

Mogućnosti visokonaponskih ispitivanja u razvodnim postrojenjima obnovljivih izvora energije

Ninoslav Simić¹, Jovan Mrvić¹, Ranko Jasika¹

¹Univerzitet u Beogradu, Elektrotehnički institut Nikola Tesla, Koste Glavinića 8a
11000 Beograd, Srbija
ninoslav.simic@ieent.org

Kratak sadržaj: U radu je prikazana mogućnost korišćenja visokonaponskih ispitivanja pri prijemnim ispitivanjima u razvodnim postrojenjima obnovljivih izvora energije. Opisani su praktični problemi koji se na terenu postavljaju pred ispitivače i pokazani načini za njihovo prevazilaženje. Poseban naglasak je dat na ispitivanja energetske kablova, jer su ova ispitivanja naročito zahtevna. Prikazani su realni rezultati ispitivanja sabirnice i ćelija metalom oklopljenog razvodnog postrojenja, energetske kablova i odvodnika prenapona uz tumačenja, komentare i preporuke.

Cljučne reči: visokonaponska ispitivanja, obnovljivi izvori energije, prijemna ispitivanja, sabirnice, energetski kablovi, odvodnici prenapona

1. Uvod

U poslednje tri godine primetno je veći broj novoizgrađenih ili rekonstruisanih objekata naponskih nivoa 10 kV, 20 kV i 35 kV. U prvom slučaju uglavnom se radi o manjim razvodnim postrojenjima u sklopu obnovljivih izvora energije (MHE, solarne elektrane, vetroelektrane), dok se u drugom slučaju rekonstruišu pojedine ćelije u sklopu postojećih razvodnih postrojenja. Stoga se ukazala potreba za osmišljavanjem i primenom određenog seta ispitivanja nakon ugradnje nove ili zadržavanja dela stare opreme, koji bi se mogao relativno brzo obaviti u ograničenim uslovima na terenu. Ova ispitivanja su tehnički i bezbednosno izuzetno zahtevna jer se obično radi dok je gradilište aktivno. Takođe, snaga i masa ispitne opreme, otežan prilaz objektu, potrebno vreme za ispitivanje, te cena ispitne opreme i na kraju zahtevi investitora uslovljavaju vrste primenjenih ispitnih metoda.

U ovom kontekstu, u radu se prikazuju rezultati ispitivanja koji se preporučuju u cilju tehničkog prijema objekta, datih na primeru razvoda 10 kV.

2. Ispitivanje izolacionog sistema sabirnica i ćelija postrojenja

Ispitivanje izolacije na datom primeru VN ćelija 10 kV se obavlja prema [1],[2], jednogminutnim naizmeničnim naponom 28 kV, 50 Hz. Kriterijum prihvatljivosti rezultata ispitivanja je da nema preskoka, odnosno proboja izolacije. Standardima nije definisana struja curenja kroz izolaciju, a ona zavisi od kapaciteta opreme i za nekoliko ćelija u razvodu uvek je značajno manja od 1 mA.

Tabela 1. Rezultati ispitivanja izolacije razvodnog postrojenja u zgradi MHE, pri ispitnom naponu AC 28 kV, 50 Hz, 1 minut

Postrojenje 10 kV u zgradi MHE	Faza	Izolacija podnela ispitivanje
	0	da
	4	da
	8	da



Slika 1. Izgled 10 kV novog razvodnog postrojenja u MHE i ispitnog transformatora 40 kV, 50 Hz

Kada se ovo ispitivanje obavlja u novopostavljenom razvodu, obično je posebno teško obezbediti izvor napajanja, jer objekat još nije povezan na distributivnu mrežu. U tom slučaju se može koristiti prenosni agregat odgovarajuće snage, (monofazni benzinski ili dizel agregat 230V/50Hz, 2,5KVA–5kVA), ali se mora izuzetno voditi računa da uzemljeni kraj visokonaponskog izvora bude galvanski povezan sa uzemljivačem objekta. Za vreme privremenog napajanja potrebno je obustaviti sve druge radove na sistemu uzemljenja objekta.

Ukoliko se postrojenje nalazi u kamenitom tlu, na vrhovima planina i sl, preporučuje se provera vrednosti otpora uzemljenja i galvanske povezanosti pre izvođenja oglada. U slučaju da se ispitivanjem ustanovi velika vrednost otpora uzemljenja, tako da napon uzemljivača prelazi definisane vrednosti (npr. 300V, prema 61/95), obavezno je odrediti vrednosti napona dodira i koraka. Nakon ovoga se dalje preporučuje sprovođenje mera za smanjenje ovih vrednosti (dodavanje novih uzemljivača, promena specifične otpornosti tla, oblikovanje potencijala uzemljivača, nasipanje, betoniranje itd).

U slučaju da se ispitivanje izvodi u postojećem objektu, koji je delimično u funkciji, ispitni napon se mora prilagoditi u cilju izbegavanja preskoka ka delovima postrojenja pod naponom.

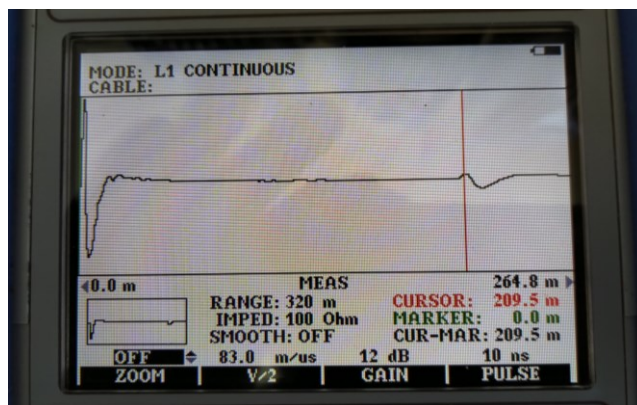
3. Ispitivanje električnog izolacionog sistema energetskog kabela

Ispitivanje VN kablova je najzahtevnije ispitivanje, jer od dužine kabela zavisi kapacitet, što direktno utiče na potrebnu snagu i masu ispitnog uređaja. Retki su slučajevi kada se kabl može ispitati naizmjeničnim naponom mrežne učestanosti [3], stoga se primenjuju dva pristupa: ispitivanje sniženom učestanošću reda 30 Hz u kombinaciji sa merenjem otpornosti jednosmernim naponom ili ispitivanje izolacije kabela veoma niskom učestanošću do 0,1 Hz.

Za izvođenje ispitivanja pri 0,1Hz koriste se namenski VLF izvori (npr 0-45kV, / pri kapacitetu opterećenja $C = 1,5 \mu\text{F}$ pri 45kV), dok se za postizanje napona frekvencije od 30Hz koriste naponsko regulisani izvori sa promenljivom frekvencijom i odgovorajući monofazni visokonaponski transformator. Specifičnost ispitivanja kod vetroelektrana je potreba VLF izvora veće snage (npr. za kapacitet opterećenja $C = 3 \mu\text{F}$ pri 2Uo), što je uslovljeno dužinama kablova.

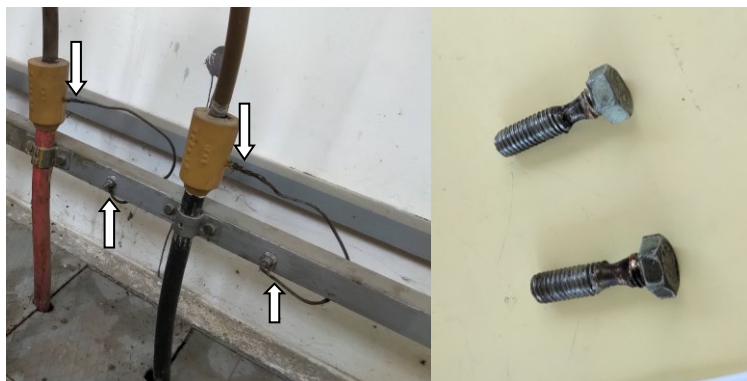
Takođe, još uvek se u praksi sreće primena jednosmernog napona za ispitivanje izolacije kablova, ali se za ovo ispitivanje ne preporučuje primena visokog jednosmernog napona kako je to bilo predviđeno [4].

Procena preostalog životnog veka starog kabela u rekonstruisanom postrojenju, koji se planira ostaviti u pogonu se često sreće u praksi, a razloge treba tražiti u komplikovanim procedurama za dobijanje dozvola tokom iskopa trase. U cilju određivanja dužine kabela i sagledavanja eventualno loših mesta na izolaciji i spojnica kabela, početno ispitivanje se obavlja reflektometrom (Time Domain Reflectometry). Kao što se vidi sa slike 2, reflektometrom nisu uočene značajnije neregularnosti duž kabela.



Slika 2. Ispitivanje dužine provodnika kabla TDR (209,5m)

Potom se obavlja detaljan vizuelni pregled u kome su na primeru 10 kV kabla tip XHP 48, 3x1x185 mm² vidljivi oštećeni provodnici električne zaštite na dve faze. Demontažom ovih provodnika uočavaju se posledice dugotrajnog proticanja struje (slika 3).



Slika 3. Smanjenje poprečnog preseka provodnika električne zaštite (levo) i zavrtnjevi za pritezanje(desno)

3.1 Ispitivanje izolacije električne zaštite (plašta) kabla jednosmernim naponom i izolacije provodnika VLF naponom

Rezultati ispitivanja izolacije električne zaštite (plašta) su dati u tabeli 2. Ovo ispitivanje je obavljeno ispitnim jednosmernim naponom u trajanju 1 minut, prema TP3 [6]. Kao što se vidi iz tabele 2, provodnik električne zaštite u fazi „9“ je u spoju sa zemljom. Takođe, propuštanjem jednosmerne struje intenziteta 30 A ustanovljen je i prekid provodnika električne zaštite na istoj fazi. Rezultati otpornosti plašta i kontinuiteta provodnika električne zaštite na preostalim fazama 1 i 5 su zadovoljavajući.

Tabela 2. Rezultati ispitivanja izolacije plašta, $U_i = 2,5$ kV DC

Naziv polja	Oznaka faze	Struja curenja posle 1 minut I [mA]	Otpor izolacije posle 1 minut Riz [$M\Omega$]	Kapacitet plašta C (nF)	Plašt zadovoljava DA/NE
Kabl 10 kV (čel. T1)	1	0,02	38,5	574	DA
	9	/	0	/	NE
	5	0,02	39,5	566	DA

Prednost ispitivanja vrednosti faktora gubitaka $\text{tg } \delta$ izolacije provodnika kabla je u dobijanju uporedivih bročanih vrednosti, na osnovu kojih se može odrediti stanje izolacije kabla. Ovo ispitivanje se obavlja naizmeničnim sinusnim naponom pri veoma niskoj učestanosti 0,1 Hz [7]. Preporučuje se ispitivanje pri 0,5 U_0 , U_0 i 1,5 U_0 , gde je U_0 fazni napon za koji je kabl predviđen. Ispitni napon je u osnovi stvar dogovora između zainteresovanih strana i svakako može biti manji od navedenog zbog starosti izolacije kabla. U primeru datom u tabeli 3 (kabl XHP 48, 3x1x185 mm²) ispitni napon je odabran na osnovu procene za bezbedan rad sa obzirom na prisustvo napona u blizini radova.

Tabela 3. Rezultati ispitivanja $\text{tg } \delta$ izolacije provodnika kabla 10 kV

faza	Vrednost ispitnog napona	Riz ($M\Omega$)	C (nF)	$\text{tg } \delta \times 10^{-3}$
1	2,3 kV	>100	71	3,5
	4,7 kV	>100	71	3,6
	7 kV	>100	71	3,8
9	2,3 kV	>100	62	8,2
	4,7 kV	>100	62	8,5
	7 kV	>100	62	8,9
5	2,3 kV	>100	73	89
	4,7 kV	>100	73	103
	7 kV	>100	73	169

Tokom ispitivanja u fazi „5“ zabeležena je velika varijacija vrednosti tangensa delta, te je pretragom uočen kvar na kablovskoj završnici. Ovim su dalja ispitivanja prekinuta, a kabl je neophodno zameniti zbog više uočenih neispravnosti.



Slika 4. Izgled kablovske završnice u fazi „5“

U praksi se sreće i ispitivanje izolacije kabla trapezoidnim (pravougaonim) ispitnim naponom učestanosti 0,1 Hz, ali ovo ispitivanje ne daje uporedive vrednosti, odnosno daje rezultat, da li je izolacija podnela ispitivanje ispitnim naponom ili ne. Ukoliko se raspolaže ovim uređajem, neophodno je imati dodatno merenje struje sa grafičkim prikazom, da bi se izolacija kablovskih žila mogla međusobno upoređivati. Na ovaj način se mogu uočiti grube greške u izolaciji, ali merenje $\text{tg } \delta$ je svakako bolji izbor.

3.2. Ispitivanje izolacije električne zaštite (plašta) kabla jednosmernim naponom i izolacije provodnika jednosmernim i naponom snižene učestanosti 30 Hz

Za razliku od procene stanja izolacije kabla merenjem vrednosti $\text{tg } \delta$, ispitivanje se može obaviti i prema primeru kablova za naponski nivo 20 kV koji se primenjuju u postrojenju $U=11$ kV. U ovom slučaju primenjene metode ispitivanja uključuju uzastopna merenja otpornosti izolacije u definisanim vremenskim intervalima. Izbor ispitnog napona vrši se u skladu sa radnim naponom postrojenja i referentnim tehničkim uputstvima. Za radni napon kablova u opsegu od 5 kV do 12 kV, primenjuje se ispitni jednosmerni napon u opsegu od 2,5 kV do 5 kV.

Ispitivanje naizmničnim naponom snižene učestanosti (30 Hz), efektivne vrednosti jednake linijskom naponu $U = 20$ kV, u trajanju od 15 minuta je u skladu sa standardima [3] (tačka 20.3.1) i [5] (poglavlje 6). Ispitni napon se primenjuje između provodnika i metalnog plašta kabla.

Kriterijumi prihvatljivosti rezultata ispitivanja naizmeničnim naponom industrijske učestanosti podrazumevaju da nema pojave električnih pražnjenja odnosno preskoka ili proboja izolacije. U slučaju pojave električnih pražnjenja bez evidentnih dokaza i tragova, zbog toga što su se pražnjenja javila u samoobnovljivoj izolaciji, ispitivanje se ponavlja. U slučaju pojave vidljivih oštećenja (poput staza, rupa i dr.) na izolaciji koja nije samoobnovljiva, objekat ispitivanja nije prošao test. Rezultati ispitivanja naznačenim podnosivim naponom industrijske učestanosti su predstavljeni kao „prošao“ ili „nije prošao“, u skladu sa prethodno navedenim kriterijumom. Sa obzirom da ovo ispitivanje ne daje informacije o stanju izolacije svake od kablovskih žila preporučuje se merenje struje tokom ispitivanja, kao i dodatno ispitivanje jednosmernim naponom.

Indeks polarizacije (IP) i koeficijent dielektrične apsorpcije (DDA) su dijagnostički parametri, koji se koriste za procenu kvaliteta izolacije. Indeks polarizacije (IP) predstavlja odnos dve izmerene vrednosti otpornosti izolacije dobijene nakon jednog minuta i 10 minuta, respektivno.

$$IP = R_{10\text{-minute izolacije}} / R_{1\text{-minute izolacije}}$$

Koeficijent dielektrične apsorpcije (DDA) je parametar koji se koristi za procenu kvaliteta izolacije, u kojoj apsorbovana struja brzo opada tako da merenja otpora izolacije nakon 2 min i 5 min za izolaciju faznih provodnika i 30 sekundi i 60 sekundi za izolaciju plašta mogu biti dovoljna da se proceni stanje izolacije. DDA se definiše na sledeći način:

$$DDA_{\text{fazne izolacije}} = R_{5\text{ min fazne izolacije}} / R_{2\text{ min fazne izolacije}}$$

$$DDA_{\text{izolacije plašta}} = R_{60\text{-sekundna izolacija plašta}} / R_{30\text{-sekundna izolacija plašta}}$$

U tabelama 4 i 5 predstavljeni su svi rezultati merenja otpornosti izolacije [$G\Omega$] za tri nova kabla tip XHE 49 u postrojenju 11 kV. U tabeli 6 su dati rezultati ispitivanja kablova naizmeničnim naponom snižene učestanosti 30 Hz, efektivne vrednosti $U = 20\text{ kV}$, u trajanju od 15 minuta. Snižena učestanost se primenjuje u cilju smanjenja gabarita ispitne opreme zbog većih dužina kablova.

Tabela 4 Rezultati merenja otpornosti fazne izolacije tri nova kabla 11 kV tip XHE 49 $1 \times 95\text{mm}^2$

Energetski kabl	faza	Otpornost izolacije ($G\Omega$)				Izračunate vrednosti	
		$T_{1\text{min}}$	$T_{2\text{min}}$	$T_{5\text{min}}$	$T_{10\text{min}}$	$DDA^{(2)}$	IP
11 kV XHE 49	žuta	83.8	91,0	97.8	100,0	1.07	1.19
11 kV XHE 49	zelena	127	132	138	141	1.05	1.11
11 kV XHE 49	ljubičasta	87.7	92	94.1	103	1.02	1.17

Tabela 5 Rezultati merenja otpornosti izolacije plašta tri nova kabla 11 kV tip XHE 49 1x95mm²

Energetski kabl	plašt	Otpornost izolacije (GΩ)			Izračunate vrednosti	
		T _{15 s}	T _{30-s}	T _{60-s}	DDA ²⁾	IP
11 kV XHE 49	žuta	122	141	160	1.13	-
11 kV XHE 49	zelena	135	148	158	1.07	-
11 kV XHE 49	ljubičasta	105	115	129	1.12	-

Napomena: 1) ispitivanje plašta kabla 1000 V, 15 sek / 30 sek / 60 sek;
DDA 60 sek / 30 sek

2) DDA za faznu izolaciju 5000 V, 5 min / 1 min

Tabela 6 . Rezultati dielektričnih ispitivanja tri nova kabla tip XHE 49

Ispitni napon	Napon primenjen između faznog provodnika i plašta		Rezultat
VN test 20 kV, 30 Hz / 15 minuta	žuta	plašt	prošao
	zelena	plašt	prošao
	ljubičasta	plašt	prošao

4. Ispitivanje odvodnika prenapona naponom mrežne učestanosti

S obzirom da se za opisano ispitivanje izolacije sabirnica koristi regulacioni transformator, zgodno je paralelno obaviti i ispitivanje odvodnika prenapona [8]–[11]. U tabeli 7 je dat primer jednostavnog ispitivanja odvodnika prenapona na terenu, gde su:

U_c trajni radni napon, efektivna vrednost, $U_c=10.2$ kV

U_r naznačeni napon, efektivna vrednost, $U_r=12$ kV

I_{tot} efektivna vrednost ukupne struje odvoda

I_{res} efektivna vrednost rezistivne struje odvoda

Tabela 7. Rezultati ispitivanja odvodnika prenapona $U_r=12$ kV

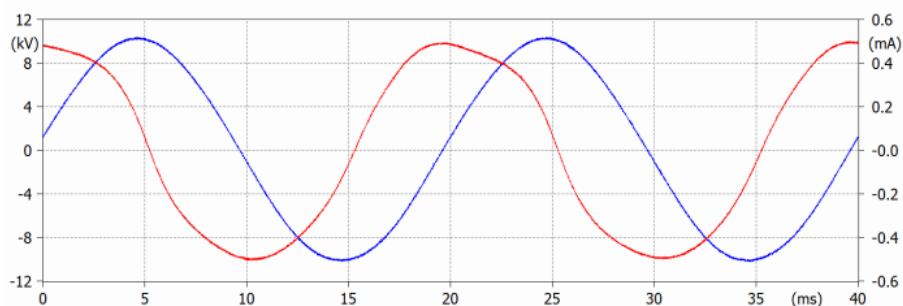
faza	U_r	U_c	I_{tot} pri U_r	I_{res} pri U_r	I_{tot} pri U_c	I_{res} pri U_c
1	12 kV	10.12 kV	0.567 mA	119.1 μA	0.471 mA	41.2 μA
9	12 kV	10.12 kV	0.573 mA	115.8 μA	0.492 mA	44.3 μA
5	12 kV	10.03 kV	0.578 mA	134.3 μA	0.473 mA	49.1 μA

Merenje talasnih oblika napona i struja odvodnika izvodi se istovremeno. Napon se meri preko naponskog transformatora ili delitelja napona. Signal struje se dobija sa šanta $1\text{ k}\Omega$. U slučaju da se želi grafički prikaz struja odvoda pri odgovarajućem naponu, može se dodatno koristiti osciloskop ili neki od namenskih uređaja. Kao primer su prikazani ZnO odvodnici prenapona iz jednog industrijskog pogona, koji su obeleženi brojevima 1 do 6. Odvodnici obeleženi brojevima 1, 2 i 3 su iz već bili u eksploataciji, a odvodnici obeleženi brojevima 4, 5 i 6 su iz rezerve. Za svaki odvodnik prenapona su snimljeni talasni oblici napona i struje odvoda, pri trajnom radnom naponu $U_c = 7,2\text{ kV}$ i naznačenom naponu $U_r = 9\text{ kV}$. Takođe, za svaki odvodnik prenapona data je vrednost ukupne i rezistivne struje odvoda pri trajnom radnom naponu $U_c = 7,2\text{ kV}$, a rezultati su predstavljeni u tabeli 8.

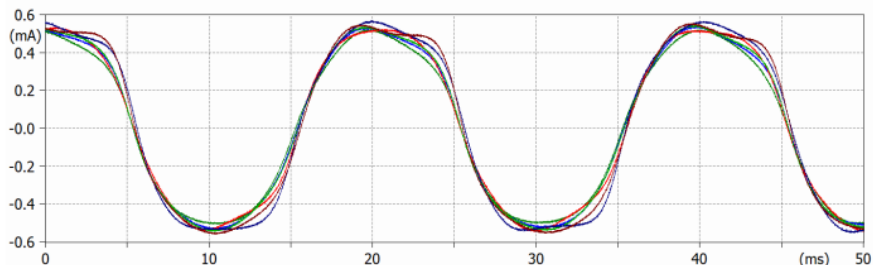
Tabela 8. Vrednosti ukupne i rezistivne struje odvoda pri $U_c = 7,2\text{ kV}$

odvodnik	ukupna struja [μA]	rezistivna struja [μA]
1	557	171
2	574	189
3	575	191
4	590	205
5	617	284
6	619	290

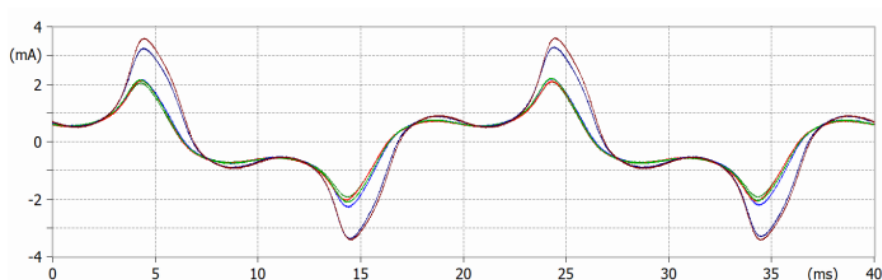
Na slici 5 prikazani su talasni oblici napona i struja odvoda na odvodniku broj 1. Slični rezultati se dobijaju za svaki od odvodnika. Na slikama 6 i 7 moguće je uporediti snimljene veličine na svakom od ispitivanih odvodnika. Odvodnik 1 prikazan je tamno zelenom krivom, odvodnik 2 plavom, odvodnik 3 crvenom, odvodnik 4 svetlo zelenom, odvodnik 5 teget i odvodnik 6 braon krivom.



Slika 5. Talasni oblici napona na odvodniku 1 (plava kriva sa ordinatom levo) i struje odvoda (crvena kriva sa ordinatom desno) pri $U_c = 7,2\text{ kV}$



Slika 6. Sumarni prikaz struja ispitivanih odvodnika pri $U_c = 7,2$ kV.



Slika 7. Sumarni prikaz struja ispitivanih odvodnika pri $U_r = 9$ kV.

Na slici 6 struje kroz odvodnike prenapona pri trajnom radnom naponu, gde se uočava deformisan i ujednačen oblik struje svih odvodnika prenapona. Na slici 7, prikazane su struje kroz odvodnike pri naznačenom naponu, i ovde su izobličena struje mnogo izraženija: Maksimalne vrednosti struja kroz dva odvodnika su za oko 50% više u odnosu na struje ostalih odvodnika. U ovom slučaju, odvodnici su ispravni, ali o ovome treba voditi računa ako odvodnici rade u paraleli, ili da se naglasi proizvođaču da ih on upari ili da se izvrši snimanje po prijemu, što je realno i jedino sigurno rešenje.

Za ispitivanje odvodnika prenapona potreban je izvor, VN transformator odgovarajuće snage, namenjen ispitivanju, kako bi napon bio sa minimalnim sadržajem harmonika. Naime, prilikom snimanja struja kroz odvodnik potrebno je da napon bude što približniji sinusnom obliku. Sa obzirom na to da je odvodnik izrazito nelinearan, svako izobličjenje napona se pojačano prenosi na izobličjenje struje, pa se stoga još više izobličiti napon i time merenje postaje nemoguće u slučaju slabog izvora.

4 Zaključak

Oslanjajući se na iskustva iz prošlosti, još uvek se često u praksi sreće upotreba prenosnog merila otpornosti izolacije jednosmernim naponom (tzv Meger). Svakako rezultati dobijeni na ovaj način nisu dovoljni za donošenje zaključka o kvalitetu izvedenih radova, te je obavezno da se primeni visoki naizmenični napon prilikom tehničkog prijema novih objekata. U zavisnosti od tehničkih mogućnosti, u dogovoru sa investitorom, a oslanjajući se na važeće standarde i preporuke moguće je osmisliti zadovoljavajući set ispitivanja, koji

ne ugrožava garantne uslove proizvođača opreme. Treba težiti ispitivanju energetske opreme naizmeničnim sinusnim naponom mrežne učestanosti ili eventualno snižene učestanosti, a ukoliko to nije tehnički moguće izvesti u terenskim uslovima, preporučuje se primena VLF izvora. Pri tome se podrazumeva korišćenje sinusnog talasnog oblika čime se omogućava merenje faktora dielektričnih gubitaka. Ukoliko se ne raspolaže sinusnim VLF izvorom, za druge talasne oblike neophodan je grafički prikaz struje curenja.

Sa obzirom da se sabirnice postrojenja mogu lako ispitati naizmeničnim sinusnim naponom učestanosti 50 Hz, te da je za izvođenje oglada potreban regulacioni transformator, preporučuje se da se istovremeno obavi i ispitivanje odvodnika prenapona.

Predviđeni niz ispitivanja treba posmatrati kao prelazno rešenje u sledećih pet godina, do usvajanja novih standarda u kojima se očekuje upotreba namenskih setova opreme za ove svrhe. Tendencija je da se postrojenja i ćelije ispituju isključivo preko odgovarajućih konektora, koje svaki proizvođač izrađuje posebno za svaki tip postrojenja. Pri tome je ispitna oprema veće snage i gabarita, jer se podrazumeva učestanost ispitivanja bliska mrežnoj učestanosti. To navodi da bi i za napajanje ove ispitne opreme bili neophodni veliki dizel električni agregati, sa obzirom da objekti koji se ispituju u cilju tehničkog prijema nisu priključeni na distributivnu mrežu.

Literatura

- [1] [SRPS EN 60060-1:2012 „Tehnike visokonaponskih ispitivanja“
- [2] SRPS EN 62271-1:2011 " Visokonaponska rasklopna aparatura"
- [3] IEC 60502-2: 2013 „Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) up to 30 kV ($U_m = 36$ kV) - Part 2: Cables for rated voltages from 6 kV ($U_m = 7,2$ kV) up to 30 kV ($U_m = 36$ kV)
- [4] SRPSN.C5.235:1987 „Испитивање каблова са изолацијом од термопластичног или умреженог полиетилена, са плаштом од термопластичних или еластомерних маса за напоне од 1 kV до 35 kV“
- [5] IEC 60060-3:2006 High-voltage test techniques - Part 3: Definitions and requirements for on-site testing
- [6] Tehnička preporuka TP3, 2012. godina „Osnovni tehnički zahtevi za izbor i montažu energetskih kablova i kablovskih pribora u elektrodistributivnim mrežama 1 kV, 10 kV, 20 kV, 35 kV, 110 kV
- [7] IEEE 400.2 - 2006 „Guide for Field Testing Shield Power Cable Systems Using Very Low Frequency (VLF)“
- [8] M.Gavrić, N.Simić, P.Vukelja Studija br 311115 “Metode ispitivanja i kriterijumi ispravnosti metaloksidnih odvodnika prenapona u pogonu“ Elektrotehnički institut „Nikola Tesla“ Beograd, 2011.
- [9] Zoran Stojanović, Zlatan Stojković, *Monitoring i dijagnostika metaloksidnih odvodnika prenapona*, Beograd, Akademska misao, 2014.

- [10] "C62.11: IEEE Standard for Metal-Oxide Surge Arresters for AC Power Circuits (> 1 kV)," 2005.
- [11] C62.22: IEEE Guide for the Application of Metal-Oxide Surge Arresters for Alternating-Current Systems," 2009.

Abstract: The paper presents the possibility of using high voltage tests within frame of acceptance tests in the power facilities of renewable energy sources. The practical problems that present them to the examiners on site and the ways to overcome them are described. Special emphasis is given to the testing of power cables, because these tests are particularly on site demanding. Realistic test results of busbars and cells of metal-enclosed switchgear, power cables and surge arresters are presented with interpretations, comments and recommendations.

Keywords: high voltage testing, renewable energy sources, acceptance tests, busbars, power cables, surge arresters

The Possibility of the High Voltage Testing in Renewable Energy Power Facilities

Ninoslav Simić, Jovan Mrvić, Ranko Jasika

Rad primljen u uredništvo: 30.09.2020. godine.

Rad prihvaćen: 21.11.2020. godine.