



SAVONIA

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

SÄHKÖNJAKELUJÄRJESTEL- MÄN UUSINNAN EHDO- TELMA

Opinnäytetyö

Tekijä: Mikko Kumpulainen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Sähkötekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Mikko Petteri Kumpulainen			
Työn nimi SÄHKÖNJAKELUJÄRJESTELMÄN UUSINNAN EHDOTELMA			
Päiväys	14.10.2016	Sivumäärä/Liitteet	47/13
Ohjaaja(t) Lehtori Jari Ijäs			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Yara Suomi Oy			
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli saada karkea hinta-arvio Yaran Siilinjärven kaivoksen karkeamurskausaseman sähkötila- ja kojeistouudistuksesta sekä uusintaehdotelma. Vanhassa kojeistossa on käytössä vähäöljykatkaisija sekä kaksi vanhanaikaista jakelumuuntajaa. Kojestossa ei ole valokaarisuojausta, ja sen lisäksi kojeiston suojaus on jo ikääntynyt ja suojauslaitteiden ikääntyminen tuo mukanaan ongelmia.</p> <p>Työssä selvitettiin uudet mahdolliset kojeistotyyppit ja laitteistojen komponentit. Työssä otettiin selvää uusimisen syistä ja otettiin huomioon mahdolliset laajentamismahdollisuudet. Työssä perehdyttiin paljon Yaran sähkönjakeluun, sähkötiloihin ja jo tehtyihin uudistuksiin ja sieltä hyväksi havaittuihin toimintamalleihin ja komponentteihin.</p> <p>Opinnäytetyössä saatiin tehtyä uusintaehdotelma, jonka perusteella voidaan lopulliseen investointiesitykseen määrittellä komponenttivalintoja, kojeistovalinnat ja muuntajavalinnat. Työn perusteella voidaan esitellä perusteluja tehdyille valinnoille.</p>			
Avainsanat Yara, investointi, karkeamurkaus, kaivos			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Electrical Engineering			
Author(s) Mikko Petteri Kumpulainen			
Title of Thesis Electric Distribution System Renewal Proposal			
Date	10 October 2016	Pages/Appendices	47/13
Supervisor(s) Mr. Jari Ijäs, Lecturer			
Client Organisation /Partners Yara Suomi Oy			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this thesis was to get a rough cost estimate and sketched plan for the investment in primary crushing station medium voltage switchgears and the renovation of the main boards in Yara's Siilinjärvi mine. Old switchgears use minimum oil circuit breakers whose product support is limited and switchgears include two antiquated transformers. Switchgears also lack arc fault protection. In addition to this, the aging of protection relays will bring problems.</p> <p>In this thesis the aim was also to introduce precise reasons for the renewal and to give renewal or upgrade proposals for the switchgear, transformers, mains boards and components and pay attention to possible extend options.</p> <p>Doing the thesis included a lot of examination of electric distribution at Yara's Siilinjärvi mine, drawings and getting familiar with transformers, switchgears and different components. The thesis clarified the state of the current technology and searched the solutions to renewal the medium voltage switchgears and the renovation of the main boards.</p> <p>The results of this thesis were renewal proposals for each switchgear and transformer and the main boards. On the basis of these, the client can now start planning the renewals more closely.</p>			
<p>Keywords</p> <p>Yara, engineering, mine, primary crushing, investment</p>			

ESIPUHE

Opinnäytetyön aiheen tarjosi sähkötekniikan asiantuntija Kauko Lappalainen, joka myös toimi työpaikalla ohjaajana, joten todella suuri kiitos hänelle. Työ opetti minulle sähkötekniikan investoinneista. Erityisesti haluan kiittää myös sähköinsinööri Pasi Raatikaista, joka toimi opinnäytetyöni teknisenä asiantuntijana, sekä Savonia-ammattikorkeakoulusta lehtori Jari Ijästä ja yliopettaja Juhani Rouvalia.

Helsingissä 14.10.2016

Mikko Kumpulainen

SISÄLTÖ

JOHDANTO	7
1 YARA SUOMI.....	8
2 SÄHKÖNJAKELU SIILINJÄVEN KAIVOKSELLA	9
2.1 Keski- ja pienjänniteverkko kaivoksella	9
2.2 ValmetDNA sähkönjakelussa	10
3 MUUNTAJAT	11
3.1 Muuntajan rakenne	11
3.2 Muuntajan toiminta	11
3.3 Muuntajan kilpiarvot.....	12
3.4 Häviöt ja hyötysuhde	13
3.4.1 Tyhjäkäyntihäviöt.....	13
3.4.2 Kuormitushäviöt	14
3.5 3-vaiheinenmuuntaja	14
3.6 3-vaiheisen muuntajan kytkennät	15
3.7 Muuntajien valinta	17
4 KESKIJÄNNITEKOJEET	18
4.1 Kojeistot.....	18
4.2 Kojeistotyypit.....	18
4.3 Kokoojakiskojärjestelmät	19
4.3.1 Yksikiskojärjestelmä	20
4.3.2 Kaksikatkaisijajärjestelmä (Duplex)	20
4.4 Katkaisijat	21
4.4.1 Katkaisutapahtuman pääpiirteet.....	21
4.4.2 Katkaisijarakenteet.....	21
4.4.3 Katkaisijan valinta	24
4.5 Mittamuuntajat	25
4.5.1 Virtamuuntajat.....	25
4.6 Keski­jännitekaapelit	26
5 OIKOSULKUSUOJAUS.....	29

5.1	Oikosulkusuojaus	29
5.2	Oikosulkupiirin komponenttien impedanssit	30
5.3	Alkuoikosulkuvirta	31
5.4	Sysäysoikosulkuvirta	31
5.5	Terminen oikosulkuvirta	32
6	PIENJÄNNITEVERKON MITOITTAMINEN.....	33
6.1	Suojalaitteiden mitoitus	33
6.2	Johdon mitoitus	33
6.3	Ylivirtasuojaus	34
6.4	Jännitteenalenema johdossa.....	34
7	LOISTEHO JA YLIAALLOT.....	36
7.1	Loisteho ja loistehon kompensointi.....	36
7.2	Loistehon kompensointi.....	36
7.3	Yliaallot	37
7.4	Yliaaltojen suodattaminen	37
8	VERKOSTOLASKENTA	38
8.1	Kaivoksen verkostolaskenta	38
9	SÄHKÖKESKUSTEN UUSIMINEN.....	40
9.1	Uusimisen syyt.....	40
9.1.1	Vähäöljykatkaisijoiden elinkaari.....	41
9.1.2	Releiden ikääntyminen	41
10	UUSINTAEHDOTUS.....	42
10.1	Kojeisto ja kokoojakiskosto	42
10.2	Katkaisijat ja maadoituskytkimet	43
10.3	Suojareleet.....	44
10.4	Valokaarisuojaus.....	44
11	YHTEENVETO.....	45
12	LÄHTEET	46
	LIITE 1: KOJEISTON C14 TEKNINEN ERITTELY.....	47
	LIITE 2: MUUNTAJAN T14 TEKNINEN ERITTELY	55
	LIITE 3 SUORA MOOTTORILÄHTÖ, SIMOCODE PRO-V, KASSETTILÄHTÖ 37-45KW.....	58

JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö tehdään Yara Suomi Oy:n Siilinjärven kaivokselle. Työn tarkoituksena on laatia karkeamurskausaseman sähkötilan uudistuksen esitys investointiesitystä ja lopullista kustannusarviota varten. Ennen uudistusta karkeamurskausasemalla on käytössä vanha 10 kV kojeisto, yksi vähäljykatkaisija ja kaksi jakelumuuntajaa, joiden jännitetasot ovat 10 kV/0,69 kV ja 0,69 kV/0,4 kV, sekä kaksi 690 V:n kojeistoa C14 ja C14.14 ja C14.15, joka puolestaan on 400 V kojeisto.

Uudistuksen jälkeen käyttöön tulee kokonaan uusi 10 kV kojeisto sekä kaksi jakelumuuntajaa, joiden jännitetasot ovat 10 kV/0,69 kV ja 10 kV/0,4kV. Kojestot C14 ja C14.14 yhdistetään yhdeksi isoksi 690 V kojeistoksi ja 400 V kojeiston nimeksi tulee C14.14. Kojestot tulevat olemaan fyysisiltä mitoiltaan paljon suurempia kuin entiset, joten niille rakennetaan myös kokonaan uusi sähkötila. Sähkötilaan tämän projektin yhteydessä automaatiopuoli suunnitellee automaatiouudistusta, joka otetaan huomioon tilavarauksena uudessa sähkötilassa.

Työn tarkoituksena on käydä läpi uudet mahdolliset komponentit ja syyt miksi uudistus on suositeltavaa tehdä.

1 YARA SUOMI

Yara Suomi Oy on kemian alan yritys, jolla on Suomessa yhteensä neljä tuotantolaitosta, jotka sijaitsevat Siilinjärvellä, Uudessakaupungissa, Harjavallassa ja Kokkolassa. Tärkeimpiä tuotteita ovat lannoitteet, ympäristötuotteet ja teollisuuskemikaalit. Yara International ASA on maailman johtavia kemian alan yrityksiä ja sen pääkonttori sijaitsee Norjassa. Sillä on toimipaikkoja yli 50 maassa, joista 23:ssa sijaitsee tuotantolaitoksia. Yara International ASA on perustettu vuonna 1905 nimellä Norsk Hydro. Henkilöstöä on noin 7 600. (Yara Suomi 2012a.)

Suomessa Yara Suomi Oy tunnettiin nimellä Kemira GrowHow Oyj, kunnes Yara International ASA osti sen vuonna 2008. Yara Suomi Oy onkin sen tytäryhtiö.

Siilinjärven tuotantolaitos on perustettu 1960-luvun lopulla, kun alueelta löytyi laaja fosfaattiesiintymä yli kymmenen vuotta aikaisemmin. Siilinjärven fosfaattikaivos on myös Länsi-Euroopan ainoa. Ensimmäiset tehtaot saatiin vuonna 1969 ja tehtaita laajennettiin vuosina 1971–73 ja 1979. Alueella sijaitsee kaivos, rikastamo, pasutto-rikkihappotehdas, typpihappotehdas, voimalaitos, ammonium-fosfaattitehdas, fosforihappotehdas, lannoitetehdas ja pakkaamo.

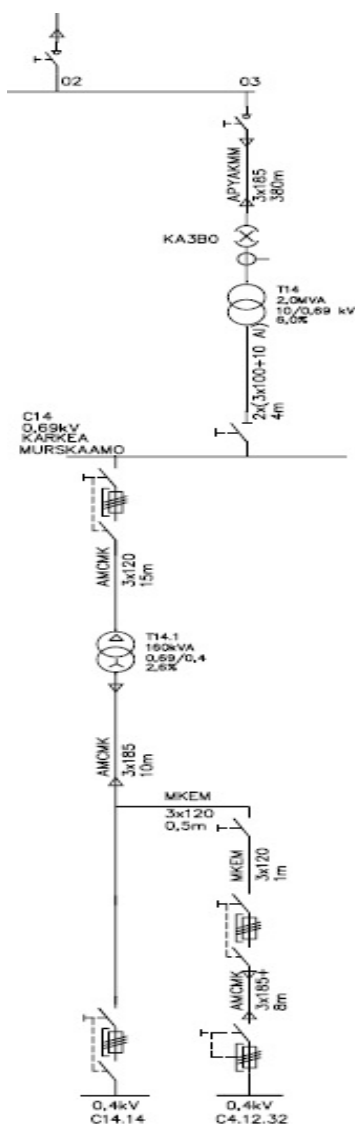
Henkilöstöä Siilinjärvellä on noin 500. Siilinjärvellä tuotetaan lannoitteita ja fosforihappoja. Näihin tarvittavat typpihappo, rikkihappo ja apatiitti tuotetaan myös Siilinjärven tehtailla ja kaivoksessa. Siilinjärvellä valmistettavista lannoitteista pääosin kaikki käytetään Suomessa. (Yara Suomi 2012b.)

2 SÄHKÖNJAKELU SIILINJÄVEN KAIVOKSELLA

Kaivokselle tulee valtakunnan 110 kV korkeajänniteverkko; varasyöttönä tehtaan omalta voimalalta tulee 10 kV avolinja. Pääsähköasemalla SA1B1 sijaitsee 110 kV/10 kV päämuuntaja, jonka nimellisteho on 40MVA. Pääsähköasemia on kaksi kappaletta, SA1B1 ja SA1B11, joilta sähkö syötetään 10 kV syöttönä muuntajille. Kaivoksen keskijänniteverkko on maasta erotettu teollisuusverkko. Päämuuntajan toisiojännitettä säädetään muuntajan käämikytkimellä automaattisesti. Käämikytkin pitää automaattisesti huolta siitä, että toisiojännite pysyisi mahdollisimman lähellä aseteltua jännitetasoa.

2.1 Keski- ja pienjänniteverkko kaivoksella

Siilinjärven kaivoksella päämuuntajalta sähkönjakelu tapahtuu kentällä sijaitseville muuntajille ja puistomuuntamoille 10 kV maakaapeleilla sekä avolinjoilla. Yaralla pienjännitejakelujärjestelmä on 690V tai 400V (TN-S, jäykästi maadoitettu verkko). Ohjaukset toimivat 230 VAC tai 24 VDC jännitteillä. Kuvassa 1 on esitelty Yaran kaivoksella sijaitsevan karkeamurskausaseman sähkönjakelu. Kuvassa 1 esiteltyssä sähkönjakelukaaviossa voidaan nähdä, että sähköä syötetään muuntajalle T14, jonka teho on tällä hetkellä 2.0 MVA. Uudistuksen jälkeen muuntajan teho nostetaan 3.15 MVA:iin, jos tulevaisuudessa halutaan nostaa murskauskapasiteettia esimerkiksi rakentamalla kokonaan uusi karamurska. Kuvassa 1. voidaan havaita, että karkeamurskausaseman keskuksesta C14 syötetään välijännitemuuntajaa T14.1. Kyseinen muuntaja tullaan vaihtamaan 1.6 MVA tehoiseksi muuntajaksi, joka muuntaa 10 kV jännitteen tasolle 400 V. Muuntajista lisätietoa on luvussa 4.



KUVA 1. Karkeamurskausaseman sähkönjakelukaavio ennen uudistusta (Yara Suomi Oy, Siilinjärvi.)

2.2 ValmetDNA sähkönjakelussa

Yaralla on käytössä ValmetDNA-automaatiojärjestelmä. VametDNA käyttää kenttäväyläprotokollana Profibus DP:tä. Automaatiojärjestelmällä voidaan kerätä tietoa sähkönjakelusta sekä ohjata ja automatisoida sähkönjakelua. Kenttäväylän siirtotienä toimii parikerretty kuparikaapeli, joka on suojattu, sekä rengasmaisen valokuituverkko. Kaivoksella osaa suojeleista voidaan ohjata automaatiojärjestelmästä. Muun muassa SA1B1-kondensaattorin katkaisija voidaan ohjata auki tai kiinni tehtaan puolelta voimalaitokselta, kompensointitarpeen mukaan. Muita releitä ohjataan paikallisesti.

3 MUUNTAJAT

3.1 Muuntajan rakenne

Muuntaja koostuu laminoituista rautalevyistä valmistetusta yhteisestä rautasydäimestä, jonka ympäri on kierretty ensiö- ja toisiokäämitykset. Muuntajan muuntosuhde määräytyy käämitysten kierroslukujen mukaan. Mikäli ensiökäämissä N_1 on kierroksia enemmän kuin toisiokäämissä N_2 , toisiojännite on ensiöjännitettä pienempi. Jos käämityksien suhde on toisinpäin, on kyseessä jännitettä nostava muuntaja. (Hietalahti 2011, 4, 13.)

3.2 Muuntajan toiminta

"Muuntaja on tyhjäkäynnissä silloin, kun sen toisiokäämi on virraton ensiökäämin ollessa kytkettynä vaihtojännitteeseen U_1 . Ideaalisen eli häviöttömän yksivaihemuuntajan käämeissä ei synny virtalämpöhäviöitä, eikä rautasydämessä rautahäviöitä ja hajavuo on nolla eli sama magneettivuo lävistää ensiö- ja toisiokäämin. Muuntaja ei kuitenkaan käytännössä ole ideaalinen, vaan häviöitä ja hajavua syntyy." Ensiökäämi ottaa virtaa verkosta, jota kutsutaan tyhjäkäyntivirraksi I_0 . Tyhjäkäyntivirta synnyttää magnetomotorisen voiman F_m . Magnetomotorinen voima voidaan laskea kaavalla (Korpinen 1998, 4):

$$F_m = N \times I \quad (1)$$

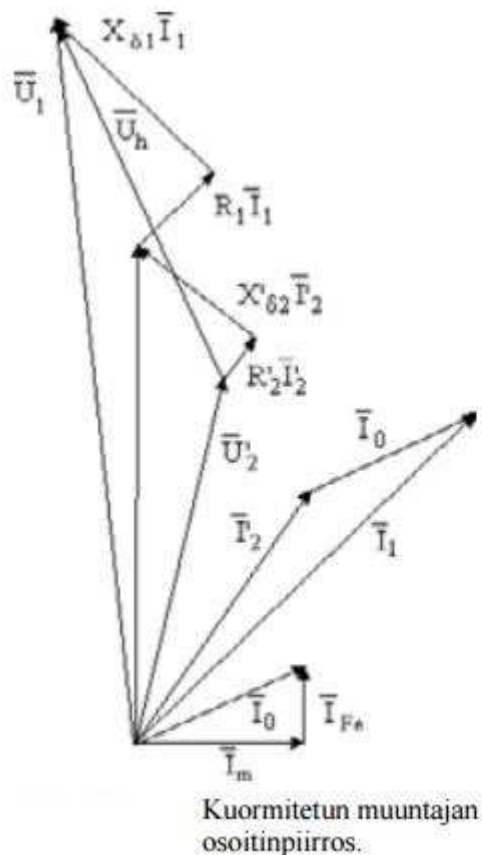
"Sydänmateriaalissa magnetomotorinen voima synnyttää magneettivuon ϕ . Magneettivuo kulkee sydänmateriaalia pitkin molempien käämien lävitse, minkä vuoksi toisiokäämiin indusoituu jännite. Kuormitetussa todellisessa muuntajassa magneettivuo ei kuitenkaan sulkeudu ideaalisesti rautasydämen kautta, jolloin osa siitä menee suoraan ilmvälin kautta. Tätä syntynyttä osaa, joka oikaisee ilmvälin kautta, kutsutaan hajavuoksi". (Hietalahti 2011, 15.)

"Rauta on kyllästytävä aine, joten kentänvoimakkuuden, vuon ja vuotitiheyden kasvattaminen on järkevää vain kyllästysalueen kynnykselle saakka. Mikäli halutaan tästä isompia vuontitiheyden arvoja, joudutaan magnetointivirtaa kasvattamaan kohtuuttomasti. Magnetointivirran kasvattaminen lisää kuparilankahäviöitä". (Hietalahti 2011, 7.)

"Kytettäessä muuntajan toisiokäämin napoihin kuormitus toisiojännite synnyttää virran I_2 , joka puolestaan saa aikaan toisiojännitteen magneettomotorisen virran $I_2 N_2$. Muuntajan vuo ei saa muuttua häviöttömäksi, joten magnetomotorisen voiman $I_2 N_2$ täytyy kumoutua. Muuntajassa kumoutumisen saa aikaiseksi ensiökäämin verkosta ottama lisävirta I_a . I_a saadaan laskettua kaavalla":

$$I_a N_1 = I_2 N_2 \quad (2)$$

"Toisiokäämin magnetomotorinen voima synnyttää hajavuon, jota ensiökäämi ei voi kumota, koska se ei kulje ensiön läpi. Tyhjäkäyntivirran I_0 ja toision kuorimitusvirran aiheuttaman lisävirran I_a summasta saadaan kuormitetun muuntajan ensiövirta." (Korpinen 1998, 6.)



Kuvassa

- \bar{U}_1 on ensiöjännite
- \bar{U}'_2 on ensiöön redusoitu toisiojännite
- R_1 on ensiökäämin resistanssi
- R'_2 on toisiokäämin resistanssi ensiöön redusoituna
- $X_{\delta 1}$ on ensiökäämin hajareaktanssi
- $X'_{\delta 2}$ on ensiöön redusoitu toisiokäämin hajareaktanssi
- \bar{U}_h on jännitehäviö
- \bar{I}_0 on tyhjäkäyntivirta
- \bar{I}_1 on ensiövirta
- \bar{I}'_2 on ensiöön redusoitu toisiovirta
- \bar{I}_{Fe} on rautahäviövirta ja
- \bar{I}_m on magnetoimisvirta.

Kuva 2. Kuormitetun muuntajan osoitin piirros (Korpinen 1998, 6.)

3.3 Muuntajan kilpiarvot

"Muuntajan teho ilmoitetaan aina näennäistehona, jonka yksikkö on VA. Näennäisteho on toisiojännite kertaa toisiovirta. Joskus on hyödyksi tietää myös muuntajaan syötetty teho esimerkiksi ensiöjohtimien tai sulakkeiden mitoitus varten. Siksi datalehdessä on annettu myös ΔS . Koska kaikilla muuntajilla on suuremmat tai pienemmät kupari-, rauta- ja magnetointihäviöt, on ΔS aina suurempi kuin 1. Kertomalla nimellisteho ΔS :llä saadaan sisään syötettävä näennäisteho." (Trafomic, 2014)

Ensiö- ja toisionimellisvirrat on ilmoitettu ampeereina, mutta tyhjäkäyntivirta I_0 ilmoitetaan lähes aina prosentteina ensiönimellisvirrasta. Valmistaja ei ilmoita muuntajalle resistanssi- eikä reaktanssi-ohmiarvoa, vaan ilmoittaa muuntajalle arvon z_k eli suhteellisen oikosulkuimpedanssin. Käytetään merkintää u_k tai z_k , laatu %. Oikosulkuimpedanssi voidaan myös laskea, jos tiedetään nimellisteho S_n ja nimellisjännitteet. (Korpinen 1998, 8)

$$Z_k = \frac{z_k U_n^2}{100 S_n} \quad (1)$$

Jos impedanssin määritelmä halutaan tehdä ensiöpuolelta, on käytettävä ensin nimellisjännitettä, ja toisionpuolelta määriteltessä on puolestaan käytettävä toision nimellisjännitettä.

(Korpinen 1998, 8.)

"Suhteellinen oikosulkuimpedanssi z_k

voidaan jakaa suhteelliseen oikosulkuresistanssiin r_k ja oikosulkureaktanssiin x_k . "

(Korponen 1998, 8.)

3.4 Häviöt ja hyötysuhde

Muuntajat, kuten kaikki muutkin sähkökoneet, eivät voi toimia häviöttömästi. Muuntajassa häviöt syntyvät tyhjäkäyntihäviöistä ja kuormitushäviöistä.

3.4.1 Tyhjäkäyntihäviöt

Tyhjäkäyntihäviöt eli niin kutsutut rautahäviöt muodostuvat hystereesi- ja pyörrevirtahäviöistä. Tyhjäkäyntihäviöt riippuvat jännitteestä eivätkä kuormituksesta, joten niiden suuruus pysyy vakiona. Hystereesihäviöt ovat taas suoraan verrannollisia magneettivuon vaihtelun taajuuteen;

$$P_{hy} = \eta \times V \times f \times B_{max}^n \quad (3)$$

Kaavassa; η = kokemus peräinen vakio

f = vuon taajuus

n = kokemus peräinen eksponentti

V = raudan tilavuus

B_{max} = vuon tiheyden maksimiarvo

Pyörrevirta syntyy muuttuvan vuon rautaan indusoimista pyörrevirroista. Mikäli rauta on ns. massiivista materiaalia, kasvaa pyörrevirrat suhteettoman suuriksi vaihtokentässä. *"Tämä johtuu siitä että indusoitunut jännite ja sitä kautta syntyvä pyörrevirta on verrannollinen vuon läpäisemään pinta-alaan"* (Hietalahti 2011, 11.) Edullista on pienentää raudan pinta-alaa, tämä tapahtuu kun käytetään ns. levyrakennetta. Sydänosa on rakennettu toisistaan eristetyistä rautalevyistä. Eristys katkaisee pyörrevirtojen kulkureittejä ja samalla myös pienentää vuon läpäisemää pinta-alaa.

(Hietalahti 2011, 11)

Laminoidussa levyrakenteisessa raudassa pyörrevirrat riippuvat taajuudesta ja vuon tiheydestä ja määrittyvät seuraavalla tavalla;

$$P_{fh} = \frac{V \times \pi^2 \times f^2 \times d^2 \times \hat{B}_m^2}{6 \times \rho} \quad (4)$$

Kaavassa;

V on raudan tilavuus,

f on vuon taajuus,

d on levyjen paksuus,

ρ on raudan johtavuus. (Hietalahti 2011, 12)

3.4.2 Kuormitushäviöt

Kuormitushäviöt P_k eli virtalämpöhäviöt puolestaan johtuvat käämien vastuksissa virran vaikutuksesta. Muuntajan kilvessä ilmoitetaan usein nimelliset kuormitushäviöt, jotka tarkoittavat häviötä muuntajan ollessa nimelliskuormassa. Tämän arvon avulla voidaan laskea häviöt kuormalle S , jos tiedetään muuntajan nimellisteho S_n ;

$$P_k = \left(\frac{S}{S_n}\right)^2 P_{kn}, \quad P_{kn} \text{ kuormitushäviöt nimellisellä kuormalla.} \quad (5)$$

(Korpinen 1998, 9)

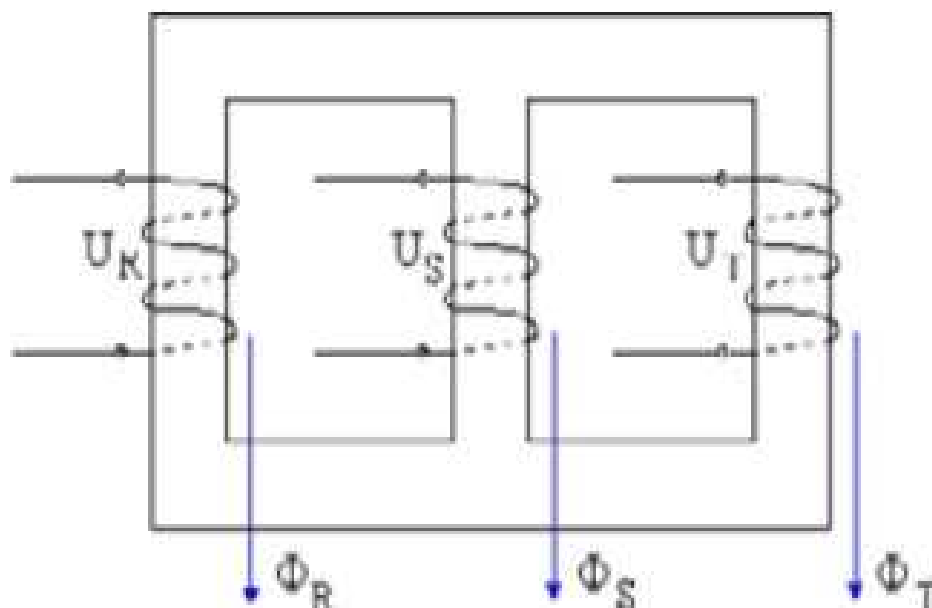
Kun laskentavaiheessa tiedetään nimellisteho S_n , kuormitustehokerroin $\cos\varphi$, tyhjäkäyntihäviöt P_0 , sekä kuormitushäviöt P_{kn} , voidaan muuntaja hyötösuhde laskea seuraavalla kaavalla. (Hietalahti 2011, 27.)

$$\frac{S_N \times \cos\varphi}{S_N \times \cos\varphi \times P_0 \times P_{kn}} \quad (6)$$

3.5 3-vaiheinenmuuntaja

Kuluttajille sähköenergia siirretään yleensä käyttämällä kolmivaihejärjestelmää. Kun kytketään kolme yksivaihemuuntajaa tähtikytkentään, saadaan aikaiseksi kolmivaiheinen muuntaja. Jokaisessa muuntajassa magneettivuo kulkee omassa rautasydämessään. Tällöin muuntajat ovat kytkeytyneet toisiinsa sähköisesti eivätkä magneettisesti. (Korpinen 1998??)

”Kolmivaihejärjestelmän jännitteet ovat 120 asteen vaihesiirrossa keskenään ja vuot noudattavat myös samaa 120 asteen vaihesiirtoa” (Korpinen 1998, 11.)



KUVA 3. Tavallinen kolmivaihemuuntaja (Ensiö käämit) (Korpinen 1998, 11.)

3.6 3-vaiheisen muuntajan kytkennät

”Kolmivaihemuuntajan vaihekäämit voidaan kytkeä joko tähti-, kolmio- tai hakatähtikytkentään. Tähti- ja kolmiokytkentää käytetään sekä ylä- että alajännitekäämityksessä. Hakatähtikytkentää käytetään vain alajännitekäämityksessä.” (Korpinen 1998, 11)

Suomessa yleisimmin käytetään kuvassa 3 rajattuja kytkentöjä. Kytkennöissä olevat kirjaimet ovat seuraavat:

- Y = yläjännitekäämitys tähtikytkennässä.
- D = yläjännitekäämitys kolmiokytkennässä.
- y = alajännitekäämitys tähtikytkennässä.
- d = alajännitekäämitys kolmiokytkennässä.
- Z = yläjännitekäämitys hakakytkennässä.
- z = alajännitekäämitys hakakytkennässä.

Mikäli tähti- tai hakakäämityksen tähtipiste on kytketty liittimelle, merkitään kirjain N tai n heti kyseisen käämin merkinnän perään. Kolmivaihemuuntajan kytkentä osoittaa muuntajan vinokuormitettavuuden. Kytkennät Dyn, Yzn tai Dzn mahdollistavat muuntajan 100 % vinokuormitettavuuden jatkuvasti, mutta kytkennän Yyn muuntajaa voidaan vinokuormittaa vain n. 10 % (Hietalahti 2011, 24)

Tunnusluku kuvaa kytkennästä aiheutuvaa ylä- ja alajännitepiirien välistä vaihesiirtoa. Tunnuslukuina toimii kuvitellun kellotaulun tuntilukemat. Tunnusluku määrittää alajännitevektorin osoittamasta tuntilukemasta, kun samanniminen yläjännitevektori osoittaa 12:ta kuvitteellisella kellotaululla. (Hietalahti 2011, 24.)

Tunnusluku	Kytkenä	Osoitinkuvat		Kytkenät	
		YJ	AJ	YJ	AJ
0	Dd0				
	Yy0				
	Dz0				
5	Dy5				
	Yd5				
	Yz5				
6	Dd6				
	Yy6				
	Dz6				
11	Dy11				
	Yd11				
	Yz11				

Kuva 4. Kolmivaihemuuntajien standardoidut kytkennät. (Korpinen 1999, 12)

3.7 Muuntajien valinta

Työssä kysyttiin tarjousta kahdelle jakelumuuntajalle. Muuntajien tekniset erittelyt ovat nähtävillä liitetiedostossa. Muuntaja T14:

sisälle asennettava, öljyristeininen kolmivaihemuuntaja
Kuormitus: moottorikuormaa (taajuusmuuttaja sääd. n. 10%), jatkuva

– nimellisteho	3,16 MVA
– ensiöjännite	10,0 kV $\pm 2 \times 2,5\%$
– toisiojännite	690 V
– taajuus	50 Hz
– kytkentä	Dyn11
– oikosulkuimpedanssi	> 7%
– lämpenemä	
huippuöljy	60 K
käämit	65 K
– jäähdytystapa	ONAN

muuntaja T14.1:

sisälle asennettava, öljyristeininen kolmivaihemuuntaja
Kuormitus: moottorikuormaa (taajuusmuuttaja sääd. n. 10%), jatkuva

– nimellisteho	1,6 MVA
– ensiöjännite	10,0 kV $\pm 2 \times 2,5\%$
– toisiojännite	400 V
– taajuus	50 Hz
– kytkentä	Dyn11
– oikosulkuimpedanssi	> 6%
– lämpenemä	
huippuöljy	60 K
käämit	65 K
– jäähdytystapa	ONAN

4 KESKIJÄNNITEKOJEET

4.1 Kojeistot

Kojeistojen nimellisjännitteet prosessiteollisuudessa ovat 3 ja 24 kV välillä. Suomessa keskijännitekojeistoissa käytetään 6 kV, 10 kV ja 20 kV jännitteitä. Yaran Siilinjärven toimipisteessä kaivoksella jakelujännite on 10 kV. Teollisuudessa yleensä valitaan 10 kV jakelujännite, kun käytettävät yli 1,0 MW moottorit ovat yleensä käyttöjännitteeltään 10 kV. Yaran kaivoksella jauhimossa on käytössä 4 kpl moottoreita, joiden nimellisjännite on 10 kV. Niitä käytetään malmin jauhatukseen.

4.2 Kojeistotyypit

Tyypillisesti kojeistot luokitellaan kahteen pääryhmään ulkokuoren perusteella: ne ovat joko metallikuorisia tai eristysainekuorisia. Yleisimmin kojeistot ovat metallikuorisia, ja ne voidaan luokitella kolmeen eri ryhmään seuraavalla tavalla:

1) metallikoteloidut kojeistot (metal clad)

Metallikoteloiduissa kojeistoissa katkaisija, kokoojakisko ja lähdön komponentit ovat omassa tilassaan. Kojetilojen seinät ovat metallisia ja ne ovat maadoitettuja.

2) tilakoteloidut (compartmented)

Tilakoteloiduissa kojeistoissa katkaisija, kokoojakisko ja lähdön komponentit ovat edelleen omassa tilassaan ja seinissä on käytetty eristysainetta.

3) Kennokoteloidut kojeistot (cubicle)

Kennokoteloiduissa versiossa kaapelipääte- ja pääkojetila ovat omana tilanaan joka on erotettu kokoojakiskotilasta sulkulevyllä tai työskentelysuojalla. (ABB 2000 – 2007; Sami Suhonen 2012)

Kojeistoja voidaan jakaa myös ryhmiin katkaisijan perusteella. Jos katkaisija on ulosvedettävää mallia, puhutaan ulosvedettävästä kojeistosta; mikäli katkaisija on asennettu kiinteästi kiskostoon, on kyseessä kiinteän kalustuksen kojeistosta. (ABB 2000 – 2007.)

Kojeistoja on olemassa kahdella tapaa eristettyjä, joko ilma- tai kaasueristettyjä. Kaasueristeisissä kojeistossa eristysaineena on kaasu, joka on korkeammassa paineessa kuin normaali ilmanpaine. Siilijärven kaivoksella kaikki kojeistot ovat ilmaeristeisiä. (ABB 2000-2007.)

4.3 Kokoojakiskojärjestelmät

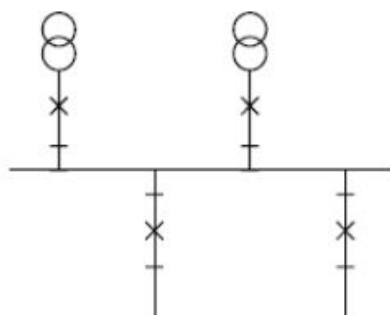
Kokoojakisko jakaa virtaa mahdollisimman tasaisesti ja järkevästi käytön kannalta. Kokoojaa kutsutaan pää- tai apukiskoksi sen perusteella, miten siihen liitytään. Pääkiskoon liitytään katkaisijalla ja erottimella liitytään apukiskoon. Kokoojakiskojärjestelmässä voidaan valita seuraavista perustyypeistä:

- kiskoton järjestelmä
- yksikiskojärjestelmä
- kisko-apukiskojärjestelmä
- kaksoiskiskojärjestelmä
- kaksoiskisko-apukiskojärjestelmä
- 1½-katkaisijajärjestelmä
- kaksikatkaisijajärjestelmä (duplex)
- rengaskiskojärjestelmä. (Elovaara & Laiho 1999, 305.)

Seuraavassa luvussa syvennyttään tarkemmin kaivoksella 10 kV kojeistoissa käytettäviin järjestelmiin.

4.3.1 Yksikiskojärjestelmä

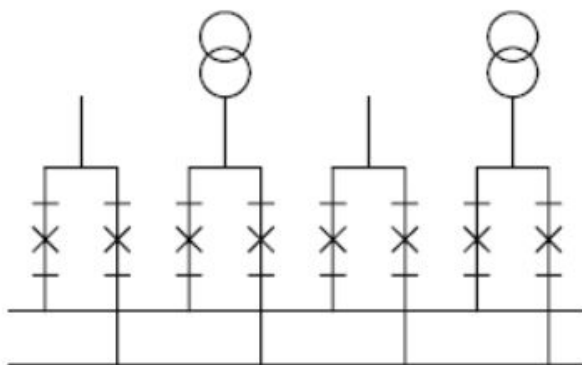
Nimensä mukaisesti järjestelmässä on vain yksi kisko. Yksikiskojärjestelmä on edullinen rakentaa ja yksinkertainen käyttää. Sen huono puoli on suuret rajoitukset kiskostoon tehtäviin huoltoihin ja kuormitusten ryhmittelyihin. Jos kiskostoon lisätään kiskokatkaisijoita, voidaan tilannetta hieman parantaa. Kiskokatkaisijoiden lisääminen onkin yleisin ja hyödyllisin lisäys yksikiskojärjestelmiin. (Elovaara & Laiho 1999, 305 Sami Suhonen 2012)



KUVA 5. Yksikiskojärjestelmä ilman kiskokatkaisijaa. (Rissanen 2010.)

4.3.2 Kaksikatkaisijajärjestelmä (Duplex)

Kaksikatkaisijajärjestelmä on luultavasti kaikkein varmakäyttöisin ratkaisu. Järjestelmän paras puoli on sen toimintavarmuus ja huoltojärjestelyjen mahdollisuudet, koska toinen kisko voidaan tehdä jännitteettömäksi käytön aikana ilman sähkönsyötön katkoja, jolloin jännitteettömäksi tehtyä kiskostoa voidaan huoltaa normaali käytön aikana. Järjestelmä antaa myös mahdollisuuden huoltaa minkä tahansa katkaisijan käytön aikana. Duplex-järjestelmän huono puoli on sen korkeat rakennuskustannukset, koska melkein kaikkia osia tarvitaan kaksinkertainen määrä ja suojaus on haastavampi toteuttaa. Kaksikatkaisijajärjestelmää hankittaessa tulee kuitenkin ottaa huomioon sen tuomat edut. Etuja ovat käyttökatkojen vähentyminen, mikä taas vähentää tuotantomennyksiä. Tuotantomennykset voivat olla teollisuudessa rahallisesti todella suuria, vaikka ajallisesti puhuttaisiin muutamista tunneista. (Elovaara & Laiho 1999, 305. Sami Suhonen 2012)



Kuva 6. Kaksikatkaisijajärjestelmä (Dublex) (Rissanen 2010.)

4.4 Katkaisijat

Katkaisijan tehtävä on sekä avata että sulkea virtapiiri. Katkaisijoita voidaan ohjata käsin tai automaattisesti mm. releen ohjaamana. Yleisin releen auki ohjaamisen syy on oikosulku- tai maasulkutilanne. Puhutaan myös jälleen kytkennästä jolloin rele ohjaa katkaisijan kiinni automaattisesti. Katkaisija kykenee ohjaamaan tilaansa oikosulkupiiriin vioittumatta, vaikka piirissä olisi todella paljon suurempi virta katkaisijan nimellisvirtaan verraten. (Elovaara & Laiho 1999, 245, Sami Suhonen 2012)

4.4.1 Katkaisutapahtuman pääpiirteet

Kun virtapiiri katkaistaan, on normaalia, että virta ei katkea heti koskettimien irrottua vaan jää kulkemaan hetkeksi valokaaressa. Valokaarella on itseasiassa myös tärkeä tehtävä virtapiirin katkaisussa. Kun virta on suuri, valokaari johtaa sähköä hyvin. Virran kulkiessa valokaaressa koskettimet ennättävät liikkua tarpeeksi kauaksi toisistaan kestääkseen täyden jännitteen valokaaren sammussa. Valokaaressa resistiivisyys alkaa kasvamaan, kun virta lähtee pienenemään, virran saavuttaessa nollakohdan resistiivisyys kasvaa erittäin nopeasti ja tätä voidaan tehostaa jäädyttämällä valokaarta, tällöin valokaari muuttuu nopeasti johteesta eristeeksi ja sammuu. (Elovaara & Laiho 1999, 246-247. Sami Suhonen 2012)

4.4.2 Katkaisijarakenteet

Katkaisijat jaetaan normaalisti valokaaren sammutusväliaineen mukaan seuraaviin luokkiin:

- tyhjiökatkaisijat
- SF6-katkaisijat
- ilmakatkaisijat
- vähäöljykatkaisijat
- öljykatkaisijat
- paineilmakatkaisijat (Elovaara & Laiho 1999, 250, Sami Suhonen 2012)

Keskijännitekatkaisijat joita teollisuudessa käytetään, on yleisimmin vähäöljy-, SF6- ja tyhjiökatkaisijoita. Siilinjärven toimipisteellä käytetään vähäöljy- ja tyhjiökatkaisijoita, joten työssä syvennytään niihin tarkemmin.

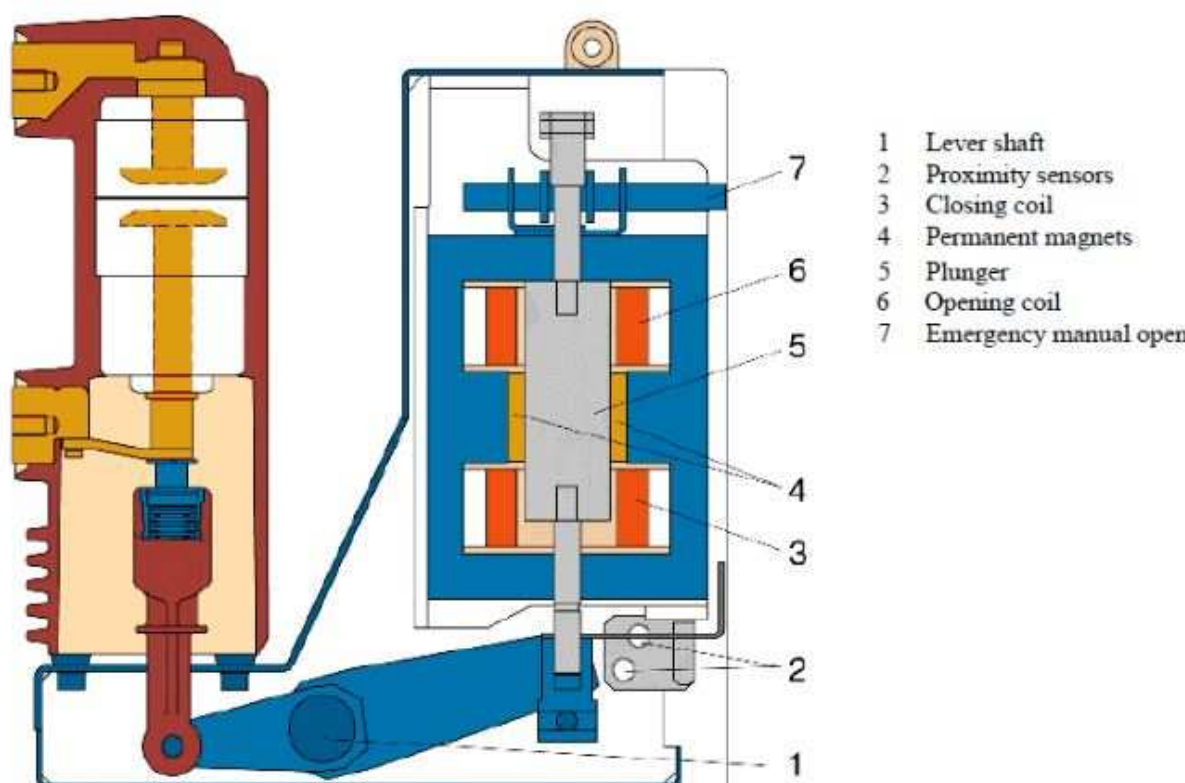
Tyhjökatkaisija

Tyhjökatkaisijat ovat rakenteeltaan todella yksinkertaisia. Periaatetasolla tarvitaan vain kiinteä ja liikkuva kosketin. Kun katkaisija ohjataan auki ja koskettimet lähtevät erkanemaan toisistaan, jää valokaari palamaan metallipilveen joka muodostuu kosketinpinoilla. Muissa katkaisijoissa valokaari jää palamaan ionisoituneeseen kaasupilveen. Virran saavuttaessa nollakohdan, ionisaatio häviää ja höyry tiivistyy ja valokaari sammuu. Edellä mainittu reaktio tapahtuu todella nopeasti ja näin ollen tyhjiökatkaisijan katkaisukyky ei riipu paljoakaan palaavan jännitteen suuruudesta ja jyrkkyydestä. (Niemelä Jarmo 2010)

Katkaisukammiossa on noin 10^{-6} -bar tyhjiö, jolloin ollaan tarpeeksi kaukana Pachenin käyrän minimistä. Katkaisijan toiminnan ehdoton edellytys on katkaisukammion tyhjän pysyminen. Vain toinen koskettimista liikkuu ja sen liike on lyhyt esimerkiksi 16 mm. Kammiossa käytetään materiaaleja, jotka ovat vähäkaasuisia sekä täysin puhtaita, että vapaita helposti höyrystyvistä aineista.

Valokaaren syntymiseen, palamiseen ja sammumiseen vaikuttaa tyhjiökatkaisijassa kosketinpintojen elektrodiaineet.

Tyypillinen tyhjiökatkaisija on jousiviritteinen katkaisija, joka sisältää paljon mekaanisia osia. Nykyään on kehitetty magneettinen laukaisija korvaamaan jousiviritteistä. Kestomagneettitoimielimellä toimiva katkaisija ei tarvitse niin paljon mekaanisia osia toimiakseen oikein, joten toimintavarmuutta ja käyttöikä on saatu lisättyä. Kohteissa joihin laukaisuja tulee paljon, on magneettilaukaisu kaikkien paras vaihtoehto. (Niemelä Jarmo 2010.)



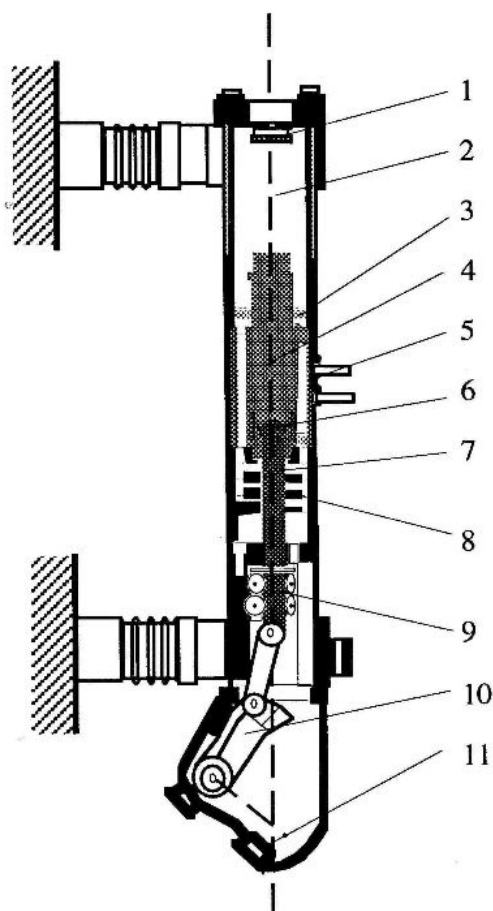
Kuva 7. Periaate kuva tyhjiökatkaisijasta magneettilaukaisulla. (Niemelä Jarmo 2010)

Vähäöljykatkaisija

Vähäöljykatkaisijoiden sammutusaineena on pieni määrä öljyä. Valokaaren aiheuttama lämpö höyrystää öljyn, joka saa aikaan öljyn virtauksen katkaisukammioon. Tähän prosessiin perustuu vähäöljykatkaisijoiden sammutus. Öljyn paine on erittäin korkea, jopa 10MPa. On mahdollista tehostaa öljyn virtausta pumppaamalla siihen tarkoitettulla laitteilla tai suuntaamalla öljyvirta valokaaren suuntaisesti tai poikittain valokaareen nähden. Vähäöljykatkaisijat ovat jousiohjattuja, yleensä jouset virittään moottorin avulla.

Sekä kiinni että auki ohjaukselle on omat jousensa. Auki ohjaus jousi virittyy aina, kun katkaisija ohjataan kiinni. Vähäöljykatkaisijoita löytyy tyypillisesti 7,2...123 kV jännitealueelle. (Elovaara & Laiho 1999, 254. Sami Suhonen 2012)

Vähäöljykatkaisijoiden valmistaminen on lopetettu ja ne tullaan korvaamaan SF6- ja tyhjiökatkaisijoilla, jonka vuoksi Yaralle vaihdetaan tyhjiökatkaisijat tulevaisuusinnoissa ja myös tässä työssä.



Kuva 8. Vähäöljykatkaisijan yhden vaiheen rakennekuva. (Aura & Tonteri 1993, 277)

1. ylipaineventtiili

2. paisuntatila

- | | |
|----------------------------|--------------------------------------|
| 3. öljy | 4. kiinteiden kosketintenkiinnirunko |
| 5. ylempi kosketinliitäntä | 6. kiinteät koskettimet |
| 7. liikkuva kosketin | 8. öljynvirtausta ohjaavat suuttimet |
| 9. rullakoskettimet | 10. käyttömekanismi |
| 11. öljyntyhjennystulppa | |

4.4.3 Katkaisijan valinta

Katkaisijan valintaa tehtäessä tärkeimmät sähköiset suureet ovat katkaisijan nimellisjännite, nimellisvirta, sulkemiskyky ja katkaisukyky. Nimellisvirralla tarkoitetaan suurinta virtaa jatkuvassa kuormituksessa. Nimellisjännite on suurin käyttöjännite. Suurin oikosulkuvirta, minkä katkaisija voi katkaista nimellisjännitteellä toimiessaan, on katkaisukyky. Virran tulee olla 2,5-kertainen verrattuna symmetriseen oikosulkuvirtaan. (Elovaara & Laiho 1999, 262)

Katkaisijaa valittaessa tulee ottaa huomioon lisäksi se, että katkaisija on osa isompaa sähköistä järjestelmää, jonka vuoksi katkaisijan tulee täyttää muitakin ehtoja. Esimerkiksi on syytä ottaa huomioon katkaisijan asennustapa ja lisäksi apukoskettimien määrä tulee ottaa huomioon lukituksia ja asennonosoituksia suunniteltaessa. (Elovaara & Laiho 1999, 262)

4.5 Mittamuuntajat

Mittamuuntajat ovat muuntajia, joita käytetään sekä jännitettä että virtaa mitatessa.

Tämän opinnäytetyön seuraavassa luvussa on käsitelty virtamuuntajaa.

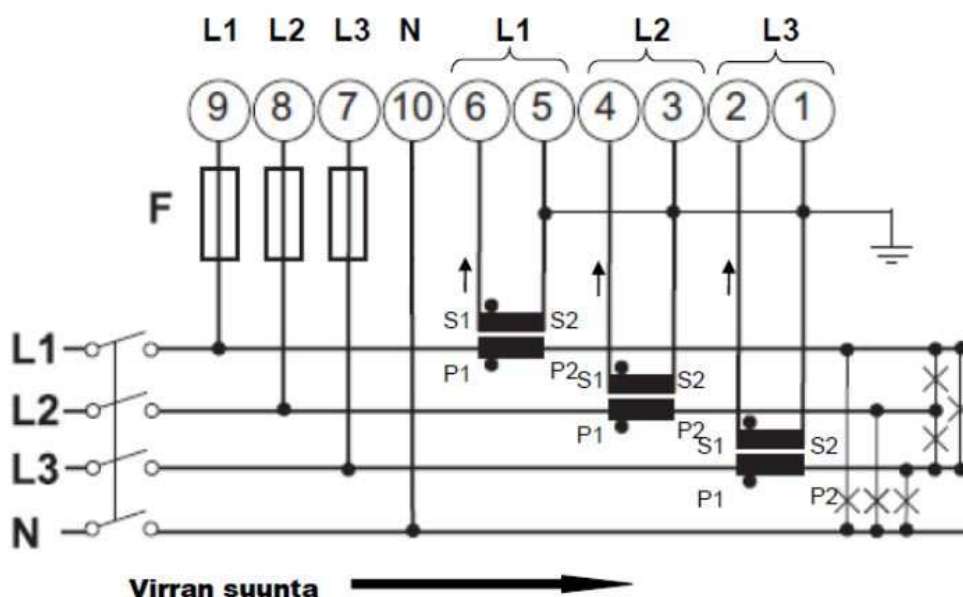
Mittamuuntajien tehtävä on

- erottaa mittauspiiri päävirtapiiristä
- suojata mittauspiiriä ylikuormitukselta
- mahdollistaa mittareiden asentamisen kauemmaksi kohteesta, jota mitataan
- muuntaa ensiöpiirin jännite tai virta-arvo toisiopiirin laitteille sopivaksi.

(Aura & Tonteri 1993, 297)

4.5.1 Virtamuuntajat

Virtamuuntajan eroavaisuus tavallisen tehomuuntajaan on se, että ensiövirran suuruus riippuu ulkopuolisen kuorman ottamasta virrasta eikä toisiopuolen kuormitusvirrasta. Virtamuuntajia valmistetaan mittaus- ja suojaustarkoitukseen. Virtamuuntaja muuntaa mitattavan piirin virran sopivaksi suojauksessa, mittauksessa ja valvonnassa käytettäville komponenteille, kuten releille ja virtamittareille. Kuvassa 9 on nähtävissä erään virtamuuntajan kytkentä. (Monni 1998, 42)



KUVA 9. EM21-72D-mittarin kytkentäohje

(Carlo Gavazzi EM21-72D mittarin kytkentäohje, 1)

"Mittarin oikean toiminnan kannalta on hyvin tärkeää, että mittari kytketään verkkoon oikealla tavalla. Kuvassa on esitetty yleisimmän verkon 3-vaihetta + nolla, virtamuuntajakytkentä. Huomaa, että jännitetulot ovat N, L1, L2 ja L3 kytketään 10, 9, 8, 7 sekä L1:S1->6, L1:S2->5, L2:S1->4, L2:S2->3, L3:S1->2 ja L3:S2->1, kuvan mukaisesti. Jos mittari- maadoitetaan, on maadoitettava virtamuuntajien S2 navat eli mittarin liittimet 1, 3 ja 5."

(Carlo Gavazzi EM21-72D mittarin kytkentäohje, 1)

Teknisiä tietoja ja taulukoita -käsikirjassa (ABB 2000-2007) on esitetty seuraavia vaatimuksia, joita pidetään tärkeimpinä:

- terminen (lyhytaikainen) mitoitusvirta I_{th}
- dynaaminen mitoitusvirta I_{dyn}
- eristystaso
- nimellisjännite
- mitoitustaajuus
- mitoitusensiövirta I_{pn}
- virta-alueen laajennuskerroin (ext %)
- mitoitustoisiovirta I_{sn}
- mitoitustaakka S_n
- tarkkuusluokka
- mittarivarmuuskerroin F_s tai tarkkuusrajakerroin.

Suurin virta ensiökäämissä, jonka virtamuuntaja kestää yhden sekunnin ajan toisiokäämit oikosuljettuna, on terminen mitoitusvirta. Dynaaminen mitoitusvirta on suurin virta, jonka aiheuttamat voimat virtamuuntaja kestää, tässäkin tilanteessa toisiokäämit ovat oikosuljettu. Edellä mainittu arvo on normaalisti 2,5-kertainen termiseen mitoitusvirtaan verraten. Mitoitusensiövirran I_{pn} standardoidut nimellisarvot ovat 10, 12.5, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60 ja 75 A sekä näiden kymmenpotenssikerrannaiset ja -osat. Suositelluimmat virta-arvot on alleviivattu. Jos virtamuuntaja on mitoitetu kahdelle ensiövirralle, virtamuuntajassa on virran valitsemiseen tarkoitettu vaihtokytkin. Virtamuuntajaan on tällaisessa tilanteessa merkitty virta-arvo 10 – 20 A. (Mörsky 1992, 105 - 107)

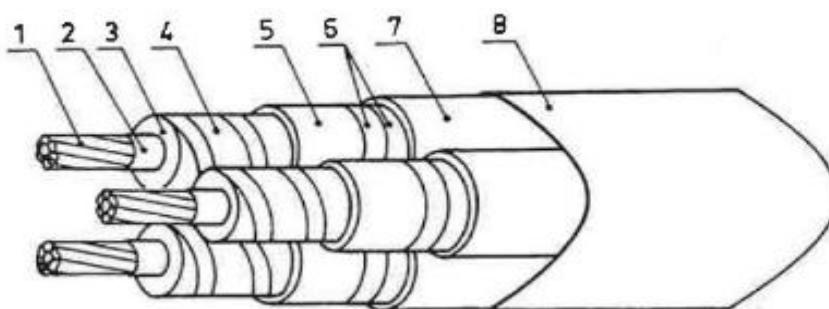
4.6 Keskijännitekaapelit

Keskijännitekaapeli on kaapeli, joka muodostuu yhdestä tai useammasta johtimesta, jotka ovat vaipan sisällä. Vaippa on tehty materiaalista, joka kestää kosteutta, kolhuja ja korroosiota. Kaapelin vaihevaippa on tehty PE-muovista. Eritysmateriaalina on käytetty PEX-muovia. Kaapelin rakentamiseen kuuluu mm. vaippa, armeeraus, korroosiosuoja, johtimet, johdinsuoja, hohtosuoja ja kosketussuojasta. Muovieristetyt kaapelit ovat syrjäyttäneet paperieristeiset kaapelit joiden valmistus on lopetettu jo 1980-luvulla. (Elovaara & Laiho 1999, 373.)

APYAKMM

APYAKMM paperieristeinen voimakaapeli. Johtimet sekä vaippa ovat alumiinia. Siilinjärven kaivoksella APYAKMM on nykyäänkin yleinen kaapelisähkönjakelussa järjestelmissä, joita ei ole vielä uudistettu. Kuvassa 10 on esitetty kaapelin rakenne.

- | | |
|---------------------|---------------------|
| 1) virtajohdin | 2) nokipaperikerros |
| 3) paperieristys | 4) hohtosuoja |
| 5) alumiinivaippa | 6) korroosiosuoja |
| 7) polyeteenivaippa | 8) polyeteenivaippa |



KUVA 10. 3-johtiminen APYAKMM-voimakaapeli (Elovaara & Laiho 1999, 376.)

AHXAMK-W

AHXAMK-W on voimakaapeli jota kutsutaan nimellä Wiski, joka on Prysmianin rekisteröimä tuotemerkki. Monien muiden voimakaapeleiden tavoin tämäkin voimakaapeli on alumiinijohtiminen, joutuun, sekä alumiinin edullisuudesta suhteessa kupariin, että alumiinin keveydestä. AHXAMK-W on kolmijohtiminen PEX-eristeinen ja pitkittäin ja poikittain vesitiivis maakaapeli. AHXAMK-W on tarkoitettu asennettavaksi maahan, joten sillä ei ole erillistä kokoonpuristuvaa ulkovaippaa. Maahan asennettaessa maan luoma puristuspaine vastustaa dynaamisia oikosulkuvirtoja. Kaapelin sisällä on puolijohtava nauha, jonka tarkoitus on paisua veden vaikutuksesta ja estää veden pitkittäinen eteneminen kaapelissa. Kosketussuojauksena kaapelissa alumiinilaminaatti, joka samalla toimii myös veden poikittaissuunnan tiivisteenä. (Reka 2012.)

Siilinjärven kaivoksella AHXAMK-W kaapelia käytetään paljon korvaamaan APYAKMM kaapelit. Tämän opinäytetyön perusteella tehtävässä uudistuksessa on alustavasti mietitty AHXAMK-W kaapelia uusiksi syöttökaapeleiksi uusille muuntajille. Kuvassa 11 nähtävissä AHXAMK-W kaapelin rakenne.



KUVA 11. Reka:n 3-vaiheinen AHXAMK-W voimakaapeli jossa yksi vaihe kuorittu kerroksittain. (Kompo2010)

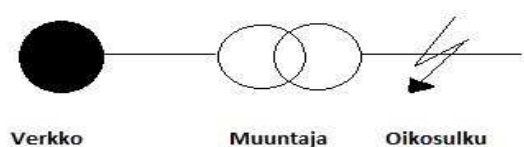
5 OIKOSULKUSUOJAUS

5.1 Oikosulkusuojaus

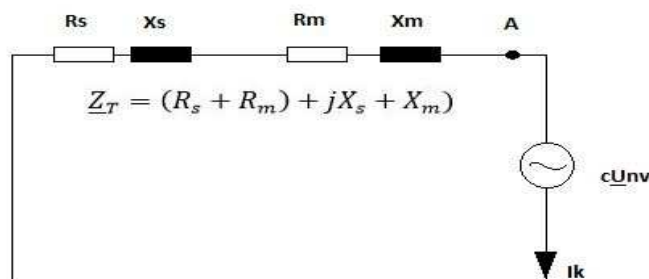
Oikosulkusuojauksen kaksi keskeistä tehtävää ovat; sen on pystyttävä katkaisemaan oikosulkutilanteesta syntyvä suurin oikosulkuvirta ja poiskytkennän täytyy tapahtua niin nopeasti, ettei suojalaitteiden suojaamat piirit vaurioitu (D1 2006, 131).

Oikosulkuvirran on oltava tarpeeksi suuri, että suojaukset toimisivat nopeasti ja luotettavasti. Suuret oikosulkuvirrat tuottavat toisaalta omat haasteensa komponenttien ja laitteistojen mitoituksen kannalta. Suojauslaitteiden on pystyttävä käsittelemään suuria oikosulkuvirtoja rikkoutumatta ja tekemään poiskytkennät riittävän nopeasti ja turvallisesti. Teollisuudessa oikosulkuvirrat ovat suuria, koska verkossa pyörii teholtaan suuria moottoreita ja verkkoon on kytketty suuritehoisia muuntajia. (Huotari 1998, 1)

Teollisuusverkkojen oikosulkuvirrat voidaan määritellä tarkasti käyttämällä Thevenin menetelmää. Thevenin menetelmässä kolmivaihejärjestelmä muutetaan Thevenin yksivaiheiseksi sijaiskytkennäksi. Sijaiskytkennässä oikosulkupiirin kaikki komponentit ja lähteet muutetaan oikosukuimpedansseiksi ja vikapaikkaan sijoitetaan ns. ekvivalenttinen jännitelähde cU_n . Kuvassa 12 on esitetty muuntajan jälkeen tapahtuva oikosulku ja kuvassa 13. on esitetty Thevenin sijaiskytkentä muuntajan takana tapahtuvasta oikosulusta. Kuvassa 13. on oikosulku merkattu pisteellä A. (ABB TTT, 2010) ABB Oy, 2000.



Kuva 12. Verkossa tapahtuva oikosulku muuntajan takana.



Kuva 13. Thevenin sijaiskytkentä verkolle, jossa on tapahtunut oikosulku muuntajan takana pisteessä A.

Kuvassa 12 nähdään verkko , jossa tapahtuu oikosulku muuntajan takana. Kuvassa 13 on muodostettu Thevenin sijaiskytkentä kuvan 12 tilanteesta. Sijaiskytkennässä R_s kuvastaa syöttävän verkon resistanssia ja X_x kuvastaa verkon reaktanssia. R_m ja Z_m puolestaan kuvastavat muuntajan resistanssia ja reaktanssia. Z_T on Thevenin impedanssi, joka voidaan laskea oikosulkupiirin resistansseista ja reaktansseista, on esitetty seuraavalla kaavalla.

$$\frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R^2 + X^2}} = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_T} \quad (7)$$

kaavassa

c = jännitekerroin

U_n = verkon nimellisjännite

Z_T = Thevenin oikosulkuimpedanssi, joka on redusoitu vikapisteen jännitetasoon.

5.2 Oikosulkupiirin komponenttien impedanssit

Oikosulkuvirtaa syöttäviä komponentteja ovat tahtikone, epätahtimoottorit ja syöttävä verkko. Teollisuudessa sysäysoikosulkuvirtaa laskiessa tulee ottaa huomioon moottorien syöttämä oikosulkuvirta, koska teollisuudessa on paljon tehoiltaa suuria moottorikäyttöjä. Oikosulkuvirtaa rajoittavat muuntajat, kuristimet, kaapelit ja kiskot. (Huotari 1998, 15)

Laskettaessa oikosulkuvirtoja sähköverkosta käyttäen Thevenin menetelmää pitää oikosulkupiirin komponenttien impedanssit laskea. Epätahtimoottorin eli toisin sanoen oikosulkumoottorin oikosulkuimpedanssi lasketaan seuraavalla kaavalla.

$$Z_m = \frac{1}{I_s / I_n} = \frac{U_n^2}{S_n} \quad (8)$$

kaavassa;

- U_n = moottorin nimellispääjännite
- I_n = moottorin nimellisvirta
- I_s = moottorin käynnistys virta
- S_n = moottorin nimellinäennäisteho

(Huotari 1198, 19.)

5.3 Alkuoikosulkuvirta

Alkuoikosulkuvirtaa käytetään perusteena määrittäessä muita oikosulkusuureita eli sitä ei itsessään käytetä suojauksen mitoituksessa. Oikosulkuvirran syntyhetkellä vaihtovirtakomponentin tehollisarvoa nimitetään alkuoikosulkuvirraksi. (Huotari 1998, 23)

5.4 Sysäysoikosulkuvirta

Sysäysoikosulkuvirta i_s tarkoittaa suurinta oikosulkuvirran hetkellisarvoa eli dynaamista oikosulkuvirtaa. Se tapahtuu noin 10 ms oikosulun syntymisestä. Sysäysoikovirtaa täytyy käyttää laitteistojen mekaanisen mitoituksen perusteena. Dynaaminen oikosulkuvirta lasketaan seuraavasti.

$$i_s = k\sqrt{2} * I_K'' \quad (9)$$

missä i_k'' on alkuoikosulkuvirran tehollisarvo ja k on sysäyskerroin. Kerroin k määräytyy oikosulkupiirin resistanssin R ja reaktanssin X suhteesta. Kertoimen k voi laskea kaavalla.

$$k = 1,02 + 0,98e^{-\frac{3R}{X}} \quad (10)$$

Seuraavassa taulukossa on esitetty sysäyskerroimen suhde alkuoikosulkuvirran tehollisarvoon, jota voidaan käyttää, ellei tiedetä tarkkoja reaktanssin ja resistanssin arvoja. (Huotari 1998. 23-24)

TAULUKKO 1. Tyypillisimmät pienjänniteverkon sysäyskerroimen suhde alkuoikosulkuvirran tehollisarvoon. (Huotari 1998, 24.)

I_k''/kA	k	cosφ
≤10	1,2	0,5
≤20	1,4	0,3
≤30	1,5	0,25
>30	1,6	0,2

5.5 Terminen oikosulkuvirta

Sähköverkossa olevien laitteistojen terminen oikosulkukestoisuus mitoitetaan oikosulkuvirran lämpenemän perusteella, tätä kutsutaan ekvivalenttiseksi termiseksi oikosulkuvirraksi. Oikosulkuvirran alkuarvon tehollisarvosta I_k'' lasketaan yhden sekunnin mittaisesta oikosulusta keskimääräinen tehollinen oikosulkuvirran arvo I_{th} . Se tuottaa johtimessa yhtä suuren lämpömäärän kuin todellinen oikosulkuvirta. Yhden sekunnin keskimääräisestä arvosta termistä oikosulkuvirtaa merkitään monesti symbolilla I_{th} ja se lasketaan seuraavalla kaavalla. (Huotari 1998, 29-30)

$$I_{th} = I_k'' \sqrt{(m + n)t_k} \quad (9)$$

kaavassa;

- m = tasavirtatekijä.
- n = vaihtovirtatekijä.
- t_k = vian kesto aika.
-

Tasavirtatekijällä m otetaan huomioon tasavirtakomponentin vaimeneminen. Sen arvo riippuu syysäskertoimesta ja oikosulun kestoajasta. Vaihtovirtakomponentin vaimeneminen on otettu huomioon vaihtovirtatekijällä n . Vaihtovirtakomponentin arvo puolestaan riippuu oikosulkuvirran pysyvän arvon ja alkuarvon suhteesta ja oikosulun kestoajasta. (Huotari 1998, 29-30.)

6 PIENJÄNNITEVERKON MITOITTAMINEN

6.1 Suojalaitteiden mitoitus

Suojalaitteiden tarkoitus on toteuttaa ylikuormitus- ja oikosulkusuojaus. Suojalaitteella voidaan toteuttaa joko molemmat tai vain toinen.

6.2 Johdon mitoitus

Virran kulkiessa johdossa se lämpenee. Jos johdin on mitoitettu väärin, se lämpenee ja aiheuttaa tulipalon vaaran sekä alentaa johdon käyttöikä. Johtimen ympäristöön luovuttama lämpö määrää johdon kuormitettavuuden eli sen kuinka suuri virta sen läpi voi kulkea. Kuormitettavuuteen vaikuttavia tekijöitä on asennustapa, ympäröivä lämpötila eristysmateriaali ja muiden virtapiirien läheisyys. D1 Käsikirja rakennuksien sähköasennuksista -teoksessa on erilaisia taulukoita, joista kaapelin kuormitettavuus voidaan selvittää. (D1 2012, 216.)

Kuormitettavuuteen vaikuttaa ympäröivä lämpötila. Ympäröivän lämpötilan ja eristysmateriaalin perusteella saadaan korjauskerroin. Kuormitettavuus pitää kertoa korjauskertoimella. Esimerkiksi ilmaan asennettavien kaapeleiden korjauskertoimen saa D1-käsikirjan taulukosta 52.7. Kirjan taulukosta 52.11 saadaan korjauskertoimet kaapeliryhmille. Kertoimia on olemassa erilaisille kaapeliryhmille. Korjauskerroin vaihtelee sen mukaan, miten kaapelit on asennettu sekä kuinka ne on sijoitettu hyllylle. (D1 2012, 216, 223-224.)

Johtimen poikkipintaa mitoitettaessa täytyy tietää kaapelin kuormitusvirta, jolle johto mitoitetaan. Tämän jälkeen valitaan sulake, joka on suurempi kuin kuormitusvirta mutta kaikkein lähimpänä kuormitusvirtaa. D1-2009:n taulukosta 43.1 saadaan sulaketta vastaava johdon vähimmäiskuormitusvirta, joka sen täytyy vähintään kestää. Tämän jälkeen määritetään asennusolosuhteista tulevat korjauskertoimet ja jaetaan niiden tulolla johdon vähimmäiskuormitusvirta. Edellisessä laskutoimituksessa saadun virta-arvon perusteella valitaan D1-2009-käsikirjan taulukosta 52.1 asennustavan mukaan poikkipinta kuparina tai alumiinina. Valitun poikkipinnan kuormitettavuus on suurempi kuin saatu virta.

Johdon kuormitettavuus on mahdollista laskea, jos tiedetään johdon poikkipinta ja johdinmateriaali. Silloin katsotaan D1-2009:n taulukosta 52.1 johdon kuormitettavuus ja kerrotaan se korjauskertoimilla. Laskutoimituksen tuloksena on todellinen kuormitettavuus, jonka perusteella voidaan määrittää sulakkeet ja kuormitusvirta. Mikäli kaapelireitillä on monta erilaista asennustapaa ja olosuhteet vaihtuva, täytyy kuormitettavuus laskea kaikkein epäsuotuisimman tapauksen perusteella. (D1 2012, 211-220.)

6.3 Ylivirtasuojaus

Ylikuormitussuojauksen toteuttamiseen voidaan käyttää sulakkeita, johdonsuojakatkaisijoita tai katkaisijoita. Ylikuormitussuojana toimivan suojalaitteen tulee olla pienempi tai korkeintaan yhtä suuri kuin kuormitusvirran. Kuormitettavuuden mukaan voidaan valita johdonsuojakatkaisija. Sulakkeilla puolestaan on ylempi sulamisrajavirta, jolla sulake toimii noin tunnissa. Se on 1.45 kertaa suurempi kuin sulakkeen nimellisvirta. Sulaketta ei siis voi suoraan valita kaapelin kuormitettavuuden mukaan vaan se lasketaan seuraavalla kaavalla

$$k * I_N \leq 1,45 * I_Z \quad (11)$$

missä

- I_N on suojalaitteen nimellisvirta
- I_Z on johtimen jatkuva kuormitettavuus
- k on sulakkeen ylempään sulamisrajavirran ja sulakkeen nimellisvirran suhde.

(D1 2009, 132-134)

D1 Käsikirja rakennuksien sähköasennuksista teoksessa on taulukko 43.1, josta on nähtävissä johdon pienin sallittu kuormitettavuus gG-sulakkeen ollessa ylikuormitussuojana. Kuormitettavuuden johdossa täytyy olla suurempi kuin gG-sulakkeen nimellisvirta. Johto kuumenee liikaa, jos kuormitettavuus on pienempi. (D1 2012, 133.)

6.4 Jännitteenalenema johdossa

Kuormitetussa johdossa syntyy jännitteenalenemaa. Jännitteenalenema vaikuttaa jännitteen suuruuteen johdon loppupäässä. Jännitteenaleneman suuruuteen vaikuttavia tekijöitä on kuormitusvirta, johdon resistanssi, impedanssi, tehokerroin $\cos\varphi$. $\cos\varphi$ on jännitteen ja virran välinen kulma. Jännitteenalenema voidaan laskea seuraavalla kaavalla

$$U_a = RI * \cos\varphi + XI * \sin\varphi \quad (12)$$

missä;

- I on kuormitusvirta
- R on resistanssi
- X on reaktanssi
- φ on virran ja jännitteen välinen kulma

(ABB 2000-2007.)

Kaapelilla jännitteenalenema lasketaan kaapelin pituuden ja ominaisresistanssin ja –reaktanssin perusteella:

$$U_a = I_p * r * l + I_q * x * l * \cos\varphi * r * l + I * \sin\varphi * l \quad (13)$$

jossa

- I_p = pätövirta (A)
- I_q = loisvirta (A)
- r = johdonresistanssi pituuden mukaan (Ω/km)
- x = johdonreaktanssi pituuden mukaan (Ω/km)
- l = johdon pituus (km).

Kun lauseke kerrotaan $\sqrt{3}$, saadaan kolmivaiheinen jännitteenalenema. Suhteellinen jännitteen alenema saadaan kaavalla:

$$U_a = \frac{\Delta U}{U_n} * 100\% \quad (14)$$

jossa

- U_a on suhteellinen jännitteenalenema
- ΔU on jännitteenalenema volteissa (V)
- U_n nimellijännite (V)

(D1 2012, 233-234)

Standardi SFS 6000 sisältää suosituksia jännitteenalenemasta, mutta ellei erikseen ole muuta sovittu, suositukset eivät ole velvoittavia. Normaalisissa pienjänniteverkossa syötetyille laitteelle jännitteenalenema saisi olla enintään 5%. Valaistuskörmässä suositus on 3%.

7 LOISTEHO JA YLIAALLOT

7.1 Loisteho ja loistehon kompensointi

Laitteet, jotka sisältävät käämityksiä, kuten moottorit ja kuristimet, kuluttavat aina pätötehoa P ja loistehoa Q . Työn itsessään tekee pätöteho. Käämi luo magneettikentän, jonka energian tekemiseen kuluu loisteho, vaihtovirran pienentyessä nolatasoon virtaa energia takaisin sähköverkkoon. Loisteho ei itsessään tee todellista työtä, vaan se vaihtaa suuntaansa eli sen etumerkki vaihtuu, kun loisvirta menee noltaan. Loisteho lasketaan seuraavalla kaavalla

$$Q = U * I * \sin\varphi \quad (15)$$

kaavassa Q on loisteho, φ on käämiin vaikuttavan jännitteen U ja käämissä olevan virran välinen kulma. (Kallio 2004, 17-18)

Näennäisteho voidaan laskea, kun tiedetään pätöteho ja loisteho.

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (16)$$

Kuormituksen tehokerroin $\cos\varphi$ saadaan pätötehon ja näennäistehon suhteesta:

$$\cos\varphi = P/S \quad (17)$$

Sähköverkon komponentit täytyy mitoittaa näennäistehon mukaan. Joten mitä huonompi $\cos\varphi$ arvo, sitä jämerämmäksi ja kalliimmaksi järjestelmän rakentaminen tulee. (Kallio 2004, 18.)

7.2 Loistehon kompensointi

Loistehoa kompensoidaan, koska se kuormittaa sähköverkkoa turhaan ja verkkoyhtiö laskuttaa liiallisesti tuotetusta loistehosta maksun. Loistehon kompensointi onnistuu käyttämällä sähköverkossa kompensointikondensaattoreita. Kompensointi on mahdollista tehdä laitekohtaisesti, ryhmäkohtaisesti tai keskitetysti. Keskitys toteutetaan esim. pääkeskukseen asennettuna tai suurjännitekompensointilaitteiston suurjännitepuolella. (Kallio 2004, 19.)

Loistehon kompensoinnin hyötyjä;

- Verkkoyhtiö ei voi laskuttaa korkeita loistehomaksuja. Verkkoyhtiöt sallivat yleensä n. 15-25 % loistehonosuuden kuukauden ajalta mitatusta pätötehosta.
- Loiskomponentin pienentyessä kasvaa koko sähköverkon pätötehon siirtokyky.
- Kuormitusvirrat pienevät, joten kaapeleiden, kiskojen ym. komponenttien lämpötilat laskevat, koska häviöt pienenevät.
- Jännitteenalenema pienenee.

(Kallio 2004, 20.)

7.3 Yliaallot

Jaettaessa vaihtovirran muoto sen sisältämiin komponentteihin tavataan yhdessä jaksossa joskus tasavirtakomponentti, virran perusaalto ja harmoniset yliaallot. Esimerkiksi perusaallon jakson aika on T_1 ja taajuus f_1 , on tällöin toisen yliaallon jakson aika $T_2=T_1/2$ ja taajuus $f_2=2*f_1$. Kolmannen yliaallon jakson aika on $T_3=T_1/3$ ja vastaavasti taajuus on $f_3=3*f_1$. Tämän perusteella 50Hz verkossa esiintyvät yliaallot ovat mm. seuraavat:

- parillisia (2,4,6...), 100Hz, joiden esiintyminen on harvinaista
- parittomat kolmella jaolliset (3,6,9...), 150Hz. Näitä pyritään välttämään, koska summaantuvat kuormittamattomaan nollajohtimeen.
- muut parittomat (5,7,11...) 250Hz, joita esiintyy hyvin usein. Esim. taajuusmuuttajien 6-pulssidioditasasuuntajien virrassa. (Kallio 2014,25.)

Säröityneitä vaihtojännitteitä ja -virtoja syntyy, kun niiden käyrämuoto ei ole täysin sinimuotoinen. Epälineaaristen kuormitusten ottamat tai syöttävät virrat aiheuttavat lähinnä verkkojännitteen säröytymistä. Perustaajuudesta poikkeavat sinimuodot saavat aikaan verkon impedansseissa jännitehäviöitä, minkä vuoksi jännite säröytyy. Säröitynyt jännite aiheuttaa sinimuodosta poikkeavia virtoja myös lineaariselle kuormitukselle. Generaattoreiden, moottoreiden, ja muuntajien epälineaarisuuden takia ilmenee myös jännitteen säröytymistä. Resonanssi-ilmiöt voivat aiheuttaa merkittävästi suurempia verkossa ilmeneviä yliaaltoja. (Yliaallot ja kompensointi, STUL ry, 2006)

Yleisimmin sähköverkossa esiintyy kolmas ja viides yliaalto, jotka ovat harmonisia yliaaltoja. 1-vaiheinen kuormitus aiheuttaa useimmiten kolmatta yliaaltoa ja kolmivaiheinen muita yliaaltoja. Hakkurivirtalähteet, muuntajat, tasasuuntaajat ja taajuusmuuttajat muun muassa aiheuttavat yliaaltoja. Yliaaltovirtojen vuoksi magneettikentät kasvavat sekä kaapeleissa että sähkölaitteistoissa. Sen vuoksi syntyy myös energiahäviöitä sähkölaitteissa ja muuntajaa ei voi kuormittaa nimellistehoon, mikäli verkossa esiintyy yliaaltoja. (Kallio 2014, 25-26.)

7.4 Yliaaltojen suodattaminen

Yliaaltoja on mahdollista suodattaa käyttämällä yliaaltosuodatinta tai estokelaparistoa. Näiden avulla yliaallot voidaan poistaa tai minimoida niiden syntyä. Yliaaltosuodattimessa on kondensaattori, jonka kanssa on kytketty sarjaan kuristin. Näiden komponenttien muodostamaa piiriä kutsutaan sarjaresonanssiipiiriksi. Sarjaresonanssiipiirin tehtävä on suodattaa tietyt taajuudet verkosta. Kondensaattorin ja kuristimen arvot valitaan siten, että ne suodattavat yleisimmät yliaallot (5, 7, 11). Estokelapariston tehtävä on estää verkkoa joutumasta resonanssitilaan. Tilanteessa, jossa komponsointikondensaattorin kapasitiivinen reaktanssi ja sähköverkon induktiivinen reaktanssi ovat yhtä suuret sekä verkossa esiintyy resonanssin aikaan saava yliaaltovirta, muodostuu verkkoa rasittava virtaresonanssitilanne. Tämän vuoksi estokelaparistossa kondensaattorit ja kuristimet kytketään sarjaan siten että verkossa olevat harmoniset yliaaltovirrat eivät aiheuta virtaresonanssitilannetta. (Kallio 2014, 26)

8 VERKOSTOLASKENTA

8.1 Kaivoksen verkostolaskenta

Suunnitelutoimisto Pöyry Oyj mallintoi kaivoksen sähköverkon vuonna 2009. Pöyry Oyj suorittaa tässä työssä tarvittavat tarkistuslaskennat. Karkeamurkausaseman sähkönkulutus ei ole kasvanut vuoden 2009 jälkeen merkittävästi. Tarkistuslaskennat suorittaa uudelleen Pöyry Oy, koska pienjännite puolella virrat tulevat muuttumaan muuntajien tehojen muuttuessa niiden vaikutuksesta oikosulkuteho muuttuu.

Kaivoksen jakeluverkossa mahdollisesti tapahtuvissa vioissa vikapaikan oikosulkuvirta koostuu kanta-verkon ja kaivosalueen omien moottorien syöttämästä oikosulkuvirrasta. Suurimmat oikosulkuvirrat voidaan laskea käyttäen IEC-60909-standardia. IEC-menetelmässä vikakohtaan sijoitetaan jännitelähde. Jännitelähteen arvo on verkon käyttöjännite, joka kerrotaan jännitekertoimella c . Standardi määrittelee jännitekertoimen taulukon 2. mukaisesti. (ABB 2000-2007.)

Nimellisjännite U_n	Maksimioikosulkuvirta C_{max}	Minimioikosulkuvirta C_{min}
>1000 V	1,10	1,00

Taulukko 2. IEC-60909-standardin mukainen jännittekertoimen

Keskijänniteverkoissa teollisuudessa kaapelipituudet eivät ole niin pitkiä, että ne vaikuttaisivat oleellisesti oikosulkupiirien impedansseihin. Kaapeleiden resistanssi- ja reaktanssiarvot on syytä kuitenkin tarkistaa kaapelivalmistajien luetteloista. (Teollisuusverkkojen oikosulkuvirrat.)

Kaivoksella maksimioikosulkuvirrat esiintyvät 3-vaiheisessa oikosulussa. Taulukossa kolme voi nähdä, kuinka suurille oikosulkuvirroille uudet pienjännite kojeistot mitoitetaan. Mitoitus nykytilanteeseen jäykkä, koska on otettu huomioon mahdolliset tulevaisuuden karkeamurkauksen laajennusvaihtoehdot, joita ei esitellä tässä työssä. Oikosulkukestoisuus määritellään lopulliseen tarkkuuteen Pöyry Oyj:n tekemiin sähköverkon laskentoihin perustuen.

Tunnus	Sijainti	U (V)	Kojeston kilpiarvot	
			I_{dyn}	I_{term}
C14	Karkeamurkaus- asema	690	130 kA peak	60 kA rms, 1s
C14.1	Karkeamurkaus- asema	400	100 kA peak	40 kA rms, 1s

Taulukko 3. Pienjännitekojeistojen kilpiarvot.

Näin ollen tämän hetken tilanteessa laskettu sysäysoikosulkuvirta tulee varmasti jäämään pienemmäksi, kuin kojeistoon leimattu dynaaminen kestoisuus I_{dyn} , keskuksen sisäiset komponentit mitoitetaan liian suureksi tämän hetkistä käyttöä ajatellen, koska Yara on haluaa jättää mahdollisuuden laajentaa karkeamurskausasemaa ilman keskus uudistuksia. Keskusten kiskosilta mitoitus ja muuntajan teknisiä tietoja nähtävillä liitteissä C14 tekniset erittelyt ja T14 muuntajan tekniset erittelyt

9 SÄHKÖKESKUSTEN UUSIMINEN

9.1 Uusimisen syyt

Karkeamurskausasemalta halutaan uusia kojeistot C14, C14.14 ja C14.15 sekä 10 kV kojeisto jossa on vain yksi vähäöljykatkaisija vanhaa jakelumuuntaja varten. Vanha jakelumuuntaja on 10 kV/0.69 kV. Uuteen järjestelmään tulee kaksi muuntaja, jotka ovat kojeistojen etupuolella olevat 10 kV/0,69kV jakelumuuntaja ja toinen muuntaja on 10 kV/0,4 kV. Uusinnan jälkeen ei jää jäljelle kuin C14 690 V kojeisto ja C14.14 400 V kojeisto. Kojeistousinnan yhteydessä ilmeni, että vanha sähkötila tulee olemaan liian pieni uusille kojeistoille, joten entisen rakennuksen viereen rakennetaan kokonaan uusi kojeistotila kaikille uusille kojeistoille. Kojeistousinta tehdään toimintavarmuuden lisäämiseksi. Uusinnassa otetaan huomioon myös mahdollinen murskauskapasiteetin lisäämisen tarve, joten keskuksista rakennetaan järeämpi kuin ennen. Projektin yhteydessä on myös suunnitteilla automaatio uudistus, joka tulee ottaa huomioon uutta sähkötilaa rakentaessa esimerkiksi tilavarauksena.

Vanhat sähkötilat ovat myös huonosti jäähdytettyjä ja helposti pölyntyviä tiloja. Kun rakennetaan kokonaan uusi sähkötila, saadaan jäähdytys optimoitua oikealle tasolla. Tällä ehkäistään sähkötilojen liika lämpeneminen ja sitä kautta niin ikään komponenttien liiallinen kuumeneminen. Keskuksat tulevat erillisiin sähkötiloihin ja muuntajat omiin tiloihin. Sähkötilojen 24 h keskilämpötila pidetään alle 25°C ja tiloihin asetetaan myös rajoja, ettei hetkellinen lämpötilaakaan saa nousta yli 30°C. Vanhasta muuntajaa syöttävästä kojeistosta puuttuu myös valokaarisuojaus ja vanhanaikainen jakelumuuntaja (0,69 kV/ 0,4kV) ei ole teollisuuden käytössä hyväksi havaittu, koska se lämpenee todella paljon ja ei ole energiatehokas.

9.1.1 Vähäjykatkaisijoiden elinkaari

Karkeamurkausasemalla on käytössä vähäjykatkaisija. Niiden valmistaminen on kuitenkin lopetettu jo 80-luvun jälkeen ja varaosiakin on saatavilla enää rajoitetusti. ABB:llä on neljä luokkaa komponenttien elinkaareissa. Elinkaari luokat ovat;

- active = aktiivi
- classic = ylläpito
- limited = rajoitettu
- obsolete = vanhentunut.

Käytössä oleva vähäjykatkaisija on tyyppiä OSAM 12 D 3, joka kuuluu luokkaan rajoitettu. Käytännössä se tarkoittaa sitä, että katkaisijaan on olemassa vielä varaosia tai niitä voidaan valmistaa. Varaosien saanti on rajoitettua ja hankalaa sekä kestää kauan niin ABB suosittelee, että ne korvataan uusilla aktiivituotannossa olevilla tyhjö- tai SF6-katkaisijoilla.

9.1.2 Releiden ikääntyminen

Kojeistoa suojaa nykyään Strömbergin SPAJ suojarale. Tämä sähköstaattinen suojarale on yhtä vanha kuin kojeisto itsessään. Vuosittain tehdyissä määräaikaishuolloissa on havaittu, että näissä vanhoissa suojaraleissa on hieman ongelmia. Esimerkiksi laukaisajat eivät ole aina täyttäneet minimaalvaatimuksia. Potentiometrillä säädettäessä suojaraleen laukaisuaikaa, on suojarale saattanut jo havahtua. Syynä pidetään kosketinpintojen hapettumista.

10 UUSINTAEHDOTUS

Työssä tehtiin kolmen kojeiston ja kahden muuntajan tekniset erittelyt ja perehdyttiin uusiin komponenttivalintoihin. Näiden perusteella kysyttiin ABB:ltä tarjous uusista keskuksista ja muuntajista. Projektissa on tarkoitus rakentaa myös uusi sähkötila, koska entiset tilat ovat liian pienet uusille kojeistoille ja muuntajille sekä mahdolliselle automaatiouudistukselle. Kustannusarvio jää tämän opinäytetyön osalta vielä karkeaksi hintahaarukaksi, koska työssä tulee muilta osilta paljon kustannuksia. Hinta-arvio saadaan kojeistojen ja muuntajien osalta. Toimeksiantaja ei halua hinta-arviota julkiseksi, joten se on poistettu tästä raportista.

Karkeamurskausaseman sähkötilauudistuksen tekeminen on varmaa, kun kunnossapito saa investoitua tarvittavat rahat uudistukseen. Seuraavissa kappaleissa esitellään vaihtoehtoja uudistusvalintoihin.

10.1 Kojesto ja kokoojakiskosto

Keskijännitekojeistoiksi Yaralla on aloitettu muutamia vuosia sitten vaihtamaan ABB:n UniGear ZS1-kojeistoja. Unigear ZS1 on raskas metallikoteloitu ilmaeristeinen kojeisto, joka täyttää IEC-standardin. Yaran tehtaalla sekä kaivoksella se on havaittu hyväksi kojeistoksi ja se mahdollistaa ulosvedettävien katkaisijoiden käytön eli katkaisija saadaan kammella veivaamalla ulos erotusasentoon. Kiskojärjestelmäksi valitaan yksikiskojärjestelmä. Keskijännitekojeistoon tulee rakentaa varalta tarpeeksi monta kenttää, jotta varakentistä voidaan ottaa katkaisija, jos jokin käytössä olevista halutaan huoltaa. Lisäksi tässä saadaan jätettyä tyhjiä kenttiä optioksi mahdollisia laajennuksia varten. Kojestossa tulee olla ainakin 6 kenttää, jotka olisivat syöttö- ja mittauskenttä, muuntajien T14 ja 14.1 syöttökentät ja ainakin kaksi varakenttään. Kun rakennetaan uusi sähkötila, ei ole ongelmaa tilan riittävyyden kanssa.

10.2 Katkaisijat ja maadoituskytkimet

Yaralla on aloitettu uusimaan vanhat katkaisijat keskusuuoituksissa; korvaaviksi tuotteiksi on valittu ABB:n VD4-tyhjökatkaisijat. Ne on havaittu toimintavarmiksi ja Yaran käyttöön sopivimmiksi, joten tässäkin projektissa päädyttiin kyseessä oleviin katkaisijoihin. VD4-katkaisijakennon leveys määräytyy katkaisijan nimellisvirran ja vaihevälin mukaan. Kennoja on 650 mm, 800 mm ja 1000 mm leveitä. VD4-katkaisijan koko nimessä on paljon informaatiota katkaisijan perustiedoista. Esimerkiksi katkaisijan VD4/P 12.16.32 p210 nimessä järjestyksessä olevat asiat ovat:

- nimellisjännite 12 kV
- nimellisvirta 1.6 kA
- nimellinen katkaisukyky 31.5 kA
- vaiheitten välimatka 210 mm.

Kojeistojen välissä olevat kiskokatkaisijat tulee olla vähintään kiskostojen nimellisvirtojen suuruisia. Tässä tapauksessa C14-keskuksen nimellisvirta on 3150 A ja C14.1-keskus mitoitetaan 1 600 ampeerille. Kojeistossa suurin muuntaja T14 on teholtaan 3,15 MVA. Nimellisvirta ensiöpuolella tässä lähdössä on noin 182 A ja muuntajan T14.1 nimellisvirta ensiöpuolella on noin 144 A. Näille voidaan valita 630 A syöttökatkaisija keskijännitekojeiston syöttökenttään, joka toimii samalla keskijännitekojeiston suojana. Kaavassa 17 on nähtävillä, kuinka muuntajien ensiövirrat on laskettu. Kuvassa 12 on ABB:n valmistama VD4-katkaisija.

$$I_{1N} = \frac{S_N}{\sqrt{3}U_{1N}} \quad (17)$$

$$I_{1N} = \frac{3,15MVA}{\sqrt{3} \cdot 10 kV} = 181,8A = 182A \quad (18)$$

3.15 MVA:n muuntajan nimellisvirta I_{1N} ensiöpuolella.



KUVA 13. ABB VD4-tyhjökatkaisija. (ABB)

10.3 Suojareleet

Yläjännitepuolen suojareleeksi valitaan ABB:n REF 543 -suojarele. Suojareleen asettelut voidaan laskea Pöyry Oyj:llä samalla, kun ne tekevät verkostolaskennan tarkistuslaskennan. Suojareleet liitetään järjestelmään samalla tavalla kuin muutkin suojareleet on liitetty aikaisemmissa uusinoissa. Järjestelmään liittäessä ValmetDNA:han pitää saada näkymään kaikkien suojareleiden teho-, jännite-, virta- ja tilatiedot. Tarvetta ei ole rakentaa järjestelmää siten, että katkaisijoita voitaisiin ohjata suoraan järjestelmästä.

10.4 Valokaarisuojaus

Valokaarisuojaus on tähän asti toteutettu Yrällä ABB:n REA10_ -valokaarijärjestelmällä. REA 101 – keskusyksikkö sijoitetaan syöttökenttään. Jokaiseen katkaisijakennoon tulee asentaa linssityyppinen sensori. Keskusyksikön HS01-laukaisulähdöt ohjaavat oman kiskostonsa syöttökatkaisijaa. Mikäli vika ei poistu 100 ms:n kuluessa, TRIP3-kosketin ohjaa kojeistoa syöttävän katkaisijan auki pääsähköasemalta, josta tulee siis karkeamurskausaseman sähkönsyöttö murskausaseman omille muuntajille.

11 YHTEENVETO

Kustannusarvion tekeminen laajentui työaikana niin paljon, että lopullisen kustannusarvion ja investoinnin suorittaa Yaran projektipuoli Pöyry Oy:n kanssa yhteistyössä. Tässä työssä esiteltiin uusinnan syitä ja mahdollisia komponentti valintoja. Lisäksi tehtiin alustava työ kojeistojen ja muuntajien tarjouskyselyyn.

Työssä saatiin tehtyä tarjouskyselymateriaalia, jota ei voida kaikkea julkaista toimeksiantajan pyynnöstä. Työn perusteella toimeksiantajan on mahdollista esitellä syyt miksi juuri näitä komponentteja tulisi käyttää. Työssä on myös käsitelty syitä miksi uudistus tulisi tehdä.

12 LÄHTEET

- ABB. 2016.** [Online] ABB, 2016. [Viitattu:] <http://new.abb.com/medium-voltage/apparatus/circuit-breakers/indoor-CB/iec-primary-vacuum-cb-vd4>.
- . **2007-2010.** *Teknisiä tietoja ja taukukoita.* 2007-2010.
- Aura, Lauri & Tonteri, Antti J. 1993.** *Sähkölaitostekniikka.* Helsinki : Wsoy, 1993.
- Elovaara J, Laiho Y. 1999.** *Sähkölaitostekniikka.* Helsinki : Otatieto, 1999.
- Gavazzi, Carlo.** [Online] [Viitattu: 14. 7 2016.]
http://www.etherma.fi/WebRoot/etherma/Shops/etherma/519D/AC6E/EB90/2109/B9B2/0A28/1006/3AB3/EM21_72D_IM_epaesuoran_mittarin_kytkentaeohje.pdf.
- Hietalahti, Lauri. 2011.** *Muuntajat ja sähkökoneet.* s.l. : Tammertekniikka, 2011.
- Kallio, Raimo ja Mäkinen, Markku JJ. 2004.** *Teollisuuden sähköasennukset.* s.l. : Otava, 2004.
- Kari, Huotari.** Teollisuusverkkojen oikosulkuvirtojen laskeminen. Opetusmoniste. [Online]
https://noppa.lut.fi/noppa/opintojakso/bl20a0500/luennot/teollisuusverkkojen_oikosulkuvirrat.pdf.
- Korpinen, Leena. 1998.** Sähkövoimatekniikkaopus. Luku 9. [Online] 1998. :
http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/9muuntajat_ja_sahkolaitteet.pdf
- Monni, M. 1998.** *Sähkölaitosasennukset 5.-6 painos.* Helsinki : Oy Edita Ab, 1998.
- Männistö, M;ym. 2006.** *Yliaallot ja kompensointi.* s.l. : Sähkö ja teleurakoitsijaliitto STUL, 2006.
- Mörsky, J. 1993.** *Relesuojaustekniikka.* Hämeenlinna : Otatieto, 1993.
- Niemelä, Jarmo. 2010.** Theseus, Opinnäytetyö. [Online] 2010.
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/21394/Niemela_Jarmo.pdf?sequence=1.
- Reka Oy.** wikispaces. [Online] : <https://kompo2010.wikispaces.com/Maakaapeli>.
- Suhonen, Sami. 2012.** Theseus, Opinnäytetyö. [Online] 2012.
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/49894/Suhonen_Sami.pdf?sequence=1.
- Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry. 2013.** *D1 Käsikirja rakennuksien sähköasennuksista.* s.l. : Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry, 2013.
- Trafomic. 2014.** [Online] 2014. <http://www.trafomic.fi/muuntaja> .

LIITE 1: KOJEISTON C14 TEKNINEN ERITTELY



Sivu 1 / 8

LIITE 3.1

TEKNINEN ERITTELY

This Appendix No. _____ forms an integral part of the Supply Agreement number _____ made by and between _____ [Name] and Yara Suomi Oy dated _____.

1 Yleistä

Tämä tekninen erittely määrittelee C14 keskusuisinta-projektin sähkökeskukusten ja muuntajan teknisiä arvoja ja rakennetta.

2 Normit

Toimituksen on noudatettava Suomessa/ Euroopan Unionissa voimassa olevia direktiivejä, lakeja ja asetuksia sekä paikallisia määräyksiä ja suosituksia.

Keskukusten tulee olla CENELEC/ SFS standardien mukaisia ja niiden tulee täyttää PSK 1801 standardin vaatimukset ja noudattaa asiaankuuluvia IEC -suosituksia tässä erittelyssä mahdollisesti mainituin täsmennyksin tai poikkeuksin.

3 Erittely

Keskukusten lähtöerittelyissä (liite 3.2.2) Profibus DP väyläliitännäiset moottorilähdöt tullaan lajittelemaan väylien segmenttijaon mukaisesti. Väyläkaapeloinnin optimoimiseksi saman segmentin piirit tulee olla samassa/vierekkäisissä kentissä.

4 Tekniset ohjeet

Pääsääntöisesti tulee toimituksessa noudattaa PSK 1801 standardin ohjeita ja suosituksia. Tämä erittely käsittelee ainoastaan standardiin (PSK 1801) liittyviä tilaajan valintoja. Poikkeukset ja ne tekniset arvot ja valinnat, joita ei ole eritelty, tulee toimittajan ilmoittaa tarjouksessa.

Keskukusten tekninen erittely selviää liitteistä 3.2.1.

4.1 Käyttöolosuhteet

Keskukset asennetaan erillisiin, ilmastoituihin sähkötiloihin.

Sähkötilojen 24 h keskilämpötila on alle 30 °C, eikä se ylitä 35 °C.

Sähkötilojen layoutpiirustukset on esitetty liitteessä 3.2.6.

4.2 Syöttävä verkko ja oikosulkukestoisuus

Pääkeskukset ja kiskosillat mitoitetaan oikosulkukestoisuudelle:

- $I_{term} = 60$ kA rms, 1s
- $i_{dyn} = 130$ kA peak

Oikosulkukestoisuus määritellään ennen lopullista hankintaa sähköverkon laskennasta saataviin arvoihin pohjautuen.

Jakelujärjestelmä:

- 690 V, TN-S (jäykästi maadoitettu verkko)

Postal Address
Yara Suomi Oy
P.O. Box 20
FI-71801 Siilinjärvi
Finland

Visiting Address
Nielsiantie 501
FI-71801 Siilinjärvi
Web
www.yara.com

Telephone
+358 (0)10 215 111

Telefax
+358 (0)10 215 6000

Registration No.
VAT FI09488655



4.3 Valokaarikestoisuus

Keskuksen rakenteessa on erikoisesti huomioitava turvallisuus mahdollisen oikosulun sattuessa sekä työskenneltäessä jännitteellisessä kojeistossa, samoin kuin valokaaren kulun esto kokoomakiskoissa, kentästä ja ryhmästä toiseen tai kokoomakiskoon.

Käytetyn teräslevyn paksuuden ja rakenteen tulee olla riittävän vahva mekaanisia rasituksia sekä valokaaren vaikutusta vastaan.

Kojeistojen lajikoestukseen tulee sisältyä valokaarikoestus, joka täyttää soveltuvien osin IEC- julkaisussa 17 C026 esitetyt vaatimukset. Koestuksen pöytäkirjat tulee liittää tarjoukseen.

4.4 Nimellisvirta

Pääkeskus ja kiskosilta mitoitetaan nimellisvirralle:

- 3150 A (N-PE yhdistys keskuksessa)

Muuntajat (1 + 1kpl OPTIO) toimitetaan seuraaville arvoille:

- 3,15MVA 10,5/0,72kV $\pm 2 \times 2,5\%$ $Z_k = 7,04\%$, ABB CTMU 12NA3150

4.5 Yleinen rakenne

Keskuksien tulee olla vapaasti seisova koteloitu kennokeskus katto- ja takalevyin.

Ulkoinen kotelointiluokka IP 31.

Keskuksia, jotka kalustetaan yksipuoleisesti tulee voida asentaa seinän viereen tai selät vastakkain.

Kaapelit tulee voida liittää keskukseseen sekä alhaalta että ylhäältä. Kaapeleiden tulosuunta on ilmoitettu erittelyissä liite 3.2.1. Jos kaapelit tulevat ylhäältä, tulee kaapelit tiivistää niin, että pölyn laskeutuminen ja vieraiden esineiden tippuminen kaapelikuiluun on estetty.

Keskus asennetaan suoraan nykyisille asennuskiskoille, jotka vahvistetaan keskuksen jatkoskohdilta tilaajan toimesta.

Keskuksen jatkaminen myöhemmin tulee olla helppoa ja se on voitava tehdä ilman kiskojen porausta paikan päällä.

Jokainen lähtö on voitava ottaa käyttöön (vetää ja kytkeä kaapelit) täysin turvallisesti ilman erikoisia toimenpiteitä keskuksen ollessa jännitteinen.

Keskuksia on rakennettava siten, että liitokset voidaan kiristää niin, ettei sen vuoksi jouduta kojeistoa siirtämään paikaltaan tai kojeita irrottamaan.

Mittauskenttään sekä suurille moottorilähdöille (koko kentän levyinen) varataan ohjauskaapeleille kaapelikuilu.

Kuljetus asennuspaikalle sallii pakkausmitoiksi maksimi:



TEKNINEN ERITTELY

- korkeus 2300 mm (Paikalleen haalaus ovelta on tehtävä ilman kuljetuspakkausta)
- pituus 3000 mm
- leveys 700 mm (Normaali keskuksen syvyys)
- Keskus tuodaan tilan sisään asennuspaikalle ilman pakkausta, suuremman pakkauksen purkaminen tehtävä ulkona

Muuntajan rakenne:

Muuntajan tulee olla öljyeristeinen ja kansikoteloitu rakenne (IP 21).

Kaasureleen molemmin puolin tulee olla käsiventtiilit vaihto työtä varten. Lisäksi tulee olla erillinen (pieni) öljyn näytteenottoventtiili.

Muuntaja varustetaan öljynpaisuntasäiliöllä ja ilmakuivaimella. Kaasurele, lämpömittari ja öljynkorkeuden osoitin varustetaan kahdella koskettimella (hälytys ja laukaisu). Em. hälytykset ja laukaisut tulee olla kaapeloituna apujohtokoteloon. Laukaisukoskettimella käyvä jännite on 220VDC.

Muuntaja varustetaan pyörillä.

Kotelon yläjännitepuolella tulee olla johtoaukko/-tie 2x AHXCMK-WTC 3x240+35Cu kaapelille (2x Ø80mm) alaspäin (läpiviennit OUNEVA VD09-0003). Alajännite liittymä on kiskosillalla yläkautta.

Muuntajan väliottokytkimelle toimitetaan erillinen luukku kansikoteloon jotta jännite muutoksen ($\pm 2 \times 2,5\%$) voi tehdä ilman kansikotelon osittaista purkamista.

Muuntaja tullaan sijoittamaan tehtaan nykyiseen muuntajatilaa. Tila sijaitsee rakennusten ulkoseinällä ja on ulkoilmaan vapaasti tuulettuva.

Muuntajan mittapiirustukset sekä riviliitinkotelon johdotuskaavio dokumentit toimitetaan dwg-formaatissa.

Muuntajan tekninen erittely Liitteessä 3.2.7 toimitukseen sisältyy myös T8 osalta asennus sekä nykyisen muuntajan ja 10kV:n kaapeli purku. Muuntajan asennukseen sisältyy myös kaapelin AHXCMK-WTC 3x240+ 35Cu asentaminen (15m) sisältäen uudet kaapelipäätteet.

4.6 Pintakäsittely

Pintakäsittely tarjotaan valmistajan standardin mukaisesti. Standardi tulee liittää tarjoukseen.

4.7 Lämpeneminen ja termokuvaus

Suoritettujen lämpenemiskokeiden pöytäkirjat tulee liittää tarjoukseen.



Kaapeleiden liittimet, pystysyöttökiskojen liitokset sekä kokoajakiskoliitokset ovat termokuvattavissa edestä ja/tai ylhäältä.

4.8 Keskuksen syöttö (kiskosillat)

Syöttö muuntajasta keskuksen tehdään kiskosillalla, joka vastaa keskuksen kokoajakiskon mitoitusta. Kiskosillan laskennallinen lämpötila nimellisviralla on ilmoitettava tarjouksessa.

Kiskosillan tulee olla levykoteloitua kosketussuojaista rakennetta IP 21 tai tehdasvalmisteista eristysainepäällysteistä kiskostoa.

Kiskosillan toimitukseen kuuluu:

- joustavat liittimet muuntajan liittimiin
- kiskosillat täydellisenä
- läpivientieristimet ja levyt eri palotilojen välillä (EI120)
- virtamuuntajat mahdollisimman lähelle muuntajan napoja kiskosillan suojausta varten
- virtamuuntajien kaapelointi syöttökenttään
- kaikki tarvittavat kiinnikkeet, kannakkeet, pultit ym.
- kiskosillassa tulee kulkea keskuksen PE-kiskon ja muuntajan rungon välinen kiskosillan (materiaalina kupari) mitoitusarvoille mitoitettu vikavirtatie.

4.9 Kiskosto (kokoajakiskot, pystysyöttökiskot ja ohjausjännitekiskot)

Kokoajakiskot mitoitetaan vähintään vastaamaan kohdan 4.4 nimellisvirtaa (huom. myös liitteet 3.2.1.1...2).

Oikosulkukestoisuus katso kohta 4.2(huom. myös liitteet 3.2.1.1...2).

Liitokset toteutetaan ruuviliitoksina käyttäen jousialuslevyjä, sekä alumiinilla liitosrasvaa. Jousialuslevyt tulee olla standardin SFS 3737 mukaiset ja pultit lujuusluokaltaan vähintään 8,8.

Alumiinikiskoston suurin sallittu lämpötila ei saa koteloitunakaan ylittää liitosrasvan tippumispisterajaa.

Palmikoitujen kuparinauhojen ja erittäin monisäikeisten Cu-kaapelien tulee olla tinattuja.

Eristimet tulee olla itsestään sammuvaa ja pintavirtakestoista materiaalia.

Liitokset pystysyöttökiskoista lähdoille tehdään ilman porausta ja pultit varustetaan pyörimisestein.



Keskuksset varustetaan ohjausjännitekiskoilla, joilta ohjausjännite jaetaan lähdoille. Saman pääkeskuksen eri (kiskosillalla yhdistettävien) keskusosien ohjausjännitekiskot yhdistetään kaapeleilla. Toimitukseen tulee sisältyä kaapelit asennuksineen.

Ohjausjännitejakelun liittyvät kiskot ja liittimet tulee sijoittaa niin että kaapelitiloissa voidaan suorittaa asennustöitä jännitteellisenä ilman että ohjausjännitejakelu vaarantuu.

4.10 Suojamaadoitus ja nollakiskot

Keskuksissa tulee olla N ja PE- kiskot normaaliin tapaan. (690V TN-verkossa ei ole N-kiskoa)

Ovien tulee olla maadoitettuja luotettavasti kojeiston runkoon.

PE- kiskossa tulee olla liitäntäpisteet keskusosien molemmissa päissä ulkopuolisia maadoitusjohtimia varten.

Keskuksien ja kiskosiltojen maadoitukset tehtaan maadoitusverkkoon sisältyvät toimitukseen. Tilaaja asentaa köydet, toimittajan toimitukseen kuulu keskuksen ja kiskosillan köysien päiden kytkennät.

4.11 Syöttökenttä

4.11.1 Pääkeskukset

Syöttökentän kytkentäpiirustukset toimittaa tilaaja.

Syöttökentässä tulee olla katkaisija pääkojeena. Katkaisijan valmistajaksi hyväksytään ABB ja suojareleeksi PR122/P LSI. Toimitukseen tulee sisältyä suojareleen tarvitsema teholähde. REF releeseen tulee sisältyä myös sähkönlaadun mittausmoduuli PQCU3H, PQVO3H, PQVO3Sd. REF rele mallia REF 541KM115AAAA-003+ Profibus konverteri SPA-ZC302.

Maadoituserottimen ja pääkatkaisijan lukituksen tulee olla mekaaninen (molempiin suuntiin). Lisäksi varasyötön varmistamista varten maadoituserottimessa oltava sähköinen lukitusmagneetti.

Kiskosillan maadoituserottimessa oltava sähköinen lukitusmagneetti, joka vapautuu yläjännitepuolen (10kV) katkaisijan ollessa erotusasennossa.

Mittamuuntajien tarkkuusluokka 0,5.

Syöttökenttään tulee ylivirtarele, jossa tulee olla Profibus DP -kenttäväyläliityntä.

Ylivirtarele toimii kiskosillan suojana.

Ohjausjännitemuuntajissa tulee olla häiriösuojaus verkoston yliaaltoja vastaan.

Riviliittimien sijoituksen tulee olla sellainen, että mittaukset voidaan tehdä turvallisesti keskuksen ollessa jännitteellinen.



4.12 Ohjaujännitejakelu

4.12.1 Väyläliittymillä varustetut kesukset

Pääkeskuksissa tulee olla erilliset ohjaujännitemuuntajat 230V ohjaujännitteelle.

Ohjaujännite ~~muuntajan kytkinvarokkeen~~ ohjaukahva sijoitetaan oven kanteen.

Moottoriohjaimien ja taajuusmuuttajien 24VDC (PELV) ohjaujännitteen jakelu tulee olla erilliseltä teholahteelta, joka on kahdennettu. Niiden syötöt tulevat tilaajan UPS verkosta (maksimi syöttösulake B10A).

Toimitukseen sisältyy Profibus DP –kenttäväylän apujännitejakelu teholahteineen.

Profibus - laitteiden 24VDC (SELV) ohjaujännitteen jakelu tulee olla erilliseltä teholahteelta, joka on kahdennettu. Niiden syötöt tulevat tilaajan UPS verkosta.

Tilaaja hankkii ja asentaa UPS –syötöt keskuksissa oleville teholahteille.

Jokaiselle Profibus- väylän laitteen syötölle tulee olla erillinen sulakeautomaatti varustettuna hälytyskoskettimella. Hälytyskoskettimet tulee olla johdotettuna erillisille riviliittimille.

Toimittaja mitoittaa teholahteet ja sulakkeet, huomioiden varalähdöt ja muut varaukset.

4.13 Profibus DP kenttäväylä

Keskustoimitukseen sisältyy pääkeskuksissa oleva Profibus DP –kenttäväylä siten, että toimitusrajana on keskuksiin tuleva valokuitu, jonka toimittaja ja liittää keskuksen tilaaja. Keskuksen varattava tilaa valokaapelipaneeleille.

Toimituksen väylärakenne on esitetty liitteessä 3.2.5.1. Liitteessä 3.2.5.3 on lueteltu käytettävät laitteet.

Toimittaja ohjelmoi kenttäväylän laitteet tilaajan antamien lähtötietojen mukaisesti.

4.13.1 Kaapelointi

Keskuksen sisäinen Profibus kaapelointi sisältyy toimitukseen. Saman pääkeskuksen eri (kiskosillalla yhdistettävien) keskusosien väliset Profibus kaapelit tulee sisältyä toimitukseen asennuksineen.

Kaapelointi tulee tehdä liitteen 3.2.5.2 ohjeen mukaisesti.

4.13.2 Muut laitteet

Toimitukseen kuuluu lisäksi kaikki tarvittavat liittimet, kytkentäjohdot/ -kuidut yms. asennustarvikkeet (myös ~~OLMien~~ väliset kuidut) mitä tarvitaan väylän rakentamiseen keskuksen sisällä.

4.14 Lähtöyksiköt ja kojevalinnat

Lähtöjen tulee olla moduulirakenteisia, asennuslevylle kalustettuja.



Kullakin lähdöllä tulee olla oma kenno, joka on varustettu omalla ovella, jossa on yksinkertaiset salvat. Salvat tulee sisältyä toimitukseen. Ovien on avauduttava vähintään 120°.

Kennot erotellaan toisistaan väliseinillä (IP20). Kotelointi kennojen alapuolisiin tiloihin tulee olla vähintään IP30 etteivät esim. ruuvit pääse putoamaan tilasta toiseen.

Kojetilan voi avata vain kuormakytkimen ollessa auki – asennossa. Lukitus on tarvittaessa voitava poistaa työkalulla.

Lähdöt ovat kiinteitä. Katkasijat ja DOL kasettilähdöt ovat ulosvedettävää mallia erikoispiirejä lukuun ottamatta.

Kytkinvarokkeen kiskoliitäntä pystykiskoon mitoitetaan kytkinvarokkeen nimellisvirran mukaan.

Moottoriohjaimena käytetään Siemens Simocode Pro V.

Sulakkeina käytetään taajuusmuuttajilla erikoisnopeita sulakkeita.

Komponentit sijoitetaan oikein päin.

Keskuslähdöissä voidaan siis käyttää usean eri valmistajan varokkeita. Muiden kuin moottoriohjaimien kojevalmistajaksi hyväksytään ABB sekä katkaisijoiden valmistajaksi ABB.

Taajuusmuuttajat sijoitetaan keskukseen. Taajuusmuuttajat sisältyvät toimitukseen, mitoitus keskuslähtöluettelon mukaisesti.

Taajuusmuuttajien tulee olla ABB:n ACS 880 –sarjaa tai Vacon NXP varustettuina tarvittavilla Profibus DP-liitynnöillä. EMC suodin 2. käyttöympäristö mukaan.

Taajuusmuuttajaa syöttävän kytkinvarokkeen ja sen liitäntä pystykiskoon tulee mitoitaa siten, että taajuusmuuttajan tilaan voidaan sijoittaa teholtaan suurin mahdollinen vastaava runkokokoa oleva taajuusmuuttaja.

Moottoriohjaimien ohjelmointiyksiköille tulee olla liityntä (liitin) keskuslähdön ovessa ulkopuolella. Liityntä tulee olla myös varalähdöissä ja varatiloissa joissa tilavarauus moottorilähdölle.

Virtamuuntajien kuormitettavuus 5VA luokassa 3, terminen rajavirta 60 x In.

Keskuslähtöjen kytkennät on esitetty liitteessä 3.2.4.

4.15 Alakeskussyötöt

Alakeskussyötöt, joissa on kytkinvaroke etukojeena, sulakkeen nimellisvirta on sarakkeessa "Virta". Kytkinvarokkeina tulee käyttää liitteen 3.2.3.1-2 kojevalintataulukoissa olevia kytkinvarokekokoja.

4.16 kWh-mittaukset

Toimitukseen sisältyy 1kpl kWh-mittauksia (Socomec Diris A40).



4.17 Valaistus- ja johdonsuojalähdöt

Valaistus- ja johdonsuojakytkinlähdöt tulee johdottaa riviliittimille siten, että N- ja PE-liittimet ovat samassa riviliitinblokkissa.

3-vaihe lähdöissä tulee olla N- ja PE-liittimiä 3 kpl/lähtö.

Johdonsuojakytkimien katkaisukyky tulee olla 10 kA.

Valaistus- ja johdonsuojakytkinlähtöjen varatilat tulee olla varustettuina DIN kiskolla ja valmiilla aukotuksella kosketussuojalevyyn, joka on peitetty työkalulla poistettavilla suojuksilla.

Varatiloille tulee olla varattuna riviliitintilaa sekä N- ja PE kiskoon liittimet.

4.18 Kaapelitilat

Kunkin lähtökentän sivulla tulee olla riittävän suuri, muusta kenttätilasta väliseinällä erotettu kaapelitila.

Kaapeleiden vapaat liitännät tulee olla riittävät mitoitusaulukoiden mukaisten kaapelien liittämiseen.

Kaapelitilalla tulee olla yhtenäinen kentän korkuinen ovi, jonka lukitus on samanlainen kuin kojelokeroiden.

Kaapelitilassa ei saa olla poikkisuunnassa mitään rautoja tai väliseiniä eikä sinne saa sijoittaa kojeita.

Kaapelitilassa tulee kaapeliliitännät suojata niin, ettei jännitteisiä osia voi tahattomasti koskettaa.

Kaapelien vedonpoistolle tulee olla liitäntä/kiinnitys paikat

4.19 Kilvet ja merkitseminen

Toimitukseen tulee sisältyä tilaajan tehdasstandardin mukaiset kilvet ja merkitseminen.

LIITE 2: MUUNTAJAN T14 TEKNINEN ERITTELY

Liite 3.2.1

Yara Suomi Oy
SA1 renewal of transformer T14.1

JAKELUMUUNTAJA

Sisältö	1	Yleistä
	2	Normit ja yleiset määräykset
	3	Toimituksen laajuus
	4	Tekninen erittely
	5	Dokumentointi

Liitteet

Jakelu

	10.2.2012/JAR	10.2.2012/TAM	10.2.2012/JVA		Alkuperäinen kopio
	Päiväys/Laastija	Päiväys/Tarkastanut	Päiväys/Hyväksynyt	Päiväys/Julkaissut	Huomautukset

1 YLEISTÄ

Yara Suomi Oy uusii Karkeamurskausaseman 1:n 690V jakelumuuntajan ja kiskosillan. Tämä kyselyerittely koskee jakelumuuntajan hankintaa tähän projektiin.

Tarjousta tehdessä tulee tarjoajan viitata tähän kyselyerittelyyn

Häviöiden arvostus:

- Tyhjäkäyntihäviöt	3500 €/ kW
- Kuormitushäviöt	2400 €/ kW

2 NORMIT JA YLEISET MÄÄRÄYKSET

Toimituksessa on noudatettava Suomessa/ Euroopan Unionissa voimassa olevia direktiivejä, lakeja ja asetuksia sekä paikallisia määräyksiä ja suosituksia.

Muuntajien tulee olla CENELEC/ SFS standardien mukaisia ja niiden tulee noudattaa julkaisua IEC 60076 ja muita asiaankuuluvia IEC- suosituksia.

3 TOIMITUKSEN LAAJUUS

Toimitus käsittää oheisen teknisen erittelyn mukaisen jakelumuuntajan toimitettuna ja asennettuna tilaajan tehtaalle Siilinjärvelle.

4 TEKNINEN ERITTELY**1 kpl jakelumuuntaja**

Tyyppi: sisälle asennettava, öljyeristeinen kolmivaihemuuntaja

Kuormitus: moottorikuormaa (taajuusmuuttaja sääd. n. 10%), jatkuva

- Nimellisteho	3,16 MVA
- Ensiojännite	10,0 kV $\pm 2 \times 2,5\%$
- Toisiojännite	690 V
- Taajuus	50 Hz
- KytKentä	Dyn11
- Oikosulkuimpedanssi	> 7%
- Lämpenemä	
huippuöljy	60 K
käämit	65 K
- Jäähdytystapa	ONAN

4.1 Käyttöolosuhteet

Keskukset asennetaan erillisiin, ilmastoituihin sähkötiloihin.

- Sähkötilojen keskilämpötila on alle +30°C, eikä se ylitä lämpötilaa +35 °C

10 kV verkon oikosulkuvirran mitoitusarvot ovat:

- $I_{th} / 1s = 60 \text{ kA}$
- $I_{dyn} = 130 \text{ kA}$

4.2 Varusteet:

- kaasurele tai ylipaine venttiili, kaksi vaihtokosketinta
- kosketin-/kapilaarilämpömittari, kaksi vaihtokosketinta
- apulaitekotelo IP54
- öljyn pintamittari, kaksi vaihtokosketinta
- ilmankuivain
- apulaitteiden liitännät johdotettuna koteloon
- koteloidut tai kosketussuojatut liitännät (IP 2XD). Koteloinnissa tulee olla ikkunat liitosten termokuvausta varten.
 - 10 kV liitántakaapeli AHXCMK-WTC 3x240A1+35Cu, alaspäin
 - 690 V liitántä kiskosillalla ylöspäin
- yläjännitepuolen kaapelien liitoskappaleet
- maadoitusliittimet
- muuntajan kannelle asennetut PE- liittimet (2 kpl) alajännitepuolen kiskosillan PE- kiskon liittämistä varten
- laipattomat kuljetuspyörät
- suomenkieliset arvo-, toiminta ja ohjekilvet

4.2.1 Asennus ja käyttöönotto

Toimittaja irrottaa nykyisen muuntajan ja asentaa tilalle uuden muuntajan. 10kV kaapelipäätettä ei uusita. Asennustyön velvoitteet määritellään asennusjärjestelysopimuksessa.

Toimittaja asentaa MMO 12x2,5 kaapeloinnin muuntajan apulaitekotelolta **pääkeskuksen syöttökenttään.**

5 DOKUMENTOINTI

Toimitukseen tulee sisältyä seuraavat dokumentit:

- kytkentäpiirustukset
- mittapiirustukset
- koestuspöytäkirjat
- käyttö- ja hoito-ohjeet

LIITE 3 SUORA MOOTTORILÄHTÖ, SIMOCODE PRO-V, KASSETTILÄHTÖ 37-45KW

