



ZDRAVKO PAMIĆ , dipl.ing.
"ELKA" d.d - Zagreb

IZOLIRANI VODIČI ZA NADZEMNE SN VODOVE COVERED CONDUCTORS FOR OVERHEAD MV LINES

SAŽETAK

U referatu se obrađuje izvedba izoliranih vodiča za nadzemne SN vodove sa vodičima od aldreja (Ay) i izolacijom od XLPE.

SUMMARY

The paper deals with the construction of Covered conductors for overhead MV lines with Aluminium-magnesium-silicon alloy conductor and XLPE insulation.

KLJUČNE RIJEČI : Izolirani nadzemni vod, aldrej (Ay) vodič, XLPE izolacija

KEY WORDS: Overhead covered conductor lines, Aluminium-magnesium-silicon alloy Conductor, XLPE insulation

1. UVOD

Izolirani vodiči za nadzemne SN vodove (u daljnjem tekstu: **Izolirani vodiči**) namijenjeni su kao zamjena za postojeće SN vodove sa golim vodičima, naročito u predjelima šuma, uvjetima leda i slučajevima pada drveća na vodiče. Razlozi za uvođenje **Izoliranih vodiča** su:

- veća sigurnost
- ekološki zahtjevi
- manji troškovi

Nakon niza istraživanja, prvo skandinavske, a potom i neke ostale europske države, počele su sa primjenom **Izoliranih vodiča** u svojim distributivnim mrežama (Finska 1976.god.-Švedska 1985.god.-Norveška 1986.god.-Njemačka 1988.god.-Slovenija 1992.god.). U Hrvatskoj se započelo krajem osamdesetih godina sa eksperimentalnim trasama sa vodičem od Al/Če 35/6mm², a na inicijativu i suradnju DP Elektroprimorje – Rijeka i ELKE - Zagreb. Danas tako govorimo uglavnom o finskim Izoliranim vodičima od ENSTO, NOKIA i REKA te XLPE-Ay TIP23 i XLPE-Ay TIP27 od ELKE-Zagreb.

Od strane elektrodistribucija postavljaju se slijedeći zahtjevi:

- **Izolirani vodiči** se ugrađuju na vodove koji imaju nazivnu izolaciju od 20kV, a moguće je i na 30(35)kV mreži,
- **Izolirani vodiči** trebaju imati dovoljnu izolacijsku sposobnost da u slučaju pada voda ne, ili minimalno, ugrožavaju okolinu i
- vodiči u **Izoliranim vodičima** moraju imati veliku prekidnu čvrstoću, kako bi izdržali pad drveća i granja, po mogućnosti bez prekida.

2. PRIMJENA

Primjena **Izoliranih vodiča** daje niz očiglednih prednosti u odnosu na vodove sa golim vodičima:

- nema ispada dalekovoda zbog međufaznog dodira faznih vodiča, odnosno zbog dodira grana drveća s faznim vodičima,
- povećana pogonska sigurnost u napajanju potrošača,
- manja dodatna opterećenja zbog slabijeg prihvatanja snijega i leda na vodovima,
- manja mogućnost udara groma zbog prirodne zavjese drveća
- smanjeni razmaci između faznih vodiča,
- smanjenje ekološkog oštećenja okoliša,
- manje širine sječe šumskog koridora,
- maleni rizici požara na drveću i gmlju u koridoru i okolici,
- jednostavniji radovi na stupu zbog manjih međufaznih razmaka,
- srušeno drveće na **Izoliranim vodičima** može se odstraniti kada to odgovara distributeru, i to po danu i kada prođe nevrijeme, a popravci se mogu organizirati u normalnom radnom vremenu jer nema ispada dalekovoda,
- smanjeni su troškovi održavanja u životnom vijeku **Izoliranih vodiča**.

3. TEHNIČKI OPIS IZOLIRANOG VODIČA

Vodič se izrađuje prema DIN 48201/teil 6 - 04.81. iz aluminijske legure Ay (aldrej) E- AlMgSi prema DIN 48200/teil 6 - 04.81. čija prekidna čvrstoća prije pouzjenja ne smije biti manja od 295N/mm^2 a istezanje kod prekida A_{200} minimalno 4%. Vodič se izrađuje kao okruglo užje. Obzirom da od strane HEP-a još nisu tipizirani, predviđaju se presjeci vodiča od 35mm^2 do 185mm^2 .

Optimalni normirani presjek vodiča prema studije Energetskog instituta " Hrvoje Požar "--Zagreb je 50mm^2 . Eventualno veći tipizirani presjek vodiča trebao bi biti 95mm^2 (vidi L-1).

Izolacija se sastoji od sloja XLPE mase crne boje, kao pouzdana zaštita od vjetra, snijega, leda, UV zračenja i soli. Ovaj materijal treba zadovoljavati po svojim kemijskim, električnim i mehaničkim značajkama zahtjeve za XLPE izolaciju prema SFS 5791, odnosno IEC 60502-1. Ona ne služi kao zaštita ljudi od dodirnog napona, tako da se kod rada na **Izoliranom vodu** ili u njegovoj neposrednoj blizini mora raditi prema svim propisima i zaštitnim mjerama kao kod voda s golim vodičima. Ovom izolacijom možemo samo smanjiti sadašnji razmak među vodičima na vodovima sa golim vodičima. Naime, razmak među faznim vodičima uobičajeno je između dva **Izolirana vodiča** ~ 400mm. Zato i kažemo da nam XLPE izolacija daje samo sigurnost kod slučajnog i kratkotrajnog dodira dva vodiča ili vodiča i stranog predmeta.

Finski proizvođači **Izoliranih vodiča** imali su u prvim proizvodnjama nominalnu debljinu izolacije od 1,6mm, a danas imaju usvojeno 2,3mm. Radna grupa HEP-a usvojila je nominalnu debljinu izolacije od 2,7mm zbog povećanja jakosti polja obzirom na geometrijske odnose i raspodjelu napona (vidi L-1). Hrvatski proizvođač ELKA-Zagreb zbog toga daje obje varijante u tipovima **Izoliranog vodiča**, tj. sa nominalnom debljinom izolacije 2,3mm kao tip XLPE-Ay TIP23 i nominalnom debljinom izolacije 2,7mm kao tip XLPE-Ay TIP27. Najmanje izmjerena debljina izolacije ne smije biti manja od nominalne debljine izolacije za više od 0,1mm+10% od zadane nominalne debljine izolacije, tj. za:

$\delta_{\text{nom}} = 2,3\text{mm}$ -> $\delta_{\text{min}} = 1,97\text{mm}$
 $\delta_{\text{nom}} = 2,7\text{mm}$ -> $\delta_{\text{min}} = 2,33\text{mm}$

Na zahtjev kupca, moguća je izrada **Izoliranih vodiča** i sa drugom vrstom vodiča:

npr.: vodič od Al/Če oznaka XLPE-Al/Če TIP 23 (ili 27)
npr.: vodič od AlMg1 oznaka XLPE-AlMg1 TIP 23 (ili 27)

Slovenska distribucija započela je 1992.god. s uvođenjem **Izoliranih vodiča** kao rekonstrukciju starog nadzemnog voda sa golim vodičima, dok je suvremena tehnologija gradnje **Izoliranih vodiča** vezana za prvu trasu Rob-Purkače krajem 1993. Danas je u slovenskoj distribuciji u pogonu 69 20kV DV u duljini preko 100km, a ambiciozni planovi su prisutni i dalje. Dosadašnja iskustva potvrdila su opravdanost gradnje pošto su u uvjetima velikog dodatnog opterećenja (vlažan snijeg i led) u veoma teškim zimskim uvjetima (zime 1995./96. i 1996./97.) postigli visoki nivo sigurnosti napajanja potrošača. Uglavnom su to finski PAS **Izolirani vodiči** proizvođača ENSTO a postoji i jedan DV sa **Izoliranim vodičima** od proizvođača ELKA, oznake XLPE-Al/Če TIP 27 35/6mm².

Obzirom na već poznate podatke finskih proizvođača, u nastavku se navode samo osnovne mehaničke i električne značajke **Izoliranih vodiča** proizvođača ELKE-Zagreb.

Tablica I. Mehaničke značajke **Izoliranog vodiča**

Nominalni presjek	Minimalni broj žica	Promjer vodiča	Promjer preko izolacije		Težina Izoliranog vodiča		Prekidna čvrstoća
			TIP 23	TIP 27	TIP 23	TIP 27	
mm ²		mm	mm	mm	kg/km	kg/km	kN
35	7	6,9	11,9	12,7	190	202	9,6
50	19	8,1	12,9	13,7	227	246	13,5
70	19	9,7	14,5	15,3	303	324	18,4
95	19	11,3	16,1	16,9	385	408	26,0
120	34	12,7	17,5	18,3	465	490	32,7
150	34	14,1	18,9	19,7	555	582	41,1
185	34	15,7	20,5	21,3	670	697	50,7

Tablica II. Električne značajke **Izoliranog vodiča**

Nominalni presjek	Otpor vodiča na 20°C (najviše)	Strujno opterećenje	Struja kratkog spoja
mm ²	Ω/km	A	kA
35	0,986	195	3,20
50	0,720	245	4,35
70	0,493	300	6,85
95	0,363	370	8,90
120	0,288	425	11,70
150	0,230	495	14,50
185	0,187	570	18,0

Proračun strujnog opterećenja **Izoliranog vodiča** izvršen je na osnovu slijedećih podataka:

- radna temperatura vodiča:	90°C
- temperatura vodiča na početku kratkog spoja:	30°C
- temperatura u kratkom spoju:	200°C
- vrijeme trajanja kratkog spoja:	1s
- specifični toplinski otpor XLPE izolacije:	3,5°K·m/W
- temperatura okoline:	30°C

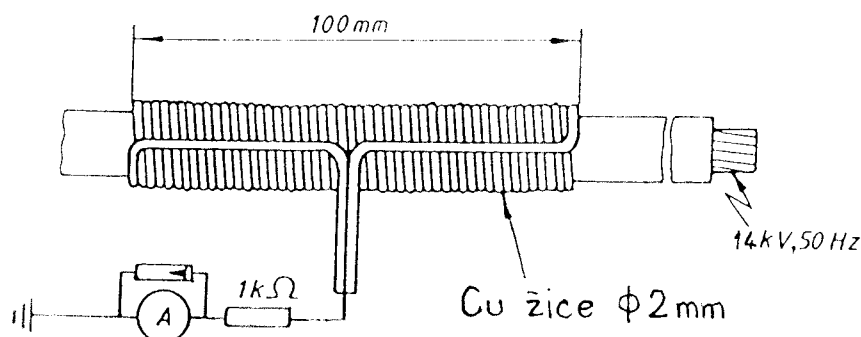
Za vrijeme trajanja kratkog spoja različitog od 1 s potrebno je navedenu vrijednost struje kratkog spoja za 1 s množiti sa faktorom $1/\sqrt{t}$ (gdje je t vrijeme trajanja kratkog spoja).

4. ISPITIVANJA

U nedostatku hrvatskih normi i propisa HEP-a, iz finske norme SFS 5791 navode se samo neka važnija tipska i rutinska ispitivanja za ocjenu kvalitete **Izoliranog vodiča**.

4.1 Ispitivanje struje istjecanja

Na odabrani uzorak, prema Slici 1, koji je prethodno držan 24 sata u vodi na temperaturi 20°C, priključen je napon 14kV, 50Hz. Ukupna struja (struja istjecanja i kapacitivna struja) izmjerena na instrumentu ne smije biti veća od 1mA.

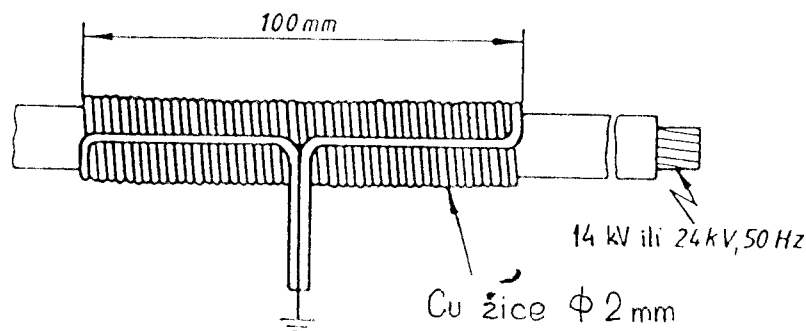


Slika 1: Ispitivanje struje istjecanja

4.2 Naponsko ispitivanje u zraku

Uzorak, prema Slici 2, ispituje se na dva načina:

- Postupak A :
Ispitni napon 14 kV, 50Hz, priključen je između vodiča i zavojnice od bakra u trajanju 5 dana. Za to vrijeme ne smije doći do proboja na izolaciji.
- Postupak B :
Ispitni napon 24 kV, 50Hz, priključen je između vodiča i zavojnice od bakra u trajanju 5 minuta. Za to vrijeme ne smije doći do proboja na izolaciji.



Slika 2: Naponsko ispitivanje u zraku

4.3. Naponsko ispitivanje u vodi – tipsko

Ispitni uzorak duljine 10m drži se u vodi 1sat na temperaturi 20°C. Na vodič se priključuje ispitni napon koji se povećava brzinom 0,5kV/sek. Ispitni uzorak mora izdržati napon najmanje 24kV bez proboja na izolaciji.

4.4. Naponsko ispitivanje u vodi – rutinsko

Svaka proizvodna duljina drži se u vodi najmanje 10minuta na temperaturi 20°C. Na kabel se priključuje napon 4kV u trajanju 5minuta. Za to vrijeme ne smije doći do proboja na izolaciji.

5. ZAKLJUČAK

Hrvatski proizvođač ELKA-Zagreb u potpunosti može zadovoljiti sve postavljene tehničke zahtjeve HEP-a na **Izolirane vodiče**, u svim izvedbama vodiča: Ay(aldrej), AlMg1 i Al/Če i debljinama izolacije (TIP 23 i TIP 27).

Očekivana životna dob **Izoliranih vodiča** u normalnim uvjetima rada je 20-30 godina.

6. LITERATURA

1. E.Mihalek, S.Žutobradić: **Uvođenje nadzemnih vodova 24 kV s izoliranim vodičima u distribucijsku mrežu HEP-a**, studija , Energetski institut " Hrvoje Požar "-Zagreb, Zagreb, 1996.
2. Proizvodne informacije: **Izolirani vodiči za nadzemne vodove**, ELKA-Zagreb, Zagreb, 1997.
3. V.Lovrenčić: **Srednjenaponski nadzemni vodovi s izoliranim vodičima povećali sigurnost napajanja u teškim zimskim uvjetima u Sloveniji**, CIGRE – Treće Savjetovanje, Cavtat, 26.-30.Listopad 1997.
4. Finska norma **SFS 5791: 12/20kV friledningar. PEX-belagda linor PAS (Nadzemne mreže. XPE izolirani nadzemni vodiči PAS)**.

7. PITANJA ZA DISKUSIJU

1. Da li je moguće već sada odrediti tipizirani oblik **Izoliranog vodiča** sa stanovišta presjeka i materijala vodiča te debljine izolacije ?
2. Do kuda su stigli ostali hrvatski proizvođači opreme (konzole, izolatori, spojnice, naprave za zaštitu od prenapona ...) za ovaj tip **Izoliranog vodiča** ?
3. Zašto od samog početka usvajanja finske tehnologije **Izoliranih vodiča** ELKA nije bila uključena u rad Radne grupe HEP-a, isto kao kada se usvajala tehnologija današnjeg ELKALEX-1 ?

