

Ühtne muhvisüsteem keskpinge plastkaablitele

Koostajad Manfred Wilck, Wolfgang Haverkamp, Ottobrunn¹⁾

¹⁾ Dipl.-Ins. Manfred Wilck, Dipl.-Ins. Wolfgang Haverkamp

Kaablitarkivite arengu- ja uurimisosakond

Tyco Electronics Raychem GmbH, Energy Division, Finsinger Feld 1, 85521 Ottobrunn

1. Sissejuhatus

Vaatamata ulatuslikule standardmisele on siiski kasutusel suur hulk eri konstruktsiooniga kaableid. Kui nt. rahvusvahelise hinnaküsitluse spetsifikatsioonis on kaabel võimalikult paljude pakkujate ligitõmbamise eesmärgil kirjeldatud üksnes põhiantmetega nagu näiteks ühesooneline XLPE kaabel, 150 mm², Al, 12/20 kV, IEC 60502-2 või CENELEC HD 620-1 järgi, võidakse pakkuda kaableid:

- massiivse (RE) või kiulise (RM) soonega; kiudsoone korral aga lisaks sellele eri kokkusurumisastmega, mehaanilise tugevusega ja pikitihendusega.
- sidestatud või kergesti eemaldatava juhtiva kattekihiga
- varjestus eri ristlõike ja ehitusega
- polüvinüülkloriid- või polüeteenmantliga, mantli eri paksusega ja erisuguse veevastase pikitihendusega.

Õige kaablitarkiviku valik on kaabli täpsete andmete puudumisel väga raske. Probleemiks võivad kujuneda nii soonte kui ka ekraaniühendused. Ikka enam ja enam nõutakse täiskomplektide tarnimist. Õige pressklemmi valimine on samuti raske, kuna enamasti puuduvad tööriistade kohta praktilised andmed ja kohalikud standardid.

Alljärgnevalt kirjeldatud muhvisüsteem pingele kuni 36 kV ($U_m = 42$ kV), peaks eelpool nimetatud probleemid täielikult lahendama.

2. Nõuded

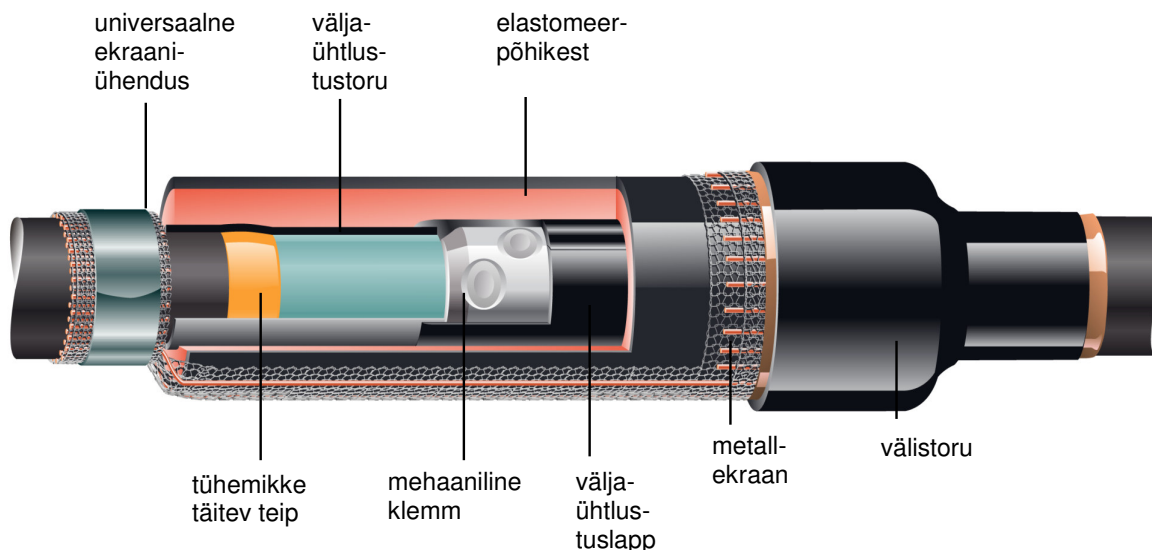
Ühtne muhvisüsteem peab täitma järgmised nõudmised:

- peab kohalduma kliendi võrgu kaablite kõigile iseärasustele;
- peab võimaldama lihtsat ja töökindlat paigaldust ilma montööri eriväljaõppeta ja ilma eritöövahenditeta;
- lühike ja kompaktne konstruktsioon peab võimaldama kaableid vaostada ja kaablipaigaldustorudesse tõmmata;
- peab tagama sama tugevuse nagu kaabli kõrgtihedast polüeteenist (*high-density polyethylene, HDPE*) mantel ja võimaldama vajadusel paigaldamist ilma liivapadjata;
- peab taluma hädaolukorras juhi temperatuuri kuni 130 °C;
- peab sobima mitmele ristlõikele, et võimaldada üleminekuid ühelt ristlõikelt teisele ning vähendada laokulusid;
- peab tagama kaablitarkivite tarnimise komplektselt koos klemmide ja ekraani ühendustega.

3. Jätkumuhvi ja selle komponentide kirjeldus

Ülalesitatud nõudeid saab täita järelproovitud komponentide kasutamisega, mis on tõestanud oma pikaajalist töökindlust.

Ühtsuse saavutamiseks on tehtud mõned muudatused, mis kajastuvad komponentide mõõtmetes ja paigaldamises. Saadud lahendus on leidnud paigaldajate poolt kiiresti poolehoidu ja seda tüüpi muhv on hakanud kiiresti levima.



Joonis 1: jätkumuhvi ehitus

Pärast kaabli vastavat ettevalmistamist kahandatakse mõlema kaabli otsale termokahanev väljaühtlustustoru, mille kasutamiskogemus kuni pingetasemeni 72 kV on enam kui 20 aastat. See toru on kontaktis kaabli välimise pooljuhtkihiga ja ulatub kuni kaabli isolatsiooni mahaloikekandini. Komponente ei ole vaja eelpaigaldada enne mehaanilise klemmi paigaldamist, mis muudab paigalduse kindlamaks. Ainult muhvi isoleerkest ja välimine kaitsetoru tulevad vahepeal ühele kaabli otsale asetada.

Komplektis on kaasas mitmele ristlõikele sobiv jätkuklemm, millel on ärakeeratavad poldipead. Antud klemm on seadistatud igale antud juhi diameetrile ja vajalik kontaktjõud tagatakse sõltumata juhi konstruktsioonist ja metallist. Poldipead murduvad tasapinnaliselt klemmi korpusega.

Vahemärkusena tuleb mainida, et varem laialt kasutatud pressklemmid on liiga pikad, eriti kui on tegemist suuremate ristlõigetega. Vahekaugused, mis on määratud vastavalt pingeklassile, on enamasti muutumatud. Seega määrab klemmi pikkus kogu muhvi üldpikkuse. Mehaanilise klemmiga jätkumuhvid on tunduvalt lühemad, mis teeb ka nende paigaldamise lihtsamaks.

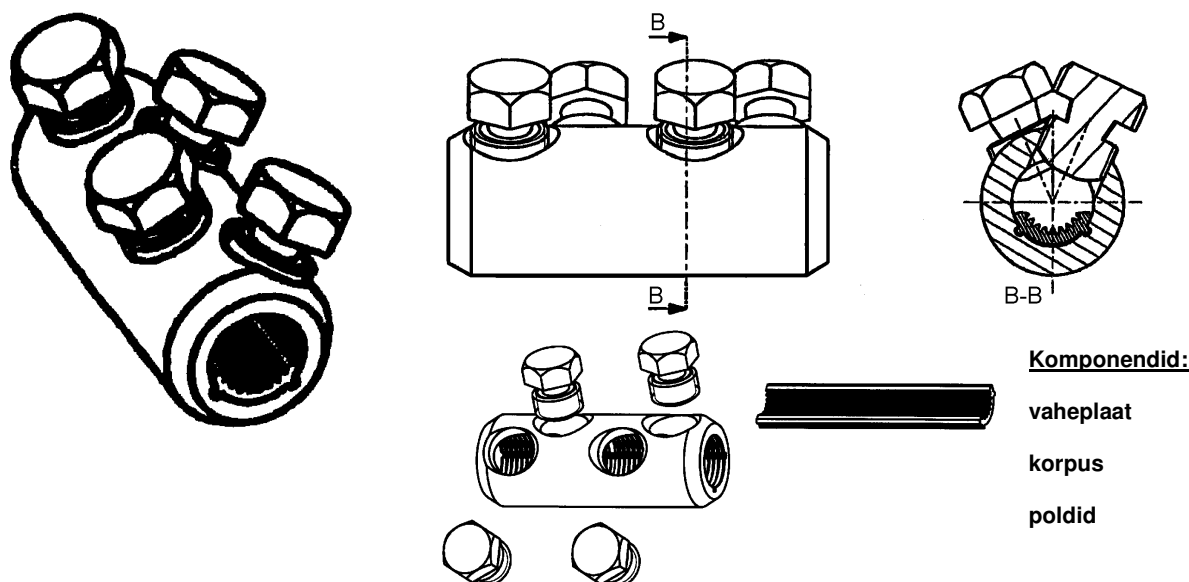
Klemmi ja sellega külgnevate väljaühtlustustorude otsad kaetakse juhtiva mastiksmansetiga. Muhvi üheosaline termokahandatav põhikest täidab täpselt kaablimantli otste vahele jääva lõigu. Juba aastakümneid kasutusel olev muhvi põhikest koosneb kooskestrudeeritud isoleerivast eelpingestatud elastomeerist ja pooljuht termokahanevast pooljuht tugimaterjalist. Paigaldamise käigus rakendatav kuumus tagab elastomeeri töökindla kahanduse ka pärast muhvi pikaajalist laosseismist.

Jätkumuhv sisaldab jootevaba ja ilma pressimiseta ekraaniühendust. Kasutades spetsiaalset silindervedru ja vaskvõrku, on võimalik teha universaalne ekraaniühendus kuni 50 mm² vasktraatidega, vasklindiga või alumiinium-laminaadiga kaablitele. Vaskvõrgu abil ekraaneeritakse muhv kogu pikkuses. Viimasena kahandatakse muhvi peale sisemise liimikihiga kaetud välistoru, mis katab ka kaabli väliskesta kindlaksmääratud pikkuses. Sellega tagatakse kaabli tõhus kaitse väliskeskkonna ja mehaaniliste toimete eest.

4. Soonte ühendamine

Soonte metallosa ühendusklemm peab täitma järgmisi nõudeid:

- kindel paigaldus ilma eritöövahenditeta;
- sobivus alumiinium- ja vasksoontele, ümar- ja sektorsoontele, massiiv- ja kiudsoontele;
- kohaldatav piki-veetihendusega ja järelimmutatud soontele;
- lühike ja kompaktne konstruktsioon;
- optimaalne sobivus muhvi põhiosa kasutusvahemikuga;
- võimeline taluma hädaolukorras soone metallosa temperatuuri kuni 130 °C.



Joonis 2: universaalne klemm EXRM-1260 koos vaheplaadiga

Klemm EXRM-1260-	Blokeeritud / blokeerimata	Kasutus- vahemik (mm ²)	Klemmi pikkus (mm)	Klemmi läbimõõt (mm)	Poldipea laius (SW, mm)	Vaheplaadi pikkus (mm)
25/ 70-T	blokeeritud	25 - 70	60	21	13	27 x 2
70/150	blokeerimata	70 - 150	80	28	17	80
70/150-T	blokeeritud	70 - 150	80	28	17	37 x 2
120/240	blokeerimata	120 - 240	90	34	19	90
120/240-T	blokeeritud	120 - 240	95	34	19	45 x 2
150/300	blokeerimata	150 - 300	110	37	22	110
400/630	blokeerimata	400 - 630	170	52	27	170

Tabel 1: ülevaade EXRM-1260 mõõtmetest

Klemmi korpus on valmistatud alumiiniumsulamist, mis tagab üheaegselt hea elektrijuhtivuse ja piisava elastsuse. Poldiaukude V-kujulise asetusega saab vähendada poldide omavahelist kaugust ja kummagi poldipaari kontaktjõu vastastikust mõju. Poldi läbimõõt on valitud selliselt, et juhi üksikutel traatidel ei oleks võimalik kõrvale põigata. Ärakeeratavate peadega poldid on samuti valmistatud alumiiniumsulamist. See tagab juhi peal oleva oksiidikihi laialihõõrumise selliselt, et juhi ristlõige sellise freesimisefekti tulemusel ei vähene. Peenkeere sammuga 1 mm tagab tugeva kontaktjõu, mis on eriti tähtis kiudsoontega kaablite puhul, et saavutada piisav elektrijuhtivus traadikihtide vahel.

Väikeste ristlõigete korral kasutatakse piisava tsentrilisuse saavutamiseks vaheplaati, mis on sobitatud hülsi siseläbimõõduga ja kaabli soone ristlõikega. Vaheplaat lükatakse kahe soone sisse, mis tagavad plaadi õige asetuse. Klemmi korpus ja plaadi sisepind on sakiline ning läbib paigalduse käigus alumiiniumi oksiidikihi.

Klemmid tarnitakse koos tootja poolt sissekantud kontaktmäärdega, mis takistab oksiidikihi taastekkimist ja aitab säilitada kontakti pikaajalist stabiilsust.

5. Klemmide testimine

Tabel 2 võrdleb olemasolevate standardite testimingimusi klemmidele:

	IEC 61238-1:1993.08 klass A	VDE 0220 osa 2 0.4 78 (pressklemmid kuni 300 mm ²)	ANSI C119.4 – 1991 (klass A, tõmbeklass 3)
Koormustsüklite arv	1000	1000	500
Temperatuurid	$T_{con} = 100\text{ °C}$ klemmi temp.	$T_{con} = 100\text{ °C}$ klemmi temp.	$T_c = 90\text{ °C} + 32k$ juhi temp.
Lühisekatse	$T_c = 250\div 270\text{ °C}$ juhi temp. $t = 1\text{ sek.}$ 6 korda	$T_c = 250\div 270\text{ °C}$ juhi temp. $t = 1\text{ sek.}$ 3 korda	Ei nõuta --
Mehaaniline koormus	$\sigma = 40\text{ N/mm}^2$ Al $\sigma = 60\text{ N/mm}^2$ Cu maks. 20 kN	$\sigma = 40\text{ N/mm}^2$ Al $\sigma = 60\text{ N/mm}^2$ Cu	5% juhi nominaalsest purunemistugevusest
Katsetatavate näidiste arv	6	6	4
Peamine heakskiidu kriteerium	$T_{con\ max} \leq T_{c\ max}$ Takistustegurite suhe: $\lambda = \frac{k}{k_0} \leq 1.5$	$T_{con\ max} \leq T_{c\ max}$ Takistustegurite suhe: $\lambda = \frac{k}{k_0} \leq 2.0$	$T_{con\ max} \leq T_{c\ max}$ Ühendustakistuse muutus maks. $\pm 5\%$ kõikide mõõtetulemuste keskmisest

Lühendid: T_c = juhi temperatuur; T_{con} = klemmi temperatuur

Tabel 2: klemmide standardite võrdlus ja nende peamised heakskiidu kriteeriumid

IEC standard 61238-1:1993 [klass A] on hetkel ülemaailmselt kõige enam eelistatav standard kaablisoonte ühenduste kohta. Mitmete tarbijate nõudmisel on läbivaatamisel ülekoormuskatsete lisamine sellesse dokumenti.

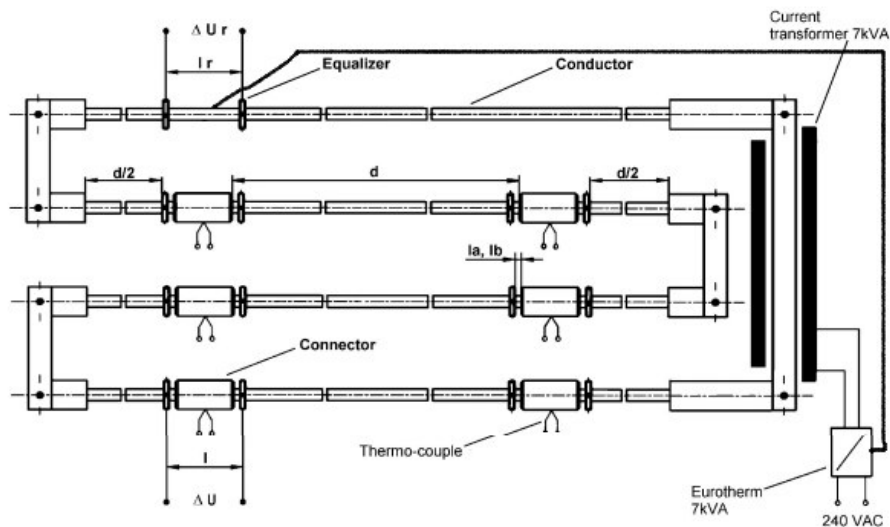
Aastal 1999 loodi parandustega eelnõu IEC 61238 väljaanne 2 ja ka samalaadne Cenelec standardi eelnõu prEN 61238-1:2001. Need eelnõud piiravad klemmide rakendatavuse kaablitele pingega kuni 36 kV ($U_m = 42\text{ kV}$) ja võimaldavad testimisel klemmi üleminekutakistuse suuremaid muutusi (suurendades maks. takistusteguri väärtuse 1,5 -lt 2,0 -le). See plaanitud nõuete piirang ei leidnud heakskiitu.

Hindamiseks pikaajalise ülekoormusega käidu tingimustes on EXRM 1260 klemmide katseid täiendatud IEC nõuetele lisaks koormustsüklite katsetega juhi temperatuuril 100 °C ja 130 °C ning ka sellele järgnevatele lühiste juhi temperatuuril kuni 330 °C.

Katsete järjekord:

1. 200 tsüklit, klemmi temperatuur 100 °C
2. 4 lühiskatset, juhi temperatuur 330 °C
3. 2 lühiskatset, juhi temperatuur 250 °C
4. 800 tsüklit, klemmi temperatuur 100 °C
5. 250 tsüklit, klemmi temperatuur 130 °C
6. 350 tsüklit, klemmi temperatuur 100 °C
7. 6 lühiskatset, juhi temperatuur 250 °C
8. 800 tsüklit, klemmi temperatuur 100 °C.

Katsel punkt 1, 4 ja 5 reguleeriti klemmi temperatuuri ja katsel punkt 6 ja 8 reguleeriti juhi temperatuuri.

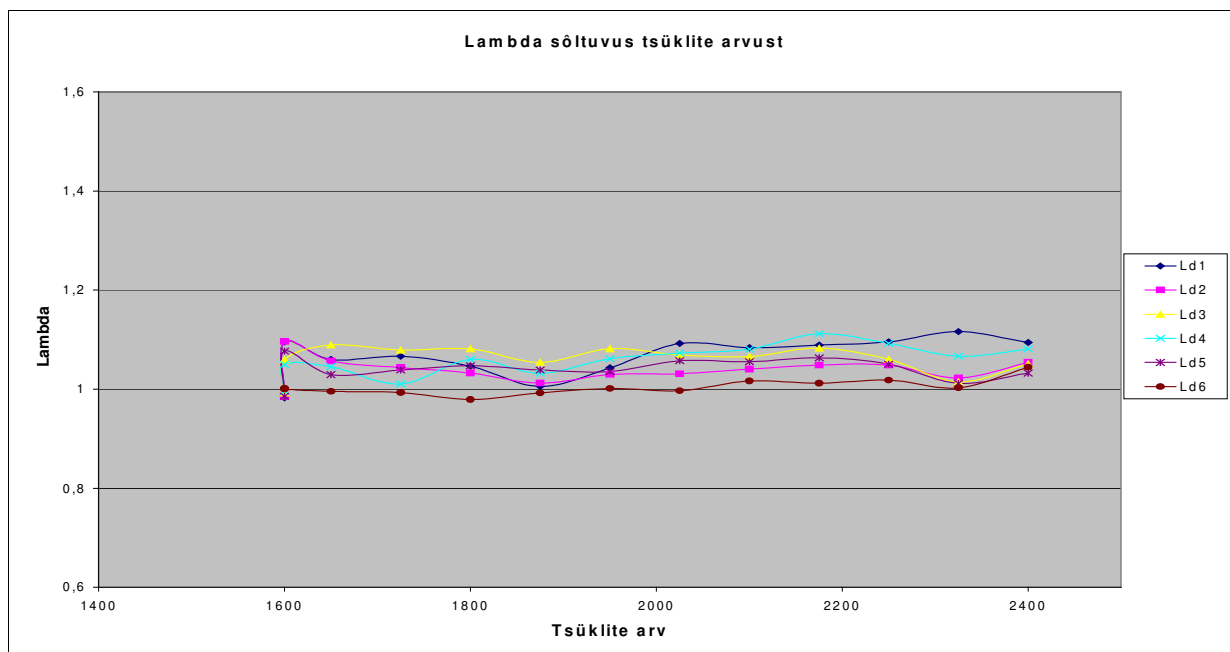


Joonis 3: tüüpiline vooluring testimisel

Sellises režiimis katsetati klemme tüüp EXRM 1260-120/240 tihendatud kiulisel alumiiniumsoonel ristlõikega 240 mm².

Sellise konfiguratsiooni puhul, kus esineb minimaalne klemmi ja juhi tiheduse ja pöikjuhtivuse erinevus, tingituna kiukihtide surest arvust, esitatakse klemmide kõrgeimad nõudmised.

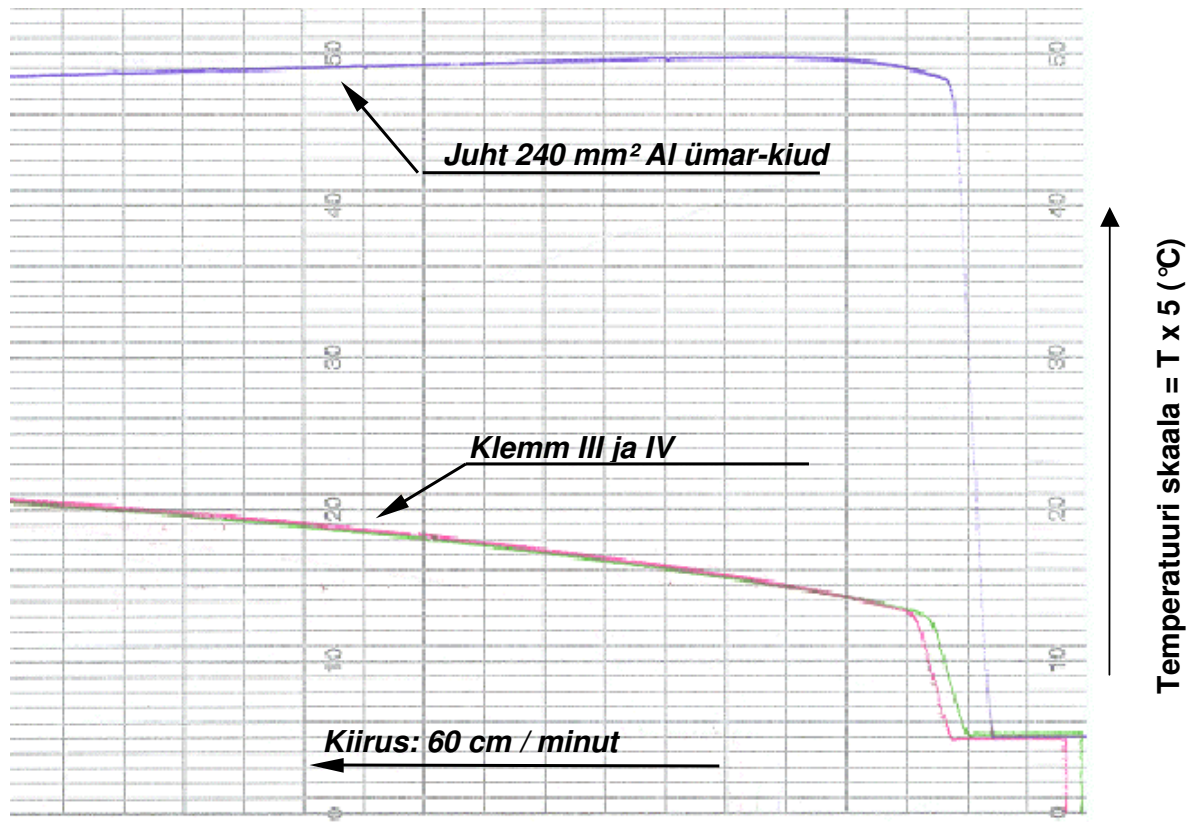
IEC 61238-1:1993 tabelis 2 toodud nõudmised on isegi sellise kriitilise testi puhul täidetud. Maksimaalne takistustegurite suhte väärtus $\lambda=1.1$, mis on tunduvalt vähem kui maksimaalselt lubatav 1.5.



Graafik 1: λ -väärtused (samade näidistega lisakatsed peale edukat IEC 61238-1:1993 katsete läbimist, test nr. 6, 7 ja 8)

Testi lõpus oli klemmi temperatuur 20°C võrra madalam kui testis osalenud juhil.

Graafik 2 näitab mõõtetud temperatuure lühisvoolu ajal ja koheselt peale seda. Klemmitemperatuur kasvas ainult kuni 75°C -ni, samas kui juhi temperatuuriks mõndeti 250°C.



Juht: 240 mm² Al, ümar, kiuline, tihendatud
 Klemm: EXRM-1260-120/240
 Vool: 26,3 kA, 1,143 sekundit

Graafik 2: klemmide III ja IV ning juhi temperatuuri diagramm lühiskatse ajal

Lisaks on veel vastavalt IEC 61238-1:1993 normidele sooritatud testid teistel juhi ristlõigetel, ristlõigete üleminekul ja ka vaskjuhtidega. Täpsem informatsioon selle kohta on toodud vastavates testiraportites.

6. Komplektse jätkumuhvide testimine

Keskpinge kaablitarvikute testimise meetodika standardiseerimine on sätestatud nii rahvuslikul kui ka rahvusvahelisel tasandil.

Tabelis 3 on toodud testipingete ja ajalise kestvuse võrdlus hetkel rakendatavatele standarditele ristseotud dielektrikuga (VPE, EPR) kaablite kohta. Tabelis toodud järjekord on juhuslik.

	CENELEC HD629.1.S1¹⁾	IEC 60502-4	IEEE 404²⁾
Alalispinge	72 kV, 5 min.	54 kV, 5 min. valikuliselt: 58 kV, 15 min.	83 kV, 15 min.
Vahelduvpinge	54 kV, 5 min. 30 kV, 15 min.	54 kV, 5 min. valikuliselt: 48 kV, 15 min.	54 kV, 5 min. 42 kV, 5 h
Termotsüklite ajal	30 kV, 1008 h	30 kV, 504 h	36 kV, 720 h
Impulsspinge	± 125 kV; 10 korda keskkonna tavatemperatuuril ± 125 kV; 10 korda juhi temperatuuril 90°C	± 125 kV; 10 korda keskkonna tavatemperatuuril ± 125 kV; 10 korda juhi temperatuuril 90°C	± 128 kV; 10 korda juhi temperatuuril 25°C ± 128 kV; 10 korda juhi temperatuuril 130°C
Osalahendus	maks. 10 pC, 20 kV	maks. 10 pC, 20 kV	maks. 3 pC, 18 kV

Tabel 3: testipinged koos toime kestvusajaga ja maks. lubatud osalahendused pingel
 $U_i/U(U_m) = 12/20$ (24) kV (jätkumuhvid)

CENELEC standardid kehtivad kõikides EU-riikides, Norras, Šveitsis, Maltal, Tšehhis ja lisaks on tunnustatud teistes kesk- ja idaeuroopa riikides. IEC standardeid rakendatakse rahvusvaheliselt. Põhja ja lõuna Ameerikas eelistatakse IEEE-dokumenti.

Need kolm standardit on testi meetodika ja testipingete poolest üsna võrdväärsed. Oluline erinevus on vahelduva koormusega testide ajalises kestvuses: CENELEC 1008 h; IEC 504 h; IEEE 720 h.

Kaablitarvikute tüübikatsetused ei võimalda siiski teha järeldusi tarvikute käitumise kohta kogu kasutusaja kestel. Toote tööea hindamiseks (hetkel eeldatav tööiga vähemalt 40 aastat) on vaja pikaajalisi katsetusi raskeimates keskkonningimustes.

70-ndaid meenutades esines tüübikatsetused läbinud PE- ja XLPE-kaablitel palju vigasid juba lühikese kasutusaja möödudes. Selliste olukordade vältimiseks on tarbijad ja tööstus loonud standardid pikaajaliseks testimiseks, kus ettenähtud testide kestvus on 2 aastat.

¹⁾ Võrdluse eesmärgil on esitatud testipinged pingeklassile $U_i/U(U_m) = 12/20$ (24) kV. Meie kaablitarvikute testide puhul on võetud aluseks kõrgemad testipinged seeriast $U_i/U(U_m) = 12,7/22$ (24) kV.

²⁾ Pole IEC ja CENELEC normidega võrreldavat pingetaset. Väärtused on määratud faasi/maa pinge lineaarse interpolatsiooni teel pingeastmel 25 kV (IEEE).

Tabelis 4 on toodud tänapäeval rakendatavad pikaajalised testid kaablite kohta:

	Unipede (harmoniseeritud)	VDE 0276 (HD 620)	CENELEC (hetkel arutamisel)
Testid: - Testitav kogus (komplekt x hulk x pikkus) - Eeltingimus: kuiv märg - Testitav soon või kaabel	1 x 12 x 5 m Ei (55 ±5) °C / 500 h soon, ekraneeritud soon	4 x 5 x 10 m 90 °C / 168 h Ei soon, ekraneeritud soon, kaabel	2 x 6 x 10 m Ei (55 ±5) °C / 500 h soon, ekraneeritud soon
Vanandamise parameetrid - vee omadused - vee sissetung - pinge / sagedus - temperatuur - kestvus	0,3 g NaCl / l väljaspoolt ja juhi sees 3 U _f / 50 Hz (25 ±10) °C 2 aastat	kraanivesi väljaspoolt ja juhi sees 4 U _f / 50 Hz (50 ±5) °C 0; 0.5; 1; 2 aastat	kraanivesi väljaspoolt 3 U _f / 50 Hz (40 ±5) °C 1; 2 aastat
Testinõuded - algseisund (uus) - peale vanandamist (vana)	- kõik ≥ 14 kV/mm min. 8 ≥ 18 kV/mm ainult 4 ≥ 22 kV/mm	15 U _f (hajuvus 63 %) 12 U _f (hajuvus 63 %) 9 U _f (madalaim väärtus)	- hetkel määratakse kindlaks rahvuslikul tasandil

Tabel 4: pikaajaliste testide võrdlus

Jätkumuhvi peab vaatlema nagu ühte kaabli lühikest osa. Loogilise järeldusena oleks vajalik kasutusaja katsed läbi viia ka jätkumuhvidele. Järgnevalt kirjeldatud pikaajalised katsed viidi läbi muutuva koormusega katsetena. Täiustatud testide tõttu lühendati testiaega ühele aastale. Lõplikud dielektrilised katsed peavad vastama vähemalt standardi Cenelec HD629.1.S1 nõudmistele pingetasemel 12.7/22 (24) kV (vahelduv-, alalis- ja impulsspinge ning osalahenduse katsed).

Testi objektid:

4 jätkumuhvi (tüüp POLJ-24/1x120-240) koos mehaaniliste jätkuklemmidega (tüüp EXRM-1260) ja silindervedru-ekraaniühendusega. Muhvid on paigaldatud kohapeal käsitsi. Paigalduse töökindluse hindamiseks paigaldati testitavad muhvid erinevate montööride poolt.

Kaabel:

<u>Juht:</u>	Tüüp NA2X2Y 12/20 kV 1 x 240 RM / 25
<u>Sisemine juhtiv kiht:</u>	Al 240 mm ² , tihendatud, 18.5 mm Ø
<u>Välimine juhtiv kiht:</u>	juhtiv ekstrusioon
<u>Ekraan:</u>	dielektrikuga kokku sulatatud juhtiv ekstrusioon
<u>Väliskest:</u>	40 vasktraati läbimõõduga ~ 0.8 mm, üldristkõikega, 25 mm ² polüetüleen paksusega 2.5 mm, välimine Ø 40.50 mm

Eeltestid:

Selle testi jaoks kasutati näidist, mis oli juba eelnevalt osalenud täiustatud tüübikatsetustel:

1. CENELEC tüübikatsetused vastavalt HD 628.S1 ja HD 629.1.S.1 normidele, pingetasemel 12.7/22 (24) kV
2. termotsüklid vastavalt HD 628.S1 lõige 9 normidele, välisõhus; juhi temperatuuril 130°C; tsüklite arv: 100.

Seadmestik:

Testi objektid olid varustatud uute otsmuhvidega, mis võimaldasid veel (kraanivesi) juhi sisse tungida. Muhvi mõlemalt poolt eemaldati kaabli väliskest 5 cm pikkuselt, et vesi saaks tungida ka väliskesta alla. Muhvid olid testimisel asetatud vette (kraanivesi). Vee tase oli viidud 8 ± 3 cm muhvi välispinnast kõrgemale.



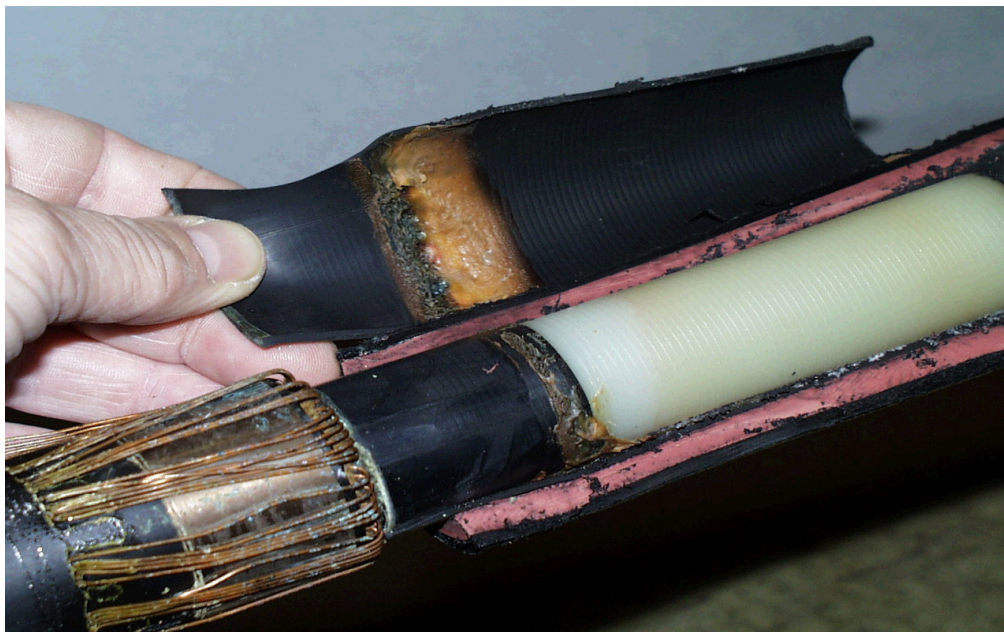
Pilt 1: testi seadmestik

Pikaajaline test:

TEST	TULEMUS
Osalahendused pingel 22 kV	Kõik 4 testi objekti < 3 pC
Termotsüklid 5/3 h; 95°C juhi temperatuur; 48 kV juhi ja ekraani vahel; Kestvus 965 tsüklit	Kõik 4 testi objekti läbisid katse
Alalispinge: 76 kV; 15 min. Vahelduvpinge: 57 kV; 5 min.	Kõik 4 testi objekti läbisid katse
Impulsspinge: 10 x $\pm$ 125 kV 10 x $\pm$ 150 kV	Kõik 4 testi objekti läbisid katse
Osalahendused pingel 22 kV	Kõik 4 testi objekti < 3 pC

Tabel 5: pikaajaline test

Peale kõiki teste lõigati muhvid lahti. Kõik komponendid olid laitmatu olukorras. Isegi kaabli isolatsioonis ei täheldatud kriitilisi muutusi suure väljatugevuse toimet.



Pilt 2: kaabli/muhvi kontaktpinnad peale pikaajalist testimist

Klemmi piirkonnas korrosiooni ei täheldatud. Seda aitas ära hoida ühtne metallkonstruktsioon (poldid ja korpus valmistatud alumiiniumsulamist), mis hoiab ära elektrokeemilised potentsiaalid.

7. Töökogemus

Alates 90-aastate keskpaigast on elektrivõrkudesse paigaldatud enam kui 100 000 ülalkirjeldatud muhvi. Antud number sisaldab ka siirdemuhve plastkaablilt paberkaablitele, üleminekuid ühelt ristlõikelt teisele ja erinevate juhi konstruktsiooni ning materjaliga kaablite jätkumuhve. Eestis paigaldati eelmisel aastal kokku umbes 1000 sellist jätkumuhvi.

Tooted on tihti paigaldatud ekstreemsetesse kliima- ja keskkonnatingimustesse:

Igikeltsa piirkondadesse kus paigaldamise ajal mõõdeti temperatuuriks kuni -20°C. Siin on gaasipõleti asendamatuks tööriistaks kaablite ettevalmistamisel. Sellistes looduse poolt seatud tingimustes ei ole võimalik asetada muhvi pehmesse kaablikraavi nagu seda tehakse tavaliselt. Muhv on osutunud kaablikraavi täitmisel tugevate mehaaniliste mõjutuste suhtes väga vastupidavaks.

Troopilistes piirkondades on muhvi paigaldatud kõrge õhuniiskuse puhul, tugeva vihmajärgu ajal ja osaliselt kõrge põhjavee taseme juures. Kõrbepiirkondades takistab tihti paigaldust äärmiselt peeneteraline liiv. Kesk-Euroopa puhul tavalist paigaldustelki ei ole sellistes piirkondades sageli käepärast. Sellistesse tingimustesse paigaldamisel on paigaldusaeg eriti tähtis paigalduskvaliteedi näitaja.

Kokkuvõtteks võib öelda, et käesolevas artiklis kirjeldatud klemmid ja muhvid täidavad kõiki neile esitatavaid nõudeid. Uus muhvikontseptsioon vastab täielikult paigaldus- ja käidutehnika uutele suundadele.