

110 kV KABLOVODI

Tipizacija elektroenergetskih naprav

ELES, d. o. o.
Hajdrihova 2,
1000 Ljubljana

Ljubljana, 02.09.2024

Zadeva: Odločba o uporabi dokumenta TIP 02 – KBV/2024 v poslovnih procesih družbe ELES, d. o. o.

Na podlagi internih aktov družbe in dela ožje delovne skupine za tipizacijo elektroenergetskih naprav izdajam

ODLOČBO

o uporabi dokumenta TIP 02 – KBV/2024: Tipizacija elektroenergetskih naprav – 110 kV kablovodi v poslovnih procesih družbe ELES, d. o. o. Ob upoštevanju standardov kakovosti ter z upoštevanjem načel korporativnega upravljanja družbe je dokument treba dopolnjevati in posodabljati v skladu s tehnološkim razvojem in najnovejšim stanjem tehnike na tem področju.

Dostopnost dokumenta zagotovimo z objavo na intranetni strani družbe pod zavihkom INTERNA TIPIZACIJA. Začetek uporabe dokumenta je predviden z dnem objave na intranetni strani.

Direktor družbe:

mag. Aleksander Mervar

PREGLED IZDAJ

Verzija	Opis sprememb	Delovna skupina	Datum izdaje
1/2019	Prva izdaja	Darko Marič, vodja PDS, ELES d.o.o. Rok Judnič, član, ELES d.o.o. Nejc Zima, član, ELES d.o.o. Kostja Skok, član, ELES d.o.o. Boris Županc, član, ELES d.o.o. Janez Hrovat, član, ELES d.o.o. mag. Drago Bokal, koordinator, ELES d.o.o.	24. 07. 2019
2/2024	Druga izdaja	Darko Marič, vodja PDS, ELES d.o.o. Rok Judnič, član, ELES d.o.o. Nejc Zima, član, ELES d.o.o. Boris Županc, član, ELES d.o.o. Janez Hrovat, koordinator, ELES d.o.o. Boštjan Grum, član, Elektro Ljubljana, d.d. Dejan Peklič, član, Elektro Maribor, d.d. Samo Štojs, član, Elektro Gorenjska, d.d. Robert Škof, član, Elektro Celje, d.d. Robert Volk, član, Elektro Primorska, d.d. Tomaž Kožar, član, ELES, d.o.o.	02. 09. 2024

VSEBINA

1	UVOD	5
1.1	SPLOŠNO	5
1.2	NAMEN DOKUMENTA IN PODROČJE UPORABE	5
2	KRATICE	6
3	IZRAZOSLOVJE - JEZIK	6
4	PREDPISI IN STANDARDI	9
5	KABLI - SPLOŠNO	10
5.1	KONSTRUKCIJA ENERGETSKEGA KABLA	13
6	KABLOVODI – POLAGANJE ENERGETSKIH KABLOV	15
6.1	OSNOVNE ZAHTEVE ZA POLAGANJE ENERGETSKIH KABLOV	15
6.1.1	OSNOVNE MERE IN NAČINI POLAGANJA	16
6.1.2	KRIŽANJE KABLOVODA Z OSTALO INFRASTRUKTURO	17
6.2	OSNOVNE ZAHTEVE ZA KABELSKO KANALIZACIJO	17
7	KABELSKI PRIBOR IN OPREMA	18
7.1	KABELSKE SPOJKE	18
7.2	OMARICE ZA PREPLET ZASLONOV	19
7.3	PRENAPETOSTNI ODVODNIKI	20
7.4	KABELSKI KONČNIKI	20
7.4.1	KABELSKI KONČNIKI ZA ZUNANJO MONTAŽO	20
7.4.2	KABELSKI KONČNIKI ZA MONTAŽO NA GIS POSTROJ	21
7.4.3	ÖZEMLJITVE VISOKONAPETOSTNIH ODVODNIKOV NA PREHODU DALJNOVOD – KABLOVOD IN GIS POSTROJ	21
7.4.4	SISTEM ZA NADZOR 110 kV KABLOV	21
8	OZNAČEVANJE KABLOVODOV	22
9	KLJUČNI PODATKI O KABLOVODIH	22
10	OKOLJSKE ZAHTEVE ZA KABLOVODE	23
11	PREIZKUŠANJE KABLOV IN KABLOVODOV	23
11.1	PREIZKUŠANJE KABLA V TOVARNI	24
11.1.1	TIPSKI PREIZKUSI	24
11.1.2	KOSOVNI IN VZORČNI PREIZKUSI	24
11.1.3	PREVZEMNI PREIZKUSI V TOVARNI	24
11.2	PREIZKUŠANJE KABLA – KABLOVODA PO VGRADNJI	25
11.2.1	PRVI PREIZKUSI KABELSKEGA SISTEMA PO VGRADNJI	25
12	TRANSPORT IN SKLADIŠČENJE	26
13	MONTAŽA	26
14	SEZNAM VIROV	27

KAZALO SLIK

Slika 1:	Konstrukcija kabla s kovinskim zaslonom iz Cu žic.....	14
Slika 2:	Konstrukcija kabla s plaščem (v funkciji zaslona) z ravno Al cevjo.	14
Slika 3:	Konstrukcija kabla s plaščem (v funkciji zaslona) z narebreno Al cevjo.	14
Slika 4:	Polaganje kabla v odprt jarek: I.-trikotna, II. horizontalna ravninska in III. vertikalna ravninska razporeditev.....	16
Slika 5:	Večje število kabelskih sistemov v trikotni razporeditvi.	16
Slika 6:	Večje število kabelskih sistemov v horizontalni ravninski razporeditvi.	16

KAZALO RAZPREDELNIC

Tabela 1:	Seznam standardov na področju 110 kV kablovodov.	10
Tabela 2:	Tabela tehničnih podatkov za kable.	10
Tabela 3:	Tabela tehničnih podatkov za kabelske spojke.....	19
Tabela 4:	Tabela tehničnih podatkov za kabelske končnike.	21

1 UVOD

1.1 SPLOŠNO

Tipizacija se uporablja pri načrtovanju, projektiranju, nabavi, gradnji in vzdrževanju 110 kV kablovodov (KBV) v elektroenergetskem omrežju Slovenije.

Za uspešno in učinkovito opravljanje tovrstnih nalog je ključnega pomena vzpostaviti sistem za tipizacijo posamezne opreme, ki bo zagotavljal naslednje kvalitativne in kvantitativne dejavnike vgrajene opreme:

- poenotenje tehničnih značilnosti posamezne opreme,
- vzpostavitev tehničnih kriterijev, ki bodo zagotovili najboljšo možno izbiro dobavljive opreme,
- spremljanje tehnološkega razvoja posamezne opreme z nenehnim izboljševanjem tehničnih kriterijev,
- čim večje poenotenje glede kakovosti vgrajene opreme,
- vzpostavitev izhodišča za vrednotenje učinkovitosti posameznih naprav v njihovi življenjski dobi.

Cilji te dejavnosti so naslednji:

- dvig kakovosti vgrajene opreme,
- poenotenje tehničnih lastnosti posamezne opreme,
- optimiziranje stroškov obratovanja in vzdrževanja,
- poenotenje kriterijev za nabavo posamezne vrste opreme,
- zmanjšanje trajanja postopkov naročanja posamezne opreme,
- prenos znanja na širši krog udeležencev v procesu naročanja,
- izboljšanje dokumentiranosti, preglednosti in sledljivosti pri naročanju posameznih naprav,
- vključevanje zaposlenih s številnimi znanji na tem področju v proces tipizacije in prenosa znanja na ostale zaposlene ter na prihodnje generacije tovrstnih strokovnjakov.

Razvoj elektroenergetskega sistema ter nove zahteve, ki se pred njega postavljajo, so privedle do podrobnejših analiz tako tehnične, stroškovne kot tudi okoljske problematike. Kabli so del elektroenergetskih naprav, ki so zelo pomemben člen pri zagotavljanju zanesljivega in varnega obratovanja vseh delov elektroenergetskega sistema in to od proizvodnje, prenosa, distribucije do uporabnikov.

Zato je nastala potreba po poenotenju in poenostavitvi postopkov naročanja, kar je osnovni cilj pričujočega dela. Zahtevni tehnološki prijemi pri njihovi proizvodnji zahtevajo nenehen stik s tem področjem, ki postaja vse pomembnejši sestavni del elektroenergetskega omrežja Slovenije.

V primeru, da načrtovani kablovodi zahtevajo specifične rešitve (npr. večji prerez, debelina izolacije, plašča ipd.), se lahko od tipizacije odstopi s pridržkom, da se te kable projektno in tehnično ustrezno utemelji.

1.2 NAMEN DOKUMENTA IN PODROČJE UPORABE

Glavni namen pričujočega dokumenta je opredeliti osnovne značilnosti in lastnosti kablovodov, ki so pri nabavi, vgradnji, obratovanju in vzdrževanju odločilnega pomena za kakovost njihovega delovanja v življenjski dobi.

V obravnavani tipizaciji so zajete specifičnosti posameznih področij, ki imajo največji vpliv na zanesljivost delovanja kablovodov. To je s stališča družbe tudi najpomembnejši dejavnik, ki poleg stroškovnih parametrov vpliva na učinkovito in uspešno delovanje slovenskega elektroenergetskega omrežja.

V tem dokumentu so opredeljeni naslednji dejavniki:

- lastnosti okolja, v katerem bodo delovali kablovodi,
- osnovni tehnični parametri kablovodov,
- relevantni standardi in predpisi,
- potrebni preizkusi ob prevzemu in pred začetkom obratovanja,
- pogoji montaže,
- obratovalni pogoji.

Dokument je namenjen strokovnjakom vseh področij pri odločanju o nabavi, vgradnji in obratovanju kablovodov.

2 KRATICE

V tem dokumentu so uporabljene naslednje kratice:

CIGRE	mednarodni svet za velike elektroenergetske sisteme
ELES	ELES d. o. o., operater kombiniranega prenosnega in distribucijskega elektroenergetskega omrežja
EN	evropski standardi (norme)
GIS	s plinom izolirani postroj
IEC	Mednarodna elektrotehniška komisija
IEEE	Inštitut inženirjev elektrotehnike in elektronike
ISO	Mednarodna organizacija za standardizacijo
KBV	kablovod
L	fazni vodnik
PID	projekt izvedenih del
RTP	razdelilna transformatorska postaja
SES	Slovenski elektrotehniški slovar
SIST	Slovenski nacionalni standardi
VN	visoka napetost
XLPE	omreženi polietilen
Cu	baker
Al	aluminij
PE	polietilen

3 IZRAZOSLOVJE - JEZIK

Vsa tehnična dokumentacija, izseki iz katalogov, ilustracije in tiskane specifikacije morajo biti v slovenskem ali slovenskem in angleškem jeziku.

Za sporazumevanje je v vsaki stroki bistvenega pomena izrazoslovje, ki mora enoumno določati pomen posameznih pojmov. V ta namen se uporablja standard SIST IEC 60050(461) Mednarodni elektrotehniški slovar - Poglavje 461: Električni kabli oz. v kolikor uporabljenega pomena ta standard ne določa, so uporabljeni pomeni in razlage iz področnih pravilnikov, prevodov EN ali IEC standardov ali drugih strokovnih publikacij oz. študij.

461 -01: VODNIKI

461-01-01

Vodnik (kabla) - conductor (of a cable)

je del kabla, katerega funkcija je prevajanje električnega toka.

461-01-04

Žila (core)

je osnovni sestavni element kabla. Žilo sestavlja vodnik in ustrezna izolacija.

461-01-07

Večžični vodnik (stranded conductor)

je vodnik iz več žic ali pramenov, od katerih so vsi ali nekateri vijačno sukani.

461-01-14

Kompaktirani vodnik – zgoščeni vodnik (compacted conductor)

je večžični vodnik, pri katerem so vmesni prostori med žicami zmanjšani z mehanskim stiskanjem, vlečenjem, izbiro ustreznega profila žic ali z njihovo ustrezno razporeditvijo.

461-01-15

Segmentni vodnik (milliken conductor)

je vodnik, sestavljen iz več večžičnih profiliranih vodnikov, ki so med seboj delno izolirani.

461 -02: IZOLACIJE

461-02-01

Izolacija (insulation)

je del kabla iz snovi, ki vzdrži napetostne pogoje.

461-02-02

Izolacija vodnika (conductor insulation)

je izolacija, uporabljena na vodniku ali zaslonu vodnika.

461-02-12

Omrežena izolacija (cross-linked insulation)

je izolacija iz termoplastične snovi, kopolimera ali zmesi teh snovi, katerih notranja molekularna struktura se spremeni po obdelavi s kemijskimi reakcijami, npr. z omreženjem ali vulkanizacijo, ali s fizikalnimi postopki, npr. z obsevanjem.

461 -03: ELEKTRIČNI ZASLONI IN OKLEPI

461-03-01

Zaslon (screen)

je prevodna plast ali več prevodnih plasti, katerih funkcija je oblikovati električno polje v izolaciji. Te plasti omogočajo tudi zgladitev površine na mejah izolacije in tako prispevajo k odpravljanju praznin na teh mejah.

461-03-02

Zaslon na vodniku; notranji zaslon (conductor screen)

je nekovinski in/ali kovinski električni zaslon, ki prekriva vodnik.

461-03-04

Oklep (kabela); Zaščitni zaslon (kabela) - shield (of a cable)

je ozemljena kovinska plast okoli žil, ki vzdržuje električno polje v notranjosti kabla oziroma ščiti kabel pred zunanjimi električnimi vplivi.

Opomba: Kovinske obloge, kovinski trakovi, kovinski opleti, oklepi in ozemljeni koncentrični vodniki lahko prav tako služijo kot zaščitni zaslon

461-03-06

Sprijeti zaslon (na žili) (bonded screen)

je zaslon na žili iz ekstrudirane snovi, ki jo je mogoče odstraniti le z uporabo posebnega orodja, topila, segrevanja ali kakršnekoli kombinacije teh sredstev.

461 -05: PREVLEKE IN RAZNI SESTAVNI DELI

461-05-01

Ločilna plast (separator)

je tanka plast, ki preprečuje škodljive medsebojne vplive med sestavnima deloma kabla, npr. med vodnikom in izolacijo ali med izolacijo in plaščem.

461-05-03

Plašč (sheath; jacket (ZDA))

je cevasta, neprekinjena in homogena prevleka iz kovinskega ali nekovinskega materiala, navadno nanešena z ekstrudiranjem.

461-05-04

Zaščitni plašč (oversheath)

je nekovinski plašč na kovinski prevleki, ki zagotavlja zunanjo zaščito kabla.

461 -06: SPLOŠNO O KABLIH

461-06-01

Kabel (cable)

je skupek, ki sestoji iz: ene žile ali več žil, morebitnih lastnih prevlek, morebitne skupne zaščite, morebitnih zaščitnih prevlek. Kabel ima lahko tudi en neizoliran vodnik ali več neizoliranih vodnikov.

461-06-02

Enožilni kabel (single – core cable)

je kabel z eno samo žilo.

461 -14: POVEZOVANJE ZASLONOV (OKLEP – ZAŠČITNI ZASLON)

461-14-01

Enožilni kabli s čvrsto povezanimi zasloni (oklep – zaščitni zaslon/ solidly bonded single-core cable system)

so sistem enožilnih kablov, pri katerem so kovinski zasloni v vsaki žili med seboj električno povezani in ozemljeni na koncih trase in po potrebi tudi na vmesnih točkah.

461-14-02

Posebna povezovanja zaslonov (special bonding of shields)

je metoda spajanja in ozemljevanja kovinskih zaslonov enožilnih kablov, da se zmanjšajo vzdolžni toki v teh zaslonih, ki jih inducirajo toki v vodnikih.

461-14-03

Kabli z izoliranimi zasloni (insulated shield cable system)

so kabelski sistem, pri katerem je kovinski zaslon posameznega kabla izoliran na njegovi celotni dolžini, razen na mestih, kjer je potrebna ozemljitev ali medsebojna povezava zaslonov.

461-14-06

Ozemljitev v eni sami točki (single-point bonding)

je posebno povezovanje zaslonov, pri katerem so vsi trije zasloni kablov osnovnega odseka med seboj neposredno spojeni in ozemljeni v eni sami točki.

461-14-07

Permutiranje; zamenjevanje (cross - bonding)

je posebno povezovanje enožilnih kablov, pri katerem se spoji zaslonov zaporednih osnovnih odsekov med seboj zamenjujejo tako, da vsak zaslonski tokokrog zaporedoma obkroži vse tri fazne vodnike.

461-14-08

Trojno permutiranje; trojno zamenjevanje (sectionalised cross - bonding)

je permutiranje, pri katerem so trije zaporedni osnovni odseki združeni v t. i. trojni odsek. Na koncu vsakega trojnega odseka so vsi trije zasloni neposredno spojeni in so v teh točkah lahko tudi ozemljeni. V dveh vmesnih točkah med osnovnimi odseki so kabli navadno prepleteni in zasloni povezani tako, da vsak zaslonski tokokrog zaseda isto geometrijsko pozicijo v konfiguraciji kablov na celotnem trojnem odseku. Pri dolgih tokokrogih je lahko več trojnih odsekov.

461-14-10

Neprekinjeno permutiranje; neprekinjeno zamenjevanje (continuous cross - bonding)

je permutiranje tokokrogov, daljših od treh osnovnih odsekov, pri katerih so zasloni kablov permutirani in kabli navadno prepleteni in vsakem spoju osnovnih odsekov na celotni trasi kabla. Zasloni so neposredno spojeni in ozemljeni na vseh koncih trase.

121-13: ELEKTRIČNA PREVODNOST

121-13-18

Kožni pojav (skin effect)

pri izmeničnem toku skozi vodnik, je pojav, ko je gostota električnega toka ob površini vodnika večja kot v njegovi notranjosti.

Opomba 1 – Pri kožnem pojavu se upornost vodnika s frekvenco električnega toka povečuje, induktivnost pa zmanjšuje.

Opomba 2 – Kožni pojav je splošno prisoten pri vseh časovno spremenljivih potekih električnega toka skozi vodnik.

Kablovod je podzemni vod, ki obsega kabel ali kable, kabelske spojnice in kabelske glave. Kabelski vod se mehansko in električno začena in zaključuje z zaključnimi kabelskimi glavami..

Kabelski pribor so končniki, konektorji, spojke, kabelski čevlji, tulci, omarice za ozemljitev kabelskih zaslonov, natični pribor, pribor za povezovanje kabelskih zaslonov ter oprema za tesnjenje prehoda skozi steno,

Polprevodna plast (zaslon kabla) je plast, ki je vgrajena med izolacijami zaradi radialnega oblikovanja in omejevanja električnega polja.

Toplotno stabiliziran zasip je zasutje iz materialov, katerih toplotne lastnosti omogočajo boljše odvajanje v kablh proizvedene toplote.

4 PREDPISI IN STANDARDI

Ta dokument se sklicuje na določila, ki so v datiranih ali nedatiranih publikacijah. Pri nedatiranih sklicevanjih se pri uporabi tega dokumenta upoštevajo zadnje veljavne izdaje z vsemi poznejšimi dopolnili in spremembami katerekoli od teh publikacij.

Pri datiranih sklicevanjih velja samo izdaja publikacije, na katero se sklicuje.

Upoštevati je treba vso veljavno zakonodajo v RS, predvsem s področja graditve objektov, varovanja okolja, varstva in zdravja pri delu ter varstva pred požarom.

V skladu z veljavno zakonodajo morajo 110 kV kablovodi ustrezati najmanj standardom, ki jih ta podaja.

Kot splošno veljavni veljajo standardi:

- SIST - Slovenski nacionalni standardi,
- EN - Evropski standardi (CEN, CENELEC, ETSI), ISO - Mednarodne organizacije za standardizacijo,
- IEC - Mednarodne elektrotehniške komisije.

Če v kakšnem primeru ne obstajajo SIST, EN, IEC ali ISO standardi, potem je treba uskladiti rabo ustreznega nacionalnega standarda s priporočili IEEE, CIGRE, VDE ter DIN standardi ali uveljavljenimi dobrimi inženirskimi praksami.

Tabela 1: Seznam standardov na področju 110 kV kablovodov.

Št.	Oznaka	Naslov standarda
1	SIST EN 60228	Vodniki izoliranih kablov
2	SIST EN 60243	Električna trdnost izolacijskih materialov
3	SIST EN 60811	Izolacijski in oblogni materiali električnih in optičnih kablov – Skupne preskusne metode Skupne preskusne metode
4	IEC 60840	Napajalni kabli z ekstrudirano izolacijo in njihovi dodatki za nazivne napetosti nad 30 kV ($U_m = 36$ kV) do 150 kV ($U_m = 170$ kV) - Preskusne metode in zahteve ($U_m = 36$ kV up to 150 kV ($U_m = 170$ kV), preizkusne metode in zahteve
5	SIST EN IEC 62631-2-1	Dielektrične in uporovne lastnosti trdnih izolacijskih materialov - 2-1. del: Relativna dopustnost in faktor razpršitve - Tehnične frekvence (0,1 Hz - 10 MHz) - Metode AC
6	SIST EN IEC 62631-3-1	Dielektrične in uporovne lastnosti trdnih izolacijskih materialov - 3-1. del: Ugotavljanje uporovnih lastnosti (metode z enosmernim tokom) - Prehodna upornost in specifična prehodna upornost - Splošna metoda
7	SIST EN IEC 62631-3-2	Dielektrične in uporovne lastnosti trdnih izolacijskih materialov - 3-2. del: Določanje uporovnih lastnosti (metode DC) - Površinska odpornost in površinska upornost
8	SIST HD 632 S3	Elektroenergetski kabli z ekstrudirano izolacijo in njihov pribor za nazivne napetosti nad 36 kV ($U_m = 42$ kV) in do 150 kV ($U_m = 170$ kV)
9	SIST IEC 60050(461)	Mednarodni elektrotehniški slovar - Poglavje 461: Električni kabli

5 KABLI - SPLOŠNO

Pri izgradnji visokonapetostnih kabelskih omrežij se vgrajujejo kabli glede na zahtevano prenosno zmogljivost (določitev minimalne dopustne obremenitve v realnih pogojih). Vgrajujejo se kabli z izolacijo iz omreženega polietilena (XLPE), katere odlikuje visoka kakovost izdelave, kakovostna izolacija, nizke dielektrične izgube, velike tokovne obremenitve in nezahtevno vzdrževanje.

Tabela 2: Tabela tehničnih podatkov za kable.

POZ	OPIS	EM	ZAHTEVANO
SPLOŠNI PODATKI			
1	Proizvajalec	-	
2	Tipska oznaka	-	
OKOLJE			
3	Nadmorska višina	m	< 1000
4	Najvišja temperatura okolja	°C	40
5	Najnižja temperatura okolja: -za zunanjo opremo	°C	-25
OBRATOVALNI POGOJI			
6	Nazivna napetost:		
	- med vodnikom in opletom (U_0)	kV	64
	- med dvema faznima vodnikoma (U)	kV	110
	- največja obratovalna napetost (U_m)	kV	123
7	Standardna atmosferska zdržna udarna napetost 1,2/50 ms pri 20 °C:		
	- pozitivni val	kV	550
	- negativni val	kV	550
8	Standardna kratkotrajna (enominutna) zdržna napetost	kV	230
9	Nazivna frekvenca	Hz	50
10	Nazivni tok tripolnega kratkega stika (1 s)	kA	50
11	Nazivni udarni tok kratkega stika	kA	125
VODNIK			
12	Material in nazivni presek	mm ²	
13	Oblika vodnika (kompaktirana, segmentirana)		

POZ	OPIS	EM	ZAHTEVANO
14	Zunanji premer vodnika	mm	
15	Število žic vodnika		
16	Premer žice v vodniku	mm	
17	Masa vodnika po dolžini	kg/km	
18	Enosmerna upornost pri 20 °C	Ω/km	
19	Izmenična upornost pri 90 °C	Ω/km	
20	Najvišja obratovalna temperatura vodnika v realnih pogojih obratovanja	°C	≤90
21	Priporočljiva temperatura vodnika	°C	
22	Polprevodni sloj vodnika: - tip in vrsta materiala - najmanjša debelina - maksimalna temperatura obratovanja v realnih pogojih obratovanja	mm °C	
IZOLACIJA VODNIKA			
23	Material		XLPE
24	Najmanjša debelina po obodu	mm	16
25	Vrsta nanosa in hlajenja		
26	Masa izolacije po dolžini	kg/m	
27	Najvišja obratovalna temperatura izolacije v realnih pogojih obratovanja po tej razpisni dokumentaciji ob nazivni obremenitvi	°C	
28	Priporočljiva temperatura izolacije	°C	
29	Najmanjša izolacijska upornost pri 20 °C	Ω/cm	
30	Izolacijska upornost pri 90 °C	Ω/cm	
31	Zaslon izolacije: - material - debelina	mm	
32	Največje dopustno odstopanje izolacije (pogl. 10.6.2)	%	≤8,0 (+ 0 %)
KOVINSKI ZASLON IN KOVINSKA VODNA ZAPORA			
33	Material zaslona		Cu ali Al
34	Število žic in premer vodnika zaslona oz. debelina stene Al plašča	Št. x mm	
35	Število jeklenih cevk za optične vodnike in premer cevk	Št. x mm	min. 2×φ3 mm
36	Nazivni presek zaslona, glede na izračun kratkega stika oz. najmanj	mm ²	Cu 95, Al 200
37	Masa zaslona po dolžini	kg/m	
38	Najvišja obratovalna temperatura zaslona v realnih pogojih obratovanja	°C	80
39	Najvišja dovoljena temperatura zaslona pri kratkostičnem toku 1 s	°C	po IEC 60840
40	Največji dovoljeni tok kratkega stika v zaslonu kabla v času 1 s pri adiabatnem segrevanju (pri izračunu se upoštevajo samo bakreni vodniki-žice zaslona kabla, v izračunu ni dovoljeno upoštevati ostalih kovinskih plasti kabla)	kA	Glede na izračun kratkostičnih razmer
41	Enosmerna upornost pri 20 °C	Ω/m	
42	Izmenična upornost pri 90 °C	Ω/m	
43	Material kovinske vodne zapore in debelina	mm	Al
PLAŠČ KABLA IN CELOTNI KABEL			
44	Material		PE ST 7
45	Debelina	mm	min. 4
46	Prevodna zunanja plast plašča, nanesena istočasno z ekstrudacijo	da/ne	da
47	Masa plašča po dolžini	kg/m	
48	Skupni zunanji premer kabla	mm	
49	Masa kompletnega kabla na enoto dolžine	kg/m	
50	Najmanjši dovoljeni radij krivljenja	m	
ELEKTRIČNI PODATKI IN ZAHTEVE			

POZ	OPIS	EM	ZAHTEVANO
51	Zdržna napetost pri udaru z napetostnim valom oblike (1,2/50 us) skladno z IEC 60840: - pozitivni val (10×) - negativni val (10×)	kV kV	550 550
52	Preizkus vzdržne napetosti industrijske frekvence – 15 minut pri 20 °C	kV	
53	Preizkus parcialnih praznjenj pri 1,5 U_0 .	pC	<5
54	Preizkus vzdržne napetosti industrijske frekvence – preizkus kablanskega plašča pri 20 °C	kV	
55	Minimalna dopustna obremenitev v realnih pogojih	A	
56	Prenosna moč kabla (trifazno), glede na zahtevano prenosno zmogljivost objekta oz. najmanj	MVA	
57	Dopustni enosekundni kratkostični tok vodnika (tripolni kratki stik) po trajni obremenitvi	kA	
58	Največja poljska jakost na vodniku pri U_0	kV/mm	
59	Največja poljska jakost na zaslonu pri U_0	kV/mm	
60	Delovna kapacitivnost (po fazi)	μF/km	
61	Polnilni tok pri U_0 (po fazi)	A/km	
62	Polnilna moč	kvar/km	
63	Skupne izgube v trikotni razporeditvi (trifazno)	kW/km	
64	Delovna induktivnost v trikotni razporeditvi	mH/km	
65	Pozitivna/negativna impedanca pri trikotni razporeditvi	Ω/km	
66	Nična impedanca pri trikotni razporeditvi	Ω/km	
67	Največji $\tan \delta$ pri U_0 in 20 °C	$\times 10^{-4}$	
68	Največji prirastek $\tan \delta$ med 0,5 U_0 in 2 U_0 pri 20 °C	$\times 10^{-4}$	
69	Dielektrične izgube: - največji $\tan \delta$ pri 20 °C - največji $\tan \delta$ pri 90 °C - največji $\tan \delta$ pri U_0	$\times 10^{-4}$ $\times 10^{-4}$ $\times 10^{-4}$	<10 <10 <10
70	Minimalna dopustna obremenitev kabla pod standardnimi pogoji: - najvišja temperatura vodnika - temperatura zemlje - temperatura zraka - kabel položen v zemljo - kabel v zraku - kabel v kabelskem kanalu	°C °C °C A A A	
71	Dopustna obremenitev kabla, položenega v zemljo (priložiti mejne krivulje odvisnosti toka od temperature)		
NEELEKTRIČNI PODATKI IZOLACIJE			
72	Toplotna distorzija izolacije		
73	Absorpcija vlage v izolaciji		
74	Krčenje izolacije		
75	Gostota omreženega polietilena	g/cm ³	
76	Temperatura zmečkanja izolacije	°C	
77	Specifična toplotna upornost	mK/W	
78	Trdota		
79	Natezna trdnost	N/cm ²	
80	Proizvajalec optičnih vodnikov		
81	Število cevok z optičnimi vlakni	Št.	min. 2
82	Tip in število vlaken v posamezni cevki		
83	Cevka 1	Tip/št.	
84	Cevka 2	Tip/št.	
85	Cevka n	Tip/št.	

POZ	OPIS	EM	ZAHTEVANO
86	Dokument teh. specifikacije optičnih vodnikov v cevki 1	Oznaka dokum.	
87	Dokument teh. specifikacije optičnih vodnikov v cevki 2	Oznaka dokum.	
88	Dokument teh. specifikacije optičnih vodnikov v cevki n	Oznaka dokum.	
DOBAVA KABLA			
89	Tipski preizkusni protokoli		morajo biti priloženi
90	Najmanjša in največja dolžina kabla na bobnu	m	
91	Dimenzije bobna (premer in širina)	m	
92	Transportna masa bobna z navitim kablom	kg	
93	Material bobna		kovina
94	Zaščita kabla na bobnu		lesena obloga
95	Upogibni radij na bobnu	m	
96	Dovoljena natezna sila ob montaži: - na vodniku - na kabelski vlečni sponki	N	

5.1 KONSTRUKCIJA ENERGETSKEGA KABLA

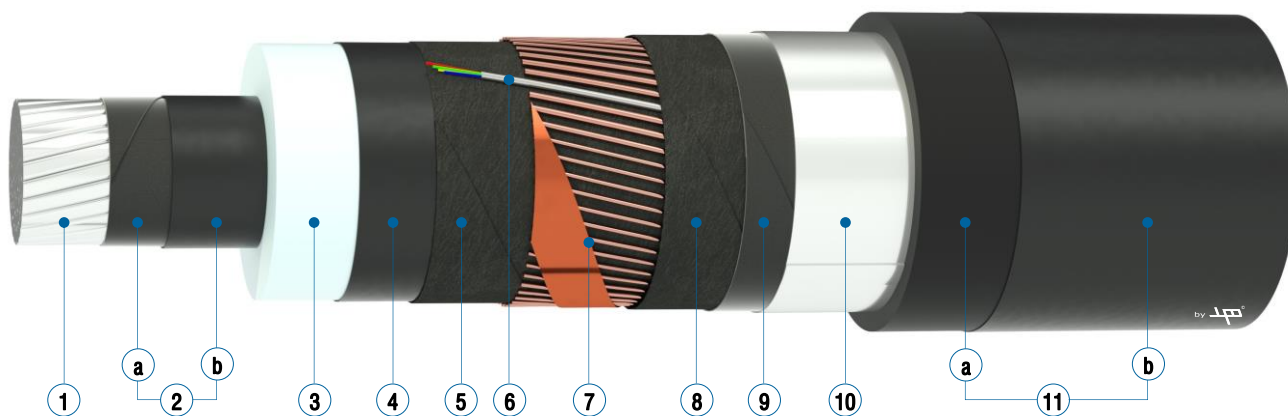
Visokonapetostni kabel z opremo mora biti izdelan v skladu z najnovejšimi izdajami IEC publikacij in standardov ali po ekvivalentnih mednarodnih in nacionalnih standardih, ki se nanašajo na kable z izolacijo iz omreženega polietilena (XLPE) izdelano po postopku trojne sočasne ekstruzije.

Izbran in položen mora biti tako da brez posledic prenese trenutne prenapetosti (stikalne ali atmosferske), nihanja bremena, napak in podobno, ki jih lahko normalno pričakujemo na mestu, kjer bo vgrajen.

Lastnosti kablov z izolacijo iz umetnih mas so odvisne od tehnologije izdelave in kabelske konstrukcije, pri čemer ima vsak sestavni element kabla posebej določeno vlogo pri zagotavljanju električnih in mehanskih lastnosti kabla.

Enožilni kabel sestavljajo naslednji deli:

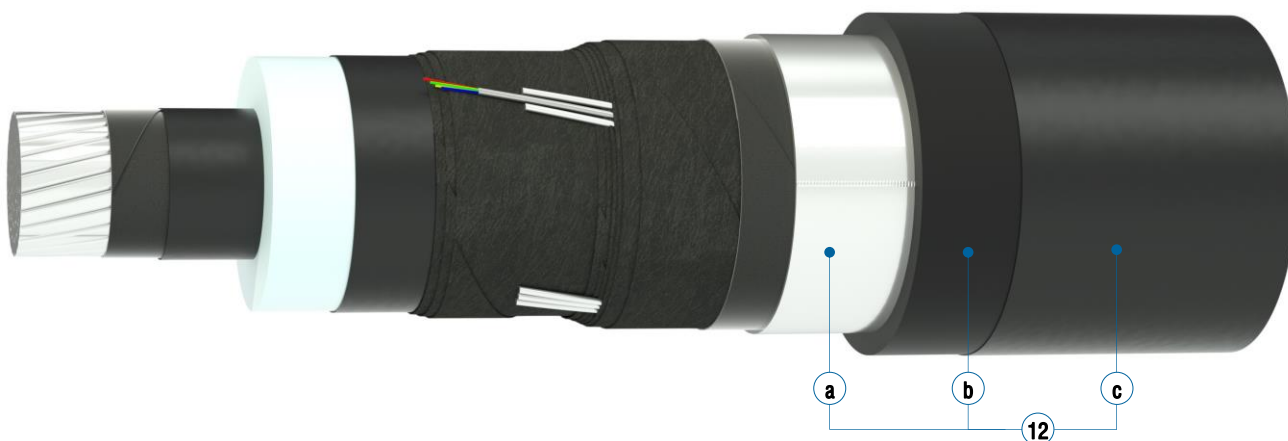
1. vodnik z vzdolžno vodno zaporo
2. zaslon vodnika – notranji zaslon
 - a) ločilna plast (polprevodni ovoj)
 - b) termoplastični polprevodni sloj
3. izolacija vodnika
4. sprijeti zaslon (polprevodni)
5. vzdolžna vodna zapora kabla (podložni sloj)
6. cevka z optičnimi vlakni za diagnostiko
7. kovinski zaščitni zaslon iz Cu žic
8. vzdolžna vodna zapora kabla (prekrivni sloj)
9. ločilna plast (polprevodni ovoj)
10. prečna (radialna) vodna zapora iz Al traku
11. plašč kabla:
 - a) polietilen (PE)
 - b) polprevodni sloj



Slika 1: Konstrukcija kabla s kovskim zaslonom iz Cu žic.

12. plašč:

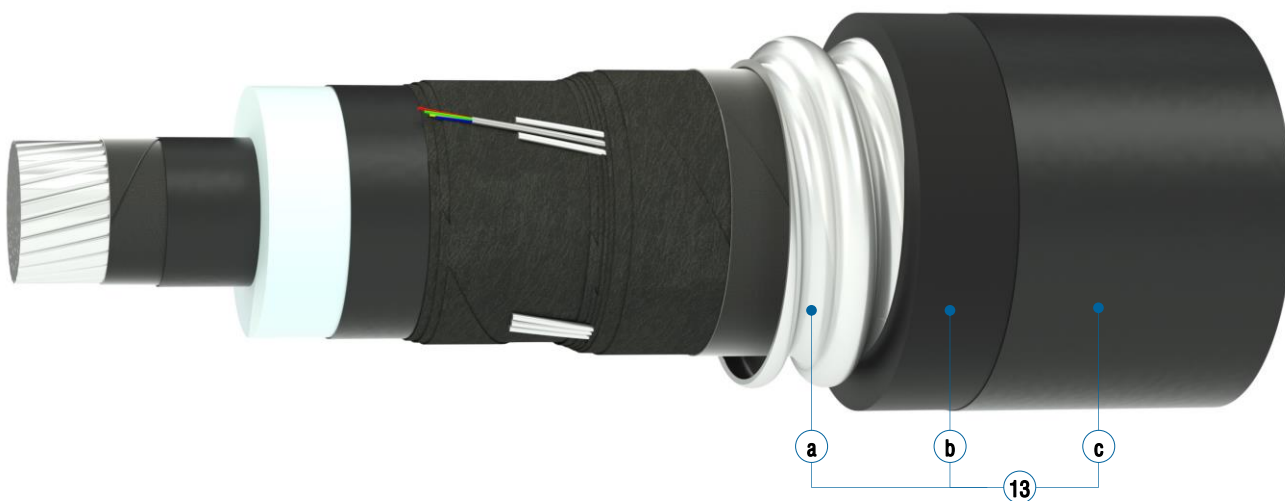
- a) ravna aluminijasta cev
- b) polietilen (PE)
- c) polprevodni sloj



Slika 2: Konstrukcija kabla s plaščem (v funkciji zaslona) z ravno Al cevjo.

13. plašč:

- a) narebrena aluminijasta cev
- b) polietilen (PE)
- c) polprevodni sloj



Slika 3: Konstrukcija kabla s plaščem (v funkciji zaslona) z narebreno Al cevjo.

Vodnik kabla je razreda II, kompaktni, okrogle oblike izdelan po standardu SIST EN 60228 in je lahko iz bakra ali aluminija. Površina vodnika mora biti brez znatnih vdolbin in izbokin, kar je predpogoj za enakomerno porazdelitev električnega polja v izolaciji vodnika. Segmentni vodniki se od določenih presekov uporabljajo z namenom zmanjšanja kožnega pojava v vodnikih. Vodnik ima vgrajeno vzdolžno vodno zaporo.

Zaslon vodnika oz. notranji zaslon je v stiku z vodnikom sestavljen iz ovitja polprevodnega traku nanj je v fazi trojne sočasne ekstruzije vgrajen termoplastični polprevodni sloj.

Zaslon vodnika (polprevodni termoplast) in sprijeti zaslon (izolacije) zagotavljata homogeno porazdelitev električnega polja v izolaciji vodnika na prehodu iz vodnika in ob kovinskem zaslonu.

Polprevodni termoplast mora biti iz omreženega polietilena, ki je kompatibilen z izolacijo vodnika.

Izolacijo vodnika odlikuje visoka dielektrična in termična stabilnost. Biti mora popolnoma homogena, izdelana s predpisanimi odstopanji debeline in t.i. stopnje "super čista" oziroma tej ekvivalentna ali boljša.

Izolacija je izdelana s postopkom trojne sočasne ekstruzije v posebno čistem okolju tako, da je v fazi izdelave in ohlajanja zagotovljena kakovost vseh ekstrudiranih plasti ter stikov med njimi. Minimalna debelina izolacije je 16 mm.

Postopek ekstruzije mora imeti kontinuiran nadzor debeline izolacije in plašča za celotno dolžino dobavljenega kabla, podatki o meritvah izolacije v postopku ekstruzije pa morajo biti shranjeni pri proizvajalcu in morajo biti na zahtevo dostopni.

Kovinski zaslon kabla mora biti narejen iz bakrenih vodnikov. Dimenzioniran mora biti za kratkostični tok enopolnega zemeljskega kratkega stika, ki se izračuna za vsak objekt posebej v času izdelave projektne dokumentacije.

Vzdolžna zaščita kabla pred prodiranjem vode sočasno služi tudi kot zaščita kabla pred neželenimi mehanskimi vplivi žičnih zaščitnih zaslonov in/ali cevki na ostale sestavne dele kabla in mora biti realizirana v obliki posebnih polprevodnih trakov iz vlaknovine obdelane s hidrofilnimi polimeri, ki ob stiku z vodo nabreknejo v hidrogel.

Prečno (radialno) vodno zaporo sestavlja pregrada iz aluminija. V primeru kablov s Cu žičnim zaščitnim zaslonom je ta tanjša in zaključena z lepljenim prekritjem robov, v primeru kabla s plaščem z Alu cevjo (ravno ali narebreno) je ta debelejša in odvisna od zahtevanega preseka zaščitnega zaslona.

Ločilne plasti so v obliki ovitij iz polprevodnih trakov in imajo nalogo zaščititi sestavo kabla pred medsebojnimi mehanskimi vplivi med sestavnimi sloji kabla. Ločilne plasti preprečujejo škodljivo lepljenje med sloji in zagotavljajo nadzorovane drsne stike med sloji v fazi montaže.

6 KABLOVODI – POLAGANJE ENERGETSKIH KABLOV

Kabli naj se polagajo po načelu »po najbližji poti« ob upoštevanju rezultatov okoljske in ekonomske analize.

6.1 OSNOVNE ZAHTEVE ZA POLAGANJE ENERGETSKIH KABLOV

Obstaja več načinov polaganja 110 kV kablov, med katerimi je najpogostejše polaganje kablov direktno v izkopen jarek. Izvedeno je po postopku odprtega kopa, kar je najpogostejše uporabljena metoda polaganja kablov, saj zagotavlja najoptimalnejše obratovalne pogoje. Vsako odstopanje od teh pogojev, kot je npr. križanje z drugimi infrastrukturnimi objekti zahteva uporabo druge, primernejše metode. Obvezna je uporaba opreme za kontinuirano spremljanje vlečne sile pri polaganju kabla.

Tereni, ki so v osnovi neprimerni za polaganje kablov se morajo z različnimi metodami obdelati tako, da se kabli lahko primerno položijo in zaščitijo pred možnimi poškodbami.

Izogibati se je treba plazovitih terenov s problematično geološko sestavo in se v takih primerih zateči k uporabi podvrtavanja obstoječih infrastruktur (ceste, avtoceste s tuneli, itd.). Težave nastopijo zaradi velikih nateznih sil, ki se lahko pojavijo v primeru, da zemljino odnaša točkasto na določenem odseku.

Na terenih, kjer trasa poteka pod močnim naklonom ali na trasi, kjer obstaja nevarnost posedanja, je treba kable razbremeniti pred vplivom lastne teže in zemlje, v katero so položeni. Na takih terenih se kabel polaga vijugasto od enega roba kablanskega jarka do drugega tako, da se prepreči povečevanje vzdolžnih nateznih napetosti ob morebitnem posedanju terena. Posteljica naj bo izdelana iz zdrobljenega apnenčevega ali kremenčevega peska.

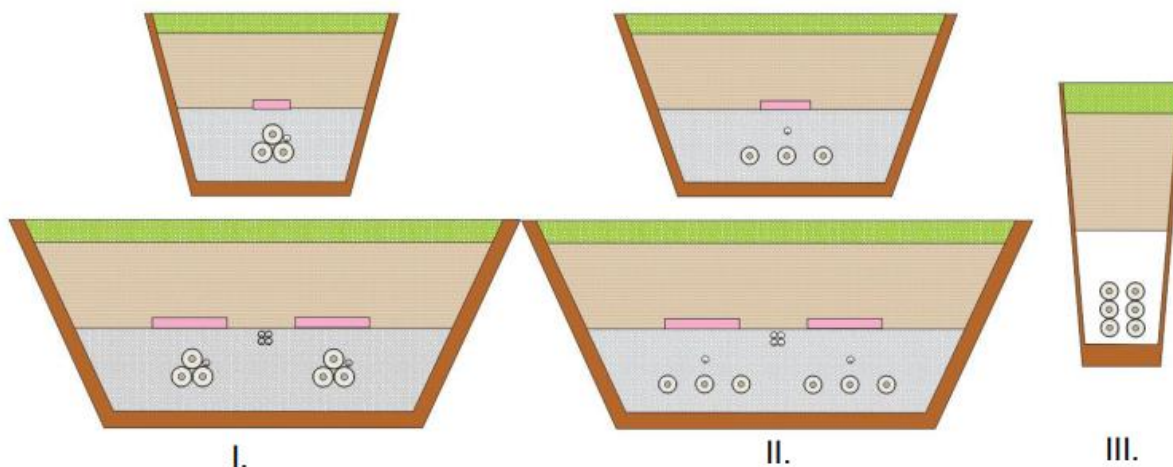
Kabelski jarek je treba na nagnjenih terenih na kritičnih mestih dodatno zavarovati pred izpiranjem posteljice kabla.

Kjer je treba premostiti velike višinske razlike na zelo kratki trasi, se uporabi polaganje v jaške ali na stebre. Kable je treba z objemkami pritrditi na steno jaška ali kovinsko ogrodje. V primeru instalacije več sistemov se kable posameznih sistemov medsebojno zaščiti s pregradami. Tak način polaganje se uporablja bodisi v elektrarnah, RTP ali na prehodih med kablovodi, daljnovodi in RTP-ji. Pri navpičnem polaganju v jaških ali na stebrih je treba kable pritrditi na razdalji, ki ni večja od 2 m. Upoštevati je treba določila za polaganje v jaške.

6.1.1 OSNOVNE MERE IN NAČINI POLAGANJA

6.1.1.1 Polaganje kablov v zemljo

Najpogostejši način polaganja je polaganje v odprt kabelski jarek. Pri tem sta najpogostejši razporeditvi trikotna in horizontalna ravninska. Vertikalna ravninska razporeditev se uporablja le pri kablovodih, kjer ni na razpolago dovolj širokega koridorja za polaganje vseh sistemov v isti ravnini. Razporeditve kablov pri polaganju v odprt kabelski rov kaže Slika 4.



Slika 4: Polaganje kablov v odprt jarek: I.-trikotna, II. horizontalna ravninska in III. vertikalna ravninska razporeditev.

Izgube v vodniku, ki nastopijo zaradi induktivnosti med faznimi vodniki je treba omejiti. V primeru polaganja kablovoda ki ga sestavlja večje število enožilnih kablov, je treba zagotoviti, da je induktivnost paralelno potekajočih kablov, ki pripadajo isti fazi čim bolj enaka, da ne prihaja do razlik med tokovi v kablji, ki pripadajo isti fazi. Kable različnih faz se med seboj poveže v posamezne sisteme, tako da je razmik med kablji enega sistema manjši od razmika med kablji različnih sistemov. Razdalja med posameznima sistemoma mora biti približno dvakrat večja od razdalje med kablji, ki pripadajo istemu sistemu.

V primeru polaganja večjega števila sistemov v trikotni razporeditvi se naj uporablja naslednja razporeditev (Slika 5), kjer črke (A, B, C) predstavljajo razporeditve kablov, ki pripadajo posameznim fazam.



Slika 5: Večje število kabelskih sistemov v trikotni razporeditvi.

Razporeditev večsistemskih kablovodov v horizontalni ravninski razporeditvi prikazuje Slika 6



Slika 6: Večje število kabelskih sistemov v horizontalni ravninski razporeditvi.

Pri razporeditvi, kjer je zaporedje faz v vseh sistemih enako (ABC ABC ABC), se poleg medsebojnih induktivnosti med posameznimi fazami razlikujejo tudi medsebojne induktivnosti med kablji, ki pripadajo isti fazi, zato je ta razporeditev manj primerna.

6.1.1.2 Polaganje kablov v jaške

Pri premostitvah velikih višinskih razlik na kratkih razdaljah se večinoma uporabi polaganje v vertikalne jaške. Tak način se uporablja zlasti pri objektih, kot so elektrarne, RTP ali na prehodih med kablovodom in daljnovodom ali uvodih kablovodov v RTP. Kable je treba pritrditi na stene ali kovinsko ogrodje s posebnimi objemkami iz umetnih mas z gumi vložki in ustrezno naležno dolžino. V primeru instalacije večjega števila sistemov se kable posameznih sistemov med seboj zaščiti s pregradami.

Pri vertikalni namestitvi v jaških je treba objemke namestiti na takih razdaljah, da je deklarirana ali izmerjena izvlečna sila vsaj $2 \times$ večja od teže kabla med objemkami. Pri daljših odsekih je treba izvesti ukrepe za kompenzacijo temperaturnih raztezkov s fleksibilnim vpetjem kabla ali z dodanimi blagimi zavoji kablovoda iz osi trase.

Izvedba pokrovov jaškov mora biti takšna, da je onemogočen padec pokrova na kable v jašku.

6.1.1.3 Zahteve pri polaganju kablov v prostorih v ravninski razporeditvi

Pri polaganju kablov v ravninski razporeditvi na tla/police ali jaške je treba kable posameznih faz pritrditi na tla oziroma police z objemkami na dolžinah v odvisnosti od velikosti kratkega stika.

Najmanjša razdalja med kablji posameznih faz mora biti večja od premera kabla.

Pri polaganju večjega števila sistemov v vertikali na police je najmanjša dovoljena višinska razdalja med policami 25 cm.

6.1.1.4 Zahteve pri polaganju kablov v prostorih v trikotni razporeditvi

Pri polaganju kablov v trikotni formaciji na tla je treba kable posameznih faz med seboj na ravnih odsekih in krivinah povezati na dolžinah v odvisnosti od velikosti kratkega stika. Na začetku in koncu trase pa je treba tako oblikovan trojček dodatno pritrditi na tla z objemko.

Enako velja za polaganje kablov v trikotni razporeditvi na police, pri čemer se tako oblikovan trojček na vsakih 6 m pritrdi na polico s trakovi ali objemkami.

Najmanjša razdalja med dvema sistemoma položena v trikot mora biti enaka dvakratnemu premeru kabla.

Pri polaganju večjega števila sistemov v vertikali na police je najmanjša dovoljena višinska razdalja med policami 50 cm.

6.1.2 KRIŽANJE KABLOVODA Z OSTALO INFRASTRUKTURO

Pri križanju kablovoda z ostalo infrastrukturo ali objekti je treba upoštevati določila Pravilnika o tehničnih pogojih za graditev podzemnih elektroenergetskih vodov izmenične nazivne napetosti nad 1 kV do 400 kV.

Na mestih križanj z ostalimi infrastrukturnimi vodi se večinoma uporablja metoda horizontalnega podvrtavanja.

Poleg večje globine je treba upoštevati tudi vplive ostalih infrastrukturnih vodov.

Glavni dejavniki povečanja temperature so predvsem križanja z različnimi tujimi toplotnimi viri, med katerih izstopa daljinsko ogrevanje in kablovodi ostalih omrežij. Upoštevati je treba tudi betonske oz. asfaltne prevleke, ki bistveno spremenijo način odtekanja padavinskih voda in s tem vplivajo na vsebnost vlage v zemljini. Na mestih, kjer so bila zaradi predhodnih gradbenih del izvedena večja izkopavanja, je treba upoštevati možnost velikih razlik v sami sestavi zemljine. Če zaradi tehnične zahtevnosti posega ni mogoče izpolniti zahtevane vrednosti toplotne upornosti, je treba izbrati kabel večjega prereza.

6.2 OSNOVNE ZAHTEVE ZA KABELSKO KANALIZACIJO

Kabelska kanalizacija se izdeluje s PE cevmi. Jeklene cevi se uporabljajo le za zaščito kablov pri križanju z visokotlačnim cevovodom, mostnih konstrukcijah, telefonskih vodih ali pri možnih pogostih mehanskih okvarah kabla, sicer pa njihova uporaba ni priporočljiva. Minimalni nazivni notranji premer cevi mora biti vsaj 1,5 krat večji od premera kabla.

V fazi načrtovanja kablovoda je treba poskrbeti za ustrezno ščitenje kablov pred zunanjimi vplivi. Kable lahko ščitimo posredno ali neposredno.

Posredno ščitenje kablovodov obsega označevanje kablov z RFID markerji ki se jih vgrajuje v zasip kabelskih jarkov. Markerje je treba v zemljini ustrezno pritrditi - sidrati. Maksimalna globina vgradnje markerja mora biti skladna z navodili proizvajalca

Posrednemu ščitenju sledijo označbe znotraj same zemljine, kjer se pri polaganju visokonapetostnih kablov položijo trakovi z označbo prisotnosti kabla. Trakovi so t.i. drugi nivo ščitenja kabla pri polaganju. Tako se oseba, ki posega v zemljino nad kablom, zave neposredne nevarnosti in bližine VN kabla.

Opozorilni napisi, ki se uporabljajo pri polaganju 110 kV kablov naj vsebujejo oznako »POZOR ELEKTROENERGETSKI KABEL« z dodatno risbo, ki nakazuje na hipno smrt v primeru dodatnega približevanja.

V primeru direktnega polaganja kabla v kabelsko (peščeno) posteljico se nad kable, neglede na razporeditev polaganja in število sistemov, položijo armirano-betonske plošče. Plošče se položijo nad končno zasutje posteljice (nad geo-tekstilni ovoj če je ta prisoten) kot neposredna zaščita kablov.

7 KABELSKI PRIBOR IN OPREMA

Dobavitelj je dolžan sam zagotoviti vsa potrebna sredstva za delo skladno z veljavno zakonodajo (specialna in montažna orodja, pripomočke, zaščitna sredstva, potrošni material).

7.1 KABELSKE SPOJKE

Kabelske spojke morajo biti izdelane za enožilne XLPE kable in morajo ustrezati konstrukciji dobavljenih kablov.

Zahteva se predfabricirana izvedba spojk.

Spojke morajo zdržati vse predvidene mehanske, termične in električne obremenitve, do katerih lahko pride na mestu vgradnje.

Kabelske spojke morajo omogočati direktno zasutje z zasipnim materialom, v katerem bo potekala kabelska zveza kakor tudi namestitvev v kabelskih jaških.

Zunanji plašč spojke mora biti mehansko in kemično odporen na zasipni material. Konstruirana mora biti tako, da bo preprečen kakršen koli vdor vode v kabel oziroma razširjanje vlage vzdolž notranjosti kabla.

Glavna izolacija vodnika mora biti izvedena iz trdnega materiala. Spojke s tekočim ali plinastim izolacijskim medijem niso dovoljene.

Kabelska spojka mora v zgoraj navedenih pogojih namestitve omogočati prenos energije brez prekomernega segrevanja ali zahtev po dodatnih ukrepih hlajenja.

Sama toplotna prevodnost spojke mora biti čim bližje toplotni prevodnosti kabla.

Konstrukcija kabelskih spojk mora biti takšna, da bo na tem mestu možen preplet zaslonov kablov v omarici, nameščeni v podzemnem kabelskem jašku v neposredni bližini spojk.

Tip kabla za povezavo med kabelsko spojko in omarico za preplet zaslonov mora biti prilagojen tipu kabelske spojke.

Tabela 3: Tabela tehničnih podatkov za kabelske spojke.

POZ	OPIS	ENOTA	ZAHTEVANO
OSNOVNI PODATKI			
1	Proizvajalec		
2	Tipaska oznaka		
3	Nazivna napetost:		
	- med vodnikom in ozemljenimi deli	kV	64
	- med dvema faznima vodnikoma (U)	kV	110
	- največja obratovalna napetost (U _m)	kV	123
4	Zdržna napetost pri udaru z napetostnim valom oblike (1,2/50 us) skladno z IEC 60840:		
	- pozitivni val	kV	550
	- negativni val	kV	550
5	Standardna kratkotrajna (enominutna) zdržna napetost	kV	230
6	Nazivna frekvenca	Hz	50
7	Nazivni tok kratkega stika (1 s)	kA	≥50
8	Nazivni udarni tok kratkega stika	kA	
9	Minimalna dopustna obremenitev v realnih pogojih	A	
KONSTRUKCIJSKE ZNAČILNOSTI			
10	Tip spoja vodnika kabla		
11	Material spojke vodnika		
12	Maksimalna natezna sila spoja	N	
IZOLACIJA			
13	Material		
14	Debelina (minimalna)	mm	
15	Najvišja obratovalna temperatura izolacije v realnih pogojih namestitve po tej razpisni dokumentaciji	°C	
16	Najvišja dovoljena obratovalna temperatura vodnika	°C	
IZOLACIJA			
17	Material		
18	Debelina	mm	
19	Najvišja dovoljena temperatura plašča v realnih obratovalnih pogojih	°C	
DIMENZIJE IN TEŽA KABELSKE SPOJKE			
20	Maksimalni premer	mm	
21	Dolžina	mm	
22	Skupna masa kabelske spojke	kg	
OPREMA SPOJKE ZA SPAJANJE OPTIČNIH VLAKEN			
23	Proizvajalec opreme za spajanje optičnih vlaken		
24	Tipaska oznaka kompleta za spajanje optičnih vlaken		
25	Dokument teh. specifikacije kompleta za spajanje optičnih vlaken (obvezna priloga)	Oznaka dokum.	
OSTALE ZAHTEVE			
26	Tipski preizkusni protokoli		morajo biti priloženi

7.2 OMARICE ZA PREPLET ZASLONOV

Omarice za preplet zaslonov kablov morajo biti kovinske iz nerjavnega materiala izbranega glede na izpostavljenost vplivom okolice.

V omarici mora biti nameščena oprema za preplet zaslonov (izolatorji in bakrene zbiralke) in prenapetostni odvodniki.

Omarica mora biti primerna za preplet zaslonov enega kabelskega sistema.

Omarica mora biti takšne izvedbe, da bo omogočen dostop do prenapetostnih odvodnikov in v omarici nameščene ostale opreme za namen obdobjih pregledov, preskušanja odvodnikov in plašča 110 kV kabla.

Stopnja zaščite omarice pred vdorom trdih delcev in tekočin mora biti IP67.

Kabelske uvodnice morajo biti usklajene oziroma primerne za tip kabla, ki bo dobavljen skupaj s kabelsko spojko.

7.3 PRENAPETOSTNI ODVODNIKI

Za dimenzioniranje prenapetostnih odvodnikov za ščitenje zaslonov, je treba za vsak objekt posebej določiti parametre in način izvedbe ščitenja pri pooblašeni instituciji.

7.4 KABELSKI KONČNIKI

7.4.1 KABELSKI KONČNIKI ZA ZUNANJO MONTAŽO

Kabelski končniki morajo biti izdelani za enožilne XLPE kable in morajo ustrezati konstrukciji dobavljenih kablov. Zdržati morajo vse predvidene mehanske, termične in električne obremenitve, do katerih lahko pride na mestu vgradnje. Biti morajo predfabricirane zunanje izvedbe, samostojno stoječi, s sredico (nosilnim delom) iz kompozitnih materialov (armirani poliestri ali epoksidne smole) in z izolatorjem iz silikonske gume.

Silikonska izolacija mora biti ulita iz enega kosa, na površini mora biti hidrofobična in odporna na UV žarke. Prenesti mora vse atmosferske vplive.

Končniki morajo biti samostojno in brez opor primerni za namestitev v položaj, ki je do 30° nagnjen od vertikalnega položaja.

Ostali sestavni deli oziroma materiali morajo biti odporni na vse zunanje vplive okolice, v kateri bodo vgrajeni. Biti morajo mehansko in kemijsko odporni na vse atmosferske in ostale vplive, ki se lahko pojavijo na mestu vgradnje.

Plazilna razdalja mora biti v skladu z zahtevami v tabelah tehničnih podatkov in pripadajočimi standardi IEC.

Električni priključki morajo biti sorniške oblike ustreznih dimenzij za predvidene tokovne obremenitve in iz aluminija oziroma iz Al legure.

Kabelski končniki morajo biti dobavljeni kompletno s podpornimi izolatorji za izolacijo zaslona od podstavka.

Kabelski konektorji ne smejo vsebovati plina ne manometrov za signalizacijo tlaka.

Dobavitelj mora dobaviti ves potreben material za pravilno montažo kabelskih končnikov na kable. Ponudba mora obvezno vsebovati merske skice in detajlne risbe, vse tehnične podatke, natančen seznam vseh potrebnih orodij in materiala ter navodila za montažo.

Ves vijačni material na kabelskih končnikih za galvanske povezave mora biti iz nerjavnega materiala (najmanj A2-80). Pri vseh vijačnih zvezah iz nerjavnega materiala je potrebno uporabljati "anti sieze" montažno pasto in skrbeti za popolno čistočo vseh dotičnih površin.

Vijačni material za konstrukcije mora biti iz vroče cinkanega jekla ali izjemoma nerjavnega materiala.

Pri zunanji montaži je strogo prepovedana uporaba galvaniziranih vijakov in vijačnega materiala!

Tabela 4: Tabela tehničnih podatkov za kabselske končnike.

POZ	OPIS	ENOTA	ZAHTEVANO
OSNOVNI PODATKI			
1	Proizvajalec		
2	Tipska oznaka		
3	Izvedba kabselskega končnika (suha, z izolacijsko tekočino)		
4	Nazivna napetost: - med vodnikom in ozemljenimi deli - med dvema faznima vodnikoma (U) - največja obratovalna napetost (U_m)	kV kV kV	64 110 123
5	Standardna atmosferska zdržna udarna napetost 1,2/50 μ s pri 20°C: - pozitivni val - negativni val	kV kV	550 550
6	Standardna kratkotrajna (enominutna) zdržna napetost	kV	230
7	Nazivna frekvenca	Hz	50
8	Nazivni tok glede na zahtevano prenosno zmogljivost objekta oz. najmanj	A	
9	Nazivni tok kratkega stika (1 s)	kA	≥ 50
10	Nazivni udarni tok kratkega stika	kA	
KONSTRUKCIJSKE ZNAČILNOSTI			
11	Maksimalna prelomna sila	N	
12	Maksimalna torzijska sila	N	
13	Izolacijski material		
14	Primarni priključki		Al sornik $\phi \dots$
15	Dopustni nagib od vertikalnega položaja		$\leq 30^\circ$
DIMENZIJE IN MASA			
16	Maksimalni premer	mm	
17	Plazilna razdalja	mm	min. 2460
18	Skupna masa ene glave	kg	
19	Višina	mm	
20	Širina	mm	
21	Dolžina	mm	

7.4.2 KABELSKI KONČNIKI ZA MONTAŽO NA GIS POSTROJ

Ta del je obdelan v tipizaciji TIP 04 – GIS/2021.

7.4.3 OZEMLJITVE VISOKONAPETOSTNIH ODVODNIKOV NA PREHODU DALJNOVOD – KABLOVOD IN GIS POSTROJ

Glej dokument Smernice za ozemljitev prenapetostnih odvodnikov na prehodih 110 kV kabla v nadzemni vod in GIS postroj (november 2017, dr. Robert Maruša, dipl. inž. el.).

7.4.4 SISTEM ZA NADZOR 110 kV KABLOV

Sistem za nadzor 110 kV kabla (cable monitoring system) je sestavljen iz optičnih vlaken, vgrajenih v sam 110 kV kabel in terminalske opreme, vključno z ustrezno programsko opremo in mora omogočati:

- meritve temperature 110 kV kabla,
- nadzor mehanskih obremenitev kabla (vibracij),
- detektiranje in lociranje električnih in mehanskih poškodb kabla.

Za zgoraj navedene funkcije mora imeti 110 kV kabel vgrajeno ustrezno število optičnih vlaken v zaslon kabla. Za vsako optično vlakno naj bo vgrajeno še redundantno optično vlakno. Redundantna optična vlakna morajo biti vgrajena v ločenih kovinskih cevkah.

Ob kovinski cevki za optična vlakna mora biti nameščen vodnik zaslona z večjim presekom od ostalih vodnikov zaslona za zaščito pred mehanskimi poškodbami optičnih vlaken v času polaganja 110 kV kabla. Optična vlakna morajo ustrezati standardu ITU-T-G 652D.

Oprema za povezave optičnih vlaken med spojkami in pri končnih na zemeljski optični kabel mora biti neprevodna za zemeljske tokove in predvidena za uporabo na prostem ali pod zemljo (IP 67 ali več).

8 OZNAČEVANJE KABLOVODOV

Kabel mora biti označen z oznakami vtisnjenimi v plašč kabla, ki se periodično ponavljajo vzdolž kabla na razdalji ≤ 1 m.

Oznako na kablju sestavljajo:

- naziv proizvajalca kabla,
- oznaka konstrukcije kabla oz. tip kabla,
- presek in material vodnika (če ta ni viden iz podatka konstrukcije oz. tipa),
- nazivna napetost,
- leto proizvodnje,
- tekoče oznake dolžin (v metrih)

Zunanji plašč naj bo iz polietilena (PE) tipa ST₇. Debelina zunanjega plašča naj bo najmanj 4 mm. Trajno mora prenesti temperaturno obremenitev 90 °C. Na zunanji strani plašča mora biti nanescena zunanja polprevodna plast. Zunanja polprevodna plast mora biti ekstrudirana na kabel v skupnem procesu z izdelavo PE plašča.

Takoj po končanih preizkusih pri proizvajalcu se na oba konca kabla namesti toplokrčne kape s toploveznim lepilom.

Zunanji konec kabla na vsakem kolutu mora biti opremljen še z vlečnim ušesom ustrezne mehanske odpornosti mehansko pritrjenim na vodnik kabla, ki se uporablja za vleko kabla pri polaganju. Izvedba mora biti zaščiteni proti vlagi.

9 KLJUČNI PODATKI O KABLOVODIH

Vsak pomembnejši del opreme mora biti na vidnem mestu opremljen s trajno obstojno napisno ploščico proizvajalca z osnovnimi podatki o proizvajalcu, serijsko številko, datumu proizvodnje in glavnimi tehničnimi podatki. Ploščice na večjih kosih opreme morajo biti nameščene spredaj in zadaj. Tablice in pritrilni elementi morajo biti odporni proti koroziji in ostalim zunanjim vplivom.

Napisi na napisnih ploščicah (opreme, omar, elementov v omarah, naprav itd.) morajo biti dobro čitljivi in v slovenskem jeziku.

Napisne table za oznake kablov, ki se namestijo na sam kabel, morajo biti izdelane iz korozijsko odpornega materiala (aluminij, inox, idr.), na ploščici mora biti napis izdelan tako, da bo trajno odporen na mehanske poškodbe in vlago (graviran).

Napisne table za oznake faz v 110 kV stikališčih morajo biti v barvni kombinaciji črne črke, bela podlaga. Napisi in table morajo biti glede na mesto vgradnje ustrezno mehansko odporni in UV obstojni.

V kabske prostore 110 kV stikališč se na vsak 110 kV kabel v vseh 110 kV poljih namesti napisna ploščica z oznako faze. Ploščica naj bo premera $\phi 100$ mm bele barve, višina črk 50 mm, napis črne barve. Na jeklene konzole v istem prostoru se namešča napisne ploščice (velikost 500 x 100 mm, višina črk je 30 mm; ploščica je črne barve z vgraviranimi belimi napisi) z naslednjimi podatki:

- EAxx (xx pomeni številko stikalnega polja skladno z enopolno shemo),
- DV 110 kV xxxx (naziv daljnovodnega polja skladno z enopolno shemo) ali,
- TR polje 110 kV xxxx (naziv transformatorskega polja skladno z enopolno shemo).

Poleg plošče z oznako polja se na sam 110 kV kabel namešča še ploščica črne barve z vgraviranimi črkami kovinsko sive barve. Ploščica mora biti dimenzije 100 x 60 mm in z naslednjimi podatki:

- proizvajalec kabla, tip in presek kabla,
- nazivna napetost,
- dolžina kableske zveze.

Na vseh daljnovodnih stebrih ob prehodu KBV v DV se morajo namestiti napisne tablice z glavnimi podatki o upravljavcu kablovoda/daljnovoda in z glavnimi tehničnimi podatki o kablovodu. Na zaščitni pokrov kablov se morajo namestiti table z naslednjimi podatki (izdelane iz korozijsko odpornega materiala, napisi morajo biti trajno obstojni in odporni proti vsem atmosferskim vplivom):

- podatki o daljnovodu:
 - oznaka daljnovoda,
 - upravljavec daljnovoda,
 - dolžina daljnovoda.
- podatki o kablu:
 - proizvajalec kabla, tip in presek kabla,
 - nazivna napetost,
 - srednja dolžina kablovoda.
- oznake faz:
 - L1, L2, L3.

V času elektro montažnih del oziroma po končanem polaganju kabla in pred zasutjem je treba izvesti geodetski posnetek nameščenih 110 kV kablov in okoliškega terena.

Pri vsakem križanju se naredi še geodetski posnetek infrastrukturnih vodov in vzdolžni prerez z vrisanimi križanji in tipi polaganja kabla.

Pri polaganjih kableskih tras v odprte jarke se mora pred zasutjem kableskih tras nad vse kableske sisteme namestiti pasivne markerje (pasivne sonde).

Tam, kjer je 110 kV kabel nameščen v kableske cevi, se na vstopu in izstopu kablov iz kableskih cevi na sredini sistema namesti marker v globini 110 kV kablov. Sočasno z nameščanjem markerjev je treba za vsak marker posebej določiti absolutne koordinate (izvesti geodetsko meritev). Markerje (pasivne sonde) je treba programirati, predno se 110 kV kabli zasujejo.

10 OKOLJSKE ZAHTEVE ZA KABLOVODE

Kabli morajo biti izdelani skladno z veljavno zakonodajo na področju varovanja okolja.

Vgradnja novih oljnih kablov ni dovoljena.

11 PREIZKUŠANJE KABLOV IN KABLOVODOV

Vsa dobavljena oprema mora imeti opravljene tipske in rutinske preizkuse skladno z IEC standardi za posamezno vrsto dobavljene opreme.

Proizvajalec mora dostaviti vse tipske teste za vsak kos opreme, ki se dobavlja po razpisni dokumentaciji.

V ponudbi morajo biti priloženi povzetki tipskih testov.

Prevzemno preizkušanje opreme formalno verificira projektne rešitve, konstrukcijo in sposobnosti sistema ali naprave. Skladnost s specifikacijami se ugotavlja s preverjanjem analitičnih podatkov, preizkušanjem elementov in demonstriranjem delovanja.

Prezemni preizkusi zajemajo tudi preverjanje kompletnosti dobavljene opreme ter potrditev pravilnosti in kompletnosti dokumentacije.

Bistvena so naslednja preizkušanja:

- prezemno preizkušanje v tovarni,
- prezemno preizkušanje na objektu.

Vsa oprema mora imeti opravljene tiske rutinske ter prezemne preizkuse skladno z IEC standardi za posamezno vrsto opreme.

Izbira in preizkušanje se izvaja na vzorcih izdelanih kablov ali na elementih, vzetih z že izdelanega kabla za kontrolo izpolnjevanja zahtev standarda, po katerem je kabel izdelan.

11.1 PREIZKUŠANJE KABLA V TOVARNI

11.1.1 TIPSKI PREIZKUSI

Vsi kabli in kabelski pribor morajo imeti opravljene popolne tipske preskuse skladno s standardom IEC 60840 in ostalimi pripadajočimi standardi.

Tipsko preskušanje je treba opraviti na kablilih in priboru, pri katerih vrednost električne poljske jakosti na notranjem polprevodnem sloju ne presega 8,0 kV/mm, vrednost električne poljske jakosti na zunanem polprevodnem sloju pa ne 4,0 kV/mm.

Poročila oziroma izvlečki o tipskih preizkušanjih morajo biti priložena k ponudbi in morajo podati osnovne informacije o vseh tipskih preizkusih, ki so bili izvedeni na ponujeni opremi za potrditev ustreznosti izvedbe. Tipski preizkusi so lahko izvedeni v lastnih ali neodvisnih preizkusnih VN laboratorijih.

11.1.2 KOSOVNI IN VZORČNI PREIZKUSI

Preizkusi morajo biti opravljene skladno s standardom IEC 60840 in morajo obsegati najmanj kosovne preizkuse:

- preizkus parcialnih praznjenj,
- napetostni preizkus z napetostjo $2,5 \times U_0$,
- napetostni preizkus plašča kabla.

Opravljene pa morajo biti še najmanj naslednji vzorčni preizkusi:

- dimenzijske meritve vodnika (jedro kabla),
- meritve upornosti vodnika in zaslona kabla,
- meritve debeline metalne zapore,
- meritve premerov posameznih plasti kabla,
- preizkusi izolacije (v vročem stanju),
- meritve kapacitivnosti,
- meritve delnih razelektritev.

Preizkusi pod prvo in drugo alinejo kosovnih preizkusov morajo biti opravljene tudi za vse ostale elemente kabelskega sistema.

Kosovni preizkusi kablov se izvajajo na vsaki izdelani količini kabla in tudi pri prevzemu.

11.1.3 PREVZEMNI PREIZKUSI V TOVARNI

Prezemni preizkusi morajo biti opravljene na kablu, navitemu na boben, skladno s standardom IEC 60840 in z vsemi ostalimi standardi, na katere se omenjeni standard sklicuje.

Za potrebe izvedbe preizkusov, ki se izvajajo na kosu kabla, mora biti kos kabla odvzet z bobna v prisotnosti naročnika. Naročnik določi, kateri boben bo predmet prevzemnih preizkusov.

Preizkusi morajo biti opravljene skladno s standardom IEC 60840 in morajo obsegati najmanj kosovne preizkuse:

- preizkus parcialnih praznjenj,
- napetostni preizkus z napetostjo $2,5 \times U_0$,

- napetostni preizkus plašča kabla.

Opravljeni pa morajo biti še najmanj naslednji vzorčni preizkusi:

- dimenzijske meritve vodnika (jedro kabla),
- meritve upornosti vodnika in zaslona kabla,
- meritve debeline metalne zapore,
- meritve premerov posameznih plasti kabla,
- preizkusi izolacije (v vročem stanju),
- meritve kapacitivnosti,
- meritve delnih razelektritev,
- Preizkus tan δ med glavnim žilo in plaščem (podatek potreben za preizkuse po vgradnji).

Pred naročnikom ali predstavnikom naročnika morajo biti opravljeni najmanj kosovni preizkusi in naslednji vzorčni preizkusi:

- dimenzijske meritve vodnika (jedro kabla),
- meritve upornosti vodnika in zaslona kabla,
- meritve debeline kovinske zapore,
- meritve premerov posameznih plasti kabla,
- preizkus omreženosti izolacije (obremenitev v vročem stanju),
- meritve kapacitivnosti.

Prevzem opreme se opravi v tovarniških prostorih.

Zagotovljena mora biti skladnost proizvodnih procesov s standardi ISO 9001, ISO 14001 in ISO 45001.

Tovarniško preizkušanje opreme izvede in overi tovarniška služba za zagotovitev kakovosti (QA/QC) ne glede na morebitno prisotnost predstavnika naročnika, ki pa mora biti predhodno o preizkušanjih obveščen.

Postopki za tovarniška preizkušanja morajo biti določeni v skladu z veljavnimi tehničnimi predpisi in zahtevanimi standardi SIST, EN, HD, ISO in IEC ter tehničnimi specifikacijami.

S prevzemnim preizkušanjem v tovarni je treba preveriti vse specificirane funkcije opreme v tovarniških pogojih.

V obseg prevzemnih preizkusov v tovarni sodi tudi pregled poročil o izvedbi tipskih in rutinskih testov na posamezni vrsti opreme.

Vsa odstopanja od zahtevanih vrednosti se dokumentira v dnevniku proizvajalca.

11.2 PREIZKUŠANJE KABLA – KABLOVODA PO VGRADNJI

Zagotovitev ustreznosti kabla se preveri na podlagi standardov:

- SIST HD 632 S3 [Elektroenergetski kabli z ekstrudirano izolacijo in njihov pribor za nazivne napetosti nad 36 kV ($U_m = 42$ kV) in do 150 kV ($U_m = 170$ kV)],
- IEC 60840 [Elektroenergetski kabli z ekstrudirano izolacijo in njihov pribor za nazivne napetosti nad 30 kV ($U_m = 36$ kV) in do 150 kV ($U_m = 170$ kV) – preizkusne metode in zahteve].

11.2.1 PRVI PREIZKUSI KABELSKEGA SISTEMA PO VGRADNJI

Preizkušanje po polaganju in končani montaži se izvede skladno z IEC 60840 in priporočili CIGRE:

- napetostni preizkus plašča,
- napetostni preizkus izolacije z izmenično napetostjo po resonančni metodi z $2 \times U_0$ in frekvence med 20-300 Hz,
- meritev delnih razelektritev (PD) pri U_0 in preizkusni napetosti ($1,5 \times U_0 \leq U_{\text{preizkusna}} \leq 2 \times U_0$),
- meritev dielektričnih izgub - tan δ .

12 TRANSPORT IN SKLADIŠČENJE

Transport mora biti izveden tako, da se oprema ne poškoduje bodisi zaradi padcev, udarcev drugih naprav ali zaradi pospeševanja oz. zaviranja. Pri tem je treba upoštevati navodila proizvajalca opreme.

Za skladiščenje je treba upoštevati pogoje, predpisane za shranjevanje posamezne vrste opreme in čase skladiščenja. Poleg tega je treba upoštevati tudi pogoje nadaljnje rabe posamezne opreme glede na čas in pogoje skladiščenja ter glede na vlogo, ki jo bo posamezen element imel v postroju.

Priskrbljena morajo biti vsa transportna sredstva za prevoz kolotov s kabli, avtodvigala z ustrežno nosilnostjo in delovno višino ter opremo za nemoteno montažo opreme ter delovna, prevozna in transportna sredstva, ki so potrebna za transport materiala.

Kabli naj bodo naviti na ustrezne nepovratne bobne in pakirani na tak način, da bodo preprečene morebitne poškodbe med transportom in delom na objektu. Na posameznem bobnu je lahko več dolžin skupaj. Kabli naj bodo na bobnih pred mehanskimi poškodbami zaščiteni z leseno oblogo.

Na bobnu morajo biti vidni vsi osnovni podatki o kablu, označena mora biti dolžina kabla, navitega na kolotu, označene morajo biti posamezne dolžine, ki so navite na bobnu, ter vse oznake, iz katerih bo nedvoumno razvidna pripadnost tehnične in druge dokumentacije.

Vsi zaboji, paketi itd. naj imajo na zunanji strani jasno označeno skupno maso, maksimalno maso in pravilno mesto za pritrdjevanje dviznih kljuk in kablov, ter identifikacijsko oznako odpremnih dokumentov.

13 MONTAŽA

Vgradnjo 110 kV kablov in posameznih elementov je treba izvajati v skladu z zakoni na področju graditve objektov, v skladu s projektno dokumentacijo in v skladu z navodili proizvajalca opreme. Tovrstna dela lahko opravljajo le za to usposobljeni in ustrezno izurjeni in certificirani delavci.

Med montažo je zahtevano sprotno izvajanje geodetskih del, ki so potrebna za izvedbo podzemnega kabla in po končani gradnji izdelan geodetski načrt izvedenega stanja za projekt izvedenih del.

Med gradnjo kablovoda se morajo opraviti naslednja merjenja:

- stalno spremljanje polmerov krivljenja kabla
- geodetsko snemanje vrha zaščitnih kablovodnih cevi oziroma samega kabla v delih, kjer so kabli prosto položeni v odprti izkop, povsod se posname tudi končno koto terena nad njimi,
- geodetsko snemanje eventualnih zvarov cevi in stičnih mest kablov,
- geodetsko snemanje komunalnih vodov na trasi podzemnega kabla z opisom izvedene zaščite komunalnega voda,
- geodetsko snemanje označb kablovoda,
- vsa druga geodetska dela, ki jih zahteva montažer kablovoda za položitev kablov, in druga preostala geodetska dela, potrebna za izdelavo projekta izvedenih del.

Kablovod je treba z vsemi posnetimi podatki vrisati v katastrske karte. Iz posnetka morajo biti razvidni tipski prerezi, načini polaganja in lega posamezne faze sistema.

14 SEZNAM VIROV

- [1] ELES: Tipizacija prenosnih elektroenergetskih naprav, Daljnovodi, Dokument: TIP 01 - DV/2022, Ljubljana, junij 2022.
- [2] ELES: Tipizacija prenosnih elektroenergetskih naprav, Transformator, Dokument: TIP 03 – TR/2023, Ljubljana, september 2023.
- [3] ELES: Tipizacija prenosnih elektroenergetskih naprav, GIS postroji, Dokument: TIP 04 – GIS/2021, Ljubljana, november 2021.
- [4] ELES: Tipizacija prenosnih elektroenergetskih naprav, Naprave lastne rabe, Dokument: TIP 05 – NaLR/2023, Ljubljana, junij 2023.
- [5] ELES: Tipizacija prenosnih elektroenergetskih naprav, VN-naprave v prostozračnih stikališčih, Dokument: TIP 06 – VNN/2022, Ljubljana, avgust 2022.
- [6] ELES: Tipizacija prenosnih elektroenergetskih naprav, Sekundarni sistemi, Dokument: TIP 09 - SeS/2022, Ljubljana, november 2022.
- [7] ELES: Tipizacija prenosnih elektroenergetskih naprav, Zaščitna vrv z optičnimi vlakni (OPGW) in optični kabelski sistem (OKS)i, Dokument: TIP 10 – OPGW-OKS/2021, Ljubljana, maj 2021.
- [8] SES: Slovenski elektrotehniški slovar, Področje elektroenergetika, Poglavje 461: Električni kabli. IEC, EZS, Sloko CIGRE, Ljubljana 1999.
- [9] Maruša R.: Smernice za ozemljitev prenapetostnih odvodnikov na prehodih 110 kV kabla v nadzemni vod in GIS postroj, ELES, november 2017.