnije odrede standardima. U narednom periodu takođe treba da se razjasne razlike koje se dobijaju zbog različitog mesta merenja struja odvođenja, pre ili posle merača broja prorada, postojanja ili nepostojanja brojača prorada, golog ili izolovanog provodnika od odvodnika prenapona do brojača prorada ili od brojača prorada do uzemljenja, mesta montaže odvodnika prenapona (u polju na posebnim stubovima, na nosačima mehanički vezanim na transformator ili na portalima iznad transformatora).