



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Patrik Ådjers

SUOJARELEEN MODERNISOINTI JA DOKUMENTOITNTI

Tekniikka
2021

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
Sähkötekniikka

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Patrik Ådjers
Opinnäytetyön nimi	Suojareleen modernisointi ja dokumentointi
Vuosi	2021
Kieli	suomi
Sivumäärä	50 + 5 liitettä
Ohjaaja	Mikko Västi

Opinnäytetyön aiheena on vanhan Siemens 7SA631-distanssisuojareleen vaihtaminen uuteen Siemens 7SA84-distanssisuojareleeseen. Työn tilasi Vaasan Ammattikorkeakoulu. Distanssisuojarele sijaitsee Vaasan Technobotnian laboratoriossa. Distanssisuojarele on osa siirtoverkkomallia. Siirtoverkkomallia käytetään opetukseen.

Työssä käytiin ensiksi läpi relesuojauksen perusteet sisältäen suojausketjuun kuuluvat oleelliset laitteet ja suojareleen toiminnallisuudet. Tämän jälkeen määritetään uuden suojareleen kytkentä siirtojohtomalliin. Kytkentöjen jälkeen suojarele otettiin käyttöön ja sen toiminta testattiin. Viimeisenä mahdollistettiin jännitemittauksien vikaantumisen simulaatio. Opinnäytetyössä teorian tiedonlähteinä käytettiin pääosin Tritonia-kirjastosta lainattuja kirjoja ja Vaasan Ammattikorkeakoulun sähkötekniikan kurssien opetusmateriaalia. Suojareleen käyttöönotossa ja testauksessa käytettiin 7SA84-distanssisuojareleen manuaalia.

Releen testaus ja käyttöönotto on opinnäytetyössä tehty. Kaikkiin työn tavoitteet täyttyivät. Releen lopullinen kytkeminen jää Technobotnian teknikolle tehtäväksi.

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Sähkötekniikka

ABSTRACT

Author	Patrik Ådjers
Title	Modernization and Documentation of Protection relay
Year	2021
Language	Finnish
Pages	50 + 5 Appendices
Name of Supervisor	Mikko Västi

The aim of this thesis is to change an old Siemens 7SA631 distance protection relay to a newer Siemens 7SA84 distance protection relay. by Vaasan Ammattikorkeakoulu, University of Applied Sciences. The distance protection relay is situated at Technobothnia laboratory in Vaasa. The relay is part of a transmission line model that is used for teaching purposes.

The thesis will first go through the basic theory of relay protection. The theory will include the protection systems essential devices and the protection relay functions. The coupling of the new relay to the transmission line model was designed first. After the installation of the protection relay, the relay was commissioned and its function tested. The last step was to enable the simulation of voltage measurement failure. The theory part of the thesis was taken from the library lent books and teaching material from the universities electrical engineering courses. During the relays commissioning and testing the manual of the 7SA84 relay was used.

The relays tested and commissioned. The final installation of the relay will be made by a technician working at Technobothnia.

Keywords	Transmission line, Relay protection, Distance Protection Relay and Commissioning
----------	--

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

LIITELUETTELO

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

1	JOHDANDO	10
2	YLEISTÄ SIIRTOJOHTO RELESUOJAUKSESTA	11
	2.1 Relesuojan tavoitteet	11
	2.2 Yleiset suojarelytyypit	11
	2.2.1 Ylivirtarele	11
	2.2.2 Distanssirele	12
	2.2.3 Differentiaalirele	15
	2.2.4 Nollavirtarele ja Suunnattu maasulkurele	15
	2.3 Mittamuuntajat (Virta- ja jännitemuuntaja)	16
3	SIIRTOJOHTOMALLIN KYTKENTÄMUUTOKSET	17
	3.1 Siirtoverkkomallin kuva	17
	3.2 Kytkentälista	18
	3.3 Releen vanha kytkentä	18
	3.4 Releen uusi kytkentä	20
	3.5 Jännitemuuntajan vikaantumisen simulaattori	22
4	RELEEN KÄYTTÖÖNOTTO	23
	4.1 Yleiset tiedot	23
	4.2 Releen asentaminen verkkoon	23
	4.3 Suojien käyttöönotto	25
	4.3.1 Suojien parametrien laskeminen	25
	4.3.2 Distanssisuoja	31
	4.3.3 Ylivirtasuoja	32
	4.3.4 Maasulkusuoja	33
	4.3.5 Suunnattu maavikasuoja	35
	4.4 Jälleenkytkentä	35

4.5	LED-matriisi	39
5	SUOJARELEEN TESTAAMINEN	40
5.1	Distanssisuojan testaus.....	41
5.2	Ylivirtasuojan testaus.....	43
5.3	Maasulkusuojan testaus	44
5.4	Suunnattu maavian testaus	45
5.5	Jälleen kytkennän testaus	46
6	POHDINTA.....	47
6.1	Työnkulku	47
6.2	Tavoitteet	47
6.2.1	Siirtoverkon relesuojauksen perusteoria	47
6.2.2	Tarvittavat kytkentämuutokset siirtoverkkomalliin	47
6.2.3	Distanssireleen käyttöönotto	48
6.2.4	Distanssireleen testaus	48
6.3	Jatkotutkimusaiheet.....	48
6.3.1	Siirtolinjan kompensointitavat ja sen vaikutus distanssisuojaan	48
6.3.2	Vasta-aseman suojareleistyksen toteutus ja asemien välinen kommunikaatio	48
7	LÄHTEET	49
8	LIITTEET	50

LIITTEET

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuva 1. Ylivirtareleiden ominaiskäyriä	12
Kuva 2. Numeerisen distanssireleen ominaiskäyrä impedanssi tasossa.....	13
Kuva 3. Distanssisuojan toiminta-aikakäyrä	14
Kuva 4. Simulaattorin kannesta kuva	17
Kuva 5. Vanhan suojareleen kytkentäkuva	19
Kuva 6. Siemens 7SA84 suojareleen kytkimet (Siemensin manuaalista).....	20
Kuva 7. Siemens 7SA84 suojareleen kytkentä (Itse tehty)	21
Kuva 8. Jännitemuuntajan vikaantuminen	22
Kuva 9. Käyttöönotto-ohje	23
Kuva 10. DIGSI 5. Suojareleen sivuikkuna	24
Kuva 11. Rele terveessä tilassa	26
Kuva 12. Distanssisuojan asetus ikkuna.....	31
Kuva 13. Distanssisuojan yleisasetukset	31
Kuva 14. Distanssisuojan toimintavyöhykkeiden asetukset.....	32
Kuva 15. Ylivirtasuojan ikkuna.....	33
Kuva 16. Maasulkusuojan ikkuna	34
Kuva 17. Suunnattumaavika suojan ikkuna	35
Kuva 18. Ohjausikkuna: Katkaisijan toiminta, riippuen suojafunktiosta.....	36
Kuva 19. Jälleen kytkennän toiminta	37
Kuva 20. Jälleenkytkennän yleisasetukset	38
Kuva 21. Jälleenkytkennän sykliasetukset	38
Kuva 22. Toiminta taulukon ikkuna.....	39
Kuva 23. Releen vikaloki. Vikatyypit: 3-vaihe OIKOS. L1, L2 & L3. Vikavastus: 50 Ω. Vikapaikka: B.....	41
Kuva 24. Releen vikaloki. Vikatyypit: 2-vaihe OIKOS. L1 & L2. Vikavastus: 50 Ω. Vikapaikka: C.....	42
Kuva 25. Releen ylivirtasuojan vikaloki. Vikatyypit: 3-vaihe OIKOS. L1, L2 & L3. Vikavastus: 50 Ω. Vikapaikka: A.....	43
Kuva 26. Releen ylivirtasuojan vikaloki. Vikatyypit: Maasulku, L1 & Maa. Vikavastus: 50 Ω. Vika: C.	44

Kuva 27. Releen ylivirtasuojan vikaloki. Vikatyypit: Maasulku, L1 & Maa. Vikavastus: 50 Ω . Vika: A.	45
Taulukko 1. Ensiövirran standardisoidut nimellisarvot.....	16
Taulukko 2. Toisiojännitteen standardoidut nimellisarvot	16
Taulukko 3. Vanhan ja uuden releen kytkentälista.....	18
Taulukko 4. Laskuissa käytetyt parametrit	25
Taulukko 5. Distanssisuojan parametrit	27
Taulukko 6. Ylivirtasuojan parametrit.....	28
Taulukko 7. Maasulkuvirran parametrit	30
Taulukko 8. Mahdolliset vika-asettelut	40

LIITELUETTELO

LIITE 1 Siemens 7SA84-distanssisuojareleen kytkentäkuva manuaalista

LIITE 2 Siemens 7SA84-distanssisuojareleen kytkentäkuva itse tehty

LIITE 3 Siemens 7SA631-distanssisuojareleen kytkentäkuva

LIITE 4 Releiden kytkentälista

LIITE 5 LED-valojen toimintataulukko

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

A	Ampeeri
V	Voltti
R	Resistanssi
X	Reaktanssi
L	Induktanssi
C	Kapasitanssi
L*	Kolmivaiheisen sähkön vaihe
S	Painike
K	Rele
kV	Kilovoltti
Ω	Ohmi
ABB	Kansainvälinen sähköteknisten tuotteiden valmistaja
G	Generaattori
s	Sekunti
km	Kilometri
T	Toimintaporras
Z	Toimintavyöhyke

1 JOHDANDO

Siirtoverkon suojauksessa käytetään distanssisuojareleitä verkon suojaamiseen. In-sinööriyön tavoitteena on päivittää Technobotnian siirtoverkkomallin distanssisuojarele Siemens 7SA631 uuteen Siemens 7SA84-distanssisuojareleeseen ja ottaa distanssisuojarele käyttöön. Tämän lisäksi työssä on tarkoituksena selvittää miksi jälleen kytkentäfunktiot eivät ole toimineet ja mahdollistaa jännitemittauksien vikaantumisen simulaatio.

Työn tutkimusongelmana on siirtoverkon distanssireleen vaihtaminen uuteen ja sen käyttöönotto ja verkkomallin lisäominaisuuden aikaansaaminen. Tutkimusongelman voi jakaa oheisiin tutkimuskysymyksiin:

1. Mikä on tarpeellinen siirtoverkon relesuojauksen perusteoria? Tutkimuskysymykseen annetaan vastaus luvussa 2.
2. Mitä kytkentä muutoksia tarvitaan siirtoverkkomalliin? Tutkimuskysymykseen vastataan luvussa 3.
3. Miten Siemens 7SA84-distanssisuojarele otetaan käyttöön? Tutkimuskysymykseen vastataan luvussa 4.
4. Miten testaan, että Siemens 7SA84 toimii oikein? Tutkimuskysymykseen annetaan vastaus luvussa 5.

Näihin tutkimuskysymyksiin vastaamalla saamme muodostettua kattavan ratkaisun työn tutkimusongelmaan.

2 YLEISTÄ SIIRTOJOHTO RELESUOJAUKSESTA

2.1 Relesuojan tavoitteet

Relesuojauksen tavoite on suojata sähköverkkoa vikatilanteista. Nämä viat ovat esimerkiksi oikosulku, maasulku, ylijännite ja johdin katkot. Releet onnistuvat tehtävänsä tarkkailemalla verkkoa ja vikatilanteessa ohjaa katkaisijaa katkaisemaan verkon. Vikojen estäminen ei ole relesuojauksen tehtävä, sen tehtävä on huomata viat ja estää suurimpia vahinkoja mitä vika voi aiheuttaa sähköverkkoon. Se onnistuu tässä rajoittamalla vika-alueen mahdollisimman pieneksi. Tämä onnistuu säätämällä sensitiivisyyden eli verkon herkkyyttä ja selektiivisyyttä. Sensitiivisyys määrittää, kuinka suuren ohmisen vika suojaus pystyy havaitsemaan. Selektiivisyys määrittää, kuinka suuren osan verkosta menee sähköttömäksi, kun vikatilanne syntyy. Ideaalisesti haluttaisiin, että vika kohdasta lähimmät suojarahat reagoisivat viikaan.

Kun vika-alue on saatu rajoitettua, toimii tehon siirto normaalisti verkon muissa osissa. Vikavirrat voivat olla suuria erityisesti oikosuluissa ja maasulkuvioissa, joten vika-alue on saatava erotettua mahdollisimman nopeasti. Oikosulussa linjalle tulee komponentti vaurioitumisia. Maasulkuvioissa tulee sähköturvallisuus poikkeamia linjalla. (Mäkinen. O. 2008.)

2.2 Yleiset suojarahat

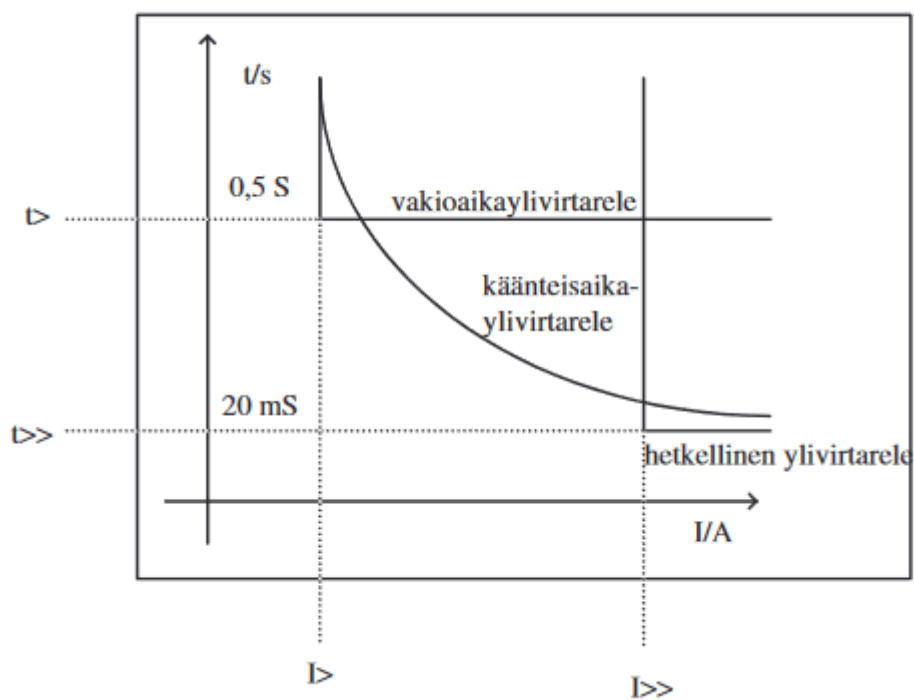
Relesuojauksessa käytetään erilaisia suojarahatyyppjä. Tässä kappaleessa käydään yleisimmät suojarahat ja niiden toiminnan teoria läpi.

2.2.1 Ylivirtarele

Ylivirtarele toimii siten, että kun mittausvirta ylittää releelle annetun arvon, rele havahtuu. Ylivirtareleellä on kolme erilaista asetelu arvoja, jotka ovat hetkellinen ylivirtarele, vakioaikaylivirta ja käänteisaikaylivirtarele. Työssä käytetyssä suojarahatleelle voi asettaa niin monta porrasta, kun tarvitsee. Asetteluihin voi laittaa kaikki kolme yllä mainitut toiminnot, lisäksi suojarahatukseen voi myös lisätä suuntauksen. Releiden toimintakäyrät löytyvät **kuvasta 1**.

Vakioaikaylivirtarele ja hetkellinen ylivirtarele havahtuu virran ylittäessä sille asetellun toiminta-arvo. Vakioaikaylivirtarele toimii samalla lailla paitsi, että siihen voidaan vielä asetella erikseen toiminta-aikaa.

Käänteisaikarele toimintahidastus on virtaan nähden käänteinen. Tämä tarkoittaa, että rele havahtuu nopeammin mitä suurempi mittaus virta on.



Kuva 1. Ylivirtareleiden ominaiskäyriä

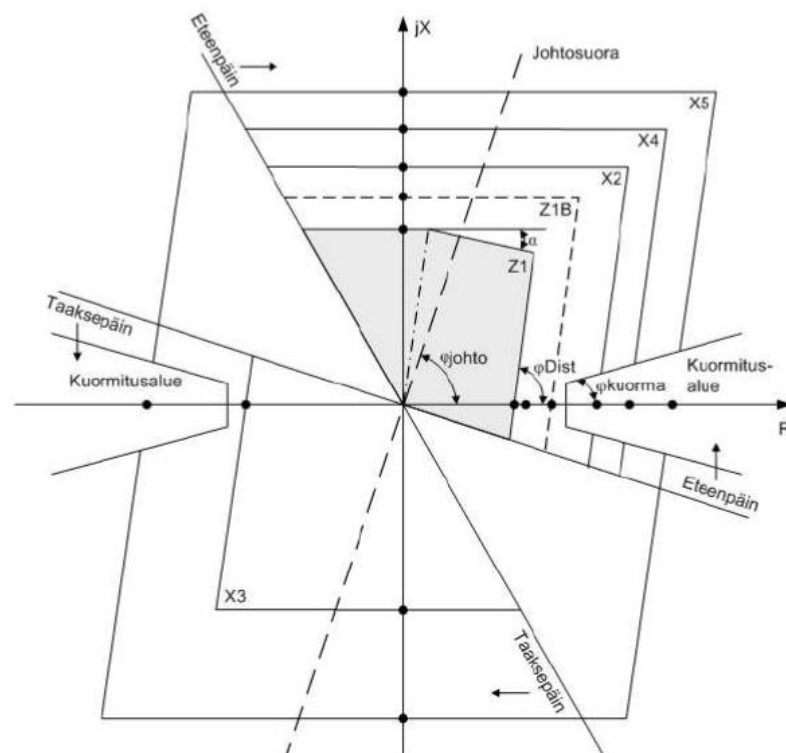
2.2.2 Distanssirele

Distanssireleellä voidaan mittauksien avulla paikantaa verkossa oleva vikapaikka. Tämän se tekee laskemalla sijoituskohtansa ja oletetun vikapaikan välisen johdon impedanssia. Laukaisu tapahtuu, kun mitattu impedanssi alittaa releelle annetun asetteluarvon.

Distanssirelettä käytetään silmukoidussa verkossa, koska se pystyy havaitsemaan virran suunnan. Vian suunnan rele päättelee jännitteen ja virran vaihesiirtokulman avulla. Silmukoidussa verkossa pienin vikavirta on yleensä kuormitusvirtaa suurempi ja vikavirta voi tulla mistä suunnasta tahansa. Tällöin selektiivistä suojausta ei voida toteuttaa ylivirtareleillä. (Elovaara & Haarla 2011)

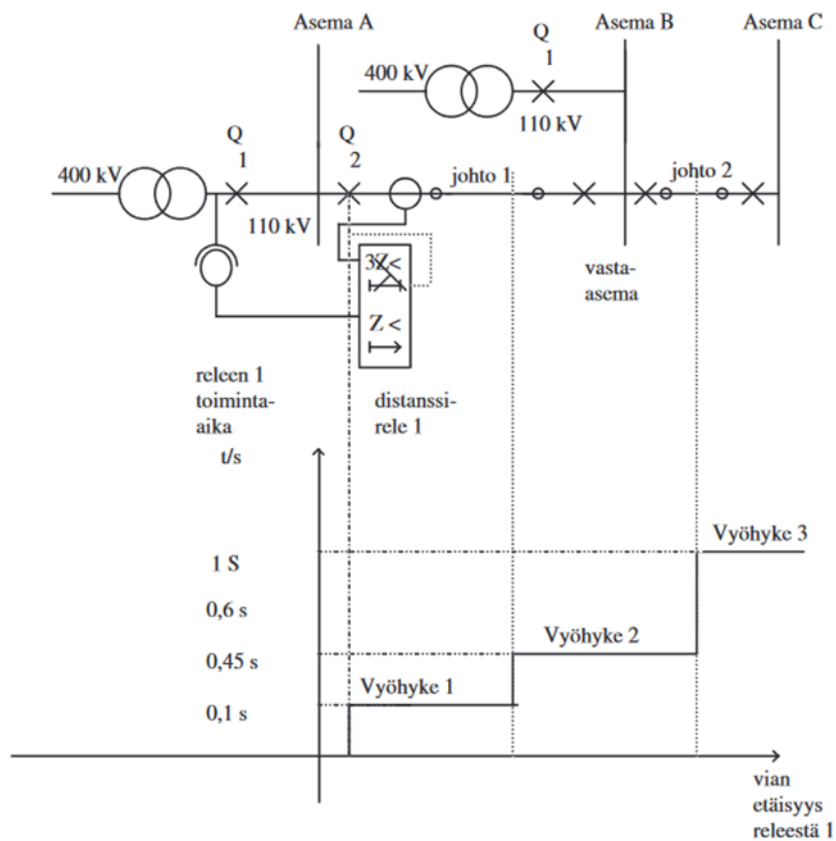
Suurvoimansiirrossa johtojen resistanssi on hyvin pieni, jos vertaa reaktanssiin. Tämän takia virran suurus ja vaihesiirtokulma määräytyvät lähes kokonaan reaktanssin mukaan.

Kanta verkoissa taas käytetään ali-impedanssihavahtumiselintä, johtuen pienistä vikavirroista. Pienin vikavirta voi olla pienempi kuin suurin kuormitusvirta. Impedanssin ominaiskäyrä näkyy **kuvasta 2**.



Kuva 2. Numeerisen distanssireleen ominaiskäyrä impedanssi tasossa

Kuvasta 3 on releen periaatteellinen toiminta-aikakäyrä. **Kuvasta 3** näkee, että vian selvitysaika pitenee suojausvyöhykkein, mukaan. Näitä vyöhykkeitä voidaan asettaa 3–5 kappaletta. Kuvasta voidaan huomata, että vika poistetaan hitaammin mitä kauempana vika on releestä. Ensimmäinen vyöhyke on tärkein se kattaa yleensä 80–85 % johdon pituudesta, tämä vyöhyke toimii ilman aikahidasteista laukaisua. Vyöhykkeiden asettelussa on käytettävä varmuusmarginaalia, joka on joko 10 % (johtojen arvot on mitattu) tai 15 % (johtojen arvot on laskettu). (Mäkinen. O. 2008.)



Kuva 3. Distanssisuojan toiminta-aikakäyrä

2.2.3 Differentiaalirele

Differentiaalirelettä käytetään muuntajien, linjojen, kiskojen ja moottorin tai generaattorin suojaukseen. Rele käyttää erovirtaperiaatetta, se mittaa virtamuuntajien avulla sille asetetun alueen. Toimivassa kytkennässä vaihevirtojen summa on nolla. Rele havahtuu, jos virtojen summa on joku muu kuin nolla. Differentiaalirele käytetään yleensä linjan ensisijaisena suojana, missä distanssi on sen varasuojana. Distanssisuojan varasuojana toimii sitten ylivirtasuoja. Varasuoja lähtee toimimaan, jos kommunikaatio tärkeimpään suojaan menehtyy.

2.2.4 Nollavirtarele ja Suunnattu maasulkurele

Nollavirtarele on ylivirtarele, jonka tarkoitus on toimia maasulussa. Maasulkuvirta voidaan mitata virtamuuntajien toisiokäämeistä vaihevirtojen summavirtaa, kaapelivirtamuuntajan mittaamaa summavirtaa tai laskennallisen summamittauksen avulla. Nollavirtareleen toiminta-aika ilman hidastusta on samakuin normaalilla ylivirtareleellä. Johdonsuojina käytettävät nollavirtareleet voivat olla joko herkkiä tai karkeita, eivätkä ne tunnista vikavirran suuntaa. Herkän releen virta-asettelu on pieni ja hidastus suuri. Karkean releen asetellut määritellään vikalaskelmien avulla ja niissä käytetään lyhyttä hidastusta. Nykyaikaisissa prosessorireleissä on kaksi porrasta, joten nämä toiminnot voivat sisältyä samaan laitteeseen. (Elovaara & Haarla 2011)

Suunnattu maasulkurele on nollavirtareleen, suuntayksikkö ja nollajännitereleen yhdistelmä. Suunnattu maasulkurele mittaa summavirtaa ja nollajännitettä. Mittauksilla suoja osaa laskea nollavirran ja nollajännitteen välistä kulmaa ja sen avulla, suoja osaa kertoa vian suunnan.

2.3 Mittamuuntajat (Virta- ja jännitemuuntaja)

Mittamuuntajien tehtävä on muuntaa mitattavan piirin virtoja ja jännitteitä semmoiseen muotoon, jotta ne ovat suojareleen elektroniikalle sopivia. Mittamuuntajat syöttävät tietoa suojareleille, jotta releet pystyvät suojamaan kohdettaan.

Mittamuuntajilla on standardit ensiövirroille, toisiovirroille ja toisiojännitteille.

Taulukko 1. Ensiövirran standardisoidut nimellisarvot

10A	12.5A	15A	20A	25A	30A	40A	50A	60A	75A
-----	-------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Sekä yllä mainittujen kymmenpotenssikerrannaiset ja -osat. Suositeltavimmat arvot on alleviivattu. Virtamuuntajat voivat olla myös vaihtokytkettäviä kahdelle ensiövirralle (merkintä esim.50–100 A). (ABB, TTT-käsikirja 2000)

Toisiovirran standardisoidut nimellisarvot ovat seuraavat:

1A, 2A ja 5A. Näistä suositeltavat ovat 1A ja 5A. (ABB, TTT-käsikirja 2000)

Taulukko 2. Toisiojännitteen standardoidut nimellisarvot

	Ensiökäämi kytketty kahden vaiheen väliin tai verkon tähtipisteen ja maan väliin.	Ensiökäämi kytketty vaiheen ja maan väliin
Mittaus- ja suojauskäämeille	<u>100 V</u> , 110 V ja 200 V	<u>100 : $\sqrt{3}$ V</u> , 110 : $\sqrt{3}$ ja 200 : $\sqrt{3}$ V
Avokolmiokäämille		<u>100 : 3 V</u> , 110 : 3 ja 200 : 3 V

Suomessa suositellaan käytettäväksi vain alleviivattuja arvoja. Jos avokolmiokäämin mitoitusjännite on 100:3V, tarkoittaa se yksivaihemuuntajan ko. toisio-käämin jännitettä normaalikäytössä. Kun kolme yksivaihemuuntajaa on kytketty kolmivaiheryhmäksi ja avokolmio-käämit on kytketty yhdestä kulmasta avoimeksi kolmioksi, niin ko. kulman liittimien välillä on 100 V jännite verkon yksivaiheisessa täydessä maasulussa. (ABB:n TTT-käsikirja 2000)

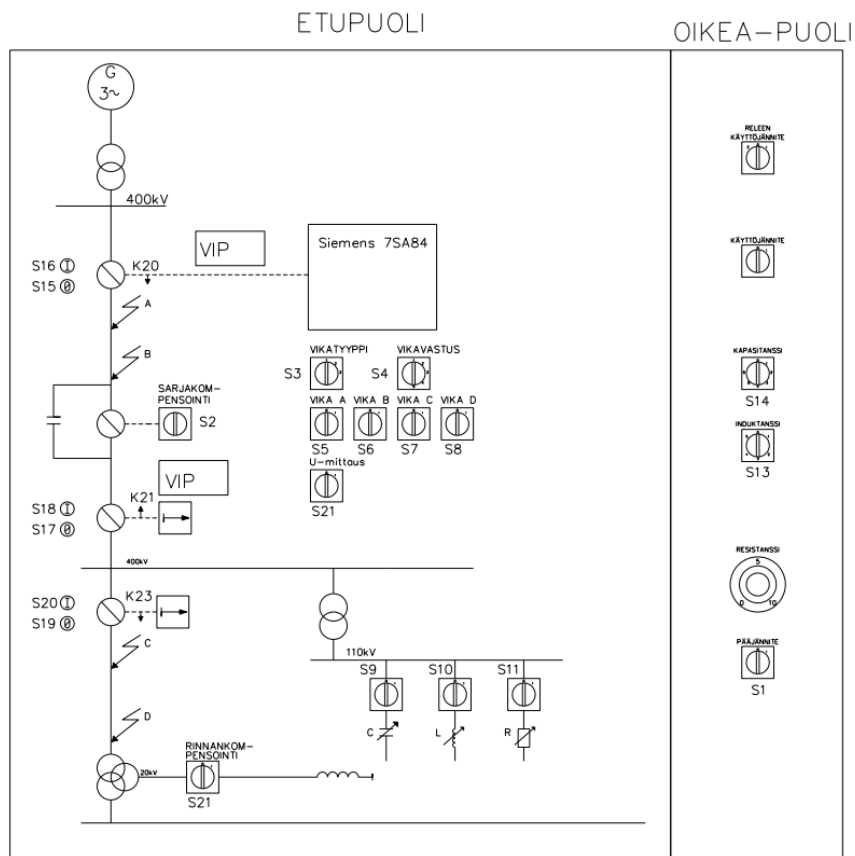
3 SIIRTOJOHTOMALLIN KYTKENTÄMUUTOKSET

Suunnittelu meni ihan hyvin. Ainoa ongelma on, että siirtojohtomallin kansiossa ei löytynyt kaikkia kytkentäkuvia. Joitakin kytkimiä ja releitä ei ollut merkattu ollenkaan kuvissa.

Suojareleen kytkentäkuvassa ei kuitenkaan puuttunut mitään, jolloinko yllä mainittu ongelma ei haitannut. Työn mukana tehdyssä kytkentälistan avulla uusi suojarele pystytään asentamaan vanhan sijaan. Kunhan pidetään tarkkaa listaa kaapeleista.

3.1 Siirtoverkkomallin kuva

Siirtoverkkomalli sijaitsee Technobotnialla sähkötekniikan laboratoriossa. Verkko-mallia käytetään muun muassa laboratorio opetus tunneilla.



Kuva 4. Simulaattorin kannesta kuva

3.2 Kytkentälista

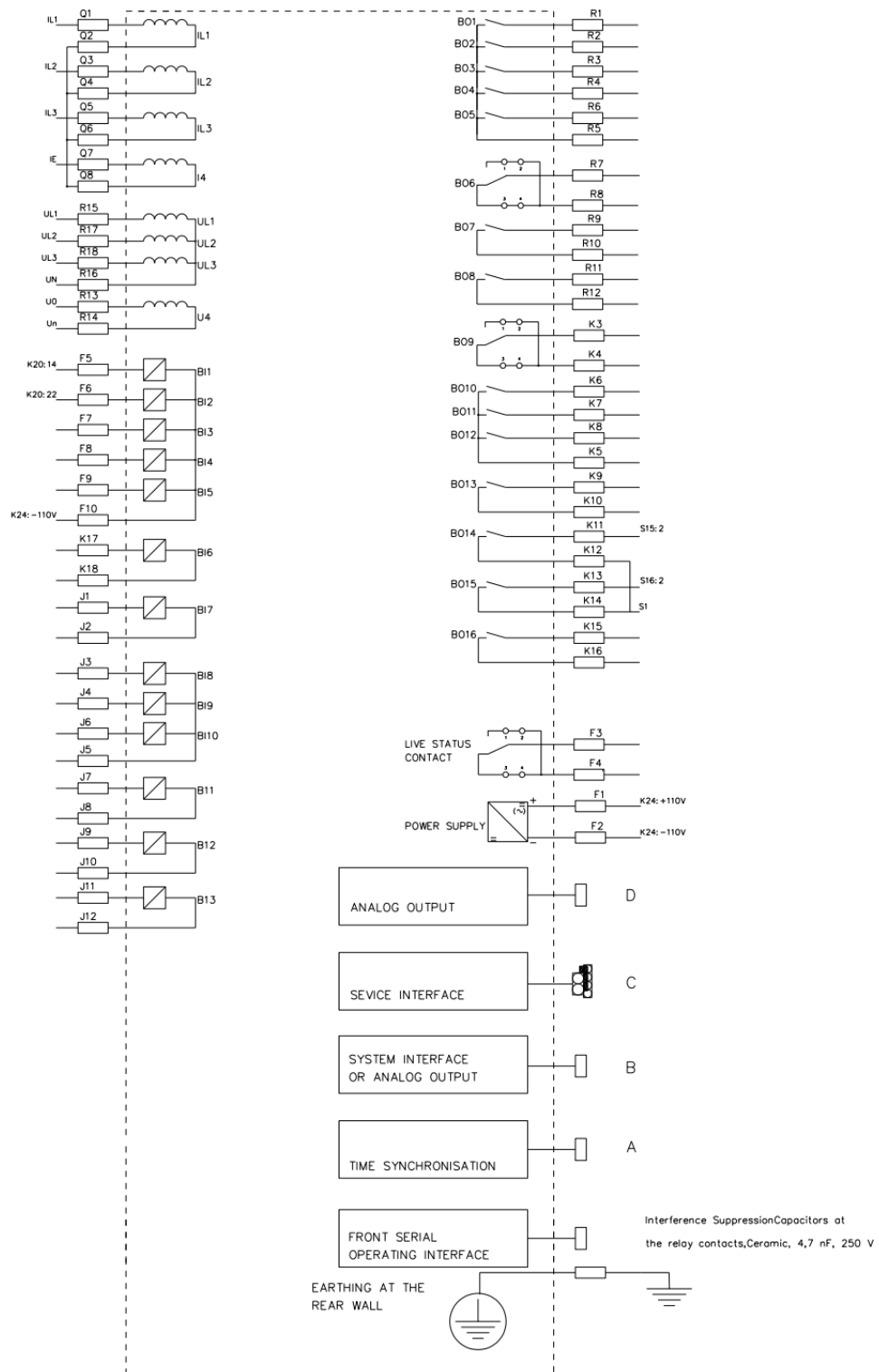
Vanha suojariele ja uusi suojariele käyttää eri tunnuksia ja eri määrä liittimiä. Tämän takia luotiin alla näkyvä kytkentälista.

Taulukko 3. Vanhan ja uuden releen kytkentälista

Komponentti	Komponentin Tunnus	Vanha liitos	Uusi liitos
Virtamuuntajat	IL1	Q1	A1 (IO214)
	IL2	Q3	A3 (IO214)
	IL3	Q5	A5 (IO214)
	IE	Q7	A7 (IO214)
Jännitemuuntajat	UL1	R15	B1 (IO214)
	UL2	R17	B3 (IO214)
	UL3	R18	B5 (IO214)
	UN	R16	B6 (IO214)
	U0	R13	B7 (IO214)
	Un	R14	B8 (IO214)
Syöttö	K24: + 110V	F1	B1 (PS201)
	K24: - 110V	F2	B2 (PS201), D2 & B13 (PS201)
Katkaisijat	K20 Auki	F5	C14 (PS201)
	K20 Kiinni	F6	C13 (PS201)
Painikkeet	S15 Auki	K11	B10 (IO214)
	S16 Kiinni	K14	C1 (IO214)
	S1 Pääkytkin	K12 & K13	B9 & C2 (IO214)
Uusi jännite katkaisu kytkin	S21:2	Ei ole	B11 (PS201)
	K24:-110V	Ei ole	B13 (PS201)
PS201 & IO214 on uuden suojarieleen eri lohkoja			

3.3 Releen vanha kytkentä

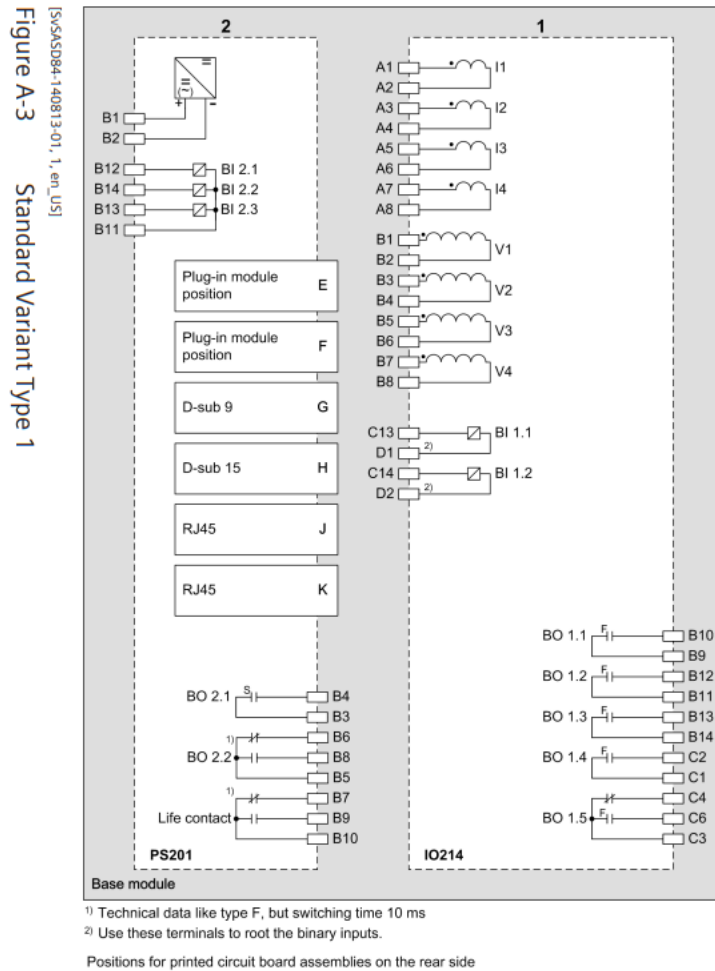
Kuva on kopio, Siemensin manuaalista. Kuvaan on lisäksi lisätty simulaattorissa olevat kytkennät.



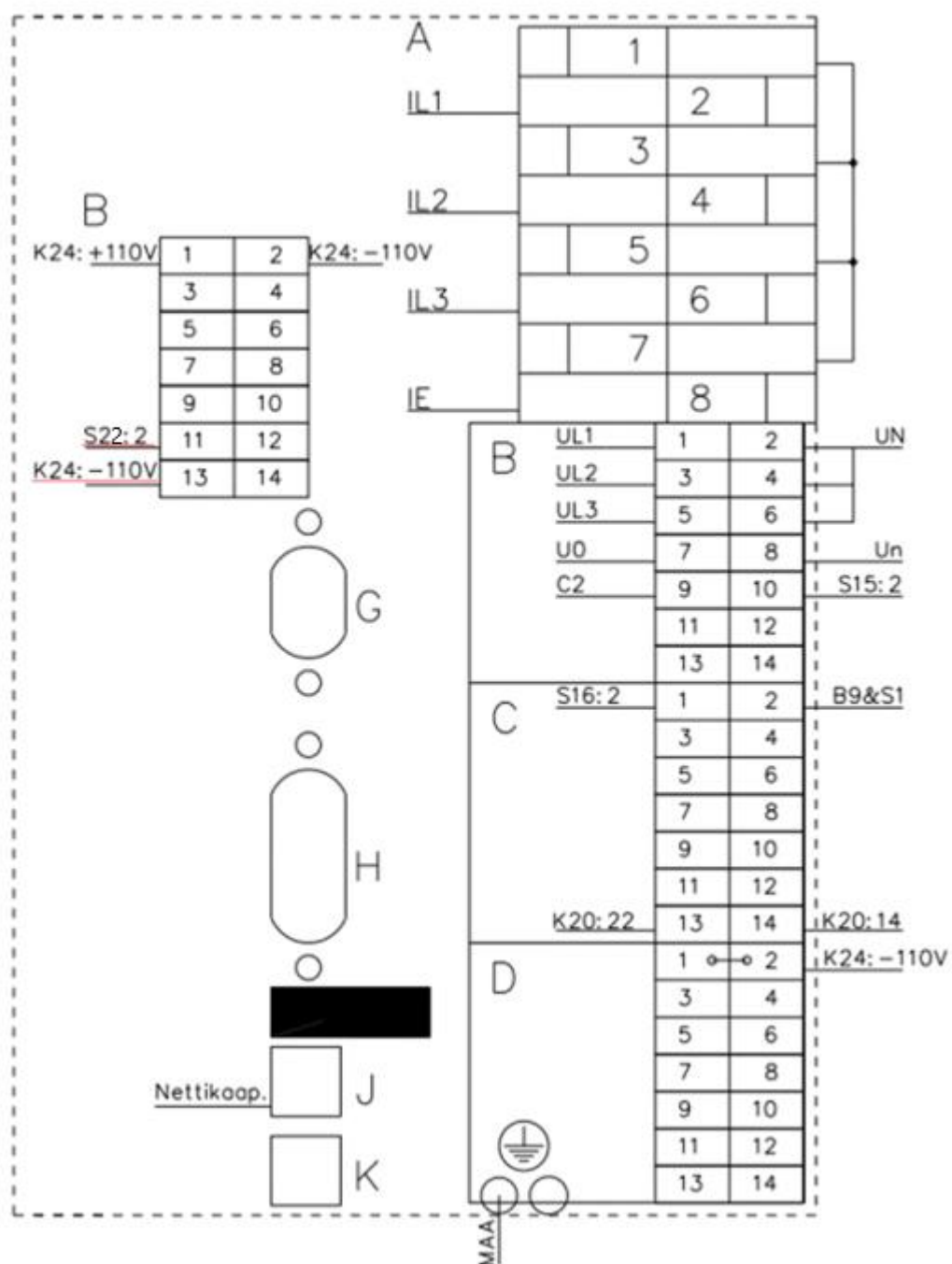
Kuva 5. Vanhan suojaeleen kytkentäkuva

3.4 Releen uusi kytkentä

Kappaleeseen on laitettu kaksi kuvaa. Ensimmäinen on Siemensin manuaalista otettu liitinkuva. Toinen on itsetehty kuva releen takaosasta.



Kuva 6. Siemens 7SA84 suojarleen kytkimet (Siemensin manuaalista)

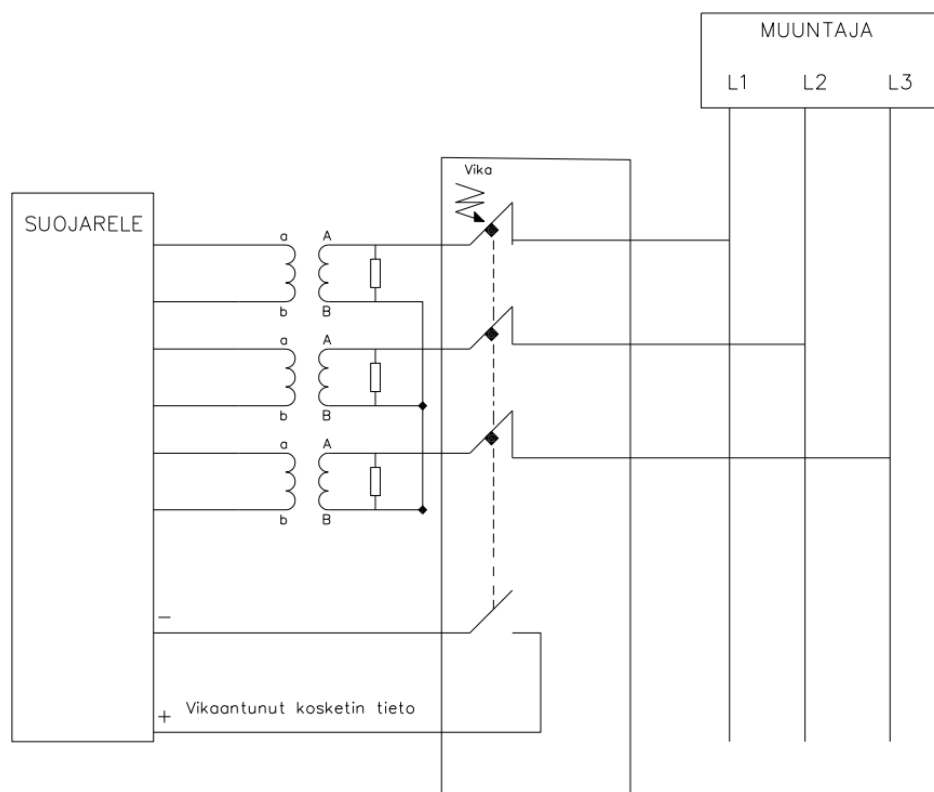


Kuva 7. Siemens 7SA84 suojarleen kytkentä (Itse tehty)

Kuva on malli releen takapuolesta. Kaikki liittimet on mallinnettu samalla lailla, kun oikeassa laitteessa. Työhön lisättävä “Jännitteen mittauksen vikaantumisen simulaattori” on kuvassa alleviivattu punaisella.

3.5 Jännitemuuntajan vikaantumisen simulaattori

Välillä siirtojohtoverkkojen laitteet voivat vikaantua. Yksi esimerkki vika voi olla jännitemuuntaja vikaantuu. Jos tämä käy muuntajan johdonsuojakatkaisija tai sulake laukeaa. Jos tämä käy suojarele menettää jännitemittauksensa ja distanssisuojaus ei enää toimi.



Kuva 8. Jännitemuuntajan vikaantuminen

Johdonsuojakatkaisija laukeaa, jolloin se sulkee koskettimen alimman koskettimen. Kun kosketin menee kiinni, kulkee releeseen tieto, että jännitemittauksessa on vika.

Tämä vika haluttiin simuloida siirtoverkkomalissa.

4 RELEEN KÄYTTÖÖNOTTO

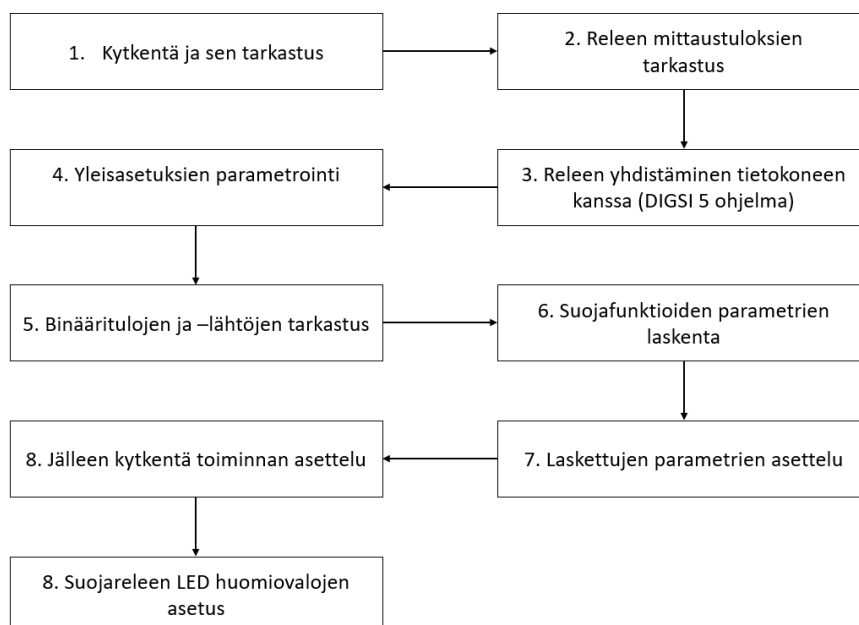
4.1 Yleiset tiedot

Työssä käytetään Siemensin DIGSI 5 ohjelmaa, joka on käytössä kaikissa Siemensin uusimmissa suojarleissä. DIGSI 5 avulla suojarleitä on todella helppo ohjelmoida ja valvoa relettä etäisesti.

Opinnäytetyön aikana ohjelmaa jouduttiin kerran päivittämään uusimpaan versioon, jälleen kytkennän vianselvityksen vuoksi. Missä Siemens ohjeisti päivittämään uusimpaan softa versioon.

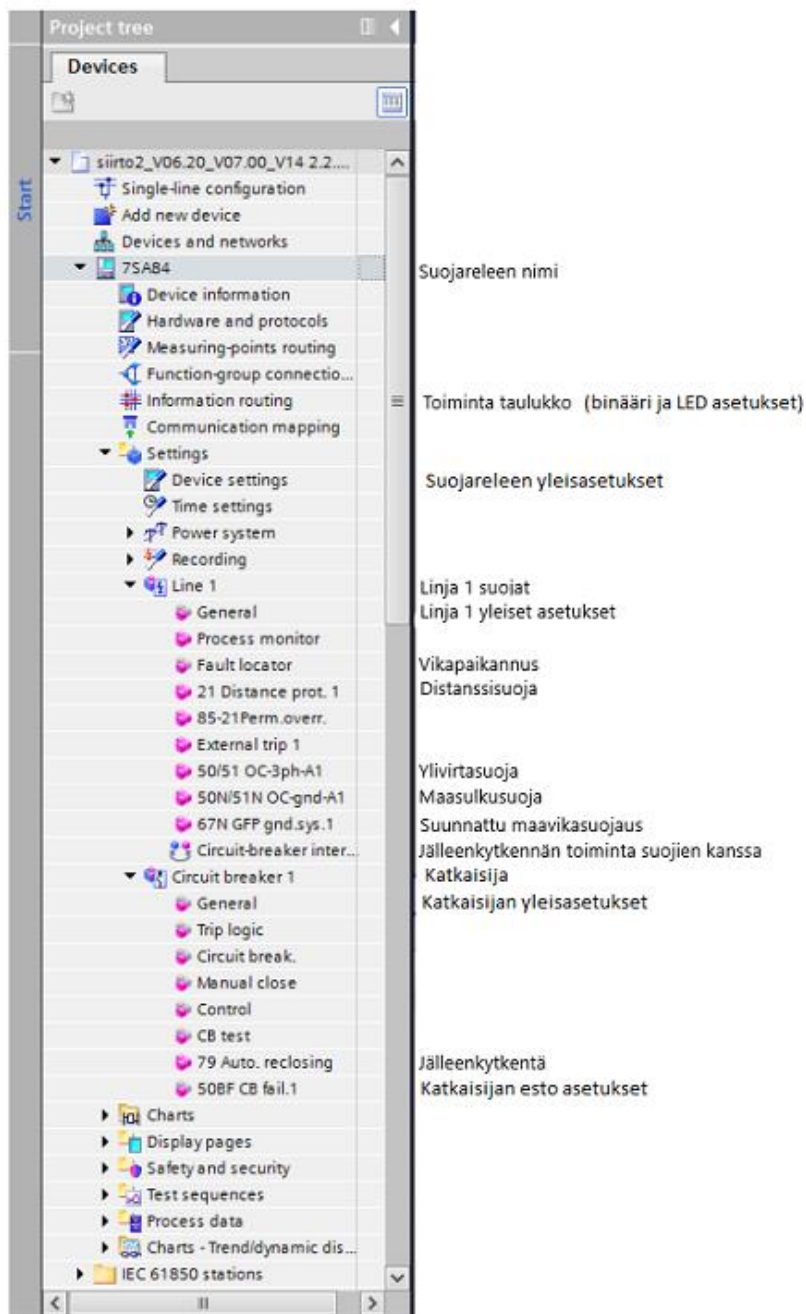
4.2 Releen asentaminen verkkoon

Simulaattorin vieressä olevassa työpöydällä on kytkentä laatikko mihin voidaan helposti kytkeä uusi suojarle. Kytkentälaatikon avulla voidaan testata releen toimintaa ilman, että asennetaan se simulaattoriin. Käyttäen kappaleessa 3.4 olevaa asennuskuvaa rele kytkettiin laatikkoon. Työn takia tehtiin seuraava ohjekartta, jota seurattiin.



Kuva 9. Käyttöönotto-ohje

Alla olevan kuvan (**Kuva 10**) avulla pystytään nopeasti paikantamaan haluamansa toiminnan



Kuva 10. DIGSI 5. Suojareleen sivuikkuna

4.3 Suojien käyttöönotto

Tässä osiossa käydään läpi releen eri suojat ja miten suojat asetellaan, jotta ne saadaan toimimaan halutulla tavalla. Kaikkien suojien perustoiminnot käydään läpi kappaleessa 2.2.

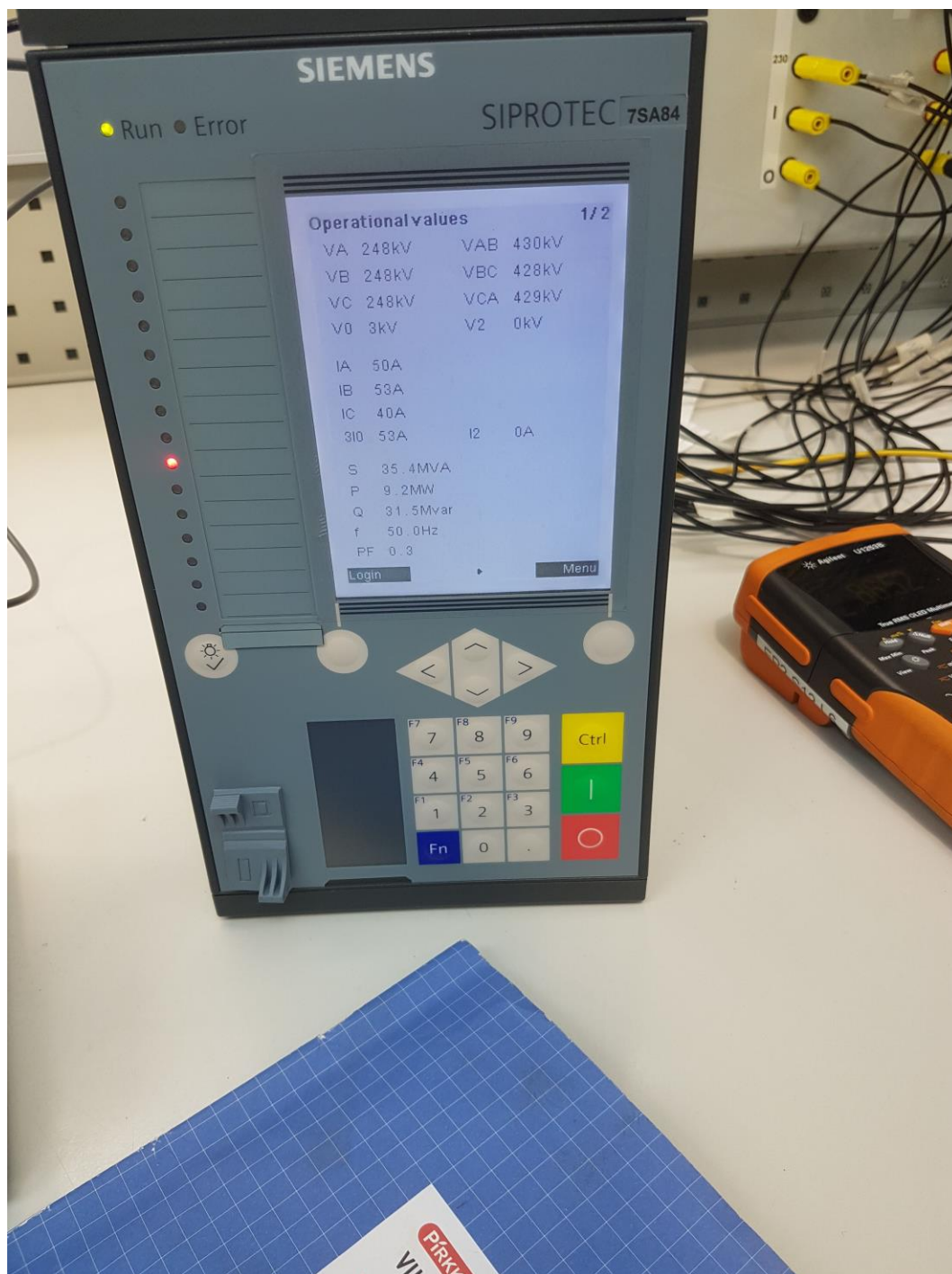
4.3.1 Suojien parametrien laskeminen

Suojien parametrien laskuihin tarvitaan seuraavat parametrit.

Taulukko 4. Laskuissa käytetyt parametrit

Aihe	Lyhenne	Määrä	Yksikkö
Verkonpääjännite	U	430	kV
Yhden vaiheen maakapasitanssi	C ₀	0.009	μ/km
Vaihe jännite	U _N	248	kV
Jännitekerroin	c	1.1	
Verkon pituus	V _p	250	km
Johdon pituusyksikön resistanssi	R _v	0.0262	Ω/km
Johdon pituusyksikön reaktanssi	X _v	0.325	Ω/km
Johdon maapiirin pituusyksikön resistanssi	R _E	0.0908	Ω/km
Johdon maapiirin pituusyksikön reaktanssi	X _E	0.267	Ω/km
Käytetty vika resistanssi	R _f	50	Ω
Distanssisuojan vyöhyke Z1	m1	126	km
Distanssisuojan vyöhyke Z2	m2	200	km
Distanssisuojan vyöhyke Z3	m3	250	km
Taajuus	f	50	Hz

Arvot ovat otettu **kuvasta 11**.



Kuva 11. Rele terveessä tilassa

Distanssisuojan toimintavyöhykkeiden toimintaan pitää laskea seuraavat arvot.

Taulukko 5. Distanssisuojan parametrit

Z1, Z2 ja Z3 Resistanssi	Rz^*
Z1, Z2 ja Z3 Reaktanssi	Xz^*
Maapiirinresistanssinkompensointikerroin	ker
Maapiirinreaktanssinkompensointikerroin	kex
Johtokulma	Φ

Laskut

Maapiirinresistanssinkompensointikerroin lasketaan seuraavalla tavalla

$$ker = \frac{RE}{RV} = 3.466 \quad (1)$$

apiirinreaktanssinkompensointikerroin lasketaan seuraavalla tavalla

$$kex = \frac{XE}{XV} = 0.822 \quad (2)$$

Johtokulma lasketaan seuraavalla tavalla

$$\Phi = \tan^{-1} \left(\frac{XV}{RV} \right) \times \frac{180}{\pi} = 85.391^\circ \quad (3)$$

Eri toimintavyöhykkeiden reaktanssit lasketaan seuraavalla tavalla

$$Xz1 = XV \times m1 = 40.95 \quad (4)$$

$$Xz2 = XV \times m2 = 65 \quad (5)$$

$$Xz3 = XV \times m3 = 81.25 \quad (6)$$

Vastaukset ovat ohmeina (Ω).

Eri toimintavyöhykkeiden resistanssit lasketaan seuraavalla tavalla

Distanssisuojaa tarvitsee vaiheitten välinen resistanssi, sekä vaiheen ja maan välinen.

Vaiheitten välinen resistanssi

$$Rz1 = RV \times m1 + Rf = 53.301 \quad (7)$$

$$Rz2 = RV \times m2 + Rf = 55.24 \quad (8)$$

$$Rz3 = RV \times m3 + Rf = 56.55 \quad (9)$$

Vastaukset ovat ohmeina (Ω).

Vaiheen ja maan välinen resistanssi

$$Rgz1 = RE \times m1 + Rf = 61.441 \quad (10)$$

$$Rgz2 = RE \times m2 + Rf = 68.16 \quad (11)$$

$$Rgz3 = RE \times m3 + Rf = 72.7 \quad (12)$$

Vastaukset ovat ohmeina (Ω).

Ylivirtasuojaa tarvitsee seuraavat arvot, jotta parametrisointi onnistuu

Taulukko 6. Ylivirtasuojan parametrit

Kolmivaiheinen oikosulkuvirta	Ik3
Kaksivaiheinen oikosulkuvirta	Ik2
Verkon impedanssi vikakohtasta laskettuna	Zk

Jotta saadaan, oikein toimiva suoja on meidän laskettava pienin oikosulkuvika, joka voi syttyä 50Ω vikaresistanssilla. Tämä arvo on oikosulku, joka syttyy ihan verkon loppupäästä.

Aloitetaan laskemalla Z_k . Koska verkko 250 km päätin laskea, tilannetta missä oikosulku syttyy ihan verkon päästä.

$$Z_k = \sqrt{(RV \times V_p + Rf)^2 + (XV \times V_p)} = 98.992 \quad (13)$$

Vastaus on ohmeina (Ω).

Tämän jälkeen pystytään laskemaan kolmivaiheinen oikosulkuvirta

$$I_{k3} = \frac{c \times U_n}{\sqrt{3} \times Z_k} = 1591.05 \quad (14)$$

Vastaus on ampeereina (A)

Kaksivaiheinen oikosulku on kolmivaiheista pienempi. Jotenka käytettävä arvo tuli olla kaksivaiheoikosulun mukaan.

Kaksi vaiheinen oikosulku saadaan seuraavalla kaavalla.

$$I_{k2} = \frac{\sqrt{3}}{2} \times I_{k3} = 1377.89 \quad (15)$$

Vastaus on ampeereina (A)

Alimman ylivirta toimintaportaan kynnysarvo tulisi olla tätä arvoa pienempi.

Seuraavana olisi maasulkuvirran laskenta.

Taulukko 7. Maasulkuvirran parametrit

Maasulkuvirta	I_{ef}
Omega	ω

Omegan kaava on seuraava

$$\omega = 2 \times \pi \times f \quad (16)$$

Jos siirtoverkkomallissamme ei olisi vikaresistanssia käytettäisiin maasulkuvirta laskuun seuraavaa kaavaa

$$I_e = \sqrt{3}\omega C_0 U \quad (17)$$

Mutta koska meillä on vikaresistanssia, kaava on tämä

$$I_{ef} = \frac{\sqrt{3} \times \omega \times (C_0 \times V_p)}{\sqrt{1 + (\sqrt{3} \times \omega \times (C_0 \times V_p) \times R_f)^2}} \times U = 488.811 \quad (18)$$

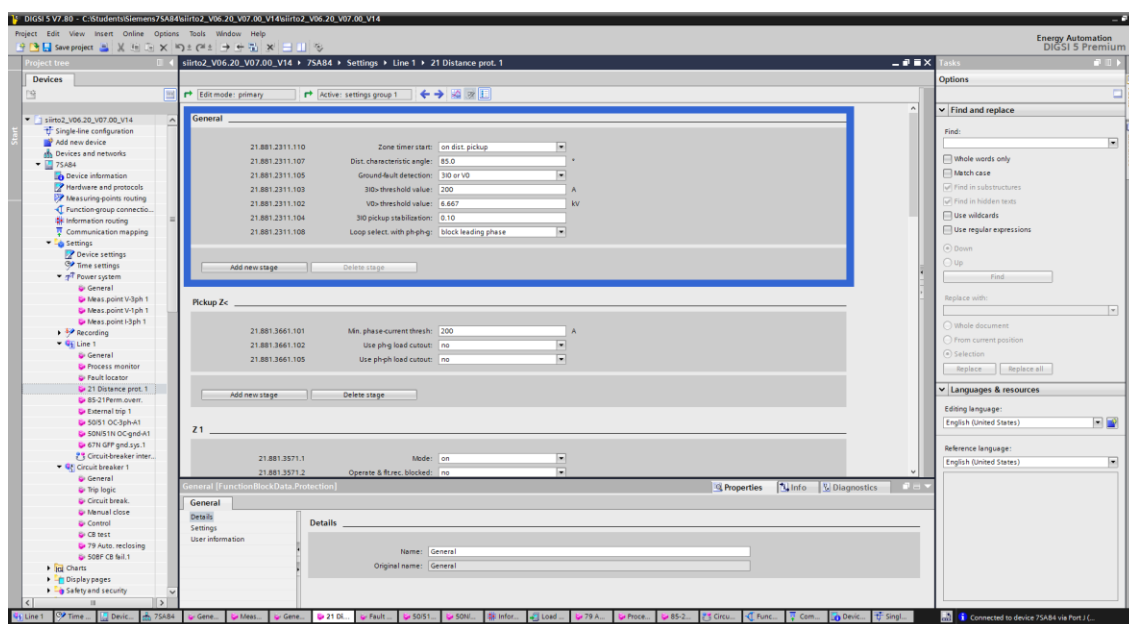
Vastaus on ampeereina (A)

Alimman maasulkusuojan toimintaportaan kynnyisarvo tulisi olla tätä arvoa pienempi.

Näillä lasketuilla arvoilla saadaan toimivia suoja.

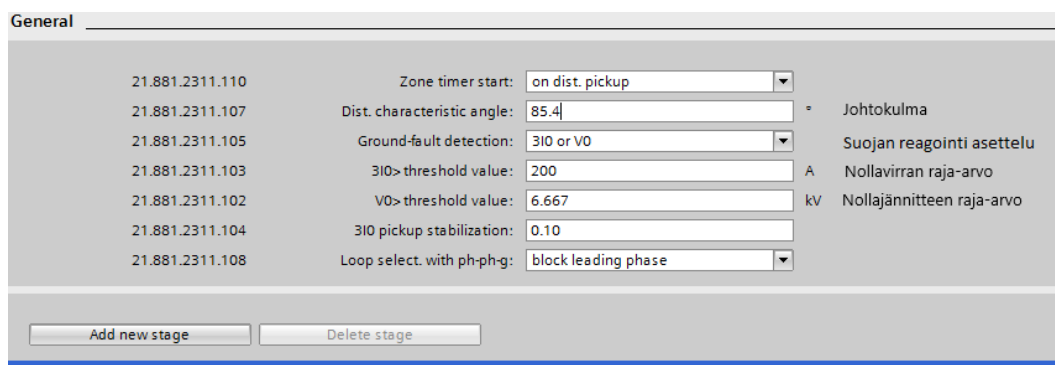
4.3.2 Distanssisuoja

Kun arvot ovat laskettu ne näppäillään DIGSI 5 ohjelman distanssisuojan asetuksiin. Distanssisuojan asetukset saadaan avaamalla sivuikkunasta Line 1 ja sitten sieltä valitaan 21 Distance prot 1, niin saadaan alla olevan kuvan mukainen ikkuna.



Kuva 12. Distanssisuojan asetuspikkuna.

Seuraavissa kuvissa nähdään distanssisuojan erikoehdot, tärkeimmät kohdat on suomennettu.



Kuva 13. Distanssisuojan yleisasetukset

Z1

21.881.3571.1	Mode:	on	
21.881.3571.2	Operate & ft.rec. blocked:	no	
21.881.3571.101	Function mode:	ph-gnd and ph-ph	
21.881.3571.114	Zone-spec. residu. comp.:	no	
21.881.3571.109	Directional mode:	forward	
21.881.3571.102	X reach:	40.950	Ω Reaktanssi
21.881.3571.103	R (ph-g):	61.441	Ω Resistanssi (vaihe ja maa)
21.881.3571.104	R (ph-ph):	53.301	Ω Resistanssi (vaihe ja vaihe)
21.881.3571.113	Zone-inclination angle:	0	°
21.881.3571.110	Operate delay (1-phase):	0.00	s Yhden vaiheen oikosulun toiminta-aika
21.881.3571.112	Operate delay (multi-ph):	0.00	s Kolmen vaiheen oikosulun toiminta-aika

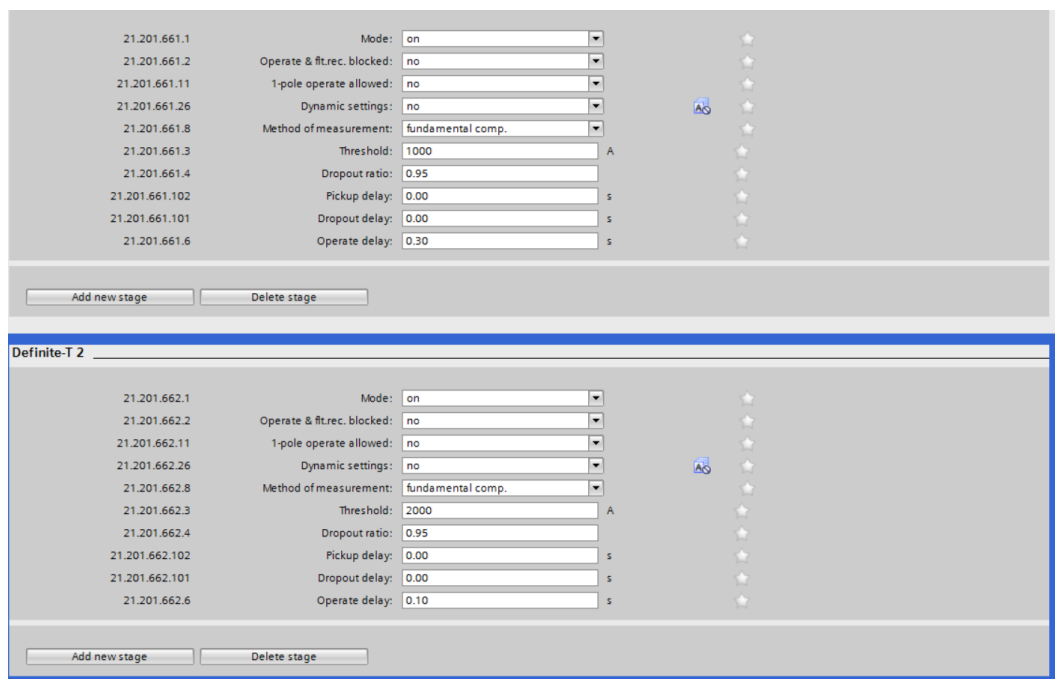
Uuden toiminta vyöhykkeen luominen tai vanhan poistaminen

Kuva 14. Distanssisuojan toimintavyöhykkeiden asetukset

Distanssi suojaan voi lisätä haluamansa toimintavyöhykkeiden määrää. Jokainen vyöhyke tarvitsee kuitenkin omat laskettu arvonsa. Tässä työssä on luotu kolme eri toimintavyöhykettä, joiden parametrit laskettiin kappaleessa 4.3.1.

4.3.3 Ylivirtasuoja

Jotta ylivirtasuoja saadaan toimimaan perustavalla, se tarvitsee ainoastaan kaksi arvoa. Tarvitaan virran kynnysarvo, eli kynnys missä ylivirtasuoja lähtee toimimaan, kun virta ylittää annetun arvon. Kynnysarvo näppäillään “Threshold”-kohtaan. Toinen arvo on “Operate delay”, eli suojan toiminta viive. Tällä arvolla voidaan säätää kuinka nopeasti suoja reagoi, annettuun virran kynnysarvoon. Toiminta viiveillä voidaan ohjata suoja toimimaan eri portaisissa. Työssä on käytetty kahta porrasta T1 ja T2. T1 on tarkoitus toimia pienemmällä virroilla ja T2 suurimmilla viroilla. Tämä saadaan toteutettua laittamalla T1: le pienemmän kynnysarvon kuin T2, kun taas T1: n viive aika on suurempi kuin T2: n. Näin saadaan suoja toimimaan halutulla tavalla.



Kuva 15. Ylivirtasuojan ikkuna

Tässä työssä on aseteltu, että T1 portaan kynnsarvo on 1000 A ja T2 kynnsarvo on 2000A.

4.3.4 Maasulkusuoja

Maasulkusuojan toiminta on periaatteessa sama, kuin ylivirta suoja. Perustoimintaan tarvitaan antaa samaan kohtiin kuin ylivirtasuojalla, eli kynnsarvo “Threshold” ja toiminta viive “Operate delay”. Portaiden aika-asettelut tehdään samalla periaatteella, kuin ylivirtasuojalla, joka löytyy kappaleessa 4.3.3. Normaali tilanteessa maasulkusuoja on laitettu “Emergency mode” päälle eli hätätilanne tila. Tämä tarkoittaa, että suoja toimii ainoastaan, jos distanssisuojafunktio pettää syystä tai toisesta.

Definite-T 1

21.211.751.1	Mode:	on		★
21.211.751.2	Operate & fit.rec. blocked:	no		★
21.211.751.26	Dynamic settings:	no	AG	★
21.211.751.8	Method of measurement:	fundamental comp.		★
21.211.751.3	Threshold:	100	A	★
21.211.751.4	Dropout ratio:	0.95		★
21.211.751.101	Dropout delay:	0.00	s	★
21.211.751.6	Operate delay:	0.30	s	★

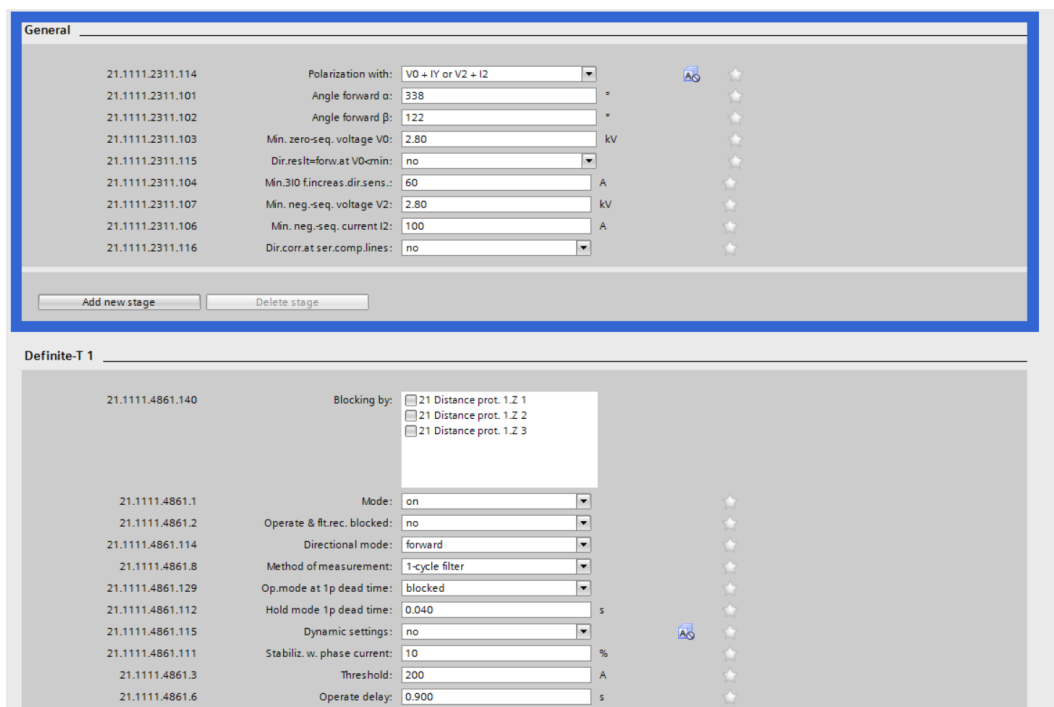
Definite-T 2

21.211.752.1	Mode:	on		★
21.211.752.2	Operate & fit.rec. blocked:	no		★
21.211.752.26	Dynamic settings:	no	AG	★
21.211.752.8	Method of measurement:	fundamental comp.		★
21.211.752.3	Threshold:	400	A	★
21.211.752.4	Dropout ratio:	0.95		★
21.211.752.101	Dropout delay:	0.00	s	★
21.211.752.6	Operate delay:	0.10	s	★

Kuva 16. Maasulkusuojan ikkuna

4.3.5 Suunnattu maavikasuoja

Suunnatun maavikasuojan saa toimimaan perustavalla, kun täyttää vain kynnsarvon eli "Threshold" kohdan, joka löytyy porrasasetuksista. Releessä olevat oletusarvot ovat tarpeeksi hyvät tämän tekemiseen. Portaiden aika-asettelut tehdään samalla periaatteella, kuin ylivirtasuojalla, joka löytyy kappaleessa 4.3.3.

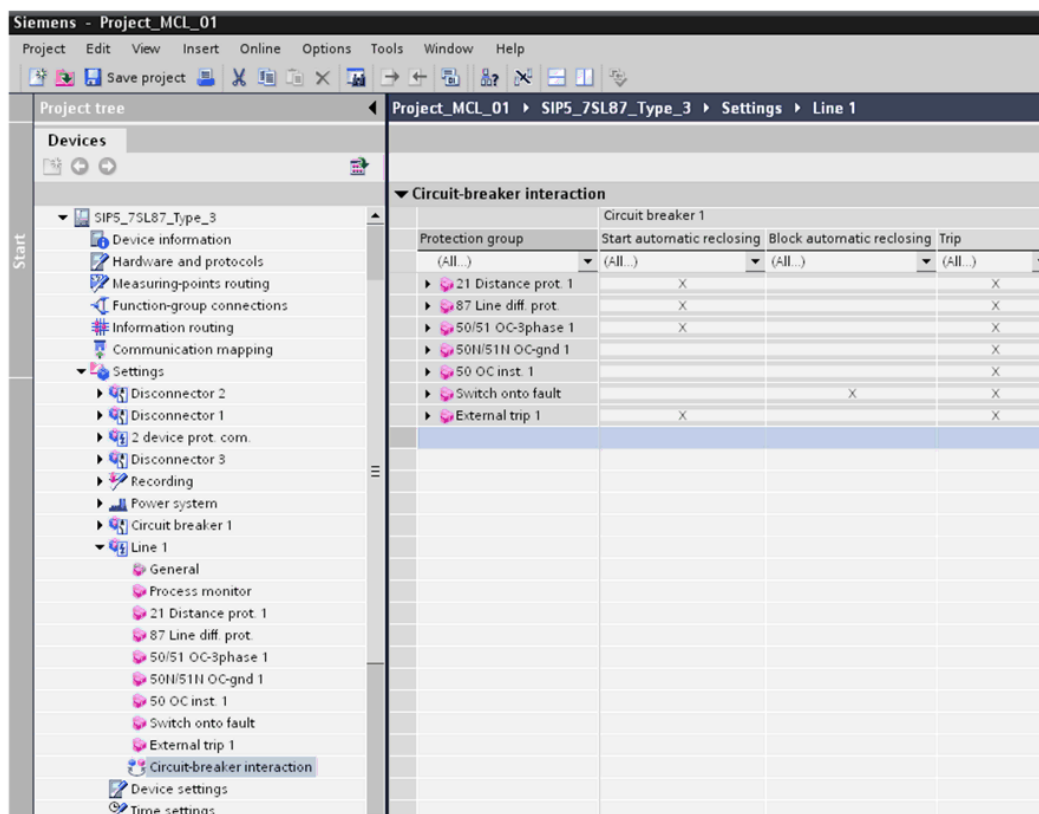


Kuva 17. Suunnattumaavika suojan ikkuna

4.4 Jälleenkytkentä

Jälleenkytkennän tehtävä on kytkeä verkon automaattisesti päälle vian jälkeen. Jotkut viat voivat kadota verkosta. Nämä viat ovat esimerkiksi oksa putoaa johtoihin. Jälleen kytkennällä voidaan nopeasti saada verkko toiminta kuntoon ilman manuaalista käskyä.

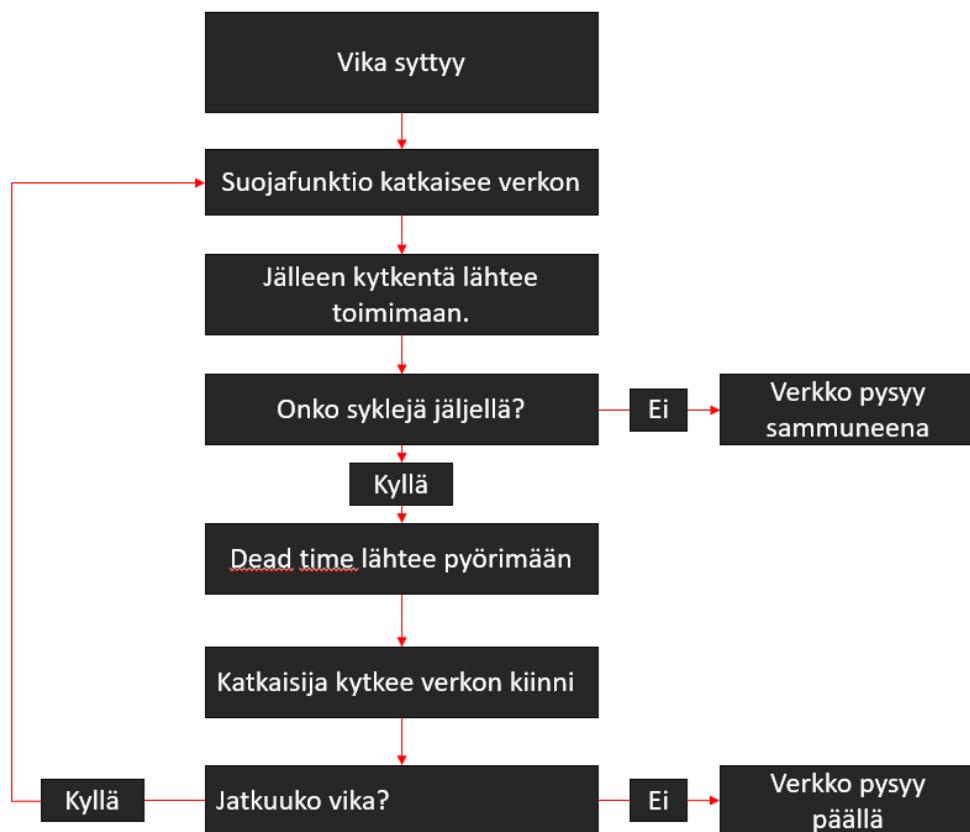
Jälleen kytkentä voidaan myös ohjelmoida toimimaan tiettyjen suojafunktioiden kanssa. "Circuit-breaker interaction" asetuksilla päästään näihin asetuksiin.



Kuva 18. Ohjaisikkuna: Katkaisijan toiminta, riippuen suojafunktiosta

Jälleen kytkentään voi lisätä syklejä. Syklit ovat asetteluja millä kerrotaan kuinka monta kertaa jälleen kytkentä yrittää kytkeä verkon kiinni. Katkaisu ja sykli kytkentä käskyn välinen aika kutsutaan nimellä ”dead time”.

Kun jälleen kytkentä kytkee katkaisijan kiinni ja katsoo, jos vika on kadonnut syklin kuolleen ajan aikana. Jos vika katoaa, niin katkaisija pysyy kiinni ja alkaa releessä valvonta-aika. Jos uusi vika syttyy valvonta-ajan aikana rele hyppää seuraavaan sykliin. Jos vika ei missään kohdassa kadonnut, verkko katkaistaan taas ja uusi sykli alkaa ja toistuu, kunnes vika katoaa tai releessä ohjelmoidut syklit loppuvat. Alla näkyy toiminta jälleen kytkennän toimintaperiaate.



Kuva 19. Jälleen kytkennän toiminta

Jälleen kytkennässä oli käytetty alla olevat arvot.

General			
201.1361.6601.1	Mode:	on	★
201.1361.6601.101	79 operating mode:	with op., w/o act. time	★
201.1361.6601.102	CB ready check bef. start:	no	★
201.1361.6601.103	Reclai. time aft.succ.cyc.:	10.00	s ★
201.1361.6601.104	Block. time aft. man.close:	10.00	s ★
201.1361.6601.105	Start signal supervis.time:	10.00	s ★
201.1361.6601.106	CB ready superv. time:	10.00	s ★
201.1361.6601.108	Evolving-fault detection:	with trip	★
201.1361.6601.109	Response to evolv. faults:	str. evol.ft.dead time	★
201.1361.6601.110	Max. dead-time delay:	2.00	s ★
201.1361.6601.111	Max. dead-time extension:	5.00	s ★
201.1361.6601.112	Send delay f. remot. close:	oo	s ★
DLC, RDT			
201.1361.6601.113	Dead-line check/reduc.d.t.:	without	★

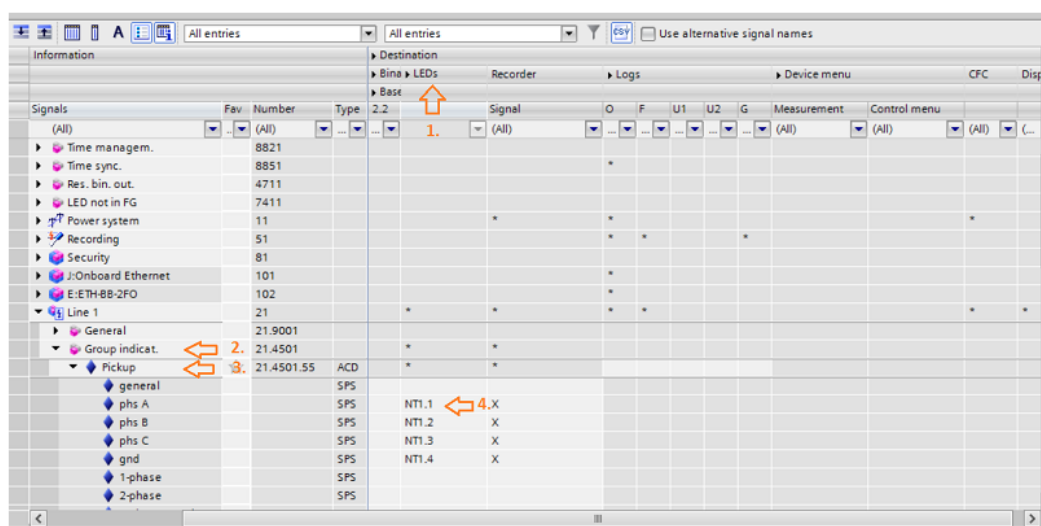
Kuva 20. Jälleenkytkennän yleisasetukset

Cycle 1			
201.1361.6571.112	Intern. synchrocheck with:	No function block available	★
201.1361.6571.108	Dead time aft. 3-pole trip:	5.00	s ★
201.1361.6571.109	Dead time aft. evolv. fault:	5.00	s ★
201.1361.6571.111	CB ready check bef.close:	no	★
201.1361.6571.110	Synchroch. aft. 3-pole d.t.:	none	★
Add new stage		Delete stage	

Kuva 21. Jälleenkytkennän sykliasetukset

4.5 LED-matriisi

Suojareleen huomio LED-valot voi asettaa haluamansa tavalla. Ensin valitaan DIGSI 5-sivuikkunasta (**Kuva 9**) ”Information routing”. Tämän jälkeen avautuu alla näkyvä ikkuna.



Kuva 22. Toiminta taulukon ikkuna

Jotta LED-valaisin saadaan asetettua, tehdään seuraavat askeleet. Kuvassa näkyvät nuolet ovat askelia.

1. Valitse LEDs valikko yläikkunassa
2. Valitaan haluttu laite tai suoja
3. Valitaan laitteen tai suojan toiminto, mitä halutaan LEDillä näyttää. Esimerkissä on linjan vaihelinjat
4. Näppäillään mikä suojareleen ledi lähtee palamaan, kun toiminta tapahtuu. Kun valitsee LEDin etukirjaimella ei ole väliä se on oman harkinnan mukaan. Ainoa asia, joka määrää LEDin valinnassa on numerot. 1.1 on paneelin ensimmäinen ledi, 1.2 on toinen ja niin pois päin.

Ledien toimintataulukko löytyy liiteluettelosta.

5 SUOJARELEEN TESTAAMINEN

Tässä luvussa käydään läpi releen testausta läpi. Siirtojohtomallissa on mahdollista tehdä erilaisia vikoja riippuen, minkälaista vikaa halutaan simuloida. Alla näkyy siirtojohtomallin kolme eri asetelua vikojen simulointia varten. Kaikki viat ovat joku kombinaatio näistä kolmesta arvosta. Vikavastus arvo on ainut, joka arvo pysyy testauksessa samana. Tämä on sen takia, koska suurin osa vikafunktiosta on laskettu 50 Ω vikavirralla. Esimerkiksi distanssisuoja ei toimi millään, jos vikavastus on asetettu 1000 Ω , koska sitä ei ole mitoitettu sitä varten.

Taulukko 8. Mahdolliset vika-asettelut

Vikatyypä	Vikaresistanssi	Vikapaikka
3-vaihe OIKOS. L1, L2 & L3	25 Ω	A (14km)
2-vaihe OIKOS. L1 & L2	50 Ω	B (120km)
Maasulku L1 & Maa	100 Ω	C (191km)
	500 Ω	D (241km)
	1000 Ω	

Kaikki alakappaleissa käydään nämä asiat läpi:

1. Mikä suojafunktio on käytössä
2. Mikä vika on kyseessä
3. Releen vikalokin läpikäynti
4. Miksi rele reagoi kyseisellä tavalla

5.1 Distanssisuojan testaus

Distanssisuojalla pystyy reagoimaan kolme- ja kaksivaihe oikosulkuihin. Alla näkyy kaksi esimerkkiä distanssisuojan vikalokeja eri vikatilanteissa.

Alla olevasta kuvassa nähdään vikalokin kaikki vian eri vaiheet. Vika on jaettu eri askeleihin. Askeleet on merkitty kuvassa punaisella vastaavalla numerolla, kun selityksellä.

Esimerkki 1.

6.	21.01.2021 15:41:14.6...	00:00:00:00:501	30	Circuit breaker 1:Circuit break.	Definitive trip	off	good (process)	Data change	201.4261.303
	21.01.2021 15:41:14.2...	00:00:00:00:101	29	Circuit breaker 1:Circuit break.	Triplopen cmd.	CA	good (process)	Data change	201.4261.300
	21.01.2021 15:41:14.2...	00:00:00:00:066	28	Line 1:Fault locator	Fault loop	CA	good (process)	Data update	21.8671.306
5.	21.01.2021 15:41:14.2...	00:00:00:00:066	27	Line 1:Fault locator	Fault distance in %	48.7 %	good (process)	Data update	21.8671.305
	21.01.2021 15:41:14.2...	00:00:00:00:066	26	Line 1:Fault locator	Fault distance	121.8 km	good (process)	Data update	21.8671.304
	21.01.2021 15:41:14.2...	00:00:00:00:066	25	Line 1:Fault locator	Fault reactance sec.	3.959 Ω	good (process)	Data update	21.8671.309
	21.01.2021 15:41:14.2...	00:00:00:00:066	24	Line 1:Fault locator	Fault resistance sec.	5.487 Ω	good (process)	Data update	21.8671.308
	21.01.2021 15:41:14.2...	00:00:00:00:066	23	Line 1:Fault locator	Fault resistance prim.	39.588 Ω	good (process)	Data update	21.8671.303
4.	21.01.2021 15:41:14.2...	00:00:00:00:066	22	Line 1:Fault locator	Fault resistance prim.	54.872 Ω	good (process)	Data update	21.8671.302
	21.01.2021 15:41:14.1...	00:00:00:00:032	21	Line 1:21 Distance prot. 1:Group indicat.	Selected loop CA	off	good (process)	Data change	21.881.4501.3...
	21.01.2021 15:41:14.1...	00:00:00:00:032	20	Line 1:21 Distance prot. 1:Group indicat.	Selected loop BC	off	good (process)	Data change	21.881.4501.3...
	21.01.2021 15:41:14.1...	00:00:00:00:032	19	Line 1:21 Distance prot. 1:Group indicat.	Selected loop AB	off	good (process)	Data change	21.881.4501.3...
	21.01.2021 15:41:14.1...	00:00:00:00:032	18	Line 1:21 Distance prot. 1:Group indicat.	Pickup	off	good (process)	Data change	21.881.4501.55
	21.01.2021 15:41:14.1...	00:00:00:00:031	17	Line 1:21 Distance prot. 1:Z 1	Operate	off	good (process)	Data change	21.881.3571.57
3.	21.01.2021 15:41:14.1...	00:00:00:00:027	16	Circuit breaker 1:50BF CB fail.1	Pickup	off	good (process)	Data change	201.4381.55
	21.01.2021 15:41:14.1...	00:00:00:00:017	15	Circuit breaker 1:Circuit break.	Break. voltage phs C	220.513 kV	good (process)	Data update	201.4261.316
	21.01.2021 15:41:14.1...	00:00:00:00:017	14	Circuit breaker 1:Circuit break.	Break. voltage phs B	222.309 kV	good (process)	Data update	201.4261.315
	21.01.2021 15:41:14.1...	00:00:00:00:017	13	Circuit breaker 1:Circuit break.	Break. voltage phs A	222.783 kV	good (process)	Data update	201.4261.314
	21.01.2021 15:41:14.1...	00:00:00:00:017	12	Circuit breaker 1:Circuit break.	Break.-current phs C	3308 A	good (process)	Data update	201.4261.313
	21.01.2021 15:41:14.1...	00:00:00:00:017	11	Circuit breaker 1:Circuit break.	Break.-current phs B	3284 A	good (process)	Data update	201.4261.312
2.	21.01.2021 15:41:14.1...	00:00:00:00:017	10	Circuit breaker 1:Circuit break.	Break.-current phs A	3249 A	good (process)	Data update	201.4261.311
	21.01.2021 15:41:14.1...	00:00:00:00:004	9	Circuit breaker 1:50BF CB fail.1	Pickup	on	good (process)	Data change	201.4381.55
	21.01.2021 15:41:14.1...	00:00:00:00:002	8	Circuit breaker 1:Circuit break.	Definitive trip	on	good (process)	Data change	201.4261.303
1.	21.01.2021 15:41:14.1...	00:00:00:00:002	7	Circuit breaker 1:Circuit break.	Triplopen cmd.	on	good (process)	Data change	201.4261.300
	21.01.2021 15:41:14.1...	00:00:00:00:002	6	Line 1:21 Distance prot. 1:Group indicat.	Selected loop CA	on forward	good (process)	Data change	21.881.4501.3...
	21.01.2021 15:41:14.1...	00:00:00:00:002	5	Line 1:21 Distance prot. 1:Group indicat.	Selected loop BC	on forward	good (process)	Data change	21.881.4501.3...
	21.01.2021 15:41:14.1...	00:00:00:00:002	4	Line 1:21 Distance prot. 1:Group indicat.	Selected loop AB	on forward	good (process)	Data change	21.881.4501.3...
	21.01.2021 15:41:14.1...	00:00:00:00:002	3	Line 1:21 Distance prot. 1:Group indicat.	Pickup	phs A phs B ph...	good (process)	Data change	21.881.4501.55
	21.01.2021 15:41:14.1...	00:00:00:00:002	2	Line 1:21 Distance prot. 1:Z 1	Operate	on	good (process)	Data change	21.881.3571.57
	21.01.2021 15:41:14.1...	00:00:00:00:000	1	Recording:Fault recorder:Control	Fault number	8	good (process)	Data change	51.791.2761.3...

Kuva 23. Releen vikaloki. Vikatyyppi: 3-vaihe OIKOS. L1, L2 & L3. Vikavastus: 50 Ω. Vikapaikka: B.

1. Rele huomaa vikatyypin ja kertoo mikä suojafunktio lähtee toimimaan. Tässä tapauksessa distanssisuoja. Lisäksi se kertoo mikä distanssisuoja toimintavyöhyke lähtee toimimaan (se näkyy kohdassa Line 1: 21 Distance prot. 1: Z 1).
2. Rele antaa käskyn katkaisijalla, että verkko on katkaistava.
3. Rele julkaisee vaihejännite- ja vaihevirtamittaukset. Mittauksissa nähdään, että vaihevirrät ovat kasvanut huomattavasti (normaali tilassa vaihevirrät pyörivät 50 A kohdilla). Jos vertaa edelliseen esimerkkiin huomataan, että
4. Onnistuneen katkaisun jälkeen rele sammuttaa suojafunktion.
5. Rele laskee vian vika etäisyyden, vikareaktanssin ja -resistanssin avulla.
6. Rele sammuttaa katkaisijan toimintakäskyä.

Esimerkki 2

Time stamp	Relative time	Fault number	Entry number	Functions structure	Name	Value	Quality	Cause	Number
27.01.2021 13:20:58.725...		14	(All)	(All)	(All)	(All)	(All)	(All)	(All)
Fault log									
6.	27.01.2021 13:20:59.5...	00:00:00:00.801	26	Circuit breaker 1:Circuit break.	Definitive trip	off	good (process)	Data change	201.4261.303
	27.01.2021 13:20:59.1...	00:00:00:00.401	25	Circuit breaker 1:Circuit break.	Trip/lopen cmd.	off	good (process)	Data change	201.4261.300
5.	27.01.2021 13:20:59.0...	00:00:00:00.366	24	Line 1:Fault locator	Fault loop	AB	good (process)	Data update	21.8671.306
	27.01.2021 13:20:59.0...	00:00:00:00.366	23	Line 1:Fault locator	Fault distance in %	76.1 %	good (process)	Data update	21.8671.305
	27.01.2021 13:20:59.0...	00:00:00:00.366	22	Line 1:Fault locator	Fault distance	190.2 km	good (process)	Data update	21.8671.304
	27.01.2021 13:20:59.0...	00:00:00:00.366	21	Line 1:Fault locator	Fault reactance sec.	6.183 Ω	good (process)	Data update	21.8671.309
	27.01.2021 13:20:59.0...	00:00:00:00.366	20	Line 1:Fault locator	Fault resistance sec.	3.747 Ω	good (process)	Data update	21.8671.308
	27.01.2021 13:20:59.0...	00:00:00:00.366	19	Line 1:Fault locator	Fault reactance prim.	61.828 Ω	good (process)	Data update	21.8671.303
	27.01.2021 13:20:59.0...	00:00:00:00.366	18	Line 1:Fault locator	Fault resistance prim.	37.472 Ω	good (process)	Data update	21.8671.302
4.	27.01.2021 13:20:59.0...	00:00:00:00.336	17	Line 1:21 Distance prot. 1:Group indicat.	Selected loop AB	off	good (process)	Data change	21.881.4501.3...
	27.01.2021 13:20:59.0...	00:00:00:00.336	16	Line 1:21 Distance prot. 1:Group indicat.	Pickup	off	good (process)	Data change	21.881.4501.55
	27.01.2021 13:20:59.0...	00:00:00:00.336	15	Line 1:21 Distance prot. 1:Z 2	Operate	off	good (process)	Data change	21.881.3572.57
	27.01.2021 13:20:59.0...	00:00:00:00.329	14	Circuit breaker 1:50BF CB fail.1	Pickup	off	good (process)	Data change	201.4381.55
3.	27.01.2021 13:20:59.0...	00:00:00:00.311	13	Circuit breaker 1:Circuit break.	Break. voltage phs C	240.302 kV	good (process)	Data update	201.4261.316
	27.01.2021 13:20:59.0...	00:00:00:00.311	12	Circuit breaker 1:Circuit break.	Break. voltage phs B	238.039 kV	good (process)	Data update	201.4261.315
	27.01.2021 13:20:59.0...	00:00:00:00.311	11	Circuit breaker 1:Circuit break.	Break. voltage phs A	223.805 kV	good (process)	Data update	201.4261.314
	27.01.2021 13:20:59.0...	00:00:00:00.311	10	Circuit breaker 1:Circuit break.	Break-current phs C	596 A	good (process)	Data update	201.4261.313
	27.01.2021 13:20:59.0...	00:00:00:00.311	9	Circuit breaker 1:Circuit break.	Break-current phs B	2555 A	good (process)	Data update	201.4261.312
	27.01.2021 13:20:59.0...	00:00:00:00.311	8	Circuit breaker 1:Circuit break.	Break-current phs A	2917 A	good (process)	Data update	201.4261.311
2.	27.01.2021 13:20:59.0...	00:00:00:00.309	7	Circuit breaker 1:50BF CB fail.1	Pickup	on	good (process)	Data change	201.4381.55
	27.01.2021 13:20:59.0...	00:00:00:00.309	6	Circuit breaker 1:Circuit break.	Definitive trip	on	good (process)	Data change	201.4261.303
	27.01.2021 13:20:59.0...	00:00:00:00.301	5	Circuit breaker 1:Circuit break.	Trip/lopen cmd.	on	good (process)	Data change	201.4261.300
1.	27.01.2021 13:20:59.0...	00:00:00:00.301	4	Line 1:21 Distance prot. 1:Z 2	Operate	on	good (process)	Data change	21.881.3572.57
	27.01.2021 13:20:58.7...	00:00:00:00.001	3	Line 1:21 Distance prot. 1:Group indicat.	Selected loop AB	on forward	good (process)	Data change	21.881.4501.3...
	27.01.2021 13:20:58.7...	00:00:00:00.001	2	Line 1:21 Distance prot. 1:Group indicat.	Pickup	phs A phs B for...	good (process)	Data change	21.881.4501.55
	27.01.2021 13:20:58.7...	00:00:00:00.000	1	Recording:Fault recorder:Control	Fault number	14	good (process)	Data change	51.791.2761.3...

Kuva 24. Releen vikaloki. Vikatyypin: 2-vaihe OIKOS. L1 & L2. Vikavastus: 50 Ω. Vikapaikka: C.

1. Rele huomaa vikatyypin ja kertoo mikä suojafunktio lähtee toimimaan. Tässä tapauksessa distanssisuoja. Lisäksi se kertoo mikä distanssisuoja toimintavyöhyke lähtee toimimaan (se näkyy kohdassa Line 1: 21 Distance prot. 1: Z 2). Jos vertaa edelliseen esimerkkiin niin huomaa, että toimintavyöhyke on vaihtunut suurempaan, koska vika on kauempana.
2. Rele antaa käskyn katkaisijalla, että verkko on katkaistava.
3. Rele julkaisee vaihejännite- ja vaihevirtamittaukset. Mittauksissa nähdään, että vaihevirrät ovat kasvaneet huomattavasti (normaali tilassa vaihevirrät pyörivät 50 A kohdilla). Jos vertaa edelliseen esimerkkiin niin huomataan, että yhden vaiheen vaihevirta on pienempi kuin muut. Tämä johtuu siitä, koska tämä vaihe ei ole oikosulussa.
4. Onnistuneen katkaisun jälkeen rele sammuttaa suojafunktion.
5. Rele laskee vian vika etäisyyden, vikareaktanssin ja -resistanssin avulla.
6. Rele sammuttaa katkaisijan toimintakäskyä.

5.2 Ylivirtasuojan testaus

Jotta ylivirta saadaan testattua, piti distanssisuoja laittaa pois päältä. Tätä käytäntöä ei kuitenkaan tarvitse enää tehdä, koska nyt simulaattorissa on kytkin, joka katkaisee releen jännitemittaus-tiedon. Tämä estää pääsuojan eli distanssisuojan toimintaa, jolloin varasuojan pitää reagoida.

Alla olevasta kuvassa nähdään vikalokin kaikki vian eri vaiheet. Vika on jaettu eri askeleihin. Askeleet on merkitty kuvassa punaisella vastaavalla numerolla, kun selityksellä.

6.	02.02.2021 11:49:58.1...	00:00:00:00.598	28	Circuit breaker 1:Circuit break.	Definitive trip	off	good (process)	Data change	201.4261.303
	02.02.2021 11:49:57.7...	00:00:00:00.198	27	Circuit breaker 1:Circuit break.	Trip/open cmd.	off	good (process)	Data change	201.4261.300
5.	02.02.2021 11:49:57.7...	00:00:00:00.178	26	Line 1:Fault locator	Fault loop	CA	good (process)	Data update	21.8671.306
	02.02.2021 11:49:57.7...	00:00:00:00.178	25	Line 1:Fault locator	Fault distance in %	7.0 %	good (process)	Data update	21.8671.305
	02.02.2021 11:49:57.7...	00:00:00:00.178	24	Line 1:Fault locator	Fault distance	17.5 km	good (process)	Data update	21.8671.304
	02.02.2021 11:49:57.7...	00:00:00:00.178	23	Line 1:Fault locator	Fault reactance sec.	0.567 Ω	good (process)	Data update	21.8671.309
	02.02.2021 11:49:57.7...	00:00:00:00.178	22	Line 1:Fault locator	Fault resistance sec.	4.691 Ω	good (process)	Data update	21.8671.308
	02.02.2021 11:49:57.7...	00:00:00:00.178	21	Line 1:Fault locator	Fault reactance prim.	5.674 Ω	good (process)	Data update	21.8671.303
	02.02.2021 11:49:57.7...	00:00:00:00.178	20	Line 1:Fault locator	Fault resistance prim.	46.912 Ω	good (process)	Data update	21.8671.302
4.	02.02.2021 11:49:57.6...	00:00:00:00.150	19	Line 1:50/51 OC-3ph-A1:Definite-T1	Pickup	off	good (process)	Data change	21.201.661.55
	02.02.2021 11:49:57.6...	00:00:00:00.150	18	Line 1:50/51 OC-3ph-A1:Definite-T2	Operate	off	good (process)	Data change	21.201.662.57
	02.02.2021 11:49:57.6...	00:00:00:00.150	17	Line 1:50/51 OC-3ph-A1:Definite-T2	Pickup	off	good (process)	Data change	21.201.662.55
	02.02.2021 11:49:57.6...	00:00:00:00.147	16	Circuit breaker 1:50BF CB fail.1	Pickup	off	good (process)	Data change	201.4381.55
	02.02.2021 11:49:57.6...	00:00:00:00.139	15	Line 1:50/51 OC-3ph-A1:Definite-T2	Pickup	phs C	good (process)	Data change	21.201.662.55
3.	02.02.2021 11:49:57.6...	00:00:00:00.111	14	Circuit breaker 1:Circuit break.	Break. voltage phs C	209.817 kV	good (process)	Data update	201.4261.316
	02.02.2021 11:49:57.6...	00:00:00:00.111	13	Circuit breaker 1:Circuit break.	Break. voltage phs B	211.232 kV	good (process)	Data update	201.4261.315
	02.02.2021 11:49:57.6...	00:00:00:00.111	12	Circuit breaker 1:Circuit break.	Break. voltage phs A	211.371 kV	good (process)	Data update	201.4261.314
	02.02.2021 11:49:57.6...	00:00:00:00.111	11	Circuit breaker 1:Circuit break.	Break.-current phs C	4467 A	good (process)	Data update	201.4261.313
	02.02.2021 11:49:57.6...	00:00:00:00.111	10	Circuit breaker 1:Circuit break.	Break.-current phs B	4466 A	good (process)	Data update	201.4261.312
	02.02.2021 11:49:57.6...	00:00:00:00.111	9	Circuit breaker 1:Circuit break.	Break.-current phs A	4454 A	good (process)	Data update	201.4261.311
2.	02.02.2021 11:49:57.6...	00:00:00:00.100	8	Circuit breaker 1:50BF CB fail.1	Pickup	on	good (process)	Data change	201.4381.55
	02.02.2021 11:49:57.6...	00:00:00:00.098	7	Circuit breaker 1:Circuit break.	Definitive trip	on	good (process)	Data change	201.4261.303
	02.02.2021 11:49:57.6...	00:00:00:00.098	6	Circuit breaker 1:Circuit break.	Trip/open cmd.	on	good (process)	Data change	201.4261.300
1.	02.02.2021 11:49:57.6...	00:00:00:00.098	5	Line 1:50/51 OC-3ph-A1:Definite-T2	Operate	on	good (process)	Data change	21.201.662.57
	02.02.2021 11:49:57.5...	00:00:00:00.010	4	Line 1:50/51 OC-3ph-A1:Definite-T2	Pickup	phs A phs B ph...	good (process)	Data change	21.201.662.55
	02.02.2021 11:49:57.5...	00:00:00:00.000	3	Line 1:50/51 OC-3ph-A1:Definite-T1	Pickup	phs A phs B ph...	good (process)	Data change	21.201.661.55
	02.02.2021 11:49:57.5...	00:00:00:00.000	2	Line 1:50/51 OC-3ph-A1:Definite-T2	Pickup	phs B phs C	good (process)	Data change	21.201.662.55
	02.02.2021 11:49:57.5...	00:00:00:00.000	1	Recording:Fault recorder:Control	Fault number	27	good (process)	Data change	51.791.2761.3...

Kuva 25. Releen ylivirtasuojan vikaloki. Vikatyyppi: 3-vaihe OIKOS. L1, L2 & L3. Vikavastus: 50 Ω. Vikapaikka: A.

1. Rele huomaa vikatyypin ja kertoo mikä suojafunktio lähtee toimimaan. Tässä tapauksessa ylivirtasuoja. Vaikka molemmat ylivirta portaat reagoivat vikaan, T2 porras on se, joka ehtii ensin katkaista verkon (selitys löytyy kappaleesta 5.3.2).
2. Rele antaa käskyn katkaisijalla, että verkko on katkaistava.
3. Rele julkaisee vaihejännite- ja vaihevirtamittaukset. Mittauksissa nähdään, että vaihevirrät ovat kasvaneet huomattavasti (normaali tilassa vaihevirrät pyörivät 50 A kohdilla).
4. Onnistuneen katkaisun jälkeen rele sammuttaa suojafunktion.
5. Rele laskee vian vika etäisyyden, vikareaktanssin ja -resistanssin avulla.
6. Rele sammuttaa katkaisijan toimintakäskyä.

5.3 Maasulkusuojan testaus

Alla olevasta kuvassa nähdään vikalokin kaikki vian eri vaiheet. Vika on jaettu eri askeleihin. Askeleet on merkitty kuvassa punaisella vastaavalla numerolla, kun selityksellä.

	02.02.2021 11:42:34.787 ...		26		Fault log					
6.	02.02.2021 11:42:35.5...	00:00:00:00.798		24	Circuit breaker 1:Circuit break.	Definitive trip	off	good (process)	Data change	201.4261.303
	02.02.2021 11:42:35.1...	00:00:00:00.398		23	Circuit breaker 1:Circuit break.	Trip/lopen cmd.	off	good (process)	Data change	201.4261.300
	02.02.2021 11:42:35.1...	00:00:00:00.373		22	Line 1:Fault locator	Fault loop	BG	good (process)	Data update	21.8671.306
5.	02.02.2021 11:42:35.1...	00:00:00:00.373		21	Line 1:Fault locator	Fault distance in %	82.9 %	good (process)	Data update	21.8671.305
	02.02.2021 11:42:35.1...	00:00:00:00.373		20	Line 1:Fault locator	Fault distance	207.2 km	good (process)	Data update	21.8671.304
	02.02.2021 11:42:35.1...	00:00:00:00.373		19	Line 1:Fault locator	Fault reactance sec.	6.734 Ω	good (process)	Data update	21.8671.309
	02.02.2021 11:42:35.1...	00:00:00:00.373		18	Line 1:Fault locator	Fault resistance sec.	42.401 Ω	good (process)	Data update	21.8671.308
	02.02.2021 11:42:35.1...	00:00:00:00.373		17	Line 1:Fault locator	Fault reactance prim.	67.345 Ω	good (process)	Data update	21.8671.303
	02.02.2021 11:42:35.1...	00:00:00:00.373		16	Line 1:Fault locator	Fault resistance prim.	424.006 Ω	good (process)	Data update	21.8671.302
4.	02.02.2021 11:42:35.1...	00:00:00:00.342		15	Circuit breaker 1:508F CB fail.1	Pickup	off	good (process)	Data change	201.4381.55
	02.02.2021 11:42:35.1...	00:00:00:00.340		14	Line 1:50N51N OC-gnd-A1:Definite-T1	Operate	off	good (process)	Data change	21.211.751.57
	02.02.2021 11:42:35.1...	00:00:00:00.340		13	Line 1:50N51N OC-gnd-A1:Definite-T1	Pickup	off	good (process)	Data change	21.211.751.55
3.	02.02.2021 11:42:35.1...	00:00:00:00.317		12	Circuit breaker 1:Circuit break.	Break. voltage phs C	238.045 kV	good (process)	Data update	201.4261.316
	02.02.2021 11:42:35.1...	00:00:00:00.317		11	Circuit breaker 1:Circuit break.	Break. voltage phs B	241.693 kV	good (process)	Data update	201.4261.315
	02.02.2021 11:42:35.1...	00:00:00:00.317		10	Circuit breaker 1:Circuit break.	Break. voltage phs A	232.834 kV	good (process)	Data update	201.4261.314
	02.02.2021 11:42:35.1...	00:00:00:00.317		9	Circuit breaker 1:Circuit break.	Break.-current phs C	1042 A	good (process)	Data update	201.4261.313
	02.02.2021 11:42:35.1...	00:00:00:00.317		8	Circuit breaker 1:Circuit break.	Break.-current phs B	664 A	good (process)	Data update	201.4261.312
	02.02.2021 11:42:35.1...	00:00:00:00.317		7	Circuit breaker 1:Circuit break.	Break.-current phs A	1914 A	good (process)	Data update	201.4261.311
2.	02.02.2021 11:42:35.0...	00:00:00:00.300		6	Circuit breaker 1:508F CB fail.1	Pickup	on	good (process)	Data change	201.4381.55
	02.02.2021 11:42:35.0...	00:00:00:00.298		5	Circuit breaker 1:Circuit break.	Definitive trip	on	good (process)	Data change	201.4261.303
	02.02.2021 11:42:35.0...	00:00:00:00.298		4	Circuit breaker 1:Circuit break.	Trip/lopen cmd.	on	good (process)	Data change	201.4261.300
1.	02.02.2021 11:42:35.0...	00:00:00:00.298		3	Line 1:50N51N OC-gnd-A1:Definite-T1	Operate	on	good (process)	Data change	21.211.751.57
	02.02.2021 11:42:34.7...	00:00:00:00.000		2	Line 1:50N51N OC-gnd-A1:Definite-T1	Pickup	on	good (process)	Data change	21.211.751.55
	02.02.2021 11:42:34.7...	00:00:00:00.000		1	Recording:Fault recorder:Control	Fault number	26	good (process)	Data change	51.791.2761.3...

Kuva 26. Releen ylivirtasuojan vikaloki. Vikatyyppi: Maasulku, L1 & Maa. Vikavastus: 50 Ω. Vika: C.

1. Rele huomaa vikatyypin ja kertoo mikä suojafunktio lähtee toimimaan. Tässä tapauksessa suunnattu maavikasuoja. Vika on tarpeeksi pieni, että vain suojan T1 porras havahtuu.
2. Rele antaa käskyn katkaisijalla, että verkko on katkaistava.
3. Rele julkaisee vaihejännite- ja vaihevirtamittaukset. Mittauksissa nähdään, että vaihevirrät ovat kasvaneet huomattavasti (normaali tilassa vaihevirrät pyörivät 50 A kohdilla). Suurin kasvu nähdään ykköslinjassa missä vika syytti.
4. Onnistuneen katkaisun jälkeen rele sammuttaa suojafunktion.
5. Rele laskee vian vika etäisyyden, vikareaktanssin ja -resistanssin avulla.
6. Rele sammuttaa katkaisijan toimintakäskyä.

5.4 Suunnattu maavian testaus

Alla olevasta kuvassa nähdään vikalokin kaikki vian eri vaiheet. Vika on jaettu eri askeleihin. Askeleet on merkitty kuvassa punaisella vastaavalla numerolla, kun selityksellä.

6.	02.02.2021 10:42:58.8...	00:00:00:01.696	23	Circuit breaker 1:Circuit break.	Definitive trip	off	good (process)
	02.02.2021 10:42:58.4...	00:00:00:01.296	22	Circuit breaker 1:Circuit break.	Trip/open cmd.	off	good (process)
5.	02.02.2021 10:42:58.4...	00:00:00:01.277	21	Line 1:Fault locator	Fault loop	AG	good (process)
	02.02.2021 10:42:58.4...	00:00:00:01.277	20	Line 1:Fault locator	Fault distance in %	20.6 %	good (process)
	02.02.2021 10:42:58.4...	00:00:00:01.277	19	Line 1:Fault locator	Fault distance	51.5 km	good (process)
	02.02.2021 10:42:58.4...	00:00:00:01.277	18	Line 1:Fault locator	Fault reactance sec.	1.674 Ω	good (process)
	02.02.2021 10:42:58.4...	00:00:00:01.277	17	Line 1:Fault locator	Fault resistance sec.	16.977 Ω	good (process)
	02.02.2021 10:42:58.4...	00:00:00:01.277	16	Line 1:Fault locator	Fault reactance prim.	16.742 Ω	good (process)
	02.02.2021 10:42:58.4...	00:00:00:01.277	15	Line 1:Fault locator	Fault resistance prim.	169.765 Ω	good (process)
4.	02.02.2021 10:42:58.3...	00:00:00:01.245	14	Line 1:67N GFP gnd.sys.1:Definite-T2	Operate	off	good (process)
	02.02.2021 10:42:58.3...	00:00:00:01.245	13	Line 1:67N GFP gnd.sys.1:Definite-T2	Pickup	off	good (process)
3.	02.02.2021 10:42:58.3...	00:00:00:01.211	12	Circuit breaker 1:Circuit break.	Break. voltage phs C	240.764 kV	good (process)
	02.02.2021 10:42:58.3...	00:00:00:01.211	11	Circuit breaker 1:Circuit break.	Break. voltage phs B	241.894 kV	good (process)
	02.02.2021 10:42:58.3...	00:00:00:01.211	10	Circuit breaker 1:Circuit break.	Break. voltage phs A	237.483 kV	good (process)
	02.02.2021 10:42:58.3...	00:00:00:01.211	9	Circuit breaker 1:Circuit break.	Break.-current phs C	612 A	good (process)
	02.02.2021 10:42:58.3...	00:00:00:01.211	8	Circuit breaker 1:Circuit break.	Break.-current phs B	594 A	good (process)
	02.02.2021 10:42:58.3...	00:00:00:01.211	7	Circuit breaker 1:Circuit break.	Break.-current phs A	1009 A	good (process)
2.	02.02.2021 10:42:58.3...	00:00:00:01.196	6	Circuit breaker 1:Circuit break.	Definitive trip	on	good (process)
	02.02.2021 10:42:58.3...	00:00:00:01.196	5	Circuit breaker 1:Circuit break.	Trip/open cmd.	on	good (process)
	02.02.2021 10:42:58.3...	00:00:00:01.196	4	Line 1:67N GFP gnd.sys.1:Definite-T2	Operate	on	good (process)
1.	02.02.2021 10:42:57.1...	00:00:00:00.001	3	Line 1:67N GFP gnd.sys.1:Definite-T2	Pickup	phs A gnd dir. ...	good (process)
	02.02.2021 10:42:57.1...	00:00:00:00.000	2	Line 1:67N GFP gnd.sys.1:Definite-T2	Pickup	gnd dir. unkno...	good (process)
	02.02.2021 10:42:57.1...	00:00:00:00.000	1	Recording:Fault recorder:Control	Fault number	8	good (process)

Kuva 27. Releen ylivirtasuojan vikaloki. Vikatyypin: Maasulku, L1 & Maa. Vikavastus: 50 Ω . Vika: A.

1. Rele huomaa vikatyypin ja kertoo mikä suoja-funktio lähtee toimimaan. Tässä tapauksessa suunnattumaavika. Lisäksi se kertoo mikä suoja-orras lähtee toimimaan, tässä tapauksessa T2.
2. Rele antaa käskyn katkaisijalla, että verkko on katkaistava.
3. Rele julkaisee vaihejännite- ja vaihevirtamittaukset. Mittauksissa nähdään, että vaihevirrät ovat kasvaneet huomattavasti (normaali tilassa vaihevirrät pyörivät 50 A kohdilla).
4. Onnistuneen katkaisun jälkeen rele sammuttaa suoja-funktion.
5. Rele laskee vian vika etäisyyden, vikareaktanssin ja -resistanssin avulla.
6. Rele sammuttaa katkaisijan toimintakäskyä.

5.5 Jälleen kytkennän testaus

Jälleen kytkennän testaukseen käytin releen toimintalokia, vikalokin sijaan. Tapahtuma on kirjattu Excel-taulukkoon ja selitetty tärkeimmät tapahtumat.

Tapahtuma	Aika	Releen toiminta	Mikä toiminta blocki	
1	00:00:00.000	Recording:Fault recorder:Control	Fault number	74

On huomannut vian ja katkaisee verkon. Lisää vian vikalokiin.

Tapahtuma	Aika	Releen toiminta	Mikä toiminta blocki	Toiminta
2	00:00:00.202	Circuit breaker 1:Circuit break.	Trip/open cmd.	on
	00:00:00.203	Circuit breaker 1:79 Auto. reclosing:General	79 state	trip by prot.
	00:00:00.222	Circuit breaker 1:Circuit break.	Position	SPN intermediate
	00:00:00.223	Circuit breaker 1:Control	Cmd. with feedback	SPN open
	00:00:00.223	Circuit breaker 1:Circuit break.	Position	SPN open
	00:00:00.224	Circuit breaker 1:79 Auto. reclosing:General	79 state	fault disap.
	00:00:00.257	Circuit breaker 1:Circuit break.	Trip/open cmd.	off

Rele käynnistää jälleen kytkentä funktion ja käy läpi onko jotain, joka estäisi jälleenkytkennän. Tämän jälkeen alkaa 5 sekunnin kuolema aika.

Tapahtuma	Aika	Releen toiminta	Mikä toiminta blocki	Toiminta
3	00:00:00.222	Circuit breaker 1:Circuit break.	Close command	on
	00:00:00.222	Circuit breaker 1:79 Auto. reclosing:General	Close cmd. indication	on
	00:00:00.222	Circuit breaker 1:79 Auto. reclosing:General	79 state	wait to compl.
	00:00:00.249	Circuit breaker 1:Control	Cmd. with feedback	SPN closed
	00:00:00.249	Circuit breaker 1:Circuit break.	Position	SPN closed
	00:00:00.249	Circuit breaker 1:Circuit break.	Position	SPN intermediate
	00:00:00.250	Circuit breaker 1:79 Auto. reclosing:General	79 state	CB closed

Jälleen ytkentä lähtee toimimaan ja kytkee verkon taas kiinni.

Tapahtuma	Aika	Releen toiminta	Mikä toiminta blocki	toiminta
4	00:00:00.322	Circuit breaker 1:Circuit break.	Close command	off
	00:00:00.322	Circuit breaker 1:79 Auto. reclosing:General	Close cmd. indication	off

Rele sammuttaa jälleenkytkentä toiminnon. Nyt alkaa 10 sekunnin valvonta-aika.

Tapahtuma	Aika	Releen toiminta	Mikä toiminta blocki	Toiminta
5	00:00:00.15.232	Circuit breaker 1:79 Auto. reclosing:General	79 state	ready
	00:00:00.15.222	Circuit breaker 1:79 Auto. reclosing:General	79 state	successful

Rele toteaa, että jälleenkytkentä on toiminut onnistuneesti.

6 POHDINTA

Luvussa käydään läpi opinnäytetyön työkulkua, työn tavoitteiden läpikäynti ja opinnäytetyöstä syntyvät jatkotutkimusaiheet.

6.1 Työnkulku

Työ sujui ihan hyvin, kun päästiin vauhtiin. Ikävä kyllä korona hidasti työn edistymistä, kun koulu joutui sulkemaan ovensa maaliskuun puolella. Haasteista huolimatta opinnäytetyö saatiin valmiiksi.

6.2 Tavoitteet

Tässä kappaleessa käydään läpi työn tavoitteet ja niiden täyttyminen. Työn tavoitteet mainittiin luvussa 1.

6.2.1 Siirtoverkon relesuojauksen perusteoria

Teorian etsiminen sujui mallikkaaksi. Teorian lähteinä käytettiin Vaasan Ammattikorkeakoulun (VAMK) Relesuojaus kurssin, Sähköverkko kurssin oppimismateriaalia ja Tritoniasta lainattujen kirjoja.

6.2.2 Tarvittavat kytkentämuutokset siirtoverkkomalliin

Uusien kytkentä kuvien tekemisessä, käytettiin hyväksi vanhaa kytkentäkuvaa.

Vaikka vanhassa ja uudessa suojareleessä oli eroavaisuuksia. Molempien releitten pääajatus pysyi samana. Vanhan suojareleen manuaalin avulla saatiin selville kaikkien liittimien ja niille kuuluvien laitteen tiedot. Sitten piti vain soveltaa vanha kytkentä uuteen releeseen.

Uuden releen kytkennässä tapahtui pieni virhe missä uuden releen kaksi binäärituloa menivät ristin, jolloin jälleen kytkentä ei aluksi releellä toiminut.

Lisäksi piti suunnitella verkkomallin uutta toimintaa, eli jännitemittauksien vikaantumisen simulaatio. Tämä ei nyt lisännyt paljon lisää töitä, koska se vaatii vain yhden kytkimen lisäyksen verkkomalliin.

6.2.3 Distanssireleen käyttöönotto

Releen käyttöönotto meni mallikkaasti. DIGSI 5-ohjelman avulla käyttöönotto saatiin tehtyä vaivattomasti ja nopeasti. Suojille tarkoitetut parametrit saatiin laskettua relesuojaus ja sähköverkko kurssien avulla.

6.2.4 Distanssireleen testaus

Releen testaus sujui vaivattomasti, kunnes päästiin jälleen kytkennän testaukseen. Jossa kytkentävika esti jälleen kytkennän toimimasta. Mutta kun vika löytyi, testaus onnistui mallikkaasti.

6.3 Jatkotutkimusaiheet

Opinnäyte työstä syntyi kaksi jatkotutkimusaihetta, mitä voisi soveltaa.

6.3.1 Siirtolinjan kompensointitavat ja sen vaikutus distanssisuojaan

Tarkoitus olisi selvittää erilaiset kompensointi tavat mitä siirtolinjaan voi laittaa. Eri tapojen vaikutus siirtoverkkoon. Mitä laitteita käytetään ja miten ne kytketään?

Vaikuttaako siirto johdon kompensointi distanssisuojan toimintaan ja millä lailla? Joudutaanko laskemaan distanssisuojan parametrit uudestaan?

6.3.2 Vasta-aseman suojareleistyksen toteutus ja asemien välinen kommunikatio

Tarkoitus olisi selvittää miten toteutetaan vasta-aseman suojareleistyksen. Mitä laitteita tarvitaan. Mitä pitää ottaa huomioon, kun suojareleistys tehdään.

Miten eri asemat kommunikoivat toistensa kanssa? Miten estetään päällekkäiset suojatoiminnot toistensa kanssa?

7 LÄHTEET

/1/ Elovaara, J. & Haarla, L. 2011. Sähköverkot 2. Helsinki.

/2/ Mäkinen, O. 2008. Relesuojaus. Vaasa: Vaasan ammattikorkeakoulu. Opetusmateriaali.

/3/Siemens Oy. 2020. SIPROTEC 5 Distance Protection, Line Differential Protection, and Overcurrent Protection for 3-Pole Tripping Manual.

/4/ ABB Oy. 2000. Teknisiä tietoja ja taulukoita. Vaasa. Viitattu 25.4.2021

/5/ Siemens Oy. 2003. SIPROTEC Distance Protection 7SA6 V4.3 Manual.

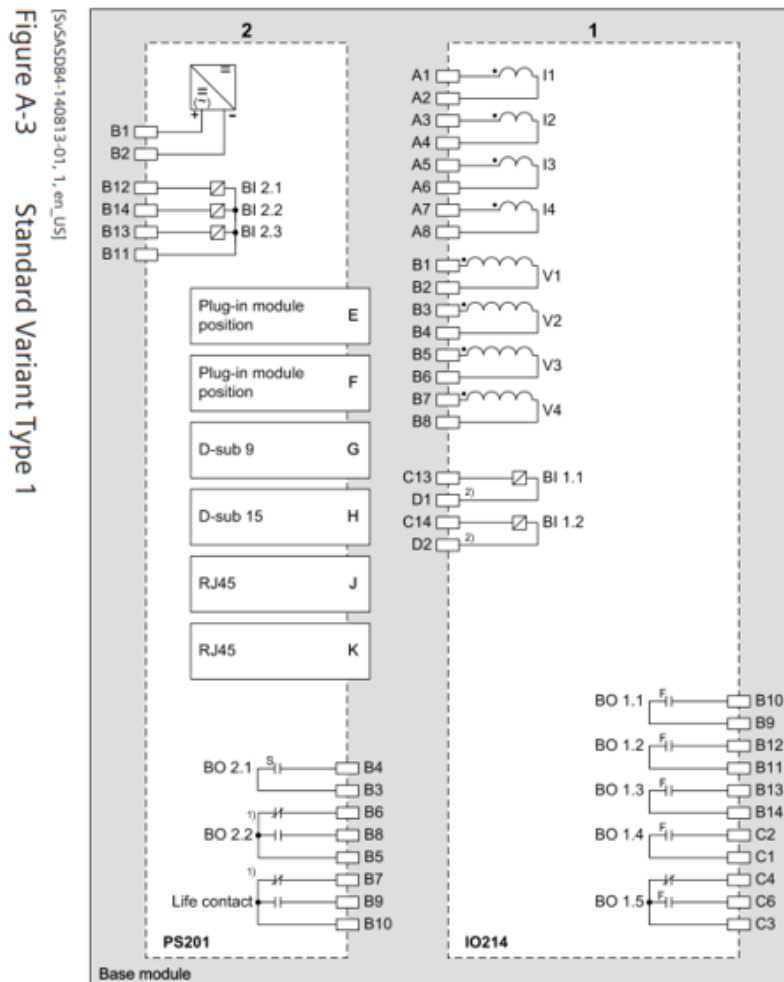
/6/ Mäkinen O. Sähköverkot. Vaasan Ammattikorkeakoulu. Opetusmateriaali. Viitattu 25.2.2021

/7/ Sähköttaustekniikka kurssi. Vaasan Ammattikorkeakoulu. Viitattu 26.3.2021

/8/ Siemens Oy, DIGSI 5 Engineering & Configuration Tutorial (English). Viitattu 21.10.2020. https://www.youtube.com/watch?v=a-FdJyf0_LA&list=PLc2tZn5MxCdLcMjFtkUBL2AkQ12FG5Wo

8 LIITTEET

Liite 1 Siemens 7SA84-distanssisuojareleen kytkentäkuva manuaalista

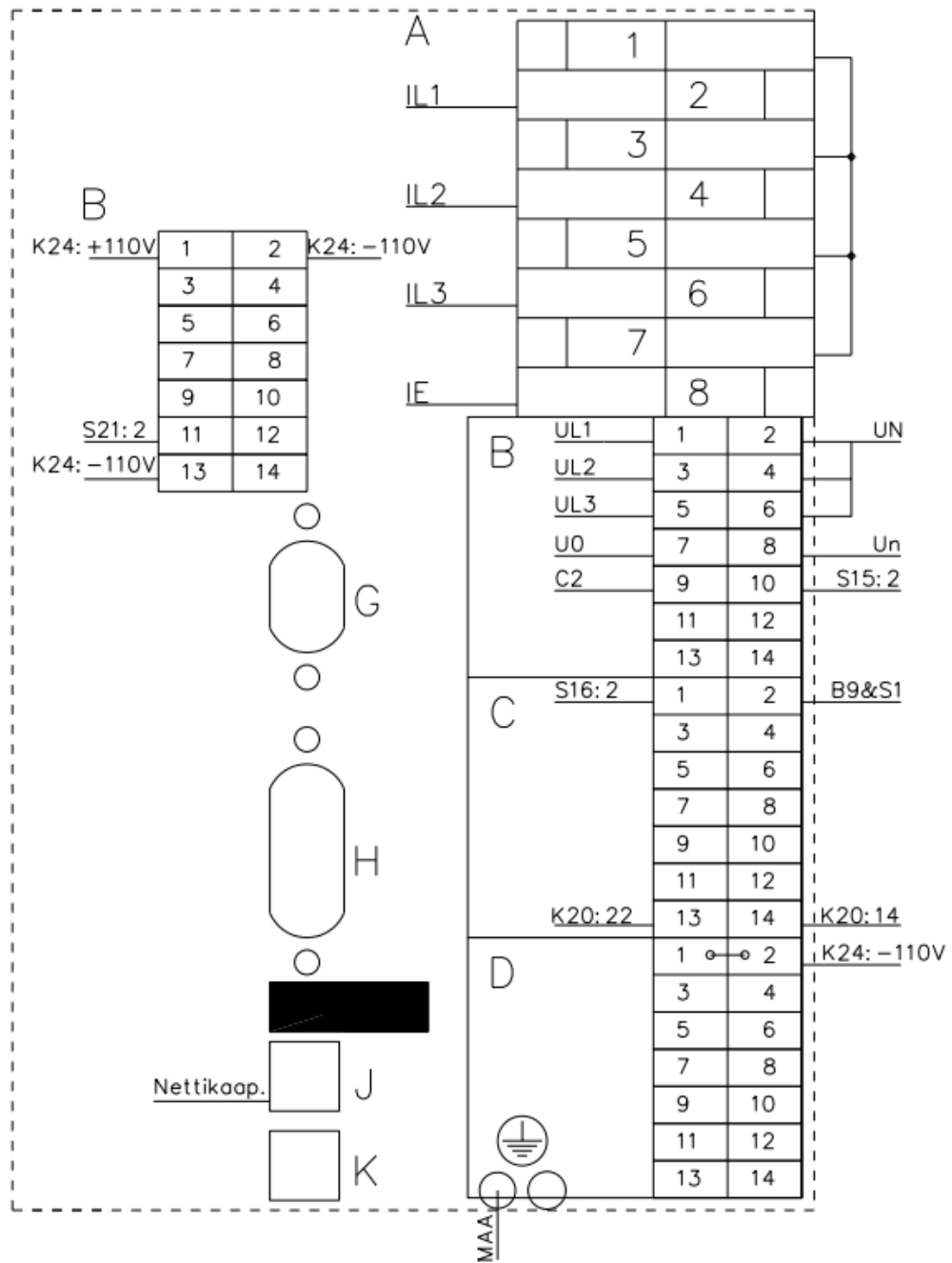


¹⁾ Technical data like type F, but switching time 10 ms

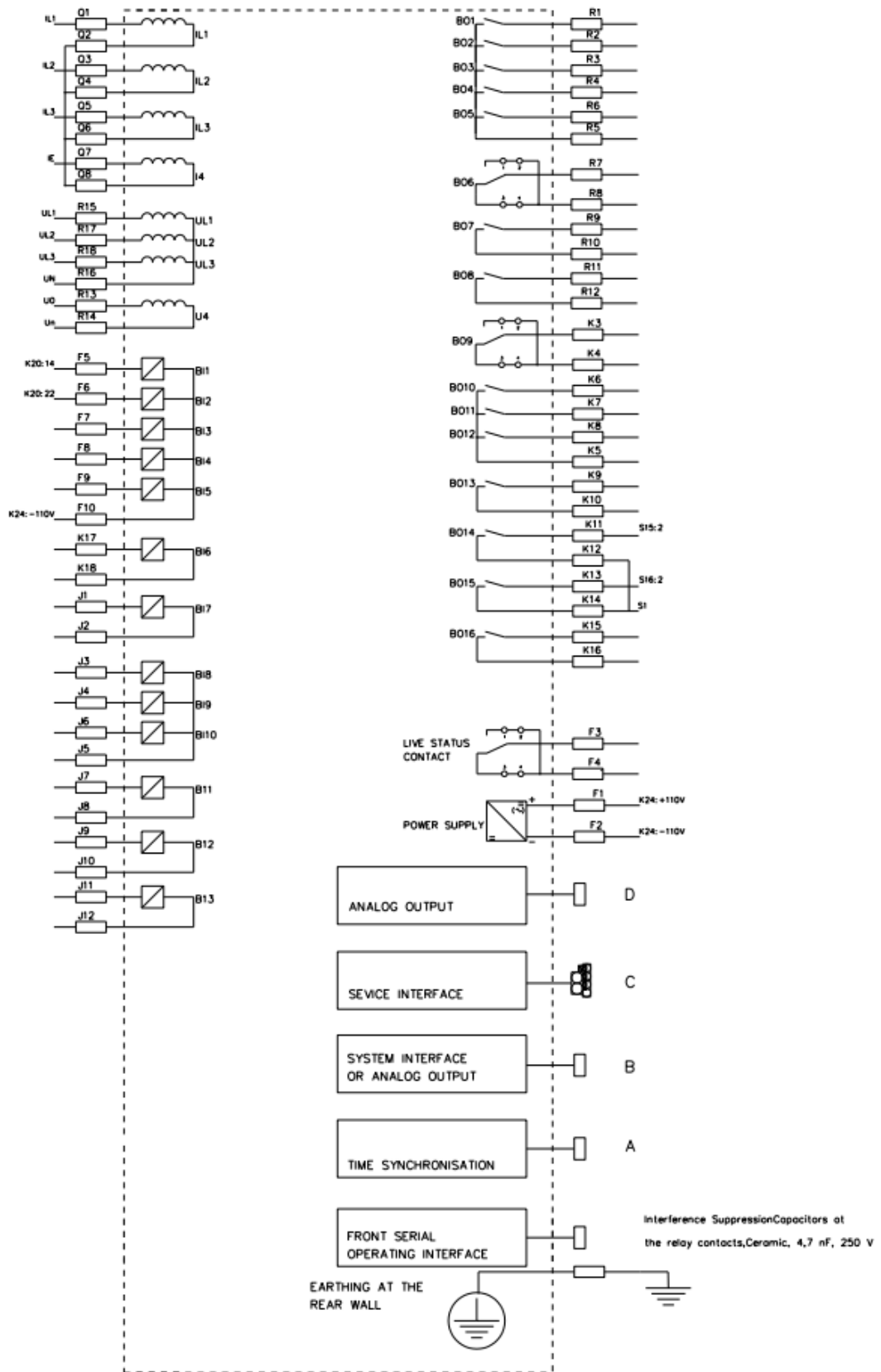
²⁾ Use these terminals to root the binary inputs.

Positions for printed circuit board assemblies on the rear side

LIITE 2 Siemens 7SA84-distanssisuojareleen kytKentäkuva itse tehty



LIITE 3 Siemens 7SA631-distanssisuojareleen kytkentäkuva



LIITE 4 Releiden kytkentälista

Komponentti	Komponentin Tunnus	Vanha liitos	Uusi liitos
Virtamuuntajat	IL1	Q1	A1 (IO214)
	IL2	Q3	A3 (IO214)
	IL3	Q5	A5 (IO214)
	IE	Q7	A7 (IO214)
Jännitemuuntajat	UL1	R15	B1 (IO214)
	UL2	R17	B3 (IO214)
	UL3	R18	B5 (IO214)
	UN	R16	B6 (IO214)
	U0	R13	B7 (IO214)
	Un	R14	B8 (IO214)
Syöttö	K24: + 110V	F1	B1 (PS201)
	K24: - 110V	F2	B2 (PS201), D2 & B13 (PS201)
Katkaisijat	K20 Auki	F5	C14 (PS201)
	K20 Kiinni	F6	C13 (PS201)
Painikkeet	S15 Auki	K11	B10 (IO214)
	S16 Kiinni	K14	C1 (IO214)
	S1 Pääkytkin	K12 & K13	B9 & C2 (IO214)
Uusi jännite katkaisu kytkin	S21:2	Ei ole	B11 (PS201)
	K24:-110V	Ei ole	B13 (PS201)

PS201 & IO214 on uuden suojarleen eri lohkoja

Liite 5 LED-valojen toimintamatriisi

LED	Tarkoittaa
1	Vika L1
2	Vika L2
3	Vika L3
4	Vika Maa
5	Katkaisija auki
6	Distanssi Z1
7	Distanssi Z2
8	Distanssi Z3
9	Ylivirta T1
10	Ylivirta T2
11	Maasulku T1
12	Maasulku T2
13	Suun. Maavika T1
14	Suun. Maavika T2
15	Jäl.Kyt. Ei valmis
16	Pros. Ei käytössä