

SAVONIA

ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

KJ-VERKKOMALLIN KÄYTTÖÖNOTTO

TEKIJÄ: Jyrki Niskanen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Jyrki Niskanen	
Työn nimi KJ-verkkomallin käyttöönotto	
Päiväys 4.3.2024	Sivumäärä/Liitteet 36/2
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) TSI Finland, Timo Jämiä	
Tiivistelmä <p>TSI Finland Oy hankki Savonia-ammattikorkeakoululta verkkomallin kojeistoinen, jolla voidaan simuloida keskijänniteverkon käyttöä, vikoja ja niiden rajaamista. TSI Finland kouluttaa työntekijöitä teollisuuden palveluihin ja verkkomalli on osana käytännön harjoituksia.</p> <p>Opinnäytetyönä oli dokumentoida ja purkaa toimiva verkkomalli Kuopiossa, jonka jälkeen kasata ja käyttöönottaa laitteisto TSI Finlandin tiloissa Lahdessa. Lisäksi toinen verkon suojarele vaihdettiin ja kalibroitiin laitteistoon sopivaksi. Tämän jälkeen pohdittiin laitteistolla tehtäviä harjoituksia.</p> <p>Projektin suorittaminen vaati perehtymistä sähköturvallisuuslakiin ja standardeihin, jotka koskevat laboratoriokäyttöön tarkoitettua laitteistoa. Lisäksi työ vaati paljon itsenäistä työntekoa ja aloitekykyä.</p> <p>Tavoitteeseen päästiin ja laitteisto otettiin käyttöön aikataulussa. Tuloksena on verkkomalli, jota käytetään osana teollisuuden ja sähköverkkojen uusien ammattilaisten koulutusta.</p>	
Avainsanat kennoterminaali, suojarele, keskijänniteverkko	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Electrical and Automation Engineering	
Author Jyrki Niskanen	
Title of Thesis Medium voltage network model commissioning	
Date 4.3.2024	Pages/Appendices 36/2
Client Organisation /Partners TSI Finland, Timo Jämiä	
<p>Abstract</p> <p>TSI Finland Oy acquired a network model with switchgear from the Savonia University of Applied Sciences, which can be used to simulate the use of the medium voltage network, faults and their disconnection. TSI Finland trains employees for industrial services, and the network model is part of the practical exercises.</p> <p>The thesis was to document and disassemble a working network model in Kuopio, and then assemble and bring the equipment into use at TSI Finland's premises in Lahti. In addition, another protection relay of the network was replaced and calibrated to fit the equipment. After that, exercises to be done with the equipment were sketched.</p> <p>Completing the project required familiarization with the Electrical Safety Act and standards that apply to equipment intended for laboratory use. In addition, the job required a lot of independent work and initiative.</p> <p>The goal was reached and the equipment was commissioned on schedule. The result is a network model that is used as part of the training of new professionals in industry and power networks.</p>	
<p>Keywords protection relay, medium voltage network</p>	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
2	VERKKOMALLIN DOKUMENTOINTI.....	7
2.1	Verkkomalli.....	7
2.1.1	Verkkomallin kytkentä	8
2.2	Suojareleet.....	9
2.2.1	ABB REF 543	10
2.2.2	VAMP 255.....	11
3	SUOJAUKSEN MITOITUS.....	12
3.1	Vikavirran laskentaa	12
3.2	Verkkomallin mittausvirtamuuntajat	13
4	VERKKOMALLIN KÄYTTÖÖNOTTO.....	14
4.1	Verkkomallin kytkentä	14
4.2	Käyttöönottotarkastus	14
4.3	Mittaukset	15
5	VAMP KÄYTTÖÖNOTTO	16
5.1	Esittelyä	16
5.2	KytKentä.....	17
5.3	Ohjelmointi.....	17
5.3.1	Vampset.....	17
5.3.2	Suojausportaot	18
5.3.3	Katkaisijan ohjaus	18
5.4	Testit	20
6	HARJOITUKSIA	22
6.1	Katkaisijan käyttö, huolto, erotus.....	22
6.1.1	Katkaisijan käyttö.....	22
6.1.2	Erotus	22
6.1.3	Työmaadoitus	22
6.2	Releen käyttö	23
6.2.1	Releen valikon käyttö ja tapahtumien luku.....	23
6.2.2	Arvojen asetus.....	23
6.3	Johdonsuoja	23

6.3.1	Kolmivaiheinen oikosulku	23
6.3.2	Kaksivaiheinen oikosulku ja maasulku.....	24
6.3.3	Eroittimen ohjaus ja varasyöttö	24
6.3.4	Vian paikannus ja rajausta.....	24
7	MAASULKU	25
7.1	Maasulun mallintaminen	25
7.2	Laskenta	26
8	RELEKOESTUS	28
8.1	LAITTEISTO JA LÄHTÖKOHDAT	29
8.2	OHJELMISTO	31
8.3	KOESTUSHARJOITUS	31
8.3.1	VALMISTELUT.....	31
8.3.2	CMC 356 JA REF 543 JOHDOTUS	32
8.3.3	TEST UNIVERSE - ASETTELUT	32
8.3.4	KOESTUS.....	34
8.4	KOESTUKSEN PURKU	34
9	YHTEENVETO.....	35
	LÄHTEET	36
	LIITE 1: VAMP 255 -KYTKENTÄ	37
	LIITE 2: OMICRON CMC356 -KOESTUSKYTKENTÄ.....	38

1 JOHDANTO

Sähkölaitteisto pitää suunnitella ja huoltaa siten, että siihen ei pääse syntymään vikoja tai tilanteita, jolloin itse laitteisto voisi vioittua tai se voisi aiheuttaa vaaraa laitteiston ympärillä oleville ihmisille. Suunnitellessa jakeluverkkoja pitää ottaa huomioon verkon kuormitus. Kuormituksen mitoituksen jälkeen alkavat verkon fyysiset komponentit olla valittuna, jolloin voidaan alkaa suunnitella verkon suojausta.

Tämän työn lopputuotteena on laitteisto, joka havainnollistaa oppimisympäristössä keskijänniteverkkoa ja sen suojausta kahdella erilaisella kennoterminalilla. Lisäksi tällä laitteistolla voidaan harjoitella käytännönläheisesti KJ-johtolähdön käyttöä, huoltoa ja tarkastusta.

Sähkönjakeluverkko pitää suojata oikosuluilta ja maasuluilta. Standardin mukaan laitteistot on suojattava kolmi- ja kaksivaiheisilta oikosuluilta ja kytkettävä pois automaattisesti. Jokainen keskijänniteverkon maasulku on havaittava (SFS 6001, 2018).

2 VERKKOMALLIN DOKUMENTOINTI

Sähkölaitteiston dokumentointi on tärkeä osa sen käyttöönottoa. Dokumentointi on osa sähköturvallisuutta mutta nykyään myös suuressa roolissa varsinkin jakeluverkkojen piirissä. Uutta sähköverkkoa on rakennettu kovalla tahdilla ja tahti jatkuu tulevina vuosina. Dokumentoinnista saadaan myös tieto verkon arvosta, joka on välttämätön ja arvokas tieto jakeluverkon haltijalle, jonka kohtuullisen tuoton laskelmat perustuvat verkon arvoon (Energiavirasto, 2021).

Tämän työn tapauksessa dokumentointi on osa sähköturvallisuutta. Verkkomalli on ainutlaatuinen laitteisto, ja sen dokumentaatio työn alkaessa melko puutteellinen, joten kytkennät ja komponentit on tärkeä kirjata ylös.

2.1 Verkkomalli

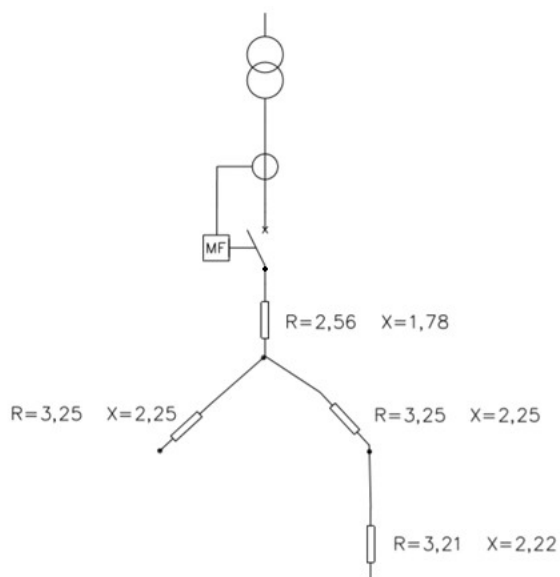
Verkkomalli on Savonia ammattikorkeakoululla rakennettu laitteisto. Laitteisto on tehty kuvaamaan 20 kV ilmajohtoverkkoa. Verkkoon voi tehdä vikoja, jotka lähdön releen pitää tunnistaa ja kytkeä pois. Verkkomallin avulla voidaan havainnollistaa opiskelijalle, miten lähdön releelle asetetaan laskettuja ja mitoitettuja raja-arvoja ja kuinka mitoitus vastaa käytännössä tapahtuvaa suojausta. Verkkomalliin (kuva 1) kuuluu kaksi katkaisijalähtöä, joiden käyttöä voidaan myös harjoitella.



KUVA 1. Verkkomalli siirtokunnossa

2.1.1 Verkkomallin kytkentä

Johtolähtömalli on kytketty käytännössä vastuksilla ja keloilla, jotka kuvaavat kilometrejä pitkää keskijännitejohtoa, jolloin samat resistanssin ja reaktanssin arvot saadaan pienempään tilaan. Kuvassa 2 on esitetty verkkomallin rakennetta kuvaava piirros. Kuvassa 3 on verkkomallin sisällä olevia vastuksia ja keloja.



KUVA 2. Verkkomallin yksivaiheinen esitys

” Verkkomalli koostuu sähköaseman kennosta, jossa on SF6-katkaisija, vaunuerotin, maadoituserotin, virtamuuntajat ja johtosuoja (rele eli kennoterminaali), sekä kennoon kytketystä johtolähtömalista. Lähdön solmupisteisiin on keskitetysti kytketty joka vaiheen ja maan väliin kondensaattorit, jotka kuvaavat johdon maakapasitanssia.” (J.Rouvali, 2018)



KUVA 3. Vastukset ja kelat mallintavat johdon sähköisiä ominaisuuksia

2.2 Suojareleet

Osana verkonsuojausta toimii mittamuuntajat, suojareleet ja katkaisijat. Mittamuuntajat tuovat tiedon releelle, joka ohjaa katkaisijaa. Lähdön suojaukseen liittyvät myös tiedonsiirto ja varavoimajärjestelmät. Vikatilanteissa, kuten oikosulussa tai maasulussa releen pitää havaita vika ja tarvittaessa ohjata katkaisijaa luotettavasti (SFS 6001, 2018).

Relesuojauksen on oltava selektiivistä, jotta mahdollisimman pieni osa verkosta jää pois käytöstä. Katkaisijan ohjauksen pitää olla kuitenkin riittävän nopeaa, ettei verkko vaurioidu esimerkiksi vian termisistä vaikutuksista. Suojauksen pitää kattaa myös koko verkko. Tämä kaikki pitää pystyä osoittamaan ja koestamaan käyttöpaikalla.

Laitteistossa on kaksi kennoa. Ensimmäistä ohjaa ABB REF 543-mallin suojarele ja toista ABB REF 630. Tässä verkkomallissa releet toimivat johtolähtöjen suojina. Releet toimivat tässä tapauksessa ylivirtasuojina, sillä vaikka maasulkusuojaukselle on konfiguroitu asetukset, ovat summavirtamuuntajat tarkoitettu verkkomallia suuremmille kaapeleille ja vikavirroille. Katkaisijat, joita releet ohjaavat, ovat ASEA/ABB HPA12/631-mallisia SF6-kojeistoja.

2.2.1 ABB REF 543

ABB:n valmistama REF 543 on kennotermiinali keskijänniteverkon suojaukseen, ohjaukseen ja mittaukseen. Laitteella voidaan myös mitata tehoja ja sähkön laatua. Siihen saa kytkettyä mittamuuntajia vaihekohtaiseen virranmittaukseen, summavirran mittaukseen ja jännitteen mittaukseen. Releessä on myös ominaisuus, jolla voidaan kytkeä termiinali ohjaamaan erottimia ja vastaanottamaan tietoa I/O-porteista. Kuten kaikkia uuden sukupolven numeerisia releitä REF 543:a voidaan käyttää joko paikallisesti laitteen etupaneelista löytyvillä painonapeilla tai etänä tietoliikenneyhteyden avulla (ABB 2010). Kuvassa 4 esitetty kennotermiinalin etupaneeli.



KUVA 4. ABB REF 543 (ABB 2010)

Alla on listattuna kennotermiinalin tärkeimpiä ominaisuuksia.

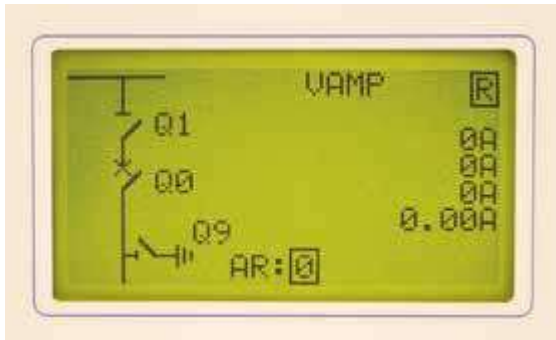
Ominaisuuksia REF 543:

- Kennotermiinali keskijänniteverkon suojaukseen, ohjaukseen, mittaukseen ja valvontaan.
- Jännitteen- ja virranmittaus tavallisilla mittamuuntajilla tai virta- ja jännitesensoreilla.
- Saatavilla kiinteä käyttöliittymä, jossa on suuri graafinen näyttö, tai erillinen näyttömoduuli.
- Suojaustoiminnot kuten suuntaamaton ja suunnattu ylivirta- ja maasulkusuoja, summajännite-, ylijännite- ja alijännitesuoja, terminen ylikuormitussuoja, katkaisijavikasuoja sekä jälleenkytkentä.
- Ohjaustoiminnot kuten katkaisijoiden ja erottimien paikallis- ja kauko-ohjaus sekä tahdissaolonvalvonta, katkaisijoiden ja erottimien tilaindikointi ja lukitukset kenno- ja asematasolla.
- Vaihevirtojen, pää- ja vaihejännitteiden, summavirran ja summajännitteen, taajuuden, tehokertoimen, päto- ja loistehon sekä energian mittaus. (ABB 2010)

2.2.2 VAMP 255

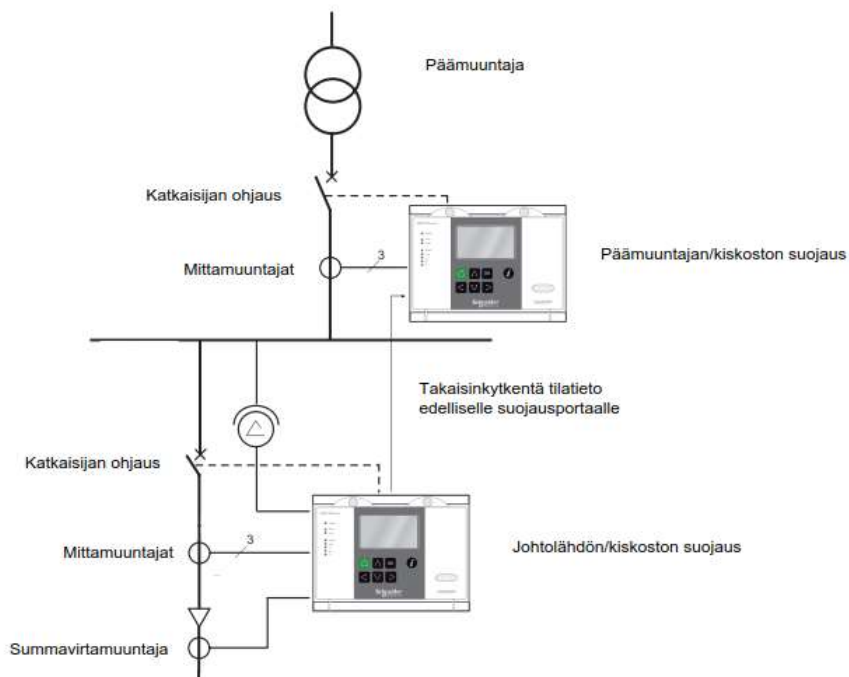
Schneider Electricin valmistama VAMP 255 on toiminnallisilta osiltaan samankaltainen REF 543:n kanssa. Käyttöliittymä eroaa jonkin verran ja tämän takia molemmat on hyvä olla tässä verkkomallissa, jotta koulutuksesta saadaan kattavampi.

VAMP 255:een saadaan liitettyä samat mittamuuntajat ja muuntajien skaalausta voidaan muuttaa asetuksista, jolloin suojaus voidaan toteuttaa myös pienjännitteellä. Kuvassa 5 on esitetty VAMP 255:n näyttöpaneeli.



KUVA 5. VAMP 255:n näyttöpaneeli

Kennotermiä soveltuu verkon suojaukseen ja teollisuuskäyttöön esimerkiksi moottorilähdön suojaukseen. Alla havainnekuva sähköaseman suojauksesta.



KUVA 6. Sähköaseman suojaus VAMP 255 (Schneider electric 2018)

3 SUOJAUKSEN MITOITUS

Laitteistoa siirrettäessä se täytyy mitoittaa, testata ja säätää uudelleen. Aikaisemmassa ympäristössä Savonia AMK:n tiloissa Opistotiellä, oli kolmivaiheinen oikosulkuvirta saatu rajoitettua suurimmillaan 50 ampeeriin ensimmäisessä solmupisteessä. Tämä vikavirta riippuu laitteistoa syöttävän ryhmäkeskuksen pääjännitteestä, solmupisteen impedanssista, suojaerotusmuuntajan oikosulkutehosta ja käytettävistä johdoista. Savonian laboratorion verkkomallia syöttävän ryhmäkeskuksen solmupisteen impedanssi jäi tässä työssä mittaamatta. Uudessa laboratoriossa Lahdessa syöttävässä solmupisteessä on oikosulkuvirtaa n. 1 kA.

Sähköverkon suojauksen laskenta aloitetaan muuntajalta, jolloin saadaan ensimmäisen verkon pisteen impedanssi laskettua. Tästä voidaan laskea verkon oikosulkuvirrat eri pisteissä ja sen mukaan asettaa releelle arvot, jolloin katkaisija pitää avata. Tässä työssä keskitytään johtolähdön ylivirtasuojaukseen ja maasulkusuojaukseen. Suojauksen mitoituksessa otetaan huomioon muitakin asioita, kuten johtimien ja kiskoston terminen kestävyys, jälleenkytkennät, verkon kytkentämuutokset ja päämuuntajan suojaus.

3.1 Vikavirran laskentaa

Verkkomallin suojauksen asettelu aloitettiin laskemalla verkon pisteiden impedanssit, jotta vikavirran katkaisu voitiin asetella kennoterminaalille oikein.

Syöttävän verkon impedanssi:

$$Z_s = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot I} = \frac{400V}{\sqrt{3} \cdot 1000A} = 0,23\Omega \quad (1)$$

Muuntajan impedanssi, kun $S_n = 10 \text{ kVA}$, $U_k = 5 \%$, $U_n = 380 \text{ V}$

$$Z_{tr} = \frac{\frac{U_n^2}{S_n} \cdot U_k}{100} = \frac{\frac{380^2}{10000} \cdot 5}{100} = 0,722\Omega \quad (2)$$

Vikavirtaa rajoittava vastus säädettiin pienimpään asentoon ja mitattu arvo oli 3,9 Ω .

Näiden arvojen perusteella verkkomallin ensimmäisessä solmupisteessä vikavirta on:

$$Ik = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot (0,23\Omega + 0,722\Omega + 3,9\Omega)} = 48A \quad (3)$$

3.2 Verkkomallin mittausvirtamuuntajat

Vaihevirtojen mittaamiseen käytetyt mittamuuntajat ovat suhteeltaan 5A/300A. Tämä tarkoittaa, että mittamuuntajan toisiossa mitattu 1 A vastaa todellisuudessa 60 A vaihevirtaa. Näin pienillä virroilla myös mittamuuntajien virhemarginaalit on otettava huomioon.

Jotta todelliset vikavirrat saadaan mitattua, täytyy releen sisääntulot skaalata oikein. ABB:n releessä vaihevirtojen mittaus kytketään 1 A liittimiin, vaikka mittamuuntajan nimellinen toisioarvo onkin 5 A. VAMP:n releessä vaihevirtojen mittamuuntajille on vain 5 A liittimet, mutta skaalaus tehdään ohjelmallisesti.

Verkkomallin syöttö on tehty niin, että ryhmäkeskuksen ja verkkomallin väliin kytketään suojaerotusmuuntaja. Suojaerotusmuuntaja on toimintaperiaatteeltaan samanlainen kuin tehomuuntaja. Erona on, että sen muuntosuhde on 1:1 eli jännitetaso ei muutu ensiön ja toision välillä ja sen avulla tehdään vain galvaaninen erotus ensiöpiirin ja toisiopiirin välille, jolloin muuntajan toisioon kytketyn laitteen oikosulku maan ja vaiheen välillä on estetty. Opintoympäristön kannalta tätä voidaan pitää kuitenkin sähköaseman päämuuntajana, jolloin aseman rakenteen hahmottaminen helpottuu.

4 VERKKOMALLIN KÄYTTÖÖNOTTO

Kuten kaikkia sähköasennuksia, myös tämän laitteiston käyttöönottoa koskee Sähköturvallisuuslaki.

Sähkölaitteet ja -laitteistot on suunniteltava, rakennettava, valmistettava ja korjattava niin sekä niitä on huollettava ja käytettävä käyttötarkoituksensa mukaisesti niin, että:

- 1) niistä ei aiheudu kenenkään hengelle, terveydelle tai omaisuudelle vaaraa;
- 2) niistä ei sähköisesti tai sähkömagneettisesti aiheudu kohtuutonta häiriötä;
- 3) niiden toiminta ei häiriinny helposti sähköisesti tai sähkömagneettisesti. (Sähköturvallisuuslaki 1135/2016, 6. §).

Sähköturvallisuuslaki määrää myös, että laitteiston saa ottaa käyttöön vasta kun käyttöönottotarkastuksessa on riittävässä laajuudessa selvitetty, ettei siitä aiheudu 6 §:ssä tarkoitettua vaaraa tai häiriötä Käyttöönottotarkastukseen sisältyy aistinvaraista tarkastelua, mittauksia ja tarkastuksesta pitää tehdä pöytäkirja. (STL 6§)

4.1 Verkkomallin kytkentä

Aiemmin purettu ja dokumentoitu kytkentä voitiin aloittaa laitteiston tuotua paikalle. Päävirta tuotiin suojaerotusmuuntajalle kolmivaiheisesta pistokeliitännästä ja sieltä eteenpäin kiinteällä asennuksella 4x6 S MMJ-kaapelilla.

Vaikeuksia tuotti verkkomallin erottimien toiminta. Erottimet eivät toimineet kytkennän jälkeen oikein ja syyksi paljastui aiemman asennuksen nollajohtimen liitännä, joka meni toiselle kennoista. Verkkomallin käyttöjännite oli tuotu REF 630:n kennolta. Kun kytkentä oli poistettu, eivät erottimien releet vetäneet oikein. Tämä korjattiin kuitenkin tuomalla käyttöjännite omana ryhmäjohtonaan.

4.2 Käyttöönottotarkastus

Ennen sähkölaitteiston käyttöönottoa on laitteisto tarkastettava, että se on määräykset täyttävä ja turvallinen käyttää (D1-2017, Sähköinfo s.344).

Laitteisto tarkastettiin ensin aistinvaraisesti ja aistinvaraista tarkastusta tehtiin myös asennuksen aikana. Vaikka laitteisto onkin oppilaitoksen opetuskäyttöön tarkoitettu, on sen silti noudatettava sähköturvallisuutta koskevia säädöksiä ja standardia SFS 6002 (SFS käsikirja 600-1-2 s.279).

4.3 Mittaukset

Silmämääräisen tarkastuksen lisäksi mitattiin suojajohtimien jatkuvuudet, vaiheiden kiertosuunnat, jännitteet ja eristysresistanssit.

Kun laitteisto todettiin turvalliseksi, se voitiin ottaa käyttöön.

5 VAMP KÄYTTÖNOTTO

Toiseen kennoista piti vaihtaa lähdönsuojarele. Uudeksi releeksi valikoitui kotimainen VAMP 255, toisen sukupolven numeerinen rele eli kennotermiinaali. VAMP 255 on monipuolinen ja kustannustehokas ratkaisu kennotermiinaaliksi, mistä syystä se on melko suosittu. Releen käyttöliittymä on myös helppokäyttöinen, joten se soveltuu sähköasemakoulutukseen hyvin.

5.1 Esittelyä

Kuten aiemmin jo mainittiin, VAMP 255 on hyvä vaihtoehto ensikosketukseksi kennotermiinaaleihin. Tässä työssä sen tarkasteltavia ominaisuuksia ovat ylivirta- ja maasulkusuojaus sekä jänniteepätasapainon havaitseminen symmetrisessä järjestelmässä.

Relettä voidaan ohjelmoida käyttöpaneelista käsin tai sarjaporttiliitännällä etu- tai takapaneelista. Releessä on LCD-näyttö, jota käytetään valikoissa navigoitaessa ja arvoja luettaessa sekä aseteltaessa. Kuvassa 7 on esitetty VAMP 255.

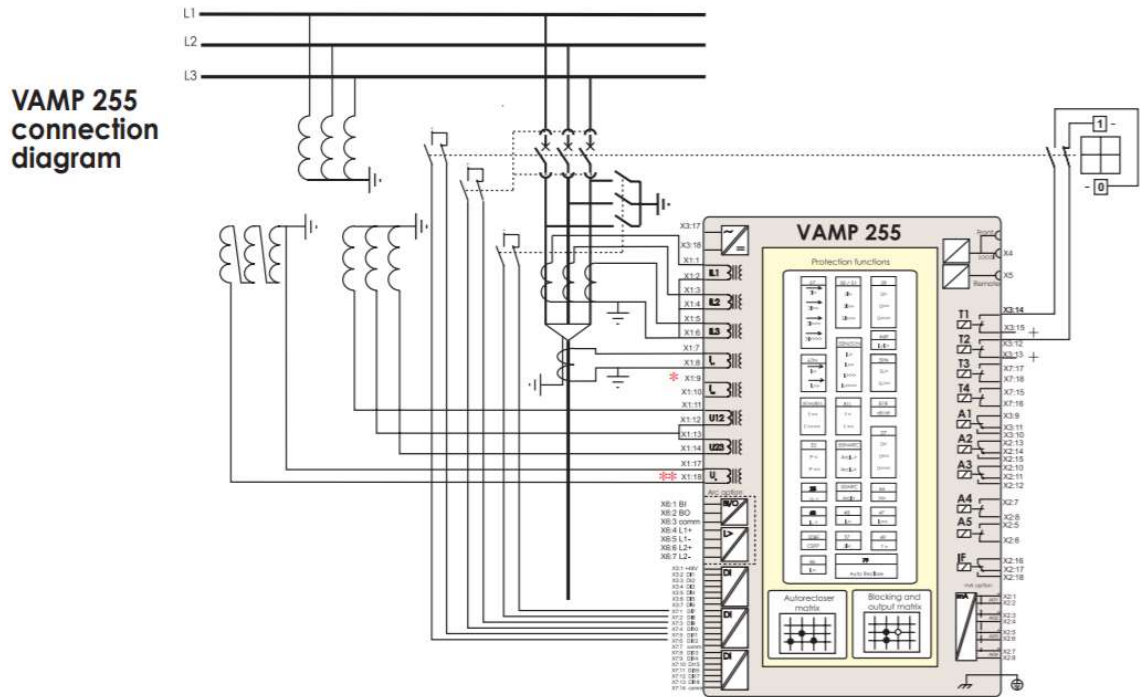


KUVA 7. Vamp 255 etupaneeli (Schneider electric 2018)

Rele ohjaa katkaisijaa sen mukaan, miten se ohjelmoidaan toimimaan. Siihen kytketään mittausvirramuuntajia ja jännitemittamuuntajia, joiden mittaamia arvoja rele vertaa sille asetettuihin raja-arvoihin. Asetetut arvot on laskettava ja määriteltävä esimerkiksi millä ylivirran arvolla katkaistaan piiri mahdollisimman nopeasti ja millä ylivirralla voidaan odottaa hieman kauemmin, kunnes katkaisu tehdään. Nämä ohjelmointitehtävät ja tapahtumien luku releeltä on oleellinen osa asentajien ja insinöörien tehtäviä sähköasemalla.

5.2 KytKentä

VAMP 255:n käyttöönotto suoritettiin sen jälkeen, kun verkkomalli saatiin ABB:n releen kanssa toimimaan. Vaihevirtojen mittamuuntajien toisioliittimet kytkettiin VAMP:n liittimiin X1:1-6 ja summa-
virtamuuntaja kytkettiin liittimiin X1:7-8. Käyttöjännite VDC 220V kytkettiin liittimiin X3:17-18. Katkaisijaa ohjataan kiinni ja auki kärjillä T1 (X3:14-15) ja T2 (X3:12-13), kuten kuvassa 8 on esitetty.



KUVA 8. VAMP 255 -liitântäkaavio (Schneider electric 2018)

5.3 Ohjelmointi

Releen ohjelmoinnissa käytettiin apuna työohjetta, joka on muutama vuosi sitten tehty Savoniassa opiskelijoiden toimesta. Samalla saatiin käyttöön Savonian PC, jossa oli Vampset-ohjelmisto valmiina käyttöä varten.

5.3.1 Vampset

Rele ohjelmoitiin Vampset-ohjelmistolla. Tietokone liitettiin RS232-portin kautta releeseen, jolloin arvot voitiin asetella releelle. Releen on oltava päällä yhteyden luomiseksi. Aluksi asetetaan releen yhteys toimimaan. Asetuksista tarkistetaan, että yhteysportti ja nopeus on asetettu samoin kuin laitehallinassa. Tämän jälkeen voidaan muodostaa yhteys releeseen syöttämällä konfigurointi-tason salasana. Nyt ohjelma alkaa ladata releen asetuksia näyttöön. Ohjelma saattaa ajoittain kysyä salasanaa uudestaan, jolloin valitaan käyttötasoksi "Konfiguraattori" ja salasana asetetaan uudelleen.

Yhteyden muodostamisen jälkeen releen toimintoja ja parametreja päästään muuttamaan. Ennen muutoksia asetusten automaattinen kirjoitus ja häiriötallenteiden automaattinen lataaminen kannattaa laittaa pois päältä, jotta ohjelma toimii nopeammin. Tällöin myös virhepainallusten riski saadaan mahdollisimman pieneksi.

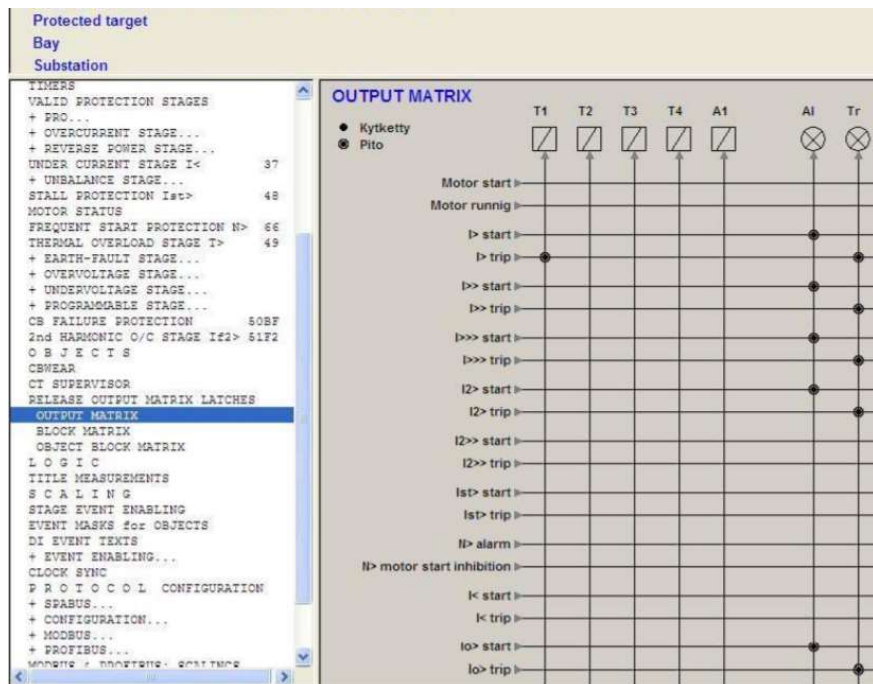
5.3.2 Suojausportaat

Ohjelma-asetusten jälkeen parametreihin päästään ohjelman vasemmassa laidassa olevien otsikkojen takaa. Rele oli aiemmin ollut moottorin suojana, joten se voitiin ensimmäiseksi muuttaa lähdönsuojaksi. "Valid Protection" valikosta tarkistetaan, että releellä on käytössä ns. normaaliportaan laukaisu I> ja suuremman virran laukaisu I>>. Valikkojen näkymissä mustalla oleva teksti on usein muokattavissa, harmaalla olevaa kohtaa ei voi muokata ja punaisella oleva teksti tarkoittaa, että arvoa on muutettu ja se on ladattava releeseen. Muutokset releeseen saadaan ladattua yläreunassa olevalla kolmella keltaisella nuolella. Ensimmäinen kirjoittaa kaikki ohjelman asetukset releeseen, toinen nappi vain aktiivisen näkymän ja kolmas kaikki muutokset. Releestä voidaan myös ladata tiedot ohjelmaan. Yläreunan vihreällä nuolilla on mahdollista ladata kyseisen näkymän tiedot tai kaikki asetukset releestä ohjelmaan. Skaalaus - valikosta määritetään virtamuuntajien nimellisvirrat ja suojattavan piirin nimellisvirta. Asetetaan virtamuuntajien ensiö- ja toisiovirrat käytettyjen virtamuuntajien mukaan eli 60/1A ja piirin nimellisvirraksi 60 A.

Katkaisijan tilatiedon perusteella rele tietää katkaisijan asennon. Katkaisijan tilatieto tuodaan siis avautuvan kärjen kautta VAMP:n digitaalituloon 1. Releen asetteluista pitää valita "Objects"- valikon takaa "CTRL OBJECT 1"- kohdassa, että DI1-input ilmoittaa katkaisijan aukiasennon. Tarkistetaan toimivuus lataamalla muutokset releeseen ja sen jälkeen päivittämällä kyseinen ikkuna releeltä päin vihreällä nuolella. Katkaisijan tilan ilmoittava teksti pitäisi olla oikein "Open" tai "Closed" riippuen katkaisijan tilasta.

5.3.3 Katkaisijan ohjaus

"Output Matrix"- valikosta voidaan valita, mitkä havahtumissignaalit ohjaavat mitäkin releen kärkiä ja merkkivaloja. Klikkaamalla hiirellä matriisin leikkauskohdista kerran, valitaan kyseinen kohta "kytketyksi" eli signaali antaa vain pulssin. Klikkaamalla leikkauskohdasta toisen kerran, saadaan aikaan pitosignaali, jota käytetään tässä katkaisijan kiinnipidossa. Aukaisuun käytetään taas pulssia. Ylivirran havahtumissignaali I> asetetaan ohjaamaan releen kärkeä T1 ja myös katkaisijan aukiohjaussignaali asetetaan kärjen T1 kohtaan. Muutetut kohdat näkyvät punaisina pallukoina ja ne on ladattava releeseen aiemman ohjeen mukaan. Latauksen jälkeen pallukoiden pitäisi olla mustia, kuten on esitetty kuvassa 9.



KUVA 9. Vampset ulostulo-matriisi

Ylivirtalaukaisu asetellaan kertoimena suojattavan piirin nimellisvirran mukaan "Overcurrent Stage I>"- valikosta. Nimellisvirraksi aseteltiin aiemmin 60 A (I_n) ja verkkomallin kaukaisimman pisteen viikavirta on n.13 A, joten ylivirran havahtumispisteen kertoimeksi aseteltiin $0,2 \times I_n$. Näin ollen rele havahtuu 12 A:ssa ja ohjaa katkaisijan auki. Toiminta-aikakäyräksi valitaan vakioaika (definite time) eli "Delay type" kohtiin valitaan "DT".

Kytentäviivettä voidaan muuttaa "Operation Delay" kohdasta ja tässä tapauksessa haluttiin varmistua suojauksen toiminnasta ennen sulakkeen palamista, joten viiveeksi asetettiin 0,3 s. Rele ohjaa siis katkaisijan auki 0,3 sekunnin kuluttua ylivirran havahtumisesta. (Loponen, Räsänen, Väänänen 2015, 7-15)



KUVA 10. Molemmat releet asennettuna, vasemmalla VAMP ja oikealla ABB

5.4 Testit

Suojareleiden ja verkon erottimien toiminta piti testata. Toiminnan varmistamiseksi pyrittiin kaikki mahdolliset kytkimien asennot ja tilanteet käymään läpi, jotta voitiin varmistua laitteiston toiminnasta.

Ennen kuin vikoja alettiin kytkeä, kokeiltiin katkaisijan ohjausta kiinni ja auki releen painonapeilla. Tämä toimi kuten pitää ja voitiin luottaa, että oikeat signaalit ohjaavat katkaisijaa ja vikoja voitiin alkaa kytkeä. Ylivirtalaukaisun ensimmäisenä testinä tehtiin vika solmupisteeseen 1. Tämä valittiin solmupisteeseen suurimman vikavirran takia. Tällöin rele parhaimmalla todennäköisyydellä havaitsee vikavirran ja suojaus toimii.

Kun vika kytkettiin, rele havaitsi vian ja avasi kytkimen. Releeltä luettiin vikavirta, joka oli huomattavasti suurempi kuin ABB:n mittaama virta. Tämä johtui mittamuuntajien skaalaus-asetuksista, jotka oli asetettu väärin. Rele kuitenkin havaitsi viat joka solmupisteessä, joten laitteisto pysyi ehjänä ja työtä voitiin jatkaa. Kuvassa 10 releet toimintavalmiina ja kuvassa 11 kuva näyttöpaneelista vian poistuttua.



KUVA 11. Näyttöpaneeli vian poistuttua

6 HARJOITUKSIA

6.1 Katkaisijan käyttö, huolto, erotus

Vaunukatkaisija-harjoituksessa on mahdollisuus päästä testaamaan ja käyttämään laitteistoa turvalisissä ja valvotuissa olosuhteissa. Alalle tulevalle tai jo kokemusta omaavalle asentajalle voi olla vierasta käyttää katkaisijaa tai erottaa johtolähtö.

Jakeluverkon kunnossapitoon kuuluvat määräaikaistarkastukset riittävällä laajuudella viiden vuoden välein ja tarkastukseen kuuluu myös katkaisijan aistinvarainen tarkastus tai koestus. (STL 49§)

6.1.1 Katkaisijan käyttö

Releen etupaneelista voidaan ohjata katkaisija auki. Tällöin pitää myös estää jälleenkytkennät, jottei rele vahingossakaan ohjaa katkaisijaa uudestaan kiinni.

Harjoituksen suorittaja ottaa releen etäkäytöstä paikallisohjaukseen, syöttää annetun salasanan ja ohjaa katkaisijan auki/kiinni. Tässä harjoituksessa on hyvä ottaa huomioon mahdollinen puhelinyhteys käyttökeskukseen ja harjoitella dialogia käytönvalvojan kanssa.

6.1.2 Erotus

Kun katkaisija on avattu, voidaan ryhtyä toimenpiteisiin katkaisijan erottamiseksi. Etupaneelissa olevalla kahvalla valitaan katkaisijan siirto-asento, jolloin käsikäyttöisen vivun luukku avautuu ja veivi voidaan asettaa reikään.

Veiviä pyörittämällä vaunukatkaisija siirretään ulos paikaltaan ja katkaisijan luukku voidaan avata. Huomiona tässä harjoituksessa on erilaisten kojeistojen ymmärtäminen ja että vaikka vaunu on erotettu, syötön puoleinen kiskosto on jännitteinen. Tätä varten on olemassa katkaisijasta riippuen suojailevia tai muita mekaanisia esteitä.

6.1.3 Työmaadoitus

Seuraavaksi voidaan maadoittaa kiskot vääntämällä samaa mekaanista kahvaa ja veivaamalla maadoituskisko paikalleen. Työmaadoitus tehdään aina työskenneltäessä sähköttömäksi kytkettyjen suurjännitelaitteiden kanssa.

Maadoitus-harjoituksessa olisi hyvä olla lisäksi muita laitteita, joilla työmaadoitusta harjoiteltaisiin.

6.2 Releen käyttö

Eri kennoterminaaleilla on erilaiset käyttöliittymät, mutta periaate on melko sama. Tässä työssä voidaan tutustua VAMP- ja ABB-kennoterminaalien käyttöön, mikä antaa valmiudet tehdä töitä monella sähköasemalla ja monessa teollisuuskiinteistössä.

6.2.1 Releen valikon käyttö ja tapahtumien luku

Toimintakuntoon saatettua relettä on tarkoitus käyttää vähän, koska hyvin asetellut raja-arvot ja niiden pohjalta automatisoidut toiminnot takaavat sen, ettei laitetta tarvitse olla koko ajan säätämässä.

Melko yleinen releen käyttö liittyy tapahtumien lukuun (event logger) ja tietojen kirjaamiseen, jos ei laite ole jo kaukokäytössä. Tässäkin harjoitteessa on hyvä aloittaa laitteeseen tutustumisella ja valikon selaamisella.

6.2.2 Arvojen asetus

Kennoterminaaleille voi asettaa eri käyttöoikeuksia, jolla varmistetaan, ettei jokainen käyttäjä voi muuttaa esimerkiksi nopean poiskytkennän (I>>>) raja-arvoja. Alimman tason käyttöoikeuksilla voi lukea ja nollata tapahtumalaskurin. Ylimmän tason käyttöoikeuksilla voi käyttää kennoterminaalin jokaisia ominaisuuksia.

Harjoitukseen voisi kuulua esimerkiksi releen asetusten muuttamista käyttöpaneelistä ja tietokoneella. VAMP on hyvä rele varsinkin tietokoneella tehtävään asetusten muokkaamiseen harjoitteluun sen helpon käyttöliittymän ansiosta.

6.3 Johdonsuoja

Tässä harjoituksessa tehdään tarkoituksella oikosulkuja verkkoon. Ennen harjoituksen käyttöönottoa turvallisuuden toteutuminen on syytä tarkistaa sen vaatimalla huolellisuudella. Aikaisemmassa harjoituksessa laskettiin ja asetettiin raja-arvot suojaukselle. Nämä arvot eivät saa olla missään vaiheessa ristiriidassa laitteiston oman suojauksen kanssa. Jos verkkomallin katkaisija ei toimi, pitää syöttävän keskuksen suojauksen toimia ennen kuin johto tai laitteet vaurioituvat.

6.3.1 Kolmivaiheinen oikosulku

Kolmivaiheisessa oikosulussa linjan kaikki kolme vaihejohtinta kytkeytyvät yhteen. Tällainen voi tapahtua esimerkiksi jos kaivinkone katkaisee maakaapelin. Oikosulku on raju, joten katkaisijan täytyy toimia nopeasti. Vikavirta mitataan lähdön mittamuuntajilla ja tieto kulkeutuu releelle. Yleensä näissä tapauksissa on asetettu tietty vikavirran raja, jolloin jälleenkytkentöjä ei edes yritetä, koska on todennäköistä, että vika ei ole poistunut. Tässä harjoituksessa on tärkeää laskea oikea prospektiivinen kolmivaiheinen oikosulkuvirta ja ohjelmoida rele toimimaan sen mukaan.

6.3.2 Kaksivaiheinen oikosulku ja maasulku

Näissä tapauksissa kaksi vaihejohtinta kytkeytyy yhteen tai maasulussa yksi johdin kytkeytyy maahan. Nämä viat voivat johtua esimerkiksi puun osuttua avojohtimeen ja yleensä vika poistuu itseksensä. Näissä tapauksissa vikavirrat ovat pienempiä ja ne havaitaan releellä. Kuten aiemmin mainittiin, vika poistuu todennäköisesti itseksensä, jolloin rele voidaan ohjelmoida kytkemään katkaisija kiinni pikajälleenkytkennällä (PJK) ja aikajälleenkytkennällä (AJK).

Tässä harjoituksessa on tärkeää osata ohjelmoida rele havaitsemaan oikea vika ja mitoittaa jälleenkytkennät niin ettei johtimen terminen sietokyky ylitä.

Maasulkuharjoitusta varten pitää hahmottaa maasta erotetun keskijänniteverkon maasulkuilmiö. Harjoitus tarvitsee tueksi teorian maasulkuun vaikuttavista tekijöistä. Tarvittava teoria on esitetty luvussa 7.

6.3.3 Erottimen ohjaus ja varasyöttö

Sähköverkon toimitusvarmuuden parantamiseksi on sähköverkkoon asennettu erottimia, jotta vikoja voidaan rajata ja tehdä kytkentöjä verkossa, jotta sähköt saadaan kytkettyä takaisin mahdollisimman nopeasti varayhteyden kautta. Vikatilanteessa voidaan erottaa viallinen haara irti terveestä verkosta ja kytkeä sähköt takaisin terveeseen lähtöön. Kun viallinen haara on saatu kylmäksi eli jännitteettömäksi, voidaan vika korjata turvallisesti ja kytkeä takaisin. Näin toimitaan esimerkiksi suurhäiriötilanteessa. Tässä harjoituksessa on erityisen tärkeää pitää turvallisuus mielessä, kun kytkentöjä tehdään.

6.3.4 Vian paikannus ja rajaus

Kun on opeteltu käyttämään katkaisijaa ja kennoterminalia sekä erottimia, voidaan viimeiseksi tehdä harjoitus, jossa simuloidaan aitoa vikatilannetta. Yksi henkilö tekee vian verkkoon, jota käyttökeseuksen operaattorit eivät näe. Heillä on käytössään ainoastaan releeltä luettu tieto vikavirrasta. Operaattorin pitää tehdä johtopäätökset vian sijainnista ja tehdä kytkennät erottimilla sen mukaan.

Todellisessa tilanteessa nämä johtopäätökset tekee monesti tietokone, joka laskee ja päättelee vika paikan paljon nopeammin kuin ihminen käsin laskemalla. Tällainen ominaisuus ei kuitenkaan ole aina saatavilla ja sen takia on tärkeää osata paikantaa vika myös itse. VAMP-rele osaa myös paikantaa säteittäisen verkon vian, jos sille on asetettu syötettävien johtimien arvot.

7 MAASULKU

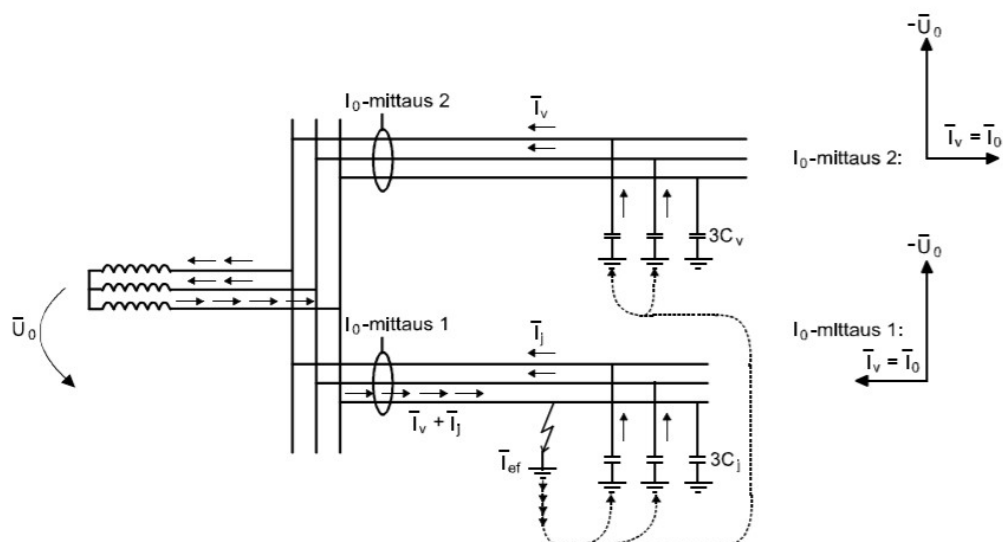
Suurjänniteasennusten standardikirjassa määritellään, että maasulkujen aikana syntyvä kosketusjännite ei saa esiintyä pitkäaikaisena ja jatkuvana. Maasulussa vikavirrat voivat olla niin pieniä, että ne voidaan kytkeä pois myös viiveellä. Tärkeintä on, että vika havaitaan luotettavasti. Automatiikka on kehittynyt nopeasti 90-luvulta lähtien ja vikojen havaitseminen sekä poiskytkentä tapahtuu automaattisesti. Hälytystä ja käsin tapahtuvaa poiskytkentää käytettäessä on täytettävä seuraavat ehdot. (SFS 6001, 2018)

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 jakelumuuntamolla, käyttöä ei saa jatkaa, jos jakelumuuntaja ei ole laajan maadoitusjärjestelmän alueella. Maadoitusjännite, joka esiintyy jatkuvan maasulun aikana, saa olla korkeintaan 150 V, joka on myös pitkäaikaisesti sallitun maadoitusjännitteen suuruinen. Verkossa olevien heikkovirtajärjestelmien asettamat vaatimukset on otettava huomioon. (SFS-Käsikirja 601, 2009, 80)

7.1 Maasulun mallintaminen

Maasta erotetussa verkossa ns. normaalissa tilassa vaihejännitteet ovat maapotentiaaliin nähden symmetrisiä. Toisin sanoen niiden summa on nolla. Vektoriesityksenä jokainen vaihevektori on 120 astetta seuraavaa jäljessä tai edellä ja jokainen vektori on yhtä pitkä.

Maasulun sattuessa yksi vaihejohdin on kosketuksissa maahan joko suoraan tai johtavan osan kautta. Symmetrisessä järjestelmässä tätä seuraa "terveiden" vaiheiden jännitteen nousu, jopa pääjännitteen tasolle. Epäsymmetria johtaa siihen, että myös maakapasitanssien kautta kulkeva, normaalisti symmetrinen varausvirta, poikkeaa nollasta. Tämä nollasta poikkeava virta kulkee vikapaikan kautta maahan, jota kutsutaan maasulkuvirraksi. Kuvassa 12 esitetty maasulku.



KUVA 12. (ABB:n TTT-käsikirja 2000-07 luku 8. maasulkusuojaus)

Verkkomallissa maasulku saadaan aikaiseksi kytkemällä kontaktorilla yksi vaihe erillismaahan. Maasulkusuojaukseen käytetään ABB:n relettä, jolla samaa on yritetty Savonialla aiemmin. Haasteeksi osoittautuu maapotentiaalın asettuminen, josta ei ole varmaa tietoa, vaikka nolajännite havaittiin. Kiinteistön sähköverkkoon vikaa ei voi johtaa ja oman maadoituksen rakentaminen ei ollut mahdollista tässä vaiheessa. Johtimet ovat myös pieniä verrattuna kojeiston summavirtamuuntaajan, joten maasulkuvirran havaitseminen on epävarmaa.

7.2 Laskenta

Maasta erotetussa verkossa maasulkuvirta voidaan laskea kaavalla:

$$I_e = \sqrt{3} * \omega * C_0 * U \quad (4)$$

missä $\omega = 2\pi f$

C_0 = verkon yhden vaiheen maakapasitanssi

U = verkon pääjännite

Verkkomallin maakapasitanssi koostuu ilmajohdon maakapasitanssista $0,14\mu F$ ja kaapeliverkon maakapasitanssista $10,8\mu F$. Verkon pääjännite on 400 V, joten arvot voidaan sijoittaa kaavaan:

$$I_e = \sqrt{3} * 314,16 * 10,94\mu F * 400 = 2,37A \quad (5)$$

Releelle ei tuoda maasulkuvirtaa, vaan lähdön summavirta. Sen suuruus riippuu johtolähtöjen määrästä ja niiden maakapasitansseista. Summavirta on yhden johtolähdön tapauksessa nolla. Kun johtolähtöjä on enemmän kuin yksi, summavirta on aina pienempi kuin laskennallinen maasulkuvirta.

Maasulkuvirta riippuu myös vikaresistanssista, jonka kautta maasulkuvirta kulkisi maahan. Tässä tapauksessa sitä ei oteta huomioon, koska tarkoitus on saattaa tieto viasta releelle. Tämän vuoksi maasulkuvirta pitää saada mahdollisimman suureksi, jotta rele havaitsee vian.

Jännite-epäsymmetria aiheuttaa myös sen, että symmetrisen verkon tähtipiste siirtyy kauemmaksi ihanteellisesta nollastaan. Nollapisteen jännitteen voi laskea kaavalla:

$$U_0 = \frac{1}{3 \cdot \omega \cdot C_0} * I_{ef} \quad (6)$$

Maasulun laukaisuehdoiksi ohjelmoitiin siis tietyn suuruinen maasulkuvirta ja nollijännite. Verkon ensimmäiseen solmupisteeseen tehtiin maasulku, jota maasulkusuojaus ei havainnut. Kuormitusvirta rele havaitsi 2 A, joka myöhemmin varmistettiin asettamalla virran mittaus verkon päähän. Laskenta onnistui; suojaus suunnitellaan myöhemmin.

8 RELEKOESTUS

Releiden koestus eli testaaminen kuuluu verkkolaitteiston käyttöönottoon, mutta myös sen huoltoon ja kunnossapitoon.

Verkonhaltija on velvollinen tarkastamaan laitteiston toiminta valtuutetun tarkastajan tai laitoksen toimesta vähintään 5 vuoden välein. Sähkölaitoksen haltijan on myös suoritettava kuntotarkastuksia laitteistolle riittävän usein. Tarkastusten tiheyden on vastattava todellista tarvetta, joka voidaan määrittellä aiemmasta dokumentaatiosta. Jos tarvetta ei voida luotettavasti määrittellä tätä kautta, voidaan nojata suositusten mukaisiin määräaikoihin. (Verkostosuositus TA 1_97)

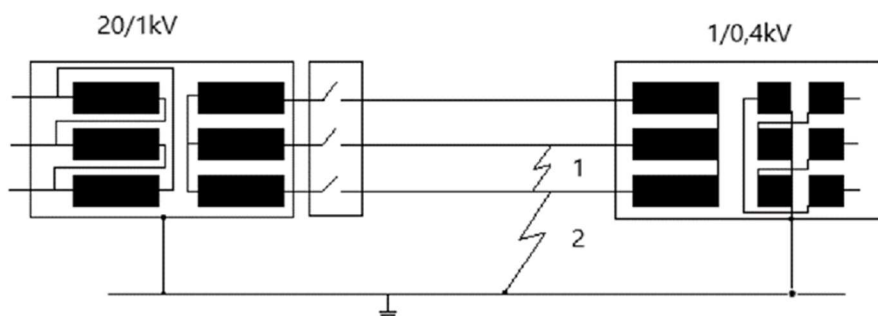
Suurjännite- ja keskijänniteverkon ylivirta- ja maasulkusuojausten tarkastusten tarve on verkostosuosituksen mukaan määritelty seuraavasti:

- Suojareleet ilman itsevalvontaa 3 vuotta
- Itsevalvonnan omaavat suojareleet 6 vuotta

Yli 1kV laitosten suojaukset voidaan tarkastaa joko ensiökoestuksella tai toisiökoestuksella.

Ensiökoestuksessa vikavirtaa syötetään virtamuuntajan ensiöpiiriin. Tämä on kuitenkin yleensä työläs järjestää ja jopa vaarallinen, joten yleisempi on toisiökoestus.

Toisiökoestuksessa virtamuuntajan toisioon kytketään vikavirta, joka on pienempi ja täten helpompi toteuttaa. Tämä testi edellyttää kuitenkin sen, että virtamuuntajien toiminta on varmistettu ja voidaan luottaa ensiöpiiriin vikavirran toteutumaan myös toisiöpiirissä. (Verkostosuositus TA 1_97)



KUVA 13. 1 kV suojauskoestus

20 kV toisiokoestuksessa virtamuuntajan toisioon kytketään vikavirta, joka on pienempi ja täten helpompi toteuttaa. Tämä testi edellyttää kuitenkin sen, että virtamuuntajien toiminta on varmistettu ja voidaan luottaa ensiöpiirin vikavirran toteutumaan myös toisiopiirissä. (Verkostosuositus TA 1_97)

- Laukaisupiiri on testattava laukaisuun saakka
- Hälytyttävän suojan toiminta on testattava siten, että hälytys saadaan releeltä ulos (Ali- ja ylijännite, maasulku, apujännite).

8.1 LAITTEISTO JA LÄHTÖKOHDAT

TSI-Finland:lla on relekoestukseen käytettävissä OMICRON 356 -laite, joka on tarkoitettu releiden toiminnan testaamiseen. Laitteeseen kytkeydytään tietokoneella ja siinä on I/O-portteja virran ja jännitteen syöttöön sekä binäärisiä I/O-portteja signaalien lähettämiseen ja vastaanottamiseen.

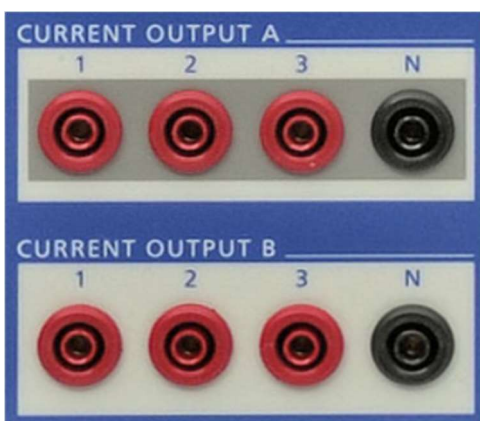
CMC 356 on tietokoneella ohjattu testilaitte. Se on tarkoitettu suojareleiden, muuntajien ja energiamittalaitteiden testaukseen. CMC 356 ei siis ole itsenäinen laite testausta varten vaan toimii osana OMICRON Test Universe - testiympäristöä.

Laitteen keskeisimmät liitännät ovat:

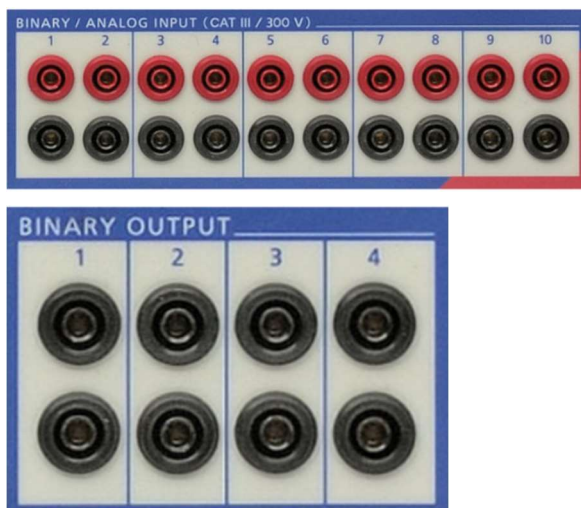
- 4 x jänniteulostulo (0-300 V)
- 2 x galvaanisesti erotettua 3-vaihevirtaulostuloa (0-32 A)
- Binääriset I/O-portit
- DC-virtalähde testattavalle laitteelle



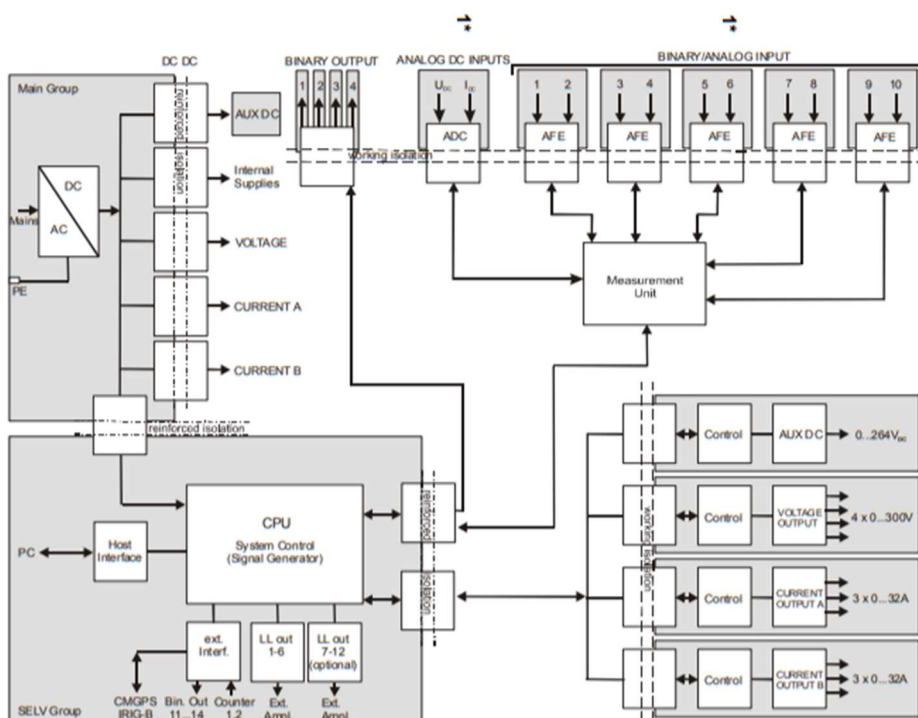
KUVA 14. CMC 356:n jänniteulostulot



KUVA 15. CMC 356:n virtaulostulot



KUVA 16. CMC 356:n binääriset ja analogiset I/O-portit



KUVA 17. CMC 356:n kaaviodiagrammi (OMICRON, 2008)

Ylivirtasuojauksen testaamiseen täytyy siis virtamuuntajien toisioon syöttää OMICRON:lla sen suo-
jausportaan vastaavaa virtaa sekä DI-porttiin kytkeä releen trip-komennon kärjet. Virtamuuntajien
muuntosuhde on 1/60. Rele on konfiguroitu kytkemään vika pois, kun virtamuuntajan toisiokäämissä
kulkee 0,2 A virtaa.

8.2 OHJELMISTO

OMICRON Test Universe - ohjelmistoon kuuluu QuickCMC-moduuli, joka on hyvä työkalu testaukseen tutustumiseen. Ohjelmistoa käytetään Windows käyttöjärjestelmässä ja se toimii samanlaisella käyttöliittymällä kuin muutkin Windows-ohjelmat.

Ohjelma sisältää useampia testimoduuleja mm. ylivirtasuojaukseen ja jälleenkytkentöihin, mutta tässä tapauksessa on syytä tutustuttaa käyttäjä uuteen ympäristöön, joten harjoitus keskittyy

QuickCMC-moduuliin. 

QuickCMC:ssa voidaan laitteesta syöttää ulos jännitteitä, virtaa ja taajuuksia staattisesti tai tasoja nostamalla ja laskemalla. Käytössä on myös digitaaliset portit sekä analogiset sisääntulot mittausta varten.

8.3 KOESTUSHARJOITUS

Tässä harjoituksessa tarkoitus on perehtyä koestuslaitteiston kytkentään ja yksinkertaiseen suuntaamattoman ylivirtasuojan koestukseen. Opetusympäristössä pyritään tekemään harjoitukset mahdollisimman autenttisesti, jotta toimintamallit voidaan adaptoida myös kentälle.

Työ tehdään jännitteettömänä, joten noudatetaan SFS 6002 6.2 jännitteettömän työskentelyn ohjetta:

- Täydellinen erottaminen – avataan katkaisija ja ohjataan vaunu ulos
- Jännitteen kytkemisen estäminen – varmistetaan lukitukset ja ”takasyöttö”
- Laitteiston jännitteettömyyden toteaminen – jännitteenkoettimella
- Työmaadoittaminen – maadoituskisko kiinni
- Suojaus lähellä olevilta jännitteisiltä osilta – mahdolliset suojalevyt.

8.3.1 VALMISTELUT

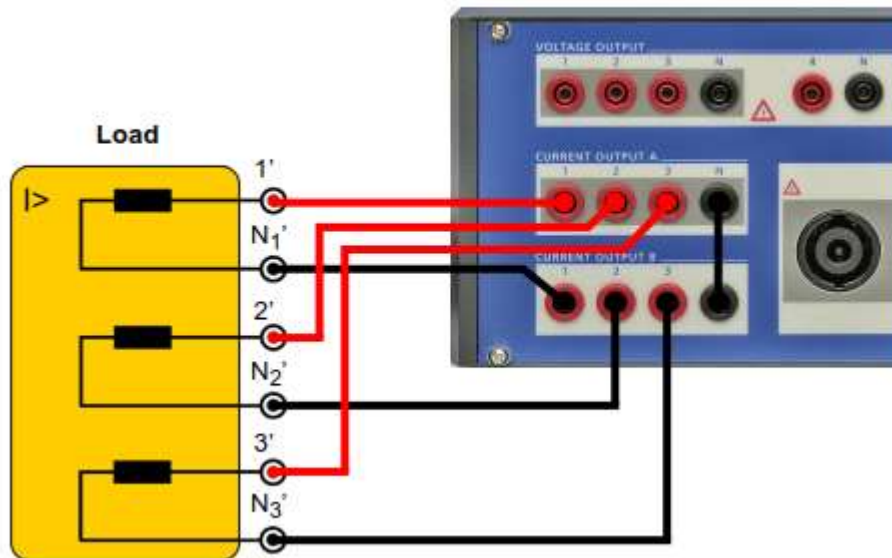
Alkuvalmisteluna voidaan toinen kenno kytkeä syöttämään verkkomallia, jolla simuloidaan verkon tilannetta ja rengasyhteyden hyväksikäyttöä. Tämän jälkeen voidaan avata koestettavan kennotermiinalin katkaisija ja aloittaa kytkennät releeseen.

CMC356 kytketään ethernet-yhteydellä tietokoneeseen, joka on varustettu OMICRON Test Universe -testausohjelmistolla. Molemmat laitteet johdotetaan testausta varten ja kytketään päälle.

Testausta varten CMC356 pitää parittaa tietokoneeseen ”Associate device”-komennolla, jolloin tietokone tunnistaa ethernet-yhteyden avulla, minkä laitteen kanssa se kommunikoi.

8.3.2 CMC 356 JA REF 543 JOHDOTUS

Ylivirtasuojauksen testauksessa REF543:n vaihevirran mittausnapoihin kytketään johdot CMC356:n virtaulostuloista alla olevan kuvan mukaisesti. REF543:n liittimet ovat: L1 (X1.1:3 ja 1), L2 (X1.1:6 ja 4) ja L3 (X1.1:9 ja 7). Tällä johdotuksella saadaan maksimissaan 32 A:n virta tuotettua releen liittimille. Jos pienempi virta riittää koestukseen (max. 12,5 A), voidaan käyttää pelkästään CURRENT OUTPUT A:ta.




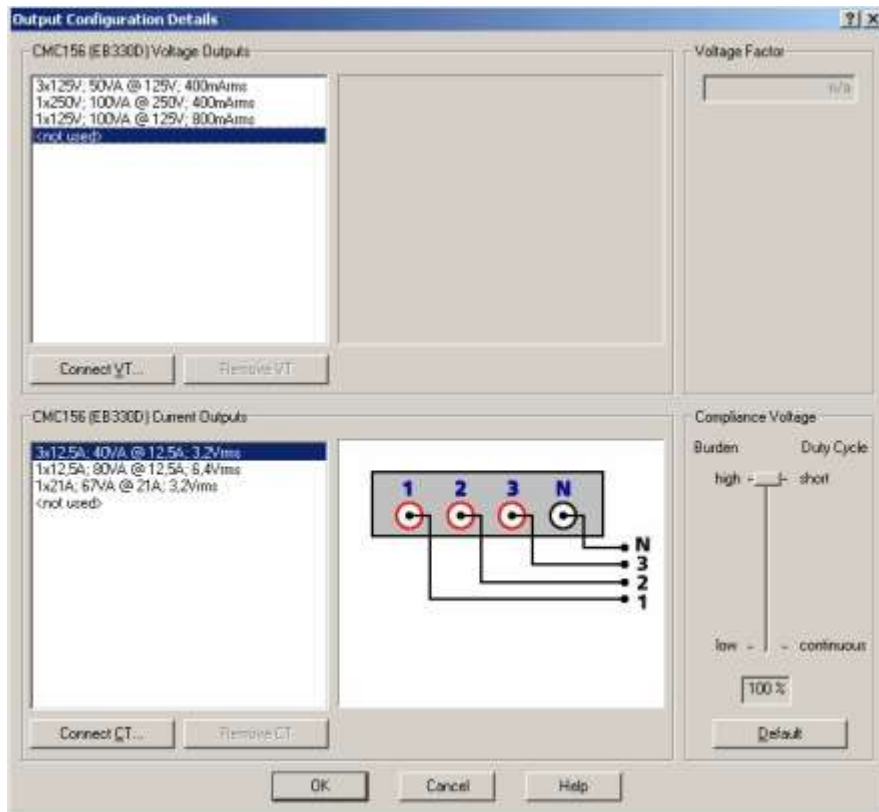
KUVA 18. CMC356 virran mittauskytkentä (OMICRON, 2008)

Releeltä katkaisijan auki ohjaavat kärjet löytyvät lohkoista X4.1:10-17, riippuen siitä, mihin ne on kytketty. Nämä kärjet kytketään CMC356-mittalaitteen binaarisiiin sisääntuloihin. Tällöin katkaisijan ohjaustieto saadaan mitattua tarkasti.

8.3.3 TEST UNIVERSE - ASETTELUT

QuickCMC:sta avataan **Test Object**, josta pääsee luomaan uuden testattavan objektin, tässä tapauksessa releen ABB REF 543 ja asettamaan sille tietoja. Nämä tiedot tulostuvat myöhemmin luotavalle raportille, joka tulostetaan testauksesta.

Hardware Configuration -valikosta päästää asettamaan mittauskytkennät ja asetukset. Yksityiskohdissa on esitetty myös mittauskytkennät kuvana, joka helpottaa asetelua. Jännite-ulo tulot voidaan laittaa pois päältä (Not used), sillä niitä ei tarvita suuntaamattoman ylivirtasuojauksen koestuksessa.



KUVA 19. Test Universe Hardware Configuration (OMICRON, 2008)

Analog Outputs-välilehdellä määritellään otsikon mukaiset signaalit esimerkiksi IL1, IL2 ja IL3 ja varmistetaan, että jokainen signaali vastaa oikeaa ulostuloa CMC356:n fyysisissä ulostuloissa.

Binary/Analog Inputs-välilehdellä määritellään sisääntulot katkaisijan ohjaussignaaliille ja havah- tumissignaaliille. Klikataan OK, hyväksytään asetukset ja palataan QuickCMC Test-näkymään.

QuickCMC Test-näkymässä voidaan asettaa arvot releelle syötettävälle virrälle. Lähtöarvoksi voidaan laittaa 0,1 A, taajuudeksi 50 Hz. Pikanäppäimellä F5 voidaan laittaa ulostulot päälle ja pois päältä, jolloin releelle syötetään staattisena 0,1 A virtaa 50 Hz taajuudella. Arvot voidaan varmistaa releen näytöltä.

8.3.4 KOESTUS

Testattavalle releelle voidaan syöttää portaittain nousevaa virtaa, joka selventää ja nopeuttaa testiä. **Step/Ramp**-valikosta asetetaan portaan koko (step size) 5 mA ja pidettävän signaalin aika (time per step) 500 ms. Kun valitaan "Auto Step"-ruutu, ohjelma nostaa ulostulevaa signaalia 5 mA jokaisen 500 ms välein, kunnes rele havahtuu ja katkaisijan auki ohjaava signaali saadaan luettua tietokoneelle.

Tavoitteena on löytää virran taso, jolla rele ohjaa katkaisijan auki. Koestuksessa nostetaan vaihevirtaa käsin ohjaamalla, kunnes saadaan digitaaliseen sisääntuloon signaali auki ohjatusta katkaisijasta.

1. "Step/Ramp"-valikossa valitaan virta IL1 porrastettavaksi ulostuloksi.
2. "Quantity"-valikossa valitaan porrastettavaksi virran taso.
3. Asetetaan portaan tasoksi 5 mA.
4. Pidettäväksi tason ajaksi asetetaan 500 ms.
5. "Binary Inputs/Trigger"-valikossa asetetaan binary input 1 "Start".
6. Nostetaan "Up"-napilla virran tasoa, kunnes input 1 havahtuu.

Pikanäppäimellä F10 lisätään tulokset tulostettavaan raporttiin.

8.4 KOESTUKSEN PURKU

Kun koestus on saatu tehtyä ja raportit tulostettua, voidaan purkaa testauskytkennät. Rele ja katkaisija asetetaan käyttökuntoon päinvastaisessa järjestyksessä kuin kappaleessa 8.2 esitettiin.

9 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli opetuskäytössä olleen keskijänniteverkkomallin käyttöönotto. Laitteisto siirrettiin Kuopiosta Lahteen. Työhön kuului ohjeistusten laatiminen erilaisille harjoituksille sähköasemaympäristössä.

Työ onnistui osittain niin kuin oli suunniteltu. Ensisijaisena tavoitteena oli saada verkkomalli toimimaan samoin tavoin kuin ennen siirtoa. Siinä onnistuttiin, vaikka laitteiston kytkentöjä piti muuttaa erottimien toimimisen vuoksi.

Toinen tavoite oli saada VAMP 255 -rele otettua käyttöön toisessa kennossa. Käyttönotolle asetettiin tavoitteeksi ylivirtasuojan toiminta. Sillä piti pystyä tekemään ylivirtasuojauksen katkaisuja käyttöönoton jälkeen. Tässäkin onnistuttiin virtamuuntajien skaalausongelmasta huolimatta.

Maasulku jäi kesken. ABB:n releellä oli tarkoitus havaita 1-vaiheinen maasulku ja katkaista piiri.

Relekoestuksen saatiin laadittua ohje. Harjoituksia ei päästy tekemään vielä oppilaiden kanssa.

LÄHTEET

ABB (2010). Feeder Terminal REF 54_ Technival Reference Manual, General

Energiavirasto (2021). Valvontamenetelmät neljännellä 1.1.2016 – 31.12.2019 ja viidennellä 1.1.2020 – 31.12.2023 valvontajaksolla. Sähkön jakeluverkkotoiminta

Haettu 5.3.2024 osoitteesta

https://energiavirasto.fi/documents/11120570/12766832/Liite_2_Valvontamenetelm%C3%A4t_S%C3%A4hk%C3%B6jakelu_p%C3%A4ivitetty_22.pdf/82887397-969e-431b-36c9-412d566f19f7/Liite_2_Valvontamenetelm%C3%A4t_S%C3%A4hk%C3%B6jakelu_p%C3%A4ivitetty_22.pdf?t=1647522665452

Loponen, L., Räsänen, O., Väänänen, J. (2015). SPAA 322 C ja VAMP 40 johdonsuorareleiden testaus. Sähkövoimatekniikan työt [Työohje]. Kuopio: Savonia-ammattikorkeakoulu, Tekniikan yksikkö.

OMICRON (2008). CMC 356 User Manual

Haettu 5.3.2024 osoitteesta <https://www.manualslib.com/manual/1342206/Omicron-Cmc-356.html>

OMICRON (2008). TEST UNIVERSE Protection Package User Manual

Haettu 5.3.2024 osoitteesta

<https://www.omicronenergy.com/download/file/c46d7bbf44c4f83ed9f459feb672eb3b/>

Rouvali, Juhani (2018). Työohje, Verkkomalli, SAVONIA-AMK

Schneider Electric (2018). VAMP 255 / VAMP 230 Feeder and Motor Manager. User Manual.

Suomen Standardisoimisliitto SFS ry (2018). SFS 6001:2018 Suurjännitesähköasennukset, SESKO

Suomen Standardisoimisliitto SFS ry (2015). SFS 6002:2015 Sähkötyöturvallisuus, SESKO

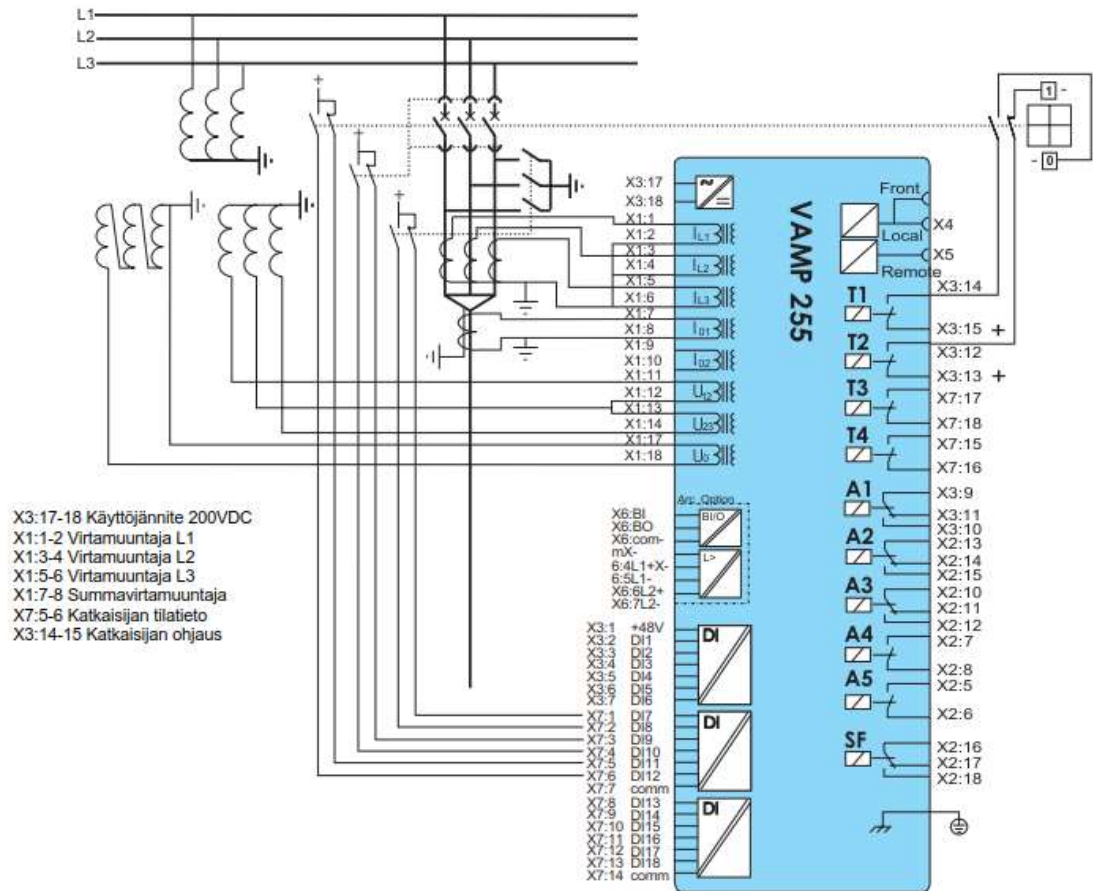
ABB Oy, TTT-käsikirja 2000-07. Helsinki: ABB Oy

Sähköenergialiitto ry (1997). Verkostosuositus TA 1:97 Verkonhaltijan toimesta tehtävät sekä omat käyttöönottotarkastukset, Sener

Valtion säädöstietopankki, Sähköturvallisuuslaki (2016) [www-sivu]

Haettu 5.3.2024 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161135>

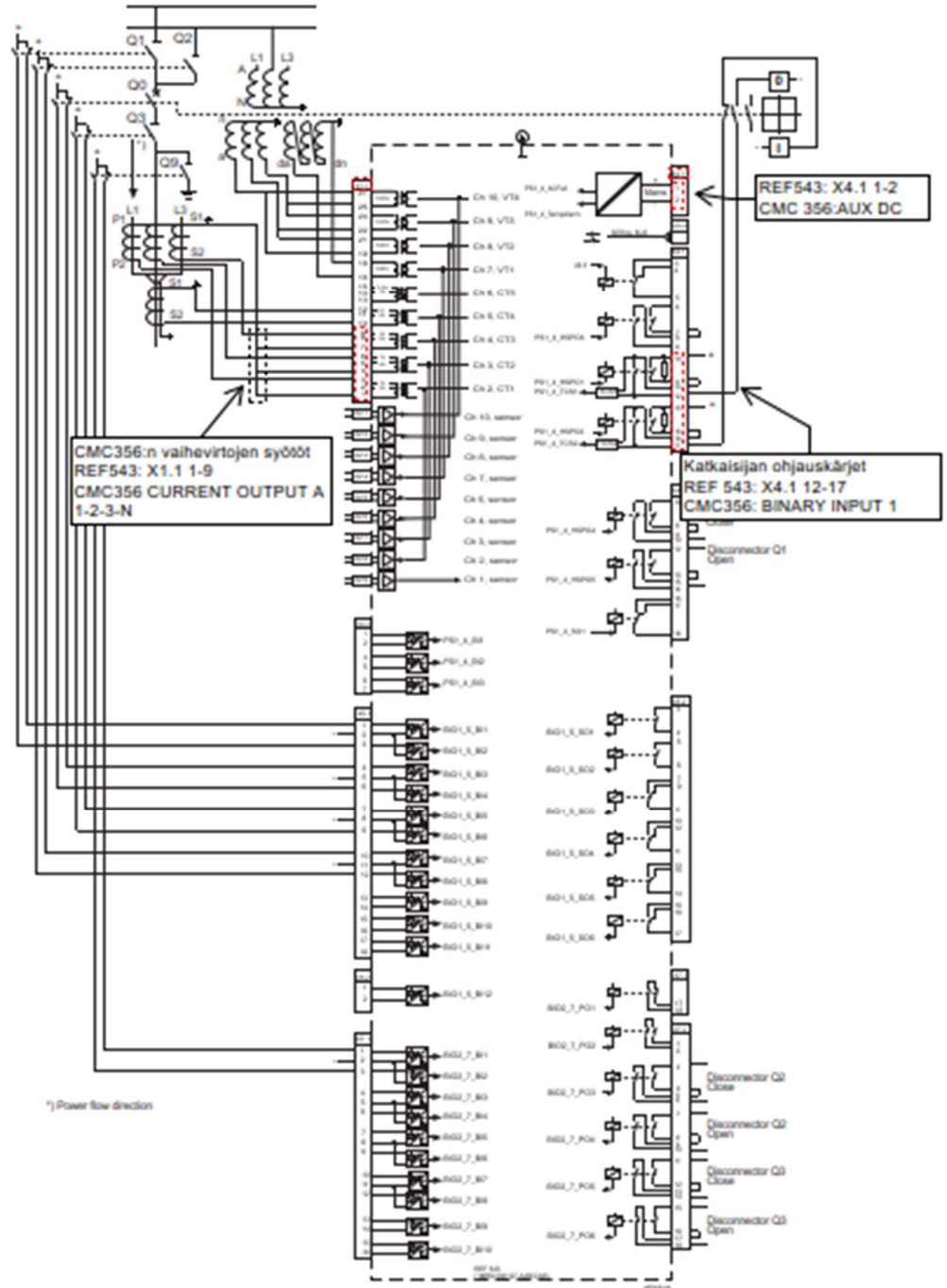
LIITE 1: VAMP 255 -KYTKENTÄ



LIITE 2: OMICRON CMC356 -KOESTUSKYTKENTÄ

Feeder terminals

REF 541, REF 543 and
REF 545
1MRS 750443-MBG



Omicron CMC 356 koestuskytkentä