

Jari Männikkö

**RELESUOJAUSTEKNIIKAN OPETUSLAITTEISTON
SUUNNITTELU JA TOTEUTUS
SÄHKÖVOIMATEKNIIKAN LABORATORIOON**

Opinnäytetyö

KESKI-POHJANMAAN AMMATTIKORKEAKOULU

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Marraskuu 2011



TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

Yksikkö Ylivieskan yksikkö	Aika Marraskuu 2011	Tekijä/tekijät Jari Männikkö
Koulutusohjelma Sähkötekniikka		
Työn nimi RELESUOJAUSTEKNIIKAN OPETUSLAITTEISTON SUUNNITTELU JA TOTEUTUS SÄHKÖVOIMATEKNIIKAN LABORATORIOON		
Työn ohjaaja Jari Halme		Sivumäärä 36
Työelämäohjaaja -		
<p>Tämä työ käsitteli relesuojaustekniikan opetuslaitteiston suunnittelun sekä rakentamisen sähkövoimatekniikan laboratorioon. Työ käsitteli myös kyseisen laitteiston opetuskäytön. Teksti käsittelee laitteistossa käytettävän suojareleen ominaisuudet sekä toiminnan tarkasti ja soveltuu käytettäväksi ohjekirjana laitteistoon liittyvien harjoitustehtävien toteutuksessa. Kuvien ja piirikaavioiden lisäksi työhön on sisällytetty suojareleen käytössä esille tulevat koodit taulukoituna selvityksineen.</p>		
Asiasanat Jälleenkytkennät, maasulku, oikosulku, opetuslaitteisto, suojarele		



ABSTRACT

CENTRAL OSTROBOTHNIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES	Date November 2011	Author Jari Männikkö
Degree programme Electrical engineering		
Name of thesis DESIGN AND EXECUTION OF RELAY PROTECTION EDUCATION EQUIPMENT FOR THE LABORATORY OF ELECTRICAL ENGINEERING		
Instructor Jari Halme		Pages 36
Supervisor -		
<p>This thesis covered designing and construction of relay protection technology teaching equipment for the laboratory of electrical engineering. The thesis also covered the teaching usage of the equipment. The text covers thoroughly the properties and operation of the protection relay used in this work and the text can be used as manual when carrying out exercises concerning the equipment. In addition to pictures and schematic diagrams, the codes concerning the protection relay are included in the text as tables.</p>		
Key words Auto reclose, earth fault, protection relay, short circuit, education equipment		

Käsitteet

A	Ampeeri	
V	Voltti	
W	Watti	
VA	Volttiampeeri	
Var	Vari	
IL1	Vaiheen 1 virta	(A)
IL2	Vaiheen 2 virta	(A)
IL3	Vaiheen 3 virta	(A)
I_0	Nolla virta	(A)
U_0	Nolla jännite	(V)
U_{12}	Vaiheen 1 ja 2 välinen jännite	(V)
U_{23}	Vaiheen 2 ja 3 välinen jännite	(V)
U_{31}	Vaiheen 3 ja 1 välinen jännite	(V)
S	Näennäisteho	(VA)
P	Pätöteho	(W)
Q	Loisteho	(Var)
PF	Tehokerroin	
Ng-Seq-A	Negatiivisen jakson virta	(A)
Ps-Seq-A	Positiivisen jakson virta	(A)
Zro-Seq-A	Nolla jakson virta	(A)
Ng-Seq-kV	Negatiivisen jakson jännite	(V)

Ps-Seq-kV	Positiivisen jakson jännite	(V)
Zro-Seq-kV	Nolla jakson jännite	(V)
AC	Alternating current	
	Vaihtovirta	
BI	Binary Input	
	Binäärinen tulo	
CB	Circuit breaker	
	Johdonsuojakatkaisija	
DC	Direct current	
	Tasavirta	
HW	Hardware	
	Laitteisto	
IED	Intelligent Electronic Device	
	Älykäs elektroninen laite	
PE	Protective Earth	
	Suojamaa	
SLD	Single Line Diagram	
	Yksinkertainen kaavio	
Analog	Analoginen	
Authorization	Valtuus	
Auto reclose	Jälleenkytkentä	
Channel	Kanava	
Clear	Nollata	

Communicate	Kommunikoida, Viestiä
Condition	Olotila, Tila
Configure	Konfiguroida, Säätää
Control	Ohjata
Daylight Saving Time	Kesäaika
Disturbance	Häiriö
Event	Tapahtuma
Fault	Vika
General	Yleinen
Generic	Yleinen
Group	Joukko
Identifier	Tunniste
Information	Tieto
Language	Kieli
Logic	Logiikka
Measurement	Mittaus
Module	Moduuli
Monitor, to	Tarkkailla
Operate	Operoida, Toimia
Output	Lähtö
Phase	Vaihe
Product	Tuote
Program, to	Ohjelmoida

Record	Tallenne
Reset	Nollata
Select	Valita
Setting	Asetus
Site	Asema
Supervision	Tarkkailu
System	Järjestelmä
Test	Testi, testata
Timer	Ajastin

TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
KÄSITTEET
SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 REF615 SUOJARELE	3
3 KÄYTTÖLIITTYMÄ JA VALIKOT	8
3.1 Käyttöliittymä	8
3.2 Valikot	9
3.2.1 Hallintavalikko (control)	9
3.2.2 Tapahtumavalikko (events)	9
3.2.3 Mittausvalikko (measurements)	10
3.2.4 Häiriötallennusvalikko (disturbance records)	10
3.2.5 Asetusvalikko (settings)	10
3.2.6 Konfigurointivalikko (configuration)	11
3.2.7 Valvontavalikko (monitoring)	12
3.2.8 Testausvalikko (Tests)	13
3.2.9 Informaatiovalikko (information)	13
3.2.10 Tyhjennysvalikko (clear)	13
3.2.11 Kielivalikko (language)	14
4 LAITTEISTON SUUNNITTELU	15
5 LAITTEISTON RAKENTAMINEN	20
6 SUOJARELEEN OHJELMOINTI	24
7 LAITTEISTO OPETUSKÄYTÖSSÄ	27
8 POHDINTA	34
KAAVAT	35
LÄHTEET	36

KUVIOT

KUVIO 1. REF615-suojareleen ohjauspaneeli.	3
KUVIO 2. Suojareleen takaseinän liittimet.	4
KUVIO 3. Jälleenkytkentäpiirin toiminta.	5
KUVIO 4. Tulo- ja lähtöliitynnät.	7
KUVIO 5. Kuva laitteiston päävirtapiiristä.	17
KUVIO 6. Kuva laitteiston ohjausvirtapiiristä.	18
KUVIO 7. Kuva laitteiston tasavirtapiiristä.	19
KUVIO 8. Johdonsuojakatkaisija, riviliittimet, releet, johdotukset sekä AC-DC –muuntaja.	21
KUVIO 9. Suojareleen johdotukset.	22
KUVIO 10. Suojaerotusmuuntaja.	22

TAULUKOT

TAULUKKO 1. Toiminnot, koodit ja symbolit: suojaus	29-31
TAULUKKO 2. Toiminnot, koodit ja symbolit: hallinta	32
TAULUKKO 3. Toiminnot, koodit ja symbolit: tilanne tarkkailu	32
TAULUKKO 4. Toiminnot, koodit ja symbolit: mittaus	33

1 JOHDANTO

Relesuojaustekniikalla pyritään tunnistamaan sekä paikantamaan viat ja häiriöt mahdollisimman nopeasti, jotta ne voitaisi korjata myös mahdollisimman nopeasti. Tässä työssä suunnitellaan ja rakennetaan relesuojaustekniikan opetuslaitteisto sekä esitellään laitteiston toimintaperiaate. Laitteiston tarkoituksena on havainnollistaa ylivirtatilanne, maasulkutilanne sekä eripituisia jälleenkytkentöjä. Laitteiston rakentamisen työvaiheet sekä laitteiston toiminta esitellään tarkasti. Laitteisto rakennetaan tyhjiin sähkökaappiin. Koska työtä tullaan käyttämään opetuksessa, tavoitteenani on tehdä teksti soveltuvaksi myös ohjekirjaksi.

Tässä työssä käytettävä suojarele on ABB:n valmistama REF615. Kyseistä suojareleestä löytyy myös etäkäyttömahdollisuus, mutta tämä työ käsittää vain lähikäytön. Työn ongelmakohdat ovat komponenttien mitoitus sekä suojareleen toiminta. Koska laitteistolla tullaan demonstroimaan ylivirtatilannetta sekä maasulkutilannetta, tulee laitteisto aiheuttamaan häiriöitä sähköverkkoon. Jotta häiriöiden vaikutus saataisi minimoitua, erotetaan laitteisto koulun sähköverkosta suojaerotusmuuntajalla. Suojaerotusmuuntajan, kuten muidenkin komponenttien, on kestävä laitteiston aiheuttaman rasituksen. Komponentit siis mitoitetaan kestäväksi laitteiston aiheuttamat häiriöt sekä rasitukset. Suojareleen toiminta on monimutkaisempi asia. Työssä selvitetään, mitä tietoja suojarele tarvitsee, jotta demonstroitavat asiat saadaan demonstroitua. Seuraavaksi selvitetään miten suojarele saa tarvittavat tiedot. Lopuksi selvitetään, mitä suojarele tekee saamiensa tietojen jälkeen.

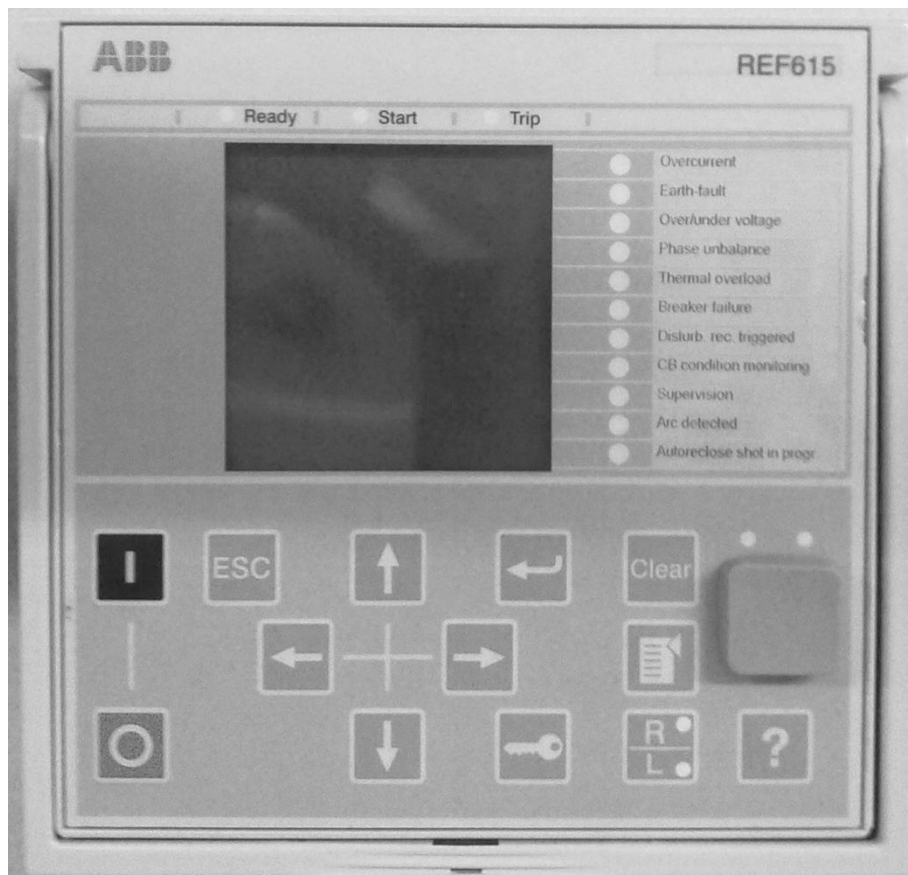
Opetuskäytössä laitteiston on tarkoitus antaa jonkin asteista käytännön kokemusta oppilaille relesuojaustekniikkaan liittyen. Koska työssä käytetty suojarele on suunniteltu muuntamoihin ja teollisiin voimajärjestelmiin, antaa se oppilaille peruskuvan sähköverkkojen ylläpidosta vikatilanteessa omalta osaltaan. Harjoitustöissä oppilaat tulevat tutustumaan laitteen toimintaan sekä hallintaan.

Käytetyt laskukaavat selityksineen löytyvät tekstin lopusta ennen lähteitä.

Kaikki tekstissä esiintyvät englanninkieliset sanat on selitetty Käsitteet –osiossa perusmuodossaan aakkosjärjestyksessä ennen sisällystä.

2 REF615 SUOJARELE

REF615 on suojariele Intelligent Electronic Device (IED), joka on suunniteltu muuntamoiden ja teollisten voimajärjestelmien suojaukseen, hallintaan, mittaukseen sekä tarkkailuun. REF615 kuuluu ABB:n RelionR-tuoteperheeseen sekä on osa sen 615 suojaus- ja hallintatuotesarjaa. Kyseinen IED kattaa pääsuojauksen voimalinjoille sekä kaapelisyötöille jakeluverkostoissa. IED:tä voidaan myös käyttää varasuojauksena sovelluksissa, joissa vaaditaan riippumaton sekä vikasietoinen suojausjärjestelmä. (ABB 2010 product guide, 3.)

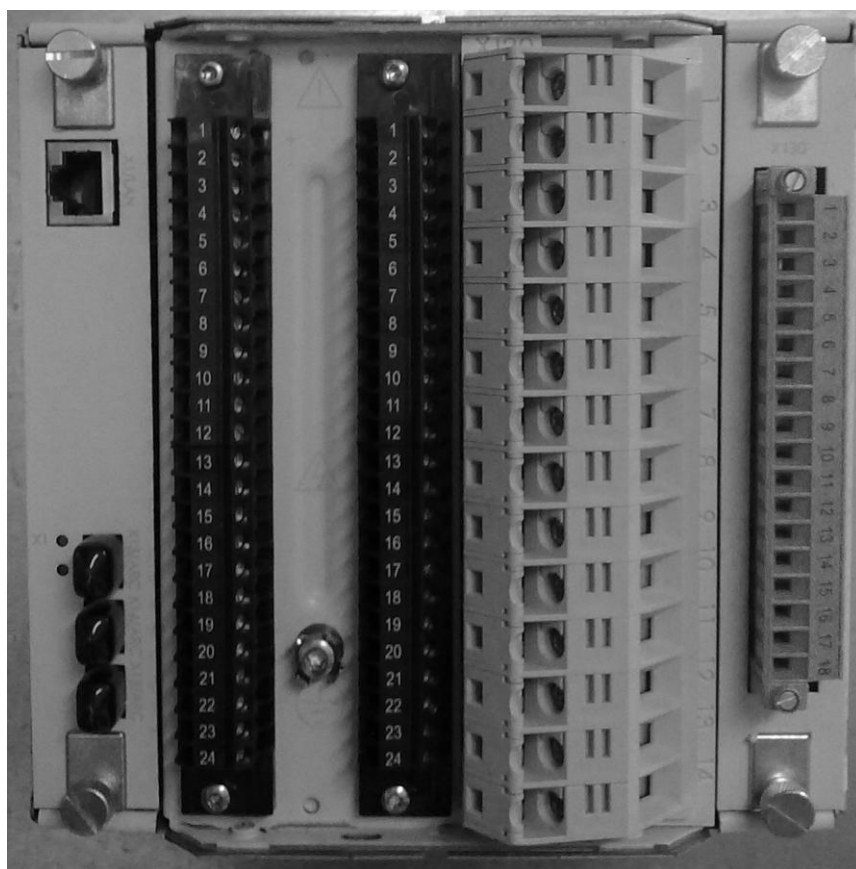


KUVIO 1. REF615-suojareleen ohjauspaneeli.

Suojareleen lokitiedot eivät ole ainoa tapa havaita vikoja. Yleisimpien vikojen sattuessa ohjauspaneelissa syttyy merkkivalo palamaan kyseisen vian kohdalla. KUVIO 1:stä

voidaan havaita näytön oikealla puolella olevat valkoiset pallot sekä tekstiä. Jokaisen valkoisen pallon kohdalla on merkkivalo. Merkkivalon vieressä on teksti, joka ilmoittaa kyseisellä hetkellä tapahtuvan tapahtuman. Kysymysmerkki painikkeen yläpuolella on verkkoliitäntä mahdollisuus. Verkkoliitännän päällä on suojamuovikappale. Verkkoliitäntä mahdollistaa etäkäytön.

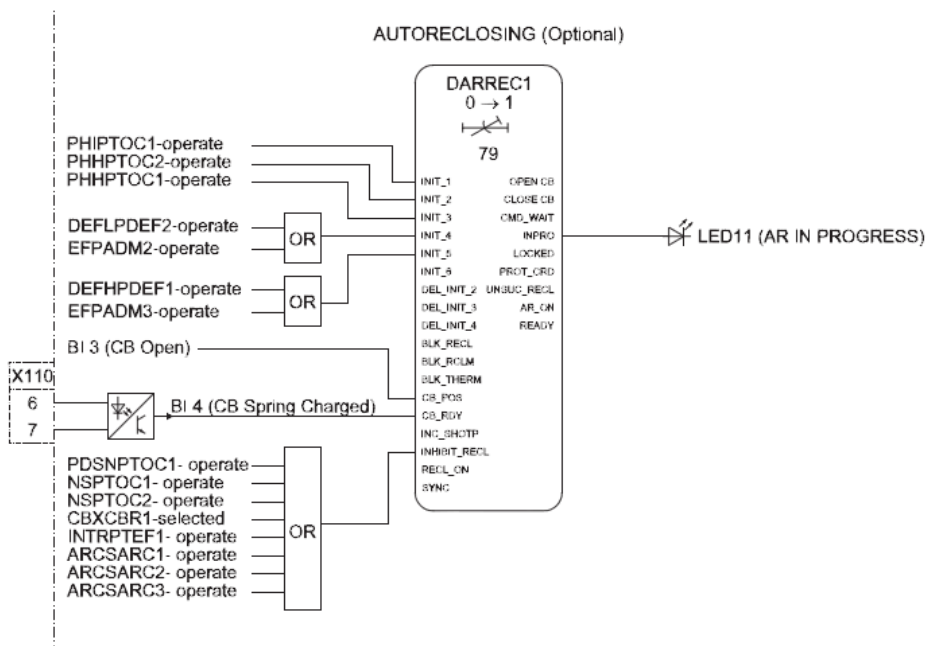
Merkkivalot ovat vapaasti ohjelmoitavissa ilmoittamaan eriasioista, kuin tehdas asetuksissan on säädetty. Merkkivalojen oikealla puolella olevat tekstit ovat lapussa, jonka voi irroittaa. Suojareleen mukana tuli tyhjiä lappuja, jotka voi vaihtaa tehdas lapun tilalle. Tyhjiin lappuihin voi kirjoittaa haluamansa tapahtumat, jonka jälkeen kyseiset merkkivalot on ohjelmoitava uudestaan syttymään halluttujen tapahtumien sattuessa. Näytön yläpuolella olevat merkkivalot ilmaisevat kolme tärkeää asiaa. Ready-valo syttyy, kun suojarele on toiminta valmis. Start-valo syttyy, kun suojarele saa mitattavia arvoja. Trip-valo syttyy vikatilanteessa.



KUVIO 2. Suojareleen takaseinän liittimet.

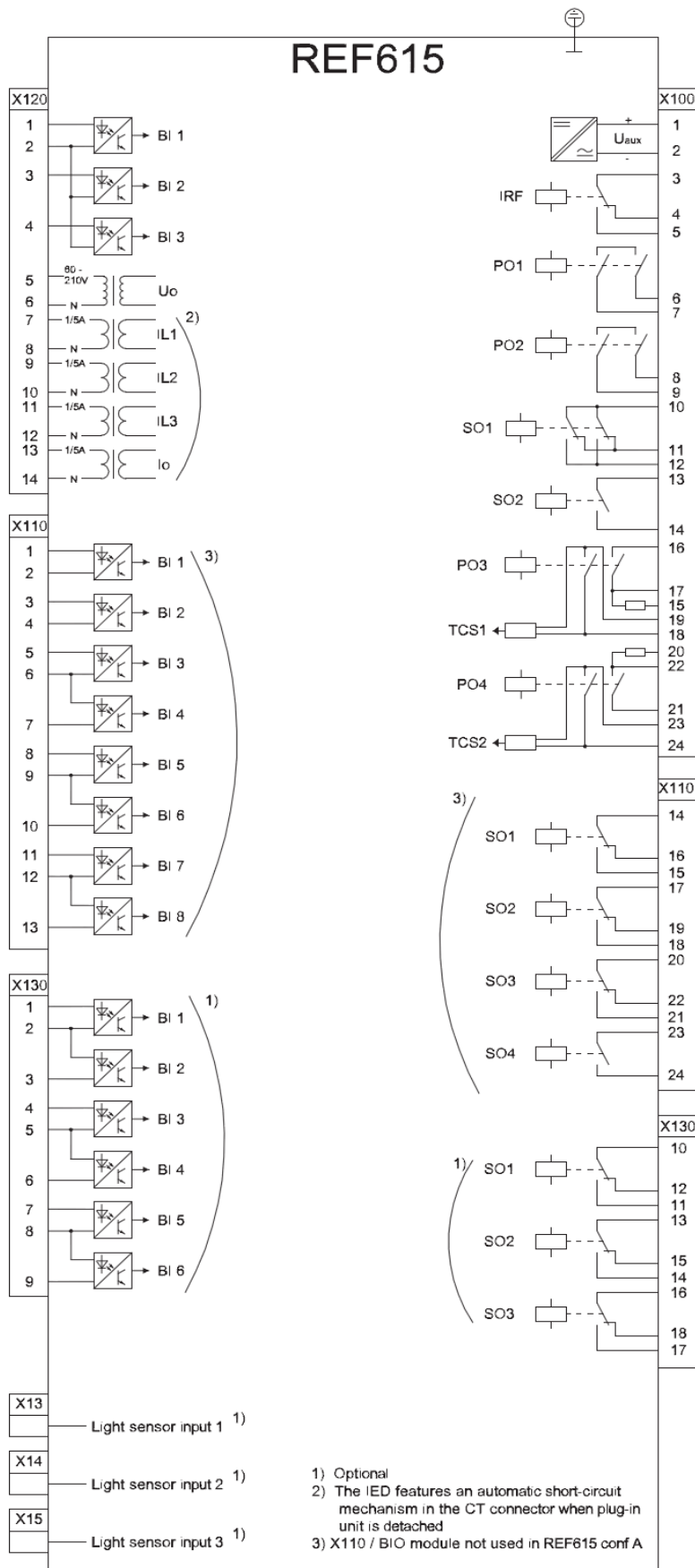
Kaikki suojareleen kytkennät sijoittuvat laitteen taakse. KUVIO 2:sta voidaan havaita neljä eri liitinmoduulia, laitteen toinen verkkoliitäntä sekä kolme valosensorituloa. Vasemmalta oikealle liitinmoduulit on nimetty X100, X110, X120 sekä X130. Tässä työssä käytetään vain liitinmoduuleja X100, X110 sekä X120. Liitinmoduuli X120 on ainoa analoginen moduuli. Kaikki muut moduulit ovat binäärisiä eli digitaalisia. Liitin moduulien X100 sekä X110 välissä on suojamaaliitin (PE). Laite saa syötön X100-moduulin liittimiin 1 ja 2. Moduuli X120 tarkkailee verkon virtaa sekä nollajännitettä. KUVIO 4:n mukaisesti vaihevirratt mitataan X120 liittimistä 7...12 ja nollavirta mitataan X120 liittimistä 13 ja 14. Jännösjännite mitataan X120 liittimistä 5 ja 6. X120 Binary Input (BI) 2 ilmoittaa, jos johdonsuojakatkaisija on kiinni ja vastaavasti X120 BI 3 ilmoittaa, jos johdonsuojakatkaisija on auki. Kaikki BI merkityt liittimet ovat binäärisiä, eli nille syötetään tasa-jännitettä. Kytkemällä jännite X120 BI 1:een voidaan estää välitön 3 -vaiheinen ylivirta hälytys (PHIPTOC1).

X110 BI 4 ilmoittaa onko jousiviritettävä johdonsuojakatkaisija valmiina. Laitteistossa ei ole jousiviritettävää johdonsuojakatkaisijaa, joten laite saa tiedon samalla, kun ilmoitetaan johdonsuojakatkaisijan olevan auki. Johdonsuojakatkaisijan valmius tieto tarvitaan, jotta jälleenkytkentä toimisi.



KUVIO 3. Jälleenkytkentäpiirin toiminta. (ABB 2010 application manual, 56.)

KUVIO 3:sta saa kuvan suoja-alueen yleisestä sisäisestä toiminnasta. Erilaisissa vikatilanteissa laitteen sisällä liikkuu erilaisia signaaleja. Esimerkiksi PHIPTOC1-operate tapauksessa liikkeelle lähtee INIT_1 –signaali. Jälleenkytkentäohjelman voi ohjelmoida jokaiselle signaalille erikseen. Eri signaalit lähtevät erilaisista hälytyksistä, joten normaalisti jokaiselle signaalille ohjelmoidaan oma ohjelmansa. Tässä työssä erilaiset ohjelmat eivät kuitenkaan ole oleellinen asia, joten ohjelmoin jokaisen signaalin suorittamaan samanlaisen jälleenkytkentäohjelman.



KUVIO 4. Tulo- ja lähtöliitännät. (ABB 2010 product guide, 79.)

3 KÄYTTÖLIITTYMÄ JA VALIKOT

REF615:ssa, kuten muidenkin laitteiden käytössä, on oleellista tuntea laitteen käyttöliittymä, jotta laitetta voidaan käyttää halutulla tavalla. Käyttöliittymä on laitteen osa, jonka avulla käyttäjä voi hallita käytettävää laitetta. REF615:ssa on lähikäyttö sekä etäkäyttö, eli sillä on kaksi eri käyttöliittymää. Tämä työ kuitenkin käsittelee vain lähikäytön, joten en esittele etäkäytön käyttöliittymää.

3.1 Käyttöliittymä

REF615 käyttöliittymän perusosat näkyvät kuvassa KUVIO 1. Painikkeilla I ja O pystytään avaamaan tai sulkemaan ohjattava järjestelmä nopeasti. Valikoita selattaessa ESC-painikkeella pääsee pois tietyistä valikoista. ESC-painikkeella pääsee myös suoraan measurements valikkoon alkutilanteesta. ESC-painikkeella aloitetaan myös valikkojen selaus. Nuolinäppäimiä käytetään valikoissa liikkumiseen sekä asetusten muuttamiseen. Painike, jossa nuoli menee alaspäin, mutta kääntyy heti vasemmalle, vastaa enter-näppäintä tietokoneen näppäimistössä. Kyseisellä painikkeella valitaan valkoista tietty arvo, jota halutaan muuttaa. Arvoja ei voida muuttaa, ennen kuin arvo on valittu.

Suojareleessä on myös erikoisempia painikkeita, joilla on omat toimintonsa. Painikkeella, jossa on avaimen kuva, voidaan kirjautua järjestelmästä ulos tai sisään. Clear-painikkeella pääsee suoraan Clear-valikkoon, josta kerrotaan seuraavassa alaotsikossa. Painikkeella, jossa on paperin kuva, voidaan hyppiä Control-SLD-valikon, perusvalikon sekä measurements-valikon välillä. Kysymysmerkki painikkeella saa tietoa valikoista ja asetuksista. Painamalla kysymysmerkki painiketta tietyn valikon tai asetuksen kohdalla tulee näkyviin tiedot kyseisestä valikosta tai asetuksesta. R/L-painikkeella vaihdetaan lähi- ja etäkäytön välillä.

3.2 Valikot

Käyttöliittymästä löytyvät valikot:

- Control
- Events
- Measurements
- Disturbancerecords
- Settings
- Configuration
- Monitoring
- Tests
- Information
- Clear
- Language.

3.2.1 Hallintavalikko (control)

Control–valikon alta paljastuu valikot CBXCBRI sekä SLD (Single Line Diagram. CBXCBRI–alavalikosta löytyy position-säädin, joka osoittaa kojeen aseman. SLD–alavalikon alta löytyy säädettävät objektit SLD:ssä, eli yksinkertaistettu tutkittavan sähköverkon osan tai osien graafinen kytkentäkaavio.

3.2.2 Tapahtumavalikko (events)

Events–valikon alta löytyy tapahtuma logi, johon automaattisesti tallentuu suoja-alueen havaitsemat muutostilat. Tapahtumalogiin tallentuu kellon aika jona muutos on tapahtunut sekä muutoksen tyyppi.

3.2.3 Mittausvalikko (measurements)

Measurements –valikon alta löytyy luettelo suojaareen mittaamista arvoista. Luettelossa on lueteltu IL1, IL2, IL3, I₀, U₀, U₁₂, U₂₃, U₃₁, S, P, Q, PF, Ng-Seq-A, Ps-Seq-A, Zro-Seq-A, Ng-Seq-kV, Ps-Seq-kV, sekä Zro-Seq-kV.

3.2.4 Häiriötallennusvalikko (disturbance records)

Disturbance records –valikon alta löytyy häiriötallennusasetukset. Kyseisestä valikosta voidaan muokata häiriötallennuksien määrää sekä aikaa, jonka laite odottaa ennen seuraavaa häiriökirjausta. Lisäksi valikosta näkyy jäljellä olevien tallennusten määrä, jotka mahtuvat vielä muistiin nykyisillä asetuksilla sekä prosentuaalinen osuus käytetystä muistista. Valikosta voidaan myös laukaista tallennus tapahtuma manuaalisesti.

3.2.5 Asetusvalikko (settings)

Settings –valikon alta löytyy Setting group –valikko sekä Settings –valikko. Setting group –valikosta voidaan valita asetuskokoukko, jota käytetään. Valikosta voidaan myös kopioida asetuksia eri asetuskokoukkojen välillä. Asetuskokoukkoja voidaan luoda useampia. Useamman asetus joukon luonti mahdollistaa suojaareen käyttötarkoituksen vaihtamisen nopeasti esim. jos suojaarettä pitää vaihdella eri järjestelmien välillä, voidaan luoda jokaiselle järjestelmälle omat yksilölliset asetuskokoukset. Vaihto järjestelmästä toiseen on siis nopeampaa. Settings –valikosta säädetään omat yksilölliset asetukset käytössäolevalle asetuskokoukulle. Valikosta säädetään erilaiset suojausasetukset sekä jälleenkytkentä-asetukset.

3.2.6 Konfigurointivalikko (configuration)

Configuration –valikon alta löytyy System-, HMI-, Time-, Authorization-, communication-, general-, I/O modules-, Disturbance recorder-, Trip logic-, Control-, Condition monitoring-, Measurements-, Fault record-, Generic timers-, Analog inputs-, Setting group- sekä Programmable LEDs –valikko. System –alavalikosta voidaan säätää arvioitu taajuus, vaihejärjestys, block-toiminnon toimintatapa, laitteen nimi sekä ylivirta-IDMT-saturaatiopiste. HMI –alavalikosta voidaan säätää FB-nimeämiskäytäntö, alku-tilanteen oletus näkymä, taustavalon sammumisaika, web HMI:n toimintatapa, web HMI:n automaattinen sammutusaika, SLD:n symbolien formaatti sekä measurements näkymässä oleva automaattisen vierityksen viiveaika.

Time –alavalikosta voidaan säätää laitteeseen liittyvät aika-asetukset sekä ajan formaatti-asetukset. Synchronization –alavalikosta voidaan säätää ajan synkronointilähde sekä IP-osoitteet SNTP:n ensisijaiselle sekä toissijaiselle palvelimelle. Daylight saving time-alavalikosta voidaan säätää kesäaika-asetukset. Authorization –alavalikosta voidaan säätää lähi- ja etäkäyttöön liittyviä asetuksia. Communication -alavalikosta voidaan säätää etäkäyttöön liittyviä kommunikointiasetuksia. General –alavalikosta voidaan tehdä ohjelman nollaus sekä palauttaa tehdasasetukset laitteeseen. I/O modules –alavalikosta voidaan säätää binäärisen tulon jännitteen kynnyksarvoa, binäärisen tulon värähtelyn rajoituksen kynnyksarvoa sekä binäärisen tulon värähtelyn rajoituksen hystereesiä.

Disturbance recorder -alavalikosta löytyy general- sekä channel settings –alavalikot. General –alavalikosta säädetään yleiset asiat liittyen häiriötallentajaan. Valikosta voidaan säätää muun muassa toimintatapa, tallennusaste, jaksottainen laukaisuaika, säilöntätapa sekä jaksolliselle laukaisulle että manuaaliselle laukaisulle. Valikosta säädetään myös käytetäänkö häiriötallenninta. Channel settings –alavalikosta säädetään analogisille ja binäärisille kanaville yleiset asetukset. Trip logic –alavalikossa on asetukset ensimmäiselle

sekä toiselle tapaukselle. valikosta voidaan säätää, että käytetäänkö laitetta, pulssiaika sekä tripin lähtötapa.

Control –alavalikosta löytyy CBXCBR1-, DCSXSWI1-, DCSXSWI2-, DCSXSWI3-, ESSXSWI1- sekä General –valikot. CBXCBR1 –valikko liittyy johdonsuojakatkaisijan hallintaan. Voidaan säätää käytetäänkö toimintoa, pulssin pituus, ohjaustapa, mukautuva pulssi, tapahtuma viive sekä operaation aikakatkaisu. Valikossa on myös operaatiolaskuri. DCSXSWI –valikot ovat katkaisijan tilan pulssin säätövalikkoja. ESSXSWI1 –valikko on maadoituskytkimen pulssin säätövalikko. General –valikosta säädetään etäkäytön sekä lähikäytön välisiä asetuksia. Condition monitoring –alavalikosta voidaan säätää eri tilanteiden tarkkailuun liittyviä asetuksia. Measurements –alavalikosta voidaan säätää erilaisiin mittauksiin liittyviä asetuksia. Fault record –alavalikosta voidaan säätää vikatalennusasetuksia. Generic timers –alavalikosta voidaan säätää yleisten pulssien aikaa. Analog inputs –alavalikosta voidaan säätää. X120-liitinmoduulin mittaamia virta- ja jänniteasetuksia. Setting group –alavalikosta voidaan säätää asetusjoukon toimintatapa. Programmable LEDs –valikosta voidaan säätää ohjelmoitavien ledien toimintaa.

3.2.7 Valvontavalikko (monitoring)

Monitoring –valikon alta löytyy IED status-, Control command-, I/O status-, FB status-, Communication-, Setting group-, Programmable leds- sekä Recorded data-valikko. IED status alavalikosta nähdään laitteen tilatietoja. Selfsupervision -valikosta nähdään yleisten varoitusten tila, sisäisten vikojen tila sekä laitteen käynnistysaika. Muista alavalikoista voidaan nähdä erilaisia yksityiskohtaisia tietoja kyseiseltä ajankohdalta.

3.2.8 Testausvalikko (Tests)

Tests -valikon alta löytyy IED test-, Function tests- sekä Binary outputs –valikko. IED test-alavalikosta voidaan käynnistää testausmoodi, jonka aikana testejä voi suorittaa. Testejä ei voida suorittaa ilman, että testausmoodi on käynnissä. Valikosta voi myös käynnistää laitteen sisäisten vikojen testauksen. Function tests –alavalikosta voidaan testata erilaisten suojausten sekä tarkkailun toimivuutta. Voidaan testata esimerkiksi ylivirtasuojia. Binary outputs –alavalikosta voidaan manuaalisesti laukaista laitteiston moduuleissa X100 ja X110 olevat kontaktorit.

3.2.9 Informaatiovalikko (information)

Information –valikon alta löytyy Product identifiers-, Site identifiers-, HW modules- sekä System identifiers –valikko. Kyseisistä valikoista löytyy laitteen tunnistetiedot, laitteen moduulien tunnistetiedot sekä järjestelmän tunniste.

3.2.10 Tyhjennysvalikko (clear)

Clear –valikon alta löytyy kohteet, jotka halutaan poistaa muistista. Toisin sanoen Clear-toiminto nollaa halutun osan muistista. Clear –valikosta voi erikseen nollata Indications and leds, Programmable leds, Events, Disturbance records, TRPPTRC1, SSCBR1 acc. energy, SSCBR1 rem. life, SSCBR1 travel times, SSCBR1 spr. charge t, CMMXU1 max. demands, Fault Records, T1PTTR1 temperature, DARREC1 reset, DARREC1 counters, TRPPTRCZ sekä PEMMXU1 acc.energy.

3.2.11 Kielivalikko (language)

Language –valikosta pystyy vaihtamaan halutun kielen. Opinnäytetyössä käytettävässä suojareleessä ei kuitenkaan ole valittavana kuin yksi kieli, joka on englanti.

4 LAITTEISTON SUUNNITTELU

Koululle oli saatu REF615 suoja-rele, josta piti saada aikaiseksi opetuslaitteisto. Alunperin suoja-rele oli tarkoitus asentaa omaan koteloonsa; johon olisi tullut tarvittavat sähkö-komponentit ylivirtatilanteen, maasulkutilanteen sekä erilaisten jälleenkytkentöjen demonstroimiseen. Huomasin sähkövoimatekniikan laboratoriossa olevan ylimääräisen tyhjän sähkökaapin, joten ehdotin laitteiston rakentamista siihen. Laitteiston suunnittelu ja rakentaminen sähkökaappiin on vaativampaa, kuin rakentaminen omaan koteloon. Omaan koteloon rakentamisessa ei välttämättä olisi tarvittu suojaerotusmuuntajaa ja reikien poraaminen muovikoteloon on paljon helpompaa, kuin reikien poraaminen peltioiveen. Pääasia on kuitenkin pystyä demonstroimaan aiemmin esitetyt asiat.

Laitteisto saadaan eristettyä omaan sähköverkkoonsa suojaerotusmuuntajan avulla. Suunnittelu siis alkaa suojaerotusmuuntajan mitoitukselta. Järjestelmä toimii normaalilla kolmivaiheisella verkkovirralla, joten jännite vaiheiden välillä on 400 V sekä vaiheen ja nollajohtimen välillä on 230 V. Maasulku on yksivaiheinen oikosulku, eli joku kolmesta vaiheesta ohittaa kuorman ja on täten suoraan yhteydessä nollajohtimeen. Suoja-releen ylivirtasuojauksella laukeaa, kun sen mittaaman virran arvo ylittää 1 A. Normaalitilanteen maksimiteho on:

$$P = \sqrt{3} * U * I * \cos\phi$$

$$= \sqrt{3} * 400 \text{ V} * 1 \text{ A} * 1 = 692,82... \text{ W}$$

$$\sim 700 \text{ W}$$

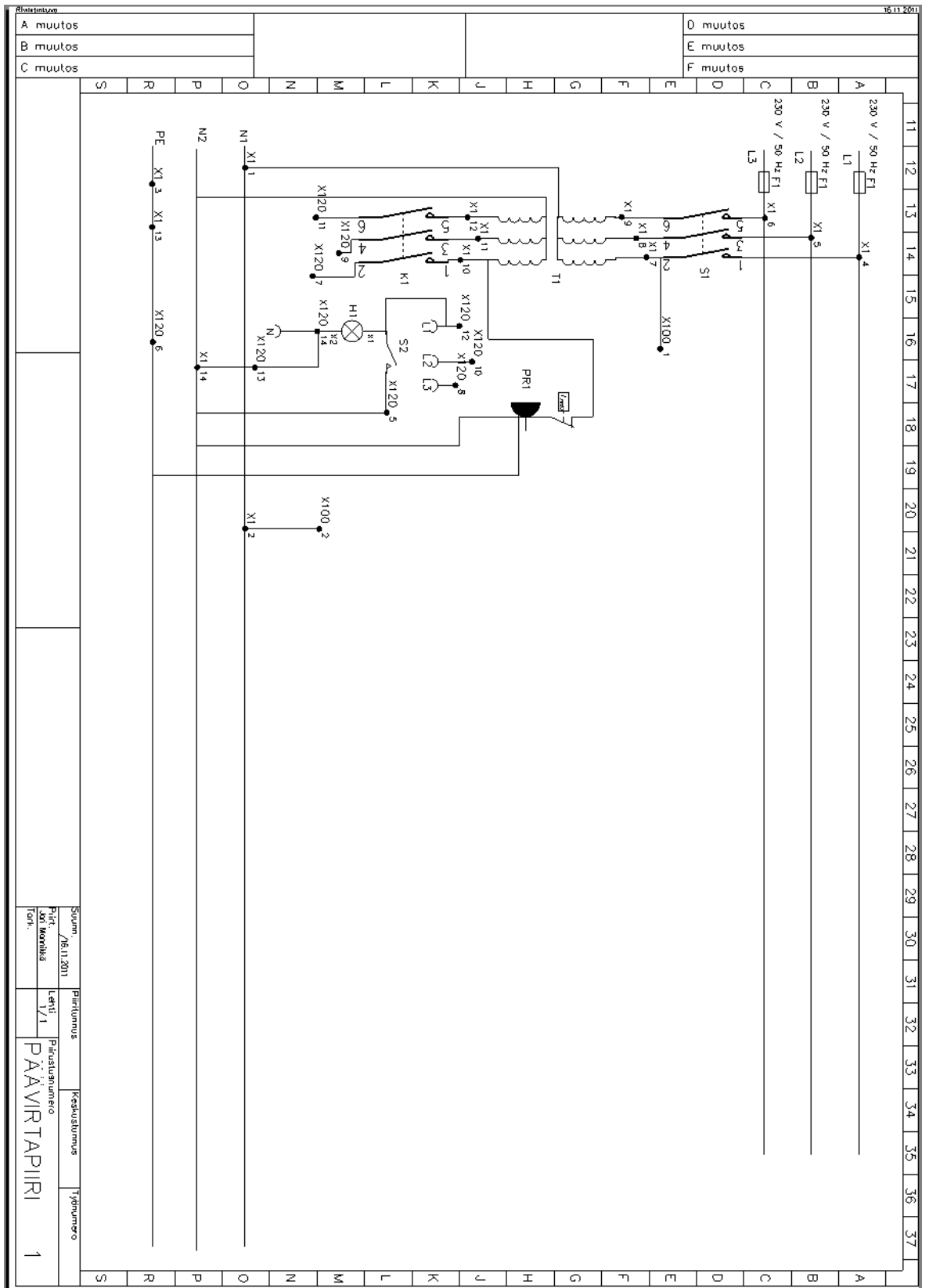
Laitteistolla demonstroidaan ylivirtatilanteita, joten jätin runsaasti varaa muuntajan tehonkestolle. Koska ylivirtatilanteessa sekä maasulkutilanteessa virta kasvaa 1 A yli, tehon kestoisuus pitää olla suurempi kuin yllä laskettu arvo. Ylivirtatilanteeseen riittäisi 800 VA:n tehonkestoisuus, mutta maasulkutilanteeseen ei. Maasulkuvirtaa ei voida laskea, koska kaikkia tarvittavia suureita ei tunneta. Otin siis hatusta kertoimen 3 jolla kerroin ylivirtatilanteen rittoisuus arvon saaden:

$$800 \text{ VA} * 3 = 2400 \text{ VA}$$

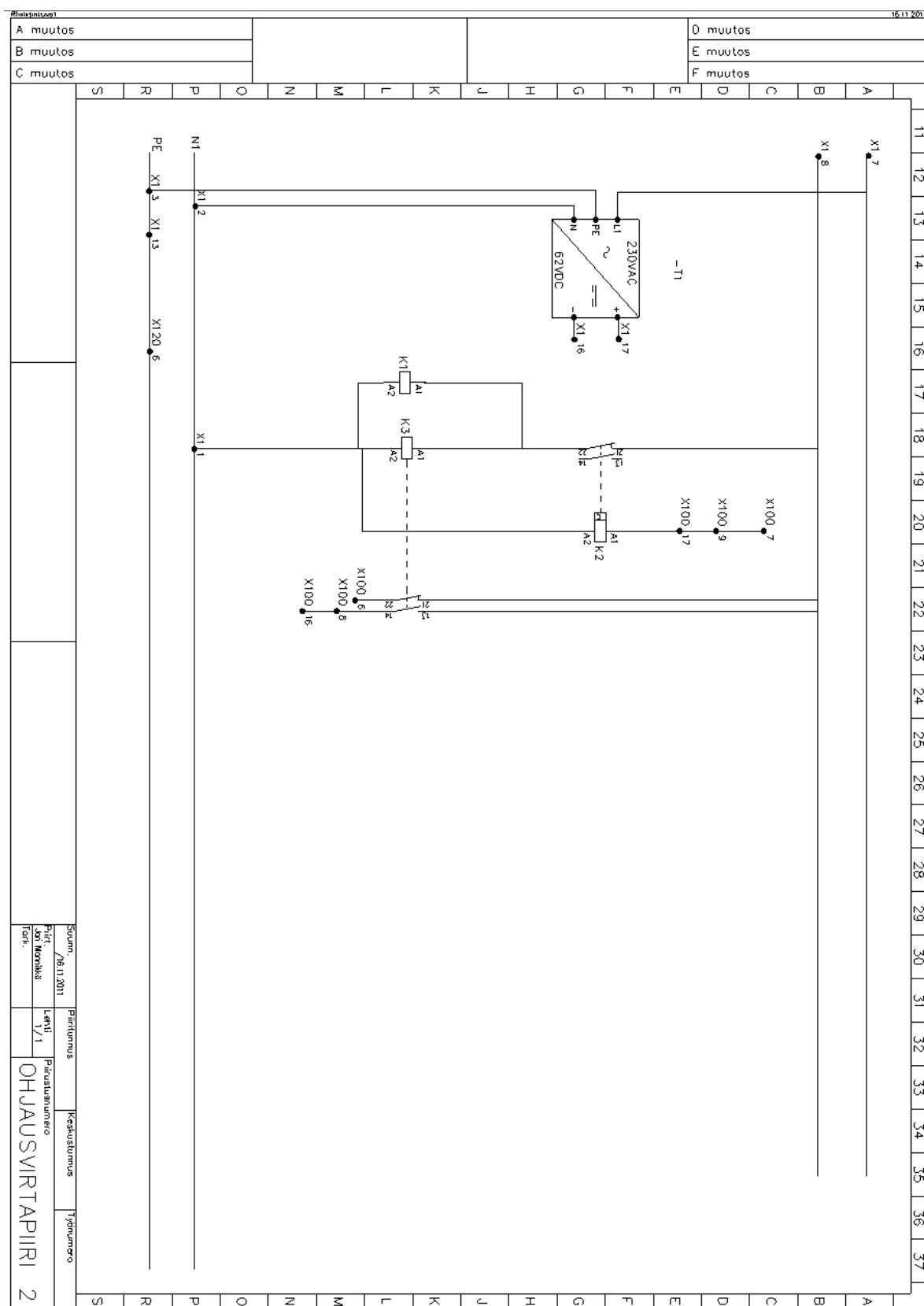
Lähetin 2400 VA muuntajan hintakyselyn Muuntosähkö Oy:lle, mutta yritys ehdottikin 2,5 kVA:n muuntajaa, jonka sitten hyväksyin. Suojaerotusmuuntajaksi saatiin kolmi-vaiheinen muuntaja, jonka muuntosuhde on 400/400 V, ja jonka tehonkesto on 2,5 kVA. Kytkentäryhmänä on tähti-tähti. Muuntaja tilattiin Muuntosähkö Oy:ltä.

Suojaerotusmuuntajan lisäksi laitteistoon tarvitaan paljon muitakin osia sekä johtimia. Laitteistoon tarvitaan 3-vaiheinen johdonsuojakatkaisija. Johdonsuojakatkaisijaksi valitsin hitaasti laukeavan 16A mallin. Johdonsuojakatkaisijan pitää olla hidas siksi, että se ei laukeaisi maasulun demonstroinnissa. Jotta kaapin sisällä johdotukset olisivat siistissä järjestyksessä, tarvitaan riviliittimiä johdinliitoksia varten. Riviliittimiä tarvitaan 20 kappaletta, joista 2 kappaletta jää varalle. Laitteistoon tarvitaan myös 3-vaiheinen päävirtakytkin. Kaappiin asennetaan myös vikavirtasuojattu pistorasia, koska koulun 3-vaiheiset säätövastukset tarvitsevat syötön jäähdyttimen tuulettimelle. Laitteistoon tarvitaan lisäksi rele sekä sysäysrele.

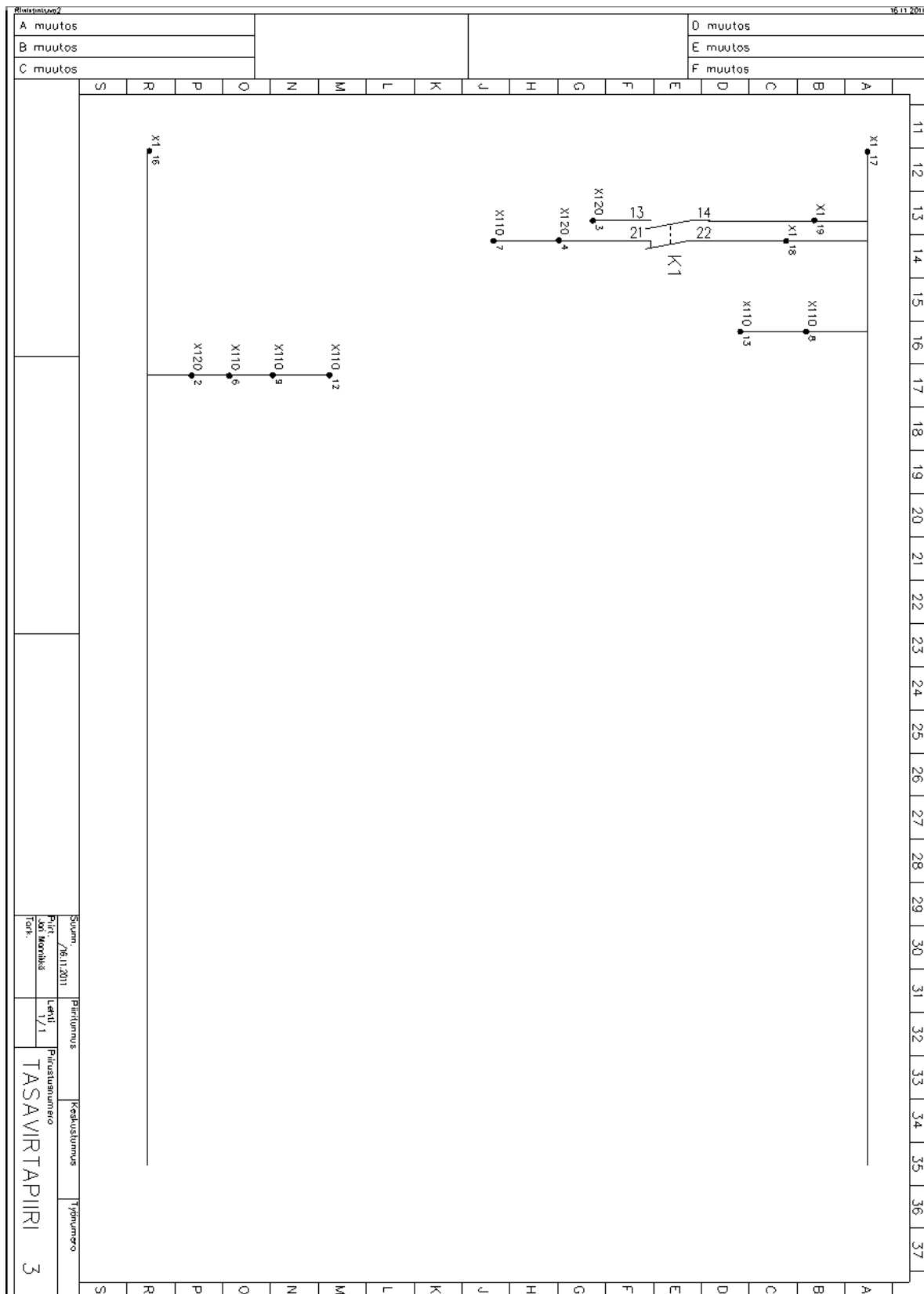
Suojarele tarvitsee tiedon johdonsuojakatkaisijan tilasta. Tila ilmoitetaan binääriseen tuloon, joten tarvitaan AC-DC –muuntaja. Löysin sähkövoimatekniikan laboratorista 230 VAC-60 VDC –muuntajan. Muuntaja antaa ulos 62 VDC, joten se sopii järjestelmään. Releeseen tarvitaan AC-DC –muuntajaa varten ylimääräisenä aukeava ja sulkeutuva kosketin. Jotta suojareleen ohjauspaneelin I sekä O napit toimisivat kunnolla, tarvitaan niitä varten vielä apurele. Johdotuksia varten tarvitaan MMJ 5x kaapelia, sekä ruskeaa, sinistä ja keltavihreää yksittäistä johdinkaapelia. Laitteistoon tarvitaan myös 4 kosketussuojattua liitintä 3-vaiheista säädettävää vastusta varten. Laitteistoon liittyvät piirikaaviot löytyvät KUVIO 4...7:stä.



KUVIO 5. Kuva laitteiston päävirtapiiristä.



KUVIO 6. Kuva laitteiston ohjausvirtapiiristä.



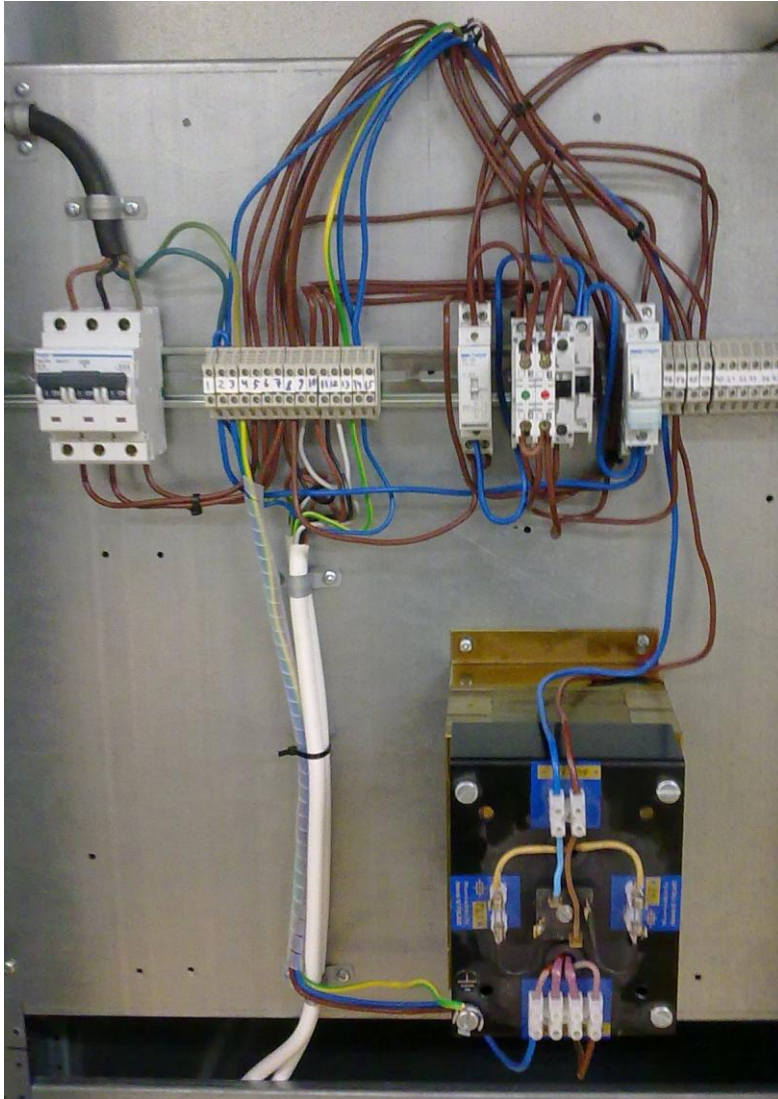
KUVIO 7. Kuva laitteiston tasavirtapiiristä.

5 LAITTEISTON RAKENTAMINEN

Laitteisto rakennettiin tyhjään sähkökaappiin. Sähkökaapin oveen tehtiin reiät suojareleelle, 4:lle kosketussuojatulleliittimelle, päävirtakytkimelle, maasulkunapille sekä uppoasennettavalle pistorasialle. Kaapin sisälle asennettiin kaksi välilevyä, joiden tarkoituksena on selkeyttää kaapin sisäpuolen ulkonäköä. Koska kaappia tullaan käyttämään opetusikäisessä, on kaapin sisustan oltava selkeästi ymmärrettävä. Toiselle välilevylle laitettiin din-kisko johon asennettiin riviliittimiä johdotuksia varten. Samaiselle välilevylle asennettiin myös AC-DC –muuntaja. Kaapin pohjalle asennettiin tukilevy, jonka päälle laitettiin suojaerotusmuuntaja. Välilevyt sekä tukilevy kiinnitettiin ruuveilla, mutta suojaerotusmuuntaja kiinnitettiin pultti-mutteriyhdistelmällä.

Kaapin oven reiät tehtiin käsityönä. Suojareleen reikä tehtiin porakoneella sekä kuviosahalla. Kosketussuojattujen liittimien, maasulkunapin sekä päävirtakytkimen reiät tehtiin porakoneella. Uppoasennettavan pistorasian reiät tehtiin porakoneella sekä karalaikkahiomakoneella. Din-kisko sekä AC-DC –muuntaja kiinnitettiin pultti-mutteriyhdistelmällä. Välilevyt kiinnitettiin ruuveilla sekä pultti-mutteriyhdistelmällä. Johtimien kiinnityksistä vastasi erilaiset ruuviliitännät sekä pikaliitännät. Pistorasiaa varten monisäikeisten johtimien päähän asennettiin vaihtokappaleet, joihin liitettiin yksisäikeiset johtimet, jotka asennettiin pistorasian omiin pikaliittimiin. Johtimet niputettiin siististi sidontaspiraalilla sekä nippusiteillä.

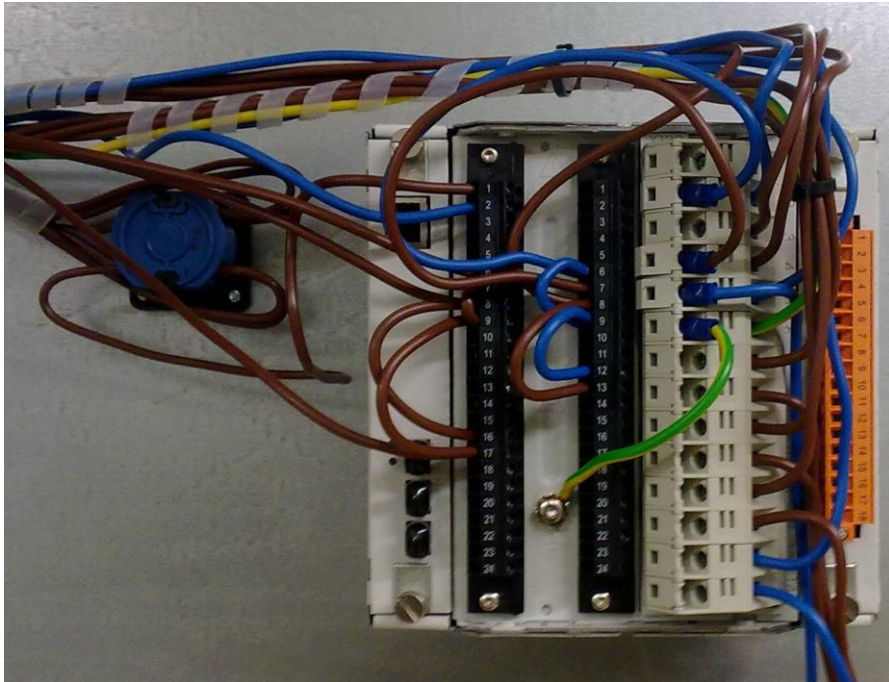
Johdotukset tehtiin piirikaavioiden mukaisesti. Suojaerotusmuuntajan ensiöpuolelle asennettiin kaikki ohjaukseen liittyvät objektit ja toisio puolelle asennettiin kuormanmittaus sekä liittämispisteet.



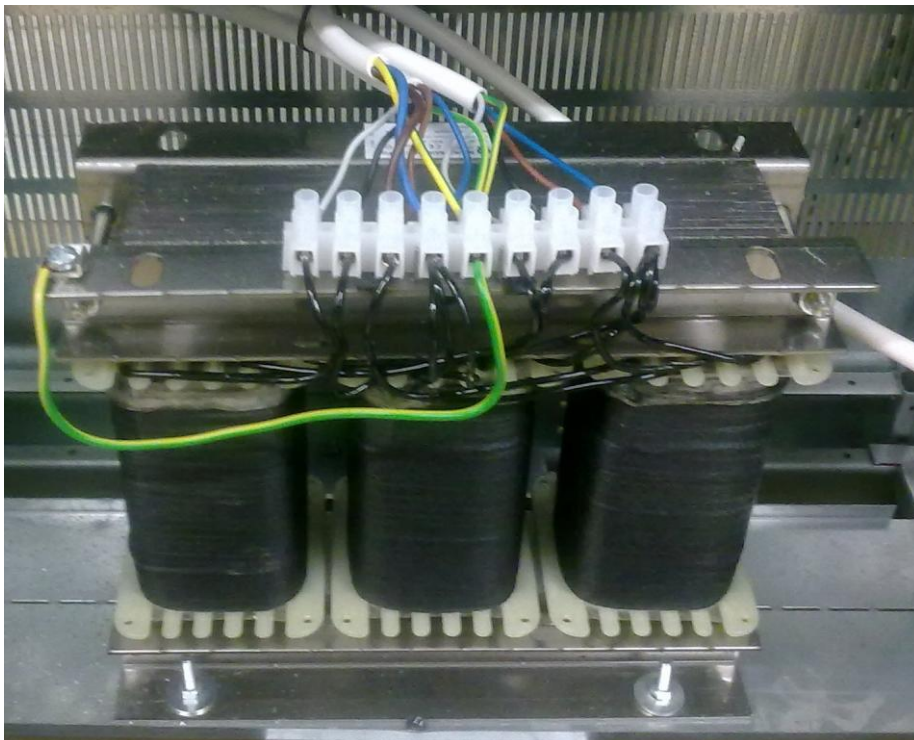
KUVIO 8. Johdonsuojakatkaisija, riviliittimet, releet, johdotukset sekä AC-DC –muuntaja. (Kameralla otettu kuva)

KUVIO 8:sta voidaan havaita laitteiston johdotuskeskus. Vasemmalla yläkulmassa näkyy laitteiston päävirtakaapeli, jonka vaiheet kulkevat 3 –vaiheisen johdonsuojakatkaisijan kautta riviliittimille. Riviliittimiltä vaiheet menevät 3 –vaiheiselle päävirtakytkimelle, josta ne palaavat takaisin riviliittimille. Tässä vaiheessa otetaan syöttö laitteiston ohjauksille sekä AC-DC –muuntajalle. Laitteiston kaikki binääriset syötöt vaativat tasavirtaa toimiakseen. Binäärisillä syötoillä annetaan ohjaukskäskyjä suojarielelle. Ohjauksen lisäksi vaiheet, nollajohdin sekä suojamaajohdin viedään suojaerotusmuuntajalle. Suojaerotusmuuntajan jälkeen johtimet tuodaan takaisin riviliittimille. Seuraavaksi vaiheet sekä nollajohdin

viedään virtamittauksen kautta säätövastukselle tarkoitettuihin kosketussuojattuihin liittimiin.



KUVIO 9. Suojareleen johdotukset. (Kameralla otettu kuva)



KUVIO 10. Suojaerotusmuuntaja. (Kameralla otettu kuva)

KUVIO 9:stä voidaan havaita suojarileen sekä päävirtakytkimen johdotukset. Oikeanpuoleisessa mustassa liitinmoduulissa sekä harmaan liitinmoduulin 4:ssä ylimmässä liittimessä ovat laitteiston binääriset objektit. Muihin liittimiin tulee vaihtovirtaa lukuunottamatta suojaamaaliitintä. KUVIO 10:ssä kuva suojaerotusmuuntajasta ja sen johdotuksista.

6 SUOJARELEEN OHJELMOINTI

Suojareleen tehdasasetuksissa ei ole valmiiksi ohjelmoituna jälleenkytkentää, joten se tehdään erikseen. Erilaisissa vikatilanteissa laitteen sisällä alkaa liikkua erilaisia signaaleja. Signaalien nimitykset voidaan havaita KUVIO 3:sta. Jälleenkytkentä on konfiguroitu alkamaan usean eri suojaustason toimintesignaaleista, jotka on nimetty ”INIT1...6”. Kolmessa INIT –signaalissa on mahdollisuus viivästyttää signaalin antoa tehden niistä ”DEL_INIT_2...4” –signaaleja. Tässä työssä kuitenkin käytetään vain normaaleja INIT-signaaleja.

Ohjelmoitavat kohteet ovat nimetty ”First...Seventh reclose time” sekä ”CBB1...CBB7”. ”First...Seventh reclose time” ovat erilaisia jälleenkytkentöjä. Suojareleessä on siis mahdollista ohjelmoida 7 eri jälleenkytkentäaika. Tässä työssä kuitenkin käytetään vain neljää. Ensimmäinen jälleenkytkentä on nopea, joka tapahtuu 1 sekunti vikatilanteen jälkeen. Toinen jälleenkytkentä on hitaampi. Toinen jälleenkytkentä tapahtuu, jos vikatilanne jatkuu ensimmäisen jälleenkytkennän jälkeen. Toisen jälleenkytkennän odotusaika on 5 sekuntia. Kolmannen jälleenkytkennän odotusaika on 30 sekuntia. Neljäs ja viimeinen jälleenkytkentä on erittäin nopea. Viimeinen jälleenkytkentä on realistisessakin tilanteessa nopea. Sen tarkoituksena on lukita suojarele, koska silloin vika on jatkunut jo pitkään, ettei vian ole odotettavissa katoavan ilman huoltotöitä. Tässä työssä viimeinen jälleenkytkentä on 0,5 sekuntia. Viimeisen jälleenkytkennän jälkeen suojareleen jälleenkytkentä tiedot on nollattava, jotta jälleenkytkentä toimisi taas. Jälleenkytkennät on nimetty kytkentöjen odotusajan mukaan. Ensimmäinen ja neljäs jälleenkytkentä ovat pikajälleenkytkentöjä, koska jälleenkytkennät tapahtuvat erittäin nopeasti. Kolmas jälleenkytkentä on aikajälleenkytkentä, koska jälleenkytkennän odotus aika on suuri.

KUVIO 3:sta voidaan havaita jälleenkytkennän toimintaehdot. Jotta jälleenkytkentä toimisi, tarvitsee se jonkin kuudesta INIT –signaalista. Jälleenkytkennän voi estää antamalla piirille INHIBIT_RECL –signaalin. Jotta kyseistä signaalia ei tulisi, estin kaikki

signaalia lähettävät operaatiot lukuunottamatta CBXCBB1 –toimintoa. Muutin kyseisen toiminnon olemaan lähettämättä kyseistä signaalia. Suojarele tarvitsee myös tiedon, että onko johdonsuojakatkaisija auki sekä tiedon, onko johdonsuojakatkaisija valmiina jälleenkytkentään. Järjestelmä rakennettiin siten, että suojarele saa molemmat tiedot, kun johdonsuojakatkaisija aukeaa. Jälleenkytkentä on siis mahdollistettu. Jotta jälleenkytkentä toimisi halutulla tavalla, pitää se ohjelmoida ensin.

Jälleenkytkennät on jaettu ”CBB1...7” nimikkeisiin. Esimerkiksi CBB1 tarkoittaa ensimmäistä jälleenkytkentää. Jälleenkytkentöjen ohjelmointi tapahtuu Settings –valikosta. Seuraavaksi ohjelmoidut jälleenkytkentä parametrit:

CBB1 asetukset:

- First reclose time = 1.0s
- Init signals CBB1 = 31 (viisi alinta bittiä: 111110 = 31)
- Blk signals CBB1 = 0 (ei esto singaaleja)
- Shot number CBB1 = 1.

CBB2 asetukset:

- Second reclose time = 5s
- Init signals CBB2 = 31 (viisi alinta bittiä: 111110 = 31)
- Blk signals CBB2 = 0 (ei esto singaaleja)
- Shot number CBB2 = 2.

CBB3 asetukset:

- Third reclose time = 30s
- Init signals CBB3 = 31 (viisi alinta bittiä: 111110 = 31)
- Blk signals CBB3 = 0 (ei esto singaaleja)
- Shot number CBB3 = 3.

CBB4 asetukset:

- Fourth reclose time = 0.5s
- Init signals CBB4 = 31 (viisi alinta bittiä: 111110 = 31)
- Blk signals CBB4 = 0 (ei esto singaaleja)
- Shot number CBB4 = 1.

7 LAITTEISTO OPETUSKÄYTÖSSÄ

Laitteistolla pystytään demonstroimaan ylivirtatilanne, maasulkutilanne, jälleenkytkentä sekä aikajälleenkytkentä. Oppilaat tekevät harjoituksia aiemmin mainittuihin demonstraatioihin liittyen sekä mahdollisesti myös harjoittelevat laitteen säätämistä. Oppilaat liittävät 3-vaiheisen säätövastuksen sähkökaapissa oleviin kosketussuojattuihin liittimiin. Säätövastukselle tehdään tähtikytkentä, jonka tähtipiste liitetään sähkökaapin siniseen kosketussuojattuunliittimeen. Sähkövoimatekniikan laboratoriossa on kahdenlaisia 3-vaiheisia säätövastuksia. On 147 Ω -malli sekä 270 Ω -malli. Harjoituksissa pitää käyttää 270 Ω -mallia, koska 147 Ω -mallin resistanssi on liian pieni. Liian pieni resistanssi johtaa jatkuvaan ylivirtatilaan tehden laitteiston kykenemättömäksi demonstroimaan tarvittavia tilanteita. Laitteiston ja 3-vaiheisen säätövastuksen väliin voi halutessaan liittää 3-vaiheisen kytkimen, jolla voidaan kytkeä kuorma järjestelmään ja pois järjestelmästä. Laitteistoon kytketään virta päävirtakytkimellä, jonka jälkeen laitteisto on toimintavalmis.

Laitteisto on eräänlainen suojausjärjestelmä. Tämän työn harjoituslaitteistossa on imaginaarinen sähköverkko, jonka arvoja mitataan. Tehdas asetuksilla muuntajan muunto-suhteeksi on asetettu 100:1. Tämä tarkoittaa, että jos ensiöpuolen vaihevirta on 100 A, toisiopuolen vaihevirta on 1 A. Tehdasasetuksilla suurin sallittu ensiöpuolen vaihevirta on 100 A ja toisiopuolen vaihevirta 1 A. Jos toisiopuolen vaihevirta ylittää 1 A, suoja-arele katkaisee virran ja ilmoittaa ylivirtatilanteen. Kyseisiä tehdasasetuksia ei tarvitse harjoitustöissä säätää.

Ennen harjoituksen alkua säätövastus säädetään suurimmalle resistanssille. Suojareleestä valitaan seurattavaksi ikkunaksi measurements -valikko, johon pääsee painamalla ESC-näppäintä. ESC-näppäintä painamalla pääsee yleiseen valikkoon josta valitaan measurements. Measurements -valikosta voidaan seurata järjestelmässä kulkevan imaginaarisen ensiöpuolen virran tasoa. Säätövastuksen resistanssia lähdetään pienentämään varovasti, kunnes suoja-arele ilmoittaa ylivirtatilanteesta. Virta järjestelmässä katkeaa

ja alkaa jälleenkytkentävaihe. Jälleenkytkentöjä on 4, jotka käynnistyvät vuoronperään, kunnes kaikki jälleenkytkennät on käyty läpi tai, kunnes vikatilanne on hävinnyt. Vikatilanteen saa korjattua nostamalla säätövastuksen resistanssia täten laskien virtaa. Normaalitilassa oppilaat voivat painaa painonappia, joka demonstroi maasulun eli yksivaiheisen oikosulun. Jälleenkytkentä ohjelma käynnistyy myös maasulussa.

Jälleenkytkentäohjelma pitää nollata manuaalisesti, kun kaikki 4 eri jälleenkytkentää on toteutunut. Nollaustapahtuu clear-painiketta painamalla. Clear-painikkeen painamisen jälkeen päästään valikkoon, jossa liikutaan alaspäin niin kauan, että vastaan tulee ”DARREC1 reset”. ”DARREC1 reset” valitaan enter-näppäimellä, jonka jälkeen painetaan alasnäppäintä ja taas uudelleen enter-näppäintä. Seuraavaksi mennään taas pykälä alaspäin, jolloin saavumme ”DARREC1 counter reset” –valikkoon. Painetaan taas enter-näppäintä, alasnäppäintä ja enter-näppäintä. Nyt jälleenkytkentä on nollattu. Samalla voi nollata kaiken muunkin, mutta aiemmin mainittu riittää jälleenkytkennän nollaukseen. Jälleenkytkennännollauksen lisäksi kannattaa nollata myös ”indication LEDs” sekä ”programmable LEDs”.

Oppitunnille aiemmin mainitusta voi tehdä esimerkiksi erillisen tehtävämonisteen, jonka tehtävät oppilaat tekevät. Toinen vaihtoehto on, että oppilaat raportoivat laitteen toiminnasta. Kolmas vaihtoehto on, että laitteistosta pidetään pelkistään oppitunti, jossa opettaja demonstroi sekä selittää laitteen toiminnan oppilaille.

TAULUKKO 1. Toiminnot, koodit ja symbolit: suojaus (ABB 2010 product guide, 86-88)

Function	IEC 61850	IEC 60617	IEC-ANSI
Three-phase non-directional overcurrent protection, low stage, instance 1	PHLPTOC1	3I> (1)	51P-1 (1)
Three-phase non-directional overcurrent protection, high stage, instance 1	PHHPTOC1	3I>> (1)	51P-2 (1)
Three-phase non-directional overcurrent protection, high stage, instance 2	PHHPTOC2	3I>> (2)	51P-2 (2)
Three-phase non-directional overcurrent protection, instantaneous stage, instance 1	PHIPTOC1	3I>>> (1)	50P/51P (1)
Three-phase directional overcurrent protection, low stage, instance 1	DPHLPDOC1	3I> -> (1)	67-1 (1)
Three-phase directional overcurrent protection, low stage, instance 2	DPHLPDOC2	3I> -> (2)	67-1 (2)
Three-phase directional overcurrent protection, high stage	DPHHPDOC1	3I>> ->	67-2
Non-directional earth-fault protection, low stage, instance 1	EFLPTOC1	Io> (1)	51N-1 (1)
Non-directional earth-fault protection, low stage, instance 2	EFLPTOC2	Io> (2)	51N-1 (2)
Non-directional earth-fault protection, high stage, instance 1	EFHPTOC1	Io>> (1)	51N-2 (1)
Non-directional earth-fault protection, instantaneous stage	EFIPTOC1	Io>>>	50N/51N
Directional earth-fault protection, low stage, instance 1	DEFLPDEF1	Io> -> (1)	67N-1 (1)

(jatkuu)

TAULUKKO 1. (jatkuu)

Function	IEC 61850	IEC 60617	IEC-ANSI
Directional earth-fault protection, low stage, instance 2	DEFLPDEF2	$I_{o>}$ -> (2)	67N-1 (2)
Directional earth-fault protection, high stage	DEFHPDEF1	$I_{o>>}$ ->	67N-2
Admittance based earth-fault protection, instance 1	EFPADM1	$Y_{o>}$ -> (1)	21YN (1)
Admittance based earth-fault protection, instance 2	EFPADM2	$Y_{o>}$ -> (2)	21YN (2)
Admittance based earth-fault protection, instance 3	EFPADM3	$Y_{o>}$ -> (3)	21YN (3)
Transient / intermittent earth-fault protection	INTRPTEF1	$I_{o>}$ -> IEF	67NIEF
Non-directional (cross-country) earth fault protection, using calculated I_o	EFHPTOC1	$I_{o>>}$ (1)	51N-2 (1)
Negative-sequence overcurrent protection, instance 1	NSPTOC1	$I_{2>}$ (1)	46 (1)
Negative-sequence overcurrent protection, instance 2	NSPTOC2	$I_{2>}$ (2)	46 (2)
Phase discontinuity protection	PDNSPTOC1	$I_{2/I1>}$	46PD
Residual overvoltage protection, instance 1	ROVPTOV1	$U_{o>}$ (1)	59G (1)
Residual overvoltage protection, instance 2	ROVPTOV2	$U_{o>}$ (2)	59G (2)
Residual overvoltage protection, instance 3	ROVPTOV3	$U_{o>}$ (3)	59G (3)
Three-phase undervoltage protection, instance 1	PHPTUV1	$3U_{<}$ (1)	27 (1)

(jatkuu)

TAULUKKO 1. (jatkuu)

Function	IEC 61850	IEC 60617	IEC-ANSI
Three-phase undervoltage protection, instance 2	PHPTUV2	3U< (2)	27 (2)
Three-phase undervoltage protection, instance 3	PHPTUV3	3U< (3)	27 (3)
Three-phase overvoltage protection, instance 1	PHPTOV1	3U> (1)	59 (1)
Three-phase overvoltage protection, instance 2	PHPTOV2	3U> (2)	59 (2)
Three-phase overvoltage protection, instance 3	PHPTOV3	3U> (3)	59 (3)
Positive-sequence undervoltage protection, instance 1	PSPTUV1	U1< (1)	47U+ (1)
Negative-sequence overvoltage protection, instance 1	NSPTOV1	U2> (1)	47O- (1)
Frequency protection, instance 1	FRPFRQ1	f>/f<,df/dt (1)	81 (1)
Frequency protection, instance 2	FRPFRQ2	f>/f<,df/dt (2)	81 (2)
Frequency protection, instance 3	FRPFRQ3	f>/f<,df/dt (3)	81 (3)
Three-phase thermal protection for feeders, cables and distribution transformers	T1PTTR1	3I _{th} >F	49F
Circuit breaker failure protection	CCBRBRF1	3I>/I _o >BF	51BF/51NBF
Three-phase inrush detector	INRPHAR1	3I ₂ f>	68
Master trip, instance 1	TRPPTRC1	Master Trip (1)	94/86 (1)
Master trip, instance 2	TRPPTRC2	Master Trip (2)	94/86 (2)
Arc protection, instance 1	ARCSARC1	ARC (1)	50L/50NL (1)
Arc protection, instance 2	ARCSARC2	ARC (2)	50L/50NL (2)
Arc protection, instance 3	ARCSARC3	ARC (3)	50L/50NL (3)

TAULUKKO 2. Toiminnot, koodit ja symbolit: hallinta (ABB 2010 product guide, 88)

Function	IEC 61850	IEC 60617	IEC-ANSI
Circuit-breaker control	CBXCBR1	I <-> O CB	I <-> O CB
Disconnecter position indication, instance 1	DCSXSUI1	I <-> O DC (1)	I <-> O DC (1)
Disconnecter position indication, instance 2	DCSXSUI2	I <-> O DC (2)	I <-> O DC (2)
Disconnecter position indication, instance 3	DCSXSUI3	I <-> O DC (3)	I <-> O DC (3)
Earthing switch indication	ESSXSUI1	I <-> O ES	I <-> O ES
Auto-reclosing	DARREC1	O -> I	79
Synchronism and energizing check	SECRSYN1	SYNC	25

TAULUKKO 3. Toiminnot, koodit ja symbolit: tilanne tarkkailu (ABB 2010 product guide, 88-89)

Function	IEC 61850	IEC 60617	IEC-ANSI
Circuit-breaker condition monitoring	SSCBR1	CBCM	CBCM
Trip circuit supervision, instance 1	TCSSCBR1	TCS (1)	TCM (1)
Trip circuit supervision, instance 2	TCSSCBR2	TCS (2)	TCM (2)
Current circuit supervision	CCRDIF1	MCS 3I	MCS 3I
Fuse failure supervision	SEQRFUF1	FUSEF	60

TAULUKKO 4. Toiminnot, koodit ja symbolit: mittaus (ABB 2010 product guide, 89)

Function	IEC 61850	IEC 60617	IEC-ANSI
Disturbance recorder	RDRE1	-	-
Three-phase current measurement, instance 1	CMMXU1	31	31
Sequence current measurement	CSMSQI1	I1, I2, I0	I1, I2, I0
Residual current measurement, instance 1	RESCMMXU1	I _o	I _n
Three-phase voltage measurement	VMMXU1	3U	3U
Residual voltage measurement	RESVMMXU1	U _o	V _n
Sequence voltage measurement	VSMSQI1	U1, U2, U0	U1, U2, U0
Three-phase power and energy measurement, including power factor	PEMMXU1	P, E	P, E
Frequency measurement	FMMXU1	f	f

Suojarele ilmoittaa vikatilanteet koodeina. Myös jotkin sisäiset valikot ilmoitetaan koodeina. Kaikissa aiemmin mainituissa taulukoissa on kaikki koodit kolmella eri standardin mukaisella kielellä. Koodien tarkoittamat toiminnot löytyvät Function -sarakeesta. Syy miksi kirjoitin toiminnot englanniksi löytyy laitteen tehdasasetuksena käyttämästä IEC 61850 standardikielestä. Kyseinen standardikieli käyttää englanninkielisistä nimistä ensimmäisiä kirjaimia koodirivissään, joten koodien muistaminen sekä tunnistaminen helpottuu. Esimerkkinä DEFLPDEF1, jossa DEF on lyhennetty Directional earth-fault:sta, L merkitsee low stage:a sekä 1 merkitsee instance 1. Directional earth-fault tarkoittaa suunnattua maasulkua. Low stage tarkoittaa alemmaa tasoa sekä instance 1 tarkoittaa, että tapahtuma tapahtuu ensimmäistä kertaa.

8 POHDINTA

Työn tavoitteena oli suunnitella ja rakentaa rele suojaustekniikan opetuslaitteisto sähkövoimatekniikan laboratorioon. Työhön ei alunperin liittynyt opetusosuuden laatimista, mutta tuntui jotenkin luontevalta lisätä se työhön. Onhan kyseessä opetuslaitteisto.

Aloitin työn tutustumalla suojareläeseen, jonka ympärille laitteisto rakennettaisiin. Testasin laitteen toiminnan sekä osan ominaisuuksista ennen sähkökaappiin asentamista. Seuraavaksi mietin mitä kaikkia komponentteja laitteistoon tarvitsee ja aloin jo keräilemään niitä laboratoriosta. Komponentit joita ei löytynyt laboratoriosta piti hakea sähköalanliikkeestä tai tilata erikseen. Tein listan komponenteista, jotka tulivat kiinni kaapin oveen. Mitoitin ja tein tarvittavat reiät komponenteille, jonka jälkeen kiinnitin komponentit. Kun komponentit olivat kiinni, alkoi johdotusvaihe. Johdotuksia tehdessä huomasin tarvitsevani lisää komponentteja. Tämä johtui siitä, että en tiennyt tarpeeksi laitteesta rakentaakseni tarvittavaa järjestelmää. Lopulta laitteisto kuitenkin valmistui.

Tarvittavien reikien teko oli ankeaa oman osaamattomuuteni takia. Rei'istä kuitenkin tuli sopivat, jotta komponentit saatiin paikoilleen. Projektin alkuvaiheilla minulla ei ollut riittävää tietämystä eikä ohjeistusta laitteistosta, joten osan asioista opin kokeilemalla. Projekti kuitenkin onnistui omasta mielestäni ihan hyvin, koska laitteisto toimii niin kuin pitääkin.

Laitteiston suojarelässä on sekä lähikäyttömahdollisuus että etäkäyttömahdollisuus. Tämä työ käsitteli vain lähikäyttöä, joten etäkäyttö saattaisi olla hyvä jatkotyö. Samalla laitteistoon voisi lisätä imaginaarisen vaunukatkaisijan sekä maadoituskytkimen.

KAAVAT

Kaava 1. Järjestelmässä normaalitilassa kulkeva maksimiteho.

$$P = \sqrt{3} * U * I * \cos\phi$$

P = teho

U = käyttöjännite

I = maksimi virta normaali tilassa

LÄHTEET

ABB 2010. REF615 Product guide. PDF-dokumentti. Saatavissa: [http://www05.abb.com/global/scot/scot229.nsf/veritydisplay/e3582ad99c6e9e1dc12577990023a69e/\\$file/REF615_pg_756379_ENk.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot229.nsf/veritydisplay/e3582ad99c6e9e1dc12577990023a69e/$file/REF615_pg_756379_ENk.pdf). Luettu: 3.11.2011.

ABB 2010. REF615 Technical manual. PDF-dokumentti. Saatavissa: [http://www05.abb.com/global/scot/scot229.nsf/veritydisplay/02327abcb4d03be7c12577b900267bb0/\\$file/RE_615_tech_756887_ENe.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot229.nsf/veritydisplay/02327abcb4d03be7c12577b900267bb0/$file/RE_615_tech_756887_ENe.pdf). Luettu: 13.11.2011.

ABB 2010. REF615 Operation manual. PDF-dokumentti. Saatavissa: [http://www05.abb.com/global/scot/scot229.nsf/veritydisplay/4a5573936a31c323c12577b90026a457/\\$file/RE_615_oper_756708_ENe.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot229.nsf/veritydisplay/4a5573936a31c323c12577b90026a457/$file/RE_615_oper_756708_ENe.pdf). Luettu: 13.11.2011.