

20 kV JOHTOLÄHDÖN KÄYTTÖ JA RELEKOESTUS
OPETUSYMPÄRISTÖSSÄ

Joensuu Mikko

Opinnäytetyö
Tekniikka ja liikenne
Sähkö- ja automaatiotekniikka
Insinööri (AMK)

2018

Tekniikka ja liikenne
Sähkö- ja automaatiotekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Mikko Joensuu	Vuosi	2018
Ohjaaja	Ins, (YAMK) Aila Petäjäjärvi		
Toimeksiantaja	Lapin ammattikorkeakoulu		
Työn nimi	20 kV johtolähdön käyttö ja relekoestus opetusympäristössä		
Sivu- ja liitesivumäärä	62 + 39		

Opinnäytetyön aiheena oli Lapin ammattikorkeakoulun sähkövoimatekniikan laboratorion keskijännitekojeistossa olevan johtolähdön käyttö. Työssä perehdyttiin sähkövoimatekniikan laboratorion 20 kV:n johtolähtöön, sen suojaukseen liittyviin komponentteihin, laitteistoon ja käytössä olevaan oppimisympäristöön. Työn tavoitteena oli laatia käyttöohjeistus johtolähdön ohjauksesta käytönvalvontaa hyödyntäen ja suojausreleen koestuksista Omicronin testauslaitteella. Työn kohteena oli yksi johtolähtö ja siihen liittyvä relekoestus ja laboratorion sähköasema- automaatio.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa käsiteltiin johtolähdön relesuojausta keskijännitetasolla, sähköverkon vikatapauksia sekä siihen liittyvää kaukokäytönvalvontaa. Työssä käytettiin lähdemateriaalina alaan liittyvää kirjallisuutta, laitevalmistajien manuaaleja sekä valmistajien internetsivuja.

Työssä saavutettiin sille asetetut tavoitteet ja työn tuloksena saatiin kytkentä- ja työohjeet suojausreleen koestukselle. Lisäksi työssä perehdyttiin opetuskäytössä olevan johtolähdön käyttöön ja siihen liittyvään laboratorion sähköasema- automaatioon.

Technology, Communication and Transport
Electrical and Automation Engineering
Bachelor of Engineering

Author	Mikko Joensuu	Year	2018
Supervisor	Aila Petäjäjärvi, M. Eng		
Commissioned by	Lapland University of Applied Sciences		
Subject of thesis	Cable feeder utilization and relay testing in learning environment		
Number of pages	62 + 39		

The subject of this thesis was the implementation of a middle voltage feeder bay in the electric power engineering laboratory in the learning environment at Lapland University of Applied Science. The objective of this thesis was the familiarizing with the 20 kV feeder bay, its components, equipment related to its protection and the learning environment. The aim of this work was to compile the supervision instructions for the feeder bay utilizing operation control. Relay simulations were also made to the feeder bay with Omicron testing device.

The theoretical part of this thesis dealt with the relay protection at a middle voltage level, fault cases in electrical distribution and the usage of remote station automation related to these. The source materials were based on literature of the field, as well as manufacturer's equipment manuals and their websites.

The objectives of this thesis were achieved and the results included connection and working instructions for the protection of the relay testing. Another objective was the usage of the feeder bay in the learning environment and laboratory's station automation related to it.

Key words

feeder relay, station, cable feeder

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	8
2	STANDARDIT JA MÄÄRÄYKSET	9
3	SÄHKÖNJAKELUJÄRJESTELMÄ.....	10
3.1	Siirto- ja jakeluverkko.....	10
3.2	Sähköasemat.....	12
3.3	Keskijänniteverkko.....	13
4	SÄHKÖVERKON VIKATAPAUKSET.....	14
4.1	Oikosulut ja maasulut.....	14
4.2	Oikosulut.....	14
4.3	Maasulut ja verkon maadoitustavat	16
4.3.1	Maasta erotetun verkon maasulku	17
4.3.2	Sammutetun verkon maasulku	19
4.4	Johdinkatkokset	20
4.5	Ylikuormitus	21
5	RELESUOJAUS	22
5.1	Yleistä relesuojauksesta	22
5.2	Toimintaperiaate ja rakenne	23
5.3	Erilaiset suojarelytyypit	23
5.3.1	Ylivirtareleet	24
5.3.2	Ylijännite- ja alajännitereleet	24
5.3.3	Distanssirele.....	25
5.3.4	Differentiaalirele	25
5.3.5	Epäsymmetriarele	26
5.3.6	Jälleenkytkentärele.....	26
5.3.7	Nollavirtareleet ja suunnatut maasulkureleet.....	27
5.4	Mittamuuntajat	27
5.5	Jakeluverkon johtosuojaus.....	28
5.5.1	Oikosulkusuojaus	28
5.5.2	Maasulkusuojaus.....	28
5.5.3	Jälleenkytkentä.....	29
6	KÄYTÖNVALVONNAN HYÖDYNTÄMINEN VIKATILANTEISSA.....	31

6.1	Kaukokäyttöjärjestelmä.....	31
6.2	Verkostoautomaatiojärjestelmä.....	32
6.3	Käytönvalvontajärjestelmä	33
6.4	Käytöntukijärjestelmä.....	34
6.5	Kauko-ohjattava erotinasema	34
6.6	Kytkinlaitteet	35
6.6.1	Katkaisijat.....	36
6.6.2	Erottimet.....	36
7	SÄHKÖVOIMATEKNIIKAN LABORATORIO.....	38
7.1	Yleiskatsaus.....	38
7.2	Johtolähtökenno H06	39
7.3	Sisäpihan ilmalinja ja erotin ala-asema.....	40
7.4	REF 615 Johdonsuojarele	41
7.5	Valvomoautomaatio ja laitteisto	45
7.6	Satel DS- radiomodeemi.....	47
7.7	RTU 560 Kaukokäytön ala-asema	48
7.8	SYS- 600C Palvelinkone.....	48
7.9	RUGGEDCOM RSG 2100- Verkkokytkin.....	49
7.10	MicroSCADA	49
8	SUOJARELEEN KOESTUS	51
8.1	Omicron CMC 356	51
8.2	Releen testaus.....	52
9	POHDINTA	59
	LÄHTEET.....	60
	LIITTEET	62

ALKUSANAT

Kiitän Lapin ammattikorkeakoulua mielenkiintoisesta ja haastavasta opinnäytetyön aiheesta sekä ohjaajaani Aila Petäjäjärveä opinnäytetyön aikana saamastani ohjauksesta.

Eriyiskiihtokseni haluan antaa perheelleni, joka on tukenut minua opinnäytetyöprosessin aikana.

Kemi 31.05.2018

Mikko Joensuu

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

ABB	Asea Brown Boveri
GOOSE	Generic Object Oriented Substation Event. IEC 61850-standardin mukainen tiedonsiirtoväylä.
IED	Intelligent electronic device, älykäs sähköverkon suojalaite
IEC 61850	Sähköasema- automaation tietoliikennestandardi
Kj	Keskijännite, 6-45 kV. Yleisesti 10 kV tai 20kV.
kV	Kilovoltti, 1000 voltia.
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition. ABB: n valmistama käytönvalvontajärjestelmä sähköverkon valvontaan, ohjaukseen ja tiedonkeruuseen.
Omicron CMC 356	Testauslaite suojureleiden koestukseen.
PCM600	ABB: n PC: lle kehittämä ohjelma suojureleiden ohjelmointiin.
REF615	ABB: n Relion tuotesarjan suojurele johtolähdöille.
RTU	Remote Terminal Unit.

1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä perehdyttiin Lapin ammattikorkeakoulun Kemin yksikön, Kosmos- rakennuksen sähkövoimatekniikan laboratorioon. Sähkövoimatekniikan laboratoriossa on sähköverkon tuotantoon, jakeluun ja siirtoon sekä siihen liittyvä sähkölaitosautomaation opetuslaitteisto, jota käytetään sähkövoimatekniikan laboratorioharjoituksissa ja opetuksessa. Laitteistoa käytetään myös yrityksille suunnatuissa koulutuksissa.

Työssä perehdytään sähkövoimalaboratorion keskijännitekojeiston johtolähtökennon suojausten toteutukseen, Kosmos- rakennuksen sisäpihalla olevaan kauko-ohjattavaan erotinasemaan sekä siihen liittyvää valvonta-automaatioon. Lisäksi johtolähtökennon suojarielelle tehtiin suojausten testaus. Johtolähdön käytöstä ja releen testauksesta laaditaan lyhyet käyttö- ohjeet, joita voi myöhemmin käyttää opetuskäytössä. Opinnäytetyöhön kuuluvan laitteiston ja siihen liittyvän materiaalin laajuuden vuoksi työssä ei mennä kovin syvälle opetuslaitteiston teknisiin yksityiskohtiin, vaan työssä pyritään esittelemään laitteisto ja niiden käytön peruseriaatteet ja jotain asioita rajataan työn ulkopuolelle.

Opinnäytetyön kirjallisessa osiossa käsitellään sähkönjakeluverkostoa lyhyesti, keskijännitejakeluverkostossa tapahtuvia vikoja, relesuojauksen peruseriaatteita sekä sähköasema-automaatiota. Työosiossa esitetään johtolähtökennon suojausten tärkeimmät komponentit, valvomo-automaatio ja sen laitteisto sekä suojarieleen suojaustoimintoja. Työn tavoitteena on perehtyä 20 kV:n johtolähtökennoon ja laatia lyhyet käyttöohjeet ohjausympäristöstä sekä suojarieleen koestukseen.

Valitsin tämän opinnäytetyön, koska aihepiiri oli itselleni uutta ja relesuojaus sekä sähköasema-automaatio vaikuttivat mielenkiintoisilta opiskelun kohteilta.

2 STANDARDIT JA MÄÄRÄYKSET

Suurjänniteasennusten määräyksissä määritellään, että maasulkujen aikana syntyvä kosketusjännite ei saa esiintyä pitkäaikaisena ja jatkuvana. Maasulkujen poiskytkeminen tehdään automaattisesti tai käsin, yleensä pitää käyttää maasulun automaattista poiskytkentää. Hälytystä ja käsin tapahtuvaa poiskytkentää käytettäessä on täytettävä seuraavat ehdot. (SFS-Käsikirja 601, 2009, 80.)

Verkoston rakenne pitää toteuttaa siten, että valokaarimaasulun todennäköisyys on pieni ja valokaarimaasulun on sammuttava itsestään kaapeli- ja ilmajohtoverkossa (SFS-Käsikirja 601, 2009, 80).

Verkon käyttöä valvovan henkilön pitää saada tieto hälytyksestä, jotta maasulkuvian selvittämiseen voidaan ryhtyä välittömästi. Jos maasulku ei aiheuta välitöntä vaaraa ihmiselle tai omaisuudelle tai kohtuutonta häiriötä toiselle laitokselle, verkon käyttöä maasulussa voidaan jatkaa yleensä enintään kahden tunnin ajan. Käyttöä maasulun aikana voidaan jatkaa pitempään vain, jos maasulun sijaintikohta on löydetty ja varmistettu ettei, siitä aiheudu vaaraa. Maasulkuvian sijaitessa jakelumuuntamalla, käyttöä ei saa jatkaa, jos jakelumuuntaja ei ole laajan maadoitusjärjestelmän alueella. (SFS-Käsikirja 601, 2009, 80)

Maadoitusjännite, joka esiintyy jatkuvan maasulun aikana, saa olla korkeintaan 150 V, joka on myös pitkäaikaisesti sallitun maadoitusjännitteen suuruinen. (SFS-Käsikirja 601, 2009, 80)

Verkossa olevien heikkovirtajärjestelmien asettamat vaatimukset on otettava huomioon. (SFS-Käsikirja 601, 2009, 80)

3 SÄHKÖNJAKELUJÄRJESTELMÄ

3.1 Siirto- ja jakeluverkko

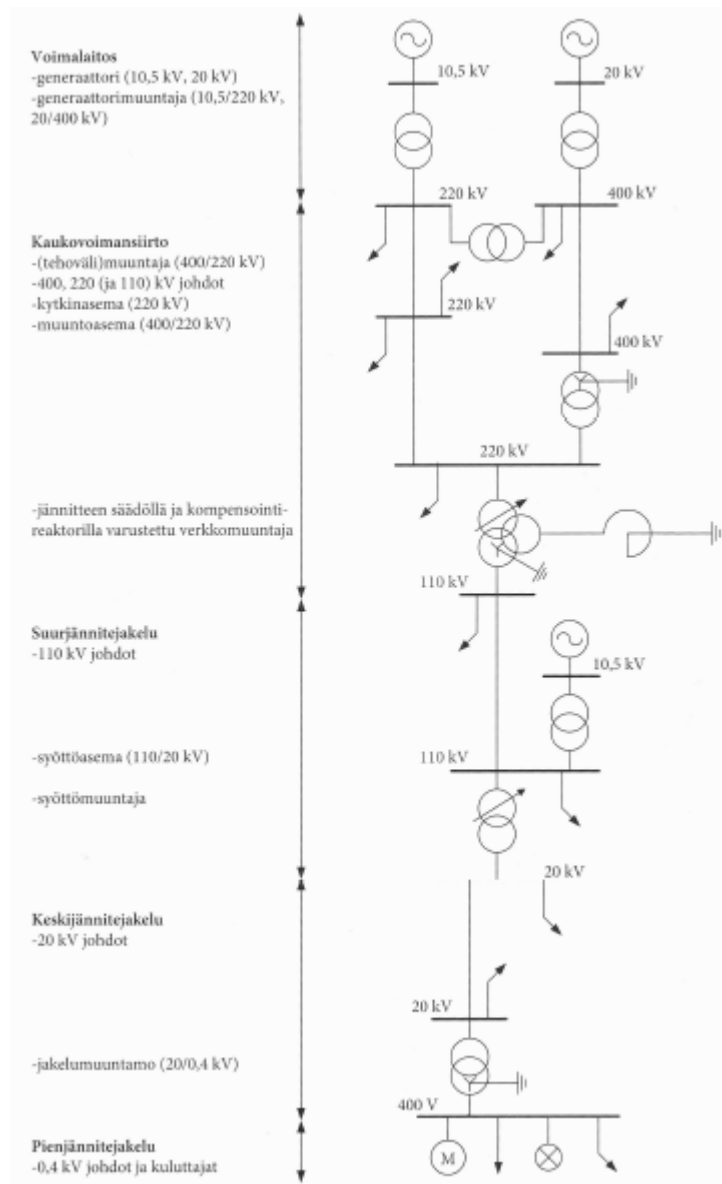
Suomessa sähköverkot voidaan jakaa siirto- ja jakeluverkkoihin niissä käytetyn jännitetason perusteella. Suomessa on käytössä neljä eri verkkoa, jotka ovat kantaverkko, alueverkko, jakeluverkko sekä pienjänniteverkko.

Siirtoverkot koostuvat 400, 220 ja 110 kV jännitteisistä johdoista ja ne yhdessä sähköasemien kanssa muodostavat koko maan kattavan kantaverkon. Sähköyhtiöiden omistamaa alueverkkoa käytetään sähkön siirtoon kantaverkosta jakeluverkkoon ja se muodostuu kantaverkkoon kuulumattomista 110 kV:n johdoista ja sähköasemista sekä harvinaisemmista 30 ja 45 kV:n johdoista. Jakeluverkossa jännite muunnetaan kulutusalueilla pienille ja keskisuurille sähkönkäyttäjille sopivaksi. Jakeluverkko voidaan vielä jakaa keskijännite- ja pienjänniteverkkoihin (Kuvio 1). Jännitetaso keskijänniteverkossa on yleensä 20 kV, mutta joissain kaupungeissa on käytössä myös 10 kV:n jännitetaso. Pienjänniteverkon käyttöjännite on 400V. (Korpinen. 1998)

Uusien verkkojen käyttöjännite on 400 kV, 110 kV, 20 kV ja 400 V. Käyttöjännitteet ovat Suomessa standardisoidut ja jänniteluokat ovat suurjännite-, keskijännite- ja pienjänniteluokat.

- Pienjänniteluokkaan kuuluvat 1 kV ja alle menevät jännitteet.
- Keskijänniteluokkaan kuuluvat 1 kV – 36 kV välillä olevat jännitteet.
- Suurjänniteluokkaan kuuluvat yli 36 kV menevät jännitteet.

(Hietalahti 2013, 82; SESKO ry, 2015, 8.)



Kuvio 1. Siirto- ja jakeluverkon periaatekuva. (Elovaara & Haarla 2011a. 2011.)

Siirto- ja jakeluverkossa käytetään kolmivaiheista vaihtosähköjärjestelmää ja sillä saadaan seuraavia etuja:

- Muuntajien käyttö vaihtosähköverkossa mahdollistaa jännitetason muuttamisen sopivaksi.
- Vaihtosähköverkossa olevien komponenttien suojaaminen voidaan toteuttaa helposti ja osa vikatilanteista saadaan sellaiseksi, että ne poistuvat verkosta itsestään.

- Kolmivaihejärjestelmä mahdollistaa tehon tasaisen virtauksen.
- Kolmivaihejärjestelmässä nollajohtimen tarpeettomuus pienentää johdinmateriaalia.
- Nollajohtimella varustettu verkko antaa käyttäjälle mahdollisuuden liittää siihen kolmivaiheisia kuormalaitteita. (Hietalahti 2013, 82.)

Suomessa sähkönjakelujärjestelmän arvo on suuri ja sen jälleenhankinta- arvo on noin 12 mrd. €. Sähkönjakelujärjestelmä koostuu useista yksittäisistä komponenteista ja johdoista, joita ovat sähköasemat, johdot ja jakelumuuntamot. Näitä komponentteja kutsutaan myös jakelujärjestelmän primäärikomponenteiksi. Suomen sähkönjakelujärjestelmässä on noin 800 sähköasemaa, 150 000 km keskijännitejohtoa, 100 000 jakelumuuntamoaa sekä 200 000 km pienjännitejohtoa. Jakeluverkko on suurimmaksi osaksi ilmajohtoverkkoa ja se koostuu 110 kV:n ja 20 kV:n ilmajohdoista, jotka ovat tyypillisesti avojohtorakenteisia. (Lakervi & Partanen 2008, 11.)

Jakelujärjestelmään kuuluu primäärikomponenttien lisäksi myös paljon erilaisia sekundäärilaitteita ja -järjestelmiä, joita ovat suoja releet ja niiden apujännitejärjestelmät, jotka sijaitsevat sähköasemilla. Käyttökeskuksissa ovat käytössä käytönvalvonta- ja käytöntukijärjestelmät, tiedonsiirto- ja radiopuhelinjärjestelmät. Käyttökeskuksissa on myös muita laajoja tietojärjestelmiä, kuten verkkotietojärjestelmä, asiakastietojärjestelmä ja materiaalin hallintajärjestelmä. (Lakervi & Partanen 2008, 11.)

3.2 Sähköasemat

Sähköasema on siirto- ja jakeluverkon kohta, jossa voidaan suorittaa erilaisia verkon ohjauksen toimenpiteitä, tehdä kytkentöjä, muuntaa jännitettä sekä sähköenergian keskittämistä ja jakamista eri johdoille. Sähköasema koostuu suurjännitekytkinlaitoksesta, yhdestä tai useammasta päämuuntajasta, keskijännitekytkinlaitoksesta ja apujännitejärjestelmästä käytöntukitoimintoineen. Sähköasema syöttää keskijänniteverkkoa, ja asemalla muunnetaan 110 kV:n jännite

keskijänniteverkon tasolle 20 kV:n. Sähköaseman tärkeimmät komponentit ja laitteet ovat muuntajat, katkaisijat, erottimet ja mittamuuntajat. Asemalla on myös pääosa verkon suojaruleistiksestä, joka on kytketty suurjänniteverkkoon mittamuuntajien välityksellä. (Elovaara & Haarla 2011b, 76; Lakervi & Partanen 2008, 119.)

3.3 Keskijänniteverkko

Suomessa keskijänniteverkon tyypillinen jännitetaso on 20 kV, mutta jossain kaupungeissa on käytössä myös 10 kV:n jännitetasoa. Keskijänniteverkon maadoitustapoja ovat maasta erotettu verkko tai sammutettu verkko. Keskijännitejohdon lähdön, joka sijaitsee sähköasemalla keskijännitekytkinlaitoksella, suojana on katkaisija ja siihen liitetyt ylivirta-, maasulku- ja jälleenkytkentäreleet. Avojohtoverkossa oikosulkusuojana toimii ylivirtarele, eikä sillä ole ylivirtasuojasta kuormitusvirran suhteen. Vaikka keskijänniteverkko on rakennettu suurilta osin silmukoiduksi, sitä käytetään säteittäisenä. Sähköasemat, 110 kV:n johdot ja keskijänniteverkko muodostavat kokonaisuutena toimivan jakelujärjestelmän. (Lakervi & Partanen 2008, 125.)

Sähkökäyttäjien kokemista keskeytyksistä yli 90% on peräisin keskijänniteverkossa tapahtuvista vioista. Keskijänniteverkkoa käytetään sen normaalin sähkönjakelutoiminnan lisäksi pahoissa 110 kV:n johtojen ja sähköasemien vioissa keskeisenä varayhteytenä, joten sillä on hyvin merkittävä rooli verkon käyttövarmuudessa. (Lakervi & Partanen 2008, 125.)

Haja-asutusalueilla keskijänniteverkot on yleensä rakennettu vähäisen kuormituksen vuoksi säteittäiseksi avojohtoverkoksi, jossa häiriöiden rajoittaminen on helpompaa, oikosulkuvirrat ovat pienemmät ja jännitteensäädön sekä suojauksen toteuttaminen on helpompaa kuin silmukoidussa verkossa. (Lakervi & Partanen 2008, 13, 125.)

4 SÄHKÖVERKON VIKATAPAUKSET

4.1 Oikosulut ja maasulut

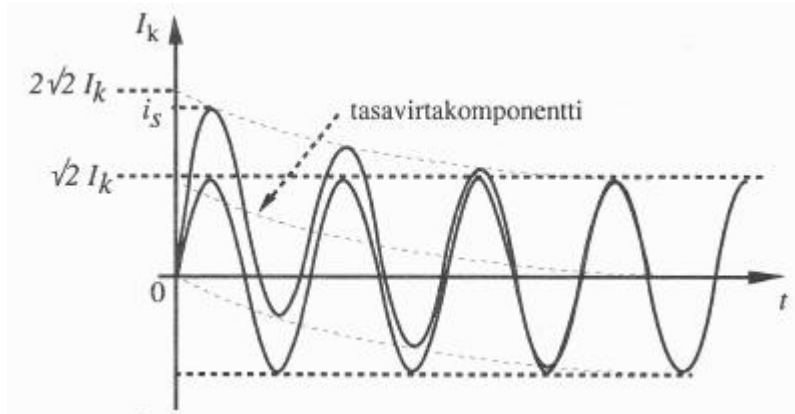
Oiko- ja maasulkuja kutsutaan rinnakkaisvioiksi, joita aiheuttavat salamaniskut avojohtoon, johtimien katkeaminen tai putoaminen maahan. Oikosulku syntyy, kun virtapiirin johtimet joutuvat keskenään johtavaan yhteyteen. Esimerkiksi kova tuuli voi aiheuttaa tilanteen, jossa kaksi vaihejohtinta heilahtaa yhteen, jolloin syntyy puhdas 2-vaiheinen oikosulku. Vikoja aiheuttavat salamaniskut, pylvään katkeaminen tai sortuminen, virtamuuntajan räjähtäminen, erottimen murtuminen, lumi ja jää sekä johtimen katkeaminen tai johdon putoaminen maahan. (Elovaara & Haarla 2011b, 340.)

4.2 Oikosulut

Sähköverkkoa eniten rasittava vika on 3- vaiheinen oikosulku, jonka oikosulkuvirta voi olla 30 - 40 kertainen verkon nimellisvirtaan verrattuna. Oikosulkuvirrat pitää aina kytkeä mahdollisimman nopeasti pois, koska ne voivat vaurioittaa verkossa olevia komponentteja kuten johtimia ja kojeita. Kolmivaiheista oikosulkua syöttää normaalitilassa symmetrinen kolmivaihejännite. Vikavirta on luonteeltaan symmetrinen tai epäsymmetrinen riippuen oikosulun alkuhetkestä. Jännitteen huippuarvon hetkellä vikavirta on luonteeltaan symmetristä. Erityisesti kolmivaiheverkossa, oikosulkuvirta on useimmiten symmetrisen ja epäsymmetrisen vikavirran sattumanvarainen välimuoto. (Aura & Tonteri 1993, 159-160.)

Kuviossa 2 on esitetty symmetrisen ja epäsymmetrisen oikosulkuvirran kuvaaja. Epäsymmetrisessä oikosulussa syntyy tasavirtakomponentti, jonka suuruus riippuu oikosulun alkuhetkestä. Tasavirtakomponentin syntyminen on vaihtovirtapiirissä haitallista, koska se voi esimerkiksi esimagnetoida mittamuuntajia, jolloin niiden tarkkuusominaisuudet huonontuvat. Vikatilanteessa oikosulkuvirta ja kuormitusvirta summataan yhteen laskettaessa verkon oikosulkulaskuja, koska oikosulkuvirta on kuormitusvirtaa huomattavasti suurempi. Usein oikosulkulaskuissa verkon oletetaan olevan tyhjäkäyntitilassa. Epäsymmetrisessä oikosulussa ensimmäistä oikosulun jälkeistä huippuarvoa sanotaan sy-

säysoikosulkuvirraksi i_s , joka on suurin oikosulussa esiintyvä vikavirta. Se aiheuttaa suuria sähködynaamisia voimia ja sitä käytetään laskentaperusteena määriteltäessä mekaanisia rasituksia, joita oikosulkutilanteessa syntyy kojeille ja laitteille. (Aura & Tonteri 1993, 159-160.)



Kuvio 2. Symmetrinen ja epäsymmetrinen oikosulkuvirta. (Aura & Tonteri 1993.)

Symmetrisen oikosulkuvirran laskemisessa voidaan käyttää Theveninin menetelmää. Oikosulkuvirtaa I_k saadaan yhtälöstä

$$I_k = \frac{U_v}{Z_f + Z_i}, \quad (1)$$

missä

U_v on vikakohdan jännite ennen vikaa,
 Z_f on vikakohdan impedanssi vikakohdasta laskettuna,
 Z_i on vikaimpedanssi.

Epäsymmetrisessä oikosulussa hetkellisarvo $t = 0$ saadaan kaavasta (1) kertomalla symmetrisen oikosulun tehollisarvo I_k luvulla $2\sqrt{2}$ (Kuvio 2). Säysoikosulkuvirta on laskettua arvoa hieman pienempi ja se lasketaan, korvaamalla kerroin 2 luvulla 1,8, jolloin kaava on

$$i_s = 1,8\sqrt{2I_k} \approx 2,5I_k \quad (2)$$

Katkaisijoiden ominaisarvoa, oikosulkutehoa S_k , käytetään verkon oikosulkuominaisuuksien kuvaamisessa. Oikosulkuteho on ennen oikosulkua vallinneen nimellisjännitteen ja oikosulkuvirran tulo

$$S_k = \sqrt{3}UI_k, \quad (3)$$

missä

S_k	on	verkon oikosulkuteho,
U	on	verkon nimellisjännite ennen oikosulkua,
I_k	on	oikosulkuvirran jatkuvuustilan arvo.

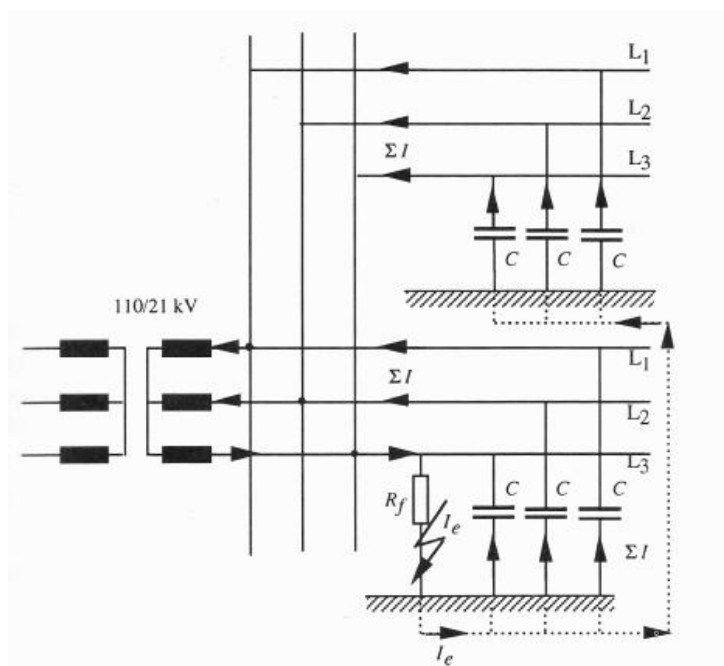
4.3 Maasulut ja verkon maadoitustavat

Maasulku syntyy usein virtapiirin johtimen joutuessa yhteyteen maahan tai kun se joutuu kosketukseen muun suojamaadoitetun osan kanssa. Maasulku aiheuttaa vikapaikkaan ja sen ympäristöön hengenvaarallisia kosketusjännitteitä. Yksivaiheisen maasulun laskeminen on vaikeaa, koska maasulkukohdan vikavastusta ei tunneta ja sen arvo voi vaihdella riippuen vian aiheuttajasta, joita ovat kaatunut puu tai katkennut, maahan pudonnut johdin. (Lakervi & Haarla 2011b, 339-340; Aura & Tonteri 1993, 162-163.)

Suomessa keskijännitejakeluverkossa on käytössä kaksi maadoitustapaa, maasta erotettu verkko, jota käytetään useimmissa keskijänniteverkoissa sekä sammutettu verkko. Maasta erotetun verkon nimitys tulee siitä, että verkossa muuntajan tähtipisteet ovat maasta eristettyjä. Suomen huonot maadoitusolosuhteet ovat keskeisin syy maasta eristetyn järjestelmän käyttöön keskijänniteverkossa. Sammutetussa verkossa verkon tähtipisteeseen on kytketty induktanssi eli sammutuskuristin. Maasulkuvirta on luonteeltaan kapasitiivista vaihtovirtaverkossa, ja vikatilanteessa maasulun aikana sammutuskuristimessa kulkee induktiivinen virta. Virrat ovat luonteeltaan vastakkaissuuntaisia ja näin ollen kumoavat toisiansa, pienentäen maasulkuvirtaa. (Lakervi & Partanen 2008, 182-184; Monni 2015, 98-99.)

4.3.1 Maasta erotetun verkon maasulku

Normaalitilanteessa verkon vaihejännitteet ja maakapasitanssien kautta kulkevat virrat ovat symmetrisiä ja niiden summa on siten nolla. Yhden vaiheen joutuessa johtavaan yhteyteen maan kanssa vikaresistanssin kautta, viallisen vaiheen jännite laskee ja terveiden vaiheiden jännitteet nousevat. Jos vikaresistanssi on nolla, putoaa viallisen vaiheen jännite nolnaan, ja terveiden vaiheiden jännite pääjännitteen suuruiseksi. Kuviossa 3 on esitetty yksivaiheinen maasulku maasta erotetussa verkossa.



Kuvio 3. Maasta erotetun verkon maasulku. (Aura & Tonteri 1993.)

Maasulkuvirta I_e itseisarvo saadaan yhtälöstä

$$I_e = \sqrt{3}\omega CU, \quad (4)$$

missä

U	on	Verkon pääjännite,
C	on	Yhden vaiheen maakapasitanssi,
ω	on	$2\pi f$.

Avojohtoille voidaan laskea maasulkuvirta riittävän tarkasti yhtälöstä (5). Käsi- kirjoissa on yleensä valmiiksi ilmoitettu maasulkuvirtojen suuruudet pituusyksik- köä kohden, joten maasulkuvirran määrittämiseksi tarvitsee vain tuntea kaapeli- laji ja sen pituus.

$$I_e \approx \frac{U \cdot l}{300} A, \quad (5)$$

missä

U on verkon pääjännite,
l on galvaanisesti yhteen kytketyn verkon pituus.

Resistanssin kasvaessa vikakohtassa, maasulkuvirta pienenee. Maasulkuvir- ran itseisarvo saadaan yhtälöstä

$$I_e = \frac{3\omega C}{\sqrt{1+(3\omega CR_f)^2}} U, \quad (6)$$

missä

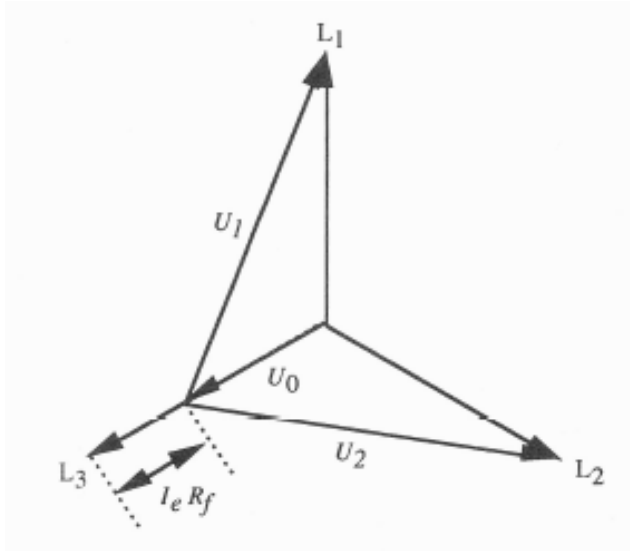
C on verkon vaiheen maakapasitanssi,
R_f on maasulun vikaresistanssi,
U on verkon pääjännite.

Maasulun aikana syntyvää verkon nollapisteen ja maan välistä jännite-eroa sa- notaan nollajännitteeksi U_0 , joka syntyy maasulun aiheuttamasta jännite- epäsymmetriasta. Nollajännite on sama jännite kuin se jännite, joka syntyy maasulkuvirran kulkiessa verkon maakapasitanssin kautta. Kuvion 4 osoitinpiir- roksessa on esitetty maasulun jännitteet maasta eristetyistä verkossa. (Aura & Tonteri 1993, 164-165.)

Nollajännite lasketaan yhtälöstä

$$U_0 = \frac{1}{3\omega C} I_e. \quad (7)$$

Kuviossa 4 on esitetty maasulkuvian aikana syntyvät jännitteet. Jännite $I_e R_f$ on vioittuneen johtimen jännite maahan nähden vikapaikassa. U_0 on nollajännite. U_1 ja U_2 ovat terveiden vaihejohtimien jännitteet maahan nähden. (Aura & Tonteri 1993, 165)



Kuvio 4. Eristetyn järjestelmän nollajännite yksivaiheisessa maasulussa. (Aura & Tonteri 1993.)

4.3.2 Sammutetun verkon maasulku

Sammutetun verkon maadoitustavassa tähtipiste on maadoitettu induktanssin välityksellä ns. sammutuskuristimella. Kuristimessa syntyy lähes 180° vaihesiirrossa oleva nollapistevirta, joka on induktiivista. Kuristimen virta on likimain sama, kuin maakapasitanssien kautta kulkevien vikavirtojen summa. Vikatilanteessa kapasitiivinen ja induktiivinen virta kumoavat toisensa ja maasulkuvirta saadaan pieneksi ja sammutetuksi. Kuviossa 5 on esitetty sammutetun verkon yksivaiheinen maasulku. (Aura & Tonteri 1993, 165; Lakervi & Partanen 2008, 184.)

Täysin sammutetusta verkosta saadaan yhtälö

$$\omega L = \frac{1}{3\omega C}, \quad (8)$$

missä

L on sammutuskelan induktanssi,

C on verkon vaiheen kapasitanssi.

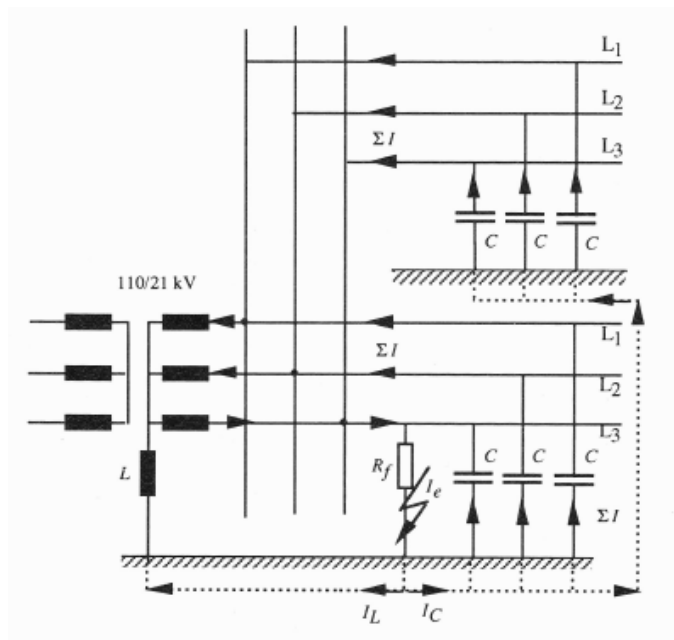
Verkon tähtipisteen nolajännite voidaan laskea yhtälöstä

$$U_0 = 3\omega^2 L C U_v, \quad (9)$$

missä

U_v on verkon vaihejännite

U_0 on nolajännite.



Kuvio 5. Sammutetun verkon maasulku. (Aura & Tonteri 1993)

4.4 Johdinkatkokset

Johtimen katketessa verkon kuormitusvirta muuttuu epäsymmetriseksi, mikä on vahingollista verkossa oleville laitteille koska ne vaurioituvat vian pitkittyessä. Johtojen katkeamiselle on rakennettava oma suojaus, koska vian aikana esiintyvä nolavirta on niin pieni, etteivät maasulkureleet toimi. Suojaus voidaan toteuttaa esimerkiksi kolmivaiheisella alijännitereleellä. (Elovaara & Haarla 2011b, 341.)

4.5 Ylikuormitus

Keskijänniteverkossa ilmenee harvoin ylikuormituksesta syntyviä vikoja, koska sähkönsiirtojärjestelmässä muuntajilla, generaattoreilla, moottoreilla ja muilla verkon komponenteilla on omat ylikuormitussuojauksensa. Siirtoverkon suojaus on kuitenkin toteutettu siten, että hälytyksen syntyessä käytönvalvontajärjestelmä antaa hälytyksen ylikuormituksesta verkonvalvojalle valvomoon ja annettujen tietojen perusteella verkonvalvoja voi ryhtyä tarvittaviin toimenpiteisiin. (Lakervi & Partanen 2011, 342.)

5 RELESUOJAUS

5.1 Yleistä relesuojauksesta

Releet ovat mittalaitteiden kaltaisia laitteita, jotka tarkkailevat verkon sähköisiä suureita ja pystyvät havaitsemaan verkon epänormaalit tilat kuten ylikuormituksen tai eristyksen pettämisen. Releiden asetteluarvojen ylitys tulkitaan epänormaaliksi tilaksi, jolloin rele koskettimiensa välityksellä antaa ohjauksikäskyn katkaisijalle viallisen osan irrottamiseksi terveestä sähköverkosta. (Mörsky 1993, 13.)

Suojareleet ovat osa verkon suojausjärjestelmää, ja verkon suojauksesta huolehtii mittamuuntajien, suojareleiden ja katkaisijoiden muodostama kokonaisuus. Standardin SFS 60050-448 mukaan sana *suojausjärjestelmä* (*protection system*) on tarkkaan rajattu, sisältäen suojauslaitteet, mittamuuntajat, johdotuksen laukaisupiirin, teholähteet sekä mahdollisesti myös tiedonsiirtojärjestelmän ja jälleenkytkentäautomatiikan mutta ei katkaisijoita. Asemalla sijaitsevien laitteiden välinen tiedonsiirto toteutetaan johtimilla tai valokuiduilla. Kun eri asemilla sijaitsevat releet ja laitteet on yhdistetty tietoliikenneyhteydellä, niiden yhteistoimintaa tarvitaan, jotta suojaus toimii ja vikaantuneet osat saadaan irrotettua muusta verkosta. (Elovaara & Haarla 2011b, 335.)

Sähköverkossa voi syntyä monia eri vikatilanteita, kuten oikosulkuja, maasulkuja, ylikuormituksia, ylijännitteitä, alijännitteitä ja johdinkatkoksia. Niitä varten voimalaitokset, sähköasemat ja kytkinlaitokset varustetaan suojalaitteilla, joista osan muodostavat releet. Releet tarkkailevat sähköverkon tilaa ja tarpeen vaatiessa suorittavat kytkentöjä automaattisesti, luotettavasti ja nopeasti.

Relesuojaukselle on asetettu seuraavanlaisia vaatimuksia:

- Toiminnan on oltava selektiivistä, jotta vian sattuessa mahdollisimman pieni osa verkosta jää pois käytöstä.

- Toiminnan on tapahduttava riittävän nopeasti ja herkästi niin, että vaarat, vauriot, häiriöt ja haitat jäävät kohtuullisiksi sekä verkon stabiilisuuden tulee säilyä kaikissa olosuhteissa.
- Suojauksen tulee kattaa aukottomasti koko suojattava järjestelmä.
- Sen on oltava käyttövarma ja mahdollisimman yksinkertainen. Käytettävyyden tulee olla hyvä. Suojaus on voitava koestaa käyttöpaikalla.
- Suojauksen on oltava hankintakustannuksiltaan kohtuullinen. (Mörsky 1993, 15.)

5.2 Toimintaperiaate ja rakenne

Suojareleiden toiminta perustuu niille annettujen suureiden arvojen muutosten tarkkailuun. Kun suojarele havaitsee sille asetetun suureen toiminta-arvon muutoksen, suojarele havahtuu ja toiminta-aikansa kuluttua rele antaa katkaisijalle laukaisukäskyn, lähettää hälytyksen tai tekee kummatkin. Havahtumisen ja laukaisun välistä aikaa kutsutaan releen toiminta-ajaksi. Rele koostuu normaalisti havahtumiselimestä, mitta-elimestä ja aika-elimestä. (Elovaara & Laiho 2007, 391; Elovaara & Haarla, 344.)

5.3 Erilaiset suojareletyypit

Ensimmäiset suojareleet olivat rakenteeltaan sähkömekaanisia ja niiden nimitys tulee siitä, että ne sisältävät liikkuvia osia. Sähkömekaanisten releiden toiminta perustuu sähkövirran muutokseen magneettikentässä, joka aiheuttaa releessä liikkeen ja sen myötä virtapiirin katkaisun. Mekaanisten releiden toiminta on yksinkertaista ja ne ovatkin toimintaperiaatteeltaan samanlaisia, kuin tehollisarvoja osoittavat mittarit. Mekaanisten releiden haittoja ovat niiden epätarkkuus ja liikkuvien osien takia ne ovat hitaita ja joihinkin sovelluksiin releiden asettelutarkkuus on täysin riittämätön ja niitä on vaikea saada herkiksi. Sähköverkossa mekaanisia releitä on vielä käytössä, mutta niiden valmistusmäärät pienenevät jatkuvasti. (Mörsky 1993, 21 - 23; Elovaara & Haarla 2011b, 344.)

Staattiset eli elektroniset releet alkoivat yleistyä 1960 – luvulla. Staattiset releet eroavat mekaanisista releistä siten, että niissä ei ole mekaanisesti liikkuvia osia vaan niissä on puolijohdekomponentteja ja mikropiirejä. Staattisilla releillä pystytään sähkömekaanisia releitä vaativampiin suojaustoimintoihin, toteuttamaan erilaisia vikakriteereitä sekä monipuoliseen informaation käsittelyyn. Staattisilla releillä on sähkömekaanisia releitä huomattavasti lyhyemmät toiminta-ajat sekä parempi toiminta-arvojen tarkkuus. Staattisten releiden haittapuolia ovat herkkyys ylijännitteille, jatkuva aputehon tarve sekä elektronisten osien vanheneminen, minkä takia releitä pitää korjata tai vaihtaa. (Elovaara & Laiho 2007, 392; Elovaara & Haarla 2011b, 344 – 345.)

Nykyaikaisessa relesuojauksessa käytetään mikroprosessorireleitä eli digitaalisia releitä, jotka tulivat käyttöön 1980-luvun lopulla. Digitaalisissa releissä on runsaasti erilaisia asettelumahdollisuuksia sekä paljon monipuolisemmat suojaustoiminnot kuin muissa releissä. Asetteluarvot voidaan muokata tarkasti suojattavan kohteen mukaisesti. Runsaiden toimintojen ja asettelumahdollisuuksien takia digitaalisissa releissä tapahtuu enemmän virhelaukaisuja kuin muissa releissä. (Elovaara & Haarla 2011b, 345.)

5.3.1 Ylivirtareleet

Ylivirtareleet ovat niin kutsuttuja yksisuurereleitä, jotka toimivat, kun virta ylittää releelle asetellun toiminta-arvon. Ylivirtareleet voidaan jaotella hetkellisiin ylivirtareleisiin ja vakioaikaylivirtareleisiin ja ne ovat tyypillisiä oikosulkusuojauksessa. Niiden toiminta-arvot tulee asetella nimellisvirtaa isommiksi esim. $1,5 - 2N$, jotta ne sallisivat lyhytaikaiset kuormituspiikit. (Mörsky 1993, 35-36.)

5.3.2 Ylijännite- ja alajännitereleet

Jännitereleiden toiminta perustuu siihen, kun verkossa oleva jännite joko ylittää tai alittaa niille asetellut toiminta-arvot. Ylijännitereleitä käytetään tahtigeneraattorien yhteydessä suojaamaan niitä jännitteen nousulta sekä maasulkujen havaitsemiseen joissa ne toimivat maasulun nollajännitereleinä. Ylijännitereleitä voidaan käyttää moottoreiden suojauksen yhteydessä, jossa ylijänniterele mit-

taa vastajännitettä, jolloin saadaan selville mahdolliset vaiheiden katkokset tai väärän vaihejärjestyksen.

Alijännitereleiden yleiset käyttökohteet ovat moottorit ja niiden erottaminen verkosta, kun niiden käyttöjännite katkeaa tai pienentyy sen verran, että moottoria uhkaa pysähtyminen. Mikäli moottoria ei saataisi kytkettyä pois verkosta, moottorin uudelleenkäynnistys aiheuttaisi jännitteen palatessa oikosulkua muistuttava suuren sysäysvirran. Jotta alijännitereleet eivät aiheuttaisi tarpeettomia käytökeskeytyksiä, niiden toimintajännitteiden asetteluarvoja on voitava asetella siten, etteivät ne toimisi lyhyiden jännitevaihtelujen aikana. (Mörsky 1993, 38-39.)

5.3.3 Distanssirele

Etäisyys- eli distanssireleitä käytetään silmukoidun verkon suojauksessa, koska niillä pystytään määrittämään vikavirran suunta. Silmukoidussa verkossa on ominaista, että vikavirta voi tulla mistä suunnasta tahansa. Distanssireleiden toiminta perustuu vikapaikan etäisyyden paikallistamiseen. Distanssirele mittaa suojattavan johdon virran ja jännitteen virta- ja jännitemuuntajien avulla ja laskee niistä impedanssin. (Elovaara & Haarla 2011b, 348.)

5.3.4 Differentiaalirele

Vertoreleet soveltuvat hyvin muuntajien, generaattoreiden, johtojen ja kiskostojen suojaukseen. Vertoreleiden toimintaan kuuluu yhden tai useamman suureen arvojen vertailu verkon eri kohdissa. Mittaus- ja vertailukohteita voi olla useampia, kuten itseisarvot, vaihekulmat ja virtojen suunnat. Differentiaalirele eli erovirtarele on yleisin vertorele ja sen toiminta perustuu mitattujen virtojen vertailuun.

Differentiaalirele toimii, kun suojattavaan kohteeseen tulevien ja siitä lähtevien virtojen välinen erotus ylittää releelle asetellun toimiarvon. Terveessä virtapiirissä virta menee suojausalueen läpi ja virtojen summa on nolla. Vikatilanteessa suojausalueen ulkopuoliset vikavirrat tulevat suojausalueelle eikä virta pääse

suojausalueen läpi ja mitattujen virtojen summa ei ole nolla kuten terveessä virtapiirissä.

Pitkillä etäisyyksillä kuten kantaverkossa, johtojen suojaukseen käytetään pääsääntöisesti distanssireleitä. Johtojen toisena pääsuojana voidaan käyttää myös differentiaalireleitä, mikäli suojattava johtopätkä on lyhyt. Lisäksi differentiaalireleiden välille tarvitaan apuviestiyhteys. Lyhyille johdoille voidaan vetää oma langayhteys, kun taas pitemmillä etäisyyksillä käytetään viestiverkkoa. Jotta virhe-toiminnoilta vältyttäisiin, releiden välisen viestisignaalin tulee olla sellainen, jonka vastapuolen rele tunnistaa. (Mörsky 1992, 46; Elovaara & Haarla 2011b, 354-355.)

5.3.5 Epäsymmetriarele

Epäsymmetriareleet tarkkailevat kolmivaihejärjestelmän kuormituksen symmetrisyyttä ja niitä käytetään arvokkaiden koneiden roottoreiden suojauksessa. Epäsymmetrinen kuormitusvirta synnyttää järjestelmään virtojen ja jännitteiden vastakomponentit, joista aiheutuu virta- ja jännitehäviöitä. Epäsymmetriarele vertailee mitattuja vastakomponenttien arvoja myötäkomponentteihin ja suorittaa katkaisukäskey releelle annettujen toiminta-arvojen perusteella. (Mörsky 1992, 41-42.)

5.3.6 Jälleenkytkentärele

Jälleenkytkentäreleitä käytetään avojohtojen suojauksessa, niiden ollessa sähköverkon ainoa suojattava kohde, jossa käytetään automaattista jälleenkytkentää. Jälleenkytkentäreleet saavat toimintakäskyn katkaisijan kiinni-ohjaukselle toiselta suojareleeltä tietyn asetellun arvon jälkeen. Jälleenkytkentäreleitä voidaan käyttää myös erillään, mutta usein ne pitää integroida toiseen suojareleeseen, jotka suorittavat varsinaisen laukaisukäskyn. Jälleenkytkentäreleellä on pikajälleenkytkentä- ja aikajälleenkytkentätoiminnot, joilla se testaa vian poistumista. Rele suorittaa ensi pikajälleenkytkennän lyhyen väliajan jälkeen ja tarvittaessa aikajälleenkytkennän pidemmän jännitteettömän väliajan jälkeen. (Elovaara & Haarla 2011b, 356.)

5.3.7 Nollavirtareleet ja suunnatut maasulkureleet

Nollavirtarele on ylivirtarele, jonka toiminta perustuu vaihevirtojen summavirtojen mittaamiseen ja se on kytketty virtamuuntajien toisiokäämeihin. Normaalitylanteessa summavirta on nolla. Rele muodostaa virran ja virran sekä jännitteen välisen vaihekulman suuruuteen verrannolliset suureet. Rele havahtuu mitatun virran poiketessa asetteluarvosta ja jännitteen sekä virran välisen vaihekulman ollessa määritetyllä alueella. Nollavirtareleitä voidaan käyttää myös varasuojana muun verkon vioissa, kuten muuntajan tähtipisteen lähellä olevien vikojen laukaisijana, joita on vaikea havaita differentiaalireleillä, vian aiheuttaman epäsymmetrian ollessa pieni.

Suunnatulla maasulkureleellä on mahdollista mitata vikavirran lisäksi myös vian suunta. Vian suunnan määrittelyssä käytetään nollavirran ja nollajännitteen välistä vaihekulmaa. (Mörsky 1992, 40; Elovaara & Haarla 2011b, 353-354.)

5.4 Mittamuuntajat

Mittamuuntajat ovat erikoisrakenteisia muuntajia, joita käytetään muuntamaan niiden mittaamia jännite- tai virta-arvoja mittauslaitteille sopivaan arvoon. Suurin osa mittamuuntajista perustuu sähkömagneettisen induktion käyttöön. Mittamuuntajien pääasiallisia tehtäviä ovat

- mittauspiirin erottaminen galvaanisesti suurjännitteisestä päävirtapiiristä
- mittaus-alan muuttaminen ja mitta- ja suojalaitteiden standardointi tiettyihin mittausarvoihin
- mittareiden suojaus ylikuormituksilta
- mittareiden ja releiden sijoituksen mahdollistaminen etäälle, varsinaisesta mittauspaikasta.

Lähtökohtana olisi, että mittamuuntajat pystyisivät toistamaan normaaleilla kuormitusalueillaan mittaamansa jännite- ja virta-arvot, mutta käytännössä mittauspiirissä esiintyy tyhjäkäyntivirtoja ja käämitysten hajaimpedansseja, jotka

vääristävät mittaustuloksia ja näkyvät sitten mittamuuntajien virta-, jännite- ja kulmavirheinä. (Elovaara & Haarla 2011b, 198.)

5.5 Jakeluverkon johtosuojaus

Sähköasemilla keskijänniteverkkoa syöttävien kennojen suojaus on toteutettu suojareleillä. Keskijänniteverkossa käytetään säteittäistä syöttötapaa ja muita erikoispiirteitä ovat tähtipistemaadoitusten ja nollajohtimen puuttuminen. Selektiivisyyden suojauksen toteuttaminen säteittäisessä verkossa on yksinkertaisempaa. Tähtipistemaadoitusten ja nollajohtimen puuttumisen tekee maasulusta luonteeltaan maasulusta poikkeavan vian, mikä asettaa suojauksen toteutukselle oman tekniikan. Suomen oloista johtuen katkaisijoiden ja havahtumisaikojen suojaus on yksi- tai kaksiportainen. Johtosuojaus käsittää oikosulku- ja maasulkusuojauksen sekä jälleenkytkentäreleistyksen. (Lakervi & Partanen 2008, 176; Mörsky 1993, 295.)

5.5.1 Oikosulkusuojaus

Oikosulkusuojauksella pyritään ehkäisemään johdoille ja laitteille kohdistuvia termisiä vaurioita, joita oikosulkuvirrat synnyttävät sekä eristämään viallinen johto-osa terveestä verkosta. Oikosulkusuojauksessa käytetään ylivirtareleitä, differentiaalireleitä ja distanssireleitä. Ylivirtarelettä käytetään pienimmän vikavirran ollessa suurempi kuin kuormitusvirta. Ylivirtarelettä ei voida käyttää silmukoidun verkon suojauksessa, koska se ei havaitse virran suuntaa. Silmukoidussa verkossa vikavirta voi tulla eri suunnista. Silmukoidun jakeluverkon johdon oikosulkusuojauksessa käytetään distanssi- ja differentiaalireleitä. Säteittäisessä jakeluverkossa oikosulkusuojaus voidaan toteuttaa käänteisaikahidasteisella ylivirtareleillä, joiden toimintahidastus pienenee virran kasvaessa sekä vakioaikaylivirtareleillä. (Lakervi & Partanen 2008, 176; Mörsky 1993, 295-296.)

5.5.2 Maasulkusuojaus

Maasulun suojauksessa käytetään nollavirran mittaukseen asetettuja ylivirtareleitä, jotka mittaavat vaihevirtojen summavirtaa. Nollavirtarele mittaa pelkästään

virran suuruutta ja virran suunnalla ei ole merkitystä. Nollavirtarele laukaisee (releestä katsoen edessä) olevan suojattavaan kohteen sekä muut (releestä katsoen takana) olevat viat, vikavirran ollessa kyllin suuri. Distanssi- ja suunnatut maasulkureleet havaitsevat maasulkuvirran suunnan ja niitä voidaan myös käyttää maasulun suojauksessa. Käytännössä distanssireleet havaitsevat suuvirtaiset maasulut noin 20 Ω :n vikaresistanssiin saakka. Suomessa maan suuren ominaisresistanssin vuoksi distanssireleitä ei voida käyttää ainoana maasulkusuojana. Vaatimuksena on, että maasulut on pystyttävä laukaisemaan, vaikka vikaresistanssi olisi 500 Ω . (Elovaara & Haarla 2011b, 340-341.)

Maasulku syntyy, kun päävirtapiirin vaihejohtimen ja maan tai maadoitetun välille syntyy johtava yhteys. Valokaaret aiheuttavat myös johtavan yhteyden. Maasulun suojauksen laukaisu tapahtuu maadoitus- ja kosketusjännitteiden ylittäessä suojauksen sallitut jänniterajat. SFS 6001 standardeissa on määriteltykosketusjännitteiden sallitut raja-arvot. Eristetyn järjestelmän ilmajohtoverkossa 90 % maasuluista voidaan selvittää pika- ja aikajälleenkytkentöjen avulla. (Monni 2015, 97,100.)

5.5.3 Jälleenkytkentä

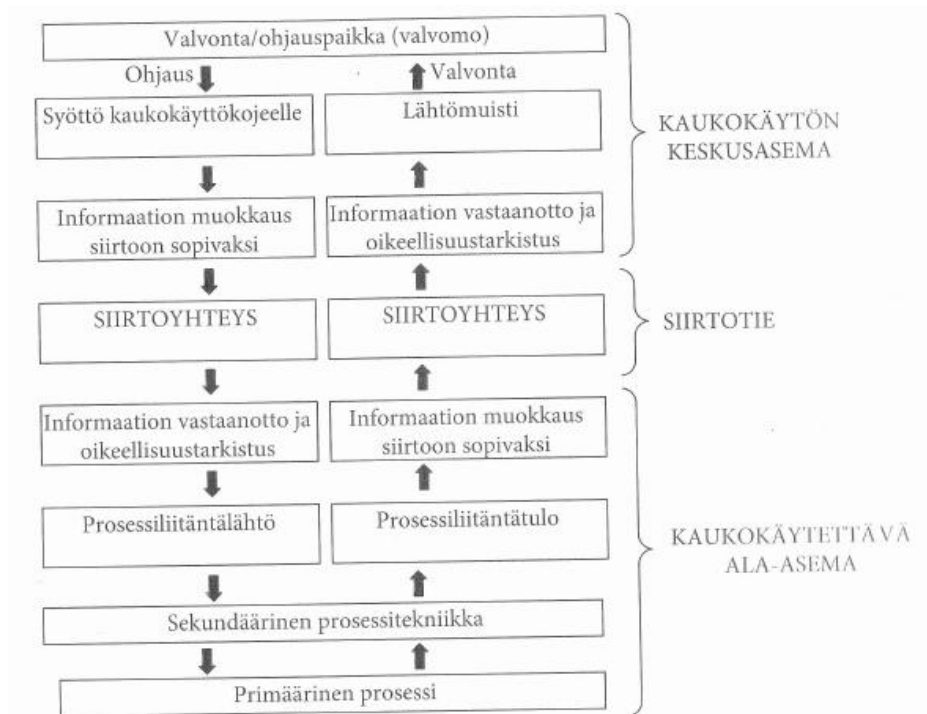
Pikajälleenkytkentä (PJK)- ja aikajälleenkytkentäreleistystä (AJK) käytetään vain avojohtovikojen jälkeen. Suurin osa avojohtoverkon vioista on salaman aiheuttamia ohimeneviä valokaarioikosulkuja, jotka häviävät, kun jännite poistetaan hetkeksi. Jännitteettömän ajan tulee olla riittävän pitkä, jotta valokaari ehtisi sammumaan. Pikajälleenkytkennän jännitteetön toiminta-aika on yleensä 0,2-0,4s ja sillä pyritään nopeasti saamaan johto takaisin toimintakuntoon. Mikäli PJK ei poista vikaa, releen vikavirran asetteluajan jälkeen käynnistyy aikajälleenkytkentä, jonka jännitteetön toiminta-aika on yleensä 1-3 min. Jälleenkytkentärele toimii ensin niin, että vikatapauksessa katkaisija tekee PJK:n. Jos vika ei poistu, suojarle laukaisee katkaisijan releen vikavirran aika-asettelun jälkeen. Seuraavaksi käynnistyy AJK, joka antaa katkaisijalle kiinni-käskyn AJK:n aika-asettelun jälkeen (1-3 min). Katkaisija menee kiinni, jos vika poistui. Mikäli vikavirtaa esiintyy edelleen suojattavalla johdolla AJK:n jälkeen, ohjaa suojarle katkaisijan auki releen aika-asettelun jälkeen ja antaa valvomoon hälytyksen.

Avojohtodon oiko- ja maasulkusuojauksessa käytetään yleensä PJK + AJK- jälleenkytkentää. (Monni 2015, 91; Elovaara & Haarla 2011b, 371-372.)

6 KÄYTÖNVALVONNAN HYÖDYNTÄMINEN VIKATILANTEISSA

6.1 Kaukokäyttöjärjestelmä

Sähköverkon ohjauksien ja valvonnan kaukokäyttötehtävät jaetaan usealle portaalle, jolloin valvontajärjestelmistä ja valvomoista muodostuu hierarkkisia monitasoisia järjestelmiä (esimerkiksi keskusvalvomo, aluevalvomo, asemat ja voimalaitokset). Näiden järjestelmien kaukokäyttöyhteydet toteutetaan siten, että ne mahdollistavat kaksisuuntaisen tiedonsiirron.



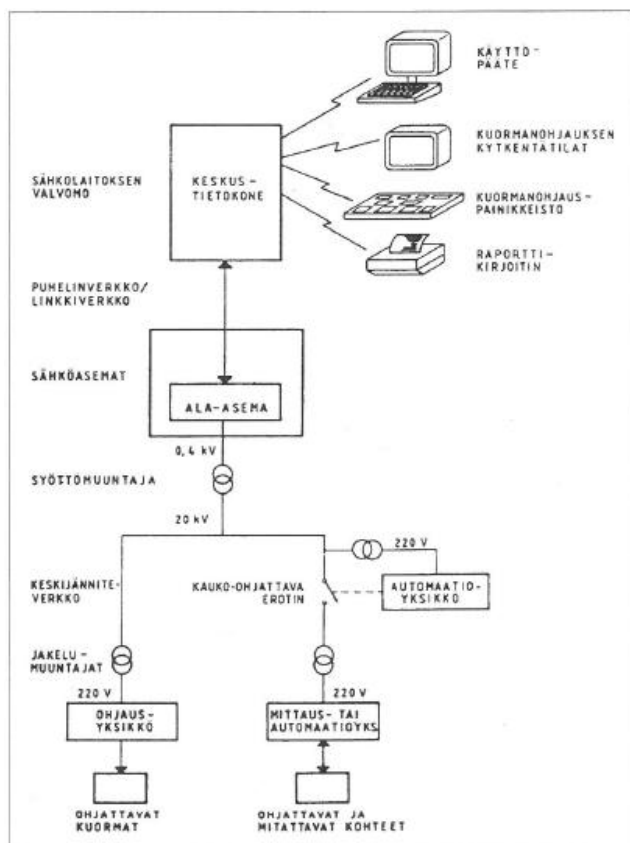
Kuvio 6. Kaukokäyttöjärjestelmän periaatekaavio. (Elovaara & Haarla 2011b, 392.)

Kaukokäyttöjärjestelmän periaatekaavio esitetään kuviossa 6. Järjestelmä saa sen valvomaan prosessia kuvaavat tiedot on/ei-tyyppisinä laitteilta ja muita vastaavia koskevana viesteinä, analogisina mittauksina tai erilaisina esikäsiteltyinä tietoina. Prosessilta saapuvat signaalit muunnetaan kaukokäyttölaitteen sähköasemaliitännässä kaukokäyttöelektroniikalle sopivaan muotoon. Kaukokäyttölaite suorittaa näytteenotot, signaalin valinnan ja kanavoinnin eli multipleksioinnin, koodauksen sekä osoitteenmuodostuksen, joista muodostettu sanoma muutetaan siirtoon sopivaksi. Tieto siirtyy kaukokäyttölaitteelta valvomoon siirtotien

välityksellä ja valvomossa vastaanotettu sanoma dekodataan ja tarkistetaan, että sanoma on tullut oikein perille. Tiedot nähdään valvomon näyttölaitteilla tai niitä voidaan käyttää jatkokäsittelyssä. Valvomosta prosessiin tapahtuva ohjauksuunta on periaatteeltaan samanlainen kuin prosessista valvomoon tapahtuva tiedonkulku. (Elovaara & Haarla 2011b, 392.)

6.2 Verkostoautomaatiojärjestelmä

Verkostoautomaatiojärjestelmä rakentuu tietojärjestelmistä ja automaatiolaitteista, joita käytetään sähköverkon ohjaamiseen ja valvontaan sekä verkon laitteiden suojauksessa. Tiedonsiirtoyhteyksien ja tietokantojen tehtävänä on välittää tietoja verkon tilasta valvomoon sekä mahdollistaa sähköverkon eri suojauslaitteiden välinen tiedonsiirto ja esimerkiksi ohjaukset, kuten katkaisijan avaaminen/sulkeminen valvomolta tai suojausalueen antama laukaisukäsky katkaisijalle vikatilanteessa. Keskeisiä tietojärjestelmiä ovat käytönvalvonta- ja käytöntukijärjestelmät. Kuvio 7 havainnollistaa sähköverkon valvonnassa käytettävää verkostoautomaatiojärjestelmän peruseriaatetta. (Monni 2015, 85.)



Kuvio 7. Verkostoautomaatiojärjestelmä. (Monni 2015.)

Kuviossa 7 ylhäältä alaspäin katsottuna on sähkölaitoksen valvomo. Sähkölaitoksen valvomolla tarkoitetaan verkon ns. käyttökeskusta, joka yleensä sijaitsee kunnan sähköjakelusta vastaavan jakeluverkkoyhtiön toimitalolla. Käyttökeskus koostuu keskustietokoneesta, käytönvalvonta- ja käytöntukijärjestelmästä, jotka antavat keskuksen käyttöhenkilökunnalle tietoja valvottavan verkon tilasta. Järjestelmillä suoritetaan kuormien ohjauksia sekä niitä voidaan käyttää vikojen paikallistamisessa. Käyttökeskuksen näyttöpäätteeltä nähdään sinne tulevia tietoja verkon tilasta ja mittauksista. Verkon ohjauskäskyt, riippuen järjestelmästä, annetaan esim. valinta-ohjauspaneelista, kuitauskytkimellä tai kursorilla. Keskustietokone on yhteydessä sähköaseman kytkinlaitokseen ja siellä olevaan ala-asemaan. Sähkölaitoksen käyttökeskuksen ja sähköaseman välinen viestiliikenne on toteutettu valokuitukaapeleilla tai radiolinkki ja satelliittiyhteyksillä. (Monni 2015, 85-86, 89.)

6.3 Käytönvalvontajärjestelmä

Käytönvalvontajärjestelmää käytetään sähköverkon valvontaan ja ylläpitoon. Verkon mittaus- ja tilatiedot järjestelmä saa sähköasemilta. Järjestelmää kutsutaan SCADAksi (Supervisory Control And Data Acquisition) ja sillä voidaan suorittaa verkon ohjaus- valvontatoimenpiteitä. Järjestelmä koostuu valvomon keskusasemasta, sähköasemien ala-asemista ja näitä yhdistävistä tietoliikenneyhteyksistä. Päätehtäviä ovat esim. tietojen hankkiminen sähköprosessista, tietojen ja arvojen käsittely ja niiden näyttäminen valvomossa sekä hälytyksien käsittely ja tapahtumatietojen raportointi. (Monni 2015, 86; Lakervi & Partanen 2008, 235.)

Järjestelmä perustuu tietokantaan, jota ylläpidetään verkon rakenteesta saaduista tilatiedoista sekä sähköjakelujärjestelmästä saaduista mittaus- ja tilatiedoista. Tilatietoja ovat esimerkiksi kytkinlaitteiden tilatiedot ja mittaustietoja ovat kuormitus- ja vikavirrat. (Monni 2015, 86.)

6.4 Käytöntukijärjestelmä

Käytöntukijärjestelmää käytetään sähköverkon ylläpitoon ja se saa sähköverkon toimilaitteiden tila- ja mittaustiedot käytönvalvontajärjestelmästä. Järjestelmien välinen tiedonsiirto on yhdensuuntaista. Käytöntukijärjestelmä ei ole varsinainen verkostoautomaatiojärjestelmä, kuten SCADA, vaan se on kehitetty jakeluverkkoyhtiön käyttöhenkilökunnalle tukijärjestelmäksi, joka sisältää monipuolisia analyysi- päättelytoimintoja. Tukijärjestelmällä voidaan paikantaa esim. keski-jänniteverkon oikosulkuvikoja ja se opastaa henkilökuntaa varasyöttöjen käytössä ja palautuskytkentöjen suunnittelussa. (Monni 2015, 86; Lakervi & Partanen 2008, 236.)

Tukijärjestelmällä ei tehdä kytkentöjä vaan se antaa vain neuvoja käytönvalvojalle kytkentöjen tekemiseen verkon tilatietojen perusteella, joita se saa valvontajärjestelmästä. Käytöntukijärjestelmän toimintojen perustana on, että sillä on yhteydet verkkoyhtiön muihin tietojärjestelmiin. Käytönvalvontajärjestelmästä se saa reaaliaikaisia tila- ja mittaustietoja verkon eri pisteistä. Verkkotietojärjestelmä antaa tietoja verkon eri osien ominaisuuksista ja sijainnista ja asiakastietojärjestelmästä se saa asiakkaiden energiatietoja, joita tarvitaan verkostolaskennassa. Tukijärjestelmä hyödyntää myös karttatietojärjestelmien tietoja. (Monni 2015, 86; Lakervi & Partanen 2008, 236.)

6.5 Kauko-ohjattava erotinasema

Erotinasemien kaukokäytöllä parannetaan jakeluverkon käytettävyyttä ja sillä saadaan lyhennettyä sähkökatkojen keskeytysaikoja sekä pienennettyä keskeytyksestä aiheutuneita haittoja. Tehokkaimmin käyttökeskeytyksiä saadaan vähennettyä sijoittamalla erotinasemia verkon solmukohtiin, jossa erotinasemalla voilla 2 – 4 erotinta. Erotinasemien päärakenteet ovat erottimet, moottoriohjaimien ohjausyksiot, jännitemuuntajat tehon syöttöä varten ja radioantenni. Erottimet ovat yleensä kuormanerotimia, joilla voidaan kytkeä tietty kuormitusvirta ja kytkemään enintään 12,5 kA oikosulkuvirta. (Monni 2015, 93)

Kauko-ohjatun erotinaseman ohjainlaitteisto voi olla sille tarkoitettussa erillisessä kaapissa, joka yleensä asennettu aseman pylvääseen kiinni. Ohjauskeskuksen kaapin lämpötila on saatava pysymään laitteistolle edellyttämässä lämpötiloissa. Ohjauskeskuksen kaappiin sijoitetaan kaukokäytön ala-asema, viestiyksikkö (esim. radiopuhelin), ohjauskoneiston voimansyöttölaitteet sekä sähköverkkoon liitettävät laitteet. Ohjauskeskuksen rakenteessa ja varustelussa pitää huomioida kaikki sääolosuhteet, jotta laitteiden toimintaan ei tule häiriöitä tai vikoja. Ohjauskeskuksen akut tulee mitoittaa riittävän suureksi, jotta ala-asema pysyisi toimintakunnossa häiriötilanteissa. Akkujen on oltava mahdollisimman käyttövarmoja ja apusähköjärjestelmän toimintaa on pystyttävä valvomaan keskus-asemalta. (Suomen sähkölaitosyhdistys 1996.)

Erottimien ohjaukset voidaan toteuttaa kaikilla tavanomaisilla viestiyhteyksillä:

- radiopuhelinyhteydet
- radiolinkkiyhteydet
- puhelinyhteydet
- kantoaaltoyhteydet
- viestikaapeliyhteydet
- edellisten yhdistelmät. (Suomen sähkölaitosyhdistys 1996.)

6.6 Kytkinlaitteet

Katkaisijat ja erottimet ovat kytkinlaitteita, joita käytetään verkon topologian muuttamisessa ja sen myötä niillä voidaan ohjata sähköenergian kulkua verkossa tarpeen vaatiessa esim. huolto- ja vikatilanteissa. Kytkinlaitteiden on kyettävä erottamaan viallinen verkko terveestä verkosta mahdollisimman nopeasti vahinkojen ja vaarojen välttämiseksi. Tärkeimmät kytkinlaitteet sähköjakeluverkossa ovat:

- Katkaisijat (Circuit breakers), jotka pystyvät katkaisemaan suuret verkossa esiintyvät virrat, kuten oikosulkuvirrat joissa on moninkertainen virta katkaisijan nimellisvirtaan nähden.

- Erottimet (Disconnectors, isolating switches), jotka pitävät kaksi verkon osaa erillään toisistaan muodostaen turvallisen avausvälin erotettavan virtapiirin ja muun laitoksen välille. (Elovaara & Haarla 2011b, 161, 190.)

6.6.1 Katkaisijat

Katkaisijat ovat kytkinlaitteita, joita käytetään virtapiirien avaamiseen ja sulkemiseen. Katkaisijoiden auki/kiinni- ohjaukset voidaan toteuttaa joko manuaalisesti tai automaattisesti. Hyvin tyypillinen automaattinen katkaisijatoiminto on avautuminen ylivirran (esim. oikosulku- tai maasulkuvirran) vaikutuksesta. Katkaisija saa avautumiskäskyn mittamuuntajien avulla virtapiiriin kytketyltä releeltä. Toinen tavallinen automaattitoiminto on katkaisijan sulkeutuminen, kun se saa kiinni- käskyn erityiseltä jälleenkytkentäreleistykseltä.

Katkaisijat kykenevät vaurioitumatta ja vaaraa aiheuttamatta avaamaan ja sulkemaan oikosulkupiiriin, jossa vikavirta on moninkertainen katkaisijan nimellisvirtaan verrattuna. Kytkimet eivät tällaiseen kykene ja ne pystyvätkin vain katkaisemaan nimellisvirtansa, eivätkä ne myöskään yleensä avaudu automaattisesti esimerkiksi ylivirran vaikutuksesta. (Elovaara & Haarla, 2011b, 163.)

6.6.2 Erottimet

Erottimien tehtäviä ovat turvallisen ja luotettavan avausvälin muodostaminen erotettavan virtapiiriin ja muun laitoksen välille sekä laitoksen osan saaminen jännitteettömäksi turvallista työskentelyä varten. Jotta erottimen avausvälistä saadaan erittäin luotettava, tulee erottimen avausvälin olla selkeästi nähtävissä tai erotin pitää varustaa luotettavalla mekaanisella asennonosoittimella. Myös erottimen avausvälin jännitelujuuden on oltava suurempi kuin muun ympäröivän eristyksen, esimerkiksi vaiheen ja maan välisen eristyksen. (Elovaara & Haarla 2011b, 190.)

Erottimia ei ole tarkoitettu kuormitetun virtapiiriin avaamiseen tai sulkemiseen ja erottimilta ei vaadita virran katkaisu- tai sulkemiskykyä. Erottimen on kuitenkin

kyettävä kiinni-asennossa moitteetta johtamaan kuormitus- ja oikosulkuvirrat.
(Elovaara & Haarla 2011b, 190.)

7 SÄHKÖVOIMATEKNIIKAN LABORATORIO

7.1 Yleiskatsaus

Lapin ammattikorkeakoulun sähkövoimatekniikan laboratoriossa on käytössä oikeista sähkölaitteista toteutettu oppimisympäristö, joka mallintaa kuvitteellisen kunnan sähkönjakelujärjestelmää. Opetusympäristö on rakennettu oikeista 110 kV- ja 10 kV komponenteista, joita käytetään sähköasemilla. Järjestelmästä käytetään nimitystä 110 kV demokenttä ja 10 kV keskijännitekojeisto. Kuvassa (1) on demolaitteisto ja keskijännitekojeisto.

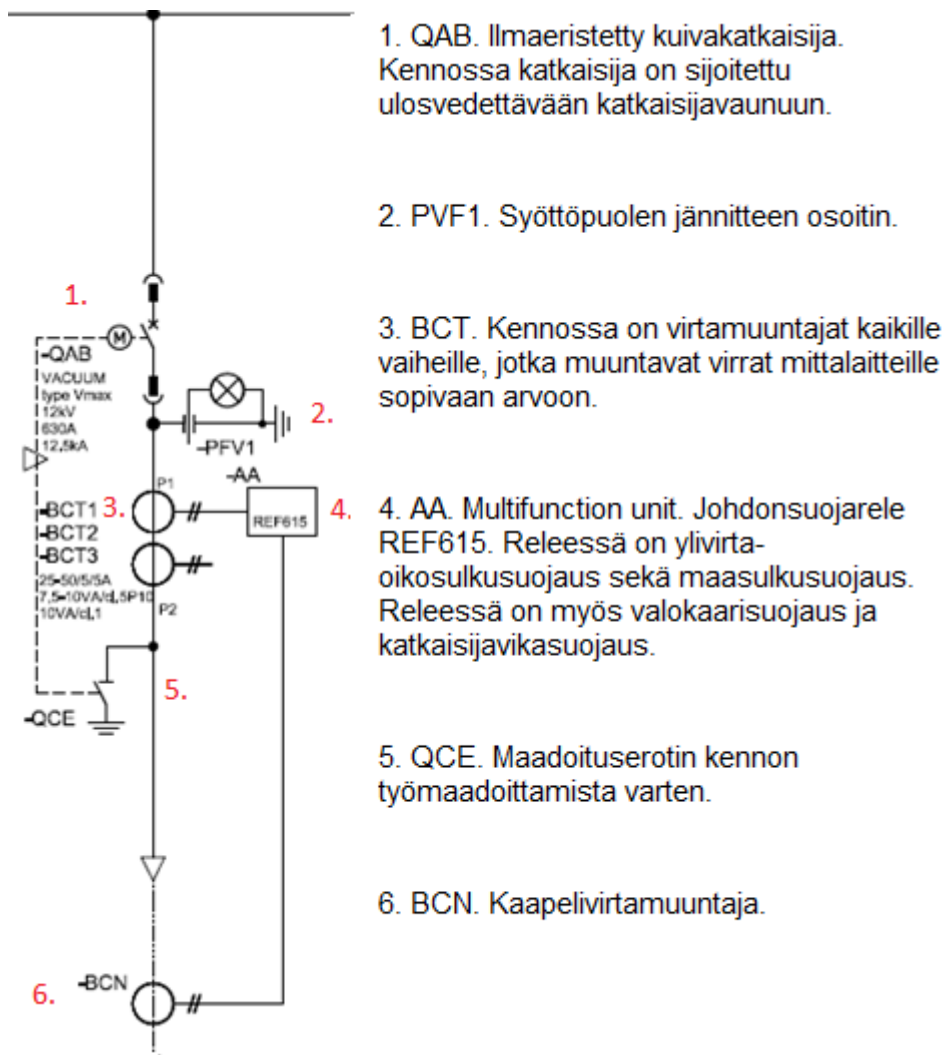


Kuva 1. 110 kV Demolaitteisto ja 10 kV keskijännitekojeisto

Demolaitteistoa käytetään sähkövoimatekniikan opiskelussa, ja laitteiston käytössä olevilla katkaisijoilla voidaan simuloida erilaisia sähköaseman katkaisija- ja erotointoimintoja. Opetusympäristön demolaitteisto on rakennettu kaappikeskusrakenteella ja laitteisto on sijoitettu kaappien sisään. Laitteisto on toteutettu kyseisiin jännitteisiin tarkoitetuilla komponenteilla, mutta turvallisuussyistä järjestelmässä käytetään 400/230 VAC verkkojännitettä.

7.2 Johtolähtökenno H06

Johtolähdön kennossa käytetään ABB:n Unisec- ilmaeristettyä kuivakatkaisijaa, jonka nimellisvirta on 630 A ja oikosulkukestoisuus 31,5 kA. Johtolähtökenno syöttää koulun sisäpihalla olevaa ilmalinjaa. Katkaisijatyyppeä käytetään myös muissa keskijännitekojeiston lähdöissä, kuten muuntaja ja generaattorilähdös. Katkaisijalla voidaan avata ja sulkea lähtöjen virtapiiri. Katkaisijaa ohjataan laboratorion valvomosta microSCADAN avulla kaukokäyttöyhteyttä hyödyntäen tai kennossa olevan releen ohjauspaneelilta. Johtolähtökennossa ovat katkaisija, johdonsuojarele REF615, mittamuuntajat ja maadoituserotin. Kuviossa 8 on esitetty kennon kiskosto yksiviivaesityksenä ja kennon komponentit numeroituna. Kuvio 8 on esitetty myös liitteessä 6.



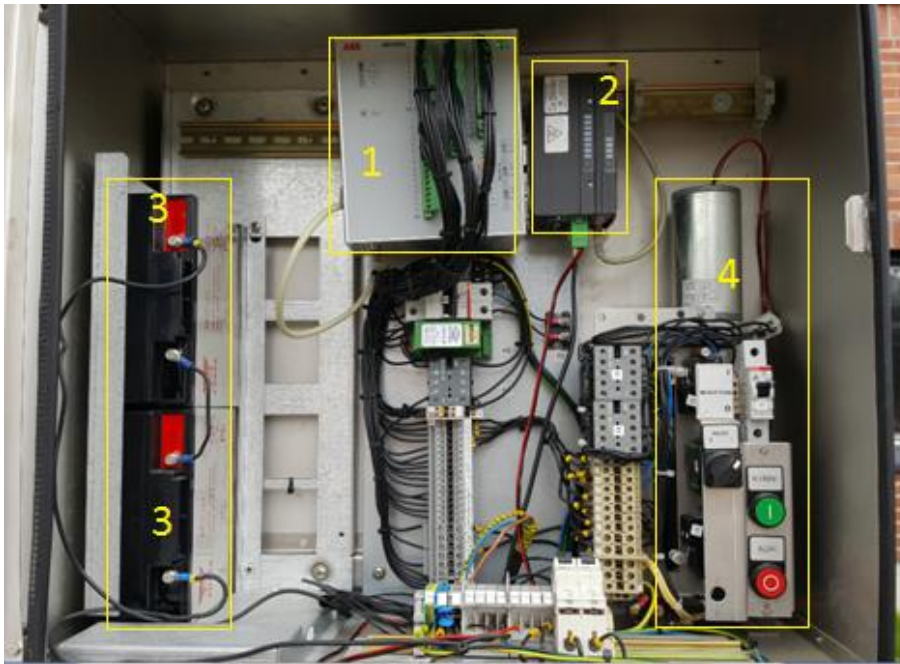
Kuvio 8. Kennon yksiviivaesitys ja komponentit.

7.3 Sisäpihan ilmalinja ja erotin ala-asema

Sähkövoimatekniikan laboratorion opetuslaitteistoon kuuluu koulun sisäpihalla (Kuva 2) oleva ilmajohto, jota syötetään 10 kV: n kojeiston lähdestä H06. Syöttö lähtee pylvälle laboratoriotilan kytkinasemalta maakaapelina (AMCMK 3x25+16) pylvälle P1 ja siellä kaapeli vaihtuu 20 kV: n avojohdoksi (Raven 54/9). Pylväessä P1 on pylväsmuuntaja T100, jossa jännite muunnetaan 10 kV: iin sekä kauko-ohjattava kuormanerotin, jota ohjataan langattomalla radiomodeemilla. Ilmalinjan suojana käytetään ABB: n REF615- johdonsuojarelettä. Rele toimii ylivirta- ja maasulkusuojana sekä katkaisijavianohjauksena. Erotinala-aseman kaukokäyttölaitteisto on sijoitettu omaan kaappiin, jossa ala-aseman laite REC603, erottimen ohjausyksikkö, akusto ja Satel- vastaanotin.



Kuva 2. Ilmalinja ja erotin ala-asema



Kuva 3. Erotin ala-asemakaappi

Erotin ala-aseman laitteet on sijoitettu omaan kaappiin ja ne on merkitty kuvassa 3 keltaisin numeroin.

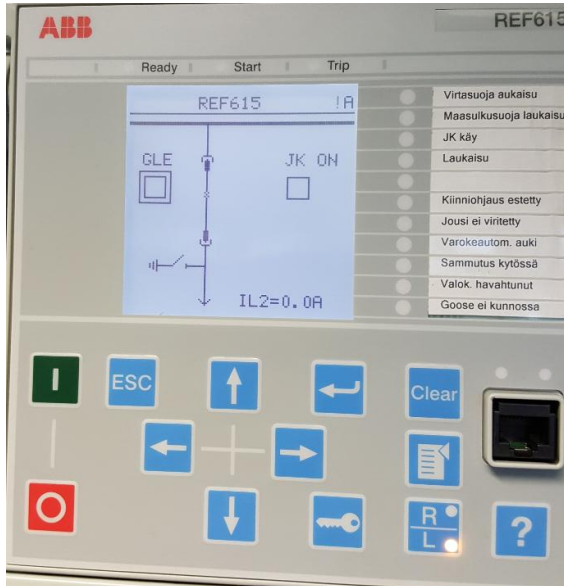
1. REC 603 Ala-asema
2. Satel- vastaanotin
3. Akusto
4. Erotintangon ohjausyksikkö.

7.4 REF 615 Johdonsuojarele

Sähkövoimatekniikan laboratorion 10 kV: n kennon lähdössä H06 käytetään ABB: n valmistamaa johdonsuojarelettä REF615. Relettä käytetään syöttöjohdon suojaus- ja valvontarelesuojaukseen, hallintaan, mittaukseen ja valvontaan keskijänniteverkon sähköasemien ja teollisuuden sähköjärjestelmissä.

Suojarele tukee sähköasemakommunikaatio IEC 61850 – standardia, joka mahdollistaa sähköasemien eri laitevalmistajien välistä tiedonsiirtoa ja kommunikointia.

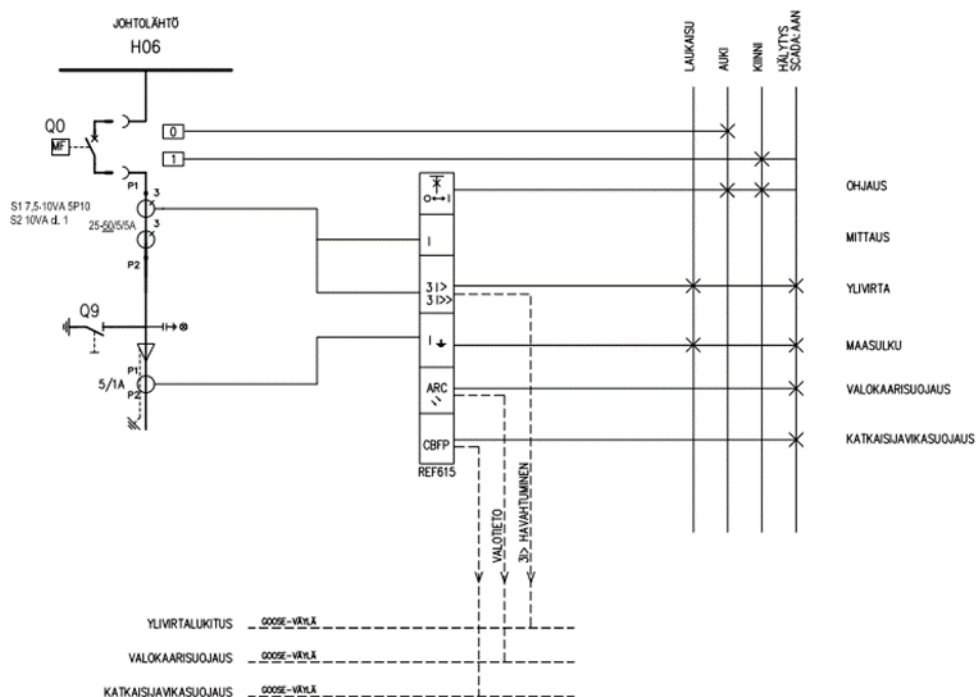
Suojarelettä REF615 käytetään sähköjakeluverkon kaapeleiden suojaukseen sekä nopeana sähköaseman kiskostosuojana. Johdonsuojarele soveltuu kaikkien keskijänniteverkkojen suojaukseen, käytetystä verkon maadoitustavasta riippumatta. (ABB 2008). Kuvassa 4 on suojareleen käyttöpaneeli.



Kuva 4. Katkaisijan yksiviiva esitys releen mimiikalla

REF 615 toimii johtolähdön H06 pääsuojana, jossa on ylivirtasuojaus, maasulkusuojaus, valokaarisuojauksen ja katkaisijavianohjaus. Rele ohjaa siis vikatilanteissa katkaisijan Q0 auki. Releessä REF615 on ylivirtasuojauksen alempi ja ylempi porrastus, maasulkusuojauksen, valokaarisuojauksen sekä mittaustoimintoja. Mittaustiedot rele saa virtamuuntajilta.

Releeseen liitettyjä suojaustoimintoja voidaan tarkastella suojauskaavion (Kuvio 9) avulla ja siitä myös nähdään kuinka rele ja virtamuuntajat on sijoitettu johtolähtökennossa. Releen laukaisumatriisista nähdään, mitkä viat laukaisevat katkaisijan ja antavat hälytyksen MicroScadalle, joka saa tiedon IEC 61850- väylän kautta suojareleeltä. Suojauskaavio on esitetty piirikaaviona liitteessä 8.



Kuvio 9. Releen laukaisumatriisi. Liite 8.

Kuvion 9 avulla nähdään, mitkä viat laukaisevat katkaisijan Q0. Matriisissa olevista vaakaviivoista nähdään, mistä ja minkä kautta laukaisu tapahtuu ja aiheuttaa laukaisutoiminnon. Suojarele toimii ylivirtasuojana ja saa mittaustiedot virtamuuntajien kautta. Virtamuuntajat muuntavat virrat mittausseläille ja suojareleelle sopivaan muotoon. Suojareleessä on suuntaamattoman ylivirran ylempi ja alempi porrastus (Taulukko 1) ja releellä on ylivirran suojaukselle tiettyjen suojaustoimintojen asetteluarvot. Kun releen ylivirran asetteluarvo ylittyy se antaa katkaisijalle laukaisukäskyn ja hälytyksen microSCADALLE. Katkoviivoista nähdään, mitkä vikatiiedot siirtyvät GOOSE-väylään. GOOSE-väylä on samalla sähköasemalla olevien suojareleiden oma tiedonsiirtoväylä. Esimerkiksi REF615 suojarele antaa tiedon alemman portaan ylivirran havahtumisarvosta GOOSE-väylälle sähköaseman muille suojareleille.

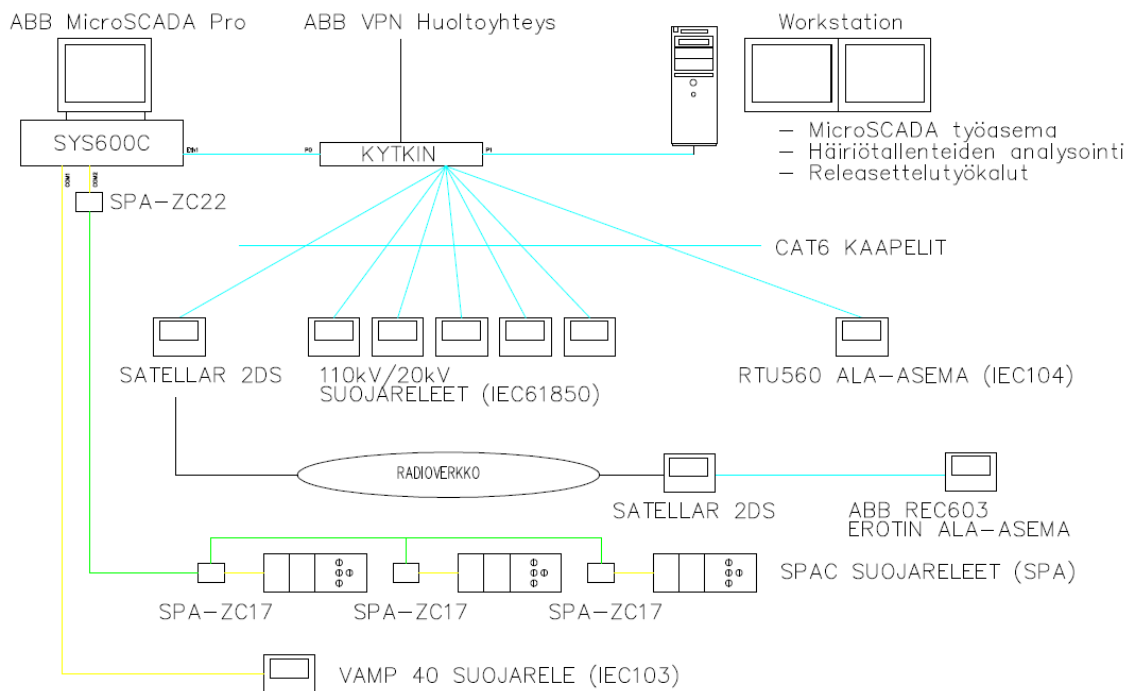
Taulukossa 1 on REF615 suojausalueen suojaustoiminnot. Off- tarkoittaa, että jokin suojaus ei ole päällä.

Taulukko 1. REF615 suojaustoiminnot.

Toiminto	IEC 61850	IEC 60617
Suojaus		
Kolmivaiheisen kytkentäsäysvirran havaitsemistoiminto	INRPHAR1 (Off)	3I2f>
Suuntaamaton maasulkusuoja, ylempi porras	EFHPTOC1 (Off)	lo>>
Suunnattu maasulkusuoja, ylempi porras	DEFHPDEF1 (Off)	lo>>->
Suunnattu maasulkusuoja, alempi porras	DEFLPDEF1 (On)	lo>->
Kolmivaiheinen suuntaamaton ylivirtasuoja, hetkellinen porras	PHIPTOC1 (Off)	3I>>>
Kolmivaiheinen suuntaamaton ylivirtasuoja, ylempi porras	PHHPTOC1 (On)	3I>>
Kolmivaiheinen suuntaamaton ylivirtasuoja, alempi porras	PHLPTOC1 (On)	3I>
Katkaisijavikasuoja	CCBRBRF1 (On)	3I>/lo>BF
Valokaarisuoja	ARCSARC1 (On)	ARC1
Valokaarisuoja	ARCSARC2 (On)	ARC2
Valokaarisuoja	ARCSARC3 (On)	ARC3
Automaattinen jälleenkytkentä	DARREC1 (On)	O->1

7.5 Valvomoautomaatio ja laitteisto

Kuviossa 10 on esitetty laboratorion kaukokäyttöjärjestelmän toimintakaavio, jossa näkyy sähköjakeluverkon automaation harjoituslaitteisto. Laitteistolla voidaan mallintaa oikeaa sähköjakelujärjestelmän käytönvalvontaa. Siitä nähdään laitteiden välinen kytkentä ja tiedonsiirtotavat. Kaukokäyttöjärjestelmällä voidaan ohjata laboratorion tiloissa olevia katkaisijoita ja koulun sisäpihalla olevaa kuormanerotinta. Järjestelmä kerää tietoja jakeluverkon tilasta ja verkossa tapahtuvista vioista ja hälytyksistä.



Kuvio 10. Laboratorion kaukokäyttöjärjestelmä. (Rita 2014.)

SYS600C- prosessitietokone, johon on asennettu microSCADA- valvontajärjestelmä, on yhteydessä katkaisijoita suojaaviin releisiin verkkokytkimen kautta tavallisilla RJ-45 tietoliikennekaapeleilla. RTU 560- ala-asema toimii kaukokäytön päälaitteena, joka vastaa automaatiolaitteiden tiedonsiirtoliikenteestä ja tiedon koodaamisesta eri laitteiden ymmärtämään muotoon, jotta kommunikointi SCADAn ja toimilaitteiden välillä olisi mahdollista.

Esimerkiksi johtolähdön katkaisija voidaan sulkea etäkäytöllä siten, että microSCADA:n työasemalla valitaan verkon topologia- näkymästä kenno H06 ja

valitaan katkaisijan kiinniohjaus. Tieto katkaisijan ohjauksesta menee ensin RTU560 ala-asemalle ja sieltä VPN- kytkimen kautta tiedonsiirtokaapeleita pitkin H06 suojarielelle, joka antaa katkaisijalle kiinni- käskyn.

Koulun sisäpihalla on kauko-ohjattava erotinasema ja sen ala-asemana on REC603. Kun SCADAlla ohjataan erotin kiinni, tieto toiminnasta menee ensin RTU560:lle ja sieltä verkkokytkimen kautta Satel- radiopuhelimelle. Sisäpihan erotinasemalla on Satel- radiopuhelin, johon tulee tieto laboratorion sähköasemalta. REC603 saa tiedon erottimen kiinni-ohjauksesta ja antaa käskyn erottimen ohjainyksikölle joka sulkee erottimen.

Laboratorion kaukokäyttölaiteisto on sijoitettu omaan kaappiin. (Kuva 5)



Kuva 5. Kaukokäyttökaappi

7.6 Satel DS- radiomodeemi

Radiomodeemi (Kuva 8) on laite, joka käyttää radioyhteyttä langattoman tiedonsiirron muodostamiseen kahden modeemin välillä. Radiomodeemiverkossa voi olla tuhansia laitteita, jotka kommunikoivat langattomasti toistensa kanssa. Radiomodeemiverkko on yksityinen tiedonsiirtoverkko, joten se ei tarvitse kaupallisia operaattoreita toimiakseen, koska tiedonsiirto tapahtuu suoraan modeemilta toiselle. Radiomodeemiverkko siirtää reaaliaikaista valvontatietoa luotettavasti myös haja-asutus alueilla.

Radiomodeemeja voidaan käyttää tiedonsiirtoon monissa eri käyttöympäristöissä, joita ovat

- joukkoliikenne
- maanmittaus
- SCADA- järjestelmät
- kaukokäyttö ja ohjaus
- logistiikka
- sähkön-, veden-, kaasun-, ja öljynjakelu (Satel Oy www-sivut 2017.)

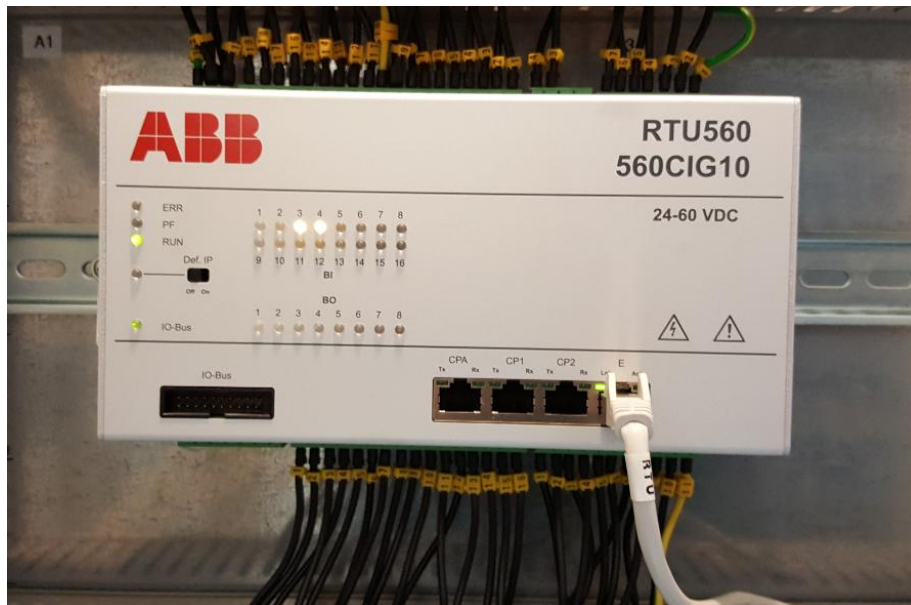


Kuva 6. Satel- radiomodeemi

Esimerkiksi SCADA- järjestelmissä käytetään langatonta tiedonsiirtoa järjestelmien monitorointiin ja verkon kunnan varmistamiseen. Radiomodeemien varavirtalähteillä tiedonsiirtoa voidaan edelleen ylläpitää, vaikka sähkönjakelu- ja julkinen tiedonsiirtoverkko kaatuisivatkin. Tieto mahdollisesta vikatilanteesta saadaan nopeasti keskukseseen ja asioihin pystytään reagoimaan välittömästi. Koko tiedonsiirtoverkko on omistajan hallinnassa ja tiedonsiirto tapahtuu reaaliajassa.

7.7 RTU 560 Kaukokäytön ala-asema

RTU 560 on ABB: n valmistama käytönvalvonnan ala-asema toimii kaukokäytön tietoliikenteen päälaitteena (Kuva 9). RTU (Remote Terminal Unit) ala-asema lähettää ja vastaanottaa tietoja suojaus- ja ohjauslaitteilta ja koodaa tiedot oikeaan muotoon ja lähettää ne eteenpäin SCADA- järjestelmälle.



Kuva 7. RTU560 Ala-asema

7.8 SYS- 600C Palvelinkone

ABB: n valmistama SYS-600C on periaatteessa aivan tavallinen tietokone, mutta se on rakennettu vaativiin olosuhteisiin teollisuuskäytössä ja on siten myös teollisuusstandardit täyttävä. Se on sijoitettu verkkokytkimen kanssa sähkövoi-

malaboratorion tiloissa olevaan kaukokäyttökaapin oveen, hieman etäälle kaapissa sijaitsevista muista laitteista ja sähkökatkaisijoista (Kuva 10).



Kuva 8. SYS-600C Palvelinkone

SYS-600C on rakennettu avoimeksi järjestelmäksi, joten se tukee monia laajassa käytössä olevia verkkoliikenneprotokollia. (ABB, MicroSCADA Pro SYS-600C 1.93 Product Guide, 2010)

7.9 RUGGEDCOM RSG 2100- Verkkokytkin

RUGGEDCOM- verkkokytkin on toimintaperiaatteeltaan tavallinen ATK-verkoissa käytössä oleva LAN- kytkin. Verkkokytkin muodostaa sähköaseman ATK-verkon jossa se toimii solmupisteenä sähköaseman laitteille, kuten suojarileille ja SYS-600C-tietokoneelle. Kytkin on rakennettu teollisuuskäyttöön ja se kestää haastavat olosuhteet ja erilaiset häiriöt. (Ruggedcom:in www-sivut 2017.)



Kuva 9. RUGGEDCOM- verkkokytkin

7.10 MicroSCADA

Sähkövoimatekniikan laboratorion opetusympäristössä on käytössä MicroSCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) käytönvalvontajärjestelmä. Käy-

tönvalvontajärjestelmän tehtävänä on sähkönjakeluverkon reaaliaikainen valvonta. Valvontajärjestelmän päätoimintoja ovat:

- tapahtumatietojen hallinta
- verkon kytkentätilanteen hallinta
- kauko-ohjaukset
- kaukomittaukset
- kauko-asettelut
- raportointi.

MicroSCADA- ohjelma on ABB:n valmistama etävalvonta- sekä hallintaohjelmisto. Ohjelmistoa käytetään pääasiassa sähkönjakelussa keski- sekä pienjänniteverkoissa. Tämän lisäksi ohjelmistoa voidaan käyttää myös muissa erinäisissä prosessienhallintaa tarvitsevilla järjestelmissä, kuten vedenpuhdistamoissa sekä lämpölaitoksissa.

MicroSCADAn avulla katkaisijoita ja erottimia voidaan ohjata valvomon erilliseltä ohjaushuoneelta, mikä parantaa henkilöstön turvallisuutta ja pitää henkilövahingot minimissä. Lisäksi sillä voidaan estää operaatioiden toiminta esim. huoltotilanteissa, varmistaen henkilöstön turvallisuuden. MicroSCADA:lla voidaan luoda käyttäjille eri tason käyttöoikeuksia, jolla voidaan välttää laitteiston väärinkäyttöä. (MicroSCADA Pro- esite, 2014.)

8 SUOJARELEEN KOESTUS

8.1 Omicron CMC 356

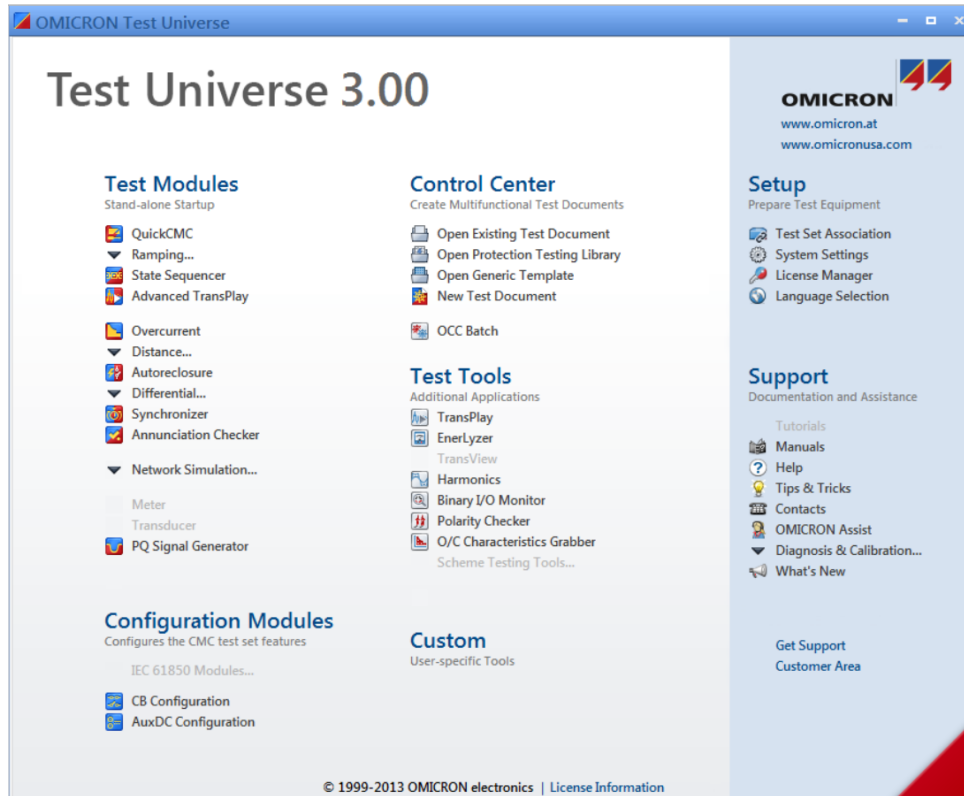
Omicron CMC 356- laitetta (Kuva 10) käytetään suojarleiden testaukseen ja sillä voidaan testata kaikenlaisia suojarleitä, riippumatta niiden sukupolveista. Testauslaitteessa on kuusi virtalähdettä suurella dynaamisella alueella, minkä ansiosta laitetta voidaan käyttää myös suurten kuormien/taakan omaavien sähkömekaanisten releiden testauksessa. Laitteessa on myös neljä jänniteulostulokanavaa. Laite on monipuolinen virtojen ja jännitteiden syötössä ja niiden ulostulokanavilla voidaan säätää amplitudi- ja vaihearvoja sekä taajuutta. (Omicron CMC 356- esite, 2014.)



Kuva 10. Omicron CMC 356

Testauslaite tarvitsee releiden testauksessa Omicron Test Universe- ohjelmiston (Kuva 12), jossa on monipuolisia testausmoduuleita ja ohjelmalla voidaan kontrolloida testaussignaaleja, prosessoida mittaustietoja ja luoda raportteja. Ohjelma esittää testaustulokset esim. vektoreina ja useilla muilla tavoilla. Omicron CMC- laitteen ja testausohjelman manuaaleissa neuvotaan kytkentöjen te-

keminen testauslaitteelle. Liitteessä 1 on opinnäytetyön tuloksena laadittu suo-
jareleen koestuksen ohjeistus.



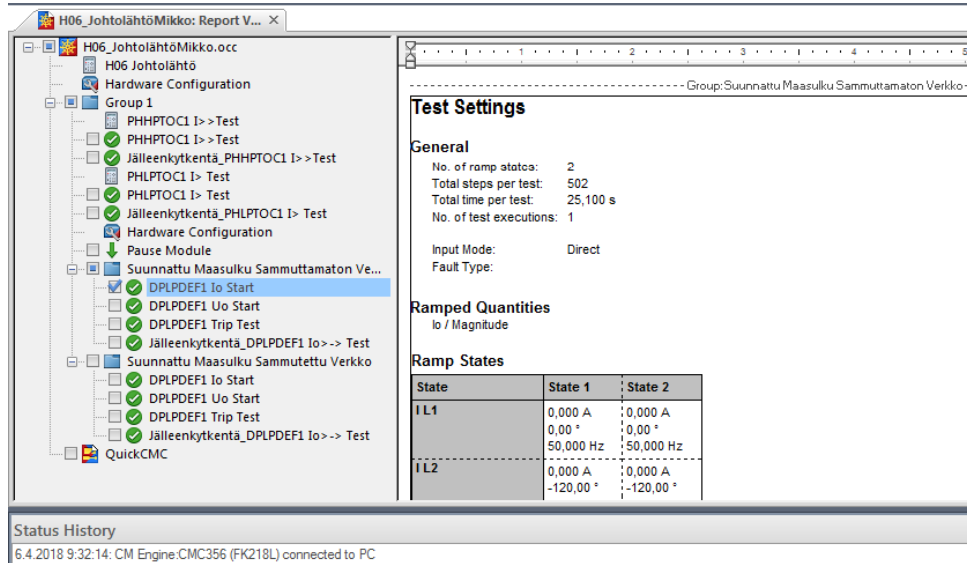
Kuva 11. Omicron Test Universe

8.2 Releen testaus

Suojareleen testauksessa käytettiin Omicron CMC 356- laitetta, jolla voidaan testata suojarleen toimintoja, kuten releen ylivirta- ja maasulkusuojauksia. Sähkövoimatekniikan laboratorion suojarleille oltiin jo tehty toiminnalliset testaukset ABB: n toimesta joulukuussa 2013. Opinnäytetyössä käytettiin valmiita testauspohjia, jotka löytyvät laboratorion kannettavalta PC: ltä. Testauspohjat ovat työpöydällä Omicron testit- kansiossa. Testeissä on jo releiden asettelutiedot kirjattuina ja testilaitteen syöttöarvot valmiina eikä niitä muutettu. Hardware Configuration- osiossa näkyy kuinka Omicron- laite kytketään releelle. Laboratorion kennoille on kytkentäkaaviot suojarleiden testaukseen, kuten esimerkiksi liite 7, jota käytettiin tässä opinnäytetyössä.

Johtolähtökennoa testatessa käytettiin valmiita testipohjia. Kuvassa näkyvät jo aiemmin johdonsuojareleelle tehdyt testit ja mikäli releen suojauksia halutaan testata myöhemmin uudelleen esim. sähkövoimalaboratorion harjoitustöissä,

voidaan jokin valmiista testimoduuleista valita ja ajaa testi uudelleen. Kuvassa (13) on esimerkiksi valittuna Suunnattu Maasulku Sammuttamaton Verkko DPLPDEF1 Io Start.



Kuva 12. Omicron testausmoduulit

Suojareleen testaaminen aloitettiin siten, että testauslaitteen syöttöjohdot kytkettiin virtamuuntajien toisioon, kennossa oleviin XDA- riviliittimiin. Kytkeäntöjen tekeminen releelle on esitetty piirikaaviossa (Liite 4) ja Omicronin valmiin testipohjan Hardware Configuraatiossa (Kuva 13). Hardware Configuraation Analog Outputs- osiossa on kytkeäntöohje, kuinka testilaitteen virta- ja jännitelähdöt kytketään releen XDA- riviliittimille. Binary/Analog Inputs- osiossa on kytkeäntöohje testilaitteen input- signaaleille. Binääri- ja analogiatuloilla saadaan laukaisu- ja havahtumistiedot suojareleeltä. Kuvassa (14) näkyy Binary/Analog Inputs kytkeäntöohjeet.

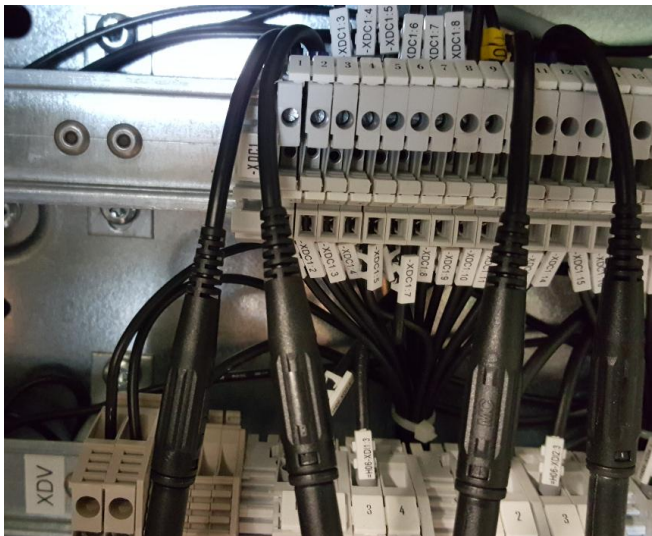
Hardware Configuration																	
General			Analog Outputs				Binary / Analog Inputs				Binary Outputs						
Test Module Output Signal	Display Name	Connection Terminal	CMC356 V A FK218L				CMC356 V B FK218L		CMC356 I A FK218L				CMC356 I B FK218L				
			1	2	3	N	1	N	1	2	3	N	1	2	3	N	
VL1-E	N																
	da						X										
	dn							X									
IL1	IL1	XDA:1								X							
IL2	IL2	XDA:4									X						
IL3	IL3	XDA:6										X					
	N	XDA:9											X				
I(1)-1	Io	XDA:41												X			
	IoN	XDA:42															X

Kuva 13. Hardware Configuration kytkentäohje

Hardware Configuration																								
General			Analog Outputs				Binary / Analog Inputs				Binary Outputs													
Test Module Input Signal	Display Name	Connection Terminal	CMC356 FK218L																					
			Binary	Binary	Binary	Binary	Binary	Binary	Binary	Binary	Binary	Binary	Binary	Cour										
	Function		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>											
	Potential Free																							
	Nominal Range																							
	Threshold																							
Test Module Input Signal	Display Name	Connection Terminal	1+	1-	2+	2-	3+	3-	4+	4-	5+	5-	6+	6-	7+	7-	8+	8-	9+	9-	10+	10-	1	2
Trip	Trip	XDC1:1 / XDC1:2	X																					
Start	Start	XDC3:5 / 6					X																	
Bin. in 3	CB Close	XDC1:11 / 12									X													

Kuva 14 Binary/Analog inputs

Trip- signaalit kytkettiin riviliittimiin XDC1:1 ja XDC1:2 (Kuva 15).



Kuva 15. Trip signaalin kytkeminen

Relettä testatessa tuli kuitenkin ilmi, että Omicronin syöttämät koestusvirrat näyttivät releen näyttöpaneelilla väärin. Omicronilla syötettiin virtamuuntajien toisiota vaihevirroilla:

L1: 1A, L2: 2A, L3: 3A.

Releen käyttöpaneelilla vaiheiden virrat näyttivät kuitenkin:

L1: 0,6A L2: 2,1A L3: 2,7A.

Kennon ensiön ja toision virtamuuntajien muuntosuhde on 50/5 A (kuva 17) eli kerroin olisi silloin 10 ja releelle syötettyjen virtojen tulisi näkyä releen paneelilla 10- kertaisina eli:

L1: 10A, L2: 20A, L3: 30A.

Parameter Setting

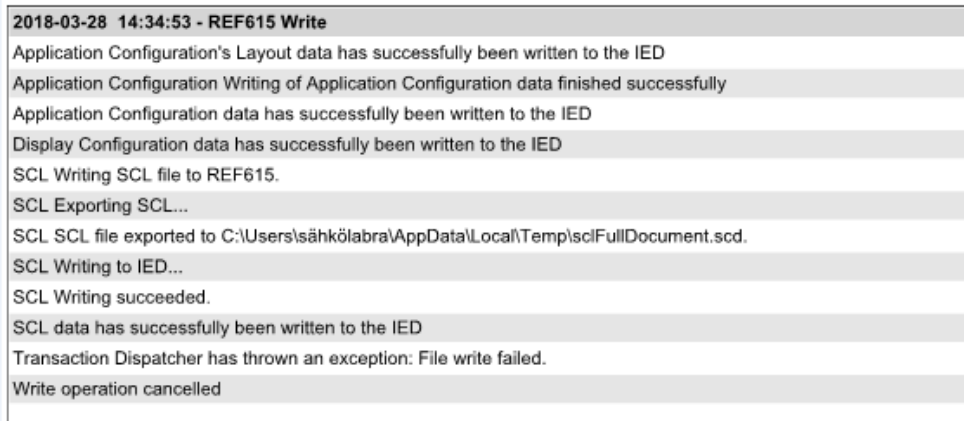
Parameter Name	IED Value	New Value	Unit	Min.	Max.	Step
Secondary current	5A	5A				
Primary current	50.0	50.0	A	1.0	6000.0	0.1
Amplitude corr. A	1.000	1.000		0.900	1.100	0.001
Amplitude corr. B	1.000	1.000		0.900	1.100	0.001
Amplitude corr. C	1.000	1.000		0.900	1.100	0.001
Reverse polarity	False	False				

Kuva 16. PCM600. Virtojen muuntosuhde

Testilaitteen syöttämät virrat releen virtamuuntajien toisioon mitattiin pihtimittareilla ja ne näyttivät oikein eli vika ei ainakaan ollut laitteen syötöissä. Myöskin virtamuuntajan toision ja releen taakse, riviliittimille menevien johtojen välinen yhteys oli kunnossa, kun niiden välinen yhteys mitattiin testerillä. Seuraavaksi käytiin lävitse testaukseen kuuluvat kytkentäohjeet, jos niissä olisi ilmennyt virheitä. Kytkennät ja kytkentäohjeet todettiin oikeiksi, eikä myöskään Omicron-testilaitte herjannut mitään, että kytkennöissä olisi virhe. Myös releen parametrisarvoja käytiin lävitse, mutta niissäkään ei ilmennyt mitään poikkeavaa.

Seuraavaksi releelle asennettiin uudelleen releen konfiguraatio PCM600- ohjelmalla, jota käytetään suojareleiden asetteluiden muokkaamisessa ja ohjelmoinnissa. Laboratorion kannettavalla PC: llä oli ohjeet releen konfiguraatioon.

Kannettavalla PC: llä oli PCM600: sta kaksi versiota; 2.5 ja 2.6. Konfiguraatiota yritettiin ensin ladata uudelleen PCM600 2.5- versiolla, mutta ohjelma ei antanut ajaa asennusta loppuun asti. Ohjelma lähti asentamaan konfiguraatiota releelle, mutta asennusprosessin kommenttikenttään tuli aina lopulta cancel- viesti eli ohjelman asentaminen keskeytyi (kuva 18).

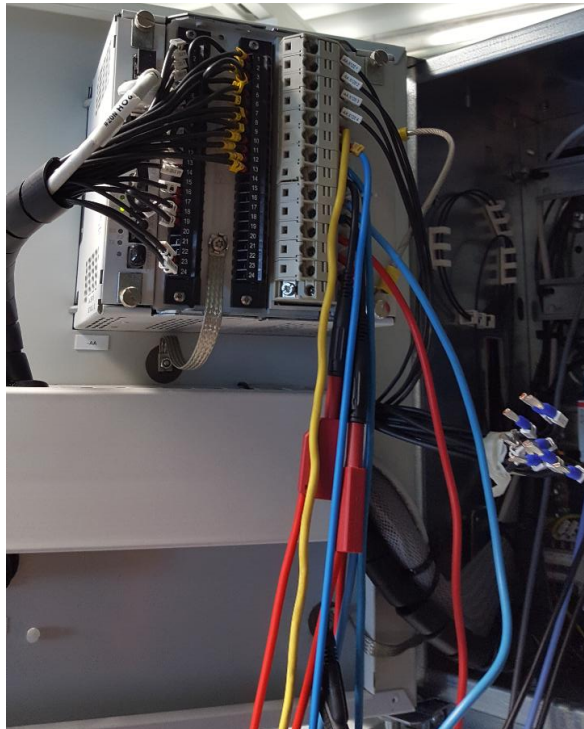


Kuva 17. Asennuksen keskeytyminen

Konfiguraation kirjoittaminen ei siis onnistunut 2.5 versiolla, joten seuraavaksi kokeiltiin uudempaa versiota, jolla konfiguraation kirjoittaminen releelle onnistui. Kirjoittaminen sujui tällä kertaa myös paljon nopeammin. Kirjoittamisen jälkeen rele käynnistyi uudelleen ja asennusprosessin kommenttikenttään tuli success- viesti eli kirjoittaminen onnistui. Asennuksen epäonnistuminen johtui todennäköisesti siitä, kun releelle yritettiin kirjoittaa uusinta projektiversiota (2015) vanhemmalla PCM600- 2.5 versiolla. Releen konfiguraation lataamisessa olisi pitänyt käyttää PCM600: n uudempaa versiota. Laboratorion demolaitteistolle ja keskijännitekojeistoille oli useampi ns. konfiguraatioprojekti ja niillä oli eri päiväykset. Kun laboratoriossa demolaitteistot ja kojeistot otettiin käyttöön, niille asennettiin silloin projekti, jonka päiväys oli 29.10.2013. Tuolloin releiden ohjelmoinnissa käytettiin 2.5 versiota. Myöhemmin releitä on kuitenkin päivitetty ja silloin niille asennettiin uusi konfiguraatioprojekti (31.3.2015) PCM: n 2.6 versiolle. Eli jatkossa pitää käyttää ohjelmien ja projektien uusimpia versioita, mikäli releille joudutaan asentamaan konfiguraatioita uudelleen.

Releelle siis saatiin asennettua uudelleen sen konfiguraatio, mutta Omicronin syöttämät vaihevirratt näyttivät edelleen väärin releen paneelilla eikä Omicronin

ajamia testejäkään saatu ajettua halutulla tavalla lävitse. Aluksi siis suojarlettä pyrittiin testaamaan siten, että Omicronin syötöt kytkettäisiin virtamuuntajien toisioon, jolloin testattaisiin samalla suojauspiirien toimintoa. Tällä tavalla syötettävät virrat näyttivät releen paneelilla väärin ja virrat ikään kuin katosivat jonnekin. Omicronin kytkettiin lopulta releen taakse riviliittimille (Kuva 18). Tällöin testattiin siis pelkästään suojarlettä, koska virtamuuntajien toisiopuolen suojauspiiri ei toiminut. Virtamuuntajilta tulevat johdot irrotettiin releen takaa.



Kuva 18. Kytkeä suojarleeseen taakse.

Suojarelettä testattiin aluksi yksinkertaisesti siten, että suojarleelle syötettiin ylivirtaa sen verran että releellä tapahtuisi hälytys ja rele antaa katkaisijalle laukaisukäskyn. Tällä tavalla Omicronin toiminnasta pääsi helpommin perille ja samalla pääsi näkemään, kuinka rele käyttäytyy vian sattuessa. Omicronin käyttö, kytkentäohjeet releelle ja simuloinnin tulokset on selitetty opinnäytetyön liitteissä. Liitteissä 4(Io.Start) ja 5(Ylivirta, alempi porras) ovat vikojen laukaisusta saadut häiriöraportit. Häiriöraporttien analysointi jätettiin työn ulkopuolelle. Häiriöraportit on luotu PCM600- ohjelman Disturbance Handling- toiminnolla. Ohjelma lukee ensin häiriötiedot IED: ltä ja jonka jälkeen ohjelma kirjoittaa tiedot PC: lle johon PCM600 on asennettu.

Reletestauksessa ei perehdytty valmiiden simuloiden asetteluarvoihin eikä suo-
jauksien toimilohkoihin, koska relesuojaus ei ollut tämän opinnäytetyön pää-
aiheena. Työn sisällöstä olisi muuten tullut liian laaja. Liitteissä kerrotaan vain
lyhyesti testien eri vaiheet.

9 POHDINTA

Opinnäytetyön tekeminen oli mielenkiintoista ja välillä haastavaakin oppimisympäristöön liittyvän materiaalin laajuuden vuoksi. Työn tavoitteena oli perehtyä 20 kV johtolähdön käyttöön ja relekoestukseen oppimisympäristössä. Aihepiirin laajuuden vuoksi työ päätettiin rajata siten, että johtolähtöä ja siihen liittyvää opetuslaitteistoa perehdyttiin tarkastelemaan enemmän komponenttitasolla, eikä laitteiden teknisiin ratkaisuihin perehdytty syvällisesti ja jotain asioita jätettiin pois.

Työ aloitettiin tutustumalla opetusympäristöön laitteistoon, joiden pohjalta rajattiin ja kirjoitettiin opinnäytetyön kirjoitusosuus. Opinnäytetyöhön liittyvä relesuojaus oli itselleni uutta asiaa ja se tuotti eniten haasteita opinnäytetyöhön liittyvässä suojarelekoestuksessa. Simuloinnin ja häiriöraporttien tuloksien tarkastelussa, suojaustoimintojen eri vaiheita alkoi kumminkin ymmärtää enemmän. Opin myös käyttämään PCM600- ohjelmaa kun releelle ladattiin uutta konfiguraatiota ja häiriöraporttien luontia sekä ohjelman käyttöä yleisesti. Opin myöskin sähköasema-automaatiosta, laitteiden välisestä toiminnasta ja siihen liittyvästä tiedon kulusta vikatilanteissa.

Tämän opinnäytetyön suojareleen simuloinnin tuloksia, testien eri vaiheiden selostuksia, kytkentäohjeita voidaan jatkossa käyttää opetuskäytössä ja mikäli johtolähdön relesuojaukseen halutaan tehdä yksityiskohtaisempia testejä esimerkiksi oppilastöissä.

LÄHTEET

ABB 2008. Johdonsuojarele REF615. Viitattu 29.11.2017

https://library.e.abb.com/public/16d986d2754c9e35c12574f300419948/REF615_broch_756572_LRFIb.pdf

ABB 2010. MicroSCADA Pro SYS-600C 1.93 Product Guide. Viitattu 07.12.2017

https://library.e.abb.com/public/1d426c28c71a9918c1257888003b1c1f/SYS%20600C_pg_757258_ENa.pdf

ABB 2014. MicroSCADA Pro for substation automation. Viitattu 07.12.2017

http://www.halici.com/images/halici/otomasyon/ABB_Microscada_Pro_Brochure.pdf

Aura, L. & Tonteri, A. 1993. Sähkölaitostekniikka. Helsinki: WSOY.

Elovaara, J. & Laiho, Y. 2007. Sähkölaitostekniikan perusteet. 6.painos. Helsinki: Hakapaino Oy.

Elovaara, J. & Haarla, L. 2011a. Sähköverkot 1. 1.painos. Helsinki: Otatiето Oy.

Elovaara, J. & Haarla, L. 2011b. Sähköverkot 2. 1.painos. Helsinki: Otatiето Oy.

Energiäteollisuus 2006. Verkostosuositus RJ 19:06.

Lakervi, E & Partanen J. 2008. Sähkönjakelutekniikka. Helsinki: Otatiето.

Monni, M. 2015. Jakeluverkon käyttötehtävät. 5.painos. Hämeenlinna: Laine Direct Oy.

Mörsky, J. 1993. Relesuojaustekniikka. 2.painos. Hämeenlinna: Karisto Oy

Rita, O. 2014. Laboratorion kaukokäyttöjärjestelmä. ABB

Siemens 2017. RUGGEDCOM RSG 2100. Viitattu 12.12.2017

<https://w3.siemens.com/mcms/industrial-communication/en/rugged-communication/products/switches-routers-layer-2/Pages/rsg2100.aspx>

Satel Oy www-sivut 2017. Viitattu 9.12.2017
<https://www.satel.com/fi/tuotteet/radiomodeemit/satellar-xt-5rc/>

LIITTEET

Liite 1. Työohje REF 615 suojaraleen koestukselle

Liite 2. DEFLPDEF Io Start

Liite 3. PHLPTOC1, Ylivirta, alempi porras

Liite 4. DEFLPDEF 1 Io Start Häiriöraportti

Liite 5. PHLPTOC1, Ylivirta, alempi porras Häiriöraportti

Liite 6. DEFLPDEF 1 Io Start Häiriöraportti

Liite 7. Kenno H06 Suojauskaavio

Liite 8. REF615 käyttö paneelilta

Liite 9. H06 Katkaisijan ohjaus microSCADAlla

Liite 10. Ilmalinjan erottimen ohjaus SCADAlla

QuickCMC Ylivirta

Releen testauksessa käytettiin valmista testipohjaa ja sieltä valittiin QuickCMC-testimoduuli, joka on ensikertalaiselle helposti lähestyttävä, kun testauslaitetta käyttää ensimmäistä kertaa. Ensimmäisessä testauksessa releelle syötettiin vain sen verran virtaa, jolla suojarle saadaan antamaan katkaisijalle avautumiskäske ja ilmoitus ylivirrasta suojarleen käyttöpaneelille.

Tarvittavat laitteet:


Omicron CMC 356

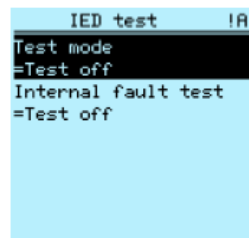
Laboratorion kannettava PC, jossa asennettuna Test Universe

Ruuvinväännin

Työn aloitus

1. Suojarle REF 615 asetetaan koestustilaan ennen kuin digitaalilähdöt ja tietyt suojausten lähtösignaalit voidaan valita käyttöön. Koestustila voidaan ottaa käyttöön paikallisessa käyttöliittymässä. Kun vihreä Ready-merkkivalo vilkkuu, koestustila on käytössä. Ohjeet löytyvät 615-sarjan Käyttöohje-kirjasta 8.6 Suojarleen toiminnan koestus.

1. Valitse **Main menu / Tests / IED test / Test mode** ja paina .



Kuva 88: Koestustilaan siirtyminen

2. Valitse koestustila  - tai -painikkeella.
3. Vahvista valinta painamalla .



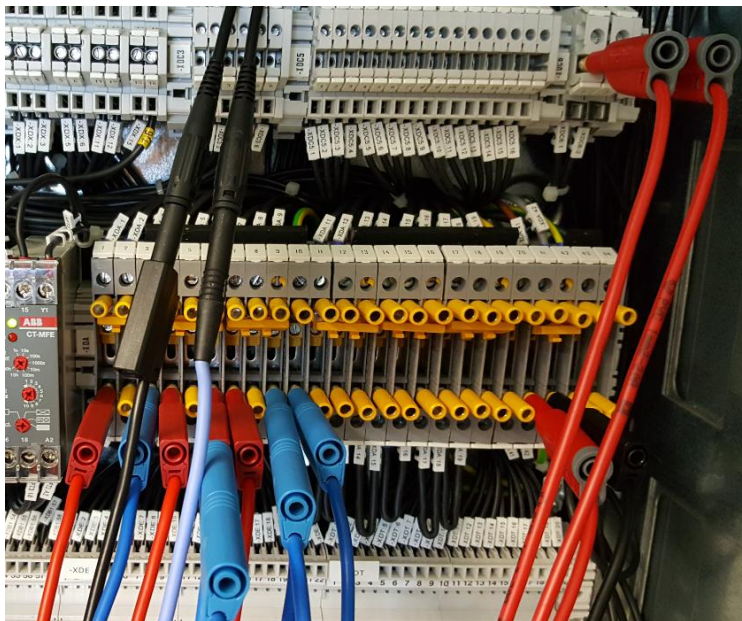
Jos koestustilaa ei peruta, se pysyy päällä ja Ready-merkkivalo jää vilkkumaan.

Kuva 1. Koestustilan valinta paneelistä

Liite 1. Työohje REF 615 suojarleen koestukselle

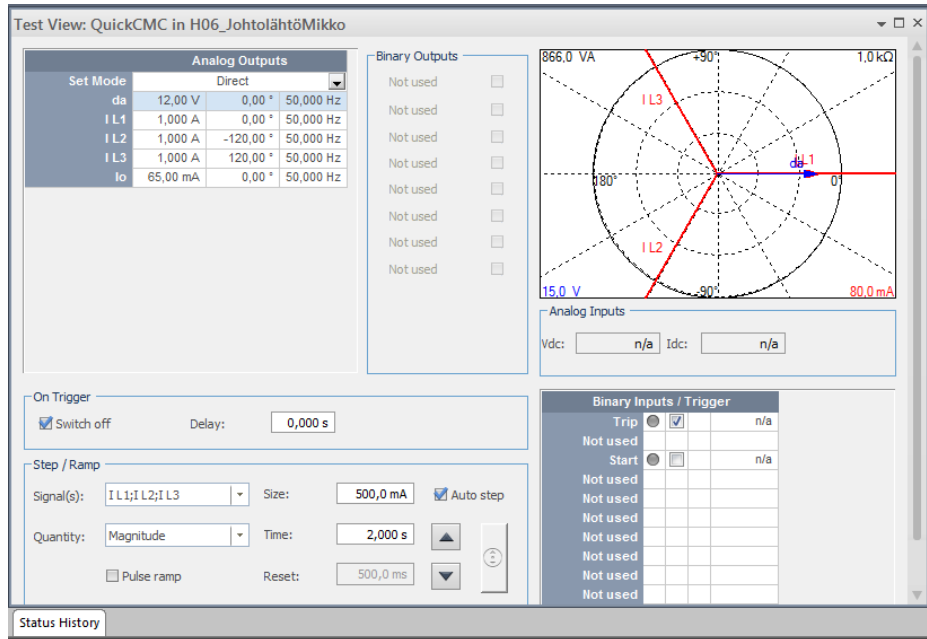
2(5)

2. Muodostetaan USB- kaapeli/Ethernetkaapeli yhteys Omicron 356- laitteen kannettavan PC: n välille. Avaa Omicron Devices työpöydältä. Valitse testauslaite ja paina hiiren oikeaa näppäintä ja valitse Associate komento. Associate komennolla varmistetaan läppärin ja testauslaitteen välinen yhteys.
3. Avataan releen riviliittimien virtamuuntajien toisiopuolen XDA kytkentäliuskat.
4. Kun yhteys on kunnossa, kytketään johdot testauslaitteen Current Output A: sta riviliittimille: vaihe 1 XDA:1, vaihe 2 XDA:4, vaihe 3 XDA:7 ja nolla XDA: 9. Koestuksen kytkentä näkyy liitteestä 2.



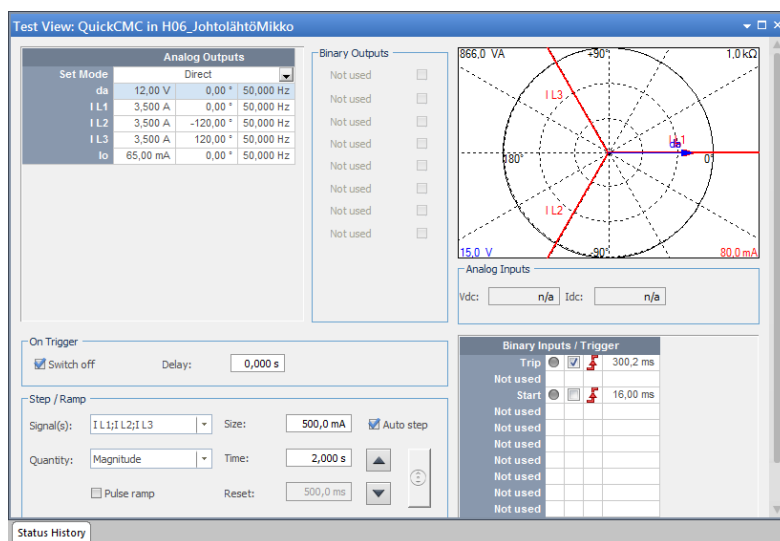
Kuva 2. Kytkentä XDA riviliittimille

5. Avataan Test Universe ohjelma ja valitaan QuickCMC moduuli. Asetetaan virta-arvot kenttiin IL1, IL2 ja IL3 esim. 1A ja näiden viereisille kentille virtojen kulmat asteina. Virtaa nostettiin portaittain 500mA, 2s välein (Kuva 22).



Kuva 3. Virtojen lähtöarvot

6. Tarkistetaan kytkennät ja että kytkentäliuskat ovat auki.
7. Käynnistetään Omicronin syöttö Start- painikkeesta.
8. Test View näkymässä (Kuva 4) näkyy virta-arvot tai jännitteet sekä vaihevektorit symmetrisessä tilanteessa.



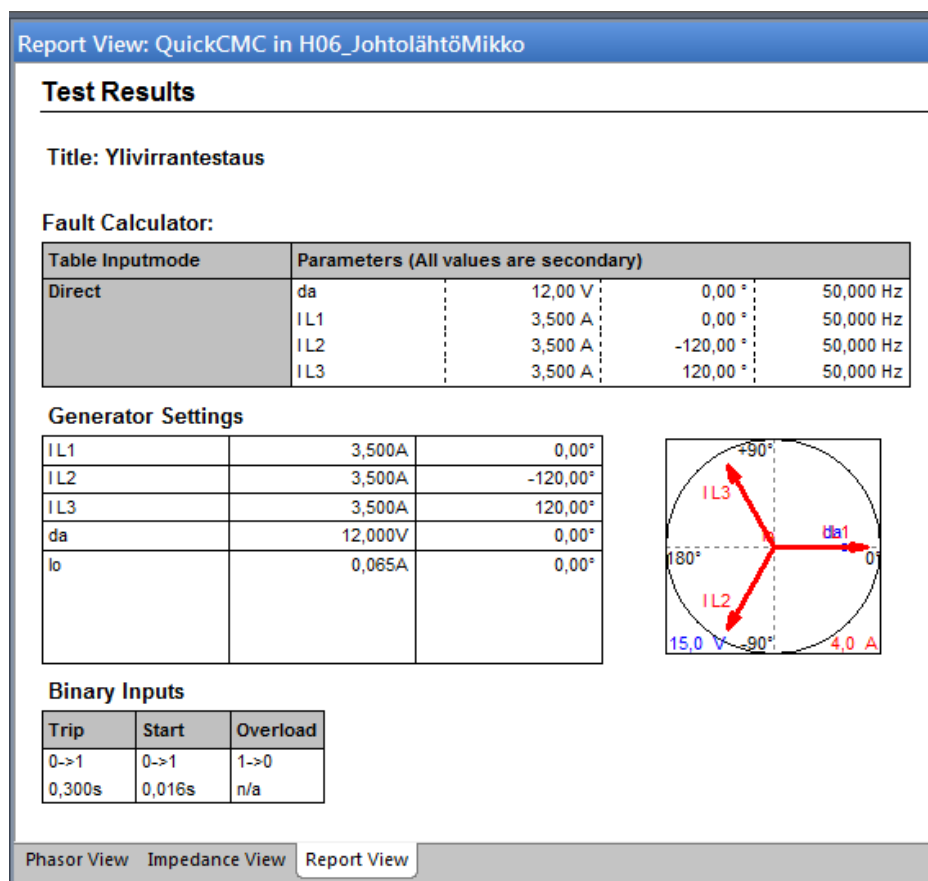
Kuva 4. Vaihevirit

Releen katkaisukäskyyn kuluva aika, kun releen raja-arvot ovat ylittyneet (Kuva 5).

Binary Inputs		
Trip	Start	Overload
0->1	0->1	1->0
0,300s	0,016s	n/a

Kuva 5. Trip.

Testin tulokset otettiin ylös Add to Report- toiminnolla. Kun tuloksia kirjoitetaan raporttiin, ohjelma pyytää antamaan testille nimen ja valitsemaan oliko testi onnistunut (Passed) tai epäonnistunut (Failed) (kuva 6).



Kuva 6. Report View näkymä

Liite 1. Työohje REF 615 suojarleen koestukselle

5(5)

Kun testi on saatu ajettua lävitse ja onnistuneesti, testimoduulista poistutaan ”Exit” painikkeesta, jonka jälkeen palataan takaisin johtolähdön testipohjaan (Kuva 7).

The screenshot shows a software interface for testing a generator. The left pane displays a tree view of the test configuration, including hardware configuration and various test modules. The main area shows the following data:

Generator Settings			
IL1	3,500A		0,00°
IL2	3,500A		-120,00°
IL3	3,500A		120,00°
da	12,000V		0,00°
Io	0,065A		0,00°

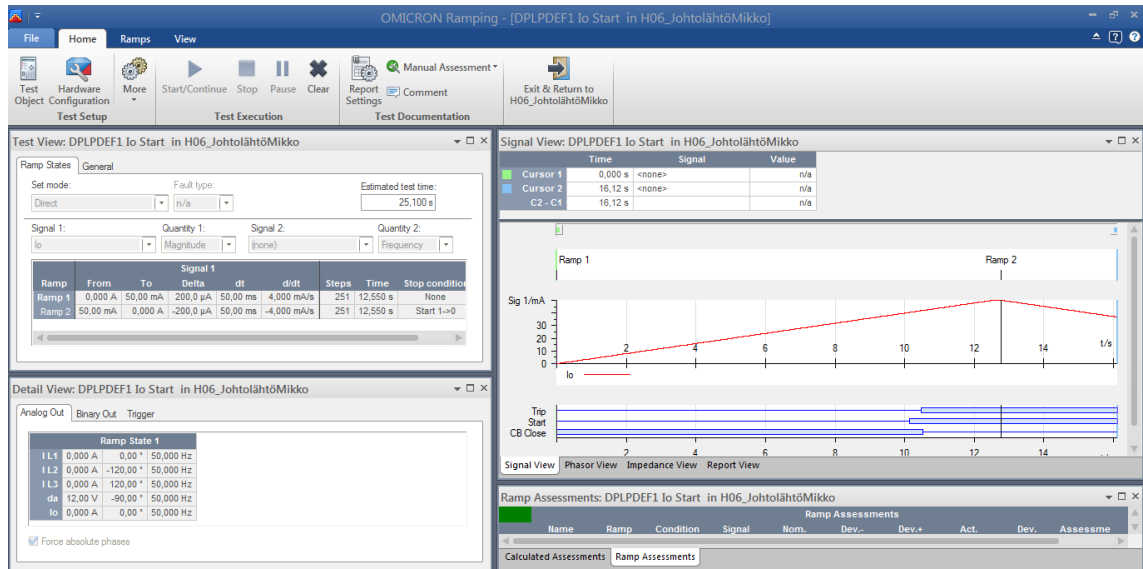
To the right of the table is a phasor diagram showing three current vectors (IL1, IL2, IL3) and a voltage vector (da) in a 3-phase system. The diagram includes angle markers for 90°, 180°, and -90°, and labels for 15,0 V and 4,0 A.

Binary Inputs		
Trip	Start	Overload
0->1	0->1	1->0
0,300s	0,016s	n/a

Summary
 1 tests passed, 0 tests failed, 0 tests not assessed
 Test passed 100,00% passed

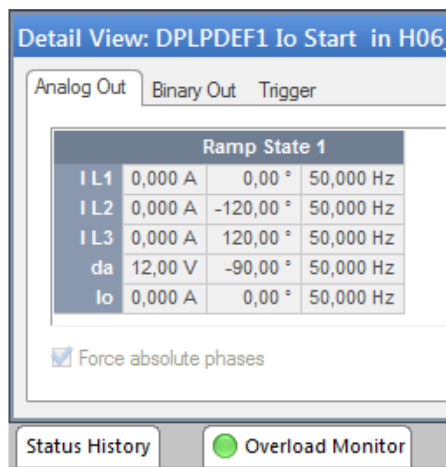
Kuva 7. Testipohja

Tässä työssä testattiin suunnattua maasulkusuojausta eristetyssä verkossa. Simuloinnissa käytettiin aikaisemmin mainittua testipohjaa, joka löytyy laboratorion kannettavalta PC: ltä. Testissä käytettiin Ramping- moduulia (Kuva 8).

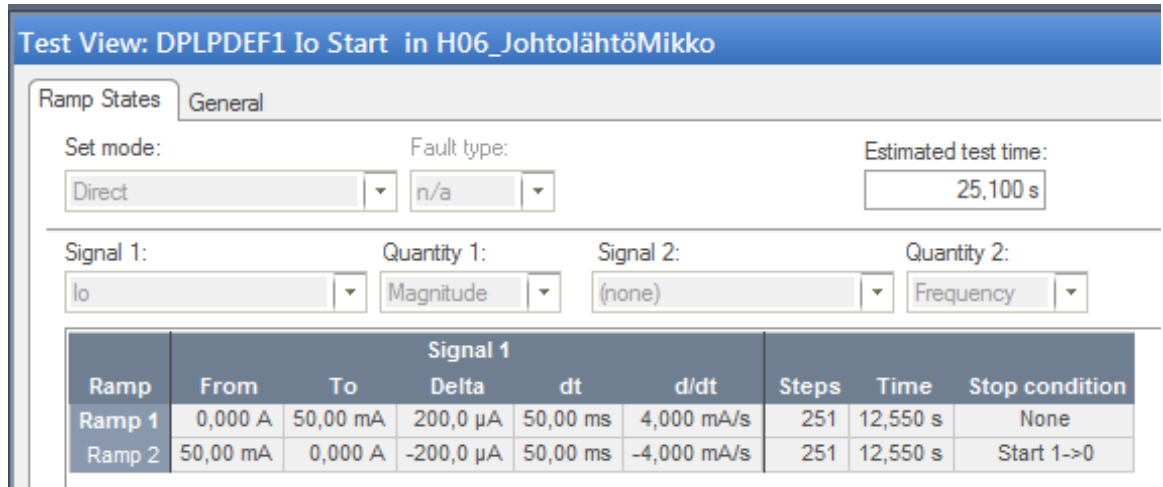


Kuva 8. Ramping- moduuli

Ramp 1 aikana testauslaite syötti nollajännitettä 12 V (Kuva 9). Tässä simuloinnissa rampeja oli kaksi; Ramp 1 ja Ramp 2 (Kuva 10). Rammit mittasivat testissä nollavirtaa Io.

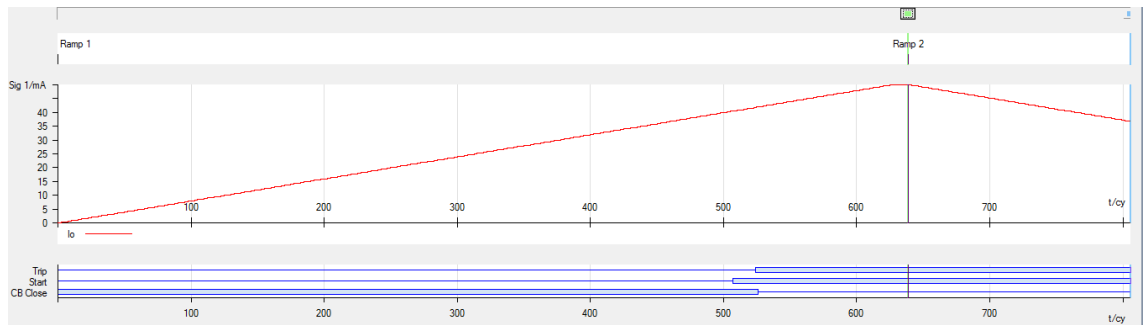


Kuva 9. Ramp1. Syöttöarvot



Kuva 10. Io Rampit

Testi alkaa, kun Ramp 1 lähtee nostamaan nollavirtaa. Lähtöarvona oli 0,000 ampeeria ja sitä nostettiin 50 milliampeeriin saakka. Vikavirran nousun aikana releellä tapahtuu havahtuminen. Kun virran nousu jatkuu havahtumisen asetteluvaron jälkeen, antaa rele katkaisijalle laukaisukäskyn. Laukaisun jälkeen alkaa Ramp 2 vaihe, jonka aikana nolla virta laskee (Kuva 11).



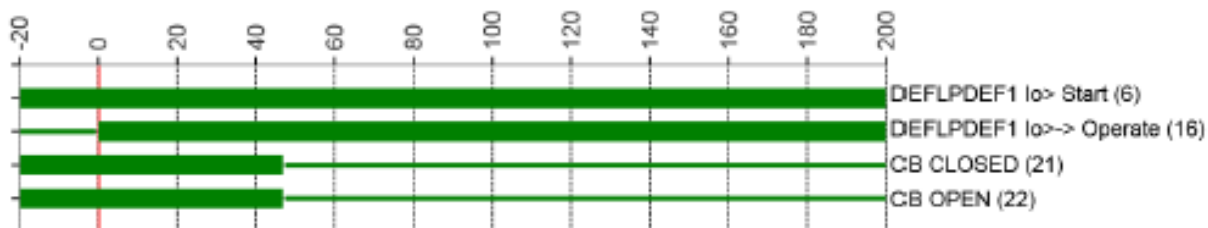
Kuva 11. Nollavirran nousun kuvaaja.

Kuvassa 28. näkyy myös Trip, Start ja CB Close toimintojen aikajana, jotka näkyvät sinisinä palkkeina. Kun Ramp 1:n lähtee nostamaan nollavirtaa, katkaisija on vielä kiinni (CB Close). Virran nousun aikana menee Start toiminto (havahtuminen) päälle tietyn asetteluvaron jälkeen. Nollavirran noustessa tarpeeksi suureksi, suojarle antaa laukaisukomennon (Trip) katkaisijalle (Kuva 12).



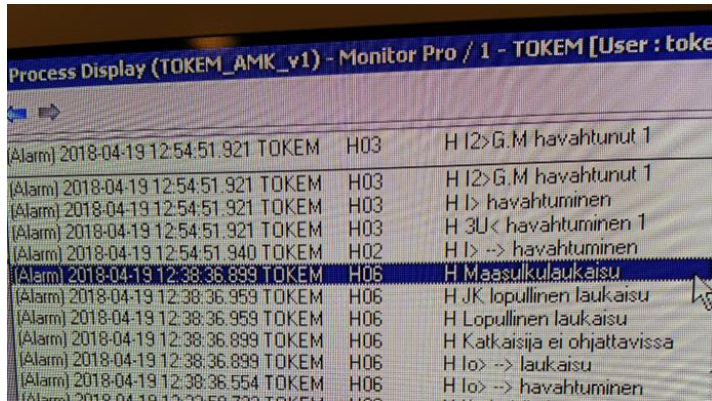
Kuva 12. Maasulun laukaisu releellä

Häiriöraportin liitteen aikajanasta nähdään myös mitkä suojaustoiminnot menevät päälle (Kuva 13).



Kuva 13. Häiriöraportin aikajana ja suojaustoiminnot

Rampissa 1 nollavirta nousi sen verran, että releellä tapahtuu havahtuminen, ja microSCADA saa tiedon suojauksen havahtumisesta. Kun nollavirta pysyy asetuksen yläpuolella, toimintaviiveen jälkeen suojausantaa laukaisukäskyä katkaisijalle ja hälytysilmoituksen valvomoon SCADAlle (Kuva 14).



Kuva 14. microSCADA. Ilmoitus ja hälytys maasulusta

Suojauksen laukaisu tapahtui nollavirran ollessa 40,4 milliampeeria (Kuva 15).

Ramp Assessments: DPLPDEF1 Io Start in H06_JohtolähtöMikko											
Ramp Assessments											
	Name	Ramp	Condition	Signal	Nom.	Dev.-	Dev.+	Act.	Dev.	Assessme	Tact
1	Pick-up	Ramp 1	Start 0->1	Io	40,00 mA	5,000 mA	5,000 mA	40,40 mA	400,0 µA	✓	34,90 ms
2	Drop-off	Ramp 2	Start 1->0	Io	38,40 mA	5,000 mA	5,000 mA	36,80 mA	-1,600 mA	✓	42,20 ms

Kuva 15. Ramp Assessments.

Häiriöraportin liitteessä Io- virran suuruudeksi on mitattu 0,203 ampeeria. Suoja-releen parametriasetuksissa Io- virralle ensiön ja toision muuntosuhteeksi on ilmoitettu 5/1 (Kuva 16). Häiriöraportissa mitattu 203 milliampeeria olisi siis ensiöpuolen mitattu arvo. Eli muuntosuhteen ollessa viisi ja toisiopuolen mitatun arvon ollessa 40,4 mA, tästä voidaan laskea ensiöpuolella mitattu nollavirta eli

$$5 \cdot 0,0404 \text{ A} = 0,202 \text{ A.}$$

Eli muuntosuhde on oikein.

REF615 > Configuration > Analog inputs > Current (Io,CT)

Enable Write Refresh Values Setting Group 1*

Parameter Setting

Parameter Name	IED Value	New Value	Unit	Min.	Max.	Step
Secondary current	1A	1A				
Primary current	5.0	5.0	A	1.0	6000.0	0.1
Amplitude corr.	1.000	1.000		0.900	1.100	0.001
Reverse polarity	False	False				

Kuva 16. Io Muuntosuhde PCM600- ohjelmassa

Häiriöraportissa on myös mitattu nollajännite U_0 , jonka suuruus on 0,693 kV. PCM600- ohjelmassa on ilmoitettuna myös nollajännitteen parametrit ja ensiö- ja toisiopuolen muuntosuhde (Kuva 17).

REF615 > Configuration > Analog inputs > Voltage (Uo,VT)

Enable Write Refresh Values Setting Group 1*

Parameter Setting

Parameter Name	IED Value	New Value	Unit	Min.	Max.	Step
Secondary voltage	100	100	V	60	210	1
Primary voltage	5.774	5.774	kV	0.100	440.000	0.001
Amplitude corr.	1.000	1.000		0.900	1.100	0.001

Kuva 17. Nollajännitteen muuntosuhde PCM600 ohjelmassa

Muuntosuhde nollajännitteelle on

$$5774/100V = 57,74.$$

Kun laitteen syöttämä jännite 12 voltia kerrotaan muuntosuhteella 57,74 saadaan

$$12 V * 57,74 = 692,88 V.$$

Ensiöpuolen mitattu nollajännite on oikein.

Nollavirran ja nollajännitteen kulmien ero on

$$214,4^\circ - 123,6^\circ = 90,8^\circ.$$

Häiriöraportissa näkyy nollavirran ja nollajännitteen kulmat, joissa on likimain 90° ero.

Kun testi ajettiin onnistuneesti lävitse, siitä tehtiin raportti aikaisemmin mainitulla Add to Report- toiminolla (Kuva 18).

Test Module

Name: OMICRON Ramping Version: 3.00
 Test Start: 19-huhti-2018 12:47:20 Test End: 19-huhti-2018 12:47:40
 User Name: Manager:
 Company:

Test Results

Assessment Results

Name/ Exec.	Ramp	Condition	Sig	Nom.	Act.	Tol.-	Tol.+	Dev.	Assess	Tact
Pick-up	Ramp 1	Start 0->1	lo	40,00 mA	40,40 mA	5,000 mA	5,000 mA	400,0 µA	+	34,90 ms
Drop-off	Ramp 2	Start 1->0	lo	38,40 mA	36,80 mA	5,000 mA	5,000 mA	-1,600 mA	+	42,20 ms

Assess: + .. Passed x .. Failed o .. Not assessed

Test State:
 Test passed

Signal View Phasor View Impedance View Report View

Kuva 18. Test passed.

Liite 3. PHLPTOC1, Ylivirta, alempi porrass

1(4)

Tässä liitteessä käydään lyhyesti lävitse ylivirran suojauksen simulointia ja sen tuloksia. Kuvassa (19) on Test View- näkymä. Ylivirran testauksesta saadut häiriöraportit ovat liitteen 4 sivuilla 1-14.

State	Type	Relative To	Factor	Magnitude	Angle	t _{nom}	t _{min}	t _{max}	t _{act}	Report Time	Signal
✓	L1-L2	PHLPTOC1 I>	1,300	3,900 A	n/a	300,0 ms	260,0 ms	340,0 ms	313,8 ms		
✓	L2-L3	PHLPTOC1 I>	1,300	3,900 A	n/a	300,0 ms	260,0 ms	340,0 ms	314,5 ms		
✓	L3-L1	PHLPTOC1 I>	1,300	3,900 A	n/a	300,0 ms	260,0 ms	340,0 ms	316,1 ms		
✓	L1-L2-L3	PHLPTOC1 I>	1,300	3,900 A	n/a	300,0 ms	260,0 ms	340,0 ms	312,7 ms		

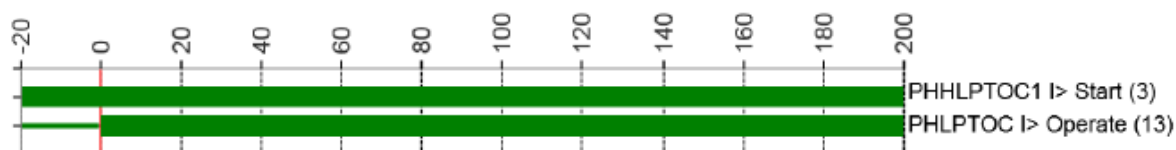
Kuva 19. Omicron Test View. Ylivirta.

Simuloinnissa testattiin ylivirran alemmaa suojausporrasta PHLPTOC1. Simulointi alkoi siten, että ensin simuloitiin yksi vaihe kerrallaan L1, L2 ja L3 (Kuva 20).

State	Type	Angle	Trip Value	Resolution	I Pick-up				I Drop-off	Reset Ratio		
					nom	min	max	act	act	nom	act	Error
✓	L1	n/a	n/a	50,00 ms	3,000 A	2,750 A	3,250 A	3,025 A	2,875 A	0,9500	0,9504	0,0435
✓	L2	n/a	n/a	50,00 ms	3,000 A	2,750 A	3,250 A	3,025 A	2,875 A	0,9500	0,9504	0,0435
✓	L3	n/a	n/a	50,00 ms	3,000 A	2,750 A	3,250 A	3,025 A	2,875 A	0,9500	0,9504	0,0435

Kuva 20. Yksivaihe testi

Häiriöraportista (Kuva 21) nähdään mitkä suojaustoiminnot menevät päälle. PHLPTOC- portaassa tapahtuu I> Operate- toiminto ja ylivirran ylemmässä portaassa PHLPTOC I> Start- toiminto. Kuvasta 21 näkyy alemman ja ylemmän portaan havahtumisjakson pituus.



Kuva 21. L1 Häiriöraportti

Alemmalla portaalla seurataan yhden vaiheen ylikuormitustilannetta ja ylempi porrás menee myös havahtumistilaan. Laukaisu tapahtuu kun L1 vaiheen ylivirta ylittää havahtumisen asetteluarvot. Havahtuminen alkaa 2,750 A ja lopullinen laukaisu tapahtuu virran ollessa 3,0250 A. Havahtuminen poistuu virran pudotessa 2,875 A: iin (Kuvat 22).

I Pick-up				I Drop-off
nom	min	max	act	act
3,000 A	2,750 A	3,250 A	3,025 A	2,875 A
3,000 A	2,750 A	3,250 A	3,025 A	2,875 A
3,000 A	2,750 A	3,250 A	3,025 A	2,875 A

Kuva 23. Havahtumisen asetteluarvot

Pick Up / Drop Off- testi testaa releen havahtumisarvoja ja havahtumistoiminnon poistumista. (Kuva 24)

Pick-up / Drop-off Test:

Type	Angle	Resolution	I Pick-up			Reset Ratio
			nom	min	max	nom
L1	n/a	0,05 s	3,00 A	2,75 A	3,25 A	0,95
L2	n/a	0,05 s	3,00 A	2,75 A	3,25 A	0,95
L3	n/a	0,05 s	3,00 A	2,75 A	3,25 A	0,95

Kuva 24. Pick Up/Drop Off- testi.

Häiriöraportin liitteessä 4 (sivu 1-2) L1- vaiheen virta havahtumisen aikajaksolla oli 30,202 ampeeria, jolla laukaisu tapahtui. Virta-arvot on esitetty häiriöraportissa ensiöpuolen virtoina. Kuvan 24 asetteluarvojen virrat ovat esitetty toisiopuolen virtoina. Alemman portaan L1- vaiheen testaus kuvastaa tilannetta, jossa yhdellä vaiheella syntyy ylikuormitustilanne. Ylikuormitustilanteissa suojaus ei ole nopea vaan suojauksella toiminnalla on viiveaika-asettelu (Taulukko 1).

Taulukko 1. PHLPTOC parametriarvot

Asetteluparametri	Asetteluarvo	Kommentti
Start value	30A	=1,2...1,5 x nimellinen
Operate delay time	300ms	
Measuring mode	DFT	

L1, L2 ja L3 testien tulokset näkyvät kuvassa 25. Laukaisu tapahtui virran ylittäessä 3,02 A. Havahtuminen poistui releeltä, kun virta laski 2,88 A

Pick-up / Drop-off Test Results:

Type	Angle	I Pick-up		I Drop-off	Reset Ratio			Result
		nom	act	act	nom	act	Error	
L1	n/a	3,00 A	3,02 A	2,88 A	0,95	0,95	0,04 %	Passed
L2	n/a	3,00 A	3,02 A	2,88 A	0,95	0,95	0,04 %	Passed
L3	n/a	3,00 A	3,02 A	2,88 A	0,95	0,95	0,04 %	Passed

Kuva 25. Yksivaihetestien tulokset

Seuraavaksi Omicron simuloi vaiheiden välisiä oikosulkutilanteita (Kuva 26). Ylivirtasuojausta käytetään yleisesti kaksi- ja kolmivaiheisissa oikosulkuvioissa.

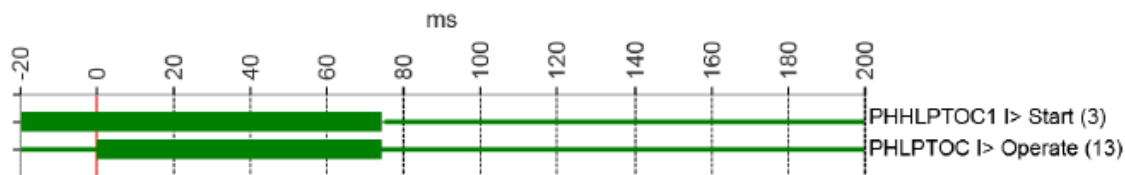
State	Type	Relative To	Factor	Magnitude	Angle	tnom	tmin	tmax	tact	Report Time	Signal
✓	L1-L2	PHLPTOC1 ▷	1,300	3,900 A	n/a	300,0 ms	260,0 ms	340,0 ms	313,8 ms		<input type="checkbox"/>
✓	L2-L3	PHLPTOC1 ▷	1,300	3,900 A	n/a	300,0 ms	260,0 ms	340,0 ms	314,5 ms		<input type="checkbox"/>
✓	L3-L1	PHLPTOC1 ▷	1,300	3,900 A	n/a	300,0 ms	260,0 ms	340,0 ms	316,1 ms		<input type="checkbox"/>
✓	L1-L2-L3	PHLPTOC1 ▷	1,300	3,900 A	n/a	300,0 ms	260,0 ms	340,0 ms	312,7 ms		<input type="checkbox"/>

Kuva 26. 2- ja 3-vaiheinen oikosulku

L1 ja L2 vaiheiden välisessä oikosulussa virtojen arvot olivat kummallakin 38,958 A. L1 ja L2 välinen oikosulkuvika näkyy häiriöraportin liitteestä 4 sivuilla 7-8. Vikavirtojen ollessa suuremmat kuin yksivaiheisessa ylivirrassa, suojausten toiminta aika oli nopeampi (Kuva 27).

Liite 3. PHLPTOC1, Ylivirta, alempi porräs

4(4)



Kuva 27. L1 ja L2 vaiheen välinen laukaisuaika

Kuvassa (45) näkyy 2- ja 3- kolmivaiheisen oikosulkutestin tulokset. Alemman virtaportaan asettelu oli 30 A ja kuvassa 28 olevan kertoimen (Factor) ollessa 1,3 saadaan virta-arvo 39 A, joka on ensiöpuolella oleva virta. Kuvassa 28 on toisiopuolen virta-arvo 3,9 A (Magnitude).

Shot Test Results:

Type	Relative To	Factor	Magnitude	Angle	tnom	tact	Overload	Result
L1-L2	PHLPTOC1 I>	1,300	3,90 A	n/a	300,0 ms	313,8 ms	No	Passed
L2-L3	PHLPTOC1 I>	1,300	3,90 A	n/a	300,0 ms	314,5 ms	No	Passed
L3-L1	PHLPTOC1 I>	1,300	3,90 A	n/a	300,0 ms	316,1 ms	No	Passed
L1-L2-L3	PHLPTOC1 I>	1,300	3,90 A	n/a	300,0 ms	312,7 ms	No	Passed

Kuva 28. 2- ja 3-vaihetestin tulokset.

Kun testi saatiin ajettua lävitse, tulokset otettiin talteen ja testimoduulista poistettiin testipohjaan (Kuva 29).

Shot Test Results:

Type	Relative To	Factor	Magnitude	Angle	tnom	tact	Overload	Result
L1-L2	PHLPTOC1 I>	1,300	3,90 A	n/a	300,0 ms	313,8 ms	No	Passed
L2-L3	PHLPTOC1 I>	1,300	3,90 A	n/a	300,0 ms	314,5 ms	No	Passed
L3-L1	PHLPTOC1 I>	1,300	3,90 A	n/a	300,0 ms	316,1 ms	No	Passed
L1-L2-L3	PHLPTOC1 I>	1,300	3,90 A	n/a	300,0 ms	312,7 ms	No	Passed

Pick-up / Drop-off Test Results:

Type	Angle	I Pick-up		I Drop-off	Reset Ratio			Result
		nom	act	act	nom	act	Error	
L1	n/a	3,00 A	3,02 A	2,88 A	0,95	0,95	0,04 %	Passed
L2	n/a	3,00 A	3,02 A	2,88 A	0,95	0,95	0,04 %	Passed
L3	n/a	3,00 A	3,02 A	2,88 A	0,95	0,95	0,04 %	Passed

State:
 7 out of 7 points tested.
 7 points passed.
 0 points failed.

General Assessment: Test passed!

Kuva 29. Testin tulokset.

Disturbance Short Report

Disturbance Recordings Information

Device Information

Station name REF615
Object name 192.168.12.16

Fault Information

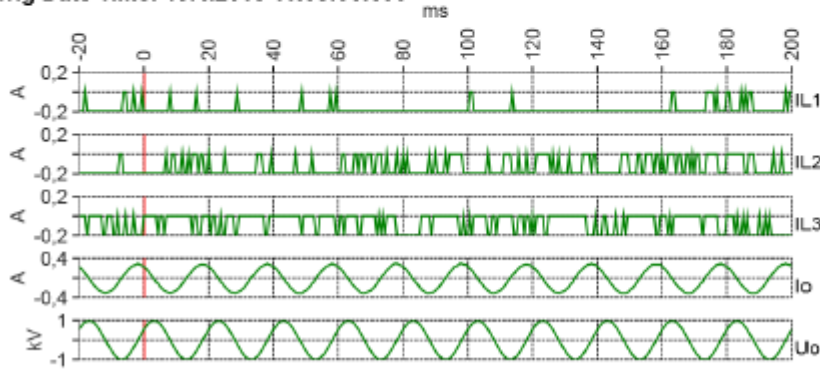
Trig date and time 19.4.2018 11:38:36.899

General Recordings Information

System frequency 50 Hz

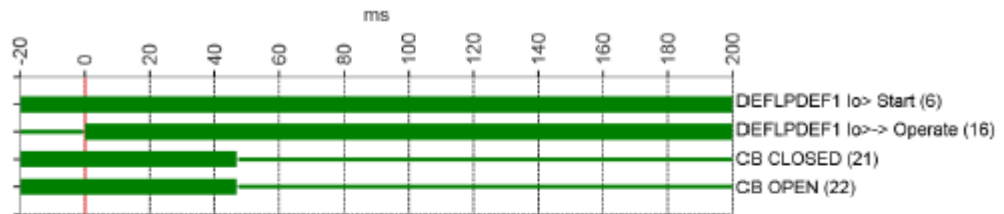
Analog Time Diagram

Trig Date Time: 19.4.2018 11:38:36.899



Binary Time Diagram

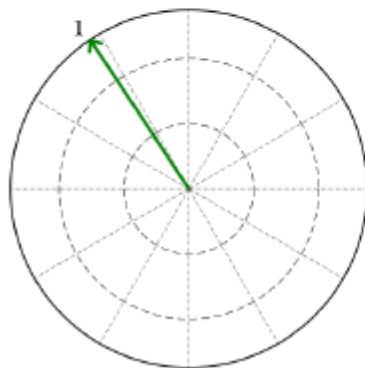
Trig Date Time: 19.4.2018 11:38:36.899



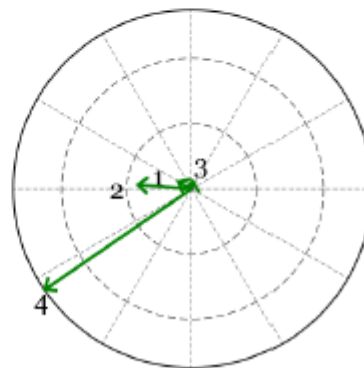
Vector Diagrams

Calculation Interval : -344,375 ms to -325,625 ms

Voltages



Currents



Liite 4.

2(2)

No.	Name	RMS	Angle	No.	Name	RMS	Angle
1	Uo	0,693(kV)	123,6°	1	IL1	0,017(A)	151,9°
				2	IL2	0,061(A)	175,6°
				3	IL3	0,009(A)	78,7°
				4	Io	0,203(A)	214,4°

Disturbance Short Report

Disturbance Recordings Information

Device Information

Station name REF615
Object name 192.168.12.16

Fault Information

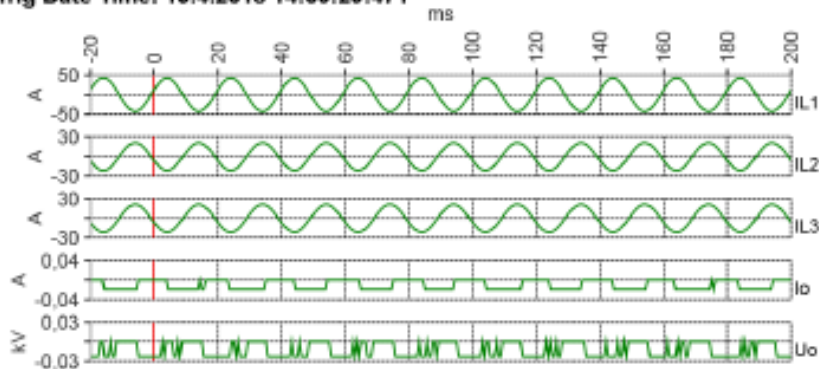
Trig date and time 19.4.2018 14:09:29:471

General Recordings Information

System frequency 50 Hz

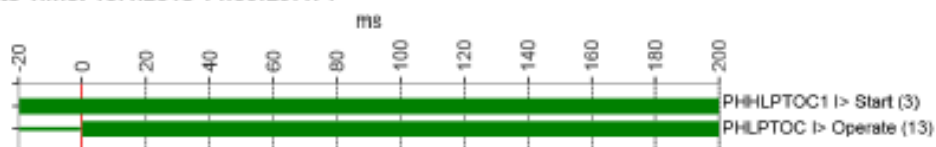
Analog Time Diagram

Trig Date Time: 19.4.2018 14:09:29:471



Binary Time Diagram

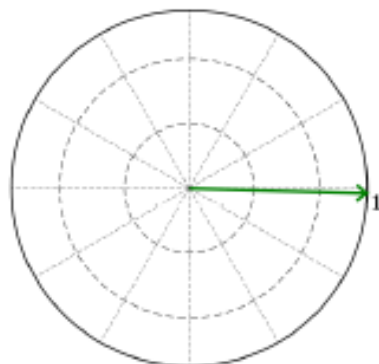
Trig Date Time: 19.4.2018 14:09:29:471



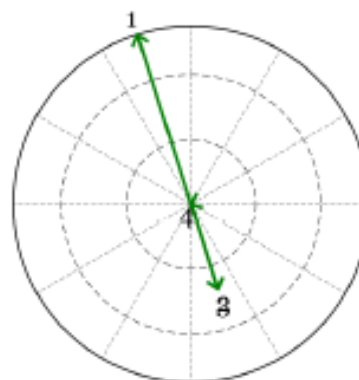
Vector Diagrams

Calculation Interval : -284,375 ms to -265,625 ms

Voltages



Currents



No.	Name	RMS	Angle	No.	Name	RMS	Angle
1	Uo	0,008(kV)	358,4°	1	IL1	30,202(A)	107,6°
				2	IL2	15,083(A)	287,6°

Liite 5. PHLPTOC1 I> Alempi porras. Häiriöraportti.

2(14)

3	IL3	15,103(A)	287,6°
4	lo	0,008(A)	202,5°

Disturbance Short Report

Disturbance Recordings Information

Device Information

Station name REF615
Object name 192.168.12.16

Fault Information

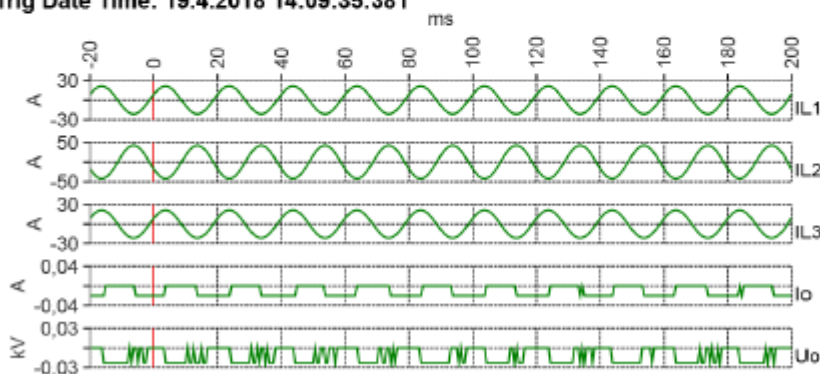
Trig date and time 19.4.2018 14:09:35:381

General Recordings Information

System frequency 50 Hz

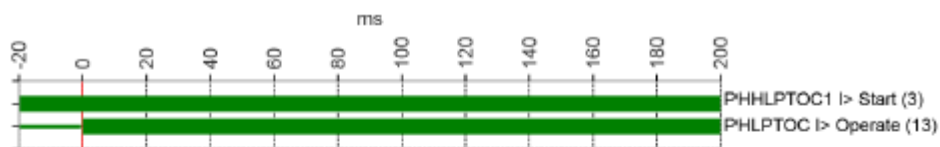
Analog Time Diagram

Trig Date Time: 19.4.2018 14:09:35:381



Binary Time Diagram

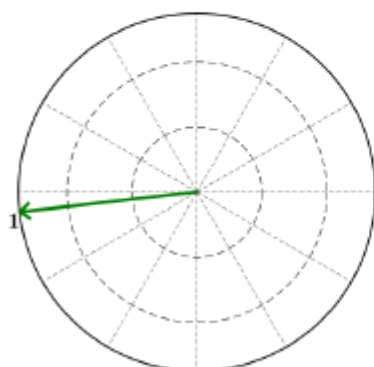
Trig Date Time: 19.4.2018 14:09:35:381



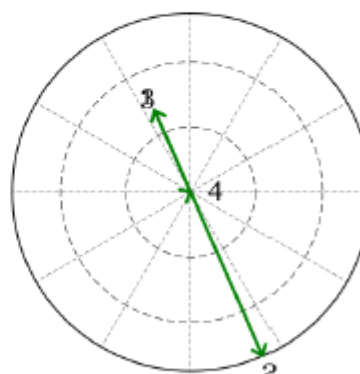
Vector Diagrams

Calculation Interval : -284,375 ms to -265,625 ms

Voltages



Currents



No.	Name	RMS	Angle	No.	Name	RMS	Angle
1	Uo	0,009(kV)	186,3°	1	IL1	15,087(A)	113,8°
				2	IL2	30,217(A)	293,8°

Liite 5. PHLPTOC1 I> Alempi porras. Häiriöraportti.

4(14)

3	IL3	15,109(A)	113,9°
4	lo	0,009(A)	28,1°

Disturbance Short Report

Disturbance Recordings Information

Device Information

Station name REF615
Object name 192.168.12.16

Fault Information

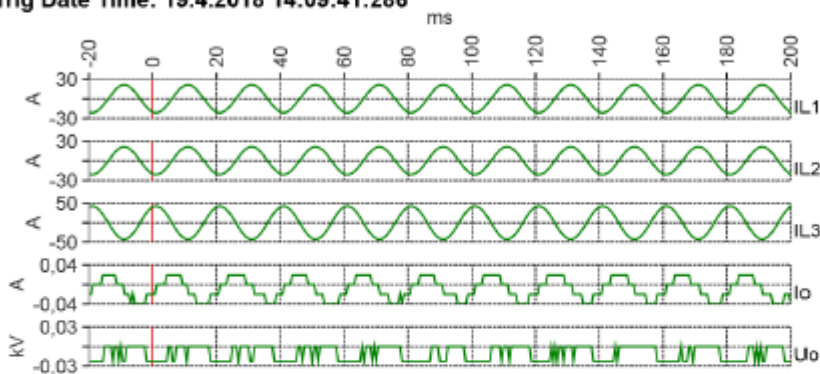
Trig date and time 19.4.2018 14:09:41:286

General Recordings Information

System frequency 50 Hz

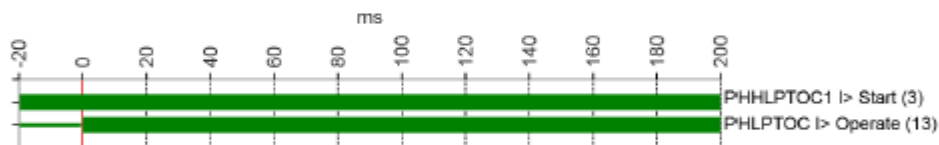
Analog Time Diagram

Trig Date Time: 19.4.2018 14:09:41:286



Binary Time Diagram

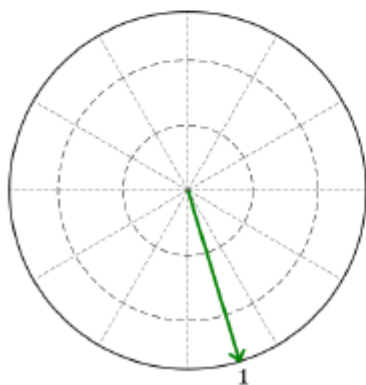
Trig Date Time: 19.4.2018 14:09:41:286



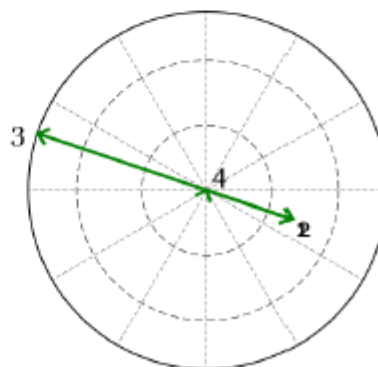
Vector Diagrams

Calculation Interval : -284,375 ms to -265,625 ms

Voltages



Currents



No.	Name	RMS	Angle	No.	Name	RMS	Angle
1	Uo	0,009(kV)	286,9°	1	IL1	15,099(A)	341,4°
				2	IL2	15,103(A)	341,4°

Liite 5. PHLPTOC1 I> Alempi porras. Häiriöraportti.

6(14)

3	IL3	30,205(A)	161,5°
4	lo	0,02(A)	66,2°

Disturbance Short Report

Disturbance Recordings Information

Device Information

Station name REF615
Object name 192.168.12.16

Fault Information

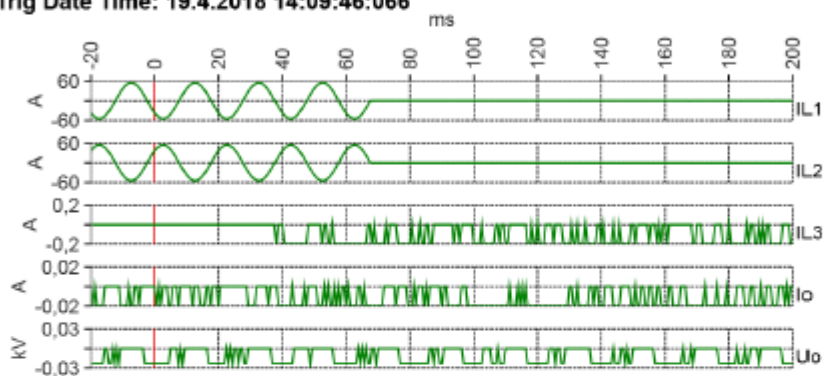
Trig date and time 19.4.2018 14:09:46:066

General Recordings Information

System frequency 50 Hz

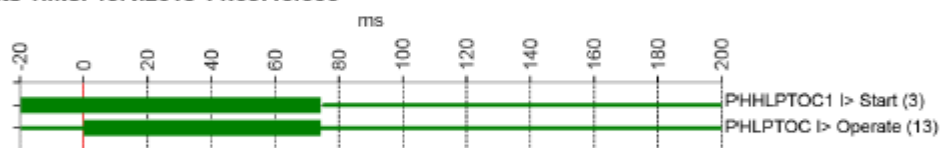
Analog Time Diagram

Trig Date Time: 19.4.2018 14:09:46:066



Binary Time Diagram

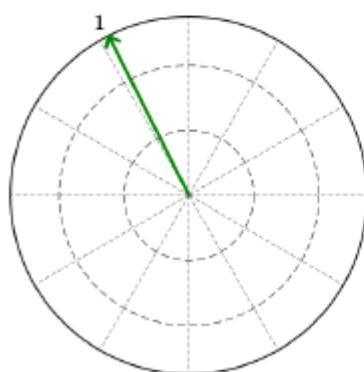
Trig Date Time: 19.4.2018 14:09:46:066



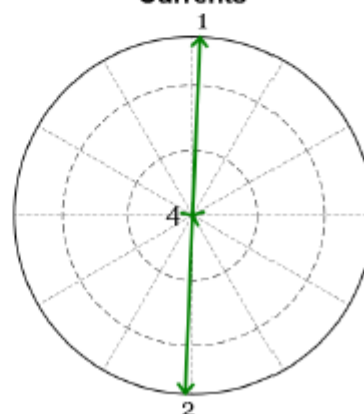
Vector Diagrams

Calculation Interval : -296,875 ms to -278,125 ms

Voltages



Currents



No.	Name	RMS	Angle	No.	Name	RMS	Angle
1	Uo	0,009(kV)	116,8°	1	IL1	38,958(A)	87,7°
				2	IL2	38,951(A)	267,7°

Liite 5. PHLPTOC1 I> Alempi porras. Häiriöraportti.

8(14)

3	IL3	0,017(A)	309,4°
4	lo	0,002(A)	156,7°

Disturbance Short Report

Disturbance Recordings Information

Device Information

Station name REF615
Object name 192.168.12.16

Fault Information

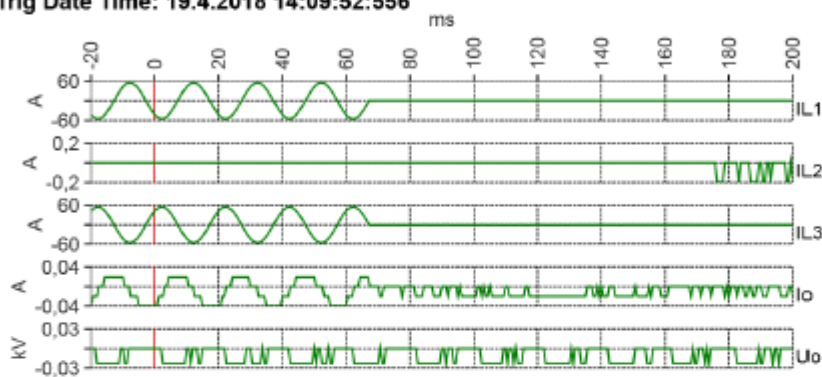
Trig date and time 19.4.2018 14:09:52:556

General Recordings Information

System frequency 50 Hz

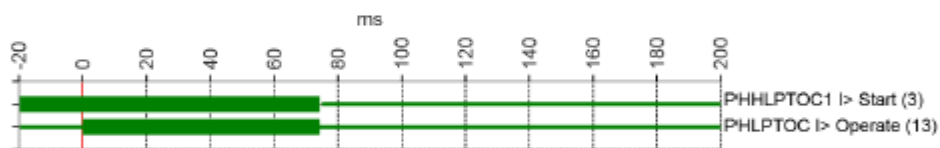
Analog Time Diagram

Trig Date Time: 19.4.2018 14:09:52:556



Binary Time Diagram

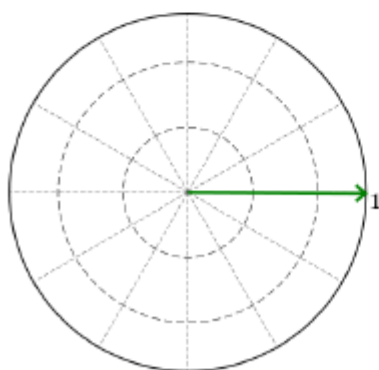
Trig Date Time: 19.4.2018 14:09:52:556



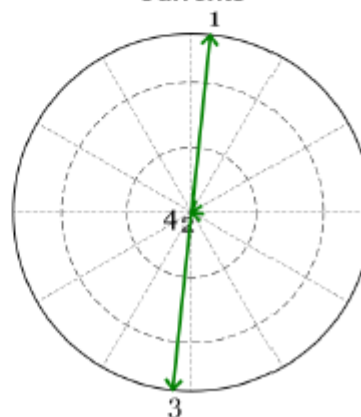
Vector Diagrams

Calculation Interval : -297,5 ms to -278,75 ms

Voltages



Currents



No.	Name	RMS	Angle	No.	Name	RMS	Angle
1	Uo	0,009(kV)	359,6°	1	IL1	38,968(A)	83,9°
				2	IL2	0,015(A)	211,7°

Liite 5. PHLPTOC1 I> Alempi porras. Häiriöraportti.

10(14)

3	IL3	38,953(A)	263,9°
4	lo	0,023(A)	172,5°

Disturbance Short Report

Disturbance Recordings Information

Device Information

Station name REF615
Object name 192.168.12.16

Fault Information

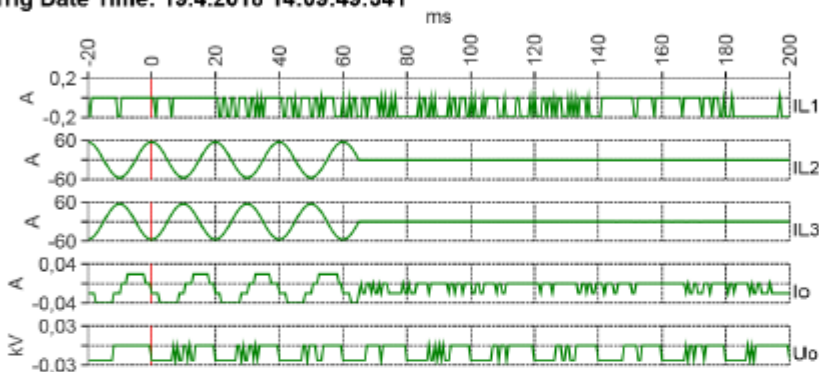
Trig date and time 19.4.2018 14:09:49:341

General Recordings Information

System frequency 50 Hz

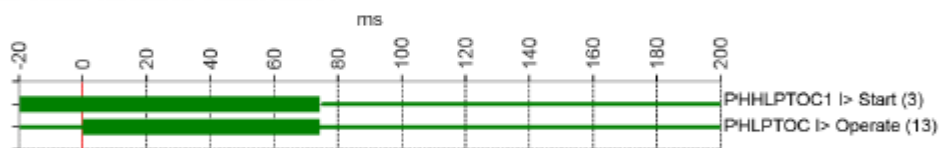
Analog Time Diagram

Trig Date Time: 19.4.2018 14:09:49:341



Binary Time Diagram

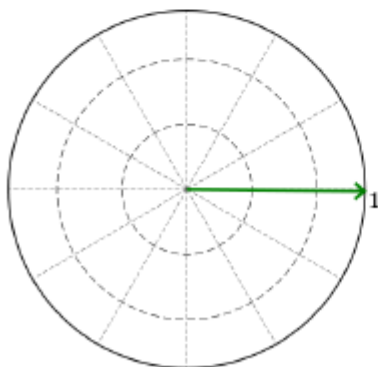
Trig Date Time: 19.4.2018 14:09:49:341



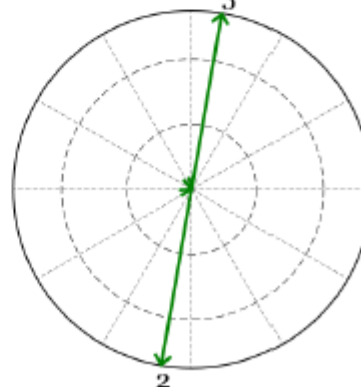
Vector Diagrams

Calculation Interval : -300 ms to -281,25 ms

Voltages



Currents



No.	Name	RMS	Angle	No.	Name	RMS	Angle
1	Uo	0,007(kV)	359,4°	1	IL1	0,034(A)	322,9°
				2	IL2	38,939(A)	260,2°

Liite 5. PHLPTOC1 I> Alempi porras. Häiriöraportti.

12(14)

3	IL3	38,934(A)	80,2°
4	lo	0,022(A)	351,0°

Disturbance Short Report

Disturbance Recordings Information

Device Information

Station name REF615
Object name 192.168.12.16

Fault Information

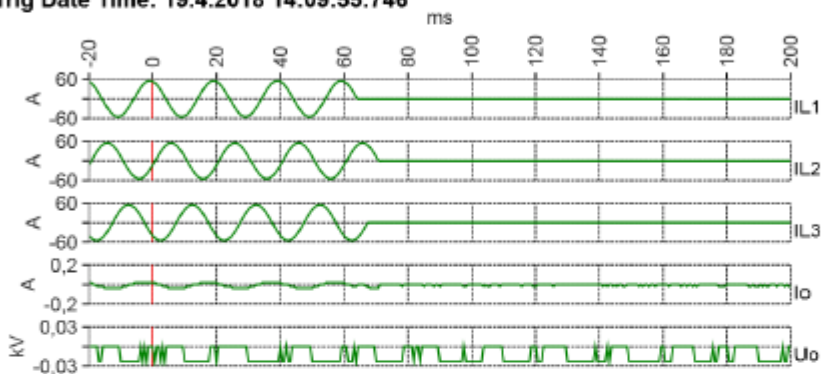
Trig date and time 19.4.2018 14:09:55:746

General Recordings Information

System frequency 50 Hz

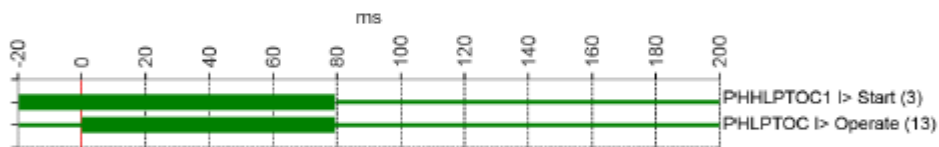
Analog Time Diagram

Trig Date Time: 19.4.2018 14:09:55:746



Binary Time Diagram

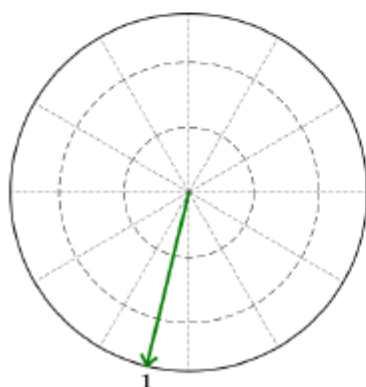
Trig Date Time: 19.4.2018 14:09:55:746



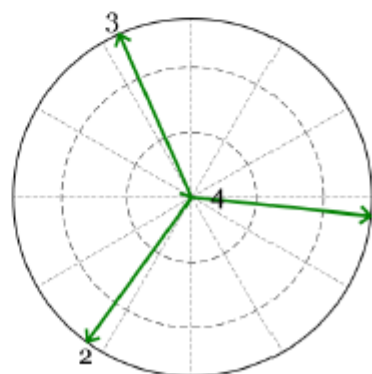
Vector Diagrams

Calculation Interval : -295,625 ms to -276,875 ms

Voltages



Currents



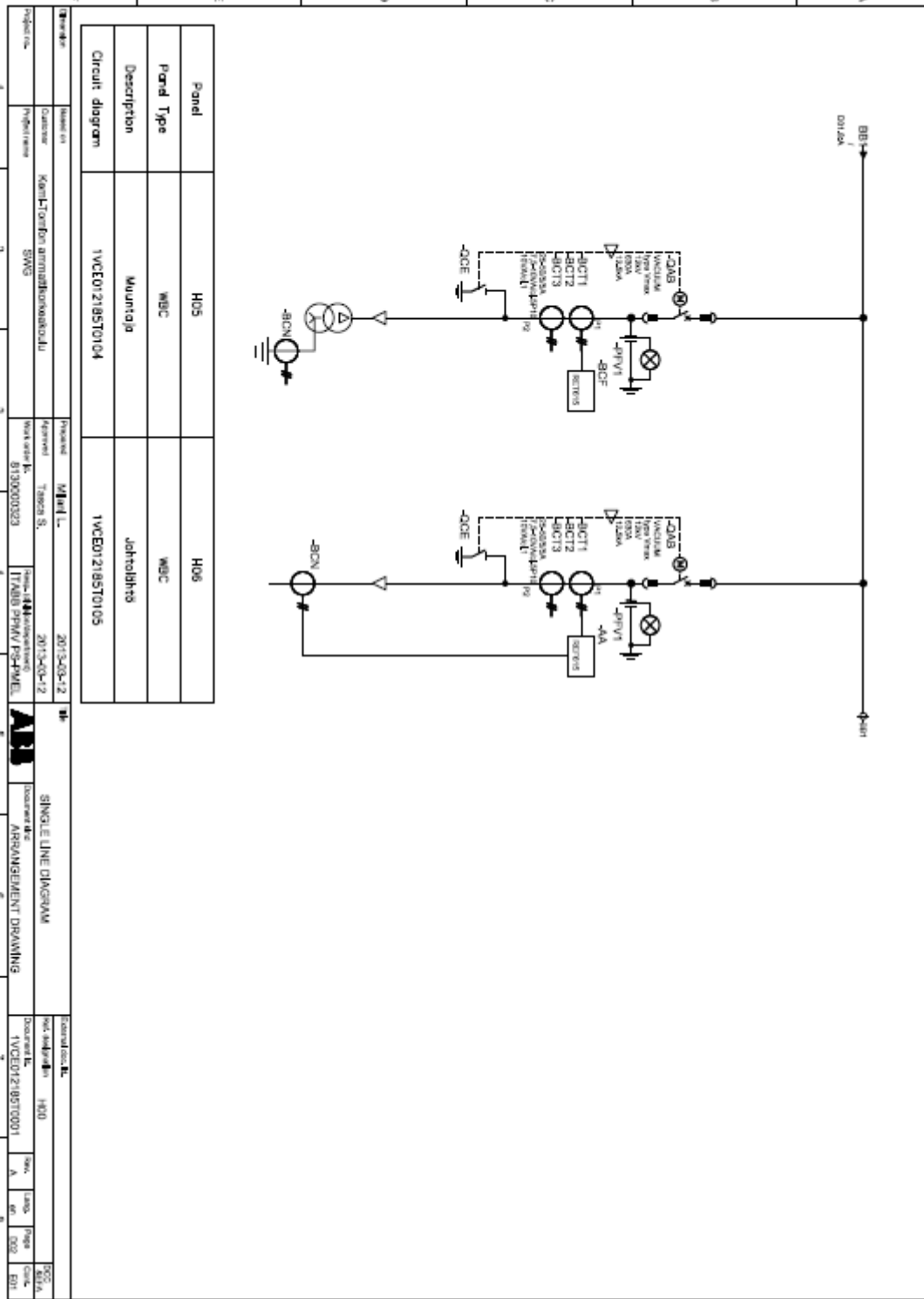
No.	Name	RMS	Angle	No.	Name	RMS	Angle
1	Uo	0,007(kV)	256,3°	1	IL1	38,938(A)	354,0°
				2	IL2	38,915(A)	234,0°

Liite 5. PHLPTOC1 I> Alempi porras. Häiriöraportti.

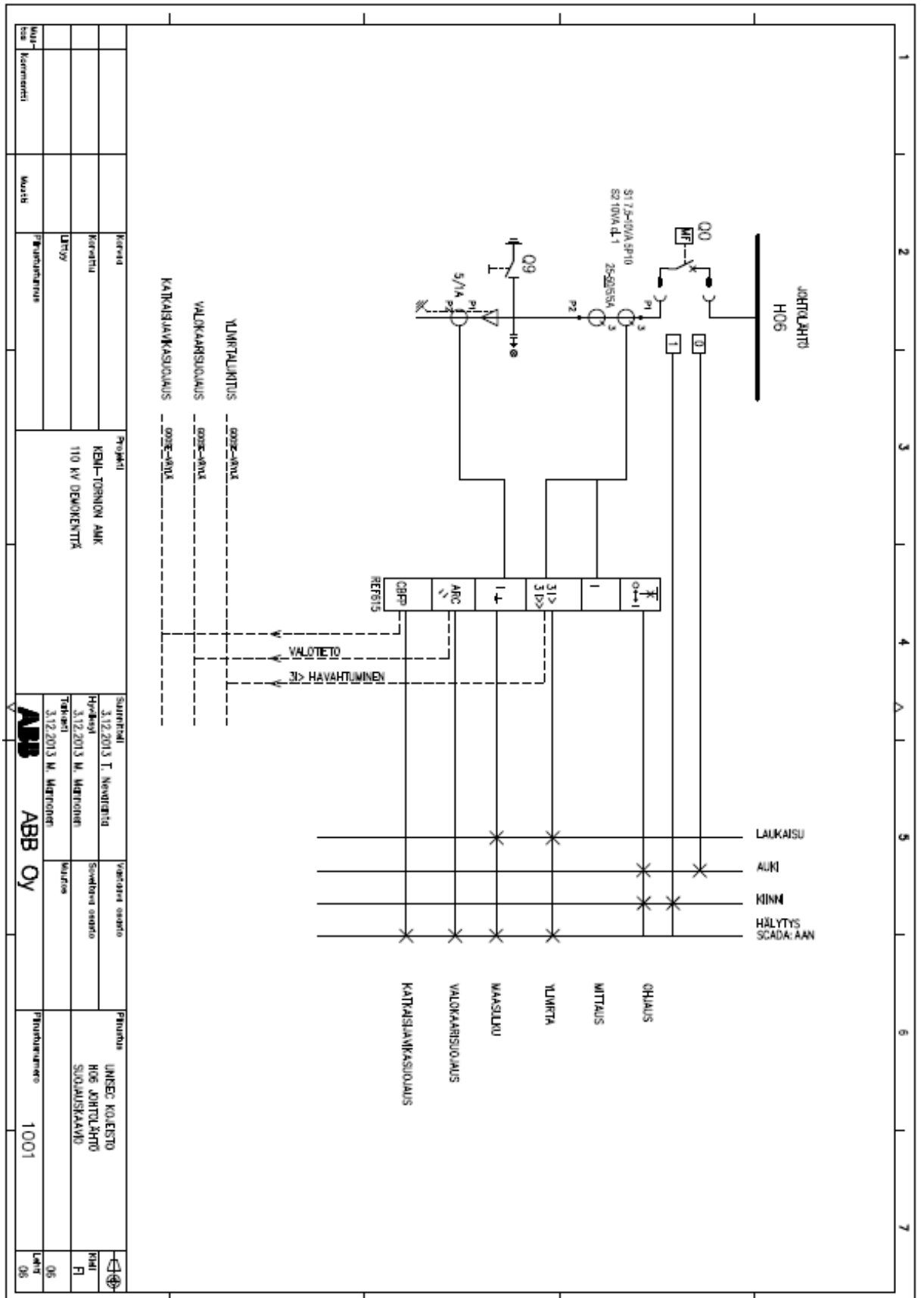
14(14)

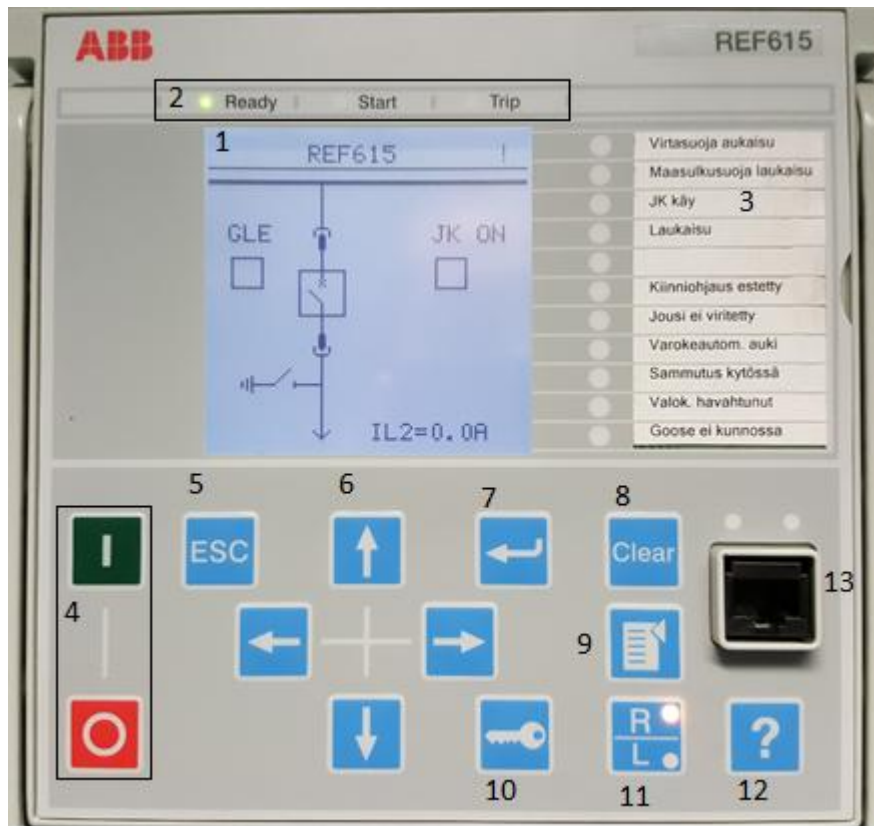
3	IL3	38,952(A)	114,0°
4	lo	0,023(A)	20,7°

Liite 6. H06 Yksiviivaesitys.



Liite 8. Kennon H06 Suojauskaavio





Kuva 30. REF615 Paneeli

1. Päänäyttö. Näytöllä voidaan nähdä esim. releen mimiikkanäkymä, jossa nähdään katkaisijoiden ja erottimien asento. (Kuva 30)

2. Suojauksen led- merkkivalot. Ready ilmoittaa releen olevan käynnissä. Start on vikasuojauksen havahtumisvalo ja Trip ilmoittaa suojauksen laukaisusta.

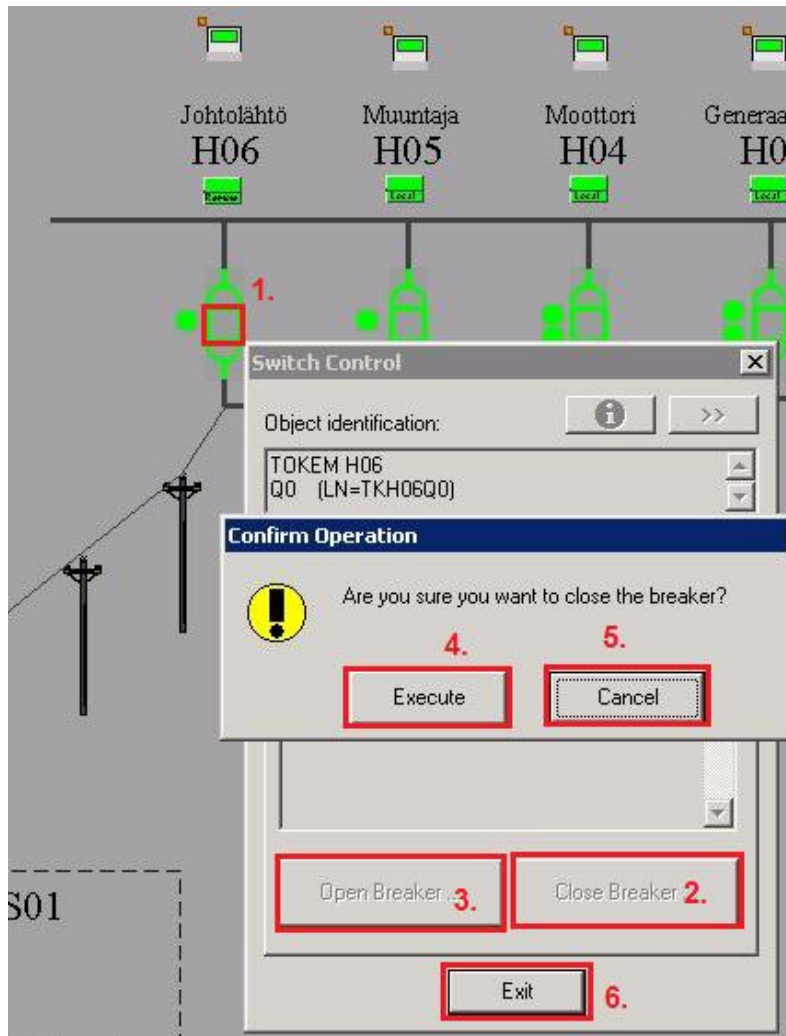
3. Ohjelmoidut ledivalot, jotka indikoivat eri tapahtumista kuten vikojen laukaisusta.

4. Ohjauspainikkeet auki/kiinni. Näillä voidaan ohjata katkaisija kiinni tai auki.

5. Poistu. Voidaan poistua asetustilasta arvoja tallentamatta. Toimintojen peruutus.

6. Navigointinäppäimet. Valikoissa edetään nuolinäppäimillä.

7. Enter/Vahvista. Käytetään esim. jonkin arvon valitsemiseen ja toiminnon vahvistamiseen.
8. Clear. Painikkeella voidaan nollata esim. ledien vikaindikoinnit.
9. Valikkopainike, jolla voidaan vaihtaa näytön näkymää.
10. Lukitusnäppäin. Käyttäjät voivat tästä kirjautua sisään tai ulos jos heillä on käyttöoikeudet IED: lle.
11. Remote/Local. Etä- tai paikalliskäyttö. Ledi näyttää kumpi toiminto on päällä. Kuvassa 30 on etäkäyttö päällä.
12. Ohjevalikko.
13. Sarjaportti. Paikallisen käyttöliittymän etuosassa on RJ-45- portti tietoliikennettä varten.



Kuva 31. H06 microSCADilla

Ennen kuin katkaisijaa voidaan ohjata SCADilla, rele pitää asettaa etäkäyttötilaan releen etupaneelilta, jossa on R/L- painonäppäin. Näppäimessä on ledivalot jotka indikoivat, onko ohjaus etä- vai paikalliskäytössä. R on Remote etäohjaus ja Local paikallisohtaus. Kuvassa 31 näkyy kennon H06 katkaisija.

1. Klikataan kursorilla punaisella neliöllä merkittyä kohtaa. Seuraavaksi aukeaa Switch Control- ikkuna.

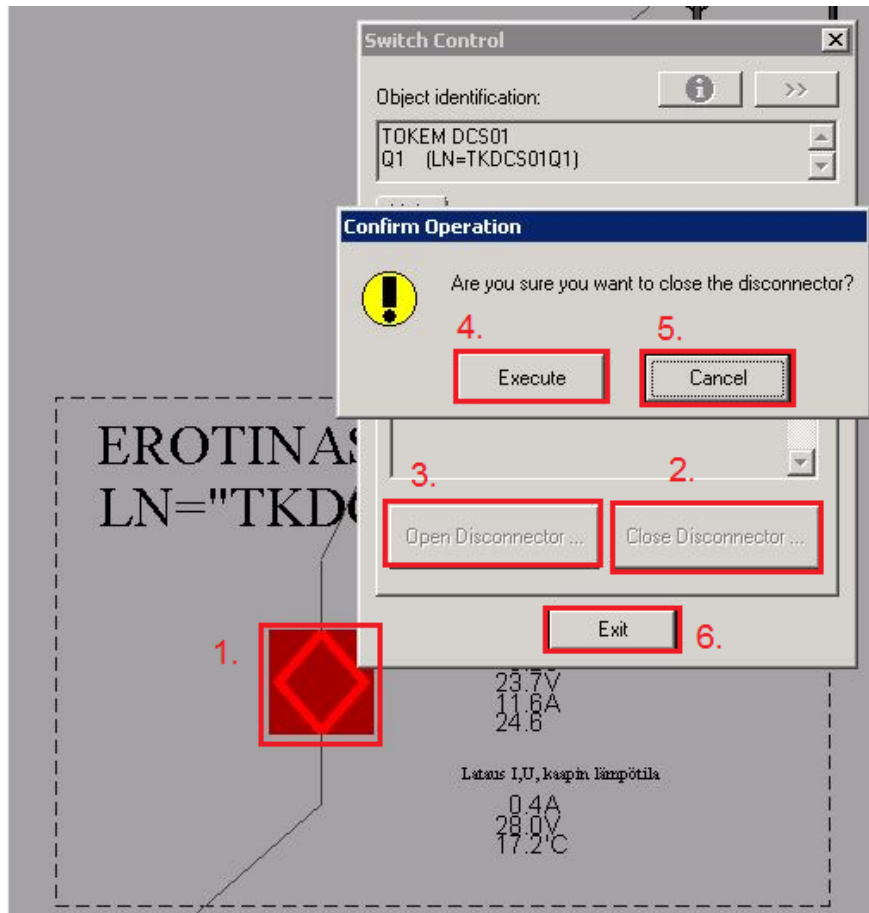
2. Kun katkaisija halutaan kiinni, klikataan kohtaa kaksi (2) Close Breaker (Sulje Katkaisija).

Liite 10. H06 Katkaisijan ohjaus microSCADAlla

2(2)

3. Kun katkaisija halutaan auki, klikataan kohtaa kolme (3) Open Breaker (Avaa Katkaisija).
4. Kun valitaan Close Breaker (2) tai Open Breaker (1), avautuu Confirm Operation- ikkuna, jossa microSCADA kysyy vielä varmistusta halutusta toiminnasta. Ohjaus varmistetaan klikkaamalla kohtaa neljä (4) Execute.
5. Mikäli katkaisijaa ei halutakaan sulkea tai avata klikataan kohtaa viisi (5) Cancel.
6. Katkaisijan ohjausikkuna (Switch Control) suljetaan kohdasta kuusi (6) Exit.

Liite 11. Ilmalinjan erottimen ohjaus SCADAlla



Kuva 32. Kauko-ohjattava erotinasema SCADAlla

Erotinaseman erottimen ohjauksen vaiheet ovat samanlaiset kuin H06 katkaisijan. Kuvassa 32 näkyy kauko-ohjattava erotin microSCADAlla.

1. Klikataan punaisella neliöityä kohtaa yksi (1), jonka jälkeen avautuu Switch Control ikkuna.
2. Erotin ohjataan kiinni kohdasta kaksi (2) Close Disconnecter.
3. Erotin ohjataan auki kohdasta kolme (3) Open Disconnecter.
4. Ohjauksen valinnan jälkeen avautuu Confirm Operation- ikkuna. Ohjauksen toiminta varmistetaan kohdasta neljä (4) Execute.
5. Cancel. Ohjauksen peruutus.
6. Erottimen ohjausikkuna suljetaan kohdasta kuusi (6).