



Branko Pačić, dipl.ing.
ELKA d.d., Zagreb

5-01

STANDARD ZA ENERGETSKE KABELE 1 kV do 35 kV

SAŽETAK

U referatu se daje prijedlog standarda za energetske kabele nazivnog napona 0,6/1 kV do 20/35 kV osnovan na Internom Standardu ELKA (ISE), a kao podloga za izradu hrvatske norme. Prijedlogom je obuhvaćeno: Predmet standarda; uporaba, definicije, konstrukcije, označavanje i ispitivanje kabela.

STANDARD FOR POWER CABLES RATED VOLTAGE FROM 1 kV UP TO 35 kV

SUMMARY

In the report is presented the proposal of the standard for the power cables of rated voltage 0,6/1 kV up to 20/35 kV, based upon the Internal Standard of ELKA (ISE), acting as a support for the elaboration of the Croatian standard. The present proposal includes: subject of the standard, application, definitions, construction, designation and cable tests.

Ključne riječi

naponjeni kabel, konstrukcija kabela, ispitivanje kabela, hrvatska norma

Key words

Power cable, cable construction, tests on cables, Croatian Standard

1. UVOD

Na I Simpoziju o energetske kabele, Split 1994. naznačena je referatom "Osnove standarda za energetske kabele" ukupna problematika stanja normizacije u smislu tehničke primjene energetskih kabela za distribuciju električne energije i druge primjene.

U protekle dvije godine vođene su aktivnosti na uređenju uvjeta za promet roba na hrvatskom tržištu što je rezultiralo donošenjem Zakona o normizaciji, kojim se utvrđuju postupci: normiranja, ocjenjivanja i usuglašavanja kakvoće proizvoda, tehnički nadzor, inspeksijski nadzor i druge mjere za provjeru stanja proizvoda.

S druge strane na području uređivanja tehničke regulative za provjeru konstrukcije i kakvoće energetskih kabela nije ništa učinjeno.

I nadalje na ovom području egzistiraju propisi koji su ili potpuno zastarjeli ili neažurirani kao što su:

- HRN N.C5.220: Kabeli izolirani PVC-om
- HRN N.C5.230: Kabeli izolirani PE i XLPE
- HRN N.C5.240: Kabeli izolirani EPR-om
- HEP Bilten br.22/93: TU za kabele od 1 kV do 35 kV
- HEP Bilten br. 31/93 : TU za samonosivi kabelski snop

Iz razloga zastarjelosti ovi propisi se gotovo ne primjenjuju pri ugovaranju i prometu kabele. Uglavnom se IEC 502 standard rabi kao osnova za utvrđivanje kakvoće proizvoda, ali u dodatne elemente provjere preuzete iz drugih nacionalnih (npr. DIN VDE) ili granskih (CENELEC) propisa.

S tog razloga neophodno je obnoviti hrvatske norme za područje elektroenergetskih kabela u širem smislu i izoliranih vodiča na način da su osuvremenjene i usuglašene sa međunarodnim propisima u pravilu sa IEC i EN(CENELEC) standardima.

Dužnost je dakle DZNM da pokrene postupak osnivanja Komisije IEC za energetske kabele u svrhu izrade novih i obnove postojećih propisa za energetske kabele.

Ovaj referat daje podloge za izradu hrvatske norme.

2. PRIJEDLOG NORME ZA ENERGETSKE KABELE

ISE (Interni Standard ELKA) može poslužiti kao osnova za izradu hrvatske norma za energetske kabele nazivnog napona od 1 kV do 35 kV. Dokumentom su obuhvaćena sva područja koja se odnose na uporabu konstrukciju i ispitivanje kabela.

Dokument je usuglašen sa standardom IEC 502 dopunjeno sa posebnim zahtjevima na konstrukciju i ispitivanje u skladu sa iskustvenim podacima proizvođača kabela ELKA i nekim odrednicama nacionalnog standarda DIN VDE 0273/87 i Entwurf DIN VDE 0276/Teil 620/94.

Iz prijedloga norme je vidljivo da se u konstrukciji kabela pojavljuju samo dvije vrste izolacijskog materijala i to na osnovi PVC i na osnovi XLPE. Izolacije iz PE i EPDM (EPR) nisu predviđene iz razloga neperspektivnosti tih izolacija za naponske nivoe do 35 (30) kV u mrežama hrvatske i europske elektrodistribucije.

Razred nazivnih napona proširen je za nazivni napon $U_0/U = 18/30$ kV s najvišim naponom mreže 38 kV. Ovo je u skladu sa standardom IEC 502 i HEP Bilten br.22/93.

Nadalje uvedena je u konstrukciju kabela, prvenstveno jednožilnih, mogućnost dodatne zaštite kabela od poprečnog prodora vode, izvedbom tzv. slojevitog PE plašta, što zajedno sa nepropusnom izvedbom električne zaštite, daje tzv. "suhi" kabel.

Ispitivanja na kabelima su usuglašeni sa standardima IEC 502 i IEC 811 te obuhvaćaju obavezna tipska specijalna ispitivanja, te ispitivanja nakon polaganja kabela.

Predloženo je ispitivanje vodonepropusnosti električne zaštite kabela suglasno DIN VDE 0472 Teil 811 za kabele oznake XHE 49 (XHE 49-A).

Cjelokupni tekst prijedloga HRN (moguća oznaka je HRN NC.5.200) dat je u nastavku.

ELKA d.d. ZAGREB	INTERNI STANDARD ELKA	Broj:	ISE - A - 003
		EOP:	
ENERGETSKI KABELI ZA NAZIVNE NAPONE OD 1 kV DO 35 kV		Datum:	18.06.1996.
		Izradio:	B.Paić,dipl.ing.
		Pregledao:	
		Odobrio:	

Tablica 1. Najviša dozvoljena trajna radna temperatura vodiča

Vrsta izolacije	Najviša dozvoljena temperatura vodiča °C	
	Trajna rad	Kratki spoj ≤ 5 s
PVC	70	160
XPE	90	250

Tablica 2. Nazivni napon kabela

Nazivni napon kabela U_c , kV	Nazivni napon kabela U , kV	
	Trofazni sistem	Jednofazni sistem
0,6	1	0,6
3,6	6	3,6
6	10	6
12	20	12
18	30	18
20	35	20

Tablica 3. Najviši napon sistema

Najviši napon kabela U_c/U , kV/kV	Najviši napon kabela U_m kod trofaznog sistema, kV
0,6/1	1,2
3,6/6	7,2
6/10	12
12/20	24
18/30	38
20/35	42

2.5. Najviša dozvoljena trajna radna temperatura vodiča i najviše dozvoljene temperature vodiča u slučaju kratkog spoja za kabele obuhvaćene ovim standardom date su u Tablici 1.

2.6. Kabele obuhvaćeni ovim standardom namijenjeni su za trajno polaganje u zemlju, vodu, na otvorenom prostoru, u kableske kanale i u zatvorenim prostorijama.

3. DEFINICIJE

Definicije svih elemenata konstrukcija date su u IPRM N/C/006.

4. KONSTRUKCIJA

4.1. Vodič

4.1.1. Vodič je izrađen od meko odžarenog bakra, ili aluminija klase 1 ili klase 2 prema IEC 228.

- vodiči od bakra nazivnog presjeka do uključivo 25 mm^2 su klase 1, a vodiči većih nazivnih presjeka moraju odgovarati klasi 2.
- vodiči od aluminija nazivnog presjeka do uključivo 35 mm^2 moraju odgovarati klasi 1, a vodiči većih nazivnih presjeka moraju odgovarati klasi 2.

4.1.2. Najmanji dozvoljeni presjeci vodiča u zavisnosti od nazivnog napona moraju odgovarati vrijednostima utvrđenim u tablici 4.

4.1.3. Sektorski vodiči dozvoljeni su za kabele nazivnog napona $U_0/U = 0,6/1, 3,6/6$ i $6/10 \text{ kV}$.

4.1.4. Presjeci neutralnih ili zaštitnih vodiča mogu biti manji od presjeka faznih vodiča, ali ne manji od vrijednosti datih u Tablici 5.

Tablica 4. Dozvoljeni presjeci vodiča i debljine izolacije u zavisnosti o nazivnom naponu

Nazivni presjek vodiča	Nazivni napon kabela, U ₀ /U kV							
	0,6/1		3,6/6		6/10	12/20	18/30	20/35
	Nazivna debljina izolacije, mm							
	1	2	3	4	5	6	7	8

Tablica 5. Najmanji dozvoljeni presjeci neutralnog ili zaštitnog vodiča

Nazivni presjek faznog vodiča mm ²	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300	400
Najmanji nazivni presjek neutralnog ili zaštitnog vodiča mm ²	10	16	16	25	25	50	70	70	95	120	150	185

4.2. Izvedba

4.4. Jezgro kabela

4.4.1. Žile višestrukih kabela su međusobno použene.

4.4.2. Žile u vanjskom sloju su u pravilu použene u desnom smjeru, a u ostalim slojevima imaju naizmjenično suprotni smjer použenja.

4.4.3. Preko použenih žila može se postaviti brizgana ili omotana ispuna.

Mješavina za ispunu ne mora odgovarati zahtjevima IEC 502 za tip ST 1 ili ST 2. Ispuna mora biti kompatibilna sa izolacijom kabela. Ispuna se ne smije lijepiti za žile. Kod sektorskih vodiča i višestrukih signalnih kabela može se jezgro omotati sintetskim vrpčama uz moguću primjenu bočnih umetaka radi dobivanja okruglog oblika jezgra kabela.

Debljina brizgane ispune se ne mjeri.

Debljina omotane ispune je približno 0,4 mm za promjere preko použenja ≤ 40 mm i 0,6 mm za veće promjere.

4.5. Električna zaštita

4.5.1. Električna zaštita je obavezna za:

- kabele s PVC izolacijom za nazivni napon 6/10 kV
- kabele s XPE izolacijom za nazivni napon 3,6/6 kV i više.

4.5.2. Električna zaštita je od bakra, a geometrijski presjek električne zaštite ne smije biti manji od vrijednosti datih u Tablici 7. Geometrijski presjek električne zaštite određuje se kao zbir presjeka svih elemenata zaštite.

Specifična električna vodljivost bakra od kojeg je izrađena električna zaštita ne smije biti manja od 56 Sm/mm² na 20°C.

Tablica 7. Nazivni presjeci električne zaštite

Nazivni presjek vodiča mm ²	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300	400
Geometrijski presjek cloc. zaštite mm ²	10	10	16	16	16	16	16	16	25	25	25	25	36

4.5.3. Električna zaštita se postavlja:

- kod jednožilnih kabela neposredno preko poluvodljivog sloja na izolaciji,
- kod trožilnih kabela sa sektorskim vodičima nazivnih napona neposredno preko zajedničke ispune od poluvodljivog materijala,
- kod trožilnih kabela s okruglim vodičima neposredno preko poluvodljivog sloja na izolaciji.

4.5.4. Ako je električna zaštita raspoređena oko svake žile, presjeci električne zaštite svake žile moraju biti približno jednaki, a pojedinačni dijelovi električne zaštite moraju biti u neposrednom električnom kontaktu.

4.5.5. Električna zaštita može biti izrađena u obliku: omotanih bakrenih traka, omotanih bakrenih žica, opleta od bakrenih žica ili kombinacije omotanih bakrenih žica i bakrenih traka. Pri tome moraju biti ispunjeni slijedeći uvjeti:

- promjer bakrene žice ne smije biti manji od 0,5 mm,
- debljina trake kontraspire ne smije biti manja od 0,1 mm niti veća od 0,3 mm,
- rastojanje između susjednih elemenata električne zaštite ne smije biti veći od 4 mm. Dozvoljava se odstupanje do 8 mm po opsegu u najviše 5 % slučajeva,
- ako je električna zaštita izrađena od bakrenih traka, debljina pojedinačne trake ne smije biti manja od 0,1 mm.

4.6. Unutarnji plašt

4.6.1. Kad se električna zaštita i armatura izrađuju od različitog materijala između njih je obavezan brizgani unutarnji plašt od termoplastičnog materijala.

4.6.2. Materijal za unutarnji plašt mora odgovarati točki 4.10.1. ovog standarda.

4.6.3. Unutarnji plašt se može staviti ispod armature i kod kabela sa električnom zaštitom i armaturom od istog materijala.

4.6.4. Debljina unutarnjeg plašta ne smije niti na jednom mjestu biti manja od nazivne vrijednosti za više od 0,2 mm + 20 % nazivne debljine.

4.6.5. Nazivna debljina unutarnjeg plašta se određuje prema formuli

$$T_i = 0,02 D_u + 0,6 \text{ mm}$$

Gdje je D_u fiktivni promjer ispod plašta izračunat na način dat u IEC 502 Anex A, s tim da debljina unutarnjeg plašta ne može biti manja od 1,2 mm.

4.6.6. Srednja debljina unutarnjeg plašta ne smije biti manja od nazivne debljine.

4.6.7. Ispod unutarnjeg plašta se dozvoljava separator od bubreve vrpce postavljen na pogodan način oko jezgra kabela.

4.7. Koncentrični vodič

4.7.1. Kod kabela nazivnog napona 0,6/1 kV, koncentrični vodič se postavlja oko jezgra kabela, osim kod kabela za rudnike sa podzemnim kopom, kod kojih se koncentrični vodič može rasporediti oko svake žile kabela.

4.7.2. Nazivni presjek koncentričnog vodiča, kod energetskih kabela, mora biti jednak nazivnom presjeku faznih vodiča za presjeke vodiča do 10 mm². Ako je nazivni presjek faznih vodiča veći od 10 mm², nazivni presjek koncentričnog vodiča može biti smanjen do vrijednosti navedene u Tablici 5. za neutralni vodič.

4.7.3. Električni otpor koncentričnog vodiča, izmjeran na temperaturi 20°C, ne smije biti veći od otpora vodiča istog nazivnog presjeka izvedbe prema točki 4.1.1. ovog standarda.

4.7.4. Višežilni kabele za komandne i signalne svrhe izrađuju se s koncentričnim vodičem nazivnog presjeka prema tablici 8, zavisno od broja žila i nazivnog presjeka vodiča.

Tablica 8. Nazivni presjeci koncentričnog vodiča komandno-signalnih kabela.

4.8.4. Armatura jednožilnih kabela namjenjenih za prenos energije izrađuje se od nemagnetnog materijala.

4.8.5. Nazivne debljine traka i žica date se u tablicama 9 i 10.

Tablica 9. Nazivne debljine traka za armature kabela.

Materijal	Računski promjer ispod armature		
	do 30	od 30 do 70	od 70
Nazivna debljina čelične gole ili pocinčane trake, mm	0,2	0,5	0,8
Nazivna debljina trake od aluminijske ili legure aluminijske, mm	0,5	0,5	0,8

Tablica 10. Nazivne debljine žica za armature kabela

	Računski promjer ispod armature				
	do 15	do 25	do 35	do 60	-
		od 15	od 25	od 35	od 60
Nazivni promjer okrugle žice, mm	0,8	1,6	2,0	2,5	3,15
Nazivna debljina fosfate žice, mm	-	0,8	0,8	0,8	0,8

4.8.6. Otvorena zavojnica od čelične trake ili čelične pocinčane trake ima debljinu najmanje 0,3 mm, a postavlja se preko armature od okruglih čeličnih žica. Otvorena zavojnica od čeličnih traka nije obavezna.

4.8.7. Kvaliteta čelične žice i čelične trake je trgovačke kvalitete, prekidne čvrstoće najmanje 300 Mpa. Za pocinčanje čelične žice i trake nema posebnih zahtjeva.

4.8.8. Prekidna čvrstoća aluminijske žice je najmanje 130 Mpa, a za žicu iz legure aluminijske prekidna

4.10. Plašt

4.10.1. Plašt se izrađuje od brizganog sloja termoplastične mase. Plašt izrađen od termoplastične mase na bazi PVC ili PE mora odgovarati zahtjevima navedenim u standardu IEC 502, točka 1.5. i to:

- PVC plašt tipa ST 1, ako je izolacija kabela od PVC
- PVC plašt tipa ST 2, ako je izolacija kabela od XPE
- PE plašt tipa ST 7, ako je izolacija kabela od XLPE
- PO (za teškogorive nehalogene kabele) plašt tipa SHF1, prema IEC 92-359.

4.10.2.1. Dozvoljena je i uporaba poluvodljivih plašteva, koji moraju odgovarati temperaturnoj klasi kabela.

4.10.2.2. Dozvoljena je i uporaba slojevitog PE plašta kao dodatna poprečna vodonepropustna zaštita kabela, pri čemu je vanjski PE plašt postavljen preko uzdužno položene aluminijske vrpce s preklapom. Aluminijska vrpca mora biti obostrano prekrivena slojem kopolimer etilena. Ovaj sloj je čvrsto i trajno slijepljen na mjestu preklopa vrpce i po cijeloj površini PE plašta. Debljina aluminijske vrpce je 0,20 mm.

4.10.3. Nazivna debljina plašta u zavisnosti od računskog promjera kabela ispod plašta određuje se prema formuli:

$$t_p = 0,035 D + 1,0 \text{ mm}$$

Gdje je D fiktivni promjer ispod plašta izračunat prema IEC 502, Anex A.

Za nearmirane kabele nazivna debljina plašta ne smije biti manja od 1,4 mm za jednožilne kabele, a za sve ostale nazivna debljina plašta ne smije biti manja od 1,8 mm.

4.10.3. Ako je plašt postavljen neposredno preko izolacije, ispune ili unutarnjeg plašta, srednja vrijednost debljine plašta ne smije biti manja od nazivne vrijednosti. Debljina plašta niti na jednom mjestu ne smije biti manja od nazivne vrijednosti za više od 0,1 mm + 15 % nazivne debljine.

4.10.4. Ako je plašt postavljen preko koncentričnog vodiča, električne zaštite ili armature, srednja vrijednost debljine plašta ne smije biti manja od nazivne vrijednosti.

Debljina plašta niti na jednom mjestu ne smije biti manja od nazivne vrijednosti za više od 0,2 mm + 20 % nazivne debljine.

4.10.5. Standardne boje plašta su:

- crna: za kabele nazivnog napona $U_0/U = 0,6/1 \text{ kV}$
- crna: za PE plašteve kabela nazivnih napona $U_0/U \geq 0,6/1 \text{ kV}$
- crna: za poluvodljive plašteve
- crvena: za PVC plašteve kabela nazivnih napona $U_0/U \geq 3,6/6 \text{ kV}$
- žuta: za PVC plašteve kabela za rudnike
- svjetlo plava: za PVC plašteve teškogorivih kabela
- siva: za poliolefinske plašteve teškogorivih kabela

Boja plašta može i odstupati od standardnih boja po posebnom zahtjevu naručitelja.

4.11. Dodatna električna zaštita

Kabeli za posebne uvjete rada mogu preko plašta ili preko vanjskog poluvodljivog plašta imati dodatnu električnu zaštitu. Presjek ove zaštite se određuje prema uvjetima uporabe kabela. Dodatna električna zaštita se izrađuje u obliku ovoja od nemagnetnih žica zaštitnih od korozije.

5. OZNAČIVANJE KABELA I OBILJEŽAVANJE ŽILA

5.1. Označivanje kabela

U tehničkoj i drugoj dokumentaciji kabele izrađeni prema ovom standardu označuju se grupom simbola prema HRN N.C0.006.

5.2. Obilježavanje žila

Žile kabela za nazivnog napona 0,6/1 kV obilježavaju se prema HRN N.C0.010. Izolacija kabela nazivnog napona iznad 0,6/1 kV izrađuje se u prirodnoj boji dotičnog izolacionog materijala.

5.3. Oznake na kabele

Na vanjskom plaštu kabela mora biti nanesena oznaka s najviše 50 cm razmaka između kraja jednog i početka slijedećeg natpisa koja se sastoji od:

- naziva proizvođača ili registriranog znaka proizvođača,
- oznake tipa i presjeka
- nazivnog napona kabela, u kV

5.4. Primjeri označivanja

1. Kabele sa izolacijom od PVC: 3x16+1x10 mm² PVC, 0,6/1 kV, 200 m, 2005. 2. Kabele sa izolacijom od PVC: 3x16+1x10 mm² PVC, 0,6/1 kV, 200 m, 2005.

e) Kabel sa izolacijom od XPE, sa poluvodljivim slojevima iznad vodiča i izolacije, sa unutarnjim plaštom od PVC, sa armaturom od okruglih pocinčanih čeličnih žica sa kontraspiralom od pocinčane čelične trake, sa vanjskim plaštom od PVC, sa 3 aluminijska vodiča presjeka 150 mm^2 , sa električnom zaštitom presjeka 25 mm^2 , raspoređenom oko svake žile posebno, za nazivni napon 6/10 kV, označuje se:

XHP 84-A 3 x 150/25 mm^2 6/10 kV

f) Kabel sa izolacijom od XPE, sa poluvodljivim slojevima iznad vodiča i izolacije, sa plaštom od PE, sa aluminijskim vodičem presjeka 240 mm^2 , sa vodotjesnom izvedbom električne zaštite presjeka 25 mm^2 postavljenom preko poluvodljivog sloja iznad izolacije, sa nazivnim naponom 20/30 kV, označuje se:

XIIE 49-A 1 x 240/25 mm^2 20/35 kV

g) Kabel sa izolacijom od XPE, sa poluvodljivim slojevima iznad vodiča i izolacije, s vanjskim plaštom od poluvodljivog PE, s bakrenim vodičem presjeka 120 mm^2 , s električnom zaštitom presjeka 16 mm^2 , s dodatnom električnom zaštitom presjeka 60 mm^2 postavljenom preko vanjskog poluvodljivog plašta, za nazivni napon 12/20 kV, označuje se:

XIIEh 91 1 x 120/16/60 mm^2 12/20 kV

6. ISPITIVANJE

6.1. Opći uvjeti ispitivanja

Ako u pojedinačnim odredbama ovog standarda ili u drugim standardima na koje se ovaj standard poziva nije drukčije navedeno, ispitivanja naponom vrše se pri temperaturi $20 \pm 15^\circ\text{C}$, a ostala ispitivanja vrše se na temperaturi od $20 \pm 5^\circ\text{C}$.

6.2. Obavezna ispitivanja

Obavezna ispitivanja su:

- a) mjerenje električnog otpora vodiča,
- b) visokonaponsko ispitivanje
- c) ispitivanje parcijalnih izboja, samo za kabele nazivnog napona $\geq U_0/U 3,6/6 \text{ kV}$,
- d) provjera konstrukcije kabela, točke 4.2; 4.5; 4.6; 4.7; 4.10.

6.2.1. Mjerenje električnog otpora vodiča

- za višezilne kabele sa električnom zaštitom oko svake žile:
vodiči se smiju priključiti paralelno na izvor visokog napona.
- za višezilne kabele koji nemaju električnu zaštitu oko svake žile:
između svakog vodiča i svih ostalih vodiča spojenih međusobno i s metalnom oblogom, ako ona postoji.

U svim navedenim slučajevima ne smije doći do proboja izolacije. Visina ispitnog izmjeničnog napona data je u Tablici 12.

Tablica 12. Ispitni izmjenični napon kabela

Nazivni napon U_0 , kV	0,6	3,6	6	12	18	20
Ispitni izmjenični napon, kV	3,5	11	15	30	45	50

Ako se ispitivanje provodi istosmjernim naponom onda je visina ispitnog napona 2,4 puta veća od odgovarajuće vrijednosti izmjeničnog ispitnog napona.

6.2.3. Ispitivanje parcijalnih izboja

Ispitivanje parcijalnih izboja vrši se prema IEC 885-2. Kod mjerenja parcijalnih izboja napon se priključuje između vodiča i električne zaštite.

Nivo parcijalnih izboja kod napona $2 U_0$ ne smije biti veći od 5 pC.

6.2.4. Provjera konstrukcije vodiča

Elementi konstrukcije vodiča provjeravaju se prema IEC 228.

6.2.5. Provjera konstrukcije kabela

Elementi konstrukcije kabela navedeni u ovom standardu točka 4 provjeravaju se prema IEC 502, točka 15.5. do 15.8.

6.3. Tipska ispitivanja

Sva tipska ispitivanja vrše se najmanje 16 sati poslije ekstruzije ili umreženja.

6.3.1. Tipska električna ispitivanja za kabele nazivnog napona $U_0/U = 0,6/1$ kV:

Ova ispitivanja se vrše na istom uzorku gotovog kabela dužine 10 do 15 m. Kod višezilnih kabela svako od ovih ispitivanja se vrši na svim žilama.

Redosljed i vrste tipskih električnih ispitivanja su slijedeće:

- a) mjerenje otpora izolacije na sobnoj temperaturi,
- b) mjerenje otpora izolacije na najvišoj radnoj temperaturi,
- c) četverosatno ispitivanje dielektrične čvrstoće izmjeničnim naponom.

6.3.1.1. Mjerenje otpora izolacije na sobnoj temperaturi.

Ovo ispitivanje se vrši prije svih ostalih električnih ispitivanja. S uzorka kabela se skine plašt i sve ostale obloge sa žila, koje se zatim potope u vodu čija temperatura je $20 \pm 1^\circ\text{C}$ i drže se u vodi najmanje 1 sat prije ispitivanja.

Otpor izolacije se mjeri između vodiča žile i vode.

Mjeri se istosmjernim naponom vrijednosti između 80 i 500 V, ne manje od 1 minute ni više od 5 minuta. Specifični otpor izolacije se preračunava prema standardu IEC 502, točka 16.2.1.1.b. Dobivene vrijednosti ne smiju biti niže od $1 \times 10^{15} \Omega \text{ cm}$.

6.3.1.2. Mjerenje otpora izolacije na radnoj temperaturi.

Poslije odvajanja svih obloga s uzorka kabela žile se potope u vodu čija je temperatura utvrđena u ovom standardu tablica 1. Žile se drže u vodi najmanje 1 sat prije ispitivanja. Ispituju se istosmjernim naponom čija je vrijednost između 80 V i 500 V ne manje od 1 minute ni više od 5 minuta.

Specifični otpor izolacije se preračunava prema standardu IEC 502, , točka 16.2.1.1.b. Dobivene vrijednosti ne smiju biti niže $1 \times 10^{12} \Omega \text{ cm}$.

6.3.1.3. Četverosatno ispitivanje dielektrične čvrstoće izmjeničnim naponom

Žile pripremljene na isti način kao u točkama 6.3.1.1 i 6.3.1.2. ispituju se izmjeničnim naponom čija je vrijednost jednaka $3 U_0$ u trajanju od 4 sata. Za to vrijeme ne smije doći do proboja izolacije.

6.3.2. Tipška električna ispitivanja kabela nazivnog napona $U_0/U \geq 3,6/6 \text{ kV}$.

Ispitivanja se vrše na uzorku kabela dužine 10 do 15 m redoslijedom kako je dalje navedeno.

Redosljed ispitivanja je sljedeći:

- a) ispitivanje parcijalnih izboja,
- b) ispitivanje savijanjem i ispitivanje parcijalnih izboja,
- c) mjerenje faktora gubitaka ($\text{tg}\delta$) u funkciji napona i mjerenje kapaciteta,
- d) mjerenje faktora gubitaka ($\text{tg}\delta$) u funkciji temperature,
- e) ispitivanje cikličkim zagrijavanjem i ispitivanje parcijalnih izboja,
- f) ispitivanje otpornosti prema udarnom i izmjeničnom naponu,
- g) četverosatno ispitivanje dielektrične čvrstoće.

6.3.2.1. Posebne odredbe za ispitivanja.

Ispitivanja navedena pod točkama c), d), u točki 6.3.2. mogu se izvršiti na posebnim uzorcima a ne kako je navedeno u točki 6.3.2. Ako uzorak ne zadovolji ispitivanje navedeno u točki 6.3.2. pod g), to ispitivanje se vrši ponovno na novom uzorku, koji se prethodno podvrgne ispitivanju pod b) i c).

Ispitivanja navedena pod c) i d) vrše se samo na kabelima nazivnog napona $U_0/U \geq 6/10 \text{ kV}$.

6.3.2.2. Ispitivanje parcijalnih izboja

Ispitivanje se vrši prema IEC 885-3. Nivo parcijalnih izboja ne smije biti veći od 5 pc kod napona $2 U_0$.

6.3.2.3. Ispitivanje savijanjem

Ispitni uzorak se obavije oko ispitnog cilindra, na sobnoj temperaturi, najmanje za jedan puni zavoj. Uzorak se zatim ispravi, okrene oko svoje osi za 180° i ponovno obavije oko cilindra.

6.3.2.5. Mjerenje faktora gubitaka ($\lg\delta$) u funkciji temperature.

Zagrijavanje uzorka kabela se vrši uranjanjem u toplu kupku, stavljanjem u sušnicu ili protokom struje kroz električnu zaštitu. Temperatura se povećava postepeno po 10°C dok vodič ne postigne najvišu dozvoljenu radnu temperaturu za umreženi polietilen, 90°C).

Temperatura vodiča se određuje ili mjerenjem otpora vodiča ili pomoću termometra postavljenog u kupku, sušnicu ili na površinu električne zaštite. Prije mjerenja faktora gubitaka kabel se drži na postignutoj temperaturi 2 sata, s dozvoljenim odstupanjem od $\pm 2^{\circ}\text{C}$. Faktor gubitaka se mjeri izmjeničnim naponom od 2 kV, 50 Hz na gore navedenoj temperaturi. Maksimalno dozvoljena vrijednost faktora gubitaka iznjerena na radnoj temperaturi kabela je za umreženi polietilen $80 \times 10 \exp(-4)$.

6.3.2.6. Ispitivanje cikličkim zagrijavanjem

Uzorak kabela koji je bio podvrgnut svim ispitivanjima prema točkama 6.3.2.1 do 6.3.2.5. zagrijava se propuštanjem struje kroz vodič, sve dok se ne postigne temperatura koja je za 10°C viša od najviše dozvoljene radne temperature izolacija.

Kod višezilnih kabela struja grijanja se mora propustiti kroz sve vodiče. Opterećenje strujom mora trajati najmanje 2 sata, a zatim se kabel hladi prirodnim pputem u zraku najmanje 4 sata. Ovakav ciklus se ponavlja još dva puta. Poslije ukupno tri ciklusa, na uzorku se vrši mjerenje parcijalnih izboja prema točki 6.3.2.2., a vrijednosti moraju zadovoljiti zahtjeve iz te točke.

6.3.3.3. Termoplastičnost izolacije i plašta

a) Termoplastičnost PVC izolacije i plašta ispituje se prema IEC 811-3-1, točka 8. Zahtjevi su prema IEC 502, Tablica 9./2.

b) Termoplastičnost PE plašta ispituje se prema IEC 811-3-1 točka 8. Zahtjevi su prema IEC 502, Tablica 10./6. za tip ST 7.

6.3.3.4. Ispitivanje PVC izolacije i plašta na niskim temperaturama

Ova ispitivanja su prema standardu IEC 811-1-4, točka 8, a zahtjevi su prema IEC 502, Tablica 9./3.

6.3.3.5. Ispitivanje otpornosti PVC izolacije i plašta prema pucanju pri toplotnom udaru

Ispituje se prema IEC 811-3-1, točka 9, a zahtjevi su prema IEC 502, Tablica 9./4.

6.3.3.6. Ispitivanje toplinske stabilnosti PVC izolacije

Ispituje se prema IEC 811-3-2, točka 9, a zahtjevi su prema IEC 502, Tablica 9./5., za tip PVC/B.

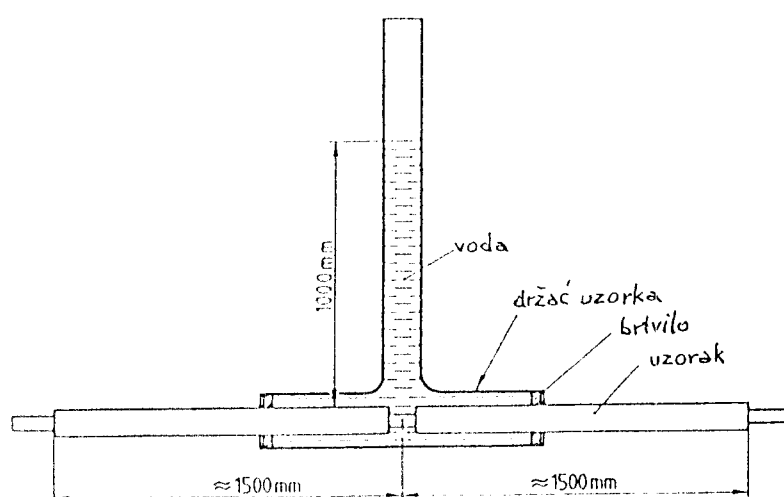
6.3.3.7. Upijanje vode za izolaciju

Ispituje se prema IEC 811-1-3, točka 9, a zahtjevi su prema IEC 502, Tablica 9./6. za tip PVC/B; Tablica 10./4 za tip PE i Tablica 11/3 za tip XLPE.

6.3.3.8. Maseni protok taline izolacije i plašta od termoplastičnog polietilena

Ispituje se prema IEC 811-4-1, točka 10, a zahtjevi su prema IEC 502, Tablica 10./2.

6.3.3.9. Skupljanje izolacije



Slika 4. Shema uređaja za ispitivanje uzdužne vodonepropusnosti ekrana

6.4. Specijalna ispitivanja

Specijalna ispitivanja obavljaju se ako to kupac zahtjeva na najviše 10% proizvodnim duljinama istog tipa kabela spremnog za isporuku i provode se na najmanje jednoj duljini kabela.

Uzorkovanje kabela i postupci određeni su HRN N.CO.030.

Specijalna ispitivanja određena ovim standardom zahtjevaju se za:

- Provjera konstrukcije vodića; točka 4.1.
- Geometrijske karakteristike; točka 4.2., 4.3., 4.5., 4.6., 4.7., 4.8., 4.10.,
- Naponsko ispitivanje za kabele $U_0 / \geq 6/10$ kV, točka 6.3.1.3.
- Stupanj umreženosti XLPE, točka 6.3.3.10.

6.5. Ispitivanje poslije polaganja

Ispitivanje izolacije kabela poslije polaganja vrši se na potpuno instaliranom kabelu zajedno sa njegovim priborom. Ispitivanje se vrši istosmjernim ili izmjeničnim naponom, u trajanju od 5 minuta.

Vrijednosti ispitnog napona date su u Tablici 14.

Ispitivanje plašta kabela nazivnog napona $U_0/U \geq 3,6/6$ kV vrši se istosmjernim naponom visine 5 kV, u trajanju od 5 minuta.

Tablica 14. Ispitni napon kabela nakon polaganja

Nazivni napon U_0 , kV	0,6	3,6	6	12	18	20
Istosmjerni ispitni napon, kV	6	18	25	50	75	84
Izmjenični ispitni napon, kV	2,5	7,5	10,5	21	31	35

Veza za drugim propisima:

SRPS NLC 006 Osnovne ispitne metode i kriteriji

3. ZAKLJUČAK

Neophodno je pristupiti izradi HRN za energetske kabele nazivnog napona od 1 kV do 35 kV radi izbora, prometa, provjere kvakvoće i primjene kabela na hrvatskom tržištu.

Interni propis proizvođača kabela ELKA može se prihvatiti kao osnova za izradu hrvatske norme.

Potrebno je da Državni zavod za normizaciju i mjeriteljstvo (DZNM) pristupi osnivanju

