

Kuni 24 kV sise- ja välisotsamuhvidest

Ando Kuusik,
Elektriinsener, C-Intrade OÜ

Käesolevas artiklis tahaks tutvustada 20 kV plastkaablite otsamuhve õhkiisolatsiooniga jaotusseadmetele. Otsamuhvidel on kaks põhilist ülesannet. Esimene ülesanne on tekitada faasi ja maa vaheline isolatsioonivahemaa ning teine ülesanne on takistada vee ja niiskuse sissetungi kaablis. Seega vastavalt esimesele ülesandele kujutab otsamuhv endast isolaatorit, kus ühelt poolt kaabliking on faasipotentsiaaliga ja teiselt poolt kaabli ekraanitraadid või maanduspunutis on maapotentsiaaliga. Kõiki isolaatoreid iseloomustab selline näitaja nagu roomavlahenduse teepikkus (mm). Seda nimetatakse veel ka pindülelöögivahemikuks. Siseotsamuhvidel on see näitaja väiksem ja välisotsamuhvidel suurem. Vastavalt IEC 815 standardile (1986) on loodud neli erinevat väliskeskkonna saastatuse klassi, mida arvestatakse ka välisotsamuhvides.

I - kerge: ilma tööstuseta piirkonnad, madal tööstuse mõju, kuid siiski tihti esinevad tuuled ja vihmad. Näiteks põllumajanduse ja mäestiku piirkonnad;

II-keskmine: tööstusega piirkonnad (kuid ilma heitgaasideta), mitte väga palju põlevküttega eramajapidamisi, tihti esinevad tuuled ja vihmad, meretuuled, kuid mitte väga lähedal rannikule;

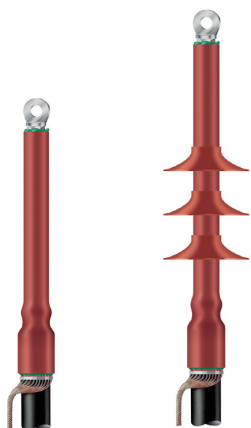
III-tugev: kõrge tööstusega piirkonnad ja rannikuäärsed piirkonnad;

IV-väga tugev: juhtivate tahmaosakestega piirkonnad, paks juhtiv ladestus. Rannikule väga lähedal olevad piirkonnad, mis on avatud meretuulele ja väga tugevasti saastatud tuuled mere poolt.

Vastavalt nendele keskkonna saastatuse klassidele on toodud isolaatorite minimaalsed roomavlahenduse teepikkused:

<i>I - kerge</i>	<i>16 mm/kV;</i>
<i>II - keskmine</i>	<i>20 mm/kV;</i>
<i>III - tugev</i>	<i>25 mm/kV;</i>
<i>IV - väga tugev</i>	<i>31 mm/kV.</i>

Eestis kehtivad Elektrilevi nõuetes on kirjas, et välisotsamuhvid peavad vastama standardi IEC 815 vähemalt 20 mm/kV klass 2 nõuetele. Suure saastekoormusega piirkondades nõutakse välisotsamuhve, mis tagavad roomavlahenduse teepikkuseks vähemalt 25 mm/kV klass 3. Näiteks Raychemi 24 kV välisotsamuhvide POLT-24D/1XO roomavlahenduse teepikkus (27 mm/kV) ületab oluliselt Eestis kehtivaid nõudeid. Seda teepikkust on iga otsamuhvi puhul väga lihtne arvutada. Esmalt tuleb mõõta ära roomavlahenduskindla toru pikkus ja sellele tuleb liita isoleerseelikute poolt juurde antav pindülelöögi pikkus. Raychemi 24 kV otsamuhvide puhul üks isoleerseelik annab teepikkusele juurde 70mm. Seega roomavlahenduse teepikkus kokku on $440 + 3 \times 70 = 650$ mm. Nüüd tuleb see number jagada 24-ga (Um) ja saamegi 27,08 mm/kV. 20 kV Raychemi sise- ja välisotsamuhvi erinevus seisneb ainult selles, et välispaigalduse puhul kasutab tootja natuke pikemat roomavlahenduskindlat toru (440 mm) ja kolme lisaseelikut (vt. pilt 1). POLT-24 siseotsamuhvides isoleerseelikuid ei ole, kuna sellisel juhul on kaabliotste kuju ja mõõtmed kompaktsemad ning paigaldus on mõnevõrra lihtsam.



Pilt 1. Oma kasutusala poolest jagunevad otsamuhvid sise- ja välisotsamuhvideks.

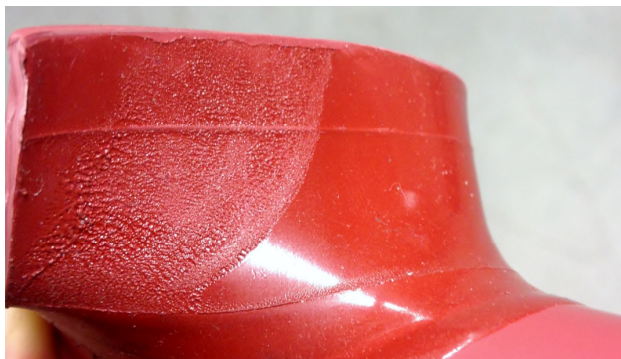
Kuid mõnikord võib tekkida olukord, kus siseotsamuhvide keskkonnatingimused võivad muutuda väga raskeks (näiteks lumi, paks ladestuv tolm, vesi jne). Sellisel juhul on juba kohe alguses soovitatav paigaldada sinna välisotsamuhvid. Termokahanevate otsamuhvide puhul on isoleerseelikud eraldi elemendid, mis kahandatakse gaasipõleti abil välisotsamuhvi peale kõige viimasena. Seega juhul kui sisemuhvide paigaldus on juba eelnevalt toimunud ja tekkinud raskete välistingimuste olukorda tahetakse hiljem parandada, siis sellisel juhul võib olukorda päästa eraldi isoleerseelikute lisamine. Näiteks siseruumi otsamuhvi POLT-24D/1XI roomavlahenduse teepikkus on 340 mm (ehk 14 mm/kV) ja kui me lisame näiteks sellele otsamuhvile kolm termokahanevat seelikut 205W ($340 + 3 \times 70 = 550$ mm), siis me saame kokku 23 mm/kV. Seega hilisem seelikute lisamine muutis termokahaneva siseotsamuhvi välisotsamuhvide

nõuetele vastavaks. Isoleerseelikuid müüakse soovi korral ka eraldi komponendina ja nende tellimiseks tuleb teada otsamuhvi diameetrit, mille peale need kahandatakse.



Pilt 2. Siseotsamuhvid on kaetud ühtlase lumekihiga, mida tekitab lumetuisk.

Termokahanevate isoleerseelikute paigaldus otsamuhvi peale tuleb teha korralikult. Isoleerseelikute see osa, mis kattub otsamuhvi pinnaga on seestpoolt kaetud liimikihiga, mille ülesanne on liimida materjalide pinnad omavahel kinni. Kuid see liimikiht muutub kleepuvaks alles siis, kui gaasipõletiga antav soojus on piisav selle liimikihi sulatamiseks. Pildil 3 on näha, et soojendamise ebapiisavuse tõttu ei ole paremal pool liimikiht sulama hakanud (lääkiv pind). Pildi vasakul pool on kleepumise jäljed ilusti näha.



Pilt 3. Osaliselt soojendatud isoleerseeliku sisepind lahtivõetud olekus.

Vaatamata sellele, et IEC 815 standardi loomisel arvestati tol ajal kasutusel olevaid klaas- ja portselanmaterjalist isolaatoreid silmas pidades, kasutatakse samasugust määratlust ka tänapäeval kaasaegsete polümeerisolaatorite juures. Seejuures peab siiski märkima, et klaas- ja portselanisolaatorid käituvad võrreldes polümeerisolaatoritega vihma ajal üsna erinevalt. Nimelt klaas- ja portselanisolaatori pinnale tekib ühtlane veekiht, kuid polümeerisolaatori pinnale tekivad sellised üksikud mullikesed, mis muudavad pindülekõõgi tekkimise oluliselt raskemaks.



Pilt 4. Vihmapiisad kogunevad polümeerisolaatoritele üksikute mullikestena, samamoodi nagu enamustele taimedele.

Polümeeri kasutamisel võivad tekkida siiski teised ohud, mida klaas- ja portselanisolaatorite puhul tavaliselt ei teki. Nimelt loomulikes töötingimustes otsmuhvide, eriti välisotsmuhvide, pind saastub ja niiskuse olemasolul võivad tekkida lekkevoolud. Teatud keskkonnatingimustel võivad need lekkevoolud rikkuda otsamuhvi pinda roomavlahenduse radadega või erosiooni teel. Mõlemad nähtused võivad lõpuks põhjustada otsmuhvis ülekülluse ja tema riknemise, kusjuures roomavlahendus on kiire protsess (minutites) ja erosioon on aeglane protsess (aastates).



Pilt 5. Roomavlahenduse näide (vasakul) ja erosiooni näide kaablis (paremal).

Seetõttu on väga oluline, et tootja kontrolliks eelnevalt erinevate materjalide eluiga. Põhjaliku hindamise käigus teostatakse tavaliselt järgmised katsed:

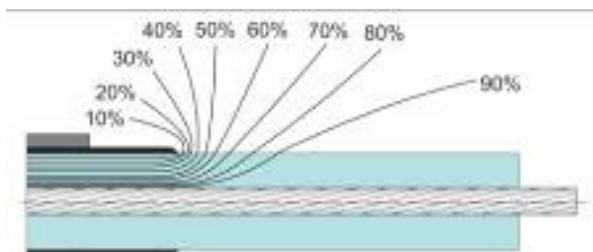
- roomavlahenduse ja erosiooni vastupidavuse test (TERT) vastavalt IEC 60587;
- niiskuse test vastavalt IEC 61442;
- soolaudu test vastavalt IEC 61109;
- UV vastupidavuse test vastavalt ISO 4892.

Roomavlahenduse ja erosiooni vastupidavuse test (TERT) näitab roomavlahenduse ja erosiooni esinemist materjali näidiste peal, mille juures perioodiliselt suurendatakse saastatust ja pinget. Teiste katsete puhul mõjutatakse valmistooteid niiskusega, soolauduga või intensiivse UV valgusega ja seejärel testitakse uuesti.

Elektrivälja ühtlustamine otsamuhvides.

Keskpingekaablite otses, kus välisolatsioon on eemaldatud, paiknevad elektrivälja samapotentsiaalijooned väga tihedalt üksteise lähedal, seega on elektriväljatugevus suur (vt. pilt 5). Selline väljatugevus on piisav, et ioniseerida õhku kaabli pinnal ja tekitada lahendusi. Kõrge temperatuur ja ionisatsiooni kõrvalproduktid halvendavad aja jooksul kaabli isolatsiooni pinda. Lisaks on väljatugevus kaabli ekraani serva juures nii kõrge, et isegi väiksemgi pügal võib põhjustada läbilöögi.

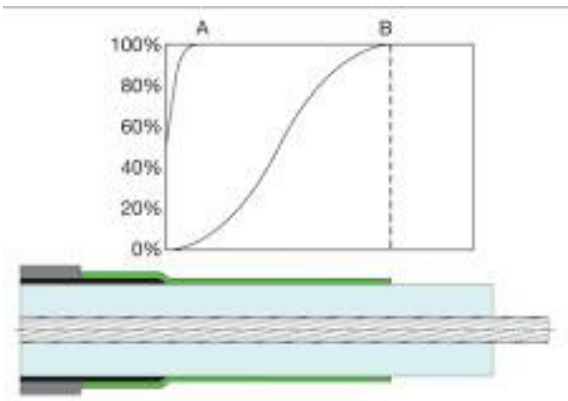
Läbi aegade on Raychemi firma termokahanevates otsamuhvides kasutatud kolme erinevat elektrivälja ühtlustamise tehnoloogiat. Esimesena tuli kasutusele hoolikalt kontrollitud mahueritakistusega väljaühtlustustorud. Sellist väljaühtlustussüsteemi võib rakendada mitmesugustele kaablitüüpidele (ka paberkaablid). Teisena tuli kasutusele pooljuht-väljaühtlustusmaterjali tehnoloogia, põhinedes isoleermaterjalil, mis sisaldab süsinikuosakesi täpselt eelnevalt määratletud koguses. Selle tehnoloogia kasutamisel oli väga tähtis arvestada termokahaneva toru materjali omadusi, õiget pikkust ja paigutust. Kolmandaks ja siiani kasutatavaks tehnoloogiaks on mittelineaarse väljaühtlustusmaterjali tehnoloogia, mis põhineb materjalidel, millel on mittelineaarne koormusköver. Alusmaterjali on rikastatud tsinkoksiidiga (ZnO) ja sellel on isoleerivad omadused kuni kindla pingeni. Kui väljatugevus on molekulaarpiirkonnas suurem kui selle materjali lülituspunkt, siis käitub see materjal nagu varistor ja muutub juhtivaks. See võimaldab kasutada lühikese pikkusega otsamuhve, kuna elektriväljatugevus kaabli ekraani serva lähedal hoitakse madalal. Suuremad pingekoormused ei põhjusta elektriväljatugevuse suuremat amplituudi (võib isoleermaterjalile halvasti mõjuda), vaid ainult juhtivaks muutuva osa piirkond muutub pikemaks.



Pilt 6. Ühtlustamata elektrivälja kaabli otsas

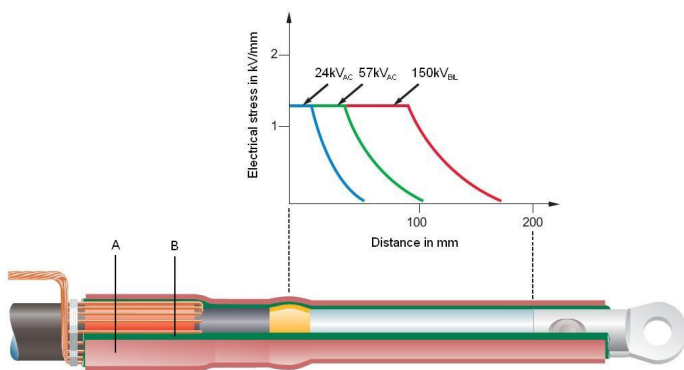


Pilt 7. Selline koorimisel jäetud terav lõikeserv (pügal) võib osutuda ohuallikaks.

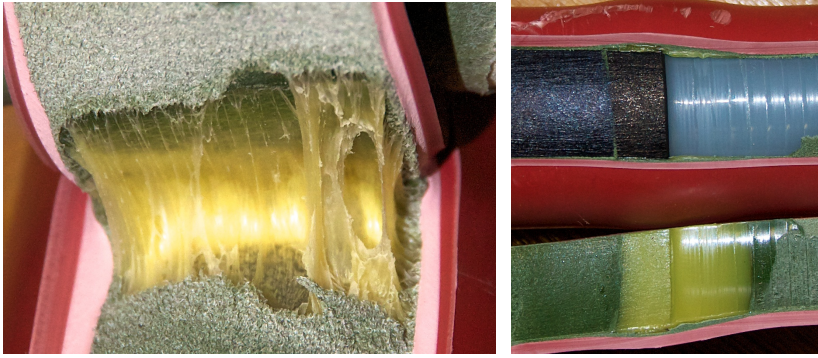


Pilt 8. Mittelineaarne väljaühtlustus: A – ilma väljaühtlustuseta, B – väljaühtlustuskattega.

Raychemi otsamuhvi materjal põhineb polümeermudeli tehnoloogial, kuhu on lisatud tsinkoksiidi (ZnO) ja see on paigaldatud ühtlase kihina roomavlahenduskindla toru sisepinnale. Gaasipõletiga soojendamise käigus muutub väljaühtlustuskiht pehmeks ja kleepuvaks ning see pressitakse kaabli pinna peale kinni. Tulemuseks on isolatsioonikihi peal ideaalne tühemiketa üleminekukiht, mis hoiab ära igasugused lahendused. Ohtlik olukord võib tekkida siis, kui gaasipõletiga soojendatakse liiga lühiajaliselt, ehk termokahanev toru läheb siis küll kokku, kuid roheline väljaühtlustuskiht ei jõua veel pehmeks ja kleepuvaks muutuda. Sellisel juhul võivad kaabli pinna peale jääda õhutühimikud.



Pilt 9. A – välimine roomavlahenduskindel toru, B – väljaühtlustusena toimiv tihendusmastiks.



Pilt 10. Vasakpoolsel pildil korralikult soojendatud kiht on kleepunud kaabli külge. Parempoolsel pildil on ebapiisav soojendus jätnud kihi lahti.

Õhutühimikud isolatsioonmaterjali vahel või sees võivad tööpinget rakendades tekitada osalahendusi, kuna kaabli juhtiva kihi serv moodustab terava serva, mis omakorda põhjustab suure elektrilise stressi. Juhul kui selles piirkonnas ei ole kasutatud piisavat väljaühtlustussüsteemi, siis tulemuseks on elektrilahendused. Sellised osalahendused on väga väikesed, kuid teatud aja pärast (mõnest kuust kuni mitme aastani) võivad need isolatsiooni hävitada. Seega tootja poolt tehtav osalahenduse mõõtmise katse on üks põhilistest testidest, mis kinnitab selle kaablitarviku kvaliteeti ja pikka eluiga ning see näitaja ei tohi kunagi ületada rohkem kui 10pC.

Raychemi otsamuhvid on konstrueeritud selliselt, et osalahendused hoitakse ära väljaühtlustussüsteemi ja heade isoleermaterjalide abil, mis on täpselt disainitud vastavalt konkreetsele rakendusele. Osalahendused hoitakse väga madalal ($< 1 \text{ pC}$). Selleks, et mõõta tegelikke osalahendusi (mitte häireid) on vaja väga tundlikke mõõteseadmeid. Osalahendusi ei tohi esineda ka kuni kahekordsel nimipingel.