

RELESIMULAATTORIN ETÄOPPIMISYMPÄRISTÖ

Markus Ylimäinen

Opinnäytetyö
Sähkö- ja automaatiotekniikka
Insinööri (AMK)

2021

Sähkö- ja automaatiotekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Markus Ylimäinen	Vuosi	2021
Ohjaaja	Ins. (YAMK) Aila Petäjajarvi		
Toimeksiantaja	Lapin AMK		
	Ins. Jouko Alaniva		
Työn nimi	Relesimulaattorin etäoppimisympäristö		
Sivu- ja liitesivumäärä	39 + 0		

Opinnäytetyön aiheena oli tutkia ABB:n suojaresimulaattoriyksiköiden etäkäytömahdollisuuksia. Työn tavoitteena oli selvittää, miten opiskelijat voivat etälaboratoriotyöskentelyssä käyttää hyödyksi relesimulaattoreita. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Lapin AMK.

Opinnäytetyössä käsiteltiin relesuojauksen tarkoitusta ja rakennetta. Teoriassa käsitellään myös erilaisia reletyyppejä, eri sähköverkon vikatilanteita ja jakeluverkon johdonsuojaus. Työssä esiteltiin myös käytössä olevat laitteistot ja ohjelmistot.

Käytännön osassa tutkittiin, miten etäohjaus toteutetaan Citrix Workspacen avulla. Luvussa käsiteltiin myös, miten suojaresimulaattorin käyttöä voidaan soveltaa etäkäytössä parametrimuutosten avulla.

Opinnäytetyön tulokseksi saatiin sähkövoimalaboratorioon valvomotietokone, johon voidaan liittää suojaarele ja jota voidaan käyttää etänä Citrix Workspacen avulla. Työn tulokseksi saatiin myös esimerkit, miten suojaareleen toimintaa voidaan simuloida etänä parametrimuutosten avulla.

Electrical and Automation Engineering
Bachelor of Engineering

Author	Markus Ylimäinen	Year	2021
Supervisor	Aila Petäjäjärvi, M.Sc		
Commissioned by	Lapin AMK Jouko Alaniva, B.Eng		
Subject of thesis	Relay Simulator Distance Learning Environment		
Number of pages	39 + 0		

The subject of this thesis was to study the possibilities of remote access of the ABB relay simulator units. The aim of the work was to study how students can use the relay simulators in remote laboratory work. The thesis was commissioned by Lapland University of Applied Sciences.

The thesis described the theory of the purpose and structure of relay protection. Different types of relays, different distribution network fault situations and distribution network line protection were described in the theory section. The thesis also presents the used hardware and software.

In the practical section it is examined how to implement remote control using Citrix Workspace. It was also explained how the use of a protection relay simulator can be applied remotely with parameter changes.

The result of the thesis was a control room computer in the electric power laboratory, to which protection relay can be connected and which can be used remotely with Citrix Workspace. Another result was the examples how the operation of the protection relay can be simulated remotely using parameter changes.

Key words
control

protection relay simulator, relay protection, remote control

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	8
2	SÄHKÖVERKKO	9
2.1	Suomen sähköverkko	9
2.2	Sähköverkossa tapahtuvia vikoja.....	10
3	RELESUOJAUKSEN TAVOITE JA RAKENNEOSAT	11
3.1	Relesuojauksen tavoite.....	11
3.1.1	Releet.....	11
3.1.2	Katkaisijat.....	12
3.1.3	Mittamuuntajat.....	12
3.1.4	Apusähköjärjestelmät.....	13
3.1.5	Tiedonsiirto ja kommunikointi	13
3.2	Suojareleitä koskevat vaatimukset.....	13
4	RELETYYPIT	14
4.1	Ylivirtareleet	14
4.2	Jännitereleet	14
4.3	Taajuusreleet	14
4.4	Tehoreleet.....	14
4.5	Epäsymmetriareleet	15
4.6	Vertoreleet	15
4.7	Ali-impedanssireleet.....	16
5	JAKELUVERKON JOHDONSUOJAUS	17
5.1	Oikosulkusuojaus.....	17
5.2	Maasulkusuojaus	18
6	SIMULAATIOLAITTEISTOT JA OHJELMISTOT	19
6.1	REF615/DSF615 Relesimulaattori.....	19
6.2	REF630/DSF630 Relesimulaattori.....	20
6.2.1	WebHMI	21
6.2.2	PCM600	21
7	ETÄOHJAUSYMPÄRISTÖN TOTEUTUS	23
7.1	TOSIBOX® Lukko 200.....	23

7.2 Citrix Workspace.....	24
8 ETÄYHTEYDEN MUODOSTAMINEN	25
8.1 Yhteyden muodostaminen etävalvomoon	25
8.2 Simulaattori DSF615 yhteyden muodostaminen	26
9 RELEEN TOIMINNAN SIMULOINTI ETÄNÄ.....	28
9.1 Simuloinnin tarkoitus.....	28
9.2 Simulaattorin paikalliset asetelut.....	28
9.3 Maasulkutilanteen esimerkkisimulointi DSF615	29
9.4 Oikosulkutilanteen esimerkkisimulointi DSF615	33
10POHDINTA	37
LÄHTEET.....	38

ALKUSANAT

Kiitän Aila Petäjäjärveä ja Jouko Alanivaa, jotka ohjasivat minua opinnäytetyöprosessin aikana. Lisäksi haluan kiittää Lapin AMK:ta opinnäytetyön aiheesta.

Torniossa 15.2.2021

Markus Ylimäinen

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

kV	Kilovoltti
U	Jännite
I	Virta
I_0	Nollavirta
U_0	Nollajännite
U_{SYNC}	Synkronointijännite
WebHMI	Web Human-machine interface (ABB 2010, 123)
PCM600	Protection and Control IED Manager (ABB 2010, 122)
IP	Internet Protocol
IEC	International Electrotechnical Commission
SLD	Single line diagram (ABB 2010, 122)
SPA	Strömberg Protection Acquisition
LON	Local operating network
ANSI	American Nation Standards Institute
DNP	Distributed Network Protocol
GOOSE	Generic object-oriented substation event

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on tutkia Lapin AMK:n Kosmoksen sähkövoimalaboratoriossa olevien ABB:n relesimulaattoriyksiköiden etäkäyttömahdollisuuksia. Tavoitteena on selvittää, miten opiskelijat voivat hyödyntää simulaattoreita etälaboratorioympäristössä. Työn toimeksiantajana toimii Lapin AMK. Aiheeseen päädyttiin, kun kysyin koululta mahdollista tehdä opinnäytetyö suojarелеisiin liittyen. Koululla oli tarvetta uusille mahdollisille etälaboratoriotöille ja minulle ehdotettiin työtä tutkia relesimulaattoreiden etäkäyttömahdollisuuksista.

Relesimulaattorietäoppimisympäristö tulee osaksi Kosmos-talon sähkövoimatekniikan laboratoriota. Sähkövoimatekniikan laboratorion nykyisiin laitteistoihin kuuluu muun muassa sähkönsiirto ja jakelulaitteisto, johon kuuluu 110 kV demokenttä, 10 kV kojeisto, 20 kV ilmalinja, moottori-, generaattori ja muuntajalähdöt. Tätä laitteistoa voidaan hallita sähkövoimalaboratoriosta löytyvällä MicroScada-sähkölaitosautomaatiojärjestelmällä. (Lapin AMK 2021.)

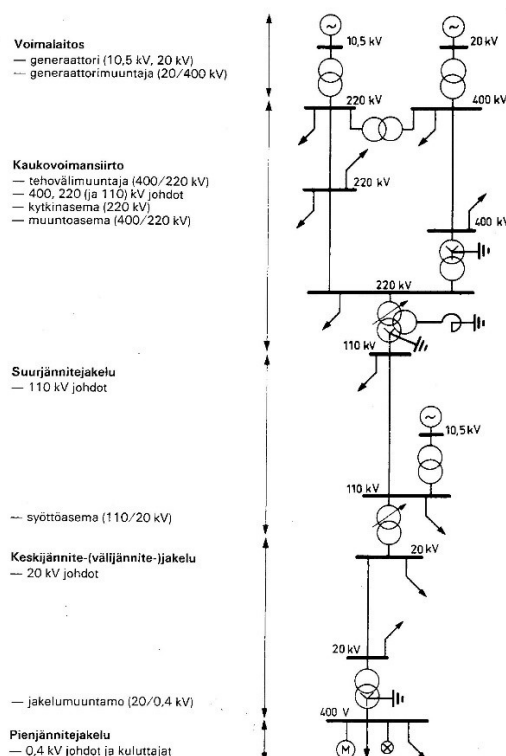
Tämän työn teoriaosiossa esitellään Suomen sähköverkko ja sähköverkossa tapahtuvia vikoja. Teoriassa käsitellään myös suojarелеistyksen tavoite ja rakenneosat sekä esitellään erilaiset suojarелеityypit. Lisäksi kerrotaan jakeluverkon joihtojen oiko- ja maasulkusuojausten toteutuksesta suojarелеiden avulla.

Käytännön osassa ensin esitellään työn toteutuksessa käytetyt laitteet ja ohjelmistot. Työssä käydään läpi, millä tavalla releen etäohjaus toteutetaan. Lisäksi työssä kerrotaan esimerkit, miten DSF615 relesimulaattorilla voidaan simuloida etänä maasulku- ja oikosulkutilanteet.

2 SÄHKÖVERKKO

2.1 Suomen sähköverkko

Suomen sähkövoimajärjestelmässä yhteiseen sähköverkkoon on kytketty kaikki voimalaitokset ja kuluttajat. Siirto- ja jakeluverkoissa on käytössä 3-vaiheinen vaihtosähköjärjestelmä, jonka ilmoitettu jännite on kahden vaihejohtimen välinen pääjännite. Suomen sähköverkossa kantaverkon pääjännitteet ovat 400 kV, 220 kV ja 110 kV. Suurjännite jakeluverkon pääjännite on 110 kV. Keskijännitejakeluverkon pääjännite maaseudulla on 20 kV ja keskijänniteverkkojen pääjännitteet kaupungeissa ovat 10 kV ja 20 kV. Pienjännitejakeluverkon pääjännite Suomessa on 400V. Sähkönsiirrosta kantaverkossa vastaa Suomessa Fingrid Oyj ja jakeluverkoissa sähkönsiirrosta vastaa noin 90 eri verkonhaltijaa. Kuvassa 1 on esitetty Suomen siirto- ja jakeluverkon periaatekaavio. (Elovaara & Laiho 2007, 29,31; Elovaara & Haarla 2011, 57,58,60.)



Kuva 1. Siirto ja jakeluverkon periaatekaavio (Elovaara & Laiho 2007, 30)

2.2 Sähköverkossa tapahtuvia vikoja

Sähköverkossa tapahtuvista vikatilanteista yleisimpiä ovat oikosulut, jotka ovat vaiheiden välillä tapahtuvia vikoja sekä maasulut, jossa vikapiriin kuuluu myös maakosketus. Sähköverkon vikatilanteiden aiheuttajia voivat olla muun muassa toimintahäiriöt laitteissa, verkkokomponentin eristyskyvyn heikkeneminen ja esimerkiksi salaman iskusta syntyvät verkon ylijännitteet. Viat voivat olla symmetrisiä, jolloin vian vaikutukset ovat kaikissa vaiheissa samat. Tämän tyyppinen vika on kolmivaiheinen oikosulku, jonka oikosulkuvirran suuruus on nimellisvirtaan verrattaessa 10–40 kertaa suurempi. Sähköverkossa tapahtuu myös epäsymmetrisiä vikoja, joissa vaikutukset eri vaiheisiin ovat erilaisia eli vaiheiden virrat ja jännitteet eivät ole symmetrisiä. Epäsymmetrisiin vikoihin kuuluvat 1- sekä 2- vaiheiset maasulut ja 2-vaiheinen oikosulku. (Elovaara & Haarala 2011, 166-167, 170, 177.)

3 RELESUOJAUKSEN TAVOITE JA RAKENNEOSAT

3.1 Relesuojauksen tavoite

Relesuojauksen tarkoitus on havaita sähköverkon vikatilanteita, joita ovat muun muassa ylikuormitukset, oikosulut, maasulut, alijännitteet ja ylijännitteet. Vikatilan tapahtuessa releen tehtävä on rajoittaa vika-alue mahdollisimman pieneksi ja ohjata katkaisijaa, joka suorittaa automaattiset kytkennät. Relesuojauksen on täytettävä edellytyksiä, joita ovat muun muassa suojauksen selektiivinen toiminta, suojaustoiminnan riittävä nopeus, yksinkertainen, käyttövarma. Lisäksi suojauksen on oltava koko järjestelmän kattava. (Mörsky 1992, 15-16.)

3.1.1 Releet

Suojareleen rakenne koostuu mittaelimestä, havahtumiselimestä, aikaelimestä ja joissain käyttötarkoituksissa suuntaelimestä. Suojareleen toiminta perustuu releen tarkkaileman suureeseen. Jos mitattu suure ylittää tai alittaa asetellun havahtumisarvon, suojarele havahtuu. Havahtumisen jälkeen rele antaa toiminta-ajan kuluttua katkaisijalle käskyn toimia. Suojareleet voidaan jakaa toimintaperiaatteen perusteella eri ryhmiin, jotka ovat sähkömekaaniset suojareleet, staattiset suojareleet ja mikroprosessoripohjaiset suojareleet. (Elovaara & Laiho 2007, 391-392.)

Sähkömekaaniset suojareleet sisältävät liikkuvia osia ja niiden toiminta perustuu sähkösuureen tehollis- tai keskiarvon mittaukseen. Sähkömekaaniset suojareleet ovat usein polarisoituja tehonkulutuksen pienentämiseksi. (Elovaara & Laiho 2007, 391-392.)

Staattiset suojareleet voivat korvata sähkömekaanisia suojareleitä ja lisäksi ne voivat totuttaa sellaisia suojaustoimenpiteitä, joita sähkömekaanisilla suojareleillä ei voi toteuttaa. Staattisten suojareleiden rakenne sisältää mikropiirejä ja yksittäisiä puolijohdekomponentteja. Staattisen suojareleen ominaisuuksia on pieni tehonkulutus, toiminta-arvojen tarkkuus ja lyhyet toiminta-ajat. (Elovaara & Laiho 2007, 392.)

Älykkäät mikroprosessoripohjaiset suojarleet ovat monipuolisia johtosuoja. Mikroprosessoripohjaisen suojarleen toimintoihin sisältyvät suojaus, kaukokäyttö, paikallisautomaatio, verkostoautomaatio ja hälytyskeskus. Mikroprosessoripohjaiset suojarleet toimivat mittaamalla suojattavan kohteen suureita sekä hyödyntävät asentotietoja ja katkaisijan ohjauksia. (Elovaara & Laiho 2007,392.)

3.1.2 Katkaisijat

Katkaisijoiden tehtävä virtapiirissä on piirin avaaminen ja sulkeminen. Katkaisijan on ominaisuuksiltaan kyettävä vaurioitumatta sekä sulkemaan että avaamaan oikosulkupiirin. Virtapiirin avaus- ja sulkutilanteet voivat tapahtua automaattisesti sekä käsinohjauksesta. Automaattinen katkaisutoiminta tapahtuu yleensä, kun rele antaa avautumiskäskyn ylivirran seurauksesta, joka johtuu oikosulku- tai maasulkuvirrasta. Katkaisijat voivat myös sulkea virtapiirin automaattisesti jälleenkytkentäreleistyksen käynnistämänä. Katkaisijoita on käytössä erilaisilla katkaisijatekniikoilla joita muun muassa ovat:

- ilmakatkaisijat
- öljykatkaisijat
- vähäöljykatkaisijat
- paineilmakatkaisijat
- kaasukatkaisijat
- tyhjiökatkaisijat. (Elovaara & Laiho 2007,245,250.)

3.1.3 Mittamuuntajat

Relesuojauksessa virran ja jännitteen mittaukseen käytetään mittamuuntajaa. Mittamuuntajan tehtävinä on eristää mittaussiipi päävirtapiiristä ja muuttaa mitta-alaa. Muita mittamuuntajan tehtäviä ovat muun muassa suojata mittareita ylikuormitukselta sekä mahdollistaa releiden ja mittareiden sijoituksen kauemmaksi mit-

tauspaikasta. Mittamuuntajien on ominaisuuksiltaan kyettävä toistamaan normaalilla kuormitusalueella mitattu jännite tai virta mahdollisimman virheettömästi. (Elovaara & Laiho 2007, 271.)

3.1.4 Apusähköjärjestelmät

Apuenergialähteen tehtävä on syöttää vikatilanteiden aikana suojauslaitteiden mm. katkaisijoiden tarvitsema jännite. Apuenergialähteenä on yleensä käytössä akusto. Apuenergia on merkittävän tärkeä osa relesuojausta, sillä apuenergian puuttuessa suojaukset eivät toimi. Apuenergiajärjestelmien tulee olla varmennetuja ja hyvin suojattuja. (Mörsky 1992, 17, 339.)

3.1.5 Tiedonsiirto ja kommunikointi

Suojareleet liitetään kommunikaatioväylän avulla kaukokäyttöön. Kaukokäytön avulla voidaan suorittaa ensilaitteiden kauko-ohjauksia ja lukea releeltä muun muassa tilatietoja ja mittaustietoja. Kauko-ohjauksen avulla voidaan myös muuttaa tai lukea releasetteluita. Sähköasemakommunikaatiossa on käytössä useita eri asemakommunikaatioprotokollia, joista yleisimpiä ovat SPA, LON, IEC-103, IEC 61850. Käytössä olevia kaukokäyttöprotokollia ovat esimerkiksi IEC-191 ja Ansi. Tiedonsiirrossa käytetään myös lähiverkkoja. (Vedenjuoksu 2010.)

3.2 Suojareleitä koskevat vaatimukset

Toteuttaessa relesuojausta on suojauksen katettava kaikki sähkönjakeluverkon osat, sillä verkossa ei voi olla suojaamattomia alueita. Relesuojauksen tulee olla riittävän selkeästi toteutettu ja toiminta varma. Relesuojaus tulee olla nopea, tarkka ja suojausten tulee toimia selektiivisesti. Suojareleiden on toimittava vikatilanteiden sattua itsenäisesti ja suojareleiden on sisällettävä itsevalvontatoiminnot, jotka kertovat itse suojauslaitteen toiminnasta. (Vedenjuoksu 2010.)

4 RELETTYYPIT

4.1 Ylivirtareleet

Ylivirtareleiden tehtävänä on toimia oikosulkusuojina. Ylivirtareleiden toiminta perustuu mittauspisteen kautta kulkevan virran mittaamiseen. Ylivirtareleitä on oikosulkusuojaus käytössä erilaisilla toimintaperiaatteilla, joita ovat:

- hetkellinen ylivirtarele, jossa ei ole hidastettu releen toiminta-aikaa
- vakioaikaylivirtarele, jossa releen laukaisuun kuluva aika havahtumisesta voidaan asetella
- käänteisaikaylivirtareleissä, jossa virran perusteella tietyn asettelun rajoissa määritellään laukaisuaika. (Elovaara & Laiho 2007, 393.)

4.2 Jännitereleet

Jännitereleiden toiminta perustuu asetellun jännitearvon ylitykseen tai alitukseen. Ylijännitereleitä käytetään esimerkiksi suojaamaan jännitteennousun varalta tah-tigeneraattoreita. Ylijännitereleitä käytetään myös maasulun nollajännitereleinä. Alijännitereleitä käytetään vaihto- ja tasasähköverkkojen jännitteen valvontaan. (Elovaara & Laiho 2007, 393.)

4.3 Taajuusreleet

Taajuusreleet toimivat, kun sähköverkossa tapahtuu taajuuden liian suuria las-kuja tai nousuja. Generaattorisuojauksissa ja kuormien takaisinkytkentöihin käytetään ylitaajuusrelettä. Kuormien irtikytkemiseen ja sähkölaitosten eroonkytkentäjärjestelmissä käytetään alitaajuusrelettä. (Elovaara & Laiho 2007, 393.)

4.4 Tehoreleet

Tehoreleitä käytetään kytkentöjen automaattiseen suorittamiseen, joissa vaikut-tavana suureena on pätö- tai loisteho ja kytkentä on tehon suuruudesta ja vir-taussuunnasta riippuva. Tehosuuntarelettä käytetään ilmaisemaan tehon virtaus-suunta. Tehorelettä, jossa virtaussuunta määritetään loisteholla, käytetään muun muassa maasulkua paikallistettaessa maasta erotetuissa verkoissa. Pätöteholla

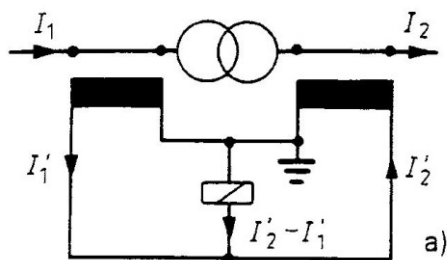
määritettäviä tehoreleitä käytetään sammutetuissa verkoissa. (Elovaara & Laiho 2007, 393-394.)

4.5 Epäsymmetriareleet

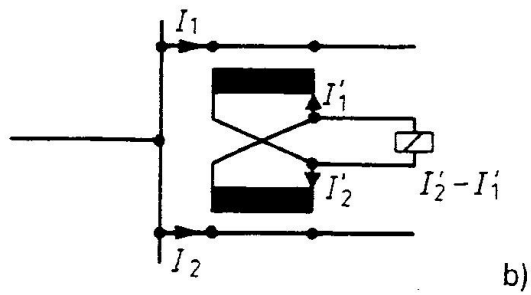
Epäsymmetriareleiden toiminta perustuu erikoiskytkentöihin, joilla vastakomponentit pelkistetään jännitteistä ja virroista. Epäsymmetriareleillä suojataan sähkökoneita virta- ja jännite-epäsymmetrioita vastaan. (Elovaara & Laiho 2007, 394.)

4.6 Vertoreleet

Vertorele vertailee verkossa erikohdissa kulkevia tehoja ja virtoja. Vertailukohteet ovat muun muassa vaihekulmat, itseisarvot ja virtojen suunnat. Erovirtarele eli differentiaalirele on vertoreleista tunnetuin. Differentiaalireleen toiminta perustuu virtojen vertailuun. Vertoreleissä mittauspisteet voidaan asettaa kahdella eri tavalla pitkittäiskytkentään tai poikittaiskytkentään, jolloin kyseessä on pitkittäisvertosuoja tai poikittaisvertosuoja. Pitkittäisvertosuojissa suojattavan kohteen muun muassa johdon, muuntajan tai kuristimen suureet mitataan eri puolilta. Kuvassa 2 on esitetty differentiaalireleen pitkittäiskytkentä. Poikittaisvertosuojassa mitataan kahden tai useamman rinnakkaisen suojauskohteen tehoja ja virtoja. Kuvassa 3 on esitetty differentiaalireleen poikittaiskytkentä. (Elovaara & Laiho 2007, 394-395.)



Kuva 2. Differentiaalirele pitkittäiskytkentä (Elovaara & Laiho 2007, 394)



Kuva 3. Differentiaalirele poikittaiskytkentä (Elovaara & Laiho 2007, 394)

4.7 Ali-impedanssireleet

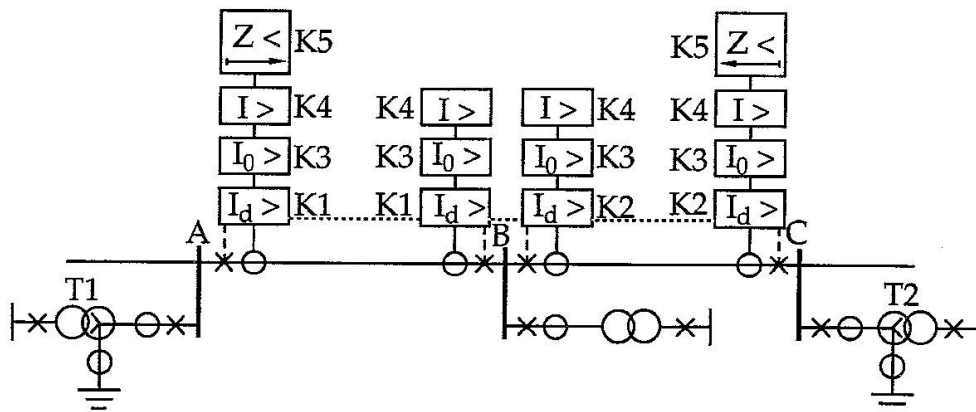
Ali-impedanssireleen toiminta perustuu virtojen ja jännitteiden avulla mitattavaan impedanssiin releen sijoituspaikassa. Distanssirele, joka määrittää impedanssimittauksen avulla etäisyyden vikapaikkaan, on ali-impedanssireleistä tärkeimpiä. Kun mitattava impedanssi alittaa asettelu arvon, rele toimii. Distanssireleitä on käytössä maasulku- ja oikosulkusuojauksissa. (Elovaara & Laiho 2007, 396-397.)

5 JAKELUVERKON JOHDONSUOJAUS

5.1 Oikosulkusuojaus

Oikosulkusuojauksena säteettäisessä jakeluverkossa käytetään yleensä vakioaikaylivirtareleitä. Säteettäisen jakeluverkon suojauksessa vakioaikaylivirtareleillä on selektiivisyyden vuoksi säädettävä riittävä aikaporrastus peräkkäisten katkaisijoiden releiden hidastuksille. Suojauksen selektiivisyyden saavuttaminen eri kytkentätilanteissa ylivirtareleillä on kuitenkin haastavaa. Oikosulkuvirtojen ollessa suuria eli sähköasemien läheisyydessä suojauksena käytetään käänteisai-
kaylivirtarelettä tai vakioaikaylivirtareleiden viiveetöntä pikalaukaisua. (Mörsky 1992, 295-296.)

Silmukoidussa jakeluverkossa oikosulkusuojauksena ensisijaisesti käytetään pitkittäisiä vertoreleitä. Vertoreleiden toiminnassa vertaillaan johdon eri päissä mitattuja virta-arvoja keskenään. Vertoreleiden lisäksi apuna toimii nolla- ja ylivirtakäynnistysreleet. Varasuojauksena silmukoidussa jakeluverkossa käytetään distanssireleitä. Jännitteen ollessa jakeluverkossa pieni ja virran suuri on impedanssin mittaaminen epätarkkaa, joten distanssireleen käyttö pääsuojana jakeluverkossa ei ole mahdollista. Kuvassa 4 on esimerkki silmukkaverkon suojauksesta. (Mörsky 1992, 296-297.)



Kuva 4. Silmukkaverkon suojaus esimerkki (Mörsky 1992, 296)

5.2 Maasulkusuojaus

Maasulkusuojauksessa toteutetaan vakioaikaylijännitereleillä yleishälytys. Vakioaikaylijänniterele mittaa verkon nollajännitettä mittamuuntajan avulla. Suuriresistanssisten maasulkujen havaitsemiseksi havahtumisarvo nollajännitereleessä tulee asetella mahdollisimman pieneksi. Verkon tavallinen nollajännite ja releen herkkyys määrittävät asettelu alarajan. Nollajännitereleet pystytään asettelemaan maasta erotetuissa verkoissa herkkiin asetteluihin. Kompensoiduissa verkoissa verkon normaalissa tilassa esiintyy suurempaa nollajännitettä, joten nollajännitereleet joudutaan asettelemaan suuremmilla arvoilla. (Mörsky 1992, 328.)

Maasta erotetussa verkossa selektiivinen suojaus toteutetaan käyttämällä nollavirtareleitä tai suuntareleitä. Käytettäessä nollavirtarelettä suojaus perustuu summavirta muuntajan avulla mittaamaan maakapasitanssin maasulkuvirtaan. Haasteena nollavirtarele suojauksessa on nollavirran riippuvuus vikaresistanssin suuruudesta ja johtopituuksista, jolloin johtopituuksien vaihtuessa esiintyy haasteita selektiivisyyden säilymisessä. Maasta erotetussa verkossa suojaus voidaan myös toteuttaa suuntareleillä, mikäli nollavirtareleillä selektiivinen suojaus ei ole mahdollista. Suuntareleillä toteutettu suojaus perustuu nollaloistehon suuntaan, joka muodostuu nollajännitteestä ja nollavirrasta. Maasulun tapahtuminen jommallakummalla virtamuuntajan puolella määrittää nollaloistehon suunnan. Suojauksen toteuttamisen suuntareleillä etuna verrattaessa nollavirtareleeseen on suuntareleen riippumattomuus johtojen pituuksista. (Mörsky 1992, 327-331.)

Kompensoidussa verkossa toteutetaan selektiivinen maasulkusuojaus käyttämällä nollajärjestelmän pätö- tai pätövirtasuuntareleitä. Kompensoidussa verkossa kuristimen kautta kulkee loisvirtaa, joten selektiivistä maasulkusuojausta ei voida toteuttaa käyttämällä nollavirtareleitä ja loistehoon tai virtaan perustuvaa suuntarelettä. (Mörsky 1992, 334.)

6 SIMULAATIOLAITTEISTOT JA OHJELMISTOT

6.1 REF615/DSF615 Relesimulaattori

REF615 rele on voimalaitosten, sähköasemien ja teollisuuden sähkövoimajärjestelmien syötön suojaukseen, valvontaan, mittaukseen ja ohjaukseen suunniteltu ABB:n valmistama suojarеле. Relettä käytetään jakeluverkkojen kaapelinsyöttöjen ja ilmajohtojen pääsuojana, mutta sitä voidaan myös käyttää varmistussuojana. REF615 soveltuu käytettäväksi kaapelisyöttöjen ja ilmajohtojen suojaukseen sammutetuissa, maasta eristetyistä, maadoitusvastusta käyttävissä ja suoraan maadoitetuissa verkoissa. (ABB 2017, 3.)

REF615 rele on suunniteltu hyödyntämään IEC 61850 standardia koskevat mahdollisuudet sähköasemien automaatiolaitteiden tietoliikenteessä ja yhteiskäytössä. Suojarеле tukee IEC61850GOOSE, IEC 60870-5-103, IEC61850-9-2 LE, DNP3 ja Modbus® tietoliikenneyhteysprotokollia. (ABB 2017, 3.)

Releen suojaustoimintoihin kuuluu suunnattu ja suuntaamaton ylivirtasuojaus, suunnattu ja suuntaamaton maasulkusuojaus sekä terminen ylikuormitussuojaus. Muihin releen suojaustoimintoihin kuuluu vaihekatkon suojaus, ylijännite- ja alijännitesuojaus, hetkellisen/katkeilevan maasulun suojaus, nolaylijännitesuojaus, myötäkomponentin alijännitesuojaus ja jännitteen epäbalanssisuojaus. (ABB 2017, 19.)

DSF615 on ABB:n valmistama 9-kanavainen ja kolmivaiheinen kannettava releen toiminnan demonstrointi- ja simulointilaitteisto. DSF615 laitteella voidaan jäljitellä sähköverkon olosuhteita. Simulaatiolaitteistolla voidaan syöttää binaarituloja, virtoja ja jännitteitä. Kuvassa 5 on esitetty DSF615 simulaattori. (ABB 2012b, 3, 4.)



Kuva 5. ABB DSF615 relesimulaattori

6.2 REF630/DSF630 Relesimulaattori

REF630 rele on ABB:n valmistama suojarle sähköasemien, teollisuuden sähkövoimajärjestelmien syöttöjen suojaukseen, ohjauksiin, mittauksiin ja valvontaan. REF630 releen ominaisuuksiin kuuluu hyvät konfigurointimahdollisuudet ja se sisältää ohjaustoiminnot kaikille tarvittaville sovelluksille. Rele hyödyntää IEC61850 standardin tietoliikenneprotokollaa. Releen suojaustoimintoihin kuuluu muun muassa maasulkusuojaus, ylivirtasuojaus ja terminen ylikuormitus-suojaus. (ABB 2011, 47; ABB 2019, 6, 8.)

DSF630 on ABB:n valmistama 8-kanavainen ja yksivaiheinen kannettava releen toiminnan demonstrointi ja simulointilaitteisto. DSF630 laitteella voidaan jäljitellä joitain yksinkertaisia sähköverkon tilanteita. Simulaatiolaitteisto sisältää neljä virtakanavaa, neljä jännitekanavaa ja joitain binaaritoimintoja. Kuvassa 6 on esitetty DSF630 simulaattori. (ABB 2013, 3, 4.)



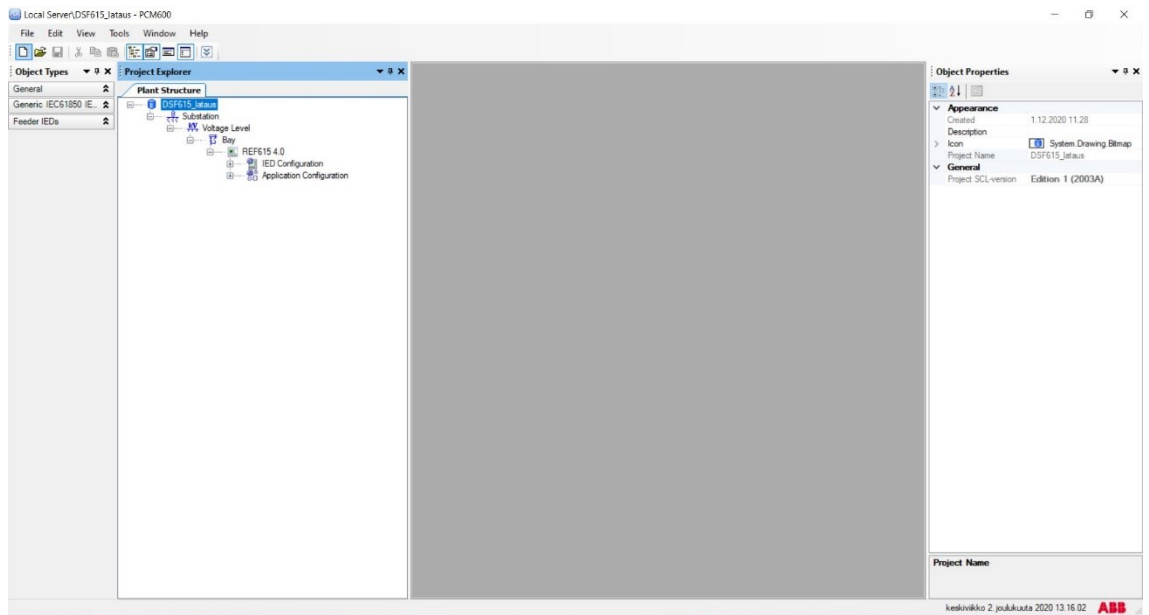
Kuva 6. ABB DSF630 relesimulaattori

6.2.1 WebHMI

Web HMI on ABB:n web-pohjainen käyttöliittymä. Suojarelettä voidaan käyttää Web HMI:n avulla verkkoselaimella. Käyttöliittymää voidaan käyttää joko paikallisesti, jolloin tietokone kytketään releeseen etuliitännäportin kautta, tai etäyhteydellä verkon kautta. Web HMI:n avulla voidaan käyttää seuraavia toimintoja: järjestelmän valvonta, mittausnäyttö, häiriönäyttö, vaiheensoittimien kaavionäytöt, yksilinjakaaviot, merkkivalojen ja tapahtumaluetteloiden ohjelmointi ja parametriasetukset. (ABB 2010, 25, 26.)

6.2.2 PCM600

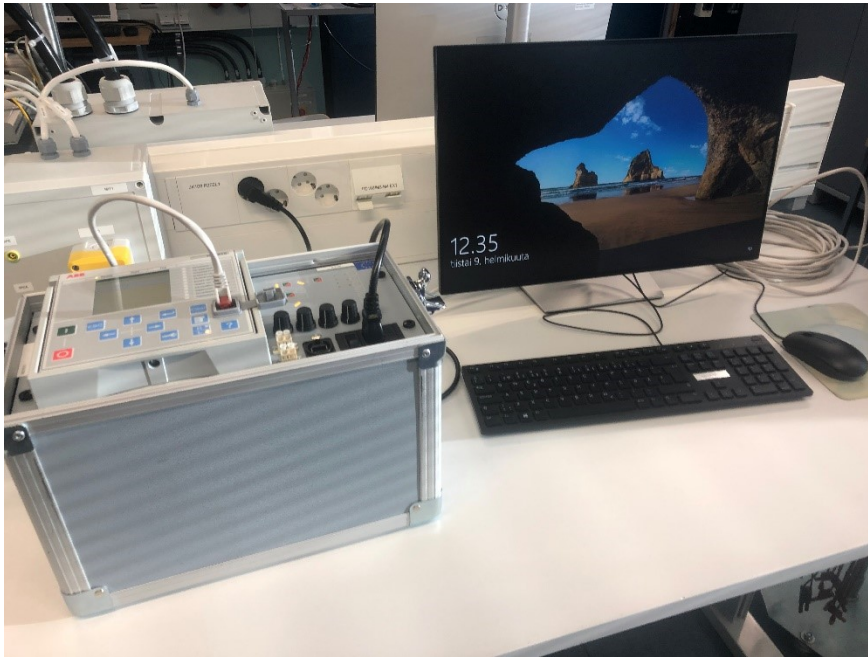
PCM600 on ABB:n työkalu, jossa on useita toimintoja. PCM600:lla voidaan ohjata sähköasemaa sekä suorittaa erialaisia tehtäviä ja toimintoja. PCM600 sisältää kaikki suojareleen käyttöön tarvittavat toiminnot. Toimintoihin kuuluvat suunnittelu, tekninen suunnittelu, käyttöönotto, käyttö ja häiriöiden käsittely sekä toimintojen analysointi. Kuvassa 7 on esimerkki näkymä PCM600-työkalusta. (ABB 2010, 29.)



Kuva 7 PCM600 näkymä

7 ETÄOHJAUSYMPÄRISTÖN TOTEUTUS

Relesimulaattorin etäohjaus toimii koulun laboratorion etäohjattavan tietokoneen avulla, johon suojarile on yhdistetty. Etäohjattavaan tietokoneeseen on asennettu tätä varten kaksi verkkokorttia. Etäohjaus toteutetaan Citrix Workspacen avulla. Vaihtoehtoinen etäohjausmahdollisuus voi olla Tosibox-etäyhteys, joka oli vaihtoehto opinnäytetyön suunnitteluvaiheessa. Kuvassa 8 näkyy relesimulaattoriympäristö sähkövoimalaboratoriossa.



Kuva 8. Suojarele ja valvomo tietokone sähkövoimalaboratoriossa

7.1 TOSIBOX® Lukko 200

TOSIBOX® Lukko 200 on Tosibox Oy:n valmistama etäyhteys- ja verkkolaite. Lukko 200 toimii pääte pisteenä etäyhteyksille ja siihen liitettyihin laitteisiin voidaan muodostaa turvallinen yhteys salatulla VPN-yhteydellä. Kuvassa 9 on esitetty etäyhteyden toimintaperiaate. (Tosibox 2020.)



Kuva 9. Tosibox toimintaperiaate (Tosibox 2020)

Lukko 200:n ominaisuuksia on mm. tietoturvallisuus, teollisuusympäristöihin soveltuva rakenne, yhteensopivuus muiden TOSIBOX®- tuotteiden kanssa ja PoE-toiminto (Tosibox 2020). Kuvassa 10 on TOSIBOX® Lukko 200 laite.



Kuva 10. TOSIBOX® Lukko 200 (Tosibox 2020)

7.2 Citrix Workspace

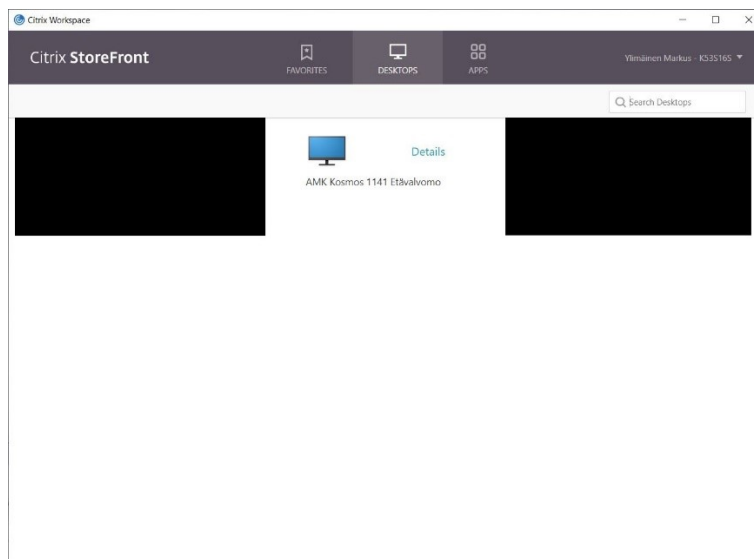
Citrix Workspace on ilmaiseksi ladattava asiakasohjelmisto. Workspace-asiakasohjelmistolla voidaan turvallisesti käyttää sovelluksia, työpöytiä ja tietoja PC- tai Mac-tietokoneiden, älypuhelimien sekä tablettien avulla (Citrix 2021).

Citrix Workspacen avulla opiskelijat voivat muodostaa yhteyden koulun laboratorioissa sijaitsevaan etävalvomotietokoneeseen. Opiskelijat saavat oikeudet etävalvomotietokoneen käyttöön erikseen IT-palvelun toimesta.

8 ETÄYHTEYDEN MUODOSTAMINEN

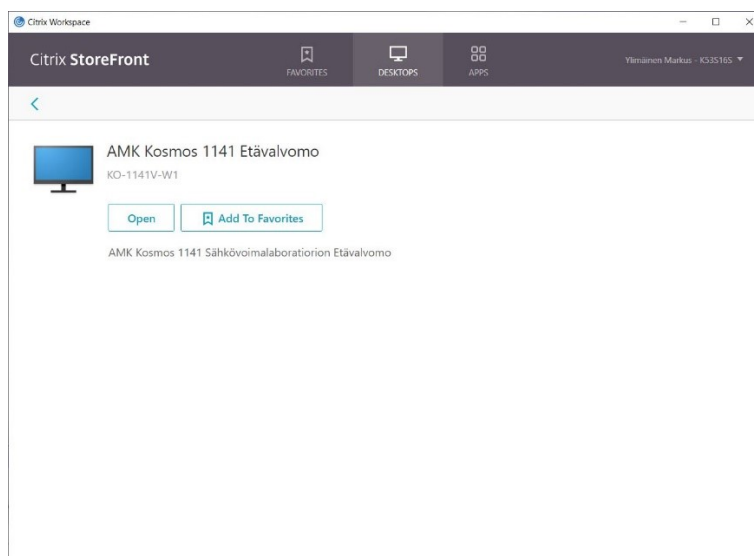
8.1 Yhteyden muodostaminen etävalvomoon

Etäyhteyden muodostaminen etävalvomo tietokoneeseen aloitetaan kirjautumalla Citrix Workspace-ohjelmistoon. Etätyöpöytä voidaan avata valitsemalla valvomo tietokeen Details kuvan 11 mukaan DESKTOPS välilehdestä.



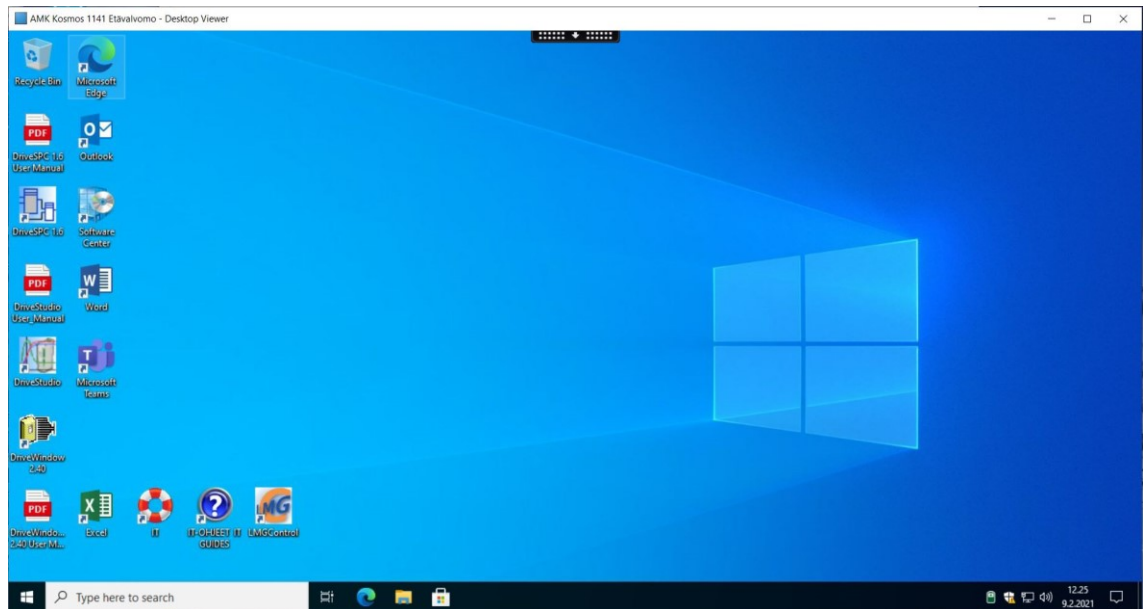
Kuva 11. Citrix DESKTOPS

Details kohdasta avautuu kuvan 12 mukainen näkymä, jossa näkyy tietokoneen tiedot. Tämän jälkeen voidaan etätyöpöytä avata valitsemalla Open.



Kuva 12. Citrix valvomo tietokone

Ohjelma muodostaa yhteyden, jonka jälkeen avautuu kuvan 13 valvomotietokoneen etätyöpöytä.

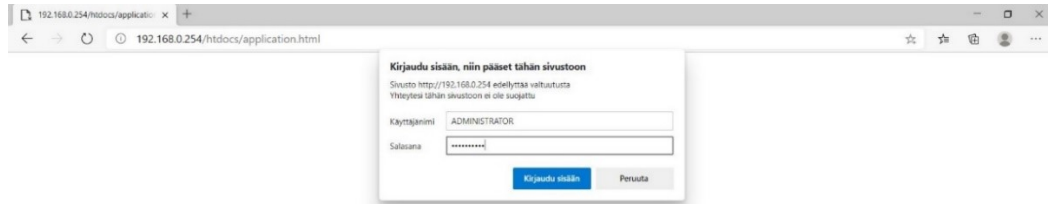


Kuva 13. Etätyöpöytä

8.2 Simulaattori DSF615 yhteyden muodostaminen

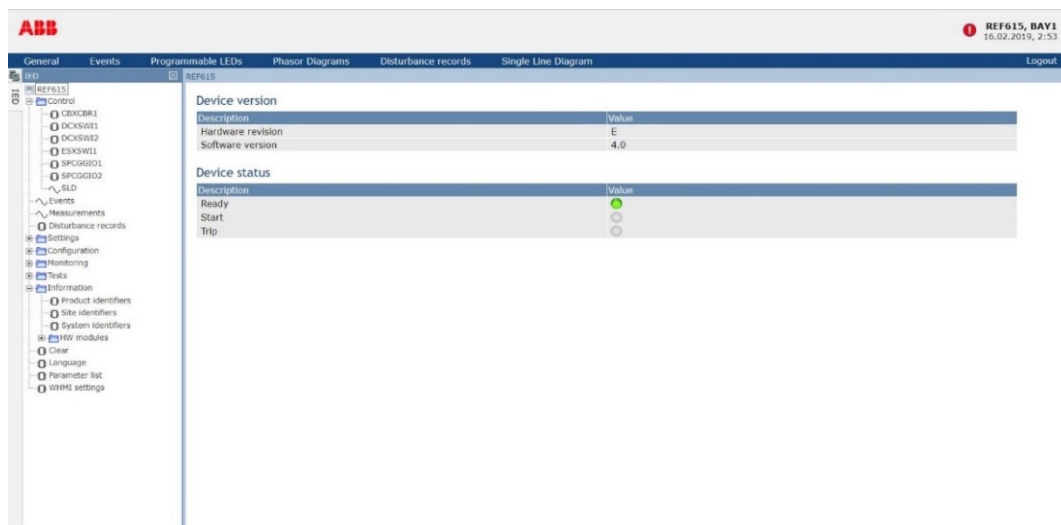
Etäyhteyden muodostamiseen releeseen etuportin kautta täytyy releen etäoperaation asetus olla Active tilassa. Asetus voidaan paikallisesti muuttaa releen valikosta "Main Menu/Configuration/HMI".

Releen etuportin IP-osoitteen näkee valikosta "Main Menu/Configuration/Communication/Ethernet/Front Port". Kirjautuminen selaimella tapahtuu syöttämällä IP-osoite tietokoneen selaimen osoitekenttään, jolloin avautuu kuvan 14 mukainen näkymä.



Kuva 14. REF615 WebHMI kirjautuminen

Sivun avauduttua syötetään käyttäjätunnus ja salasana, jonka jälkeen web-käyttöliittymä on käytettävissä. Kuvassa 15 näkyy REF615 WebHMI etusivu.



Kuva 15. REF615 WebHMI

9 RELEEN TOIMINNAN SIMULOINTI ETÄNÄ

9.1 Simuloinnin tarkoitus

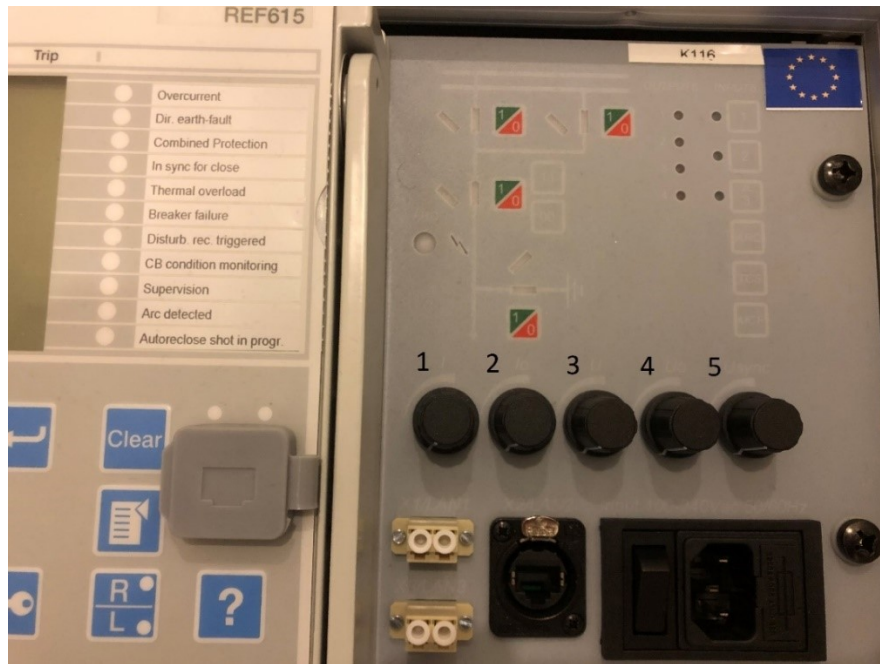
Sähköverkon tilanteiden ja suojuareleen käytön simuloinnin tarkoituksena on auttaa opiskelijaa tutustumaan ABB:n suojuareleen ominaisuuksiin ja käyttötoimenpiteisiin. Simuloimalla sähköverkon tilanteita opiskelija oppii myös sähköverkon ja suojuareleen käyttäytymistä vikatilanteissa.

Luvussa kerrotaan esimerkit, miten suojuarelesimulaattoreiden avulla voidaan simuloida releen käyttöä etänä ABB:n WebHMI:n avulla. Simulointeja varten REF615 suojuareleeseen ladattiin simulaattorin alkuperäiset asetukset ja konfiguraatiot.

9.2 Simulaattorin paikalliset asetelut

Relesimulaattorin etäsimulointia varten on aseteltava relesimulaattorin säädettävät arvot sopiviin vakioarvoihin. Kuvassa 16 näkyy relesimulaattorin säädettävät arvot jossa:

1. Virta, I
2. Nollavirta, I_0
3. Jännite, U
4. Nollajännite, U_0
5. Synkronointijännite, U_{SYNC}

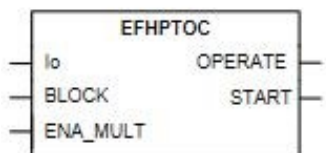


Kuva 16. DSF615 säädettävät arvot

9.3 Maasulkutilanteen esimerkkisimulointi DSF615

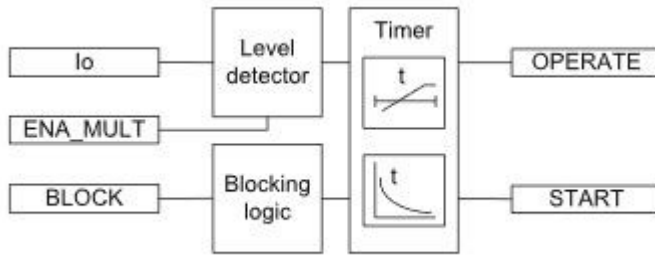
Maasulkutilanteen etäsimulointia voi soveltaa aiheuttamalla vikatilanne muuttamalla suojaustoiminnon EFHPTOC1 havahtumisparametriä.

EFHPTOC on suuntaamaton maasulku suojaustoiminto. Suojaustoiminto käynnistyy, kun nollavirta ylittää asetetun raja-arvon. Kuvassa 17 on esitetty EFHPTOC toimintalohko. (ABB 2012a, 200, 201.)



Kuva 17. EFHPTOC Toimintalohko (ABB 2012a, 200)

Kuvassa 18 on esitetty EFHPTOC toimintalohkon toimintaperiaatekaavio.



Kuva 18. EFHPTOC Toimintaperiaatekaavio. (ABB 2012a, 201)

Maasulkutilanteen esimerkksimulointi varten asetetaan paikallisesti simulaattoriyksikön arvot I , U ja I_0 kuvan 19 lukemiin. Näiden lisäksi on säädettävä synkronointijännite U_{Sync} arvoon, jossa $I_{\text{sync for close}}$ led muuttuu aktiiviseksi.

REF615 > Measurements

Write to IED Refresh Values

Measurements

Description	Value
IL1-A	9.7
IL2-A	9.7
IL3-A	10.9
I ₀ -A	30.2
U ₀ -kV	0.000
U ₁₂ -kV	20.243
U ₂₃ -kV	20.215
U ₃₁ -kV	20.264
f-Hz	50.00
S-kVA	354.2
P-kW	306.8
Q-kVAr	177.0
PF	0.87
NgSeq-A	0.0
PsSeq-A	10.1
ZroSeq-A	0.0
NgSeq-kV	0.000
PsSeq-kV	11.684
ZroSeq-kV	0.000

Kuva 19. Maasulkuesimerkki aloitusarvot

Soveltaessa WebHMI:llä simulointia vikatilanteen luominen suojarielelle on toteutettava parametrimuutoksella. Maasulkuvian aktivointiin muutetaan kuvan 20 mukaisesti suojaustoiminnon EFHPTOC1 havahtumisparametrin arvo lukemaan 0.2. Parametrin asettamisen jälkeen suojariele havahtuu ja suojaus toimii 10 sekunnin viiveellä.

REF615 > Settings > Settings > Current protection > EFHPTOC1 (Non-directional earth-fault protection, high stage)

Disable Write Write to IED Refresh Values Setting Group 1+ v

Parameter Setting

Parameter Name	IED Value	New Value	Unit	Min.	Max.	Step
Operation	on	on				
Start value #	0.50	0.20	xIn	0.10	40.00	0.01
Start value Mult #	1.0	1.0		0.8	10.0	0.1
Time multiplier #	1.00	1.00		0.05	15.00	0.01
Operate delay time #	10000	10000	ms	40	200000	10
Minimum operate time	20	20	ms	20	60000	1
Reset delay time	20	20	ms	0	60000	1
Operating curve type #	IEC Def. Time	IEC Def. Time				
Type of reset curve #	Immediate	Immediate				
Measurement mode	DFT	DFT				
Curve parameter A	28.2000	28.2000		0.0086	120.0000	0.00009999999999999999
Curve parameter B	0.1217	0.1217		0.0000	0.7120	0.00009999999999999999
Curve parameter C	2.00	2.00		0.02	2.00	0.01
Curve parameter D	29.10	29.10		0.46	30.00	0.01
Curve parameter E	1.0	1.0		0.0	1.0	0.1
Io signal Sel	Measured Io	Measured Io				

Kuva 20. Maasulkuesimerkki parametrin muutos

Suojauksen toiminnan voi havaita kuvan 21 Programmable LEDs-sivulta, jossa Earth fault led on aktiivinen.

REF615 > Programmable LEDs

Programmable LEDs

Description	Value
Overcurrent	<input type="radio"/>
Earth fault	<input checked="" type="radio"/>
Voltage protection	<input type="radio"/>
Synch ok	<input checked="" type="radio"/>
Thermal overload	<input type="radio"/>
Breaker failure	<input type="radio"/>
Disturbance recorder triggered	<input type="radio"/>
MCF, TCS	<input type="radio"/>
Arc detected	<input type="radio"/>
Autoreclose on	<input type="radio"/>
Autoreclose shot in progress	<input type="radio"/>

Kuva 21. Maasulkuesimerkki led-sivu

Vikatilanteen tiedot tallentuvat kuvan 22 Fault record-sivulle, josta voidaan tulikita vikaa eri tallentuneiden tietojen avulla.

REF615 > Monitoring > Recorded data > Fault record

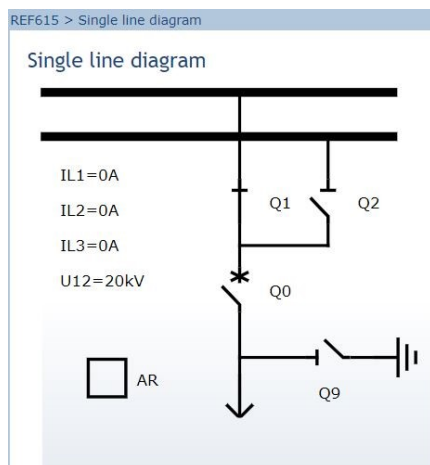
View all Clear records

Fault records

Parameter Name	IED Value	Unit	Min.	Max.
Fault number	69		0	999999
Time and date	08.12.2020 12:22:22:156			
Protection	EFHPTOC1			
Start duration	100.00	%	0.00	100.00
Operate time	9.984	s	0.000	1000000.000
Active group	1		1	6

Kuva 22. Maasulkuesimerkki faul record-sivu

Kuvassa 23 nähdään SLD-kaaviosta, että katkaisija on avautunut.



Kuva 23. Maasulkuesimerkki SLD-kaavio

Suojareleen palauttaminen aloitetaan muutamalla kuvan 24 mukaisesti aiemmin muutettu parametri takaisin alkuperäiseen arvoonsa.

REF615 > Settings > Settings > Current protection > EFHPTOC1 (Non-directional earth-fault protection, high stage)

Disable Write Write to IED Refresh Values Setting Group 1*

Parameter Setting

Parameter Name	IED Value	New Value	Unit	Min.	Max.	Step
Operation	on	on				
Start value #	0.20	0.50	xIn	0.10	40.00	0.01
Start value Mult #	1.0	1.0		0.8	10.0	0.1
Time multiplier #	1.00	1.00		0.05	15.00	0.01
Operate delay time #	10000	10000	ms	40	200000	10
Minimum operate time	20	20	ms	20	60000	1
Reset delay time	20	20	ms	0	60000	1
Operating curve type #	IEC Def. Time	IEC Def. Time				
Type of reset curve #	Immediate	Immediate				
Measurement mode	DFT	DFT				
Curve parameter A	28.2000	28.2000		0.0086	120.0000	0.00009999999999999999
Curve parameter B	0.1217	0.1217		0.0000	0.7120	0.00009999999999999999
Curve parameter C	2.00	2.00		0.02	2.00	0.01
Curve parameter D	29.10	29.10		0.46	30.00	0.01
Curve parameter E	1.0	1.0		0.0	1.0	0.1
Io signal Sel	Measured Io	Measured Io				

Kuva 24. Maasulkuesimerkki parametrin palautus

Parametrin arvon palauttamisen jälkeen voidaan suojarele kuitata kuvan 25 mukaisesti kuittaus sivulta. Katkaisijan palautus kiinni tilaan ei onnistu WebHMI:n avulla. Katkaisija suljetaan laboratoriotyön valvojan toimesta paikallisesti.

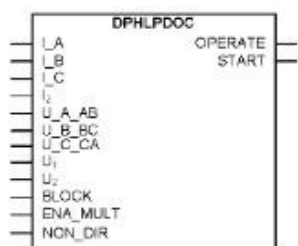


Kuva 25. Maasulkuesimerkki kuittaus

9.4 Oikosulkutilanteen esimerkkisimulointi DSF615

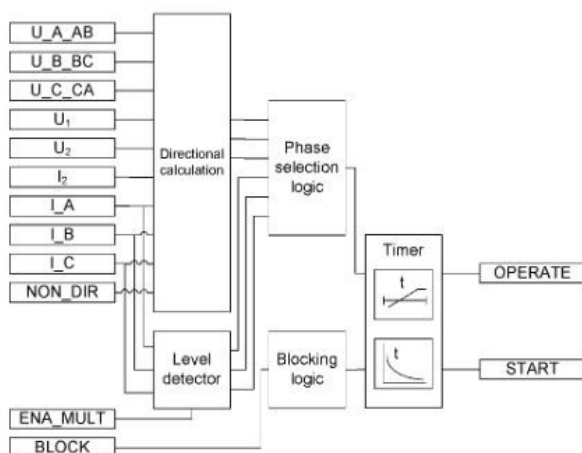
Oikosulkutilanteen simulointia etänä voi soveltaa aiheuttamalla vika muuttamalla suojaustoiminnon DPHLPDOC1 havahtumisparametriä.

DPHLPDOC on johtolähtöjen ylivirta- ja oikosulkusuojaukseen tarkoitettu toiminto. Suojaustoiminto käynnistyy, kun virran arvo ylittää asetetun raja-arvon ja kun virran suuntakriteeri täyttyy. Kuvassa 26 on esitetty DPHLPDOC toimintalohko. (ABB 2012a, 139, 140.)



Kuva 26. DPHLPDOC Toimintalohko. (ABB 2012a, 139)

Kuvassa 27 on esitetty toimintalohkon toimintaperiaatekaavio.



Kuva 27 DPHLPDOC Toimintaperiaatekaavio. (ABB 2012a, 140)

Oikosulkutilanteen etäsimulointi toteutetaan käytännössä samalla tavalla kuin maasulkutilanne. Ensin asetetaan paikallisesti simulaattoriyksikön arvot I ja U kuvan 28 mukaisesti esimerkkiarvoihin. Säädetään myös synkronointijännite USync arvoon, jossa In sync for close led muuttuu aktiiviseksi.

REF615 > Measurements

Measurements

Description	Value
IL1-A	40.9
IL2-A	40.8
IL3-A	40.8
Io-A	0.0
Uo-kV	0.000
U12-kV	19.991
U23-kV	19.984
U31-kV	20.022
f-Hz	50.00
S-kVA	1414.3
P-kW	1216.8
Q-kVAr	720.8
PF	0.86
NgSeq-A	0.0
PsSeq-A	40.8
ZroSeq-A	0.0
NgSeq-kV	0.000
PsSeq-kV	11.553
ZroSeq-kV	0.000

Kuva 28. Oikosulkuesimerkki alkuarvot

Oikosulku vikatilanteen luominen toteutetaan muuttamalla kuvan 29 suojaustoinnin DPHLPDOC1 havahtumisparametrin arvo lukemaan 0.3. Muutoksen jälkeen suojaus havahtuu ja toimii 10 sekunnin viiveellä.

REF615 > Settings > Settings > Current protection > DPHLPDOC1 (Three-phase directional overcurrent, low stage)

Disable Write Write to IED Refresh Values Setting Group 1*

Parameter Setting

Parameter Name	IED Value	New Value	Unit	Min.	Max.	Step
Operation	on	on				
Num of start phases	1 out of 3	1 out of 3				
Start value #	0.50	0.30	xIn	0.05	5.00	0.01
Start value Mult #	1.0	1.0		0.8	10.0	0.1
Time multiplier #	1.00	1.00		0.05	15.00	0.01
Operate delay time #	10000	10000	ms	40	200000	10
Minimum operate time	20	20	ms	20	60000	1
Reset delay time	20	20	ms	0	60000	1
Operating curve type #	IEC Def. Time	IEC Def. Time				
Type of reset curve #	Immediate	Immediate				
Measurement mode	DFT	DFT				

Kuva 29. Oikosulkuesimerkki parametrin muutos

Suojauksen toiminnan voidaan havaita kuvan 30 Programmable LEDs-sivulta, jossa Overcurrent led on aktiivinen.

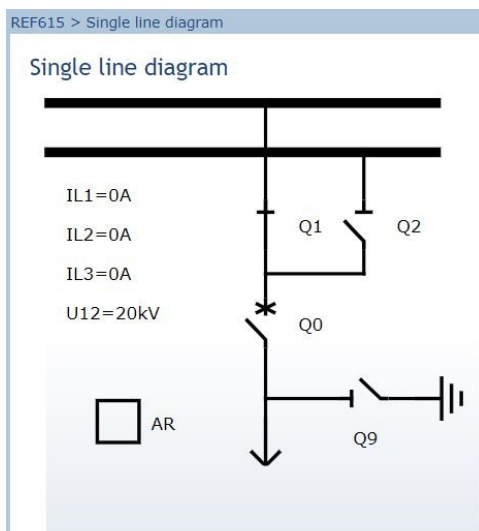
REF615 > Programmable LEDs

Programmable LEDs

Description	Value
Overcurrent	<input checked="" type="radio"/>
Earth fault	<input type="radio"/>
Voltage protection	<input type="radio"/>
Synch ok	<input checked="" type="radio"/>
Thermal overload	<input type="radio"/>
Breaker failure	<input type="radio"/>
Disturbance recorder triggered	<input type="radio"/>
MCF, TCS	<input type="radio"/>
Arc detected	<input type="radio"/>
Autoreclose on	<input type="radio"/>
Autoreclose shot in progress	<input type="radio"/>

Kuva 30. Oikosulkuesimerkki led-sivu

Kuvassa 31 nähdään SLD-kaaviosta avautunut katkaisija.



Kuva 31. Oikosulku esimerkki SLD-kaavio

Vikatilanteen tiedot tallentuvat kuvan 32 Fault record-sivulle, josta voidaan tulkita vikaa eri tallentuneiden tietojen avulla.

REF615 > Monitoring > Recorded data > Fault record

Fault records

Parameter Name	IED Value	Unit	Min.	Max.
Fault number	79		0	999999
Time and date	10.12.2020 11:06:13:881			
Protection	DPHLPDOC1			
Start duration	100.00	%	0.00	100.00
Operate time	9.970	s	0.000	1000000.000
Active group	1		1	6
Shot pointer	6		0	7
Max current IL1	0.442	xIn	0.000	50.000
Max current IL2	0.408	xIn	0.000	50.000
Max current IL3	0.408	xIn	0.000	50.000
Max current Io	0.000	xIn	0.000	50.000

Kuva 32. Oikosulkuesimerkki fault record

Suojareleen palauttaminen tapahtuu muutamalla kuvan 33 mukaisesti aiemmin muutettu parametri takaisin alkuperäiseen arvoonsa.

REF615 > Settings > Settings > Current protection > DPHLPDOC1 (Three-phase directional overcurrent, low stage)

Disable Write Write to IED Refresh Values Setting Group 1*

Parameter Setting

Parameter Name	IED Value	New Value	Unit	Min.	Max.	Step
Operation	on	on				
Num of start phases	1 out of 3	1 out of 3				
Start value #	0.30	0.50	xIn	0.05	5.00	0.01
Start value Mult #	1.0	1.0		0.8	10.0	0.1
Time multiplier #	1.00	1.00		0.05	15.00	0.01
Operate delay time #	10000	10000	ms	40	200000	10
Minimum operate time	20	20	ms	20	60000	1
Reset delay time	20	20	ms	0	60000	1
Operating curve type #	IEC Def. Time	IEC Def. Time				
Type of reset curve #	Immediate	Immediate				
Measurement mode	DFT	DFT				

Kuva 33. Oikosulkuesimerkki parametrin palautus

Parametrin arvon palauttamisen jälkeen voidaan suojarele kuitata kuvan 34 mukaisesti kuittaus sivulta. Katkaisija suljetaan laboratoriotyön valvojan toimesta paikallisesti.

REF615 > Clear

Write to IED Refresh Values

Parameter Setting

Parameter Name	New Value
Indications and LEDs	Clear
Programmable LEDs	Clear
Events	Cancel
Metering records	Cancel
Power quality data	Cancel
Disturbance records	Cancel
Fault records	Cancel
TRPPTRC1	Cancel
TRPPTRC2	Cancel

Kuva 34. Oikosulkuesimerkki kuittaus

10 POHDINTA

Relesimulaattori etäoppimisympäristötyö oli sopivan haastava ja monipuolinen. Opinnäytetyön tekoprosessin aikana opiskeltiin itselle uusia asioita, joista tärkein oli tietenkin suojarleet, sillä meidän opintosuunnitelmaamme ei kuulunut suojarle opintojaksoa. Uutta asiaa oli myös etäyhteyksien käyttö. Työn aikana pääsi opettelemaan uusien ohjelmistojen käyttöä, joita olivat muun muassa PCM600, ABB WebHMI, TeamViewer ja Citrix Workspace.

Työn tavoitteena oli tutkia, miten suojarlesimulaattoreita voitaisiin käyttää etälaboratoriotöissä. Työn tuloksena asennettiin Kosmoksen sähkövoimalaboratorioon IT-tuen toimesta etävalvomo tietokone, mihin suojarle liitetään ja johon oppilaat voivat muodostaa etäyhteyden Citrix Workspacen avulla. Suojareleen toimintaa voidaan etänä simuloida parametri muutosten avulla. Etäsimuloinnin ongelmana on vielä, ettei suojarleen katkaisija ohjauksia pystynyt käyttämään WebHMI:n avulla etänä, jolloin laboratoriotöiden valvojan pitää paikan päällä suorittaa katkaisija ohjaukset. Opiskelijat voivat myös etäyhteydellä WebHMI:n avulla tutustua suojarleen ominaisuuksiin ja parametreihin.

Jatkokehitysmahdollisuuksia työlle voisi olla selvittää, miten katkaisijoiden etäohjaus voitaisiin toteuttaa lisäksi, minun työssäni keskityttiin REF615 suojarleen etäsimuloinnin toteuttamiseen ja REF630 suojarleen etäsimulointi mahdollisuuksia ei ole tutkittu. Lisänä yhtenä etäsimuloinnin havainnollisuuden parantamisen ideana, voisi olla muun muassa kameran lisääminen kuvaamaan suojarleen paneelin toimintaa, josta oppilas voisi etänä seurata suojarleen toimintaa vikatilanteen tapahtuessa.

LÄHTEET

ABB 2010. 615-sarja Käyttöohje. Viitattu 22.12.2020 <https://library.e.abb.com/pub->

[lic/63f24f53d4a84effc12577f20036a373/RE_615_oper_756792_Flc.pdf](https://library.e.abb.com/pub-lic/63f24f53d4a84effc12577f20036a373/RE_615_oper_756792_Flc.pdf)

ABB 2011. 630 series Technical Manual. Viitattu 22.12.2020 <https://library.e.abb.com/pub->

[lic/c0a0a5145c74dc8bc1257b0c0055ff0d/RE_630_tech_756508_ENb.pdf](https://library.e.abb.com/pub-lic/c0a0a5145c74dc8bc1257b0c0055ff0d/RE_630_tech_756508_ENb.pdf)

ABB 2012a. 615 series Technical Manual. Viitattu 22.12.2020 <https://library.e.abb.com/pub->

[lic/6907d3f9700e7573c1257b2f0054c240/RE_615_tech_756887_ENf.pdf](https://library.e.abb.com/pub-lic/6907d3f9700e7573c1257b2f0054c240/RE_615_tech_756887_ENf.pdf)

ABB 2012b. ABB DSF615 Quick guide. Viitattu 29.12.2020

ABB 2013. ABB DSF630 Quick guide. Viitattu 29.12.2020

ABB 2017. Syöttö- ja lähtökentän suojaus- ja ohjausrele REF615. Ostajan opas. Viitattu 22.12.2020 <https://library.e.abb.com/pub->

[lic/f5dcf411ba594a388a7b8cc315ac01d3/REF615_pg_758316_Fla.pdf?x-sign=Bw6E64UfUQvQYid7CzRJte2/DUIXYkAvv2xnD-cQauKCKmP3D7sOloO8NtFFdDBU2](https://library.e.abb.com/pub-lic/f5dcf411ba594a388a7b8cc315ac01d3/REF615_pg_758316_Fla.pdf?x-sign=Bw6E64UfUQvQYid7CzRJte2/DUIXYkAvv2xnD-cQauKCKmP3D7sOloO8NtFFdDBU2)

ABB 2019. Relion ® 630 series Protection and control relays. Viitattu

22.12.2020 [https://search.abb.com/library/Download.aspx?Document-](https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=2NGA000219&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch)

[ID=2NGA000219&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch](https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=2NGA000219&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch)

Citrix 2021. Lataa Citrix Workspace-sovellus. Viitattu 12.2.2021 <https://www.citrix.com/fi-fi/products/receiver.html>

Elovaara, J. & Laiho, P. 2007. Sähkölaitostekniikan perusteet. 6. painos. Helsinki: Otatiето / Gaudeamus, Helsinki University Press

Elovaara, J & Haarla, L. 2011. Sähköverkot 1 Järjestelmätekniikka- ja sähköverkon laskenta. Helsinki: Gaudemus Helsinki University Press / Otatiето

Lapin AMK 2021. LABORATORIOIDEN TOIMINNALLISUUS JA VARUSTELUT. Viitattu 2.1.2021 <https://www.lapinamk.fi/fi/Yrityksille-ja-yhteisoille/Kehittamisym- paristot/Sahkolaboratoriot-Kosmos/Tilat-ja-laitteet>

Mörsky, J. 1992. Relesuojaustekniikka. Hämeenlinna: Tekijä ja Otatieto Oy.

Tosibox 2020. TOSIBOX® Lukko 200. Viitattu 18.12.2020 <https://www.tosibox.com/fi/tuote/lukko-200/>

Vedenjuoksu, T. 2010. Suojaustekniikka ja vikatyypit sekä suojauslaitteiden asetukset. ABB. Viitattu 2.1.2021.