

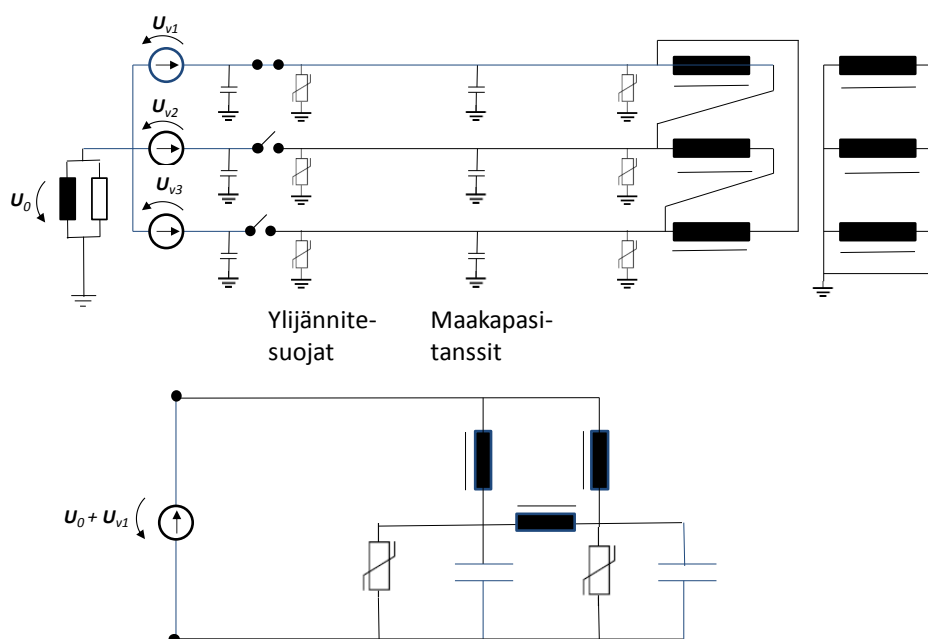
TEKNINEN TARKASTELU: MAAKAAPELIN JA TYHJÄKÄYVÄN MUUNTAJAN KIINNI- JA IRTI KYTKEMINEN, (EI EROTINTA MMO:LLA)

1. Yleistä

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

Jo vuosikymmeniä sitten on todettu, että tietyt kaapeli/muuntaja-yhdistelmät voivat vajaanapaisesti kytkettäessä muodostaa resonanssipiirin (ferroresonanssi), joka voi aiheuttaa U_0/I_0 -laukaisun, ylijännitteen aiheuttaman ylijännitesuojan tai muun verkon komponentin rikkoontumisen sekä potentiaalisesti myös vaaraa työntekijöille.

Resonanssipiiri voi muodostua muuntajasta sekä yhdestä tai kahdesta kytkemättömästä vaihejohtimesta, kuten kuvan 1 sijaiskytkennässä. Ferroresonanssi-tilanteessa kytkemättömien johtimien ja jakelumuuntajan väliin syntyy värähtelypiiri joka aiheuttaa erotuskohdan takana vaihejännitteiden ja varausvirtojen huomattavaa nousua sekä tästä johtuvaa nolajännitteen ja summavirran nousua syöttävän verkon puolella.



Kuva 1. Maakaapelin ja tyhjäkäyvän jakelumuuntajan resonanssipiirin sijaiskytkentä

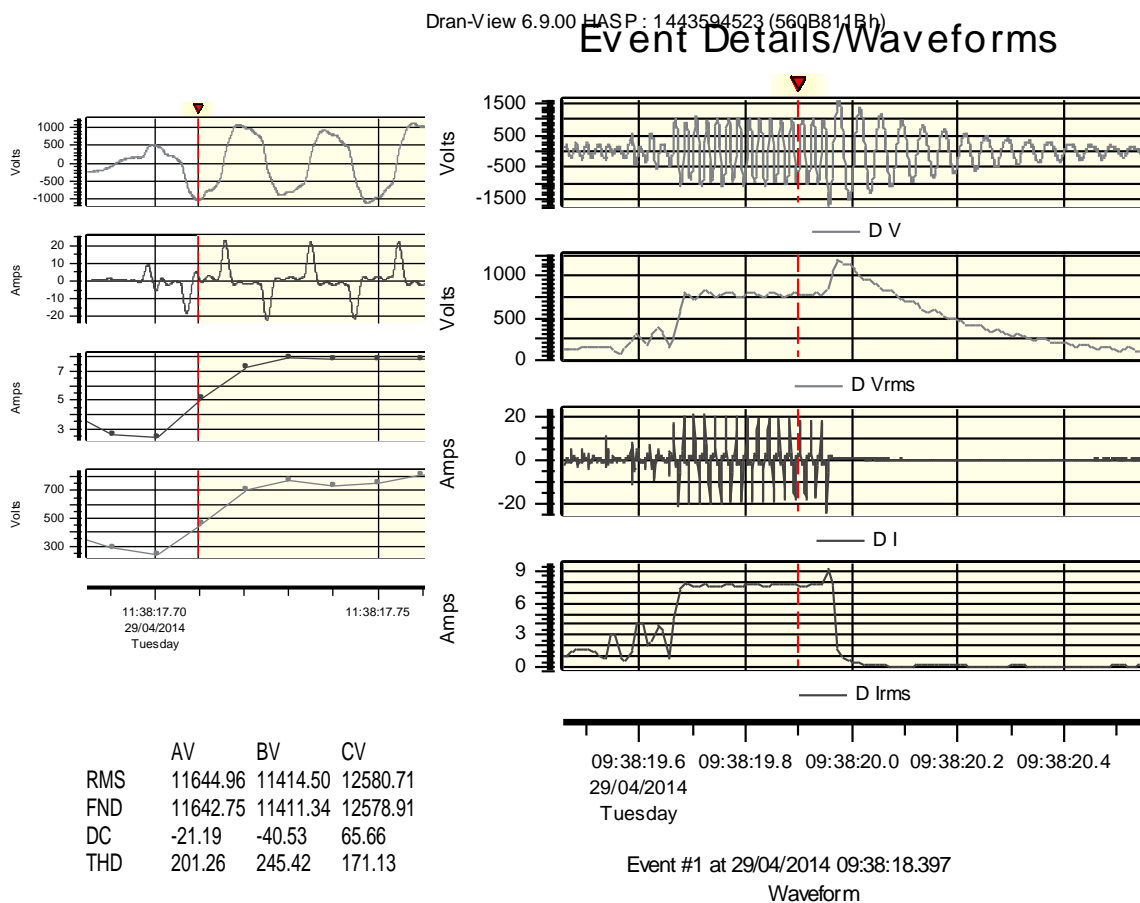


2. Käytännön havaintoja

Resonanssitilanne syntyi koeasennuksissa Elenia Oy:n verkossa tehdyissä kenttäkokeissa yhdistelmällä AXAL-TT 50 mm² 1160 m + jakelumuuntaja 50 kVA sekä Sallila Sähkönsiirto Oy:n verkossa AHXAMK-W 70 mm² 810 m + jakelumuuntaja 100 kVA. Vaihejännite nousi molemmissa tapauksissa niin suureksi, että se rikkoi ylijännitesuojan (rasitus kohdistuu irti olevien vaiheiden ylijännitesuojiiin).

Ferroresonanssi-ilmiö koettiin niin todennäköiseksi, että se merkittävästi estää kyseisen yhdistelmän jännitetyökytkentää ilman lisäjärjestelyjä.

Kuvassa 2 on esitetty kenttämittaustilanteessa nollassa jännite ja summavirta sähköasemalla osittain kompensoidussa verkossa kaapelin ja muuntajan ollessa syötettynä yhdellä vaiheella kun resonanssi esiintyy.

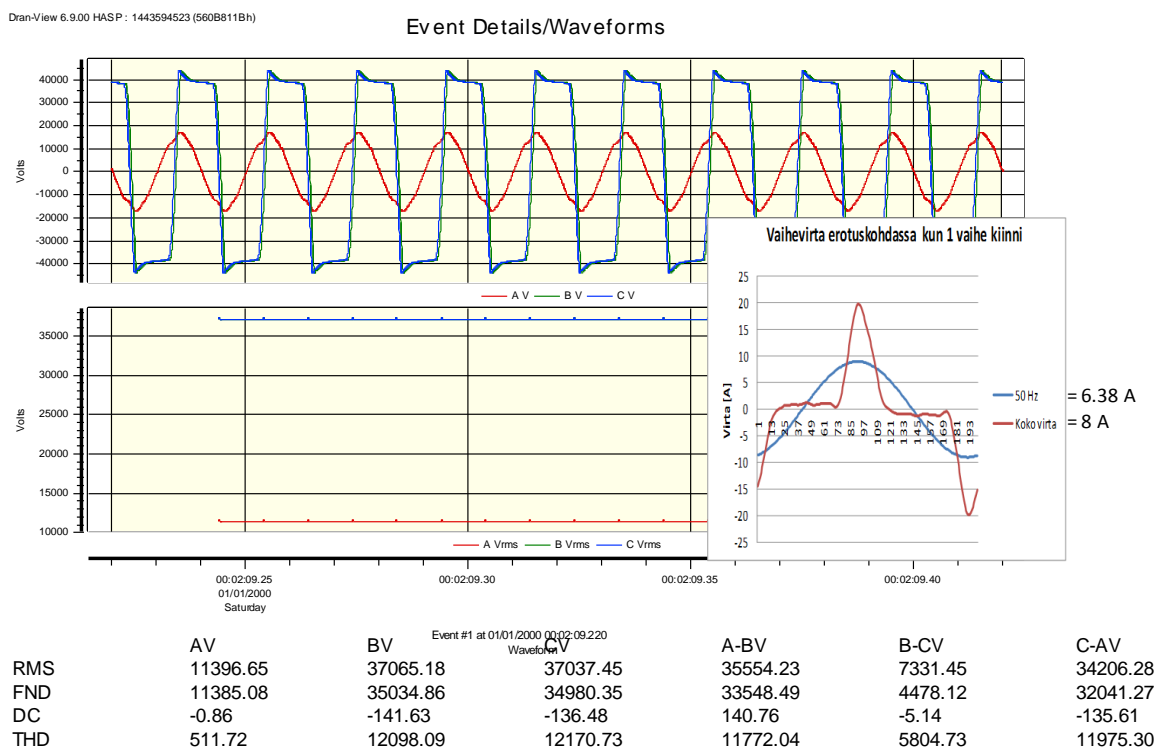


Kuva 2. Nollajännite ja summavirta sähköasemalla kun resonanssi esiintyy.





Kuvassa 3 on esitetty kenttämittaustilanteessa vaiheiden ja maan väliset jännitteet erotuspaikan takana (osittain kompensoidussa verkossa) sekä syöttävän vaiheen virta osittain kompensoidussa verkossa kaapelin ja muuntajan ollessa syötettynä yhdellä vaiheella kun resonanssi esiintyy. Kaksi vaiheen ja maan välistä jännitteen tehollisarvoa on noussut noin 3-kertaiseksi normaaliin nähden ja yksi on normaalitasolla. Syöttävän vaiheen virran 50 Hz komponentti on 6.38 A ja noin 9-kertainen verrattuna tilanteeseen, jossa resonanssia ei ole.



Kuva 3. Vaihejännitteet erotuspaikan takana kun resonanssi esiintyy



Kenttäkokeissa haitallinen ferresonanssi saatiin poistumaan:

- Resistiivisellä n. 12 kW pj-puolen vastuksella, kun
 - muuntaja 100 kVA,
 - kaapelin kapasitiivinen varausvirta 0,6 A,
 - maasta erotettu verkko ja
 - verkon kapasitiivinen maasulkuvirta 75 A.
- Resistiivisellä n. 10 kW pj-puolen vastuksella, kun
 - muuntaja 50 kVA,
 - kaapelin kapasitiivinen varausvirta 0,7 A,
 - kompensoitu tai osittain kompensoitu verkko ($k_a=30\%$ tai $k_a=95\%$) ja
 - Verkon kapasitiivinen maasulkuvirta 140 A.

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

Kenttäkokeissa resonanssi saatiin vaimenemaan resistiivisen kuormituksen avulla mutta kuormituksen tarkempi mitoittaminen edellyttäisi laajempia kenttäkokeita, joita tämän projektin puitteissa ei ollut mahdollista toteuttaa.

Ylijännitesuojien rasitukseen vaikuttaa oleellisesti mahdollisten ylijännitteiden kesto aika, joten on myös tarkoituksenmukaista työskennellä varmuuden vuoksi ripeästi. Kahta asennussauvaa käyttäen kaksi ensimmäistä vaihetta voidaan kytkeä muutaman sekunnin välein. Tämän jälkeen kytketään viivytyksettä kolmas vaihe.

OHJE: JTK-XX	Ohjeen nimi: Maakaapelin ja tyhjäkäyvän jakelumuuntajan kiinni- ja irti kytkeminen
	Pvm: 17.12.2014



3. Toimintasuositus

Maakaapelin ja kuormittamattoman jakelumuuntajan jännitetyökytkennän ennakkosuunnittelussa on huomioitava seuraavat asiat:

- Ferroresonanssin syntyminen on estettävä.
 - Sekä sammutetussa että maasta erotetussa verkossa resonanssitilanteen aiheuttamat vaihejännitteen nousut moninkertaisiksi erotuskohdan takana voidaan poistaa jakelumuuntajan kuormitusvastuksella.
 - Näin voidaan parantaa turvallisuutta, ylijännitteiden aiheuttamia vaurioriskejä sekä ehkäistä ei-toivottuja laukaisuja.
- Maasulkusuojauksen asetteluja voidaan tarvittaessa muuttaa.
- Suojaukselle asetetut turvallisuusvaatimukset tulee täyttää.
- Kytkeäntöjen ripeä suorittaminen.
- Kun ferroresonanssin syntyminen on estetty, voidaan tarkastelu tehdä muilta osin kuten tyhjäkäyvän maakaapelin tarkastelussa, ottaen huomioon nollajännitteen lievä vahvistuminen.

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	Ohjeen nimi: Maakaapelin ja tyhjäkäyvän jakelumuuntajan kiinni- ja irti kytkeminen
	Pvm: 17.12.2014