


TEKNINEN TARKASTELU: KUORMITTAMATTOMAN MAAKAAPELIN KIINNI- JA IRTI KYTKEMINEN
1. Yleistä

Tässä ohjeessa tarkastellaan kuormittamattoman maakaapelin vajaanapaista kiinni- ja irtikytkentää. Vajaanapaisella kytkennällä tarkoitetaan yksi vaihe kerrallaan tapahtuvaa kytkemistä. Maakaapelin kytkemisen tarkastelussa oleellisia vaikuttavia tekijöitä ovat kaapelin varausvirta, verkon nolajännitteen U_0 muutos sekä summavirrat I_0 .

Kytkevän maakaapelin vaiheiden varausvirta kasvaa kaapelin pituuden kasvaessa. Jännitetyöliittimellä saa kytkeä tai katkaista 1,5 A kapasitiivista tai induktiivista varausvirtaa. Tämä perustunee valokaaren hallittavuuteen ja esim. vaiheoikosulun syntymisen vaaraan sopivissa olosuhteissa. Taulukossa 1. on esitetty suurimmat sallitut kaapelipituudet kiinni- ja irtikytkentätyössä (1,5 A varausvirran mukaan).

Taulukko 1. Suurimmat sallitut kaapelipituudet kiinni- ja irtikytkentätyössä (kilometreinä)

Poikkipinta mm ² Kaapelityyppi	25	35	50	70	95	120	150	185	240
1- ja 3-johdin PEX-kaapeli Al- tai Cu-johtimin: 10 kV									
Kapasitanssi / $\mu\text{F}/\text{km}$	0,2	0,23	0,25	0,28	0,31	0,34	0,37	0,41	0,45
Suurin sallittu pituus km	3,7	3,3	3,0	2,7	2,4	2,2	2,0	1,8	1,7
20 kV			0,17						
Kapasitanssi / $\mu\text{F}/\text{km}$	0,14	0,16	2,0	0,19	0,21	0,23	0,25	0,27	0,30
Suurin sallittu pituus km	2,5	2,2		1,8	1,7	1,5	1,4	1,3	1,2
3-johdin paperieristeiset kaapelit Al- tai Cu-johtimin:									
10 kV vyökaapelit, ilman eristys-suojusta, sektorijohtimin									
Kapasitanssi / $\mu\text{F}/\text{km}$	0,22	0,26	0,29	0,33	0,37	0,40	0,43	0,47	0,52
Suurin sallittu pituus km	3,4	2,9	2,6	2,3	2,0	1,9	1,7	1,6	1,4
20 kV kaapelit, eristysuojuksin, pyöreän johtimin									
Kapasitanssi / $\mu\text{F}/\text{km}$	0,19	0,22	0,26	0,30	0,33	0,36	0,38	0,42	0,46
Suurin sallittu pituus km	1,8	1,6	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7

Esim 1. 20 kV 95 mm² PEX maakaapelin maksimipituus taulukon mukaan on 1,7 km.



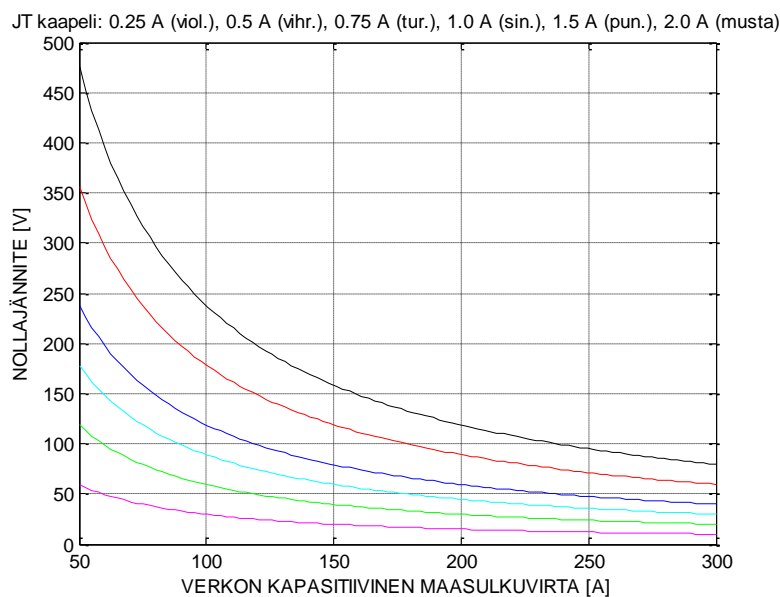


2. Verkon nolajännite ja summavirrat

Maakaapelin vajaanapainen kytkentä aiheuttaa syntyvän kapasitanssi-epäsymmetrian kautta nolajännitteen U_0 ja summavirran I_0 muutoksia. Tämä voi aiheuttaa verkon ei-toivotun laukaisun, jos asiaa ei ole ennakoitu. Tämän välttämiseksi on arvioitava kytkennässä tapahtuva U_0 ja I_0 kasvu, jotta voidaan varmistaa suojausasettelujen soveltuvuus ja muutostarve.

Nolajännitteen U_0 muutos on suojausasetteluiden kannalta merkityksellisempi, koska se on yleispätevä suure koko verkossa.

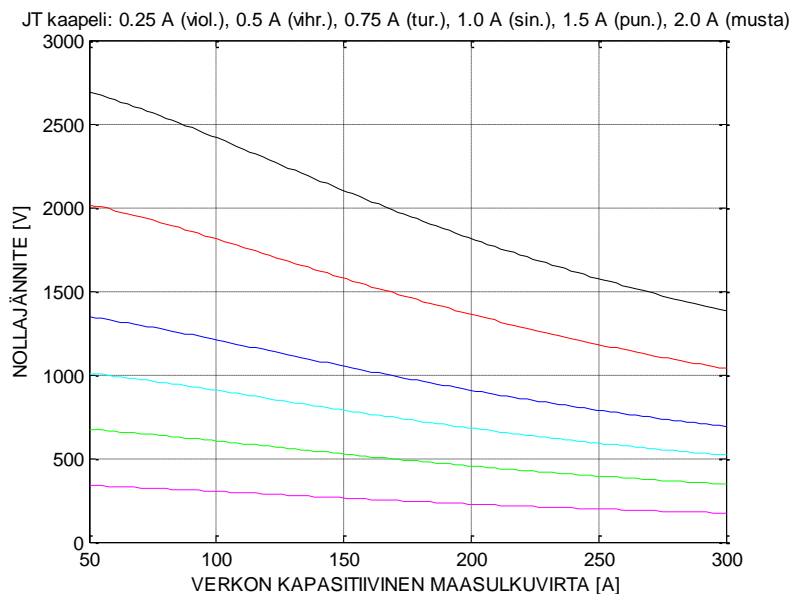
Maasta erotetussa verkossa nolajännitteen U_0 muutos voidaan arvioida karkeasti kuvaajan 1. avulla, kun tiedossa on verkon kapasitiivinen maasulkuvirta ja kytkettävän maakaapelin varausvirta. Oletuksena on, että verkko on lähtötilanteessa täysin symmetrinen.



Kuva 1. Nolajännitteen karkea tarkastelu maasta erotetussa verkossa kun lähtötietoina ovat kaapelin yhden vaiheen varausvirta ja koko verkon kapasitiivinen maasulkuvirta.

Esim.2. Kytkettäessä maasta erotetussa verkossa 0,94 km:n 20 kV 95 mm² PEX maakaapeli, kapasitiivinen varausvirta/vaihe on 0,75 A (valmistajan ilmoittama 0,8 A/km -> 0,94 km x 0,8 A/km = 0,75 A) ja koko verkon kapasitiivinen maasulkuvirta on 100 A (selvitetty taustatieto), voidaan kuvaajasta lukea, että kytkentähetkellä nolajännite nousee n. 90 V:iin.





Kuvaaja 2. Nollajännitteen karkea tarkastelu kompensoidussa verkossa ($k_a = 0.95$) kun lähtötietoina ovat kaapelin yhden vaiheen varausvirta ja koko verkon kapasitiivinen maasulkuvirta.

Esim.3. Kytettäessä kompensoidussa ($k_a = 0,95$) verkossa 0,94 km:n 20 kV 95 mm² PEX maakaapeli, kapasitiivinen varausvirta/vaihe on 0,75 A (valmistajan ilmoittama 0,8 A/km -> 0,94 km x 0,8 A/km = 0,75 A) ja koko verkon kapasitiivinen maasulkuvirta on 100 A (selvitetty taustatieto), voidaan kuvaajasta lukea, että kytkentähetkellä nollajännite nousee n. 900 V:iin.

Lisätietoa aiheesta löytyy TTY:n Jännitetyönä tapahtuvat 20 kV jakeluverkon vajaanapaiset kytkennät-projektin tutkimusraportista.



3. Käytännön kokemuksia ylipitkien maakaapeleiden kytkennästä

Käytännön kokemuksia ylipitkien (yli 1,5 A) kaapeleiden kytkennästä on vain vähän, koska aikaisemmin siihen on ilmennyt tarvetta vain harvoin. Potentiaalisena vaaratekijänä on valokaaren pidentyminen, vaikeampi sammuminen ja räiskyminen. Koska kytkentävirta on kapasitiivista, on johtimeen kohdistuva polttovaikutus kuitenkin vaihesiirrosta johtuen vähäinen.

4. Toimintasuositus

Kuormittamattoman maakaapelin jännitetyökytkennän ennakkosuunnittelussa on arvioitava

- Kytkettävän kaapelin varausvirta (kytkentävirta ei saa ylittää sallittua tasoa)
- Nollajännite U_0 (tarkistettava myös, ylittävätkö sekä nollajännitteen ja summavirran nousut suojausasetteluja)
 - Suojausasettelujen tarkastaminen mm. jälleenkytkennät pois
 - Syntyvää nollajännitettä voidaan alentaa kasvattamalla verkon laajuutta ja pienentämällä näin kompensointiastetta.
 - Suojaukselle asetetut turvallisuusvaatimukset tulee täyttää

Lisätietoa aiheesta löytyy TTY:n Jännitetyönä tapahtuvat 20 kV jakeluverkon vajaanapaiset kytkennät-projektin tutkimusraportista.

Ensimmäinen versio laskentapohjasta löytyy Sähkötutkimuspoolin tutkimusraporteissa julkaistusta loppuraportista osoitteesta <http://energia.fi/julkaisut/>. Laskentamallin avulla symmetriseen alkutilanteeseen perustuvat nollajännitteen U_0 ja summavirran I_0 arvot voidaan arvioida syöttämällä verkon lähtötiedot ja kytkettävän verkon osan tiedot. Ylläpidetty, käytännön kokemusten perusteella täydennetty viimeisin versio laskentapohjasta löytyy HeadPower Oy:n portaalissa olevasta Jännitetyöohjeistosta osoitteesta www.headpower.fi.

OHJE: JTK-XX	Tekninen tarkastelu: Kuormittamattoman maakaapelin kiinni- ja irti kytkeminen
	Pvm:17.12.2014