

Jari Hussi

# 20 kV:n KYTKINLAITOKSEN SANEERAUS

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikan tutkinto-ohjelma

Insinöörityö

23.5.2016

Tekijä(t) Otsikko	Jari Hussi 20kV kytkinlaitoksen saneeraus
Sivumäärä Aika	33 sivua + 5 liitettä 23.5.2016
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	sähköinen talotekniikka
Ohjaaja	lehtori Matti Sundgren
<p>Työn tarkoituksena oli selvittää Oy L M Ericsson Ab:n Jorvaksen toimipisteen 20 kV:n kytkinlaitoksen laitteiston kunto ja toimintavarmuus sekä saneeraustarve. Kiinteistö on rakennettu 1960 ja 1970 lukujen taitteessa ja otettu käyttöön 1971. 20 kV:n kojeiston pääkytkin ja kolmen vanhimman muuntajan suojauslaitteisto ovat edelleen alkuperäisiä. Kyseiset suojalaitteet pohjautuvat Oy Strömberg Ab:n ensiöreleillä ohjattaviin OSAK 24 T-vähäöljykatkaisijoihin.</p> <p>Elokuussa 2015 pidettiin huoltokatko, jonka yhteydessä tarkastettiin suojalaitteiden toiminta. Tarkastuksesta saatujen mittausraporttien perusteella havaitaan, ettei suojalaitteisto nykyisessä kunnossaan anna riittävää suojaa vikatilanteita vastaan, vaan laitteisto vaatii saneerausta.</p> <p>Työssä tarkastellaan vaihtoehtoisia korvaavia laitteita saneerattavien laitteiden tilalle. Korvaavien laitteiden valinnan tueksi tehtiin verkon selektiivisuus tarkastelu, jota varten määritettiin sähköverkon laskennalliset oikosulkusuureet. Laitevertailun perusteella tehtiin ehdotus korvaavista laitteista.</p>	
Avainsanat	vähäöljykatkaisija, ensiörele, varokekuormanerotin, releohjaus

Author Title	Jari Hussi Renewal of 20kV Switch Plant
Number of Pages Date	33 pages + 5 appendices 23 May 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Specialisation option	Electrical Building Services
Instructor	Matti Sundgren, Senior Lecturer
<p>The purpose of the thesis was to clarify the condition, reliability and possible need for renewal of 20 kV apparatus of the switch plant where the main switch and circuit breakers of the three oldest transformers had been in use since 1971. The equipment was based on the OSAK 24 T circuit breaker made by Oy Strömberg Ab and the circuit breakers were controlled by 20kV protection relays.</p> <p>During a maintenance break in August 2015 the condition and reliability of the 20 kV equipment was checked. The maintenance reports showed clearly that the protection relays did not provide the necessary protection against faults and, therefore, a renewal of equipment was needed.</p> <p>The thesis compared alternatives for the replacement of old switchgear. Short circuit current values were calculated in order to ensure that the protection of the power supply network would function as planned. The short circuit current values were also needed for apparatus selection. A suggestion for new equipment was made on the basis of the results of equipment comparison.</p>	
Keywords	circuit breaker, relay, protection, switchgear

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	20 kV:n kytkinlaitos	1
2.1	Nykytilanne	1
2.2	Vähääljykatkaisija OSAK 24 T	5
2.2.1	Rakenne ja toimintaperiaate	6
2.2.2	Käyttövarmuus	6
2.3	Päävirta- eli ensiörele	7
2.3.1	Ylivirta-aikarele	7
2.3.2	Ensiölämpörele	8
2.4	Varokekuormanerotin	8
2.5	Laitteiston nykyinen kunto	9
2.5.1	20 kV:n suojauslaitteiston koestus	10
2.5.2	Mittaustulokset	11
3	Muuntajan suojaus	12
4	Mitoitus	13
4.1	Lähtötiedot	16
4.2	Oikosulkuvirrat	18
4.3	Oikosulkusuojaus	20
4.3.1	Kahden peräkkäin olevan katkaisijan selektiivisuus	21
4.3.2	Peräkkäin olevan katkaisijan ja sulakkeen selektiivisuus	22
5	Vaihtoehtoisten laitteiden tarkastelu	22
5.1	Katkaisija	23
5.1.1	Ohjaus	24
5.1.2	Huoltokustannukset	24
5.1.3	Huomioitavaa katkaisijan toiminnassa	25
5.1.4	Laitteen valinta	25
5.2	Varokekuormanerotin	26
5.3	Katkaisija vai varokekuormanerotin	30
5.3.1	Muuntajan suojaus	30
5.3.2	Pääkytkin	31

6	Saneeraustyön toteuttaminen	31
7	Yhteenveto	32
	Lähteet	33

#### Liitteet

Liite 1. 20 kV:n kytkinlaitoksen pääkaavio

Liite 2. 20 kV:n pääkatkaisijan suojalaitteiston tarkastuspöytäkirja

Liite 3. Muuntajan 1 suojalaitteiston tarkastuspöytäkirja

Liite 4. Muuntajan 2 suojalaitteiston tarkastuspöytäkirja

Liite 5. Muuntajan 3 suojalaitteiston tarkastuspöytäkirja

## Lyhenteet

$c$	sähkömotorististen voimien ja verkon nimellisjännitteen eron huomioiva kerroin
$I''_k$	alkuoikosulkuvirta
$I_s$	sysäsoikosulkuvirta
$I_{th}$	ekvivalenttinen terminen oikosulkuvirta
$I'_{ksjmin}$	pienin suurjännitepuolen muutosoikosulkuvirta
$I'_{kpjmin}$	pienin pienjännitepuolen muutosoikosulkuvirta
$I'_{kpjmax}$	suurin pienjännitepuolen muutosoikosulkuvirta
$I_{k3}$	kolmivaiheinen oikosulkuvirta
$I_{k2}$	kaksivaiheinen oikosulkuvirta
$I_{1n}$	muuntajan ensiöpuolen nimellisvirta
$I_{2n}$	muuntajan toisiopuolen nimellisvirta
$P_k$	muuntajan kuormitushäviöteho
$P_0$	muuntajan tyhjäkäyntiteho
$R$	resistanssi
$S_k$	oikosulkuteho
TCU	Temperature Control Unit, lämpötilanvalvontayksikkö
$U_{1n}$	muuntajan ensiöpuolen nimellisjännite
$U_{2n}$	muuntajan toisiopuolen nimellisjännite

$u_k$	muuntajan suhteellinen oikosulkujännite
$u_r$	muuntajan suhteellinen oikosulkuresistanssi
$X$	induktanssi
$Z$	impedanssi

## 1 Johdanto

Oy L M Ericsson Ab Jorvaksen toimipiste on rakennettu 60- ja 70-lukujen taiteessa ja otettu käyttöön 1971. Alkujaan kiinteistö koostui tehdas- ja konttorirakennuksesta. Sittemmin tehdastoiminta on päättynyt ja tehdastilat on otettu muuhun käyttöön. Kiinteistöä on laajennettu 1995, jolloin rakennettiin lisää toimistotiloja. Nykyisin toimipisteen kiinteistö on kooltaan 40 000 kerros-m<sup>2</sup> käsittäen toimistotiloja, ruokalan keittiöineen, varastotiloja sekä datacenter-tiloja. Kiinteistössä toimii Oy L M Ericssonin Ab:n lisäksi useita pieniä eri alan yrityksiä ja kaikkiaan yli 1 000 henkilöä.

Osa nykyisen 20kV:n kytkinlaitoksen laitteista on alkuperäisiä. Uudemmat laitteet on rakennettu laajennuksien yhteydessä 1995 ja 2010 eivätkä kaipaa uusimista. Alkuperäiset suojalaitteet pohjautuvat vähäöljykatkaisija-ensiöreleyhdistelmään. Vähäöljykatkaisijoiden kanssa käytetään yleensä kahdentyyppisiä ensioreleitä: ylivirta-aika- ja lämpöreleitä. Ericssonilla 20 kV:n pääkytkimenä toimii Oy Strömberg Ab:n vähäöljykatkaisija OSAK 24 T, jota ohjaa ensiöylivirta-aikarele. Vastaavasti muuntajien suojalaitteina käytetään OSAK 24 T-vähäöljykatkaisijan yhteydessä sekä ensiöylivirta-aika- että ensiölämpöreleitä.

Yleisesti tiedetään, että vanhojen ensioreleiden luotettavuus oikea-aikaiseen katkaisuun on huono ja varaosien saanti niihin sekä käytössä oleviin vähäöljykatkaisijoihin on vaikeaa. Tämän työn tavoitteena on kartoittaa alkuperäisten laitteiden kunto, tarkastella vaihtoehtoisia ratkaisuja ja ehdottaa korvaavia laitteita käytössä olevien elinkaarensa päähän tulleiden suojalaitteiden tilalle.

## 2 20 kV:n kytkinlaitos

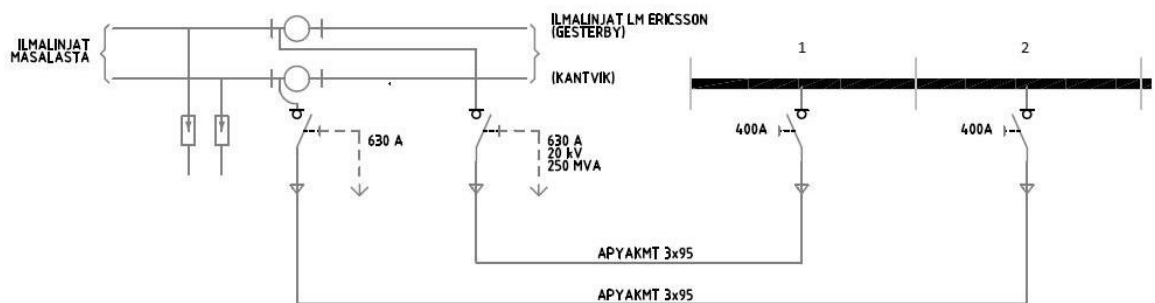
### 2.1 Nykytilanne

20 kV:n kytkinlaitos on kennorakenteinen. Kennoihin on sijoitettu erottimet, pääkytkin, energian mittaus sekä kiinteistön muuntajien suojalaitteisto. Muuntajia kiinteistössä on viisi kappaletta. Kennot ovat Oy Strömberg Ab:n, nykyinen ABB, valmistamia MEKA 24 kennoja. Kennot ovat teräsrakenteisia, ja niiden lujat etuseinät sekä ruuvilukoilla suljetut ovet suojaavat kojeiston edessä olevaa henkilöä. Kennojen tausta ja päällyys ovat



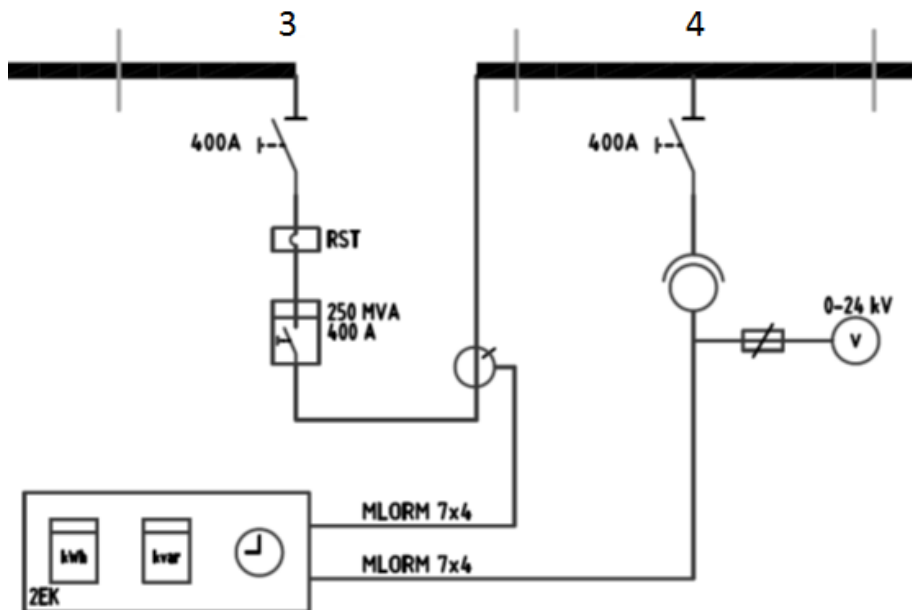
avoimia, siksi kennot on asennettu seinän viereen. Päälyly on jätetty avoimeksi, jotta mahdollinen valokaaripurkauksen paine purkautuisi vaarattomaan suuntaan, ylös ja pois päin kennon edessä olevasta henkilöstä. Kennon sisäisessä suojauksessa on otettu huomioon huoltotyöt. Suojaus sisältää oven taakse sijoitetun helposti irrotettavan kelta-mustaraitaisen suojapuomin, joka varoittaa menemästä kennoon harkitsemattomasti, sekä avattuun kiskoeristimeen työnnettävän eristelevyn. Eristelevyä käytettäessä voidaan kennossa työskennellä turvallisesti, vaikka levyn yläpuolella olevassa koojakiskossa olisi jännite.

Verkkoyhtiö Carunan ylläpitämään 20 kV:n sähköverkkoon liitytään kennoista 1 ja 2. Sähköverkko on sähkön saannin turvaamiseksi rakennettu renkaan muotoiseksi ja lisäksi se on kahdennettu. Tällöin vikatilanteessa on mahdollista kytkeytyä siihen verkon osaan, joka on kunnossa. Kytkeytyä voi renkaaseen, joka tulee Masalan - Gesterbyn suunnasta tai toiseen renkaaseen joka tulee Masalan - Kantvikin suunnasta. Sähköliittymä on esitetty kuvassa 1. Varsinainen sähköasema sijaitsee Sundsbergissä Masalan suunnalla noin 5 km päässä sähkölinjaa pitkin mitattuna.



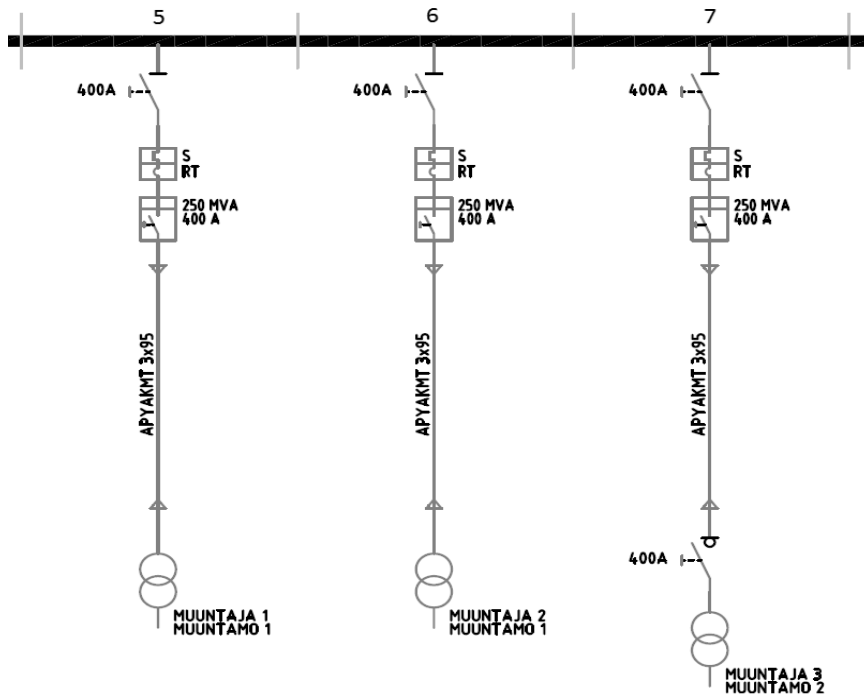
Kuva 1. Carunan 20 kV:n sähköverkkoon liitytään kennoista 1 ja 2

Pääkytkin on sijoitettu kenno 3:een. Pääkytkimenä toimii Oy Strömberg Ab:n valmistama OSAK 24 T-vähäöljykatkaisijasta, jonka kutakin vaihetta ohjaa ensiörele. Ensiöreleet ovat BBC Typ HBi 300A ylivirta-aikareleitä. Releet on aseteltu laukaisemaan katkaisija virran ylittäessä 360 A:n arvon 0,6 s:n ajan. Energian mittaukseen liittyvät laitteet, kuten virta- ja jännitemuuntajat, on sijoitettu kennoihin 3 ja 4. Kennojen 3 ja 4 kytkentä on esitetty kuvassa 2.

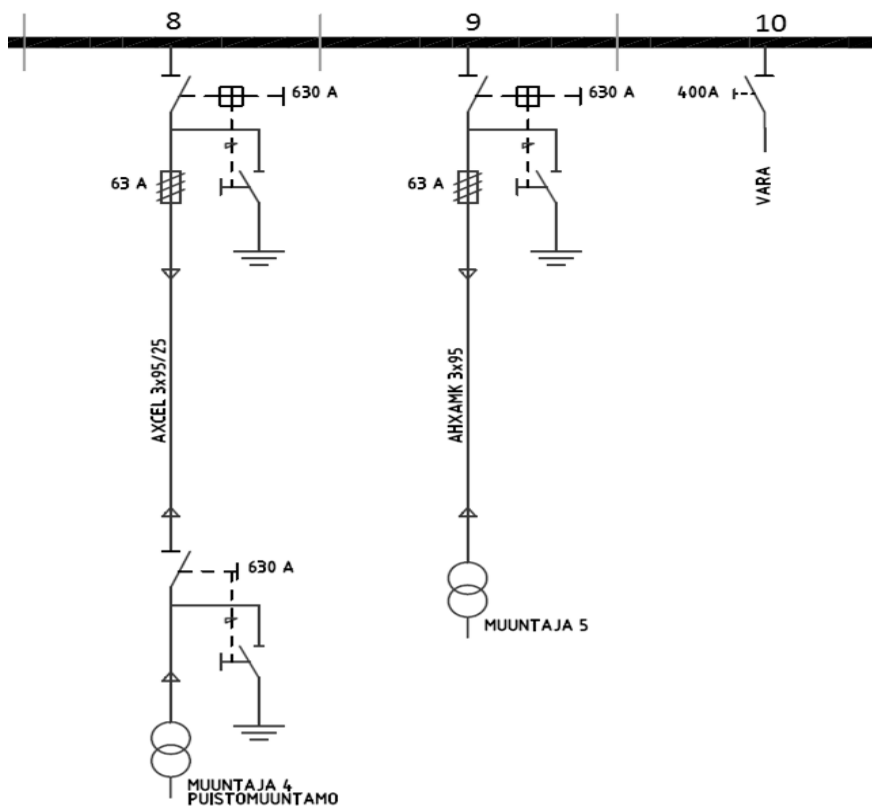


Kuva 2. Pääkatkaisija sijaitsee kennossa 3 ja energian mittaus kennossa 4

Muuntajien 1,2 ja 3 suojaus on esitetty kuvassa 3. Suojalaitteet sijaitsevat kennoissa 5, 6 ja 7. Suojaus on myös toteutettu OSAK 24 T vähäöljykatkaisija-ensiöreleyhdistelmällä, mutta ohjaus on toteutettu pääkytkimestä poiketen kolmen ensiöylivirta-aikareleen sijaan kahdella ensiöylivirta-aikareleellä ja yhdellä ensiölämpöreleellä. Ylivirta-aikareleet ovat tyypiltään BBC HBi 150 A ja asetteluarvona on 195 A / 0,3 s. HBi 150 A -ylivirta-aikareleet on kytketty vähäöljykatkaisijan ulompiin vaiheisiin ja keskimmäiseen vaiheen ensiölämpörele BBC typ HTi 70C. Lämpöreleen asetteluarvo on 1,4 x 60 A / 100 °C. Muuntajien 4 ja 5 suojalaitteet on sijoitettu kennoihin 8 ja 9. Molempien muuntajien suojaukset on toteutettu varokeuormaerottimin. Kenno 10 on varalla. Kennojen 8, 9 ja 10 kaavio on esitetty kuvassa 4.



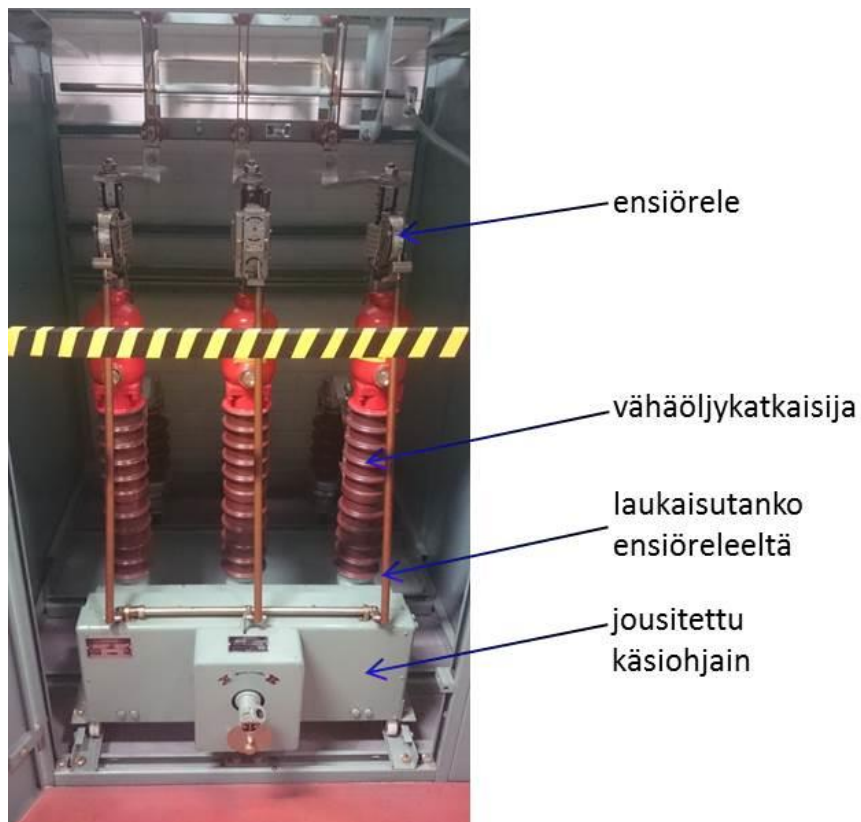
Kuva 3. Muuntajien 1, 2 ja 3 suojaus



Kuva 4. Muuntajien 4 ja 5 suojaus

## 2.2 Vähäöljykatkaisija OSAK 24 T

OSAK 24 T (kuva 5) on pienikokoinen ja kevytrakenteinen käsiohjaimella varustettu vähäöljykatkaisija, jonka öljymäärä on murto-osa vastaavanlaisiin aikalaisiinsa verrattuna. Ohjaajasta täysin riippumattoman toimintansa vuoksi sillä voidaan kytkeä turvallisesti myös oikosulussa olevia verkkoja. Katkaisija on suunniteltu sisäasennukseen, jossa eristykset on suojattu sadetta, likaantumista ja kosteuden tiivistymistä vastaan. /1/



Kuva 5. Vähäöljykatkaisija OSAK 24 T varustettuna ensiörelleillä ja jousitetulla käsiohjaimella

Öljynä käytetään normaalisti pieni viskositeetistä katkaisijaöljyä, jolloin virheetön toiminta voidaan taata aina  $-40\text{ °C}$ :seen asti. Jos ympäristön lämpötila kytkintilassa ei laske alle  $-5\text{ °C}$ :n, voidaan käyttää normaaleja muuntajaöljyjä. /1/

Katkaisijan nimellisjännite, joka on myös suurin sallittu käyttöjännite, on 24 kV. Katkaisijaa voidaan käyttää myös pienemmillä jännitteillä kuten esimerkiksi 3 ... 10 kV:n jännitteillä. Sen nimellisvirta on 400 A ja symmetrinen katkaisuteho 20 kV:lla on 250 MVA sekä vastaavasti epäsymmetrinen katkaisuteho 360 MVA. Laukaisussa koskettimet

erkaantuvat toisistaan n. 0,10 sekunnissa ja valokaari sammuu viimeistään 0,04 sekunnin kuluessa koskettimien erkaantumisesta. /1/

### 2.2.1 Rakenne ja toimintaperiaate

Oy L M Ericsson Ab:lla OSAK 24 T -vähäöljykatkaisijat on varustettu jousitetulla käsiohjaimella sekä päävirtareleillä. Katkaisijaosa muodostuu kolmesta katkaisupilarista. Katkaisussa ohjaimen laukaisujouset vetävät nopeasti kosketinpuikon alaspäin sammutuskammion läpi. Tällöin kiinteän palorenkaan ja kosketinpuikon välille syttyy valokaari, joka höyrystää pienen osan öljyä. Sammutuskammio, joka on jaettu lokeroihin, estää kaasun laajenemisen jonka seurauksena öljy pysyy lähellä valokaarta. Öljyn höyrystyminen ja kaasu- ja öljyvirtaukset jäädyttävät valokaarta sammuttaen sen nopeasti. /1/

Katkaisijan aukiohjaus voi tapahtua yhdellä kolmesta seuraavasta tavasta:

- päävirta- eli ensioreleillä
- laukaisumagneetilla
- käsin ohjausvivun avulla

### 2.2.2 Käyttövarmuus

Uutena vähäöljykatkaisija toimii luotettavasti, mutta hitaasti nykyaikaisiin katkaisijoihin verrattuna. Sen koskettimet kuluvat käytön aikana etenkin jos katkaisut tehdään suurella teholla. Katkaisijan koskettimet on mitoitettu kestäämään 5 katkaisua nimellisteholla  $S_n$  (250 MVA). Jos taas katkaisut tapahtuvat nimellisvirralla (400 A), koskettimet kestävät 1 000 katkaisua. Koskettimien vaihtotarve riippuu siis käyttötapauksesta. /1/. Ericssonin tapauksessa katkaisu tapahtuu normaalisti ilman kuormaa, joten koskettimien vaihtotarvetta ei ole.

Ikääntyessään katkaisijan eristeaineena käytetty öljy vanhenee ja mustuu katkaisujen yhteydessä. Vanhan ja likaisen öljyn läpilyöntikyky heikkenee. Öljy on vaihdettava tai puhdistettava, kun sen läpilyöntijännite 2,5 mm:n elektronivälillä on pienempi kuin 10 kV. Ohjekirjan mukaan öljy on vaihdettava vähintään kolmen vuoden välein. /1/

Katkaisuissa vähäöljykatkaisijan mekaaniset osat kuluvat ja siten aiheuttavat hitautta toimintaan. Jos katkaisija toimii harvoin, on sen toimintakuntoisuus hyvä tarkistaa aina tilaisuuden tullen, sillä pitkään liikkumattomana ollut käyttövivusto voi jumiutua. Huollossa mekaaniset osat puhdistetaan ja voidellaan toimintavarmuuden ylläpitämiseksi. Joskus osat ovat niin kuluneet, että ne pitää uusida. Koska vähäöljykatkaisijoiden myynti on päättynyt ja käyttö maailmalla vähentynyt sekä valmistajat pyrkivät myymään nykyaikaisia katkaisijoita, on vähäöljykatkaisijoiden varaosien saatavuus heikentynyt ja samalla hinnat nousseet. Varaosien korkeista hinnoista johtuen saattaa usein olla edullisempää vaihtaa koko katkaisija uuteen korjaamisen sijaan. Ericssonilla katkaisijat toimivat hyvin harvoin, ja niiden toiminta tarkistetaan yleensä vain huoltojen yhteydessä.

### 2.3 Päävirta- eli ensiörele

Vähäöljykatkaisijan kanssa voidaan käyttää kahdenlaisia ensiöreleitä: ylivirta-aikareleitä ja lämpöreleitä. Oy L M Ericsson Ab:lla on käytössä molempia releitä. Pääkytkimen yhteydessä on käytössä vain ylivirta-aikareleet, kun taas muuntajien 1, 2 ja 3 katkaisijoita ohjaa ylivirta-aika- ja lämpöreleiden yhdistelmä. Tällöin kahta ulommaista vaihetta, L1 ja L3, valvoo ylivirta-aikareleet ja keskimmäistä vaihetta L2 lämpörele.

Ensiörele on sähkömekaaninen laite, joka kytketään suojattavan laitteiston ensiöpuolelle, josta ensiörele nimitys tulee. Tässä tapauksessa ensiöreleet on kytketty 20 kV:n potentiaaliin. Virta johdetaan releen läpi vähäöljykatkaisijalle.

Mekaanisten osien valmistustarkkuudesta johtuen asettelu asteikot ovat epätarkkoja, jolloin laukaisuvirran asettelu on hankalaa ja oikean arvon löytäminen vaatii testaamista. Myös ensiöreleiden laukaisuarvot muuttuvat ajan mittaan johtuen mekaanisten osien vanhenemisesta ja likaantumisesta, jolloin niiden toiminta muuttuu epäluotettavaksi.

#### 2.3.1 Ylivirta-aikarele

Releen toiminta perustuu kelan läpi kulkevan virran aiheuttamaan voimaan, joka kasvaa lineaarisesti virran kasvaessa. Tämän perusteella voidaan määrittää kutakin virtaa vastaava voima. Ensiöreleen mekaanisessa osassa asetetaan haluttua laukaisuvirtaa vastaava voima jousivastuksen avulla. Normaalia käyttötilannetta vastaavan virran synnyttämän voiman tulee olla pienempi kuin asettelu virran aiheuttama voima. Ylivirta-

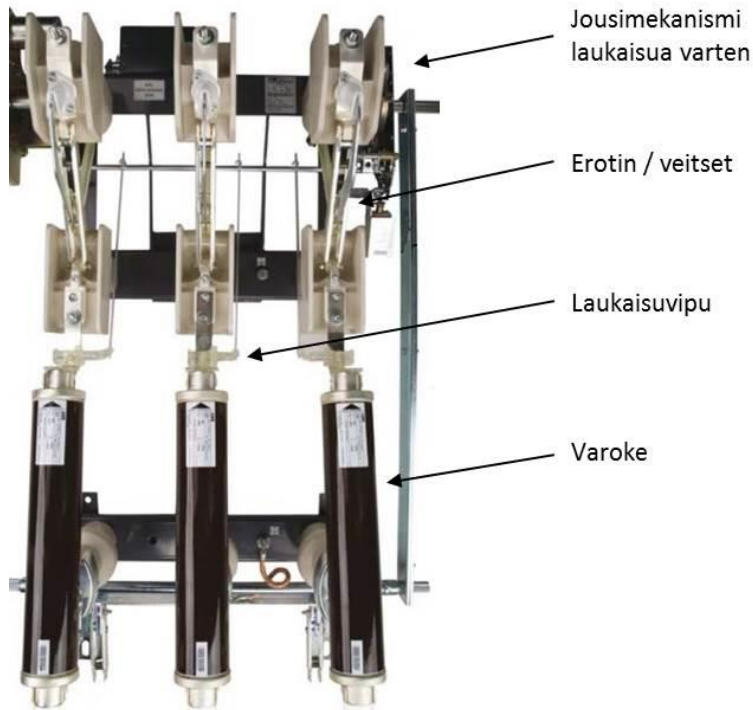
tilanteessa tuo asetettu voima ylitetään ja suoritetaan laukaisu asetetun ajan kuluttua. Releen ja vähäöljykytkimen ohjaimen väliin on kytketty laukaisutanko, joka laukaisee jousitetun ohjaimen ja suorittaa katkaisun.

### 2.3.2 Ensiölämpörele

Ensiölämpörele päättelee läpikulkevasta kuormitusvirtasta suojattavan laitteen lämpötilan. Asetteluarvon ylittyessä rele havahtuu ja suorittaa laukaisun vastaavalla tavalla kuin edellä ylivirta-aikareleen tapauksessa. Lämpöreleillä pyritään suojaamaan pitkäaikaisilta ylikuormitustilanteilta, joita ylivirtareleet eivät havaitse.

## 2.4 Varokekuormanerotin

Kuormanerotin on kytkimen ja erottimen yhdistelmä. Erotin pystyy auki-asennossa saamaan luotettavan erotusvälin ja kiinni-asennossa johtamaan kuormitus- ja oikosulkuvirran. Erottimelta ei vaadita katkaisu- eikä sulkemiskykyä. Kytkin kykenee sulkemaan ja katkaisemaan määrätyn virran sekä johtamaan kuormitus- oikosulkuvirtoja. Varokekuormanerotin (kuva 6.) on kuormanerotin, johon on lisätty varoke ja vapaa-laukaisulaite /7/. Kytkeätilanteessa erottimen veitset suljetaan jousimekanismin avulla, jolloin jouset samalla viritetään laukaisua varten. Ylikuormitustilanteessa varoke palaa, ja varokkeen sisällä oleva iskuri työntää laukaisuvipua ylöspäin vapauttaen viritetyt jouset, jotka puolestaan vetävät veitset nopeasti auki asentoon. Varokekuormanerotimia käytetään yleisesti jakelumuuntamoissa katkaisijan korvaajana.



Kuva 6. Varokeuormanerotin

## 2.5 Laitteiston nykyinen kunto

20 kV:n kytkinlaitoksen, muuntamoiden ja pienjännite pääkeskusten huolto suoritettiin elokuun 22. päivänä 2015. Huoltotyöt vaativat sähkönsyötön keskeytyksen. Koska sähkösyöttöä ei voida katkaista kaikkialta, oli huoltokatko suunniteltava etukäteen ja varmistettava sähkön syöttö kriittisiin paikkoihin. Tällaisia ovat esimerkiksi ruokalan kylmiöt ja pakastimet sekä puhelin ja dataliikenteen laitteet kuten reitittimet ja kytkimet. Kiinteistössä toimii myös vartiointiliikkeen valtakunnallinen keskusvalvomo, jota ei voi jättää sähkökatkon piiriin. Sähkön saannin turvaamiseksi vuokrattu dieselgeneraattori kytkettiin syöttämään näitä sähköverkon osia.

20 kV:n kytkinlaitoksen lisäksi kaikki viisi kiinteistön muuntamoita huollettiin ja puhdistettiin sekä pienjännitepääkeskusten kytkimien toiminnat tarkastettiin. Koska lopputyöaiheenani on laatia saneeraussuunnitelma vähäöljykatkaisijoiden korvaamiseksi, seuraan pääasiassa 20 kV:n kytkinlaitoksella tehtävää huoltotyötä.



### 2.5.1 20 kV:n suojauslaitteiston koestus

Huollon aikana tarkastettiin suojalaitteiden toiminta. OSAK 24 T-vähäjykatkaisijoiden tapauksessa tarkastettiin ensioreleiden toiminta, joka suoritettiin seuraavasti. Ensioreleen tulevaan ja lähtevään napaan kytkettiin mittalaitteisto (kuva 7), jolla syötettiin virtaa ja rekisteröitiin laukaisuaika. HBi-ylivirtareleen tapauksessa virtaa nostettiin asteittain ja rekisteröitiin millä ylivirta-arvolla laukaisu tapahtui sekä kirjattiin laukaisuaika. Näitä arvoja verrattiin releen asetteluarvoihin. HTi-ensiölämpöreleet tutkittiin vastaavalla tavalla, mutta asteittain nousevan virran sijaan pyrittiin syöttämään asetteluarvon mukaista virtaa. Laukaisuaika kyseisellä virralla kirjattiin mittauspöytäkirjaan.



Kuva 7. Ensioreleiden koestuslaitteistoa

Varokekuormanerotin toiminta tarkistetaan käyttämällä testivaroketta. Testivaroke on fyysiseltä kooltaan samankokoinen kuin oikea varoke. Se on mekaaninen laite, jonka toisessa päässä on jousivoimainen iskuri, joka viritetään painamalla sisään. Varokkeen rungossa olevan kellon avulla säädetään laukaisuaika. Laukaisussa iskuri työntyy jousen avulla varokkeen pästä työntäen laukaisusivustoa, joka vapauttaa viritetyt jou-

set. Jouset vetävät kuormaerottimen veitset nopeasti auki. Koelaukaisu suoritetaan jokaiselle vaiheelle erikseen.

## 2.5.2 Mittaustulokset

ABB:n henkilökunta suoritti laitteiston koestuksen ja tulosten raportoinnin huoltopalveluna. 20 kV:n laitteiston koestukseen liittyvät pöytäkirjat löytyvät tämän lopputyön liitteistä. Mittaustulosten yhteenveto on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Ensioireiden koestustulokset laitteittain

Kenno	Suojalaite (ensioirele)	Vaihe	Asetteluarvo	Testitulokset
kenno 3 / pääkytkin	BBC Typ HBi 300A x 1.2=360A BBC Typ HBi 300A x 1.2=360A BBC Typ HBi 300A x 1.2=360A	L1	360A/0,6s	450A Ei laukaisua
		L2	360A/0,6s	390A/6.7s
		L3	360A/0,6s	360A/5.43s
kenno 5 / muuntaja 1	BBC Typ HBi 150A x 1.3=195A Lämpörele HTi 70C kiila 1.4 BBC Typ HBi 150A x 1.3=195A	L1	195A / 0,3s	196A / 1.1s
		L2	1.4 x 60A/100°C	200A testivirta. Laukaisu 124s/100°C
		L3	195A / 0,3s	266A / 5.0s
kenno 6 / muuntaja 2	BBC Typ HBi 150A x 1.3=195A Lämpörele HTi 70C kiila 1.4 BBC Typ HBi 150A x 1.3=195A	L1	195A / 0,3s	200A / 1.48s
		L2	1.4 x 60A/70°C	200A testivirta. Laukaisu 47.9s/70°C
		L3	195A / 0,3s	200A / 4.1s
kenno 7 / muuntaja 3	BBC Typ HBi 200A x 1.4= 240A HTi 70C kiila 1.4 BBC Typ HBi 200A x 1.4= 240A	L1	240A / 0,4s	263A / 1.59s
		L2	1.4 x 60A/70°C	190A testivirta. Laukaisu 64s/70°C
		L3	240A / 0,4s	263A / 3.5s

Mittaustulosten perusteella nähdään, että ensioireiden laukaisutapahtuma ei vastaa asetteluarvoja. Ylivirtareiden kohdalla usein laukaisu vaati asetteluarvoa suuremman virran eikä laukaisukaan tapahtunut asetetun ajan puitteissa. Myös lämpöreiden tapauksessa laukaisussa oli toivomisen varaa.

ABB:n huoltomiesten mukaan ensioireiden laukaisut voidaan palauttaa asetteluarvojen mukaisiin arvoihin. Tällöin releet tulisi irrottaa ja lähettää huollettaviksi. Huollossa releiden mekanismit purettaisiin, puhdistettaisiin ja voideltaisiin sekä mahdollisesti kuluneet mekaaniset osat vaihdettaisiin. Tällainen huoltotoimenpide aiheuttaisi usean päivän sähkökatkon kiinteistöön. Ensioireiden huoltotyön aiheuttaman sähkökatkon voitaisiin välttää, jos vastaavia varareleitä olisi asentaa käytössä olevien tilalle huollon

ajaksi. Ericssonilla ei ole varareleitä varastossa eikä niiden vanhentuneen tekniikan vuoksi korvaavia ole helppo löytää markkinoilla. Releiden huollattaminen vaatisi pitkän huoltokatkon, jota taloudellisesta vaikutuksesta johtuen ei voida tehdä. Tällöin ainoaksi vaihtoehdoksi jää jatkaa käyttöä nykyisillä laitteilla ja laatia suunnitelma niiden korvaamiseksi nykyaikaisilla suojalaitteilla.

### **3 Muuntajan suojaus**

Muuntajat voivat vikaantua monista syistä. Vikoja voi syntyä mm. pitkäaikaisen ylläpötilan aiheuttaman eristyksen vanhenemisen tai likaantuneen ja eristysominaisuutensa menettäneen öljyn aiheuttaman läpilyönnin seurauksena tai verkon ylijännitetilanteiden sekä muuntajan ulkopuolisten oikosulkujen aiheuttamana. /2/

Muuntajien vikaantumisia tapahtuu harvoin, mutta sellaisen sattuessa ne vaurioituvat yleensä pahoin. Siksi muuntajien suojaukseen kannattaa kiinnittää huomioita. /2/. Tässä työssä keskitytään välillisesti muuntajan suojaukseen. Tehtävänä on suunnitella kolmen muuntajan yläjännitepuolen vähäöljykatkaisijan korvaaminen nykyaikaisella suojalaitteella. Tällöin kysymykseen tulee lähinnä ylikuorma-, oikosulku- ja ylijännitesuojan toteuttaminen.

## 4 Mitoitus

Sähköverkon komponenttien ja suojauksen mitoittamista varten määritetään verkon oikosulkusuureet laskemalla. Laskentakaavat perustuvat alkuoikosulkuvirtaan  $I''_k$ , jonka arvo saadaan sähköjakeluyhtiöltä

Alkuoikosulkuvirta kuvaa nimensä mukaisesti oikosulun syntyhetkellä vallitsevaa oikosulkuvirran tehollisarvoa. Verkon eri haaroissa vallitseva alkuoikosulkuvirta voidaan laskea kaavan 1 avulla. /3/

Kaava 1. Alkuoikosulkuvirta  $I''_k$

$$I''_k = \frac{cU_{nv}}{Z}$$

jossa:

- $c$  on taulukon 6 mukainen maksimi arvo
- $U_{nv}$  on verkon nimellisvaihejännite
- $Z$  on vikapaikan impedanssi

Sysäys- eli dynaaminen oikosulkuvirta  $i_s$  on suurin mahdollinen oikosulkuvirran hetkellisarvo. Tätä arvoa käytetään mekaanisten laitteiden mitoituksessa. Sysäysoikosulkuvirran arvo saadaan kaavasta 2.

Kaava 2. Sysäys- eli dynaaminen oikosulkuvirta  $i_s$

$$i_s = K\sqrt{2} \cdot I''_k$$

jossa:

- $I''_k$  on alkuoikosulkuvirran tehollisarvo
- $K$  on sysäyskerroin

Sysäyskerroin riippuu oikosulkupiirin resistanssista ja reaktanssista. Mikäli tarkkoja arvoja ei tunneta, voidaan suurjännitteellä käyttää arvoa  $K = 1,8$ . /3/

Pysyvän tilan oikosulkuvirta  $I_k$  on oikosulkuvirta, jossa muutosilmiöt ovat vaimentuneet. Syöttävän verkon tapauksessa, joka pätee tähän kohteeseen, pysyvän tilan oikosulkuvirta voidaan olettaa alkuoikosulkuvirran suuruiseksi. Samoin voidaan olettaa että katkaisuoikosulkuvirta  $I_a$  on alkuoikosulkuvirran  $I''_k$  suuruinen. /3/

Oikosulussa verkon komponentit lämpenevät oikosulkuvirran vaikutuksesta. Jotta voitaisiin valita riittävän oikosulkukestoiset komponentit, määritetään verkon ekvivalenttiset termiset oikosulkuvirrat ( $I_{th}$ ), joka vastaa yhden sekunnin mittaista oikosulkua. Terminen oikosulkuvirta lasketaan kaavasta 3. /3/

Kaava 3. Ekvivalenttinen terminen oikosulkuvirta,  $I_{th}$

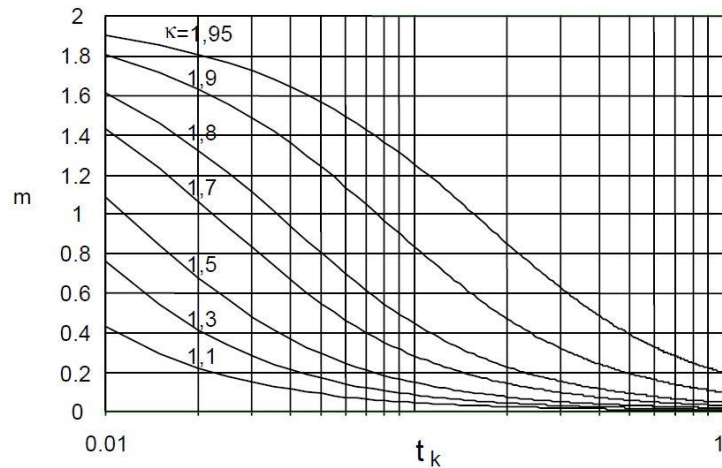
$$I_{th} = I''_k \sqrt{(m + n)t_k}$$

jossa:

- $I''_k$  on alkuoikosulkuvirran tehollisarvo
- $m$  on tasavirtatekijä
- $n$  on vaihtovirtatekijä
- $t_k$  on vian kesto aika

Vaihtovirtatekijä  $n$  riippuu suhteesta  $I''_k / I_k$ , joka tässä tapauksessa on yksi.

Tasavirtatekijä saadaan kuvasta 8, kun tiedetään sysäyskerroin  $K$  ja vian kesto aika.



Kuva 8. Tasavirtatekijän  $m$  riippuvuus sysäyskertoimesta ja vian kestoajasta

Muuntajan oikosulkusuojien toimintarajojen määrittämistä varten lasketaan pienin suurjännitepuolen muutosoikosulkuvirta  $I'_{ksjmin}$  sekä pienjännitepuolen suurin muutosoikosulkuvirta  $I'_{kpijmax}$ , että pienin 400 V:n pääkeskuksessa esiintyvä muutostilan oikosulkuvirta  $I'_{kpijmin}$ . Pienintä oikosulkuvirtaa määritettäessä otetaan vikapaikan impedanssi huomioon korjauskertoimella, koska sen matemaattisen laskeminen on erittäin hankalaa. Keskiännitteelle käytetään kerrointa 0,8 ja pienjännitteelle 0,6. /3/

#### 4.1 Lähtötiedot

Carunalta saatiin liittymän sähkötekniiset tiedot liittymispisteessä, joka sijaitsee 20kV:n pääkeskuksessa kenoissa 1 ja 2. Sähköliittymän tekniset tiedot on koottu taulukkoon 2.

Taulukko 2. Sähköliittymän tekniset tiedot

$S_k$	175 MVA
$U_n$	20 kV
$I_{k3}$	5047 A
$I_{k2min}$	3943 A

Muuntajien tekniset tiedot (taulukko 3) on saatu sekä muuntajien arvokilvistä että muuntajien 1, 2 ja 3 tapauksessa vanhoista mittauspöytäkirjoista.

Taulukko 3. Muuntajien tekniset tiedot

	Muuntajat 1,2 ja 3	Muuntaja 4/puistom	Muuntaja 5
$S_n$ [kVA]	1600	1000	1600
$u_k$ [%]	6	6,3	6,78
$u_r$ [%]	0,91		
$I_{1n}$ [A]	46,2	28,8	45,1
$U_{1n}$ [V]	20000	20500	20500
$I_{2n}$ [A]	2310		2253
$U_{2n}$ [V]	400	410	410
$P_k$ [W]	14620	9427	12050
$P_o$ [W]	2171	1221	1771

Muuntajien impedanssit, resistanssit ja reaktanssit saadaan laskettua alla olevien kaavojen avulla. Tulokset on koottu taulukkoon 4.

Kaava 4. Muuntajan impedanssi

$$Z_k = \frac{u_k U_n^2}{100 S_n}$$

Kaava 5. Muuntajan resistanssi

$$R_k = \frac{u_r U_n^2}{100 S_n}$$

Kaava 6. Muuntajan reaktanssi

$$X_k = \sqrt{Z_k^2 - R_k^2}$$

Taulukko 4. Muuntajien impedanssit, resistanssit ja reaktanssit

	Muuntajat 1,2 ja 3	Muuntaja 4/puistom	Muuntaja 5
$Z_k$ [ $\Omega$ ]	15,00	26,48	17,81
$R_k$ [ $\Omega$ ]	2,28	3,79	1,97
$X_k$ [ $\Omega$ ]	14,83	26,20	17,70

Muuntajien syöttökaapeliin pituus on mitattu piirustuksista. Kyseisten kaapeleiden tekniset arvot sekä pituudet on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5. Muuntajien syöttökaapelit

Muuntaja	1	2	3	4	5
Kaapeli	APYAKMT3x95	APYAKMT3x95	APYAKMT3x95	AXCEL3x95/25	AHXAMK3x95
Pituus l [km]	0,015	0,015	0,11	0,13	0,03
$R_{20^\circ\text{C}}$ [ $\Omega$ /km]	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
$\Delta R_{50\text{Hz}}$ [ $\Omega$ /km]	0,0091	0,0091	0,0091	0,0091	0,0091
$kk_{65^\circ\text{C}}$	1,182	1,182	1,182	1,182	1,182
L [ $\mu\text{H}$ /km]	405	405	405	340	390
$i_{1s}$ [kA]	8,91	8,91	8,91	9	8,91
Z [ $\Omega$ ]	0,00614	0,00614	0,04502	0,05244	0,01223
R [ $\Omega$ ]	0,00583	0,00583	0,04279	0,05057	0,01167
X [ $\Omega$ ]	0,00191	0,00191	0,01399	0,01388	0,00367

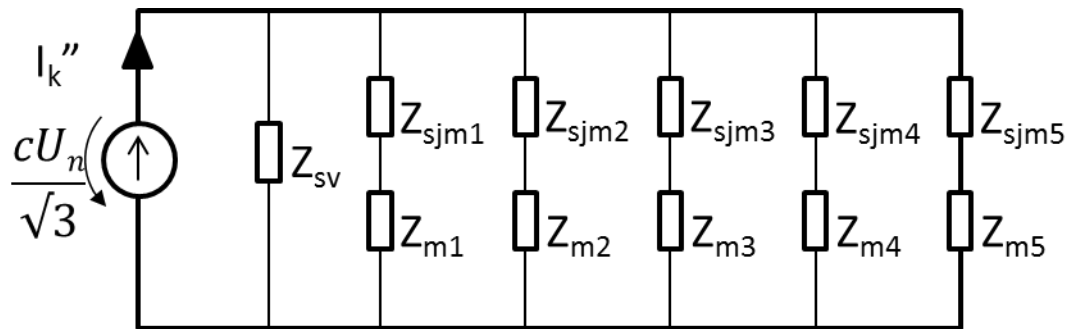


Muuntajat 1, 2 ja 5 sijaitsevat lähellä 20 kV:n keskusta, jolloin muuntajien syöttöjohdot ovat lyhyitä. Tästä johtuen niiden impedanssi on huomattavasti pienempi kuin muiden verkon komponenttien ja siksi voidaan jättää pois laskelmista.

#### 4.2 Oikosulkuvirrat

Verkon oikosulkuvirtojen määrittämiseksi käytettiin Theveninin menetelmää, jossa kaikkien oikosulkulähteiden sähkömotoriset voimat voidaan korvata yhdellä vikapaikkaan sijoitetulla sähkömotorisella voimalla.

Oikosulkuvirtojen laskemista varten muodostetaan verkosta kuvan 9 mukainen yksivaiheinen sijaiskytkentä, jossa syöttävät lähteet ja muut verkon komponentit on korvattu oikosulkuimpedansseilla.



Kuva 9. 20 kV:n kytkinlaitoksen yksivaiheinen sijaiskytkentä

Sijaiskytkennässä  $Z_{sv}$  on syöttävän verkon impedanssi.  $Z_{sjm}$  on muuntajan syöttöjohdon ja  $Z_m$  muuntajan impedanssi.

Syöttävän verkon impedanssi voidaan laskea kaavasta,

$$Z_{sv} = \frac{cU_{nv}}{I_{kv}}$$

Jossa  $U_{nv}$  on verkon nimellisvaihejännite ja  $I_{kv}$  verkon oikosulkuvirta. Jännitekertoimen  $c$  arvona käytetään  $c_{max}$  arvoa, joka valitaan taulukosta 6 käytettävän jännitteen mukaisesti.

Taulukko 6. Jännitekerroin c on standardin VDE 0102 mukaan

Nimellisjännite $U_n$	Suurinta oikosulkuvirtaa laskettaessa $c_{max}$	Pienintä oikosulkuvirtaa laskettaessa $c_{min}$
230V / 400V	1,00	0,95
1kV – 35kV	1,10	1,00

$$Z_{sv} = \frac{1,1 \cdot 20000V}{\sqrt{3} \cdot 5047A} = 2,5167\Omega$$

Resistanssin ollessa tuntematon voidaan impedanssi jakaa resistanssiin ja reaktanssiin seuraavasti:

$R_{sv} = 0,1X_{sv}$  ja  $X_{sv} = 0,995Z_{sv}$ , jossa  $R_{sv}$  on syöttävän verkon resistanssi ja  $X_{sv}$  vastavasti reaktanssi. /3/

Kuvassa 9 esitetyn sijaiskytkennän kokonaisimpedanssiksi  $Z_{tot}$  on syöttävän verkon ja muuntajahaarojen impedanssien rinnankytkennän arvo. Tulokseksi saadaan

$$Z_{tot} = 1,47 \Omega \angle 83,31^\circ$$

Oikosulkuvirtojen laskutulokset on esitetty taulukossa 7. Pienjännitepuolen oikosulkuvirrat  $I'_{kpjmax}$  ja  $I'_{kpjmin}$  on redusoitu suurjännitepuolelle. Pysyvän tilan oikosulkuvirta  $I_k$  ja katkaisuoikosulkuvirta  $I_a$  ovat alkuoikosulkuvirran  $I''_k$  suuruisia.

Taulukko 7. Sähköverkon saneerattavien osien laskennalliset oikosulkuvirrat keskijännitteellä

	Syöttävä verkko	muuntaja 1	muuntaja 2	muuntaja 3
$I''_k$ [A]	5047	847	847	847
$i_s$ [A]	12848	2155	2155	2155
$I'_{ksjmin}$ [A]	3671	3667	3667	3644
$I'_{kpjmax}$ [A]		739	739	739
$I'_{kpjmin}$ [A]		365	365	365
$I_{th0,3s}$ [A]	3003	504	504	504
$I_{th1s}$ [A]	5147	863	863	863

### 4.3 Oikosulkusuojaus

Verkon oikosulkusuojausta määriteltäessä pyritään noudattamaan seuraavia yleisiä periaatteita /3/:

- Sarjassa olevien oikosulkusuojiin tulee olla selektiivisiä
- Oikosulkusuojiin tulee sallia hetkellisiä ylikuormituksia
- Kojien kuormitettavuutta ei saa ylittää
- Kojien oikosulkukestoisuutta ei saa ylittää
- Vikapaikka erotetaan mahdollisimman nopeasti
- Pääsuojan lisäksi tulee havahtua ainakin yksi varasuoja

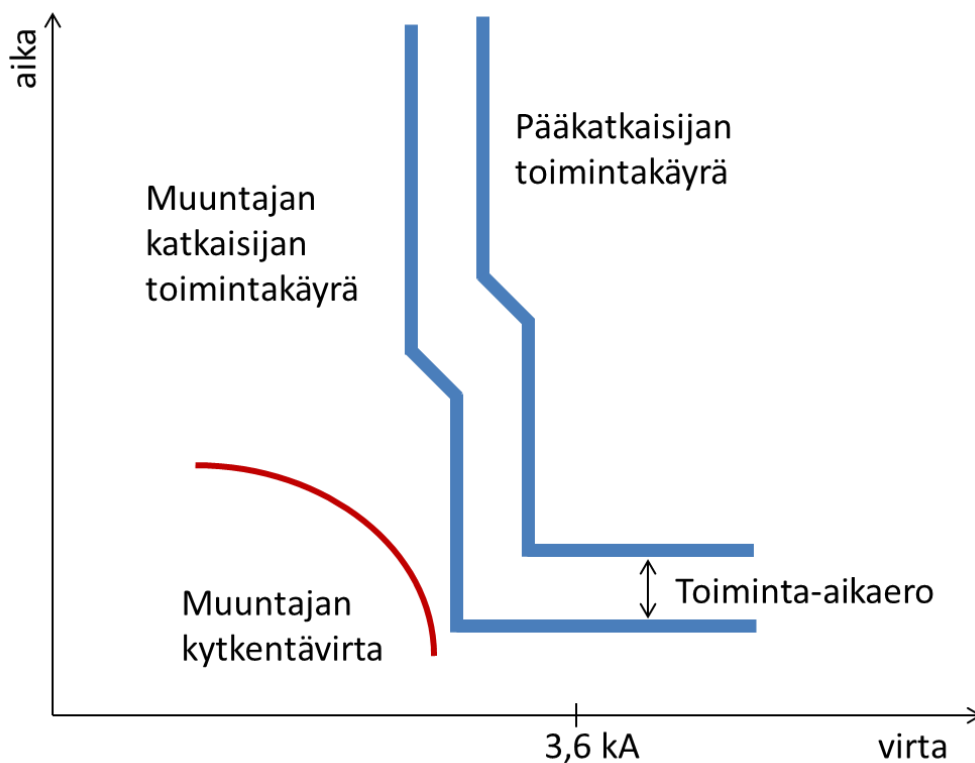
Edellä mainitun selektiivisuuden toteuttaminen tarkoittaa että muuntajan oikosulkusuoja ei saa havahtua suurimmallakaan pienjännitepuolen oikosulkuvirran arvolla, mutta sen on havahduttava pienimmällä yläjännitepuolen oikosulkuvirran arvolla.

Lisäksi suojausta määriteltäessä on otettava huomioon, ettei oikosulkusuoja saa toimia silloin kun muuntaja kytketään verkkoon, koska kytkennästä aiheutuu kytkentäsäys. Kytkentäsäysvirta voi olla jopa seitsenkertainen muuntajan nimellisvirtaan verrattuna kytkettäessä syöttö yläjännitekäämiin ja 12-kertainen alajännitekäämiin kytkettäessä. Kytkentäsäys vaimenee hitaasti, ja virran puoliintumisaika voi olla 0,2 ... 0,5 sekun-

tia. Tämän vuoksi aikahidastetun laukaisun arvoa aseteltaessa muuntajille sallitaan kaksinkertainen kuormitus nimellisvirtaan verrattuna. /3/

#### 4.3.1 Kahden peräkkäin olevan katkaisijan selektiivisuus

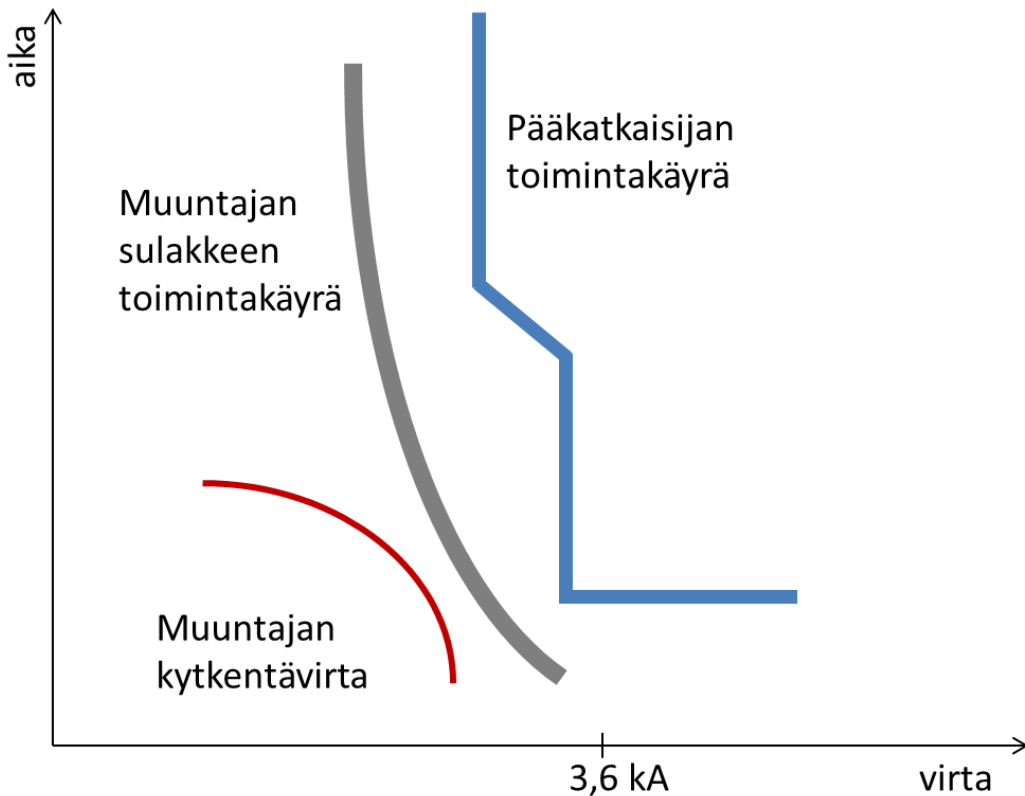
20 kV:n kytkinlaitoksen pääkytkimen asetteluarvoja määriteltäessä tulee oikosulkusuojauksen toimia pienimmän oikosulkuvirran tapauksessa. Koska pääkytkimellä esiintyvän oikosulkuvirran arvo 3 671 A on hyvin lähellä muuntajan yläjännitepuolen pienintä oikosulkuvirtaa 3 667 A, on vaarana, että pääkytkimen oikosulkusuojaus toimii samanaikaisesti muuntajan suojauksen kanssa. Jotta tämä tilanne vältettäisiin ja selektiivisuus peräkkäisten suojeiden kesken säilytettäisiin, asetetaan muuntajan asetteluarvo pienemmäksi kuin pääkytkimen asetteluarvo. Toisaalta vikavirran suuruutta ei pystytä ennalta määrittämään, vaan se saattaa olla niin suuri että se ylittää molempien suojeiden asetteluarvot. Tällöin on pääkytkimen oikosulkusuojan laukaisua viivästyttävä esimerkiksi 0,3 sekuntia verrattuna muuntajan suojan toimintaan. Myös muuntajan kytkentävirta on huomioitava asettelua tehdessä /8/. Peräkkäisten katkaisijoiden asettelu periaate on esitetty kuvassa 10.



Kuva 10. Peräkkäisten katkaisijoiden asettelu periaate

#### 4.3.2 Peräkkäin olevan katkaisijan ja sulakkeen selektiivisuus

Kun muuntajan suojaus toteutetaan sulakkeella, valitaan käytettävä sulakekoko valmistajan taulukosta muuntajan tehon perusteella. Sulakkeen valmistaja on huomioinut suosituksessaan muuntajan kytkentävirrän. Tällöin selektiivisuus toteutetaan asettelemalla pääkatkaisijan asetteluarvot sulakkeen toimintakäyrän yläpuolelle. Kuvassa 11 on esitetty peräkkäisen sulakkeen ja katkaisijan asettelun periaate.



Kuva 11. Peräkkäisen sulakkeen ja katkaisijan välisen asettelun periaate

## 5 Vaihtoehtoisten laitteiden tarkastelu

Muuntajien 1, 2 ja 3 suojaus on toteutettu vanhentuneilla OSAK 24 T-vähäöljykatkaisijoilla, jotka ovat elinkaarensa päässä. Koska kyseessä on muuntajan oikosulkusuojaus, voidaan nykyinen katkaisija korvata joko uudella katkaisijalla tai varokekuormanerotimella. Nykyisten katkaisijoiden kanssa samassa kennossa on OJON 3-20 –erotin, jolla katkaisija voidaan tehdä jännitteettömäksi huoltotyön ajaksi. Huollettaessa työkohte täytyy maadoittaa mahdollisen jännitteiseksi tulon estämi-

seksi. Tämänhetkisen ratkaisun ollessa käytössä työmaadoitus tehdään käsin maadoitusköydellä. Koska käsin maadoittaminen maadoitusköyden avulla lisää valokaaren riskiä, on katkaisijan vaihdon yhteydessä harkittava maadoituksen toteuttamista siten, ettei erillistä käsin maadoitusta enää tarvita.

## 5.1 Katkaisija

Korvattaessa vähäöljykatkaisija nykyaikaisella katkaisijalla joudutaan valitsemaan valitsevan suuntauksen mukaan SF<sub>6</sub>-kaasutäytteisen ja tyhjökatkaisijan välillä. SF<sub>6</sub>-katkaisijoita on käytetty laajalti nykypäivään asti, mutta ovat häviämässä kilpailun tyhjökatkaisijoille johtuen SF<sub>6</sub>-kaasun negatiivisista ympäristö- ja terveysvaikutuksista. Nimittäin SF<sub>6</sub>-kaasuun muodostuu valokaarioikosulussa myrkyllisiä kaasuja. Jos kaasua pääsee huonetilaan, on huonetilasta poistuttava välittömästi /4/. Tyhjökatkaisija ei aiheuta vastaavaa vaaraa.

Tyhjökatkaisijalla on ympäristöystävällisyyden lisäksi muita etuja SF<sub>6</sub>-katkaisijaan verrattuna. Muun muassa huollon tarve on hieman pienempi kuin vastaavan SF<sub>6</sub>-katkaisijan tapauksessa. Verrattaessa vähäöljykatkaisijan ominaisuuksia nykyaikaisiin katkaisijoihin, havaitaan että nykyaikaiset katkaisijat kestävät 10–20 kertaa enemmän katkaisuja oikosulku- ja nimellisvirralla vähäöljykatkaisijaan verrattuna. Myös huoltoväli on kasvanut 3 vuodesta 5–10 vuoteen /5/. Katkaisijoiden tärkeimpiä huoltoon ja toimintaan liittyviä ominaisuuksia on vertailtu taulukossa 8.

Taulukko 8. SF<sub>6</sub>- ja tyhjökatkaisijoiden ominaisuuksia

	SF <sub>6</sub> katkaisija	Tyhjökatkaisija
Oikosulkuvirran katkaisu	50 kertaa	100 kertaa
Nimellisvirran katkaisu	10 000 kertaa	10 000 – 20 000 kertaa
Huoltoväli / kiinni - auki kertaa	5 000 – 20 000	20 000 – 30 000
Huoltoväli / vuotta	5 – 10 vuotta (mekaaninen voitelu) (kiinni – auki operaatioiden määrä ei saa olla ylittynyt)	10 vuotta (mekaaninen voitelu) (kiinni – auki operaatioiden määrä ei saa olla ylittynyt)

### 5.1.1 Ohjaus

Myös nykyaikaiset katkaisijat tarvitsevat toimiakseen ohjauksen. Ohjaus on yleensä toteutettu ns. numeerisilla releillä, jotka tarkkailevat suojeltavan verkon tilaa virta- ja/tai jännitemuuntajien avulla. Poiketen ensioreleistä nämä laitteet tarvitsevat oman syötön, joka on toteutettu UPS-laitteen avulla, joka puolestaan saa 400 V käyttöjännitteensä muuntajan toisiopuolelta.

### 5.1.2 Huoltokustannukset

Verrattaessa katkaisijoiden korjaus- ja huoltokustannuksia muodostuu SF<sub>6</sub>-katkaisijan osalta kustannukset suurista työtuntimääristä ja edullisista varaosista, kun taas tyhjökatkaisijan korjaaminen tarkoittaa katkaisijaelementin vaihtoa. Tällöin työkustannukset ovat pienet, mutta materiaalikustannukset korkeat. /5/

### 5.1.3 Huomioitavaa katkaisijan toiminnassa

Kuten taulukosta 9 nähdään, kuluu katkaisijan luonteesta johtuen katkaisuun 43-75 ms. Tämän lisäksi ohjaukseen käytetyssä ylivirta-aikareleessä yleensä viivästytetään laukaisua 0,3–0,6 s selektiivisuuden saavuttamiseksi, jolloin pahimmassa tapauksessa katkaisuun voi kaikkine viiveineen kulua lähes 0,7 sekuntia. Tällöin oikosulkutilanteessa oikosulkuvirran synnyttämä teho pääsee kulkemaan vapaasti katkaisijan läpi, joka on otettava huomioon laitteita mitoitettaessa. Siksi laitteet mitoitetaan kestämään suuria vikavirtoja, joka puolestaan nostaa laitteiden hintaa.

### 5.1.4 Laitteen valinta

Ottaen huomioon ympäristö näkökulman, pidemmät huoltovälit ja useammat operaatiokerrat on perusteltua valita tyhjökatkaisija SF<sub>6</sub>-katkaisijan sijaan. ABB tarjoaa vaihtoehtoiseksi katkaisijaksi VD4-tyhjökatkaisijaa, jonka tärkeimmät ominaisuudet on lueteltu taulukossa 9.

Taulukko 9. Pienimmän VD4 24 -mallin ominaisuuksia

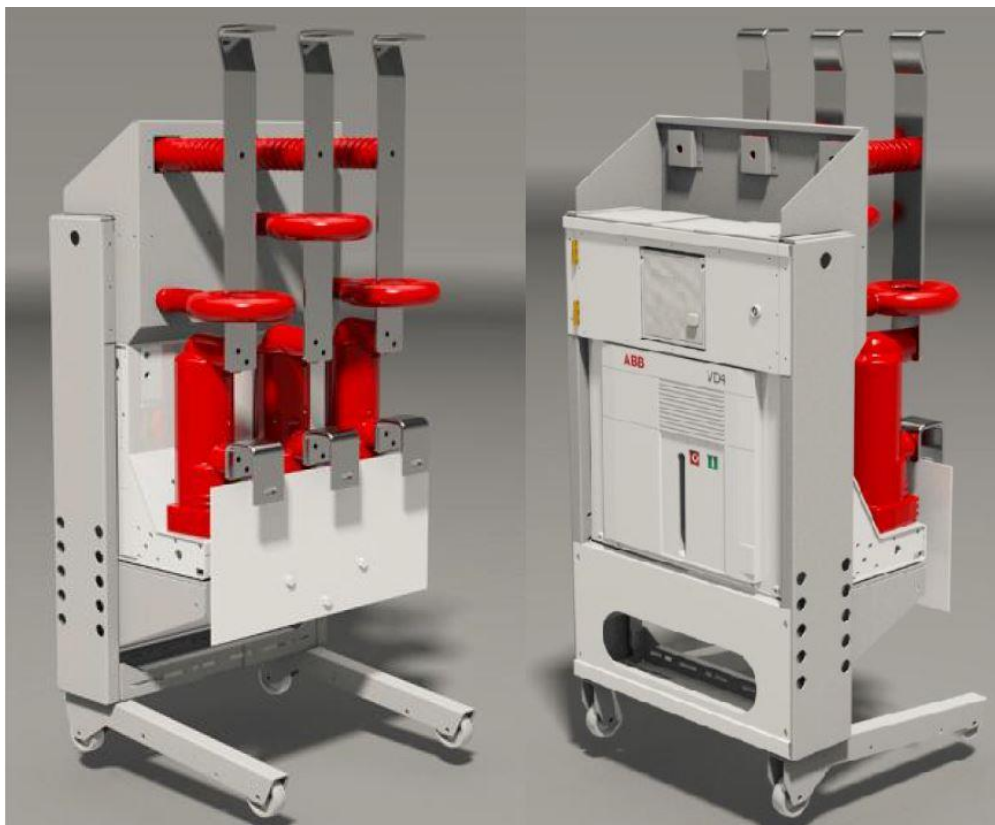
Nimellisjännite	24 kV
Nimellisvirta	630 A
Katkaisuvirta	16 kA
Kytkentävirta	40 kA
Kokonaiskatkaisuaika	43 - 75 ms

ABB tuo tänä vuonna markkinoille kompaktin ratkaisun korvaamaan vanhoja vähäöljykatkaisijan ja ensioreleen yhdistelmiä. Laitte perustuu olemassa oleviin komponentteihin, jotka on integroitu yhdeksi laitteeksi ja se koostuu VD4-tyhjökatkaisijasta, vaihekohtaisista virtamuuntajista sekä REF615-releestä. REF615-relettä käytetään kolmipor-taisena ylivirtareleenä, jonka asettelu tehdään toimittajan puolesta. Komponentit on asennettu vaunusovitteeseen asennuksen helpottamiseksi. Laitte on esitetty kuvassa 12.

Tämän kompaktin ratkaisun kanssa maadoitusosan lisääminen katkaisijan yhteyteen aiheuttaa haasteita, johtuen käytettävissä olevan tilan rajallisuudesta. Jotta maadoitus



voitaisiin lisätä, vaatii kohde ABB:n edustajan mukaan huomattavaa muokkausta, jolloin toimituksen hinta nousee huomattavasti. Pääkytkimen ollessa kyseessä voidaan katkaisijan yhteyteen liitettävä maadoitusosa jättää pois, koska pääkytkimeen kohdistuvan huollon aikana joudutaan koko liittymä erottamaan verkosta. Tämän erottamisen yhteydessä maadoitin kytketään liittymäpisteessä olevaan erotimeen ja samalla myös pääkytkimen tulopuoli maadoitetaan. Pääkytkimen lähtöpuolelta ei tarvitse maadoittaa, koska ainoa syöttöpiste on sähköverkkoyhtiön liittymispiste.



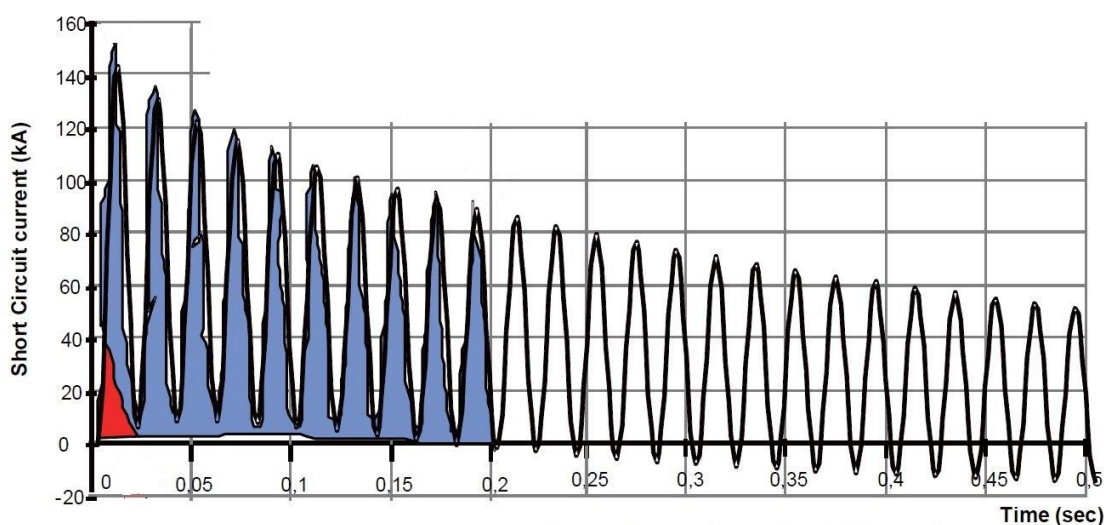
Kuva 12. ABB:n uusi tuote, joka on kehitetty korvaamaan ensioreleohjatus vähäöljykatkaisijat

## 5.2 Varokekuormanerotin

Vanhan vähäöljykatkaisijan, joka toimii muuntajan suojalaitteena, voi korvata varokekuormanerotimella, jonka toimintaa on kuvattu aiemmin luvussa 2.4. Tällöin kennossa oleva vanha erotin jää tarpeettomaksi, sillä varokekuormanerotin sisältää erotinosan. Releohjatun katkaisijan ja varokekuormanerotin erona on, ettei jälkimmäinen

tarvitse toimiakseen apuvirtaa. Oikosulkutilanteessa sen sulakkeet rajoittavat oikosulkuvirtaa, jolloin aiheutuneet vahingot ovat pienempiä kuin releohjatun katkaisijan tapauksessa.

Kuvassa 13 on vertailtu sulakkeen ja katkaisijan toimintaa oikosulkutilanteessa, jossa kumpikin katkaisee yhtä suuren oikosulkuvirran. Kuvasta nähdään, että katkaisija päästää oikosulkuvirran (sininen käyrä) sellaisenaan läpi, kunnes katkaisu tapahtuma on päättynyt. Vastaavasti nähdään, kuinka sulake rajoittaa oikosulkuvirran (punainen käyrä) murto-osaan katkaisijaan verrattuna. /5/



Kuva 13. Oikosulkutilanteessa katkaisijan (sininen) ja sulakkeen (punainen) läpi pääsevä oikosulkuvirta

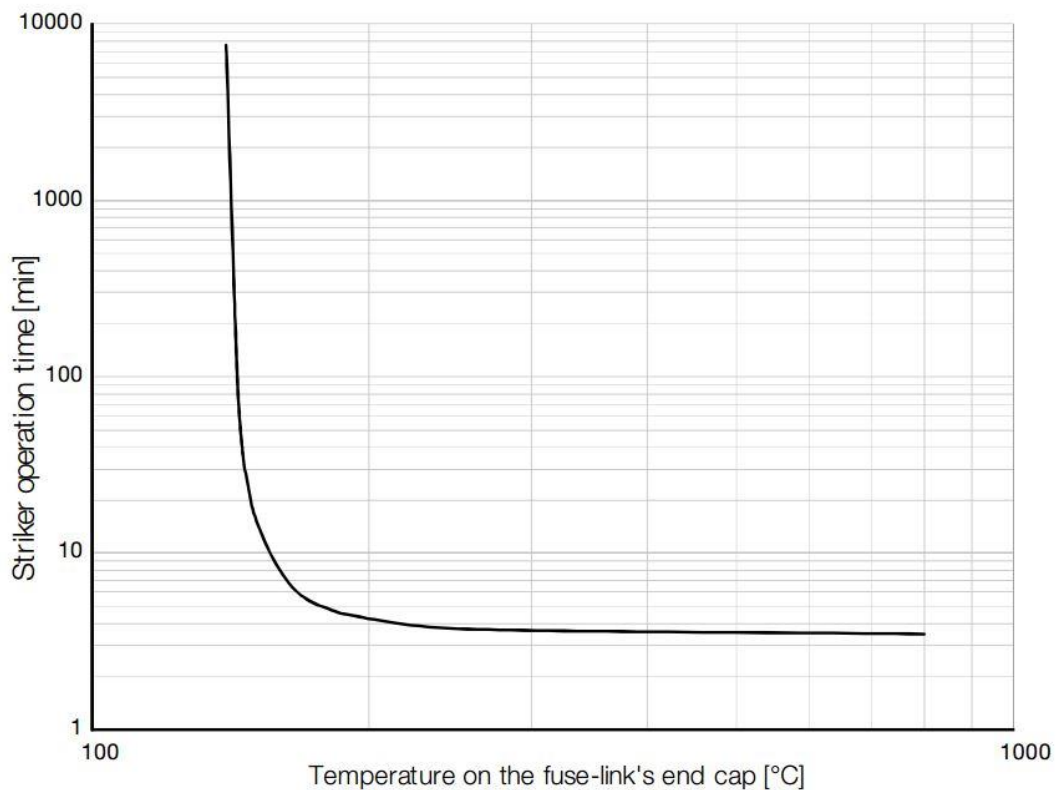
ST 53.11:sta ohjeistetaan, että:

”Sulakkeiden asettamisen ja vaihdon ajaksi sulakkeen kohtiot tulee maadoittaa maadoituskytkimellä. Sulakkeen vaihtamisen tulee olla turvallista. Jos sulakkeen vaihdon turvallisuus tulee varmistetuksi kuormanerotin rakenteella, riittää vain toison sulakekohtion maadoittaminen”.

Varokeuormanerottimeen voidaan lisätä maadoitin sulakepesän toisiopuolelle, jolloin maadoitusköyden käyttö huoltotyön yhteydessä jää tarpeettomaksi

Varokekuormanerotimen sulakkeiden virta-arvosuositukset saadaan valmistajan taulukosta käytettävän muuntajan tehon mukaan. Kohteen kaikki kolme muuntajaa ovat teholtaan 1 600 kVA, jolloin suositellaan käytettävän 63 A:n sulakkeita. Tämä on myös ST 53.11:n mukaan suurin suositeltu sulakekoko.

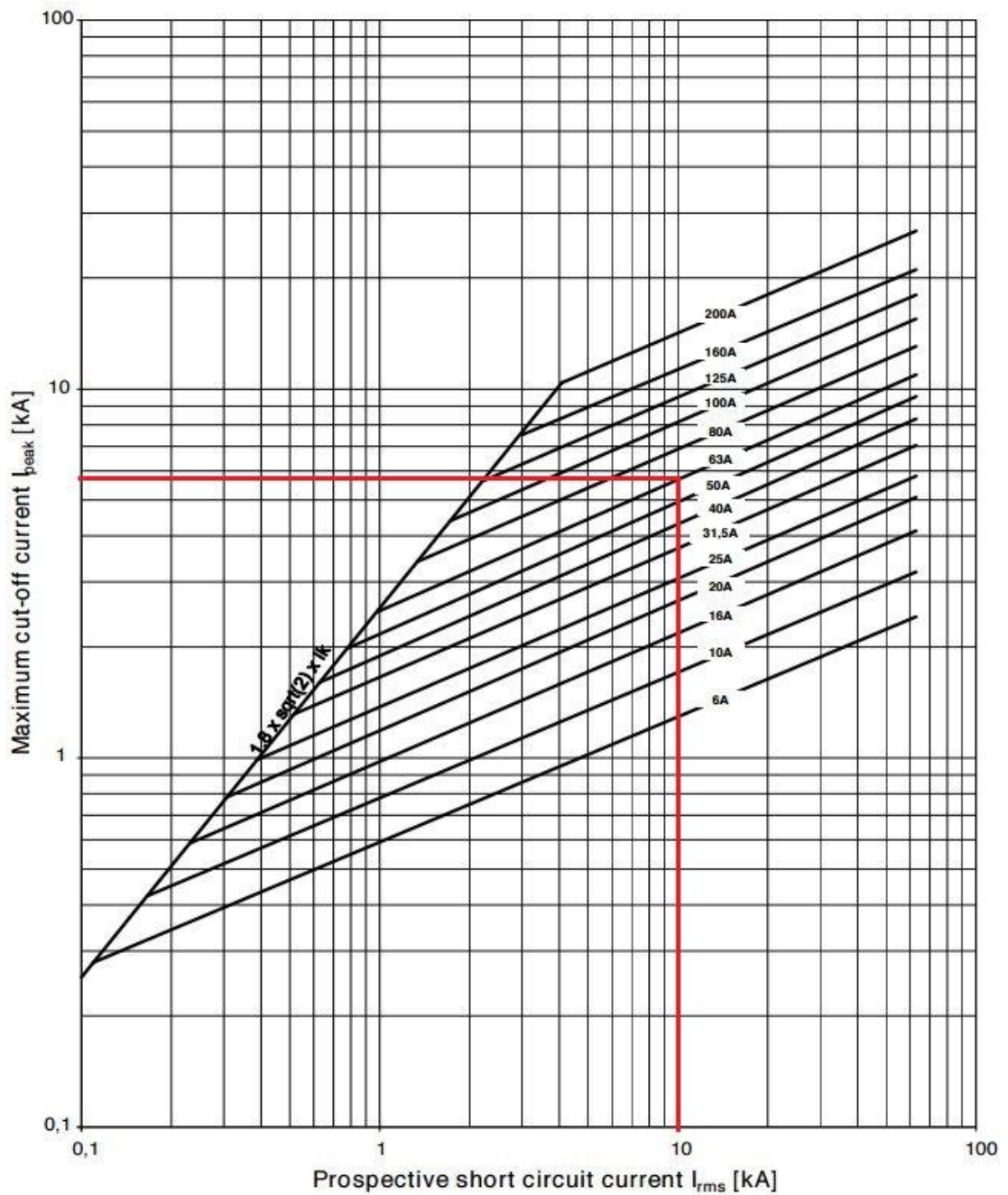
Muuntajan suojaksi ABB suosittelee NALF-tyyppistä varokekuormanerotinta (kuva 6) ja sen yhteydessä käytettävän CEF tyyppistä sulaketta. Sulake sisältää lämpötilanvalvontayksikön (Temperature Control Unit, TCU), joka aktivoituu, kun sallittu lämpötila ylitetään ja suorittaa laukaisun. TCU laukaisee 150 °C:n lämpötilassa noin tunnin kuluessa, mutta kestää 125 °C:n lämpötilan laukaisematta. Vastaavasti virran ollessa pienempi kuin  $1.1xI_n$  ei laukaisua aiheuttavaa lämpenemistä tapahdu /6/. TCU:n toimintakäyrä on esitetty kuvassa 14.



Kuva 14. TCU:n toimintakäyrä

Keskijännitesulakkeilla on kyky rajoittaa läpi menevää oikosulkuvirtaa. Kuvassa 15 on esitetty ABB:n CEF-tyyppisten sulakkeiden virran rajoituskyky. Esimerkiksi 63 A :n su-

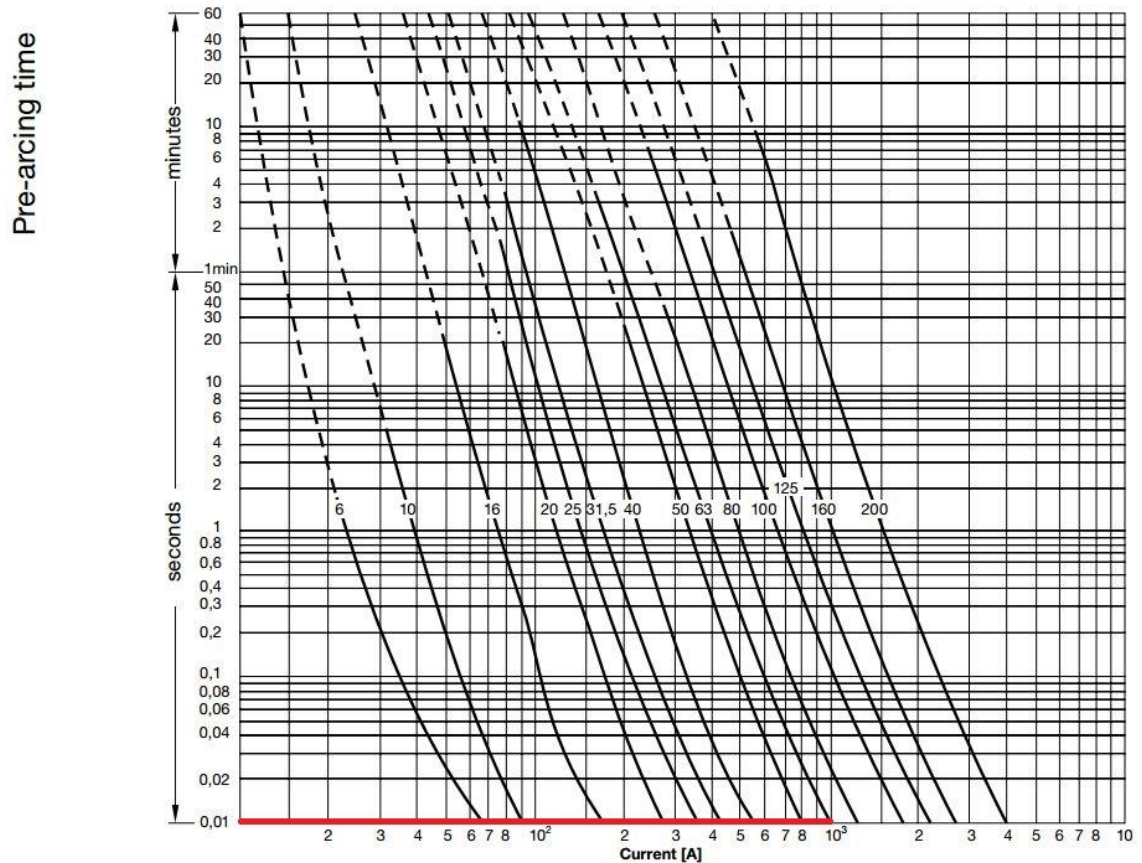
lakkeen käyrältä nähdään, että 10 kA:n oikosulkuvirrasta pääsee hetkellisesti läpi maksimissaan n. 5,7 kA.



Kuva 15. Keskiännitesulakkeen oikosulkuvirran rajoituskyky

Virran rajoitusominaisuutensa lisäksi sulake toimii ylivirtatilanteissa nopeammin kuin katkaisija. Kuvasta 16 havaitaan 63 A:n sulakkeen katkaisevan yli 1 kA:n oikosulkuvir-

ran vähintään 10 millisekunnissa, mikä on moninkertaisesti nopeampi kuin tyhjäkatkaisijan avautumisaika 43–75 ms. Kuvasta nähdään myös, että sulake kestää hetkellisiä nimellisvirran ylityksiä, joita syntyy mm. muuntajan verkkoon kytkettäessä. Käyrien katkoviivalla merkityt osat tarkoittavat epävarmaa laukaisua eli laukaisu kyseisen virran arvolla voi kestää kauemmin kuin kuvaan on merkitty. /6/



Kuva 16. 63 A:n keskijännitesulake katkaisee yli 1 kA:n virran alle 10 millisekunnissa

### 5.3 Katkaisija vai varokeuormanerotin

#### 5.3.1 Muuntajan suojaus

Verrattaessa tyhjäkatkaisija ja varokeuormanerotin perusteista ratkaisua toisiinsa, voidaan todeta varokeuormanerotin olevan yksinkertaisempi ratkaisultaan eikä tarvitse toimiakseen apuvirtalähdettä ja maadoituskin voidaan toteuttaa laitteeseen

integroituna. Lisäksi varokeuormanerotin on edullinen katkaisijapohjaiseen ratkaisuun verrattuna ollessaan vain n. 1/3 katkaisija ja rele –yhdistelmän hinnasta. Edellä olevan perusteella valinta kohdistuu varokeuormanerotin laitteistoon. Myös toinen seikka tukee kuormanerotin valintaa, nimittäin kohteessa on jo nyt käytössä varokeuormanerotimet kahden uudemman muuntajan suojalaitteena.

### 5.3.2 Pääkytkin

Muuntamon keskijännitekojeiston pääkytkimenä on käytettävä katkaisijaa, jos muuntajia on enemmän kuin yksi /4/. Tällöin pääkytkimenä toimivan vähäöljykatkaisijan korvaavaksi vaihtoehdoksi jää korvata se uudella releohjatulla katkaisijalla. Esimerkiksi korvaavana laitteena voidaan käyttää ABB:n uutta tätä varten suunniteltu laitetta, johon integroitu VD4-tyhjökatkaisin, virtamuuntajat ja REF615-numeerinen rele. Laite on esitetty kuvassa 12. Syy laite valintaan on asennuksen yksinkertaisuus, helppous ja nopeus verrattuna ratkaisuun, jossa käytetään vastaavia erillisiä komponentteja.

## 6 Saneeraustyön toteuttaminen

Suurimmat laitteiston vaihtoon liittyvät kustannukset ovat välillisiä kustannuksia, jotka aiheutuvat käyttökatkosta johtuvista tulon menetyksistä ja kehitysprojektien aikataulu vaikutuksista. Siksi käyttökatko tulee suunnitella huolellisesti ja sopia hyvissä ajoin etukäteen ennen toteutusta. Normaalisti tällaisten katkojen suunnittelu alkaa kuukausia ennen varsinaista katkoa. Ericssonin toiminnan luonteesta johtuen huoltokatko täytyy sovittaa viikonloppuun, eikä ole suotavaa, että katko jatkuisi viikonlopun yli.

Edellä olevasta saadaan työhön käytettävän ajan pituus ja ajan kohta viikonpäivinä, siis kaksi vuorokautta, lauantai ja sunnuntai. Jotta pystyttäisiin varautumaan mahdollisiin yllätyksiin ja korjaaviin toimenpiteisiin, tulee työ saada tehdyksi yhden päivän aikana ja toinen päivä jää varapäiväksi.

ABB:n kokemuksen mukaan yhden vanhan ensioreleellisen vähäöljykatkaisijan ja erotin vaihto NALF-tyyppiseen varokeuormanerottimeen kestää kahdelta mieheltä yhden työpäivän. Kun Ericssonilla vaihdetaan kolme muuntajan suojana olevaa OSAK 24 T -vähäöljykatkaisija ja OJAN-erotinyhdistelmää NALF-varokeuormanerottimeksi sekä korvataan pääkytkimenä toimiva OSAK 24 T ABB:n uudella integroidulla kyt-

kin/relepaketilla, tarvitaan kahdeksan asentajaa suorittamaan vaihtotyö, jotta työ saadaan tehdyksi päivässä.

## 7 Yhteenveto

Insinöörityössä selvitettiin Oy L M Ericsson Ab:n 20 kV:n kytkinlaitoksen alkuperäisten suojalaitteiston saneeraustarvetta. Tiedon hankkiminen käytössä olevista vanhoista 1970-luvun laitteista oli haastavaa, vaikka nykyisin tietokoneaikakaudella internet on tietoa pullollaan. Itse asiassa noiden vanhojen laitteiden teknisiä tietoja ei internetistä löytynyt, vaan vanhat esitteet ja käyttöohjeet olivat ainoa tapa saada tarvittavaa tietoa. Esimerkkinä mainittakoon liittymäkaapelin APYAKMT 3x95 teknisiä tietoja ei löytynyt edes kaapelitehtaan arkistosta, mutta onneksi teknisen korkeakoulun kirjastosta sain lainaksi Pentti Alatalon Voimakaapelit ja asennusjohdot -kirjan vuodelta 1975, josta hakemani tiedot löytyivät.

Työtä aloittaessani 20 kV:n laitteet olivat minulle, alle 1 000 V jännitteeseen tutustuneena, jotain kaukaista, joka oli lukittu kytkinlaitoksen kaappien sisään. Työn edetessä opin paljon uusia asioita. Varsinkin sähkökeskusten huoltokatkon aikaisen huoltotyön ja suojalaitteiden kojeistamisen seuraaminen ja huoltomiesten kanssa keskusteleminen antoi paljon ja kirjoista opitut asiat konkretisoituivat.

Ehdotuksen tekeminen korvaaviksi vaihtoehtoisiksi laitteiksi oli loppujen lopuksi suhteellisen helppoa. Säännöt ja asetukset asettavat reunaehdoja laitevalinnalle. 20 kV:n pääkytkimen voi korvata vain releohjatulla katkaisijalla, kun kytkimen takana on useampi kuin yksi muuntaja. Mutta muuntajan suojana voi käyttää joko releohjattua katkaisijaa tai varokekuormanerotinta.

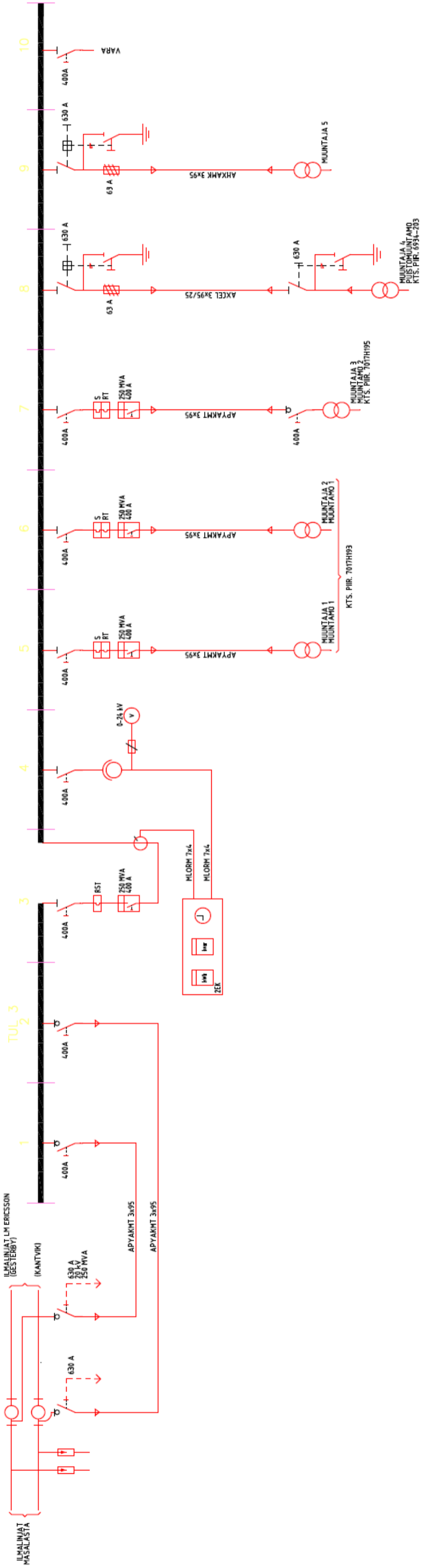
Laitevalinnassa tulee ottaa huomioon sekä korvaavan kojeiston asennuksen helppous ja nopeus että tulevat huollot. Tällöin on luontevaa valita sellaisia tuotteita, jotka saadaan asennettua purettavien laitteiden tilalle mahdollisimman lyhyessä ajassa. Vastavasti huoltoa ajatellen tulee suosia sellaisen valmistajan tuotteita, joita on jo käytössä saneerattavan osan ulkopuolella. Tällöin kaikki huollettavat laitteet ovat saman valmistajan valmistamia ja tarvitaan vain yhden toimittajan huoltotiimi suorittamaan huolto.

## Lähteet

- 1 Vähäöljykatkaisija OSAK 24 T asennus- ja käyttöohjeita. Oy Strömberg Ab
- 2 Mörsky Jorma. 1993. Relesuojaustekniikka. Hämeenlinna: Otatieto.
- 3 Huotari Kari, Partanen Jarmo. 1998. Teollisuusverkkojen oikosulkuvirtojen laskeaminen. Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu
- 4 ST 53.11 Kaapeliliitännäiset sähkökäyttäjän muuntamot. 2003. Sähkötieto ry.
- 5 MV Switching devices selection for application and purpose (1VGA671056). Verkkodokumentti. ABB.  
<<http://www.abb.com/search.aspx?q=1VGA671056>>
- 6 Medium voltage products, Fuses (3405PL202-W6-en). Verkkodokumentti. ABB.  
<<http://www.abb.com/search.aspx?q=3405PL202-W6-en>>
- 7 TTT-käsikirja. 2000. ABB
- 8 ST 53.13 Kiinteistön sähköverkon suojauksen selektiivisuus. 2008. Sähkötieto ry.
- 9 Alatalo Pentti. 1975. Voimakaapelit ja asennusjohdot. Oy Nokia Ab Kaapelitehdas. Espoo



20 kV:n kytkinlaitoksen pääkaavio



## 20 kV:n pääkatkaisijan suojalaitteiston tarkastuspöytäkirja

ABB:n huollon antama raportti laitteen kunnosta.



Vähäöljykatkaisija  
keskijännite

ABB Oy, Low Voltage Systems

LVS Field Service

Työ n:o

Pöytäkirja n:o 2

Asiakas <b>Ericsson</b>	Sähköasema <b>Muuntamo 1</b>
Osoite	Sähkötila/kenno <b>kenno 3 Pääkatkaisija</b>
Yhteyshenkilö	Laitteen laji/merkki <b>Osak Vähäöljykatkaisija</b>
Puh.	Valm.n:o/vuosi <b>c 607197 GA</b>
	Ohjaimen laji/merkki <b>Strömberg</b>
	Valm.n:o/vuosi
	Valmistaja
Toimenpide	Ohjainhuolto <input checked="" type="checkbox"/> Perushuolto <input checked="" type="checkbox"/> Modifiointi <input checked="" type="checkbox"/>
	Mittaus <input checked="" type="checkbox"/> Korjaus <input checked="" type="checkbox"/> Täyshuolto <input checked="" type="checkbox"/>

### Ohjainvuvustoineen:

	Tehy	Huomi
-toiminnan tarkistus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
-tyyppikohtaisten säätömittojen tarkastus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
-vaimenninpalojen tarkastus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
-iskurvaimentimen tarkastus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
-puhdistus ja voitelu	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
-laskijalaitteen lukema =		

### Katkaisupilarit:

-katkaisupilarin avaus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
-sammutuskammioiden tarkastus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
-katkaisijaöljyn vaihto <b>Nynäs 3X</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
-kuluneiden osien vaihto (tarpeen mukaan)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
-tiivisteiden vaihto (tarpeen mukaan)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
-ulkoinen tarkastus (eristimet, liitännät, merkkiläsit)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
-ulkoinen puhdistus (tarpeen mukaan)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

### MITTAUKSET:

-sähköiset mittaukset	Ylimenovastus	L1			L2			L3		
		ennen	jälkeen	eroalka	ennen	jälkeen	eroalka	ennen	jälkeen	eroalka
		μΩ	μΩ	ms	μΩ	μΩ	ms	μΩ	μΩ	ms
	Toiminta-ajat	ms	ms	ms	ms	ms	ms	ms	ms	ms

-magneettien toiminta:	1-magneetti	Un- VDC	toimil- VDC	(80% Un)
	1-0-magneetti	Un- VDC	toimil- VDC	(80% Un)
	2-0-magneetti	Un- VDC	toimil- VDC	(80% Un)

-kiinnilyöntijousien virtysmoottori	Un- VDC	toimil- A
-------------------------------------	---------	-----------

-asennon osoitus paikallis- ja kaukotaso

-häilytykset paikallistasolla

<b>MUUTA:</b>	Ensireleerit BBC Typ HB 300A x 1.2-380A
	Ensivirtareleerit Asettelu L1 380A/0,6s L2 380A/0,6s L3 380A/0,6s
	Testi: L1 450A Ei laukaisua... L2 390A/6.7s L3 380A/5.43s

Kuntoluokitus:  Hyväkuntoinen  Pieniä puutteita/aikaavia vikoja  Vaatii jatkoimenpiteitä

Suorittaja: Jari Jussila

Pvm. 22.8.2015

ABB OY, LVS Ylläpito- ja asiantuntijapalvelut Puh. 010 2211

etunimi.sukunimi@abb.com

## Muuntajan 1 suojalaitteiston tarkastuspöytäkirja

ABB:n huollon antama raportti laitteen kunnosta.



ABB Oy, Low Voltage Systems  
LVS Field Service

Vähäöljykatkaisija  
keskijännite

Työ n:o		Pöytäkirja n:o 2	
Asiakas	Ericsson	Sähköasema	Muuntamo 1
Osoite		Sähkötila/kenno	kenno 5 Muuntaja 1
Yhteyshenkilö		Laitteen laji/merkki	Osak Vähäöljykatkaisija
Puh.		Valm.n:o/vuosi	C 607200 GA
		Ohjaimen laji/merkki	
		Valm.n:o/vuosi	
		Valmistaja	Strömberg
Toimenpide	Ohjainhuolto <input checked="" type="checkbox"/>	Perushuolto <input checked="" type="checkbox"/>	Modifointi <input checked="" type="checkbox"/>
	Mittaus <input checked="" type="checkbox"/>	Korjaus <input checked="" type="checkbox"/>	Täyshuolto <input checked="" type="checkbox"/>

Ohjainvuvustoineen:	Tehy	Huomi
-toiminnan tarkistus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
-tyyppikohtaisten säätömittojen tarkastus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
-vaimenninpalojen tarkastus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
-iskurvaimentimen tarkastus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
-puhdistus ja voitelu	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
-laskijalaitteen lukema =		
<b>Katkaisupilarit:</b>		
-katkaisupilarin avaus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
-sammutuskammioiden tarkastus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
-katkaisijaöljyn vaihto Nynäs 3X	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
-kuluneiden osien vaihto (tarpeen mukaan)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
-tiivisteiden vaihto (tarpeen mukaan)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
-ulkoisen tarkastus (eristimet, liitännät, merkkiläsit)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
-ulkoisen puhdistus (tarpeen mukaan)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

### MITTAUKSET:

-sähköiset mittaukset	Ylimenovastus:	L1			L2			L3		
		ennen	jälkeen	eroalka	ennen	jälkeen	eroalka	ennen	jälkeen	eroalka
		μΩ	μΩ	ms	μΩ	μΩ	ms	μΩ	μΩ	ms
	Toiminta-ajat	ms	ms	ms	ms	ms	ms	ms	ms	ms
-magneettien toiminta:	1-magneetti	Un- VDC	toimil- VDC	(80% Un)						
	1-0-magneetti	Un- VDC	toimil- VDC	(80% Un)						
	2-0 magneetti	Un- VDC	toimil- VDC	(80% Un)						
-kiinnilyöntijousien virtysmoottori		Un- VDC	toimil- A							

-asennon osoitus paikallis- ja kaukotaso   
-häilytykset paikallistasolla

<b>MUUTA:</b>	Ensireleerit BBC Typ HB 150A x 1.3=195A / 0.3s	Lämpörele HTI 70C kiila 1.4
	Ensivirtareleerit. Aselelu L1 195A / 0,3s	L2 1.4 x 80A/100C
	L3 195A / 0,3s	
	Testaus L1 196A / 1.1s	L3 266A / 5.0s
	Testaus L2 Lämpörele 200A testivirta. Laukaus 124s/100C	

Kuntoluokitus: Hyväkuntoinen  Pieniä puutteita/aikaavia vikoja  Vaatii jatkoimenpiteitä

Suorittaja: Jari Jussila Pvm. 22.8.2015

ABB OY, LVS Ylläpito- ja asiantuntijapalvelut Puh. 010 2211

etunimi.sukunimi@abb.com

## Muuntajan 2 suojalaitteiston tarkastuspöytäkirja

ABB:n huollon antama raportti laitteen kunnosta.



ABB Oy, Low Voltage Systems  
LVS Field Service

Vähäöljykatkaisija  
keskijännite

Työ n:o		Pöytäkirja n:o 2	
Asiakas	Ericsson	Sähköasema	Muuntamo 1
Osoite		Sähkötila/kenno	kenno 6 Muuntaja 2
Yhteyshenkilö		Laitteen laji/merkki	Osak Vähäöljykatkaisija
Puh.		Valm.n:o/vuosi	C 607198 GA
Toimenpide	Ohjainhuolto <input checked="" type="checkbox"/> Mittaus <input checked="" type="checkbox"/>	Perushuolto <input checked="" type="checkbox"/> Korjaus <input checked="" type="checkbox"/>	Modifointi <input checked="" type="checkbox"/> Täyshuolto <input checked="" type="checkbox"/>
		Strömberg	

### Ohjain vivustoiheen:

	Tehty	Huom.
-toiminnan tarkistus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
-tyyppikohtaisten säätömittojen tarkastus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
-vaimenninpalojen tarkastus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
-iskurvaimentimen tarkastus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
-puhdistus ja voitelu	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
-laskijalaitteen lukema =		
<b>Katkaisupilarit:</b>		
-katkaisupilarin avaus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
-sammutuskammioiden tarkastus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
-katkaisijaöljyn vaihto Nynäs 3X	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
-kuluneiden osien vaihto (tarpeen mukaan)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
-tiivisteiden vaihto (tarpeen mukaan)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
-ulkoinen tarkastus (eristimet, liitännät, merkkiläsit)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
-ulkoinen puhdistus (tarpeen mukaan)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

### MITTAUKSET:

-sähköiset mittaukset	Ylimenovastus	L1			L2			L3		
		ennen	jälkeen	eroalka	ennen	jälkeen	eroalka	ennen	jälkeen	eroalka
		μΩ	μΩ	ms	μΩ	μΩ	ms	μΩ	μΩ	ms
	Toiminta-ajat	ms	ms	ms	ms	ms	ms	ms	ms	ms
-magneettien toiminta:	1-magneetti	Un=	VDC	toimil =	VDC	(80% Un)				
	1-0-magneetti	Un=	VDC	toimil =	VDC	(80% Un)				
	2-0 magneetti	Un=	VDC	toimil =	VDC	(80% Un)				
-kiinnilyöntijousien virtysmoottori		Un=	VDC		A					

-asennon osoitus paikallis- ja kaukotaso   
-häilytykset paikallistasolla

<b>MUUTA:</b>	Ensiöreläet BBC Typ HB 150A x 1.3=195A / 0.3s	Lämpörelä HTI 70C kiila 1.4
	Ensiövirtareleer. Asetelu L1 195A / 0,3s	L2 1.4 x 60A/70C L3 195A / 0,3s
	Testaus L1 200A / 1.48s	L3 200A / 4.1s
	Testaus L2 Lämpörelä 200A testivirta. Laukaus 47.9s/70CC	

Kuntoluokitus: Hyväkuntoinen  Pieniä puutteita/aikaavia vikoja  Vaatii jatko-toimenpiteitä   
Suorittaja: Jari Jussila Pvm. 22.8.2015  
ABB OY, LVS Ylläpito- ja asiantuntijapalvelut Puh. 010 2211 etunimi.sukunimi@abb.com

## Muuntajan 3 suojalaitteiston tarkastuspöytäkirja

ABB:n huollon antama raportti laitteen kunnosta.



ABB Oy, Low Voltage Systems  
LVS Field Service

Vähäöljykatkaisija  
keskijännite

Työ n:o		Pöytäkirja n:o 2	
Asiakas	Ericsson	Sähköasema	Muuntamo 1
Osoite		Sähkötila/kenno	kenno 7 Muuntaja 3
Yhteyshenkilö		Laitteen laji/merkki	Osak Vähäöljykatkaisija
Puh.		Valm.n:o/vuosi	C 6071199
		Ohjaimen laji/merkki	
		Valm.n:o/vuosi	
		Valmistaja	Strömberg
Toimenpide	Ohjainhuolto <input checked="" type="checkbox"/>	Perushuolto <input checked="" type="checkbox"/>	Modifointi <input type="checkbox"/>
	Mittaus <input checked="" type="checkbox"/>	Korjaus <input type="checkbox"/>	Täyshuolto <input type="checkbox"/>

### Ohjain vivustoiheen:

	Tehty	Huom.
-toiminnan tarkistus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-tyyppikohtaisten säätömittojen tarkastus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-vaimenninpalojen tarkastus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-iskurvaimentimen tarkastus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-puhdistus ja voitelu	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-laskijalaitteen lukema =		
<b>Katkaisupilarit:</b>		
-katkaisupilarin avaus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-sammutuskammioiden tarkastus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-katkaisijaöljyn vaihto Nynäs 3X	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-kuluneiden osien vaihto (tarpeen mukaan)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-tiivisteiden vaihto (tarpeen mukaan)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-ulkoinen tarkastus (eristimet, liitännät, merkkiläsit)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-ulkoinen puhdistus (tarpeen mukaan)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### MITTAUKSET:

-sähköiset mittaukset	Ylimenovastus	L1			L2			L3		
		ennen	jälkeen	eroalka	ennen	jälkeen	eroalka	ennen	jälkeen	eroalka
		μΩ	μΩ	ms	μΩ	μΩ	ms	μΩ	μΩ	ms
	Toiminta-ajat	ms	ms	ms	ms	ms	ms	ms	ms	ms
-magneettien toiminta:	1-magneetti	Un=	VDC	toimil =	VDC	(80% Un)				
	1-0-magneetti	Un=	VDC	toimil =	VDC	(80% Un)				
	2-0 magneetti	Un=	VDC	toimil =	VDC	(80% Un)				
-kiinnilyöntijousien virtysmoottori		Un=	VDC		A					
-asennon osoitus paikallis- ja kaukotaso										<input type="checkbox"/>
-häilytykset paikallistasolla										<input type="checkbox"/>

<b>MUUTA:</b>	Ensiöreläet BBC Typ HB 200A x 1.4= 240A / 0.4s	Lämpörelä HTI 70C kiila 1.4
	Ensiövirtareleer. Asetelu L1 240A / 0.4s	L2 1.4 x 60A/70C
	L3 240A / 0.4s	
	Testaus L1 263A / 1.59s	L3 263A / 3.5s
	Testaus L2 Lämpörelä 190A testivirta. Laukaus 64s/70C	

Kuntoluokitus: Hyväkuntoinen  Pieniä puutteita/aikaavia vikoja  Vaatii jatko-toimenpiteitä   
 Suorittaja: Jari Jussila Pvm. 22.8.2015  
 ABB OY, LVS Ylläpito- ja asiantuntijapalvelut Puh. 010 2211 etunimi.sukunimi@abb.com