

Generaattorin saarekekäyttö ja suojausten testaus

Jesse Veteli

Opinnäytetyö
Tekniikka ja liikenne
Sähkötekniikka
Insinööri (AMK)

2015

Sähkötekniikan koulutusohjelma
Insinööri AMK

Tekijä	Jesse Veteli	Vuosi	2015
Ohjaaja	Aila Petäjäjärvi, Insinööri		
Toimeksiantaja	Lapin Ammattikorkeakoulu		
Työn nimi	Generaattorin saarekekäyttö ja suojausten testaus		
Sivu- ja liitemäärä	66 + 21		

Työn aiheena oli sähkövoimatekniikan laboratorion oppimisympäristön generaattorin saarekekäyttö ja sen suojausten testaus. Opinnäytetyön tavoitteena oli testata ja käyttää generaattoria saarekekäytössä ja tehdä sille kytkentäohjelma, jonka avulla voidaan myöhemmin käyttää generaattoria saarekekäytön opetuksessa. Tavoitteena oli tehdä myös generaattorin relesuojauksille toiminnalliset testit.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa käsiteltiin generaattoreita ja niiden relesuojauksia. Generaattoreissa keskityttiin enemmän tahtigeneraattoreihin, koska opinnäytetyössä käytettiin sellaista. Työssä esiteltiin myös laiteympäristö, johon tätä opinnäytetyötä tehtiin. Opinnäytetyössä käytiin läpi myös ohjelmistot, joita tässä ympäristössä on mahdollista käyttää. Lähdemateriaaleina käytettiin alan kirjallisuutta sekä laitevalmistajien manuaaleja sekä nettisivuja.

Työssä asetetut tavoitteet täyttyivät ja tulokseksi saatiin kytkentäohjelma generaattorin saarekekäyttöön ja tieto siitä, kuinka sitä kuormitettiin. Myös generaattorin suojausten toiminnallisille testeille tehtiin ohjeistus, jonka avulla voidaan tulevaisuudessa tehdä toiminnallisia testejä. Myös REG630- releelle tehtiin ohjeistuksia, joiden avulla sitä voidaan myöhemmin käyttää.

Asiasanat

generaattori, saarekekäyttö, relesuojaus, koestus

Electrical Engineering
University of Applied Sciences
Bachelor of Electrical Engineering

Author	Jesse Veteli	Year	2015
Supervisor	Aila Petäjäjärvi, B.Sc. (Tech.)		
Commissioned by	Lapland University of Applied Sciences		
Subject of thesis	Generator in island operation and testing its protection		
Number of pages	66 + 21		

The subject of the thesis was electric power engineering laboratory learning environment for testing a generator in island operation and testing its protection. The aim of the thesis was to test and use the generator in island operation and to make a switch program, which can later be used in education of using the generator in island operation. The other aim was to test a generator's relay protection.

The theoretical part of the thesis was concerned with generator's and their relay protection. The focus was more on a synchronous generators were more focused, because synchronous generator was used in this thesis. The presentation of the thesis section presents a platform, where this thesis was made. Softwares, that are possible to use in this platform, were also presented in this thesis. The source materials were based on the field of the literature, as well as in the manufacturer's Internet websites and manuals.

The aim of the thesis was met and the results were that the switch program for using the generator in island operation was made and how it was loaded. Generator's protections were also tested and the instructions were made, which helps in doing these tests in the future. Instructions were also made for the REG630 relay. These instructions help to use it.

Key words generator, island operation, relay protection, testing

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	8
2	GENERAATTORIT	9
2.1	Generaattorityypit	10
2.1.1	Tahtigeneraattori	10
2.1.2	Epätahtigeneraattori	13
2.1.3	Tasasähkögeneraattorit.....	14
2.2	Generaattoreiden tahdistus verkkoon	17
2.2.1	Tahdissaolon valvonta.....	17
2.2.2	Loistehon ja jännitteen säätö.....	18
2.3	Generaattoreiden suojausmenetelmät.....	18
2.3.1	Erovirtasuojaus.....	19
2.3.2	Impedanssisuojaus.....	20
2.3.3	Ylivirtasuojaus	20
2.3.4	Ylikuormitussuojaus	21
2.3.5	Maasulkusuojaus.....	21
2.3.6	Jännitesuojaus	22
2.3.7	Takatehosuojaus	23
2.3.8	Taajuussuojaus	24
2.3.9	Magnetointijärjestelmän suojaus	24
2.3.10	Epätahtikäyttösuojaus.....	26
2.4	Suojareleet.....	27
2.4.1	Sähkömekaaniset releet.....	27
2.4.2	Staattiset releet	27
2.4.3	Numeeriset releet.....	28
3	OLEMASSA OLEVA OPPIMISYMPÄRISTÖ	30
3.1	Generaattori.....	30
3.2	10 kV kojeisto	33
3.2.1	Generaattorilähtö.....	34
3.2.2	Moottorilähtö	34
3.2.3	Muuntajalähtö.....	35
3.2.4	Johtolähtö.....	36
3.3	Microscada	37

3.4	REG630	38
3.5	PCM600.....	40
3.6	Omicron CMC 356	41
4	TYÖN SUORITUS/ GENERAATTORI SAAREKEKÄYTÖSSÄ.....	43
4.1	KytKentäohjelma	43
4.2	Saarekekäytön testaus	47
4.2.1	Kuormittaminen vastusvaunuilla.....	47
4.2.2	Oikosulkumoottorilla kuormittaminen.....	49
4.3	Suojausten toiminnallinen testaus	52
4.3.1	Ylikuormitussuojan toiminnallisen testauksen kytKentä Omicronilla 52	
4.3.2	Ylikuormituksen toiminnallinen testaus.....	55
4.3.3	Taajuussuojauksen toiminnallinen testaus	61
5	POHDINTA	63
	LÄHTEET	64
	LIITTEET	66

ALKUSANAT

Kiitän Lapin Ammattikorkeakoulua opinnäytetyöstä ja ohjaajaani Aila Petäjäjärveä opinnäytetyön ohjaamisesta.

Eriyiskiitoksen annan tyttöystävälleni Annalle sekä perheelleni, jotka ovat tukenneet minua opinnäytetyöprosessin aikana.

Kemi 11.12.2015

Jesse Veteli

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

ABB	Asea Brown Boveri
IED	Intelligent electronic device, älykäs sähköverkon suo- ojalaite
IEC 61850	Standardi tietoliikenteelle ja tietoliikennejärjestelmille sähköasema-automaatiossa
ind.	Induktiivinen
kap.	Kapasitiivinen
LAN	Lähiverkko
MicroSCADA	Supervisory Control And Data Acquisition
Nm	Newtonmetri, momentin yksikkö
Omicron CMC 356	Omicron koestuslaite
PCM600	PC:llä tarkoitettu ohjelmisto, jolla voi ohjelmoida suoja- releitä
REF615	ABB:n suojarale, johtolähtöjen suojaukseen
REG630	ABB:n suojarale, generaattoreiden suojaukseen
REM615	ABB:n suojarale, koneiden suojaukseen
RET615	ABB:n suojarale, muuntajien suojaukseen
START	Havahtuminen
TRIP	Laukaisu
XRIO	eXtended Relay Interface by OMICRON

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on tehty Lapin ammattikorkeakoulun sähkövoimatekniikan laboratorioon. Sähkövoimalaboratoriohankkeessa Lapin ammattikorkeakoulun sähkötekniikan osastolle investoitiin sähkön tuotannon, siirron, jakelun ja käyttöjen laitteistot. Sähkövoimatekniikan laboratorion 10 kV:n kojeistoon tuotetaan sähkö dieselgeneraattorilla, sitä voidaan käyttää joko syöttämään valtakunnan verkkoa tai myös ns. saarekekäyttönä. Laitteistoa käytetään opetuskäytössä.

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan generaattorin saarekekäyttöä ja testataan generaattorin suojaukset. Generaattoria ei ole aiemmin käytetty tässä ympäristössä saarekekäyttönä, joten opinnäytetyössä suunniteltiin kytkentäohjelma, jonka avulla voidaan myöhemmin käyttää generaattoria saarekekäytön opetuksessa. Generaattorin relesuojauksille tehdään toiminnalliset testit, jossa testataan ylikuormitus- ja taajuussuojausta. Näistä tehdään myös ohjeistus, jonka avulla voidaan myöhemmin testata myös muita suojauksia. Opinnäytetyössä noudatetaan SFS 6001- ja 6002- standardeja sekä sähköturvallisuuslakia, asetuksia, säädöksiä ja määräyksiä.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa käsitellään generaattoreita ja niiden relesuojauksia. Generaattorien toimintaperiaatteet käydään yleisesti läpi. Opinnäytetyö painottuu tahtigeneraattoreihin (työssä käytetyn generaattorityypin vuoksi). Generaattorin suojausmenetelmät ja suojareleet esitellään työssä yleisellä tasolla. Työssä esitellään myös laiteympäristö, johon tätä opinnäytetyötä tehdään. Työssä käytettyjä ohjelmistoja käsitellään työhön liittyvien tehtävien suorittamisen kannalta.

Valitsin tämän aiheen opinnäytetyökseni, koska generaattorin saarekekäyttö sekä relesuojaukset vaikuttivat mielenkiintoisilta.

2 GENERAATTORIT

Generaattoreita käytetään yleisesti sähkön tuotantoon. Generaattoreissa ulkoisten koneiden kehittämä mekaaninen energia muutetaan sähköksi. Sähkö muodostuu sähköjohtimen liikuessa magneettikentässä. Johtimeen indusoituu jännitettä, jonka suuruus riippuu magneettikentän voimakkuudesta, johtimen pituudesta sekä liikenopeudesta. Johdin kytketään suljetuksi virtapiiriksi, jolloin siihen syntyy sähkövirtaa. (Voimalaitostekniikka 2013, 299)

Generaattorissa liikkuva magneettivuo saadaan magnetointikämmillä, joka käämitään roottorin ympärille. Käämiin johdetaan magnetointivirta harjojen ja liukurenkaiden avulla. (Voimalaitostekniikka 2013, 299)

Sähkövirta saadaan indusoitumaan staattorikämeihin rautasydämen suuntaamana. Magneettikentän suuruus ja roottorin kierrosluku kasvattaa jännitettä. Kolmivaihesähkö saadaan kolmella kämmillä, jotka ovat toisiinsa nähden 120 asteen kulmassa. Suomessa sähköverkon taajuus on 50 Hz ja silloin generaattori pyörii yleensä 3000 kierrosta minuutissa. Napapariluku on näin ollen 1 ja roottorin kierroksella syntyy vaihtojännitteelle yksi jakso. (Voimalaitostekniikka 2013, 299)

$$f = n \times p \tag{1}$$

missä n = kierrosluku

p = napaluku.

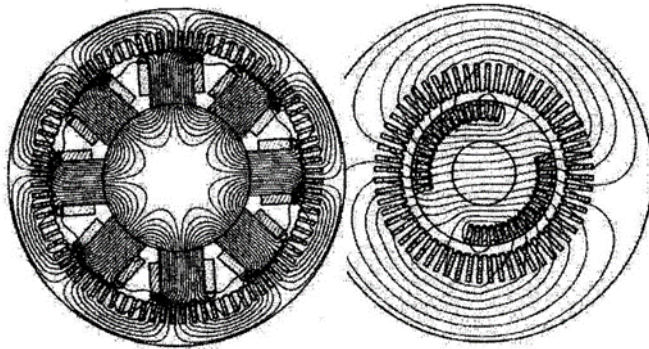
$$f = \left(3000 \frac{r}{min} \div 60s \right) \times 1 = 50 \text{ Hz}$$

2.1 Generaattorityypit

Generaattorityyppejä ovat epätahti-, tahti- ja tasavirtageneraattorit, jotka esitellään tässä opinnäytetyössä myöhemmin. Tahtigeneraattori esitellään tarkemmin, koska työssä käytetään tahtigeneraattoria.

2.1.1 Tahtigeneraattori

Tahtigeneraattorit jaetaan kahteen tyyppiin roottorirakenneratkaisun perusteella: umpinapakoneisiin ja avonapakoneisiin. Tahtikoneen rakenne muodostuu kolmi-vaiheisella käämillä varustetusta staattorista ja staattorin keskellä pyörivästä roottorista. Tahtikoneen staattori muistuttaa läheisesti oikosulkukoneen staattoria, mutta niiden roottorit ovat erilaiset. Roottorin naparakenne magnetoidaan ulkoisella tasasähkölähteellä, eikä se vastaa oikosulkumoottoreissa olevaa oikosuljettua häkkikäämitystä. Kuvassa 1 on avo- ja umpinapatahtigeneraattorin poikkileikkaus. (Hietalahti 2013, 46)



Kuva 1. Avonapa ja umpinapa tahtigeneraattorin poikkileikkaus. (Hietalahti 2013, 47)

Umpinapageneraattorin roottorirakenne on sylinterimäinen, ja siinä magnetointikäänitys on roottorin uriin sijoitettuna. Tyypilliset kaksinapaiset tahtigeneraattorit ovat umpinapakoneita ja niiden tehoalue on noin 500 – 2000 MVA ja niitä käytetään yleensä höyryturbiinikäytöissä. (Hietalahti 2013, 47)

Avonapageneraattorin roottorin rakenne koostuu erillisistä navoista, ns. avonavoista eikä siksi ole sylinterimäinen niin kuin umpinapageneraattorilla.

Avonapojen ympärille on käämitty magnetointikäänitys. Roottori on avonapa-generaattorissa magneettisesti epäsymmetrinen. Navan suunta eli d-akseli johtaa magneettivuota hyvin, mutta q-akselin napaväli sen sijaan johtaa huonosti suuren ilmavälin johdosta. Roottorin voi saada ilman magnetointia pyörivään liikkeeseen, koska rautanapa hakeutuu automaattisesti magneettikentän kannalta hyvään asentoon. Moninapaiset tahtigeneraattorit ovat yleensä avonapakoneita. (Hietalahti 2013, 47)

Ulkoisella voimakoneella, esim. dieselmoottorilla, pyöritetään tahtigeneraattorin roottoria. Tasavirta johdetaan roottorissa olevaan magnetointikäänin harjojen ja liukurenkaiden avulla. Tästä johtuen syntyy koneeseen magneettivuo. Kun roottori pyörii, sen magneettivuoviivat leikkaavat staattorin käämisauvoja ja näin ollen syntyy sinimuotoisesti vaihteleva kolmivaiheinen lähdejännite. (Hietalahti 2013, 48)

Tahtigeneraattorin verkkoon liittämisen jälkeen ei voi enää nopeuteen vaikuttaa sen ollessa tahtikäytössä, koska taajuus riippuu sähköverkon nimellistaajuudesta. Tästä syystä tahtigeneraattorilla on vain yksi nopeus, jolla se tuottaa energiaa. Nopeus tulee generaattorin napojen määrästä sekä sähköverkon taajuudesta. Kaava (1) määrää tahtigeneraattorin pyörimisnopeuden.

$$n = \frac{f}{p} \quad (1)$$

missä p = generaattorin napapariluku
 n = generaattorin pyörimisnopeus
 f = taajuus. (Hietalahti 2013, 47)

Tahtigeneraattorin magneettista tilaa voidaan säätää magnetointikäänityksellä, joka on erillinen. Näin ollen on mahdollista säätää vapaasti myös staattorin pätöloistehosuhdetta. (Hietalahti 2013, 48)

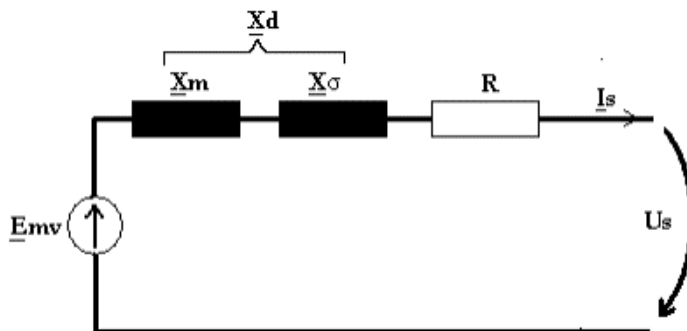
Roottorin magnetointikäänitys on sen sijaan nimensä mukaisesti rakennettu suuresta kierrosmäärästä magnetointikäänimiä. Kun tähän käänimiin syötetään kohtuullista tasavirtaa, saadaan aikaan magnetointivuo. Käämin vastinpiirin induktanssi on kohtuullisen suuri, mikä tarkoittaa, että magnetointipiirin säätöaikavakiot ovat

melko pitkiä. Tämä vaikuttaa kuormituksen muutos- ja vikatilanteissa generaattorin käyttäytymiseen. (Hietalahti 2013, 48)

Magnetointiteho siirretään yleensä magnetointikoneen avulla pyörivään roottoriin. Pyörivä roottoriosa toimii staattorina magnetointikoneessa. Akselin pyöriessä siihen indusoituu jännite, joka sitten tasasuunnataan ja syötetään pääkoneen magnetointipiiriin. (Hietalahti 2013, 48)

Sijaiskytkentä:

Sijaiskytkennällä on helppo tarkastella tahtigeneraattorin toimintaa. Tässä tapauksessa sitä voidaan tarkastella yksivaiheisena, koska kaikki kolme vaihetta ovat symmetrisiä. Sijaiskytkentä esitetään kuvassa 2.



Kuva 2. Tahtigeneraattorin sijaiskytkentä. (Korpinen 1998, osa 2, 5)

Sijaiskytkennästä saadaan kaava 2, jolla voidaan laskea generaattorin liitinjännite.

$$U_s = E - (R + jXd) I_s \quad (2)$$

missä U_s = generaattorin liitinjännite

E = magnetointilaitteiston lähdejännite

X_d = tahtireaktanssi

I_s = generaattorin virta

R = resistanssi

Tahtigeneraattorin tuottama pätöteho voidaan laskea kaavalla 3.

$$P = 3 \frac{E_m U_s}{X_d} \sin \beta \quad (3)$$

missä P = pätöteho
 U_s = generaattorin liitinjännite
 E_m = magnetointilaitteiston lähdejännite
 X_d = tahtireaktanssi
 β = tahtikulma

Pätöteho on suurimmillaan, kun tehokulma on 90°. Se kasvaa kun sitä kuormite-
 taan. Tehokulma on sama kuin roottorikäänin indusoiman jännitteen ja generaat-
 torin napajännitteen välinen kulma. Magnetointivirran nostolla saadaan nostettua
 sisäistä jännitettä, mutta myös napajännitettä. Tehoa kasvatettaessa tulee huo-
 mioida, että tehokulma ei mene yli 90°. Jos tehokulma ylittää tämän arvon on
 seurauksena generaattorin putoaminen tahdistasta, koska magneettinapojen yhteys
 katoaa. (Korpinen 1998, osa 2, 6.)

2.1.2 Epätahtigeneraattori

Kolmivaiheista epätahtikonetta voidaan käyttää myös generaattorina, vaikka
 yleensä sitä käytetään moottorina.

Epätahtigeneraattorit jaetaan seuraavasti kahteen ryhmään:

- verkkomagnetoidut epätahtigeneraattorit.
- kondensaattorimagnetoidut epätahtigeneraattorit. (Aura & Tonteri 1995, 305)

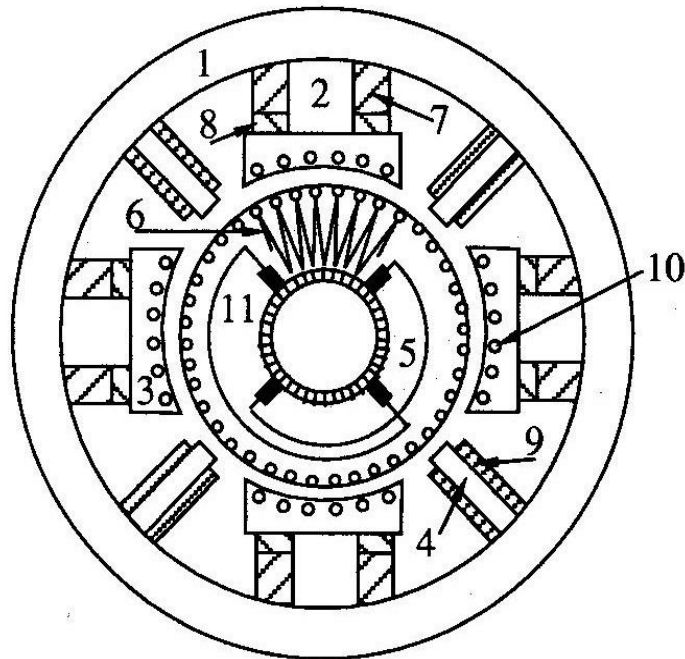
Kun epätahtikonetta käytetään generaattorikäytössä, sen roottori pyörii magneet-
 tikentän kanssa epätahdissa, mutta magnetointikenttää nopeammin. Verkkoma-
 gnetoidut epätahtigeneraattorit eivät pysty syöttämään sähkötehoa kuin aino-
 astaan sähköverkkoon, josta se ottaa magnetointivirran. Niitä käytetäänkin esi-
 merkiksi pienitehoisissa tuuli- ja vesivoimalaitoksissa.

Kondensaattorimagnetoitu epätahtigeneraattori sen sijaan käyttää magnetoimis-kondensaattoreita ottamaan tarvitsemansa magnetoimisvirran, jotka on kytketty koneen liittämiin. Ne voivat siis toimia itsenäisinä generaattoreina, joita käytetään usein voimakoneen ollessa poltto- tai dieselmoottori. Tällaisen generaattorin rautaosien tulee olla magneettisesti kyllästyviä, jotta remanenssivuota olisi olemassa. Remanenssivuota käytetään generaattorin heräämiseen. (Korpinen 1998, 16.)

2.1.3 Tasasähkögeneraattorit

Tasasähkön siirto ei ole kannattavaa pitkillä siirtoetäisyyksillä. Tästä syystä tasasähkögeneraattoreita ei käytetä sähköntuotannossa tasasähkössä, joten sitä ei käytetä energiansiirrossa. Tästä johtuen myöskään tasasähkögeneraattoreita ei enää käytännön tekniikassa rakenneta. (Aura & Tonteri 1995, 304)

Tasasähkögeneraattori ei eroa oikeastaan rakenteeltaan tasasähkömoottoreista. Magneettiipiiri muodostetaan koneen magneettikentille tasasähkökoneen rautaosilla. Koneiden magneettivuot muodostavat tasamagneettikenttien, jonka takia koneiden kehien ja napojen rautaosien on oltava täysrautaa. Napakengät tehdään sähkölevyistä, koska niiden avulla saadaan pienemmät rautahäviöt. Myös ankkurin rautasydän tehdään sähkölevyistä tasasähkömagneettikentässä pyörimisen takia. Kuvassa 3 on esitettyä tasasähkökoneen osat. (Aura & Tonteri 1995, 360)



Kuva 3. Tasasähkökoneen osat. 1. Kehä. 2. Päänavan rautasydän. 3. Napakenkä. 4. Kääntönavan rautasydän. 5. Ankkurin rautasydän. 6. Ankkurikäänitys. 7. Sivuvirtakäänitys. 8. Sarjakäänitys. 9. Kääntönapa käänitys. 10. Kompensointi käänitys. 11. Kommutaattori (Aura & Tonteri 1995, 360)

Magneettikenttä syntyy tasasähkökoneissa sivuvirta- ja sarjakäämitysten avulla. Yhteisesti niitä kutsutaan magnetointikäänityksiksi. Sivuvirtakäänitys $E_1 - E_2$ ($F_1 - F_2$) tulee kytkeä joko ankkurin kanssa rinnan tai liittää se vieraaseen sähkölähteeseen. Sarjakäänitys $D_1 - D_2$ kytetään ankkurin kanssa sarjaan eli se magnetoi tasasähkökonetta kuormitusvirran avulla. (Aura & Tonteri 1995, 360)

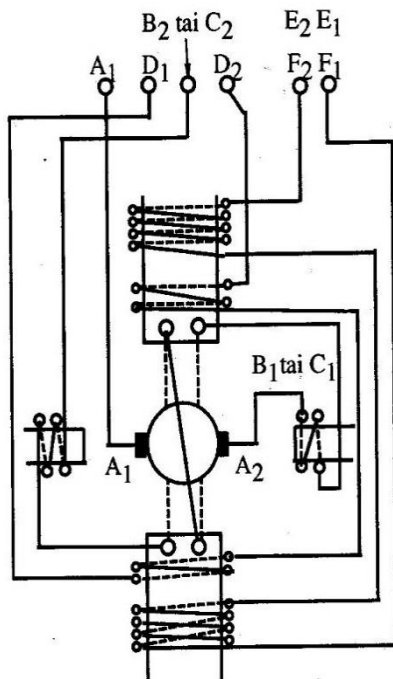
Vaihtosähkömotorinen jännite indusoituu ankkurikäänitykseen $A_1 - A_2$ magnetointikäänitysten muodostamassa magnetointikentässä. Generaattoreissa tämä mainittu vaihtosähkömotorinen jännite on luonteeltaan lähdejännite. Jännitteen ollessa vaihtojännitettä on se tasasuunnattava eli kommutoitava. Kommutoinnin suorittaa kommutaattori harjojen kanssa. (Aura & Tonteri 1995, 362)

Kääntönapakäänityksen $B_1 - B_2$ tarkoituksena on hoitaa kommutointi kipinättömästi, jotta kommutaattori ja sen harjat eivät rikkoutuisi. Samalla se myös osittain

kompensoi magneettikenttää, jonka ankkurivirta on synnyttänyt. Kääntönapakäämitys kytketään aina sarjaan ankkurikäimityksen kanssa. (Aura & Tonteri 1995, 362)

Kompensointikäimitykset $C_1 - C_2$ nimensä mukaan kompensoivat ankkurivirran ankkurikentän tai ainakin osan siitä. Se onkin kytkettävä sarjaan ankkurikäimitysten kanssa, jotta tämä olisi mahdollista. (Aura & Tonteri 1995, 362)

Kuvassa 4 on esitettyä esitettyt käämitykset.



Kuva 4. Käämitysten napamerkinntät ja eri kytkentöjä. (Aura & Tonteri 1995, 361)

Koneen magnetointi vaikuttaa oleellisesti tasasähkögeneraattorin toimintaominaisuuksiin. Tasasähkögeneraattorit ryhmitelläänkin magnetoinnin perusteella seuraavasti:

- vierasmagnetoidut generaattorit
- sivuvirtageneraattorit
- sarjageneraattorit
- kompondigeneraattorit. (Aura & Tonteri 1995, 367)

2.2 Generaattoreiden tahdistus verkkoon

Generaattorin verkkoon tahdistuksella tarkoitetaan, että tahtigeneraattori kytketään katkaisijalla verkkoon niin, että virta- ja tehomuutokset ovat mahdollisimman pieniä. Generaattori voidaan liittää vasta sitten turvallisesti sähköverkkoon, kun se on tahdistettu riittävän lähelle sähköverkon taajuutta, vaihekulmaa ja jännitettä, mutta myös pyörimissuunnan on oltava sama. Välttääkseen haitallista takatehoa tulee generaattorin taajuuden olla kytkettäessä sama tai hieman suurempi kuin verkon taajuus. Taajuusero aiheuttaa huomattavia rasituksia generaattoriin ja turbiiniin, mutta myös aiheuttaa häiriöitä sähköverkkoihin. Generaattorin väärin kytkeminen verkkoon aiheuttaa staattorikäymykselle erittäin suuria mekaanisia rasituksia, jotka johtavat eristysvaurioon. Tämän lisäksi generaattorin akselille, kytkimille sekä perustukselle tulee suuria mekaanisia rasituksia. (Voimalaitostekniikka 2013, 302; Mörsky 1993, 351)

Normaalissa tilanteessa ylösajoautomaatiikka tekee tahdistuksen automaattisesti. Tahdistus voidaan myös tehdä käsikäytöllä valvomossa sijaitsevien kaksoistaajuusmittarin, kaksoisvolttimittarin ja synkronoskoopin avulla. Käsikäytöllä tahdistamalla generaattorin suojausjärjestelmät pysyvät toiminnassa. (Voimalaitostekniikka 2013, 302; Mörsky 1993, 351)

Generaattorin suojausjärjestelmä irrottaa generaattorin välittömästi verkosta, mikäli generaattorin verkkokatkaisija kytketään kiinni liian suurella jännite-, taajuus-, tai kulmaerolla. Verkkokatkaisijan kiinnikytkeytymisen jälkeen on nostettava generaattorin tehoa, ettei takatehon suojaus laukea. (Mörsky 1993, 351)

2.2.1 Tahdissaolon valvonta

Tahdissaolon valvonta suoritetaan kantaverkon asemilla ja paikoissa, jossa eroonkytkeytyminen saarekekäyttöiksi on mahdollista suorittaa. Kiinniohjauskäsky katkaisijalle sallitaan vain silloin, kun tahdistusehdot täyttyvät katkaisijan molemmilla puolilla. (Mörsky 1993, 352)

2.2.2 Loistehon ja jännitteen säätö

Kun muutetaan magnetointivirran suuruutta, pystytään säätämään jännitettä sekä loistehoa. Ylimagnetointi on tapa, jolla voidaan lisätä induktiivista loistehoa sekä nostaa jännitettä, mutta alimagnetointi sen sijaan lisää kapasitiivista loistehoa ja alentaa jännitettä. Pätötehoa säädetään generaattorilla, kun säädetään pyörittävän laitteen tehoa, eikä sitä ole mahdollista muuttaa säätämällä magnetointivirtaa. Generaattoreilla ei yleensä kannata yleensä tuottaa loistehoa kuin sähköverkon häiriötilanteissa enempää kuin laitos tarvitsee. Se johtuu verkon siirtohäviöistä. Loisteho kompensoidaan kondensaattoreilla ja tällöin generaattoreilla tuotetaan loistehoa vain siirtojohtojen loistehon kompensointitarpeen verran. (Voimalaitostekniikka 2013, 302)

2.3 Generaattoreiden suojausmenetelmät

Sähköverkon kallein ja tärkein yksittäinen osa on generaattori. Se joutuu monille eri rasitukselle alttiiksi, minkä takia generaattorisuojauksessa tulee ottaa huomioon monenlaisten häiriöiden syntymistavat. Suojalaitteet eivät saa toimia tarpeettomasti, joten se on stabiiliuden, taloudellisuuden sekä sähkön laadun kannalta estettävä. (Mörsky 1993, 141)

Suojausta suunniteltaessa tulee aloittaa häiriömekanismeista ja suojaustarpeesta, joita suojattava kohde vaatii. Suojauksen toteuttamisessa varaudutaan seuraaviin seikkoihin:

- staattorin ylivirta
- staattorin ulkopuolinen oikosulku
- yllämpötila
- staattorin käämisulku
- staattorin kierrossulku
- staattorin maasulku
- staattorin ylijännite
- roottorin ylivirta
- roottorin kierrossulku

- roottorin maasulku
- roottorin ylijännite
- epäsymmetrinen kuorma
- alimagnetointi
- epätahtikäyttö
- taajuuspoikkeama
- laakerivirta
- takateho
- ryntäys
- magnetointijärjestelmän toimintahäiriöt
- tulipalo. (Mörsky 1993, 141-142)

Suojauslaitteiden käyttö on tapauskohtaisesti harkittava. Suojaustaso valitaan riippuen aiheutuvan riskin suuruudesta, laitoksen koosta sekä mahdollisen keskeytysvahingon aiheuttamien seurauksien merkityksestä. Suojauslaitteiden liika käyttö voi aiheuttaa lisää häiriölähteitä. (Mörsky 1993, 141)

2.3.1 Erovirtasuojaus

Differentiaalisuojausta eli erovirtasuojauksia käytetään generaattorin ensisijaisena suojauksena. Differentiaalisuojauksen toimintaperiaate on, että suojattavaan kohteeseen menevä virta on sama kuin kohteesta ulos tuleva virta silloin kun se on häiriötön. Silloin myös toisiopiirissä kiertää saman suuruinen virta. Jos virtaa poistuu käämistä poikittaissuuntaan, on virtojen erotuksen kuljettava releen kautta. Silloin rele toimii ja aiheuttaa tarvittavat kytkennät. (Ahokas 2011, 36; Mörsky 1993, 46)

Muuntajien erot aiheuttavat eroja virtojen välille, mikä laukaisee releen. Näin muuntajien on oltava mahdollisimman samanlaisia, jotta tältä vältyttäisiin. (Ahokas 2011, 37; Mörsky 1993, 49)

2.3.2 Impedanssisuojaus

Impedanssisuoja estää generaattoria syöttämästä vikapaikkaan vikavirtaa pitkityneen oikosulun aikana. Jos verkon suojaireleet eivät reagoi vikaan ja generaattori sekä päämuuntaja ovat vaarassa rikkoutua, irrotetaan generaattori verkosta. Generaattorin liittimistä mitatun jännitteen avulla mitataan generaattorin nollajohdimesta virta, josta suoja sitten laskee impedanssin. Impedanssisuoja toimii generaattorin ja päämuuntajan suojana. Se toimii myös erovirtasuojan varasuojana, koska oikosuluille tulee määritellä mahdollisimman pieni aikaviive. Samalla toiminta-alueella olevien releiden asetteluarvot tulee ottaa huomioon aseteltaessa verkossa tapahtuvien vikojen laukaisuviiveitä. Toimintaviive on mahdollista asettaa suojaireleelle, jotta suoja ei erota generaattoria turhaan. (Ahokas 2011, 45)

2.3.3 Ylivirtasuojaus

Ylivirtoja varten, jotka tulevat ulkopuolelta, on järjestettävä aina oikosulkusuoja. Oikosulkusuojana käytetään yleensä ylivirta-aikareleitä, joista paras selektiivisyys saadaan vakioaikareleillä. (Mörsky 1993, 142)

Vakioaikaylivirtareleen toimii tilanteissa, joissa erovirtasuoja on mennyt vikatilaan tai ei reagoi vikaan. Ylivirtarele laukeaa myös sellaisissa tilanteissa, joissa oikosulku ei ylitä erovirtasuojalle aseteltuja arvoja. Tämä estää generaattorin rikkoontumisen. Vikavirta voi laskea nopeasti ylivirtasuojien havahtumisarvojen alle generaattorissa oikosulun sattuessa, jos magnetointivirta on otettu generaattorin navoilta tai manuaalisen jännitteensäätäjän kautta. Vikavirran nopea lasku johtuu magnetoinnin katoamisesta oikosulussa. (Ahokas 2011, 37. Mörsky 1993, 143)

2.3.4 Ylikuormitussuojaus

Eri käyttö- ja vikatilanteissa voivat virrat nousta niin korkeiksi, että ne aiheuttavat vahinkoa generaattorille. Lämpötilan nousu voi johtua myös viasta jäähdytysjärjestelmässä tai käämityksessä, mutta generaattorit on suunniteltu kestämään hetken ajan nousseita virtoja ja lämpötiloja. Liialliseksi nousseita arvoja suojataan generaattorin ylikuormitussuojalla, jona käytetään yleensä kaksiportaista termistä releitä vähintään yhdessä vaiheessa. Ensiksi releestä saadaan hälytys ja sitten korkeammassa lämpötilassa laukaisu. (Ahokas 2011, 40. Mörsky 1993, 145.)

Suurissa generaattoreissa käytetään lämpötilan valvontaa sekä kaukomittausta lämpötila-antureiden avulla. Valvottavia arvoja voidaan lukea näytöstä ja vian satuesssa tulee hälytys. (Mörsky 1993, 145.)

2.3.5 Maasulkusuojaus

Generaattorin staattorissa tapahtuvan maasulusta johtuva vikavirta voi aiheuttaa staattorille haittaa ja se on näin ollen suojattava maasulun varalta. Suojausmenetelmä riippuu staattorin maadoituksesta. Suuren impedanssin maadoituksen avulla maadoitetun generaattorin suojauksen tarkkuudella on suurempi merkitys kuin suojauksen nopeudella. Tämä johtuu vikavirran pienuudesta. Sen sijaan jos staattorin maadoituksessa on pieni impedanssi, on nopeus tärkeämpää. Mikäli generaattori on maadoitettu jakelu- tai blokkimuuntajan kautta voidaan maasulku havaita nollajohtimen kautta. Muuntajan ollessa käytössä on suojarele kytketty rinnan muuntajan toisiopuolella sijaitsevan resistanssin tai reaktanssin kanssa. Jos staattorikäymissä on maasulku, pystyy rele havaitsemaan sen nollajohtimessa tapahtuman jännitteen nousun. (Ahokas 2011, 35. Mörsky 1993, 150)

Edellä mainituilla suojaustavoilla saadaan suojattua ainakin 95 % kaikista staattorin maasulkutilanteista. Loput 2,5- 5 % maasuluista tapahtuvat nollajohtimen lähellä jäävät suojaamatta. Tätä varten on ollut pakko kehittää omat menetelmät,

joilla voidaan havaita kaikki lähellä nollajohdinta tapahtuvat maasulut. (Mörsky 1993, 151.)

Menetelmiä on kaksi. Ensimmäinen menetelmä perustuu harmonisiin yliaaltoihin, sillä ne eivät kumoa toisiaan nollajohtimessa, koska ovat samassa vaiheessa keskenään. Tässä menetelmässä seurataan varsinkin kolmannen harmonisen yliaallon jännitettä, koska se on yliaaltojännitteistä suurin ja sen suuruus riippuu, sekä nollajohtimessa että generaattorin liittimissä, maasulun sijainnista staattori-käämityksessä. Yliaallot riippuvat paljon generaattorista ja niiden kuormista, mikä voi vaikeuttaa suojausten toteuttamista. (Ahokas 2011, 35)

Toisessa tavassa mitataan aliharmonisella taajuudella syötetyn jännitteen tuottamaa virtaa. Näitä suojausmenetelmiä yhdistämällä saadaan 100 % staattorissa tapahtuvista maasuluista havaittua. (Ahokas 2011, 35; Mörsky 1993, 153)

Roottori on suunniteltu teoriassa toimimaan ilman maadoitusta, joten yksittäisestä maasulusta ei ole haittaa ja sillä ei ole mitään vaikutusta generaattorin toimintaan. Toisen maasulun sattuessa tilanne onkin vakava ja vauriot voivat olla todella suuret. Tämän takia jo ensimmäisen maasulun sattuessa tulee generaattori ottaa pois käytöstä ja totta kai korjata se. Usean maasulun takia roottori voidaan joutua vaihtamaan kokonaan. Harjallisessa tahtigeneraattorissa suojarole tunnistaa vuotovirran, joka kulkee magnetointikämin ja maan välillä ja seuraa sen muutoksia. Harjattoman tahtigeneraattorin suojalaitteisto ei sen sijaan valvo roottoria vaan suojaus toteutetaan magnetointilaitteiston piirissä. (Mörsky 1993, 157.)

2.3.6 Jännitesuojaus

Staattorin ylijännitesuojan tarkoituksena on suojata generaattoria ja sen kojeistoja haitallisen suurilta jänniteiltä. Jännite voi kohota liian suureksi jos voimakone ryntää, kuormitus häviää äkillisesti tai jännitesäätäjä rikkoutuu. Ylijännitteet aiheuttavat erilaisia vaurioita eristyksille sekä suuren magneettivuon tiheyden, kun

jännitteen ja taajuuden suhde kasvaa. Näiden suojaus toteutetaan ylijännitereleellä, joka avaa nopeasti generaattorin pääkatkaisijan, heikentää tai poistaa magnetoinnin sekä lopuksi pysäyttää voimakoneen jos tarve niin vaatii. Tässä tulee käyttää apuna myös apurelettä, koska ylijännitereleen tulee jakaa kytkentävirike usealle kohteelle. (Mörsky 1993, 153- 155.)

Roottorissa ylijännitteitä syntyy generaattorin epäsymmetrisessä oikosulussa tai epätahti-käytössä. Nämä aiheutuneet ylijännitteet voivat aiheuttaa roottoriin eristeaurioihin. (Mörsky 1993, 160.)

Roottorikäämi voidaan varustaa rajoitussuojalla, joka rajoittaa ylijännitteitä. Magnetoinnin toteutuksesta riippuu, että mikä suoja tulee käyttöön. Näitä suoja ovat mm. venttiilisuoja, ylijänniterele tai harjattomalla magnetoinnilla vaimennusvastukset ja – käämitykset. Ylijänniterele voidaan laittaa myös laukaisemaan turvalaitteet. (Mörsky 1993, 161.)

Alijännite:

Alijänniterele toimii silloin, kun jännite on pienempi kuin sen aseteltu toimintarvo. Alijännitereleiden tulee toimia myös lyhytaikaisten jännitevaihtelujen aikana, jotta ei tulisi turhia käyttökeskeytyksiä. Tämän takia releiden toimintajännitteitä tulee voida asetella noin 50% asti nimellisjännitteestä. Niillä tulee olla myös aikahidastus. (Mörsky 1993, 38-39.)

2.3.7 Takatehosuojaus

Takatehotilanteessa generaattori alkaa ottaa verkosta tehoa sen sijaan, että itse tuottaisi sitä. Takatehoreleitä käytetään, jotta generaattori ei toimisi moottorina. Takatehosuojaa käytetäänkin suurten tahtigeneraattorien yhteydessä voimakoneen häviöiden takia. Vika voidaan havaita tehoreleellä, joka erottaa generaattorin verkosta, kun teho siirtyy generaattoriin päin. Dieselmoottorin vahingoittumisen riski on suuri, koska sylinterien suuri vastapaine aiheuttaa akselille suuria

mekaanisia rasituksia. Mikäli laukaisu ei ole tarpeeksi nopea, laakeri on ensimmäisenä vaarassa tuhoutua. (Mörsky 1993, 165- 166.)

Generaattoria tahdistettaessa verkkoon syntyy aina pientä takatehoa, näin ollen takatehorelettä ei kannata virittää liian herkäksi tai se aiheuttaisi katkaisun vaarattomassakin tilanteessa. Myös riittävä hitaus on tarpeen verkon tehojen heilahdusten takia. (Mörsky 1993, 166.)

2.3.8 Taajuussuojaus

Sähköverkon taajuus on 50 Hz, mutta verkossa tapahtuvien tilanteiden takia taajuus saattaa vaihdella. Taajuus nousee, kun tehoa tuotetaan sillä hetkellä enemmän kuin kulutetaan. Taajuus voi myös nousta jos tehoa tuotetaankin liian vähän, mutta myös jos jokin suuri sähköä tuottava tuotantolaitos irtoaa verkosta. Alitaajuus on paljon haitallisempi ja vaikeammin korjattava kuin yli-taajuus. Taajuusvaje voi generaattoreiden toimintarajojen ylittymiseen. (Mörsky 1993, 40, 155-156.)

Taajuusreleiden tehtävä on aiheuttaa automaattisesti tarpeellisia kytkentöjä, kun taajuus on joko liian suuri tai pieni. Tahtigeneraattorin taajuuden nousu viittaa yleensä tehonsäätäjän vioittumiseen. Taajuussuojaus järjestetään taajuusreleellä, joka kytketään generaattorin jännitteeseen. Sen tulee erottaa generaattori verkosta ja pysäyttää generaattori, kun jännitteen taajuus ylittää asetellun rajan. Näin saadaan pyörimisnopeuden vaarallinen kasvu estettyä. (Mörsky 1993, 40. 155- 156.)

2.3.9 Magnetointijärjestelmän suojaus

Magnetointijärjestelmään kuuluvat:

- magnetointivirtalähde
- jänniteensäätäjä
- kentänheikennysjärjestelmä

- apulaitteet.

Kentänheikennysjärjestelmän tarkoitus on katkaista magnetointipiiriin tapahtuva tehonsyöttö sekä generaattorissa olevan magneettisen energian poisto. Generaattori on myös samalla laukaistava irti verkosta. Eroamisen voi toteuttaa vaikkapa erillisellä laukaisukäskyllä generaattori- tai verkkokatkaisijalle. (Mörsky 1993, 167.)

Alimagnetointi:

Alimagnetointitilanne saa alkunsa, kun generaattorin magnetointi ei enää pätehotasolla riitä, vaan loisteho menee niin kapasitiiviselle puolelle, että stabiilisuus saatetaan menettää. Generaattori saattaa joutua alimagnetointi-alueelle esimerkiksi magnetointilaitteistossa olevan vian takia tai jostain muusta viasta, joka estää magneettikentän muodostamisen. Generaattorin sisäisen jännitteen lasku heikentää roottorin ja staattorin välistä yhteyttä, mitkä ovat haitallisia niin sähköverkolle kuin generaattorille. Magnetointivirran pudotessa liian paljon, alkaa generaattorin ottaa magnetointivirtaa sähköverkosta. Tämä voi ylittää generaattorin toimintarajat.

Suojaus toteutetaan mittaamalla impedanssi vaihtelua generaattorin liittimistä ja aseteltujen arvojen ylittyessä antaa generaattorikatkaisijalle käskyn. (Mörsky 1993, 162- 165.)

Ylimagnetointi:

Ylimagnetointisuojaus suojaa generaattoria ja muuntajaa ylimagnetoitumiselta, joka saadaan mitattua mittaamalla jännitteen ja taajuuden suhdetta. Ylimagnetoinnin raja alkaa 105%:sta jolloin generaattori on käytössä täydellä kuormalla. Ylimagnetointia voi esiintyä esimerkiksi generaattorissa, kun sitä käynnistetään ja taajuus laskee. Jos ylimagnetointitilanne pääsee tapahtumaan, silloin magneettivuo tihenee, jonka vuoksi rakenteet alkavat kyllästyään. Tästä syntyvä

lisälämpö saa aikaan eristeiden vikaantumista. Myös muita haittoja voi ilmaantua. Näitä voivat olla rakenteissa kasvavat pyörrevirrat. (Ahokas 2011, 43.)

Ylimagnetointisuoja toteutetaan asettelemalla ylimagnetointisuojuarele ja jännitteensäätäjän rajoitin toimimaan aiemmin kuin generaattorin päämuuntajan sallitut rajat. Ylimagnetoitumisen rajoitustoiminto asetellaan sen sijaan toimimaan ylimagnetointisuojuarelettä pienemmillä arvoilla. Rajoittimen tarkoituksena on korjata tilanne aikaviiveen aikana, mikä on aseteltu ennen suojuareleen toimintaa. Ylimagnetointisuoja laukaisee generaattorin pois verkosta silloin kun automaattinen jännitteensäätjä menee vikatilaan sekä silloin kun rajoitin ei enää toimi. (Ahokas 2011, 43.)

2.3.10 Epätahtikäyttösuojaus

Tahtigeneraattorin pudotessa tahdistusta se joutuu epätahtikäyttöön, joka saa aikaan suuria virta- ja jännitesysäyksiä sekä paikallista kuumenemista. Siitä aiheutuu myös mekaanisia rasituksia generaattorin sekä turbiinin akselille ja perustuksille. Tämä epätahtikäyttö häiritsee myös verkkoa ja sen käyttäjiä. Silloin otetaan loistehoa verkosta, pyöriminen tapahtuu nopeammin sekä jännite on pienentynyt merkittävästi. Näiden syiden takia generaattori on kytkettävä irti verkosta välittömästi sen joutuessa epätahtikäyttöön. (Mörsky 1993, 162- 163)

Generaattorin joutumista epätahtitilaan voidaan tarkkailla sen liittimien impedansseista. Impedanssit vaihtelevat tietyllä kaavalla epästabieleissa tilanteissa ja näin ollen se voi aiheuttaa tahtikäytön menettämistä. Suojauksena käytetään erillistä epätahtisuojausta, koska muut generaattoria suojaavat releet eivät suojaa siltä. Mitä nopeammin generaattori irrotetaan verkosta, sitä pienemmiksi jäävät vahingot. (Ahokas 2011, 39)

2.4 Suojareleet

2.4.1 Sähkömekaaniset releet

Ensimmäiset käytössä olleet suojareleet olivat ensiö- eli primäärireleitä, jotka kytetään suojattavaan virtapiiriin. Primäärireleet vapauttivat välitangon avulla katkaisijan laukaisujousen virran ylittäessä asetteluarvon. Ensiöreleitä teknisempiä ja taloudellisempia ovat mittamuuntajien toisioon liitettävät toisioreleet. Niitä voi myös koestaa käytön aikana, mitä ei ole mahdollista ensiöreleillä. Sähkömekaaniset releet tarvitsevat energiaa, jonka ne ottavat mittamuuntajista. Mittamuuntajien taakka saattaa olla tämän takia monia kymmeniä voltiampeereita. Tämä haittaa totta kai mittamuuntajien toistokykyä. Tämän takia mekaaniset releet eivät häiriidy herkästi ulkoisista häiriöistä. (Mörsky 1993, 22)

Mekaanisilla releillä on sama toimintaperiaate kuin osoittavilla mittareilla eli ne mittaavat sähkösuureen tehollis- tai keskiarvoa. Releet liitetään yleensä suojattavaan virtapiiriin mittamuuntajan välityksellä, jolloin puhutaan toisioreleistä. Sähkömekaaniset releet ovat hitaita ja epätarkkoja. Sähkömekaanisia releitä ei edellä mainittujen syiden takia enää valmisteta, mutta ne ovat pitkäikäisiä ja sen takia niitä on edelleenkin käytössä. (Mörsky 1993, 22)

Mekaanisessa rele sisältää paljon liikkuvia osia ja näin ollen ne tarvitsevat rutkasti huoltoa. Jos niitä huoltaa säännöllisesti niin ne toimivat suhteellisen luotettavasti. (Mörsky 1993, 22)

2.4.2 Staattiset releet

Staattiset releet ottavat apuenergian erillisestä apusähköliitännästä, jonka vuoksi mittauspiirin kuormitus jää hyvin pieneksi. Tämän takia lähtöreleenä voidaan käyttää apurelettä, jossa on tarpeeksi koskettimia niin hälytystä kuin laukausta varten. Erillistä välirelettä ei täten tarvita, vaan lähtökoskettimilla pystytään suojaamaan katkaisijaa. Välireleet hidastavat suojausta noin 20...40ms, joten varsinkin nopeissa releissä välireleettömyys on tärkeää. (Mörsky 1993, 24)

Staattinen rele liitetään mittamuuntajan toisiopiiriin sovitusmuuntajan välityksellä. Sovitusmuuntajalla muutetaan virta ja jännite elektroniikkaan sopivaksi. Virta saadaan muutettua sovitusmuuntajan toisioon liitettävällä vastuksella. (Mörsky 1993, 24)

Sovitusmuuntaja suojaa elektroniikkaa termisiltä ja dynaamisiltä rasituksilta, jotka aiheutuvat ylivirroista ja – jännitteistä. Tämä on syy, jonka takia staattisten releiden terminen kestoisuus on satakertainen virtamuuntajan toisioon nimellisvirtaan verrattuna. (Mörsky 1993, 24)

Staattiset releet ovat mekaanisia releitä huomattavasti tarkempia ja nopeampia. Asettelualueet ovat myös laajoja. Staattinen rele tarvitsee myös huomattavasti vähemmän tilaa kuin mekaaninen. (Mörsky 1993, 24)

Elektroniikan avulla useita eri toimintoja pystytään kokoamaan samaan releeseen. Näin esimerkiksi generaattorin suojarele sisältää kaikki tarvittavat suojat. Tämän takia onkin parempi puhua releyksiköstä kuin releestä. (Mörsky 1993, 25)

2.4.3 Numeeriset releet

Mikroprosessorien ilmaantumisen takia digitaalinen signaalinkäsittely on syrjäyttänyt staattisten suojareleiden toteutustekniikan. Numeerisille releille on tunnusomaista, että kosketintietojen lisäksi ne lähettävät myös muuta tietoa. Tieto menee kahteen suuntaan: releeltä luetaan mittaus-, tila- ja asetteluarvoja, kun taas rele ottaa vastaan ohjaus- ja asettelutietoja. Suojarele ei siis ainoastaan suojaa vaan se myös toimii tiedonkeruuyksikkönä muille järjestelmille. (Mörsky 1993, 25-26)

Numeerinen rele havahtuu välittömästi, jos vikavirta pääsee ylittämään kaksinkertaisesti asetteluarvonsa. Myös virheellinen toiminta on estetty siten, että siinä täytyy vähintään kahden jakson ylittää annettu asetteluarvo, ennen kuin releessä tapahtuu havahtuminen. (Mörsky 1993, 25)

Numeerisissa suojareleissä on itsetestaustoiminto, jonka avulla se valvoo omaa toimintaansa ja estää samalla virhetoiminnot, eikä aiheuta virhelaukaisua. Valvontapiiri valvoo toimintapiirissään olevaa relettä lähettämällä pulsseja. Mikäli rele ei vastaanota pulsseja, niin valvontaohjelma prosessoreiden avulla estää releen toiminnan ja pyrkii palauttamaan releen toimintakuntoon käynnistämällä sen uudelleen. Lisäksi rele hälyttää välittömästi, jos se on vikaantunut. Eli käytössä ei voi olla viallisia releitä käyttäjän tietämättä. (Mörsky 1993, 34- 35.)

3 OLEMASSA OLEVA OPPIMISYMPÄRISTÖ

Lapin ammattikorkeakoulun Sähkövoimatekniikan opetusjärjestelmä (kuva 5) on toteutettu täysin oikeilla sähkölaitteilla ja sillä voidaan simuloida kuvitteellisen kunnan sähkönjakelujärjestelmää. Sillä pystytään simuloimaan normaaleja sähköverkoston toimenpiteitä. Tätä laitteistokokonaisuutta kutsutaan nimellä 110 kV demokenttä ja 10 kV keskijännitekojeisto. Liitteessä 3 näkyy koko laitteiston pääkaavio. Järjestelmä on toteutettu komponenteilla, jotka normaalisti käyvät kyseisille jännitteille. Turvallisuussyistä johtuen järjestelmää käytetään vain 400/230 VAC verkkojännitteellä. Generaattorin saarekekäytössä ei käytetä 110 kV demokenttää, joten sitä ei esitellä tarkemmin.



Kuva 5. 110 kV / 10 kV oppimisympäristö.

3.1 Generaattori

Koulun demolaitteistoon kuuluu 30 kVA tahtigeneraattori, joka sijaitsee laboratoriotilan vieressä olevassa generaattori- ja testaushuoneessa. Generaattorina käytetään dieselgeneraattoria, joka on varustettu dieselmoottorilla (kuva 6). Generaattorin on valmistanut slovakialainen TTS Martin.



Kuva 6. Generaattori.

Generaattorin kilpiarvot näkyvät kuvasta 7.

		03842 Pribovce 343, SLOVAKIA Tel./Fax: +421/43/42 94 026 E-mail: tts@tts-martin.sk			
ELEKTRICKÝ ZDROJOVÝ AGREGÁT GENERATING SET		MP 30 I		ISO	
VÝR. ČÍSLO SERIAL NUMBER		G 1863		ROK VÝROBY YEAR OF MANUFACTURE	
		2013		8528	
MENOVITÝ VÝKON RATED POWER		30 24		kVA kW	
MENOVITÝ ÚČINNÍK RATED POWER FACTOR		COS φ 0,8		PREVÁDZKA DUTY	
MENOVITÁ FREKVENCIA RATED FREQUENCY		50 Hz		TRIEDA VYHOTOVENIA PERFORMANCE CLASS	
MENOVITÉ NAPÄTIE RATED VOLTAGE		400 V		G3	
MENOVITÝ PRÚD RATED CURRENT		43,3 A		POČET FÁZ PHASE	
		MENOVITÉ OTÁČKY RATED SPEED		3	
		1500 min ⁻¹		OVLÁDACIE NAPÄTIE AUXILIARY VOLTAGE	
		12 V		MAXIMÁLNA NADMORSKÁ VÝŠKA INŠTALÁCIE MAXIMUM SITE ALTITUDE OF INSTALLATION	
		1000 m		HMOTNOSŤ MASS	
		40 °C		989 kg	
		MAXIMÁLNA TEPLOTA OKOLIA MAXIMUM AMBIENT TEMPERATURE		HLUCNOSŤ NOISE LEVEL	
		90 °C		90 LWA	

Kuva 7. Generaattorin kilpiarvot.

Generaattoria ohjataan Inteligen- ohjauspaneelista (kuva 8), jossa sijaitsee generaattorin ohjain, synchronoskooppi, manuaalikäytön painonapit, moottorin esilämmitin sekä rinnanajon valintakytkin.

Generaattorin tahdistuksen verkkoon voi tehdä kahdesta eri paikasta. Yksi paikka on generaattorihuoneen vieressä oleva generaattorikatkaisijan avulla (kuva 8).

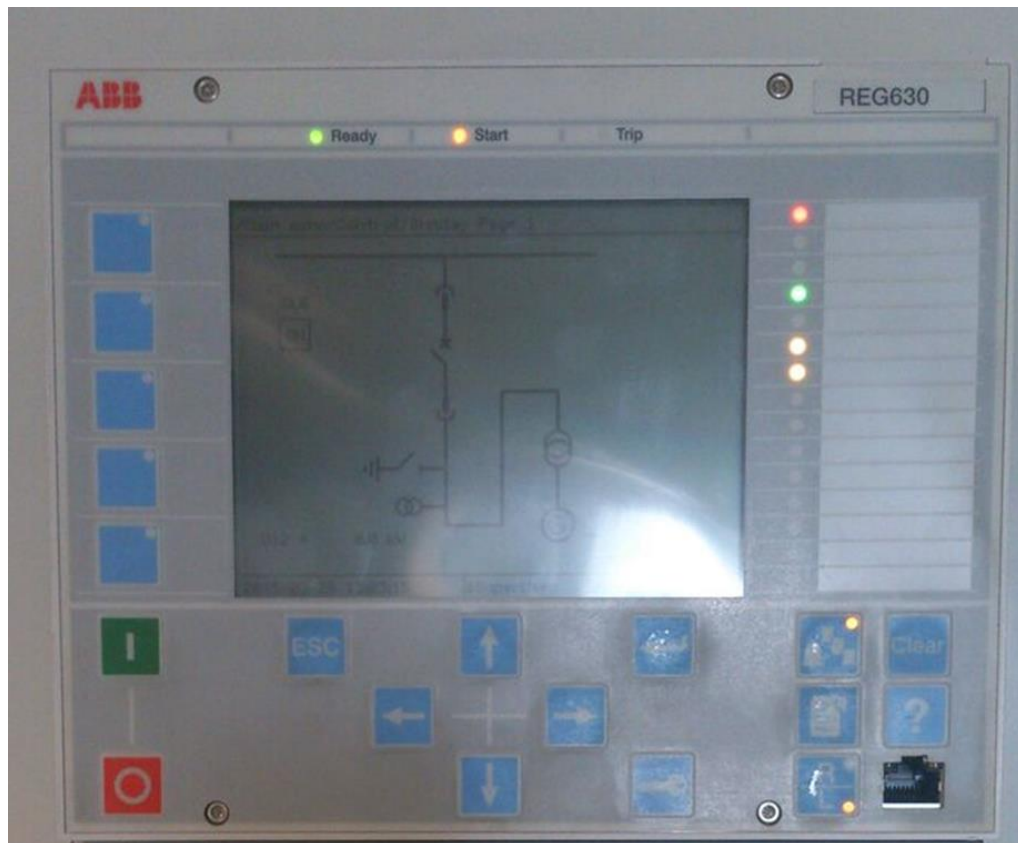
Toinen paikka on kojeistolla kennon H03 kautta. Molemmissa paikoissa tahdistuksen voi tehdä joko automaattisesti tai käsin.



Kuva 8. Generaattorin ohjauspaneeli.

10 kV kojeiston kennon H03 eli generaattorilähdön ohjauspainikkeilla voidaan generaattori tahdistaa valtakunnan verkkoon tai ajaa demolaitteistoa saarekkeena. Kennossa on ohjauspainikkeet, joiden avulla tahdistus sekä säädöt voidaan tehdä.

Generaattorin suojaus toteutetaan ABB:n valmistamalla REG630 suojaareleellä (kuva 9). Suojaustoimintoja on mm. ylivirtasuojauus, taajuussuojauus, ylikuormitus-suojauus, katkaisijavikasuojauus ja takatehosuojauus. Suojauskaavio on liitteessä 4, jossa ei ole kaikki tämän suojaareleen suojaukset kumminkaan esitettyinä.



Kuva 9. REG630.

Generaattoria voidaan käyttää katkaisijoiden avulla syöttämään valtakunnan verkkoa. Tässä työssä käsitellään generaattorin käyttöä saarekekäytössä. Saarekekäytössä syötetään ainoastaan koulun demolaitteiston 10 kV kojeistoa ja sen eri lähtöjä. Lähdöt esitellään tarkemmin myöhemmin opinnäytetyössä.

Generaattorilla voidaan syöttää myös 63 A pistorasiaa tai jo aiemmin mainittua 10 kV kojeistoa ja tämän valinnan voi tehdä generaattorihuoneessa olevasta valintakytkimestä.

3.2 10 kV kojeisto

10 kV kojeisto (kuva 10) on toteutettu ABB UniSec -ilmaeristetyillä kuivakatkaisijoilla. Nimellisvirrat katkaisijoille ovat 630 A ja oikosulkukestoisuus on 31,5 kA. Katkaisijoilla pystytään simuloimaan monipuolisia kytkentöjä ja ohjata sähköä eri paikkoihin kuten moottorikeskukselle, muuntajalle tai ilmajohdolle, joka sijaitsee

koulun sisäpihalla. Kojeistot on suunniteltu 10 kV jännitteelle, mutta kuten aiemmin mainittiin, turvallisuussyistä johtuen niissä käytetään 400 voltin jännitettä. Katkaisijoiden ohjaukset tehdään valvomon avulla (Microscada) tai sitten kennon ylälaudassa näkyvien releiden kautta (esim. REG630).



Kuva 10. 10 kV kojeisto.

3.2.1 Generaattorilähtö

Generaattori on kytketty katkaisijalähtöön H03. Generaattorilla voidaan syöttää 63A pistorasiaan tai 10 kV kojeistoon 400/230 VAC jännitettä. Generaattori voidaan tahdistaa verkkoon ja generaattorilla voidaan säätää verkon loistehoa.

3.2.2 Moottorilähtö

Kojeistossa on myös moottorilähtö, jota syötetään lähdöstä H04. Moottorina käytetään 11 kW oikosulkumoottoria (kuva 11). Moottori on laboratoriotilan testahuoneessa, jossa myös generaattori sijaitsee. Moottorin suojataan ja ohjataan REM615- suojareleellä. Se suojaa moottoria kaikilta mahdollisilta häiriötiloilta, kuten esimerkiksi kolmivaiheinen terminen ylikuormasuoja, vakioaikatoimintaiset ylivirtasuojat, maasulkusuojat, yli- ja alijännitesuojat, maasulkusuoja ja monilta muilta.



Kuva 11. Testaushuoneen oikosulkumoottori.

3.2.3 Muuntajalähtö

Lähtöön H05 on kytketty 16 kVA jakelumuuntaja (kuva 12), joka sijaitsee samassa laboratoriotilassa kuin kojeistokin. Muuntajaa syötetään katkaisijalla, joka sijaitsee siis lähdössä H05 ja tämän muuntajan avulla voidaan simuloida erilaisia kytkeä-, kuormitus- ja vikatilanteita jakeluverkossa. Lähdössä olevan RET615-suojareleen ja katkaisijan avulla muuntaja voidaan kytkeä irti verkon vikatilanteissa. Muuntajalähtöä käytetään tässä opinnäytetyössä kahdella eri tavalla kuormitettuna.



Kuva 12. Jakelumuuntaja.

3.2.4 Johtolähtö

Kojeistoon kuuluu myös johtolähtö, jota syötetään lähdöstä H06. Johtolähtö läh-
tee kaapelin avulla kytkinasemalta. Paikassa, jossa kaapeli vaihtuu avojohdoksi,
on avojohdon alussa kuormanerotin, jota ohjataan langattomalla radiomodee-
milla. Ilmalinjan lopussa sijaitsee pylväsmuuntamo, missä jännite vaihdetaan
pienjännitejakelujännitteeksi 400/230 VAC. Ilmalinja sijaitsee koulun sisäpihalta
ja näkyy kuvasta 13. Ilmalinja suojataan REF615 suojarieleellä, joka on ohjelmoitu
suojaamaan mm. ylivirtaa ja maasulkua vastaan. Se on myös varustettu pika- ja
aikajälleenkytkennöillä sekä muilla tarvittavilla mittauksilla.



Kuva 13. Ilmalinja.

3.3 Microscada

MicroSCADA Pro on käytönvalvontajärjestelmä, jolla voidaan reaaliaikaisesti monitoroida ja ohjata sähkönjakeluasemien pää- ja toisilaitteita graafisen näkymän avulla.

MicroSCADA:ssa on seuraavat päätoiminnot:

- tapahtumatietojen hallinta
- verkon kytkentätilanteen hallinta
- kaukoasettelut
- kauko-ohjaukset
- raportointi.

MicroSCADAlla on mahdollista saada yhdelle ruudulle selvä yleiskuva koko prosessista tai vain sen tietystä osasta. Tämän avulla nähdään prosessin tilat sekä mahdolliset viat ja näin ollen puuttua vikaan mahdollisimman nopeasti. Prosessin jännitetasot ja kytkennät nähdään heti, koska käyttöliittymään on määritelty omat värit maadoitetuille, jännitteellisille sekä jännitteettömille osille.

MicroSCADAn avulla henkilövahingot ovat minimissä, koska katkaisijat ja erottimet voidaan avata ja sulkea valvomosta. Ohjelmaan on mahdollista luoda eri tason käyttöoikeuksia jolla voidaan välttää laitteiden väärinkäyttöä.

Ohjelmistossa on myös tapahtumaloki sekä häiriöloki. Tämän avulla pystytään analysoimaan laitteiston toimintaa muun muassa vikatilanteessa ja korjaavien toimenpiteiden suorittamisessa. Korjaaminen nopeutuu ja laitteistot saadaan näin ollen nopeammin korjattua.

Ohjelmistossa olevilla automaatioasetuksilla voidaan optimoida laitteen huoltoa eli huolto voidaan tehdä silloin kun halutaan. Sillä voidaan luoda automaattisia hälytyksiä muun muassa katkaisijan sulkeutumisten määrälle ja moottorin käynnistymiskerroille. (Microscada pro- esite 2014)

3.4 REG630

REG630 on pienille ja keskikokoisille generaattoreille suojauksen, ohjauksen, mittauksen ja valvonnan kattava älykäs suojalaite eli IED (Intelligent electronic device). REG630 kuuluu ABB:n Relion® tuoteperheeseen, jolle on ominaista sen skaalautuvuus ja joustavuus konfiguroinnissa. REG630 tukee eri kommunikatioprotokollia mukaan lukien IEC 61850, joten se tarjoaa saumatonta liitettävyyttä teollisuusautomaatiojärjestelmiin.

REG630 on vapaasti ohjelmoitava suojarole ja johon voidaan ohjelmoida useita erilaisia suojaustoimintoja. Asiakas valitsee tuotetta tilatessaan, mitkä suojaukset haluaa releeseen. REG630 suojaroleeseen voidaan lisätä tai poistaa suojaustoimintoja myös jälkikäteen mikäli asiakas näin haluaa. (REG630- manuaali 2014)

Liitteessä 5 ja 6 on ohjeistuksia REG630 käyttöön paneelilta.

Laboratoriotilan generaattorin REG630 suojaukset:

Laboratoriotilan generaattorin suoja-alue REG630 sisältää siis alla olevan taulukon mukaiset suojaustoiminnot. Laitetta voi hallita joko paneelilta tai PCM600-tietokoneohjelman avulla.

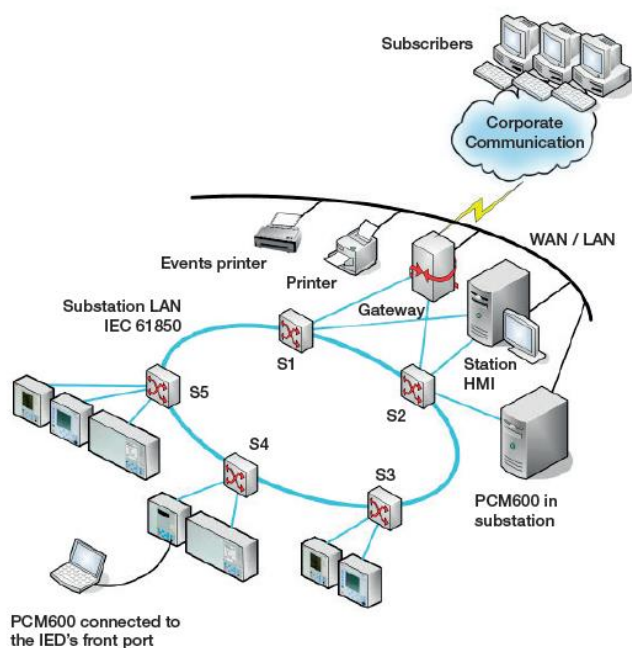
Toiminto	IEC 61850	IEC 60617
Suojaus		
Kolmivaiheinen suuntaamaton ylivirta, alempi porras	PHLPTOC	3I>
Kolmivaiheinen suuntaamaton ylivirta, ylempi porras	PHHPTOC	3I>>
Kolmivaiheinen suuntaamaton ylivirta, hetkellisporras	PHIPTOC	3I>>
Suunnattu maasulku, alempi porras	DEFLPDEF	IO> ->
Suunnattu maasulku, ylempi porras	DEFHPDEF	IO>> ->
Kolmivaiheinen terminen ylikuormitussuoja, yksi aikavakio	T2PTTR	3Ith>T
Kolmivaiheinen ylijännite	PHPTOV	3U>
Kolmivaiheinen alijännite	PHPTUV	3U<
Maasulkujännite	ROVPTOV	Uo>
Taajuuden muutosnopeus	DAPFRC	df/dt<
Ylitaajuus	DAPTOF	f>
Alitaajuus	DAPTUF	f<
Katkaisijavikasuoja	CCBRBRF	3I>/o>BF
Analoginen yleissuojaus, RTD ja mA-tulot	MAPGAPC	MAP
Jännite riippuvainen ylivirta	PHPVOC	I(U)>
Stabilisoitu erovirta laitteille	MPDIF	3dI>G/M
Kolmivaihealimagneetointi	UEXPDIS	X<
Käänteinen teho/suunta yliteho	DOPPDPR	P>

3.5 PCM600

PCM600 on ABB:n IED laitteiden hallintaohjelma, joka tarjoaa monipuolisia toimintoja, joita tarvitaan ABB:n Relion-tuoteperheen, kuten tässä opinnäytetyössä oleva REG630, suojaukseen ja kontrollointiin IED- sovelluksissa.

Tällä ohjelmalla on helppo hallita suojaus- ja kontrollilaitteita lähtien sovelluksen ja kommunikointi konfiguraatiosta häiriökäsittelyyn, mukaan lukien automaattinen häiriöraportointi.

PCM600 pystyy lukemaan IED:ltä parametreja sekä mittaustuloksia ja kirjoittamaan parametreja IED:lle.



Kuva 14. PCM600:n toiminta. (PCM600 esite/manuaali 2012)

Kuvassa 14 on havainnollistettu PCM600:n toiminta, kun se on yhdistettynä paikallisesti sekä etäohjauksena IED:lle. Kuvan alareunan kannettava tietokone on yhdistettynä IED laitteen etupaneeliin. Sinisillä yhteyksillä sen sijaan kuvataan IEC 61850-standardin yhteyksiä, jossa IED- laitteet sekä valvomolaitteiden ovat yhdistettynä. Kuvan ylälaudassa on yhteys valvomolaitteiden sekä tilaajien välillä.

PCM600-ohjelmaa pystytään myös käyttämään parametrien siirtoon koestuslaitteistolle muuttamalla ne XRIO-tiedostomuotoon. Parametrit ladataan PCM600 ohjelmaan liittämällä tietokone releen LAN porttiin. Tämän jälkeen on mahdollista muuntaa parametrit XRIO- muotoon (eXtended Relay Interface). (PCM600 manuaali 2012)

3.6 Omicron CMC 356

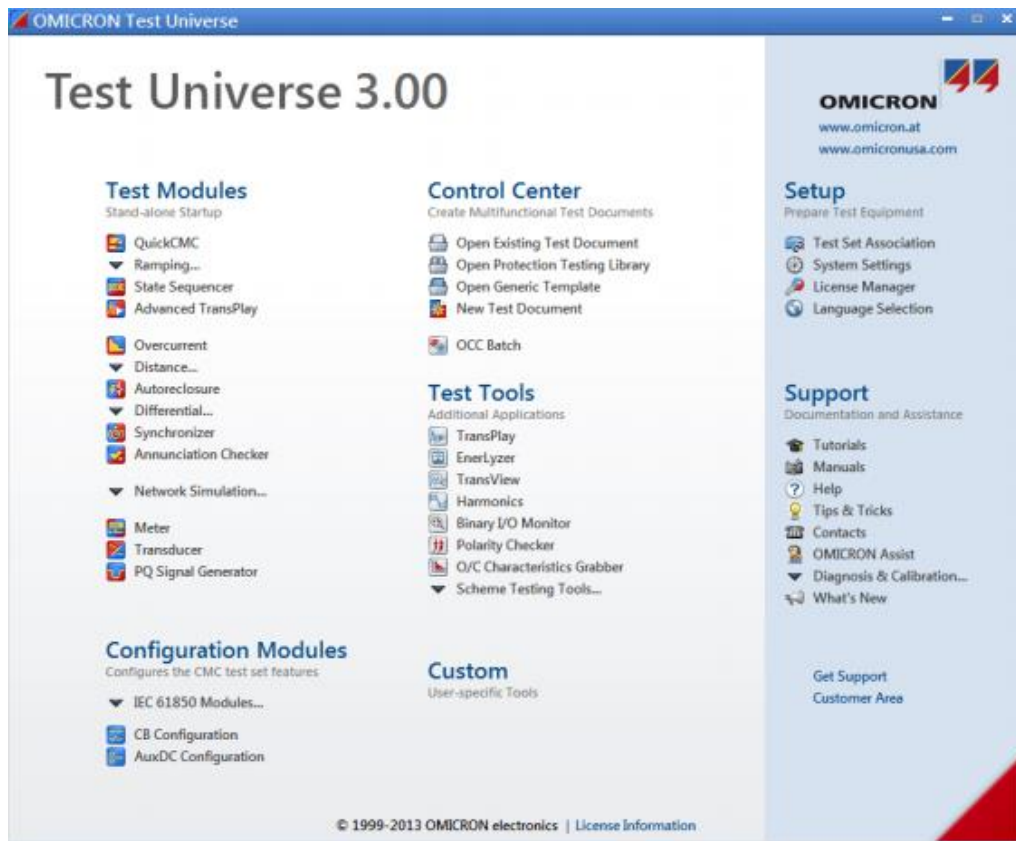
Omicron CMC 356 on laite, jolla testataan tyypillisiä suojarkeitä. Myös vanhemman sukupolven releet voidaan tällä testata. Siinä on kuusi virtakanavaa suurella dynaamisella alueella ja näin ollen mahdollistaa korkean taakan sähkömekaanisten releiden testauksen. Laitteella on helppo tehdä johdotuksen ja luotettavuuden tarkistukset. Laitteessa on myös neljä jännitekanavaa, joista jokaisesta lähtevää jännitettä pystytään muuttamaan yksilöllisesti. Virta- ja jänniteulostulokanavilla voidaan säätää itsenäisesti vaihearvoa, taajuutta sekä amplitudiarvoa.

Laitteessa on myös binääri- ja analogi-sisääntuloja, jotka määritetään Omicron Test Universe- ohjelmalla. Näitä sisääntuloja käytetään yleensä releeltä tulevien havahtumis- ja laukaisutietojen viemisessä Omicronille. Tällä saadaan laukaisun virta- ja aikatiedot. Laitteessa on myös binääri- ulostuloja. Laitteessa on myös muita lähtöjä ja tuloja, jotka löytyvät laitteen takaa. (Omicron CMC 356- esite 2014)



Kuva 15. Omicron CMC 356.

Laite tarvitsee avukseen siis myös jo mainittua Omicron Test Universe- ohjelmaa, jolla ohjataan koestuslaitetta kuten CMC 356. Ohjelman avulla saadaan monenlaisia tuloksia, jotka ovat käyttäjälle tarpeellisia. Ohjelmasta näkee myös kuinka Omicron- laite tulee kytkeä releelle. (Test Universe- esite 2014)



Kuva 16. Aloitusnäyttö.

Ohjelman aloitusnäyttö on kuten kuva 16. Suojareleen suojaustoimintoja pystytään koestamaan ohjelman erilaisten testausmoduulien avulla. Testausmoduuleja näkee kuvasta 16.

4 TYÖN SUORITUS/ GENERAATTORI SAAREKEKÄYTÖSSÄ

Saarekekäytössä generaattorilla syötetään 10 kV:n kojeistoa ja siihen liitetyjä laitteistoja. Yhteyttä 110 kV:n kytkinkenttään tai valtakunnan verkkoon ei saarekekäytössä ole.

4.1 KytKentäohjelma

Työn suorituksessa oli ensimmäisenä tehtävä kytkentäohjelma saarekekäytölle, jotta myöhemmin voidaan sitä seuraamalla pyörittää helposti generaattoria saarekekäytössä. Näitä ohjeita seuraamalla laitteistoa voidaan käyttää opetuksessa ilman, että ihmisille tai laitteistolle aiheutuu vaaraa. KytKentäohjelmassa on kolme osaa: generaattorin saarekeajon kytkeminen jännitteelliseksi manuaalisella sekä automaattisella tavalla sekä saarekeajon kytkeminen jännitteettömäksi.

Taulukko 2. Generaattorin saarekeajon kytkentäohjelma manuaalikäyttöön

Nro	Työn suorittaja	Toimenpiteet	Osoite	Lisätietoja
1		Kytke kuorma valmiiksi haluttuun lähtöön	1143	
2		Generaattorin pellit auki	1141A	
3		Generaattorihuoneen kytkin oltava asennossa 2	1141A	
4		Tarkista, että kentän H02 katkaisija oltava auki	H02	
5		Tarkista, että kentän H03 maadoituserotin oltava auki	H03	
6		110 kV demokentän katkaisija Q7.0 oltava auki	OT1	
7		Valitse ohjauspaneelilta manuaaliohjaus	1143	Käyttäjä asettelee generaattorin

				jännite ja taajuuden paneelilta
8		Generaattori käynnistetään	1143	
9		Generaattorin katkaisija suljetaan ohjauspaneelilla	1143	Jännite H03 katkaisijalla
10		Manuaali ohjauksessa asetetaan käsin jännite 400 V ja taajuus 50 Hz		
11		Tarkista, että H03 kentän valintakytkin on asennossa 3 ja H03 katkaisijavaunu on oltava sisällä.	H03	
12		Tarkista ettei kokoojakisko ole jännitteinen	H03	
13		REG 630 suojareleen katkaisija kiinni	REG 630	Jännite kojeistoon
14		Laita haluamasi lähdön(muuntaja, moottori tai johto) katkaisija kiinni	H04, H05 tai H06	Jännite lähtöön
15		HUOM! Kojeiston ollessa saarekekäytössä, kojeistoon ei saa kytkeä sähköä demokentän kautta		

Taulukko 3. Generaattorin saarekeajon kytkentäohjelma automaattikäyttöön

Nro	Työn suorittaja	Toimenpiteet	Osoite	Lisätietoja
1		Kytke kuorma valmiiksi haluttuun lähtöön	1143	
2		Generaattorin pellit auki	1141A	
3		Generaattorihuoneen kytkin oltava asennossa 2	1141A	
4		Tarkista, että kentän H02 katkaisija oltava auki	H02	
5		Tarkista, että kentän H03 maadoituserotin oltava auki	H03	
6		110 kV demokentän katkaisija Q7.0 oltava auki	OT1	
7		Valitse ohjauspaneelilta automaattiohjaus	1143	Automatiikka hoitaa jännitteen ja taajuuden asettelun
8		Generaattori käynnistetään laittamalla rinnanajo kytkimen kiinni	1143	
9		Generaattorin katkaisija suljetaan ohjauspaneelilla	1143	Jännite H03 katkaisijalla
10		Manuaali ohjauksessa asetetaan käsin jännite 400 V ja taajuus 50 Hz		
11		Tarkista, että H03 kentän valintakytkin on asennossa 3 ja H03 katkaisijavaunu on oltava sisällä.	H03	
12		Tarkista ettei kokoojakisko ole jännitteinen	H03	

13		REG 630 suojareleen katkaisija kiinni	REG 630	Jännite kojeistoon
14		Laita haluamasi lähdön(muuntaja, moottori tai johto) katkaisija kiinni	H04, H05 tai H06	Jännite lähtöön
15		HUOM! Kojeiston ollessa saarekekäytössä, kojeistoon ei saa kytkeä sähköä demokentän kautta		

Kojeisto kytketään jännitteettömäksi vastakkaisella tavalla eli suorittamalla kytkentäohjelman toiseen suuntaan. Tarkistamiset voidaan jättää väliin, kun ne toteutuvat jo valmiiksi.

Taulukko 4. Jännitteettömäksi kytkeminen

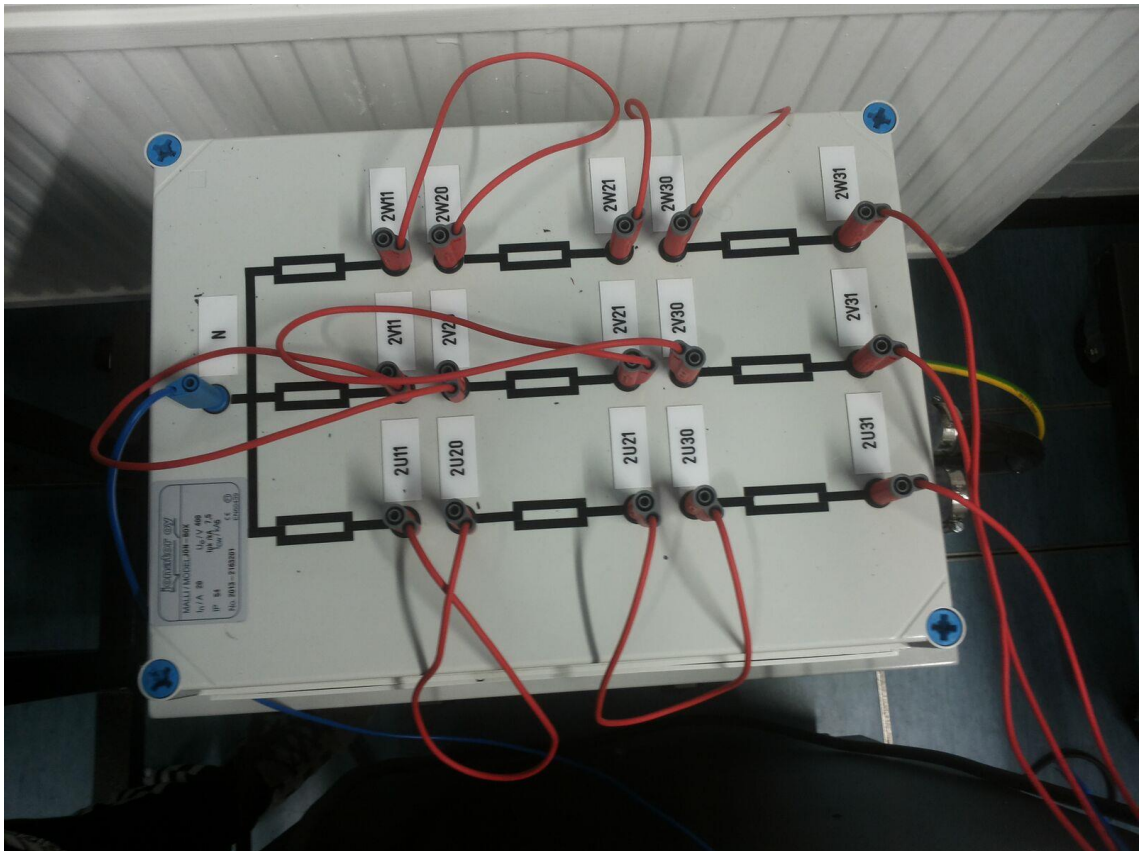
Nro	Työn suorittaja	Toimenpiteet	Osoite	Lisätietoja
1		Laita käytetyn lähdön katkaisija kiinni	H04, H05 tai H06	Jännite pois lähdöstä
2		REG 630 suojareleen katkaisija auki	REG 630	Jännite pois kojeistosta
3		Generaattorin katkaisija avataan ohjauspaneelilla	1143	
4		Generaattori sammutetaan	1143	
5		110 kV demokentän katkaisija Q7.0 oltava auki	OT1	
6		Generaattorin kytkin OFF-asentoon	1141A	
7		Generaattorin pellit kiinni	1141A	
8		Pura lähdön kuorma	1143	

4.2 Saarekekäytön testaus

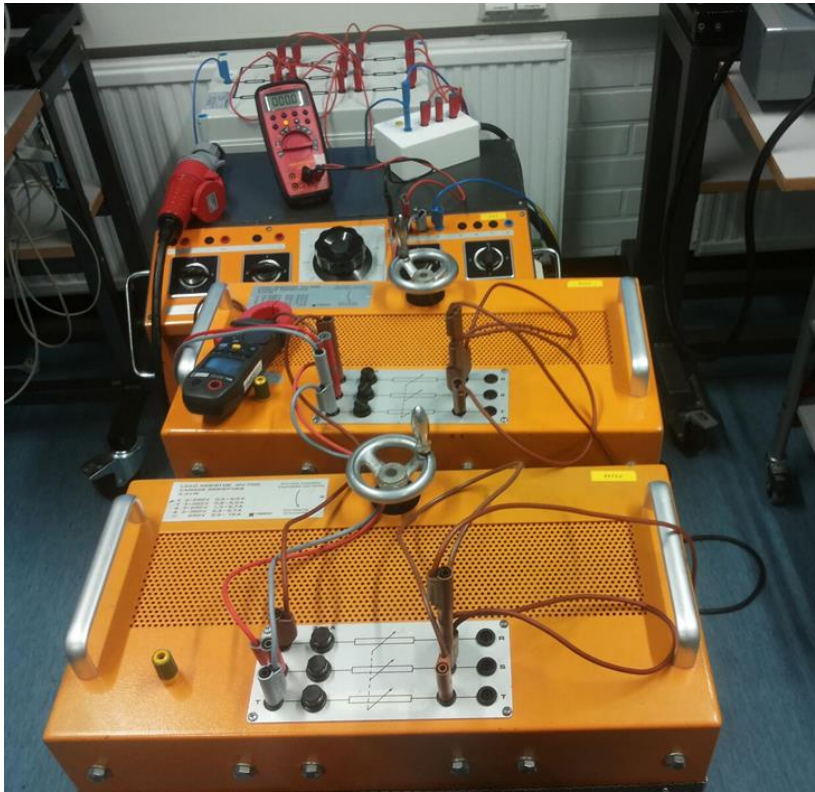
Saarekekäytön testaus suoritettiin käyttämällä aiemmin esiteltyjä kytkentäohjelmia. Testauksessa käytettiin muuntajalähtöä ja sitä kuormitettiin kahdella eri tavalla, joita olivat kuormitus vastusvaunuilla sekä oikosulkumoottorin pyörittäminen.

4.2.1 Kuormittaminen vastusvaunuilla

Saarekekäyttöä kuormitettiin ensimmäisenä lisäämällä lähdön jakelumuuntajaan (kuva 17) jännitevaunu, jolla voitiin säätää jännitettä, joka menee vastusvaunuihin. Vastusvaunuja oli tismalleen kaksi samanlaista, ja ne kytkettiin keskenään rinnan ja tähteen. Vastusvaunujen virtakestoisuutta nostettiin 10 A:iin kytkemällä kaksi vaunua rinnan. Kuvassa 18 näkyy koko rakennettu kytkentä.



Kuva 17. Jakelumuuntajan kytkentä.



Kuva 18. Kokonaiskuva kytkennästä.

Jännitevaunulla säädettiin jännite 255 V ja se pidettiin koko ajan vakiona. Vastusvaunujen vastusta lisättiin molemmista vaunuista samanaikaisesti, jotta kuormitus olisi mahdollisimman tasainen. Tästä testistä saatiin alla olevia tuloksia.

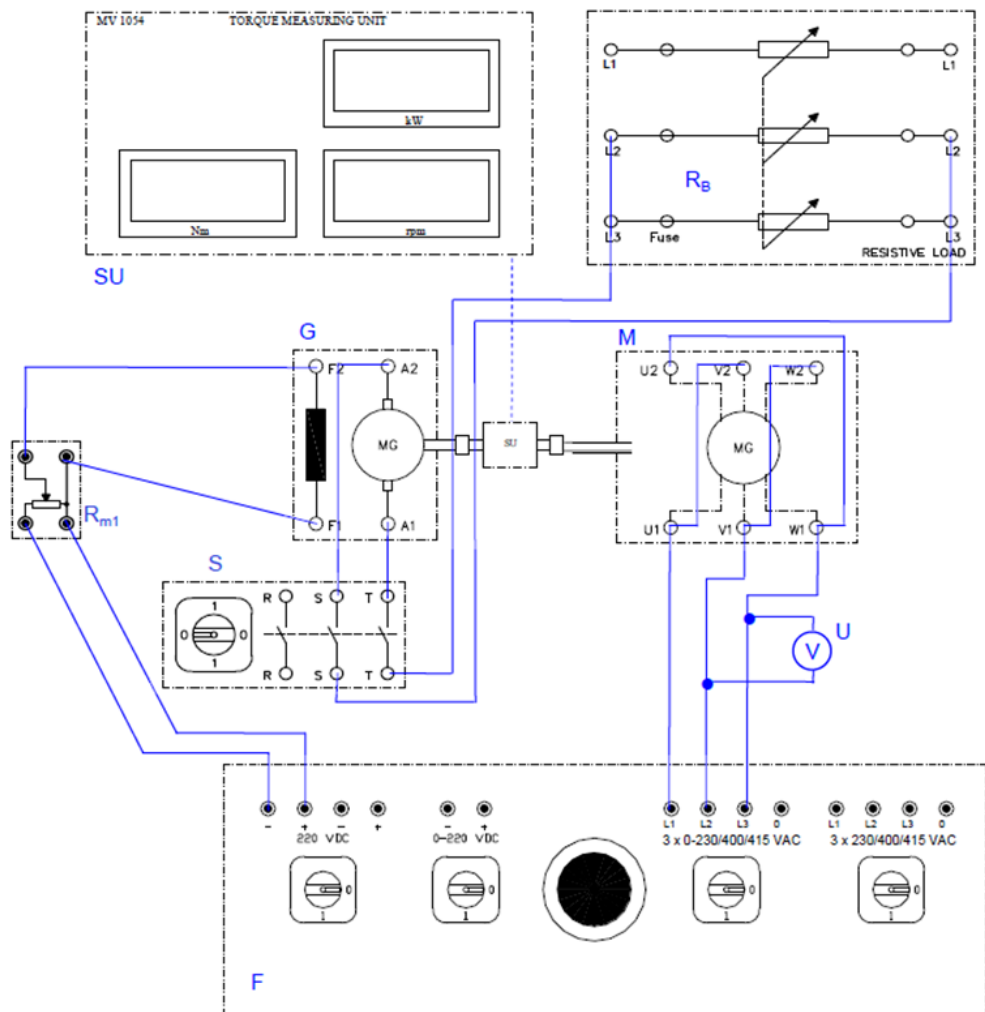
Taulukko 5. Vastusvaunulla kuormittamisen tulokset

Generaattorin teho	Tehokerroin	Pääjännite	Kuorma
2 kW	0.5 ind.	255 V	3 A
4 kW	0.8 ind.	255 V	8 A

Tämän testin perusteella generaattorin antama teho nousee mitä isompi kuorma on ja tehokerroin paranee mitä lähempänä nimellisvirtaa ollaan.

4.2.2 Oikosulkumoottorilla kuormittaminen

Generaattorin saarekekäyttöä testattiin myös kuormittamalla sitä oikosulkumoottorilla. Testi tehtiin käyttämällä automaattikäytön kytkentäohjelmaa, joka on aiemmin esitelty tässä opinnäytetyössä. Kuvan 19 mukaan tehtiin kytkentä oikosulkumoottoriin pyörittämiseen. Generaattori tuotti jännitteen, joka sitten tuotiin kuvan 17 jakelumuuntajalle, josta jännite vietiin eteenpäin säädettävälle jännitevaunulle. Jännitevaunulla 1.5 kW oikosulkumoottorille menevä jännite säädettiin 100 V:iin, jolla arvolla oikosulkumoottoria pyöritettiin koko ajan. Magnetointivirta tuotetaan tasasähkökoneen ja vastusvaunun ja säädettävän vastuksen avulla. Kuvassa 20 on koko rakennettu kytkentä.

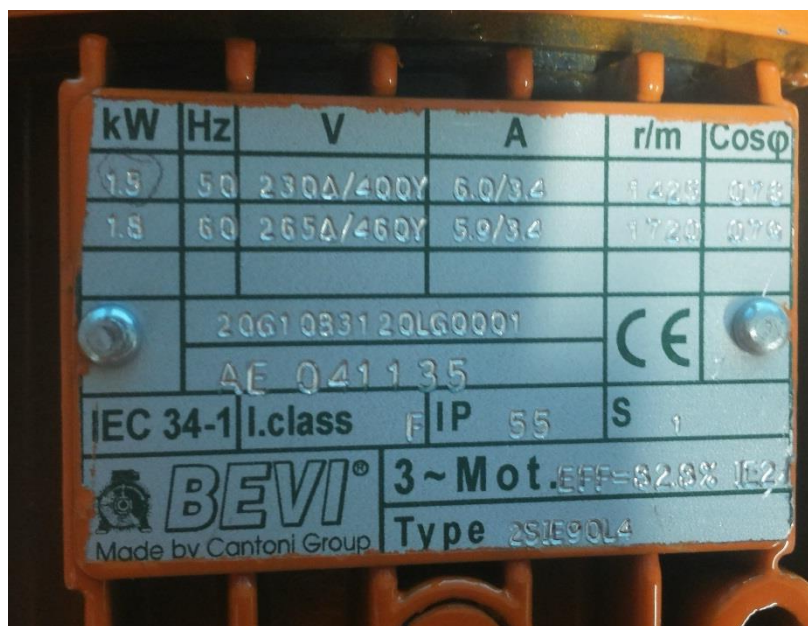


Kuva 19. Oikosulkumoottorin kytkentäkaavio.



Kuva 20. Oikosulkumoottorin kytkentä.

Oikosulkumoottori kytkettiin kolmioon, joten sen virtakestoisuus oli 6.0 A, kuten kuvasta 21 näkee.



Kuva 21. Oikosulkumoottorin kilpiarvot.

Magnetointivirtaa kasvatettiin testissä aloittamalla nolasta. Magnetointivirtaa säädettäessä tuli tarkkailla tasasähkökoneen roottorin ja magnetointivirran arvoja, koska niitä ei saa ylittää. Nämä arvot nähtiin kilpiarvoista (kuva 22).

DC - MACHINE		MV1028-225	
Generator	2.2kW 1500rpm	Ser. No.	37297
Motor	2.0kW 1400rpm	Temp. class	F (155°C)
Rotor	DC 220V 12A	Protection	(IP23)
Excitation	DC 220V 0.8A	Duty type	S2 60 min
		Norm	EN 60034 : 1993
TERCO SWEDEN		ISO 9001	

Kuva 22. Tasasähkökoneen kilpiarvot.

Tuloksia otettiin vähän väliä aina 5 Nm:iin asti. Moottoria ei voi kuormittaa suuremmalla momentilla kippauksen vuoksi, tästä syystä generaattorista otettu teho ja tehokerroin pieniksi jäivät pieneksi. Alla olevassa taulukossa on testin tulokset.

Taulukko 6. Oikosulkumoottorilla kuormittamisen tulokset

Vääntömomentti	Tehokerroin	Generaattorin antama teho
3 Nm	0.44 ind.	1 kW
3.7 Nm	0.47 ind.	2 kW
5 Nm	0.49 ind.	2 kW
0 Nm	0.23 kap.	0 kW

Tyhjäkäynnillä tehoa otetaan vähän noin 0.2 kW. Tehokerroin oli 0.23 kap.

Magnetointivirtaa kasvattamalla saadaan otettua isompaa tehoa generaattorista. Myös tehokerroin paranee hieman silloin. Oikosulkumoottorin pienuuden takia generaattorin tehokerroin sekä sen antama teho jäi pieneksi eikä isoja eroja syntynyt. Isommalla moottorilla olisi ollut mahdollista saada siis isommat tehot ja parempi tehokerto.

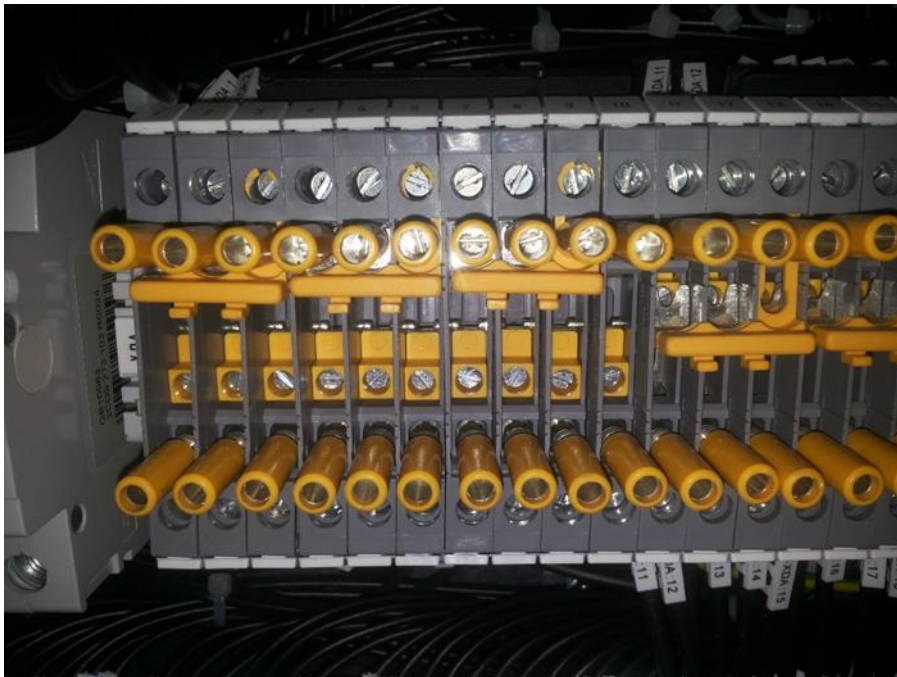
4.3 Suojausten toiminnallinen testaus

Generaattorin relesuojaukselle suoritettiin toiminnallinen testaus eli koestus, jossa testattiin taajuussuojaus sekä ylikuormitussuojaus kolmella eri tavalla.

4.3.1 Ylikuormitussuojan toiminnallisen testauksen kytkentä Omicronilla

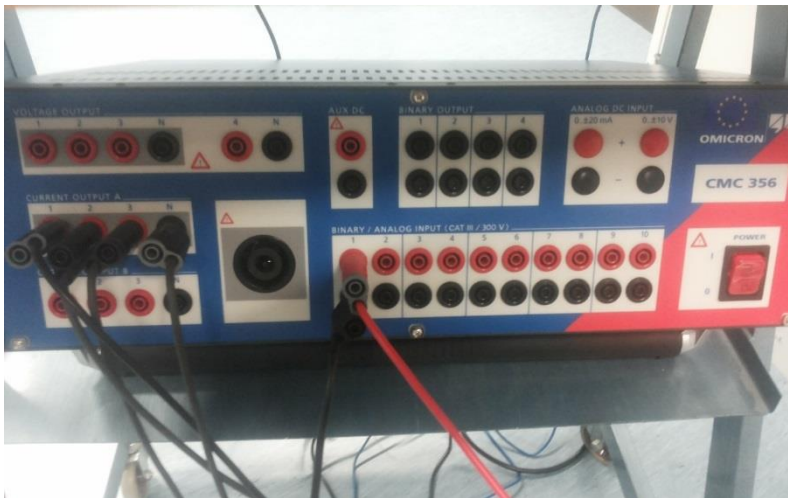
Ylikuormitussuoja perustuu virran mittaukseen ja kahden aikavakion lämpömalliin. Ylikuormitussuojan T2PTTR eli lämpösuojauksen koestus toteutettiin käyttämällä Omicron CMC 356- laitetta. Sillä syötettiin kuormitusvirtaa REG630 releeseen, ja näin ollen testattiin sen toiminta. Ylikuormitussuojan koestamiseen tarvittava kytkentä Omicronilla oli samanlainen kolmella eri koestus tavalla.

Ennen kuin Omicronia alettiin kytkeä releen riviliittimille, tuli releen riviliittimen XDA kytkentäliuskoilla avata muuntajan toisiopuolet kuvan 23 mukaisesti.

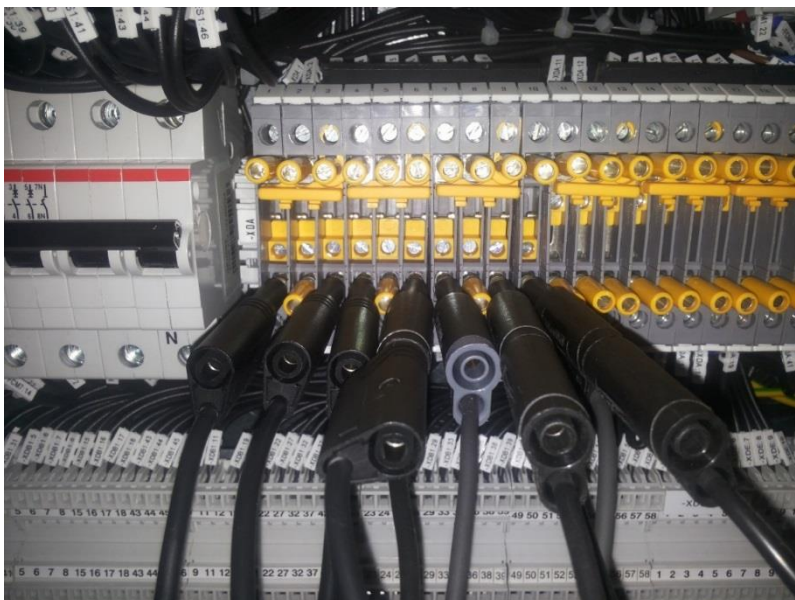


Kuva 23. Riviliittimen XDA kytkentäliuskat avattuna.

Mittausjohtimien toiset päät kytkettiin Omicronin virtakanavalle (kuva 24), josta syötettiin kuormitusvirtaa releen mittamuuntajien toisioon riviliittimille XDA (kuva 25), jonka kytkennän näkee liitteistä 1 ja 2. Tämän saman näkee myös Omicronin Test universe ohjelmasta, jonka avulla koestus suoritetaan. Koestuksen virtakonfiguraatio, jonka näkee Test universella, on esitetty myös kuvassa 26. Omicronin Test Universe- ohjelman käyttö esitetään liitteessä 7.



Kuva 24. Kytkenä Omicronissa.



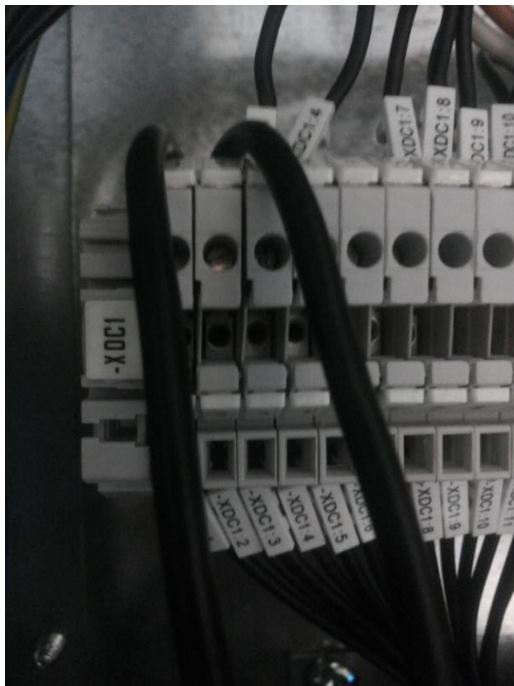
Kuva 25. Kuormitusvirran syöttö releen XDA riviliitinryhmään.

Kuvassa 26 näkyy, että miten Omicronin virtaolostulo kytketään riviliittimille.

Hardware Configuration			CMC356 V A FK218L				CMC356 V B FK218L		CMC356 I A FK218L				CMC356 I B FK218L			
Test Module Output Signal	Display Name	Connection Terminal	1	2	3	N	1	II	1	2	3	N	1	2	3	II
V L1-E	V L1-E	XDV:1	X													
V L2-E	V L2-E	XDV:3		X												
V L3-E	V L3-E	XDV:5			X											
N		XDV:7				X										
V(1)-2	da	XDV:8					X									
	dn	XDV:15						X								
IL1	IL1	XDA:1							X							
IL2	IL2	XDA:4								X						
IL3	IL3	XDA:7									X					
	N	XDA:10										X				
I(1)-1	lb	XDA:41											X			
	lbN	XDA:42														X

Kuva 26. Laitteen virtakytkentä ylikuormitussuojauksen koestamiseen.

Ylikuormitussuojauksen laukaisu kytkentä toteutettiin, kun Binääri/analogi sisääntulo liitettiin porttiin X327, joka on yhteydessä releen riviliittimille XDC1. Kuvasta 27 näkyy binääri/analogi sisääntulo kytkettynä XDC1 riviliittinryhmään ja sen riviliittimille 1 ja 2. Tällä aikaansaadaan releen suojauksen laukaisu.



Kuva 27. Ylikuormitus laukaisukytkentä.

Kuvassa 28 näkyy, että miten laukaisukytkentä suoritetaan.

			CMC356 FK248L																					
			Binary	Binary	Binary	Binary	Binary	Binary	Binary	Binary	Binary	Binary	Binary	Binary	Binary	Counte								
Function	Potential Free	Nominal Range	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>									
Threshold																								
Test Module Input Signal	Display Name	Connection Terminal	1+	1-	2+	2-	3+	3-	4+	4-	5+	5-	6+	6-	7+	7-	8+	8-	9+	9-	10+	10-	1	2
Trip	Trip	XDC1:1 / 2	X																					
Bin. in 3	Trip 2	XDC1: 6			X																			
Start	Start	XDC3:19 / 20				X																		
Bin. in 9	CBFP	XDC3:17 / 18						X																
Not used	Undervoltage coil	XDC1:1 / 8								X														

Kuva 28. Laukaisu konfigurointi.

4.3.2 Ylikuormituksen toiminnallinen testaus

Simulointi 1:

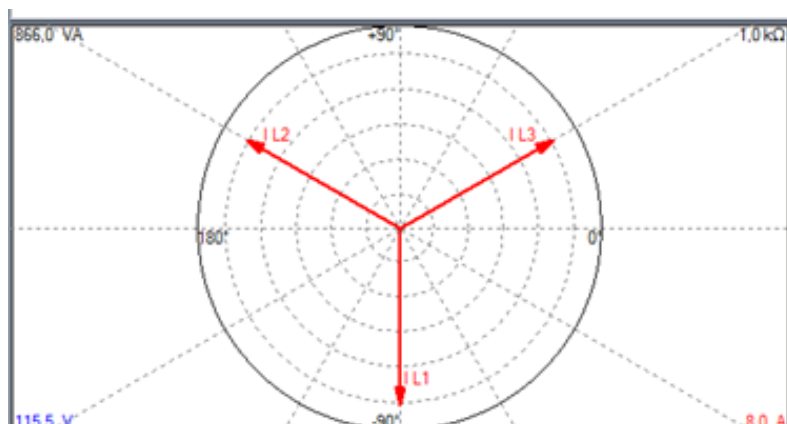
Ensimmäisessä testaus tavassa releen REG630 katkaisija jätettiin auki. Tätä tapaa käytetään silloin, kun rele otetaan ensimmäistä kertaa käyttöön. Tällä testataan releen toimintaa ja johdotusta. Tässä tavassa ensimmäisenä syötetään virtaa mittamuuntajan ensiöön, jonka jälkeen tarkistetaan, että rele toistaa virrat yhtä suurina. Tätä vaihetta ei suoritettu, koska rele on jo aiemmin otettu käyttöön. Kun tämä vaihe oli tehty, syötettiin samaa virtaa mittamuuntajan toisioon, jonka jälkeen testattiin suojiin toiminta. Liitteestä 2 näkee minne riviliittimille virta syötetään silloin, kun syötetään virtaa mittamuuntajan ensiöön tai toisioon.

Toisioon syötettiin 7A suuruista virtaa, kuten kuvasta 29 näkyy.

Set Mode	Direct		
V L1-E	0,000 V	0,00 *	50,000 Hz
V L2-E	0,000 V	-120,00 *	50,000 Hz
V L3-E	0,000 V	120,00 *	50,000 Hz
I L1	7,000 A	270,00 *	50,000 Hz
I L2	7,000 A	150,00 *	50,000 Hz
I L3	7,000 A	30,00 *	50,000 Hz
da	0,000 V	0,00 *	50,000 Hz
lo	0,000 A	-90,00 *	50,000 Hz

Kuva 29. Virta-asettelu.

Kuvasta 30 näkee vektoreina millaista virtaa syötettiin.



Kuva 30. Virrat vektoreina.

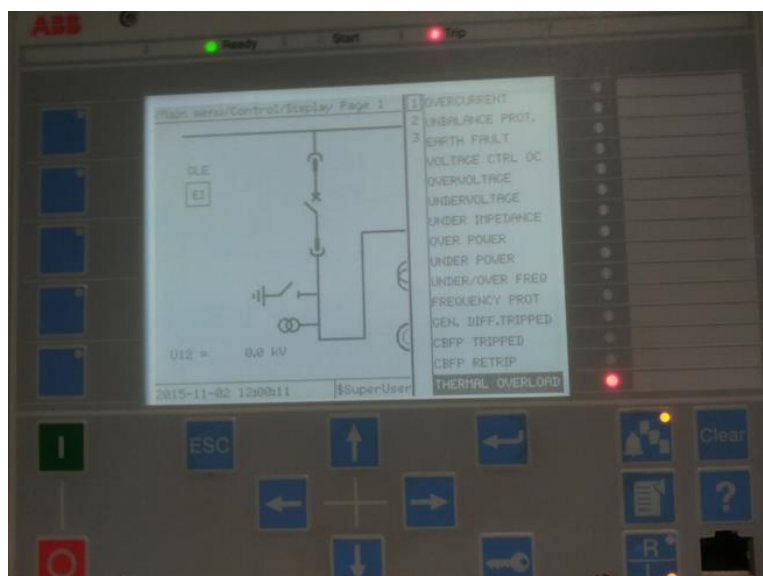
Omicron 356 laitteella syötettiin releelle 7A kuormitusvirtaa, jonka avulla releen ylikuormitussuojauksen laukaisu tapahtui 99,251 sekunnin jälkeen. Tulokset näkee alla olevasta kuvasta 31.

Binary Inputs

Trip	Trip 2	Start	CBFP	Overload
0->1	1->0	1->0	1->0	1->0
99,251s	n/a	n/a	n/a	n/a

Kuva 31. Ylikuormitussuojauksen koestus tulokset, kun katkaisija auki.

Testissä tieto hälytyksestä ja laukaisusta tuli REG630 releelle, jotka näytetään releen ohjelmoitavien ledien kautta(kuva 32).



Kuva 32. Lauennut ylikuormitussuoja.

Simulointi 2:

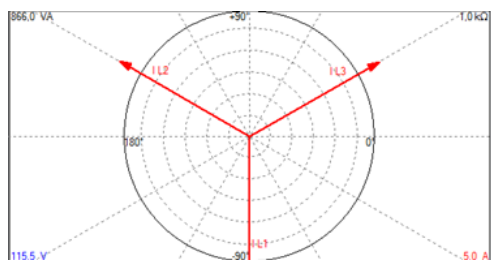
Toisessa testaustavassa releen REG630 katkaisija laitettiin kiinni. Tätä käytetään silloin, kun relettä on käytetty ja sen toimintaa halutaan tarkistaa ja testata uudelleen. Tässä kuormitusvirtaa syötetään mittamuuntajan toisioon, kuten simuloinnissa 1. Releen suojausten toiminnallinen testaus tehtiin sekä 7A että 6A kuormitusvirralla.

Ensimmäisenä testattiin 6A kuormitusvirralla, jonka näkee kuvasta 33.

Analog Outputs				
Set Mode	Direct			
V L1-E	0,000 V	0,00 *	50,000 Hz	
V L2-E	0,000 V	-120,00 *	50,000 Hz	
V L3-E	0,000 V	120,00 *	50,000 Hz	
I L1	6,000 A	270,00 *	50,000 Hz	
I L2	6,000 A	150,00 *	50,000 Hz	
I L3	6,000 A	30,00 *	50,000 Hz	
da	0,000 V	0,00 *	50,000 Hz	
Io	0,000 A	-90,00 *	50,000 Hz	

Kuva 33. Virta-asettelut.

Virta-asetteluista saatiin myös vektoriesitys, joka havainnollistaa vaihe-erot ja virtojen suuruuden. Kuvassa 34 näkyy virrat vektoreina.



Kuva 34. Virrat vektoreina.

Kuvasta 35 näkee, että 6A kuormitusvirralla releen laukaisu tapahtui 98.676s jälkeen.

Binary Inputs				
Trip	Trip 2	Start	CBFP	Overload
0->1	1->0	1->0	1->0	1->0
98,676s	n/a	n/a	n/a	n/a

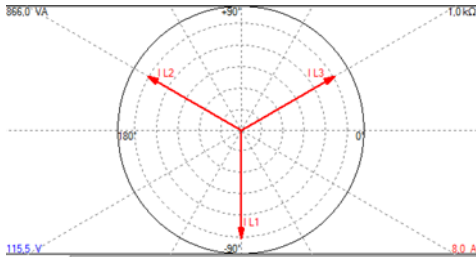
Kuva 35. Ylikuormitussuojauksen koestus tulokset 6A kuormitusvirralla.

Ylikuormitussuojausta koestettiin siis myös samalla tavalla, mutta isommalla virralla eli 7A (kuva 36).

Analog Outputs			
Set Mode	Direct		
V L1-E	0,000 V	0,00 °	50,000 Hz
V L2-E	0,000 V	-120,00 °	50,000 Hz
V L3-E	0,000 V	120,00 °	50,000 Hz
I L1	7,000 A	270,00 °	50,000 Hz
I L2	7,000 A	150,00 °	50,000 Hz
I L3	7,000 A	30,00 °	50,000 Hz
da	0,000 V	0,00 °	50,000 Hz
Io	0,000 A	-90,00 °	50,000 Hz

Kuva 36. Virta-asettelut.

Kuvassa 37 on esitetty tämän testin virrat vektoreina.



Kuva 37. Virrat vektoreina.

7 A virralla releen ylikuormitussuoja laukesi 35,217s jälkeen, kuten kuvasta 38 voi nähdä.

Binary Inputs				
Trip	Trip 2	Start	CBFP	Overload
0->1	1->0	1->0	1->0	1->0
35,217s	n/a	n/a	n/a	n/a

Kuva 38. Ylikuormitussuojauksen koestustulokset 7A kuormitusvirralla.

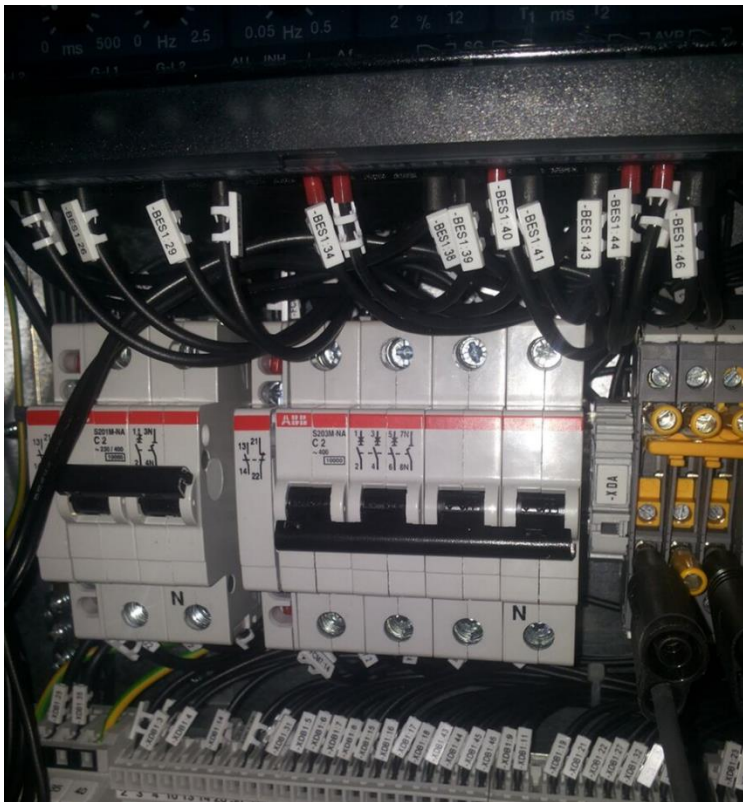
Molemmissa testeissä tieto hälytyksestä ja laukaisusta tuli REG630 releelle kuten kuvassa 32.

Ylikuormitussuojat saatiin siis toimimaan. Molempien testien perusteella koestamisen toiminta-ajat ovat pitkiä ja mitä isompi kuormitusvirta on sitä nopeammin ylikuormitussuoja laukeaa. Releen laukaisuaikaan vaikuttaa myös se, että kuinka

paljon relettä on kuormitettu ennen testiä. Mitä lämpimämpi rele on ennen testiä, sitä vähemmän aikaa menee, että ylikuormitusuoja laukeaa.

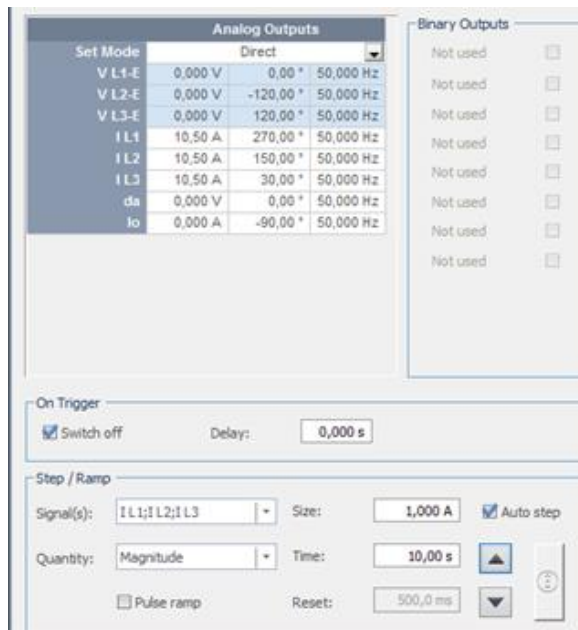
Simulointi 3:

Kolmannessa koestustavassa generaattori kytkettiin päälle ja REG630 katkaisija laitettiin kiinni. Virtaa syötettiin edelleen mittamuuntajan toisioon. Tässä tavassa piti laittaa mittauskentän johdonsuojakatkaisija auki (kuva 39), jotta generaattorin antamat virrat eivät häiritse Omicronin antamaa virtaa.



Kuva 39. Johdonsuojakatkaisija kiinni.

Tässä toiminnallisessa testauksessa sammutettiin ylivirtasuojaus, koska se olisi muuten laukaissut suojauksen ennen kuin ylikuormitusuojaus olisi kerennyt toimia. Ylivirtasuojaus sammutettiin liitteen 6 mukaisesti. Ylivirtasuojan sammutettua voitiin testata ylikuormitusuojan toiminta kun generaattori oli käynnissä. Generaattorille syötettiin virtaa vaiheittain 0.5A lähtien. Virtaa nostettiin aina 1A kerrallaan, jolloin ylikuormitusuojaus saatiin laukeamaan 10.5A kuormitusvirralla (kuva 40).



Kuva 40. Virta-asettelu ja virran nostaminen vaiheittain.

Kuvassa 41 on käytetyn kuormitusvirran vektorit.



Kuva 41. Virta vektorit.

Kuormitusvirran arvolla 10.5A rele laukesi 5.297s kuluttua sen syöttämisestä (kuva 42). Aika oli lyhyt, koska virta oli iso ja relettä oli lämmitetty jo aiemmilla virran arvoilla.

Binary Inputs

Trip	Trip 2	Start	CBFP	Overload
0->1	1->0	1->0	1->0	1->0
5,297s	n/a	n/a	n/a	n/a

Kuva 42. Ylikuormitussuojan koestustulokset.

Tässäkin testissä saatiin ylikuormitussuoja laukeamaan kuten kuvassa 32.

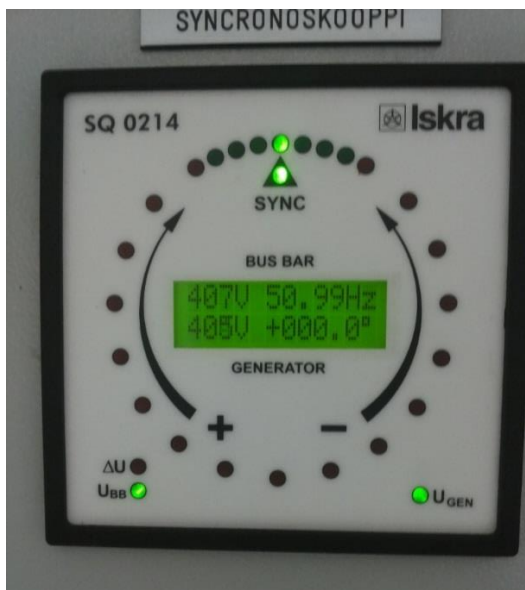
4.3.3 Taajuussuojauksen toiminnallinen testaus

Ylitaajuussuojaus DAPTOF saatiin koestettua yksinkertaisesti käyttämällä generaattoria manuaalisesti ja asettelemalla siihen sellaiset taajuuden arvot, että suojaus laukeaa. Taajuus nostettiin painamalla kuvan 43 ”taajuus nousee”-näppäintä.



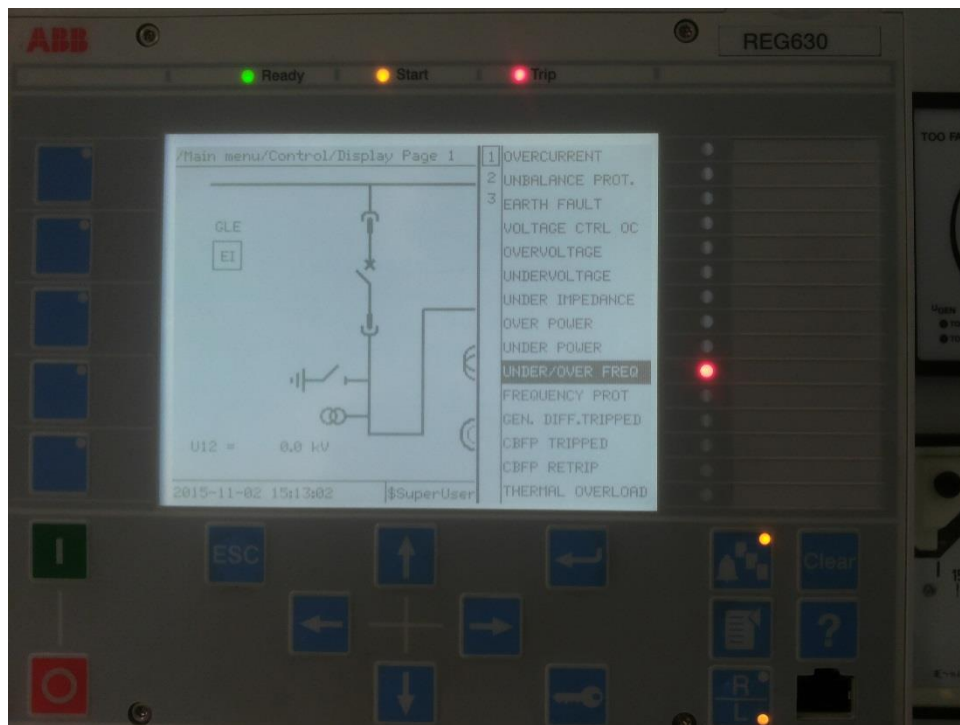
Kuva 43. Taajuuden säätönäppäimet.

Tässä suojarileessä laukaisu tapahtui, kun taajuus nostettiin arvoon 50.99 Hz. Kuvasta 44 näkyy tämä arvo.



Kuva 44. Ylitaajuussuojan laukeamisarvo.

Ilmoitus laukaisusta tuli suojareleelle ja sen näki ohjelmoitavien ledien avulla kuten kuvasta 45 näkyy.



Kuva 45. Lauennut ylitaajuussuojaus.

5 POHDINTA

Opinnäytetyön tekeminen oli hyvin mielenkiintoista, vaikka välillä olikin haastavaa. Opinnäytetyön aihe oli suurilta osin melko uutta itselleni. Tiesin hieman generaattoreista ennen opinnäytetyötä, mutta saarekekäytöstä en ollut kuullut ollenkaan. Opin siitäkin paljon uutta, koska opiskelin paljon uutta asiaa siihen liittyen.

Relesuojaus olikin hieman vieraampi aihe, mutta työn edetessä siitä alkoi ymmärtää todella paljon. Nyt tiedänkin paljon kyseisestä aiheesta ja se varmasti auttaa minua myös tulevassa työelämässä. Aivan uutena minulle tuli suojausten toiminnalliset testit ja niissä käytetty Omicron- koestuslaite. Hienoisia ongelmia aiheutti Omicronin englanninkieliset ohjeet, mutta niistä selvittiin lopulta.

Tämän opinnäytetyön avulla voidaan ottaa generaattorin saarekekäyttö käyttöön opetuksessa. Myös relesuojausta ja sen koestusta voidaan käyttää opetuksessa tekemieni ohjeiden avulla. Samojen ohjeiden avulla voidaan tehdä toiminnalliset testit myös muille oppimisympäristön releille, jotka on tässä opinnäytetyössä esitetty.

LÄHTEET

Ahokas, T. 2011. Voimalaitosgeneraattorien suojaus ja magnetointi. Tampereen teknillinen yliopisto. Diplomityö.

Aura, L & Tonteri, A. 1995. Teoreettinen sähkötekniikka ja sähkökoneiden perusteet. 1.painos. Helsinki: WSOY.

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

Hietalahti, L. 2013. Sähkövoimatekniikan perusteet. 1.painos. Vantaa: Tammer-teknikka.

Huhtinen, M., Korhonen, R., Pimiä, T & Urpalainen S. 2013. Voimalaitostekniikka. 2.painos. Helsinki: Opetushallitus.

Korpinen, L. Sähkökoneet osa 1. Viitattu 14.10.2015.

http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/10sahkokoneet_1osa.pdf

MicroSCADA Pro manuaali, 2014. Viitattu 1.10.2015.

[https://library.e.abb.com/pub-](https://library.e.abb.com/public/c1dbcf53628c6951c1257cf90033e455/1MRS756064_E_en_MicroSCADA_Pro_for_substation_automation.pdf)

[lic/c1dbcf53628c6951c1257cf90033e455/1MRS756064_E_en_MicroSCADA_Pro_for_substation_automation.pdf](https://library.e.abb.com/public/c1dbcf53628c6951c1257cf90033e455/1MRS756064_E_en_MicroSCADA_Pro_for_substation_automation.pdf)

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

Omicron 2015. CMC 356, The Universal Relay Test Set and Commissioning Tool. Viitattu 4.11.2015.

<https://www.omicron.at/en/products/all/secondary-testing-calibration/cmc-356/>

PCM600 esite, 2012. Viitattu 1.10.2015.

[https://library.e.abb.com/pub-](https://library.e.abb.com/pub-lic/ecc29272236c602bc1257b1f00475b64/PCM600_broch_756483_LRENe.pdf)

[lic/ecc29272236c602bc1257b1f00475b64/PCM600_broch_756483_LRENe.pdf](https://library.e.abb.com/pub-lic/ecc29272236c602bc1257b1f00475b64/PCM600_broch_756483_LRENe.pdf)

PCM600 manuaali, 2012. Viitattu 1.10.2015.

[https://library.e.abb.com/pub-](https://library.e.abb.com/pub-lic/4cc31554f44e74efc1257c6a0043f62f/PCM600_2.6_pg_756448_ENk.pdf)

[lic/4cc31554f44e74efc1257c6a0043f62f/PCM600_2.6_pg_756448_ENk.pdf](https://library.e.abb.com/pub-lic/4cc31554f44e74efc1257c6a0043f62f/PCM600_2.6_pg_756448_ENk.pdf)

REG630 manuaali, 2014. Viitattu 13.10.2015.

[https://library.e.abb.com/pub-](https://library.e.abb.com/pub-lic/ec354425e302cbc1c1257dc7004bdf24/REG630_appl_757582_ENb.pdf)

[lic/ec354425e302cbc1c1257dc7004bdf24/REG630_appl_757582_ENb.pdf](https://library.e.abb.com/pub-lic/ec354425e302cbc1c1257dc7004bdf24/REG630_appl_757582_ENb.pdf)

Suomen standardisoimisliitto SFS ry, 2009. Suurjännitesähköasennukset ja ilmajohdot SFS- Käsikirja 6001. 1.painos. Helsinki: SESKO Ry.

Suomen standardisoimisliitto SFS ry, 2009. Sähkötyöturvallisuus SFS- Käsikirja 6002. 3.painos. Helsinki: SESKO Ry.

Test Universe esite, 2014. Viitattu 13.10.2015

<https://www.omicronenergy.com/en/products/all/secondary-testing-calibration/test-universe/>

LIITTEET

Liite 1. Ylikuormitussuoja

Liite 2. Piirikaavio koestukseen

Liite 3. Demokojeiston pääkaavio

Liite 4. H03 kennon suojauskaavio

Liite 5. REG 630 käyttö paneelilta

Liite 6. Ylivirtasuojauksen poiskytkentä REG 630 releellä

Liite 7. Omicronin Test Universe- ohjelman käyttö

3.2.6 Protection functions

3.2.6.1 Stabilized three-phase differential protection MPDIF

Stabilized three-phase differential protection with low (biased) stage and high (instantaneous) stage is used for protecting a generator against winding failure. The function includes a DC restraint feature. This feature temporarily decreases the sensitivity of the differential protection to avoid unnecessary disconnection of the generator when DC current is detected. The function also includes a CT saturation based blocking.

The set of three phase currents from the line side I3P, neutral side I3P_N, and the three phase voltages U3P are connected to the inputs.

The operate signal from the low and high stages provides a LED indication on the LHMI. The low stage and high stage operate outputs are connected to the disturbance recorder.

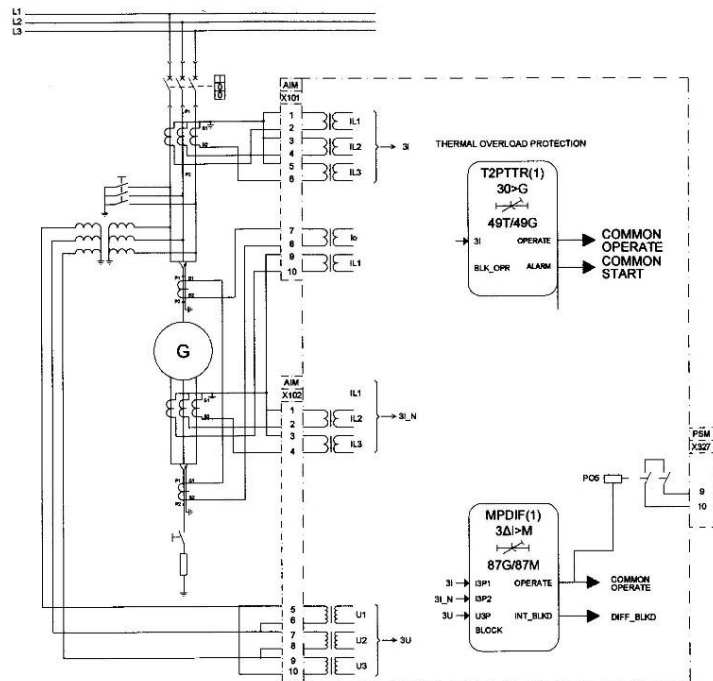


Figure 10: Generator differential and thermal overload protection

**Section 3
REG630 variants**

1MRS757582 B

3.2.6.2 Thermal overload protection T2PTTR

The three-phase thermal overload protection function is used for thermal protection of generators. The function has adjustable temperature limits for tripping, alarm and reclose inhibit. The applied thermal model uses two time constants and a true RMS current measuring principle. A set of three phase currents, I3P, is connected to the inputs.

The thermal overload alarm and trip signals provide a LED indication on the LHMI. The thermal overload alarm and thermal overload trip are also connected to the disturbance recorders, as well as to common start and common operate respectively.

3.2.6.3 Non-directional overcurrent protection PHxPTOC

The three-phase non-directional overcurrent functions are used for non-directional one-, two- and three-phase stator overcurrent and short-circuit protection with definite-time or various IDMT characteristic. The stage operation is based on three measuring principles: DFT, RMS or peak-to-peak values.

The configuration includes two variants of non-directional overcurrent function blocks: low and high. A set of three phase neutral side currents, I3P_N, is connected to the inputs. The low stage can be used for overcurrent protection, and the high stages protect against short circuit.

A common operate and start signal from the both non-directional overcurrent functions is connected to an OR-gate to form a combined non-directional overcurrent operate and start signal which provides a LED indication on the LHMI. Also a separate start and operate signal from the both overcurrent functions is connected to the disturbance recorder.

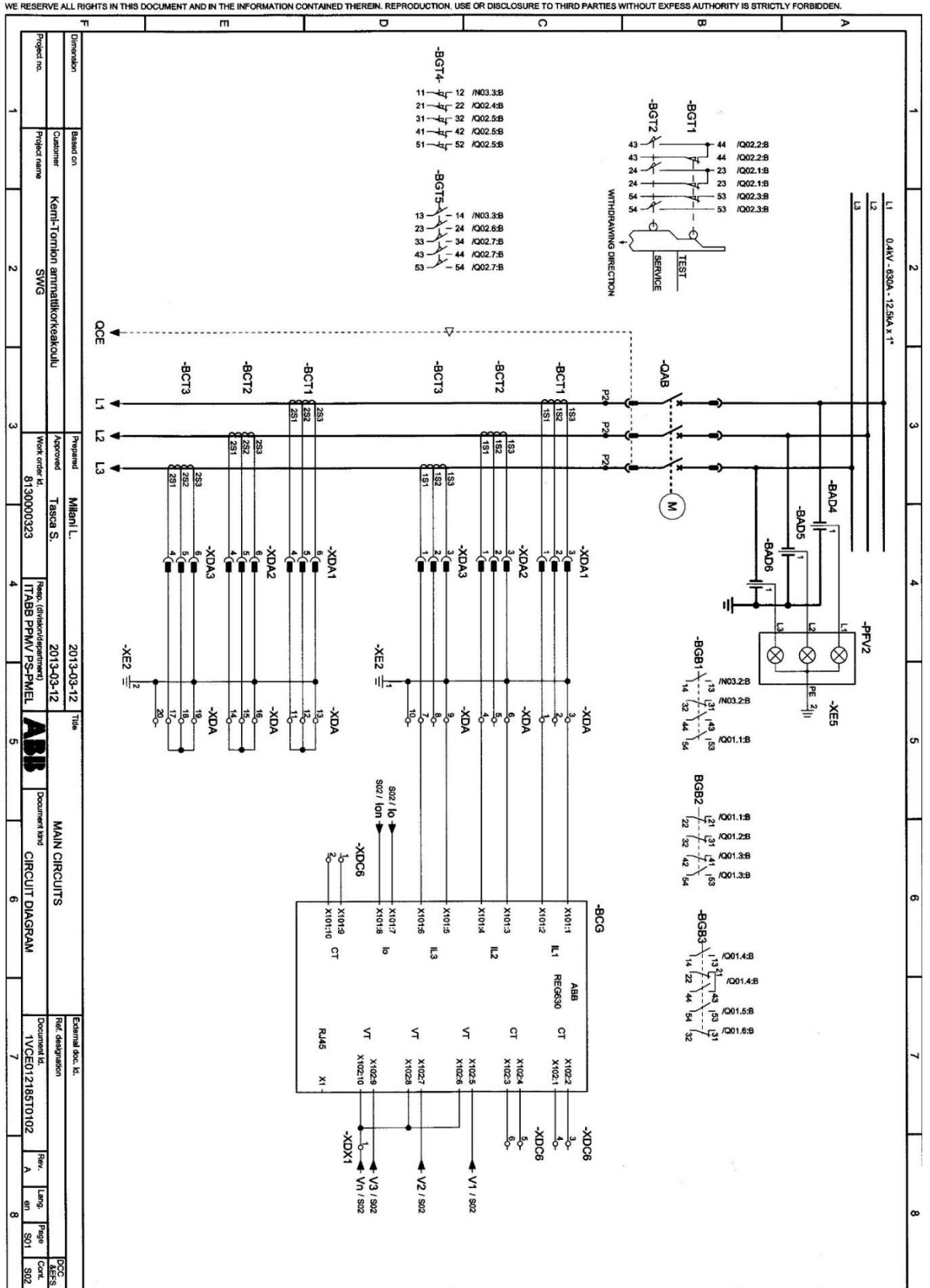
3.2.6.4 Machine negative-sequence overcurrent protection MNSPTOC

Two instances of negative-sequence overcurrent function are provided for stator protection against single-phasing, unbalance load or unsymmetrical voltage with DT or IDMT characteristics. A set of three phase neutral side currents, I3P_N, is connected to the inputs.

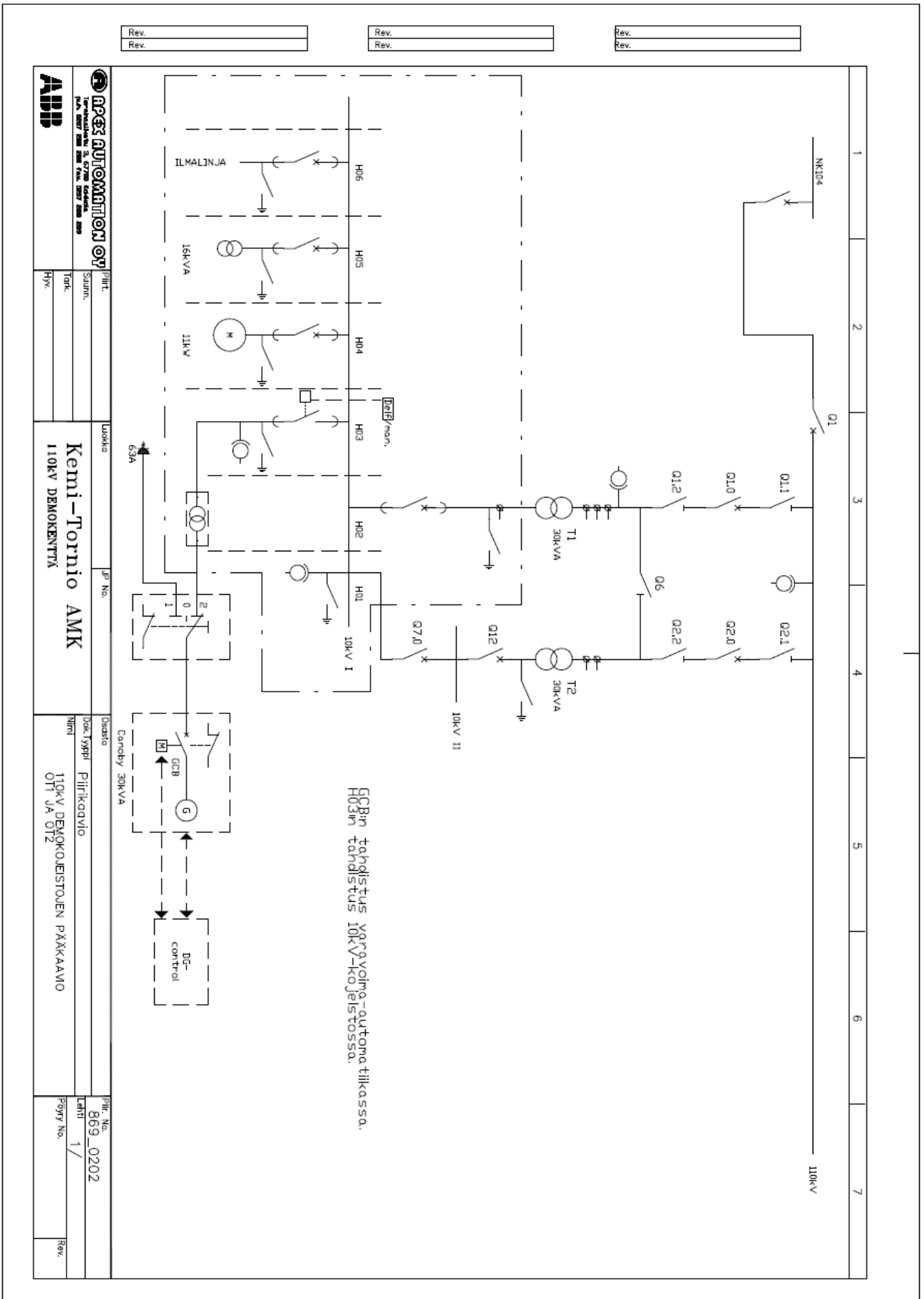
A common operate and start signal from the both negative-sequence overcurrent functions is connected to an OR-gate to form a combined negative-sequence overcurrent operate and start signal, which is used for providing a LED indication on the LHMI. Also a separate start and operate signal from the both MNSPTOC functions is connected to the disturbance recorder.

Liite 2.

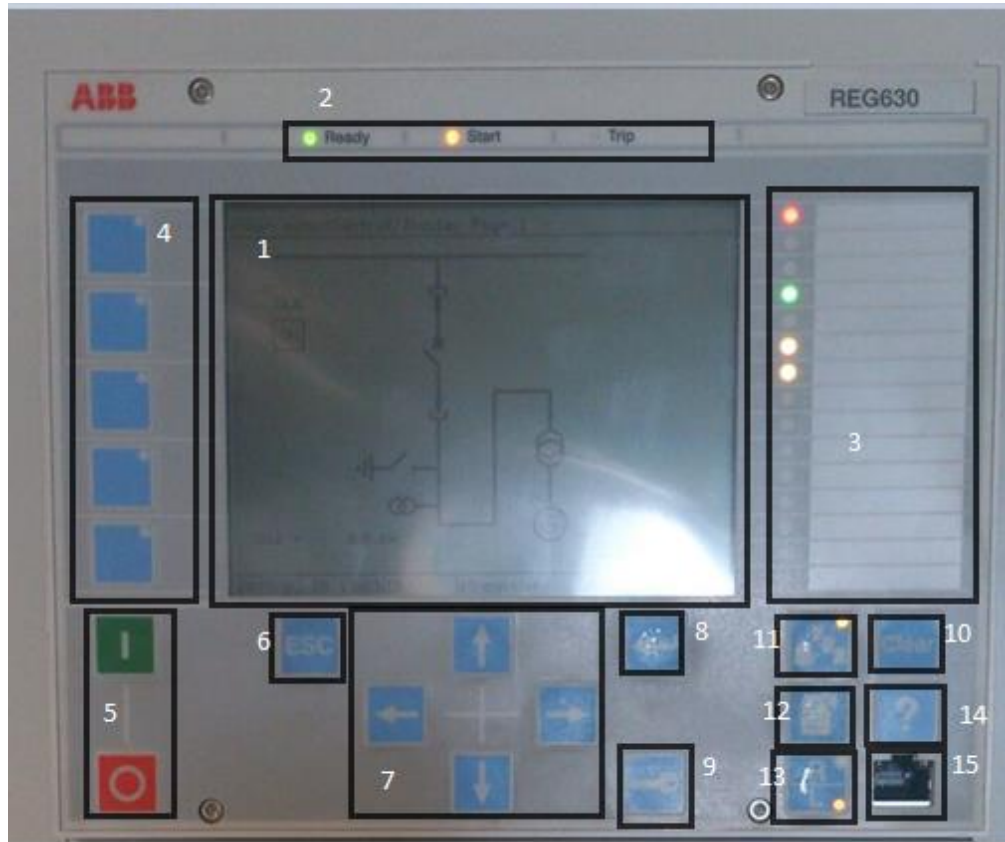
Piirikaavio koestukseen



Liite 3. Demokojeiston pääkaavio



Teollisuuden ja Energian Automaatio P.O. Box 1000, FIN-00010 HELSINKI, FINLAND		P.O. Box 1000, FIN-00010 HELSINKI, FINLAND	
Proj. No.	869_0202	Doc Type	Proj. No.
Task	1 /	Doc Type	Proj. No.
Rev.		Doc Type	Proj. No.
Kemi-Tornio AMK 110kV DEMOKOJEISTOJA		Filtrikaavio 110kV DEMOKOJEISTOJEN PÄÄKAAVIO OTT JA OT2	



Kuva 46. REG630 paneeli.

1. Päänäyttö. Siihen voidaan ohjelmoida oletusnäytöksi esim. kiskokaavion.
2. Suojauksen ja itsevalvonnan ilmoitukset. Ledit osoittavat onko suojarele käynnissä ja sen, että onko vikoja joko käynnissä tai muistissa.
3. Ohjelmoitavat ledit, jotka on varattu hälytyksille ja tapahtumille. 3 eri väriä.
4. Ohjelmoitavat painikkeet. Nämä näppäimet voidaan konfiguroida pikavalinnaksi tai ohjauspainikkeeksi.
5. Ohjauspainikkeet auki/kiinni. Näillä näppäimillä voidaan sulkea ja avata katkaisija. Silloin paneelin tulee olla paikalliskäytössä.
6. ESC-nappi, jolla voidaan palata takaisin valikkoon ja käytetään peruuttamaan tiettyjä toimintoja. Asetustilassa, sillä poistutaan tallentamatta asetuksia.
7. Navigointinapit. Nuolinäppäimillä liikutaan valikoissa. Voidaan käyttää esim. katkaisijoiden valinnassa.
8. Enter. Napilla toteutetaan ja hyväksytään eri toimintoja.

9. Käyttöoikeudet. Voidaan kirjautua sisään tai ulos jos käytössä on käyttöoikeudet.
10. Clear-painike, jolla voidaan nollata vikoja.
11. Ohjelmoitava LED- tekstinäkymä. Painikkeella voidaan nähdä yhteensä 45 tekstinäkymää.
12. Valikko. Tällä vaihdetaan näkymää oletusvalikon ja päävalikon välillä.
13. R/L. Tästä valitaan joko paikallinen- tai kaukokäyttö.
14. Ohjevalikko.
15. Kommunikaatioportti. Tietokone voidaan kytkeä releeseen tätä kautta.

Katkaisijoiden ja erottimien ohjaus:

Kytkinlaitteita voidaan ohjata Auki- ja kiinnipainikkeilla, kun ohjauspaikaksi on valittu paikallisohjaus.

Valitaan Main menu → Control. Silloin näkyy kiskokaavio ja siinä olevat kytkinlaitteet, jotka valitaan navigointinäppäimillä(7) ja niiden ylös ja alas näppäimillä. Kun kohde on valittu, painetaan joko I tai O näppäintä riippuen, että halutaanko se sulkea vai avata.

Tapahtumien ja indikointien tyhjennys:

Kolmivaiheisen ylijännitteen havahtumisraja-asettelun muuttaminen:

Saadaan muutettua painamalla valikko-nappulaa(12). Sen jälkeen ilmestyy Main menu, jonka jälkeen edetään seuraavasti nuolinäppäin → käyttäen:

Settings → Settings → Valitaan asetusryhmä 1 painamalla enteriä → Voltage protection → PHPTOV (59;3U>) :1 → Start value.

Arvo vaihdetaan painamalla enteriä(8) ja arvo vaihdetaan navigointinapeilla(7). Arvon ollessa haluttu painetaan enteriä(8).

Liite 5.

REG630 käyttö paneelilta

3(3)

Asetusten tallennus:

Tallennus tapahtuu painamalla joko valikkonappulaa(12) tai näppäintä.

Hälytystietojen seuranta:

Aktiiviset hälytykset on mahdollista nähdä ohjelmoitavien LEDien avulla. Niiden tarkoitukset näkee painamalla näppäintä 11. Samalla näppäimellä voidaan siirtyä hälytyssivuilta toisiin.

Virtojen ja jännitteiden tarkistaminen vikojen jälkeen:

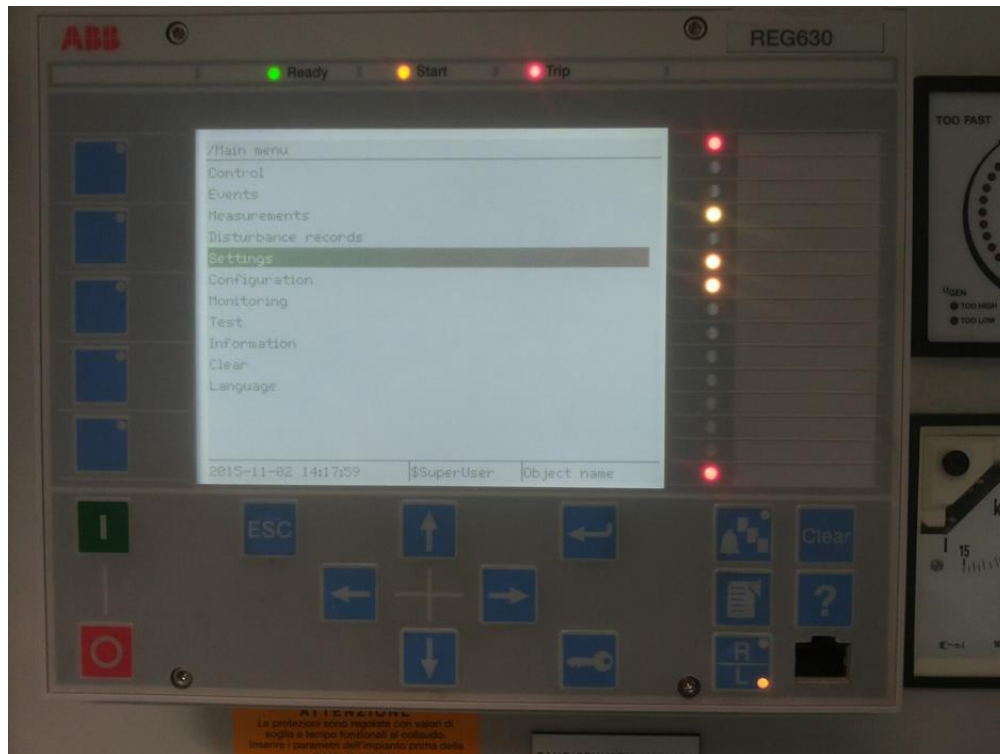
Virrat ja jännitteet saadaan tarkistettua seuraavalla tavalla: Main Menu → Disturbance records → Select the record → Trip values

Ohjelmoitavien painikkeiden käyttö ja asennus:

Nämä asiat voidaan tehdä PCM600- hallintaohjelmalla.

Liite 6. Ylivirtasuojauksen poiskytkentä REG630 releellä 1(5)

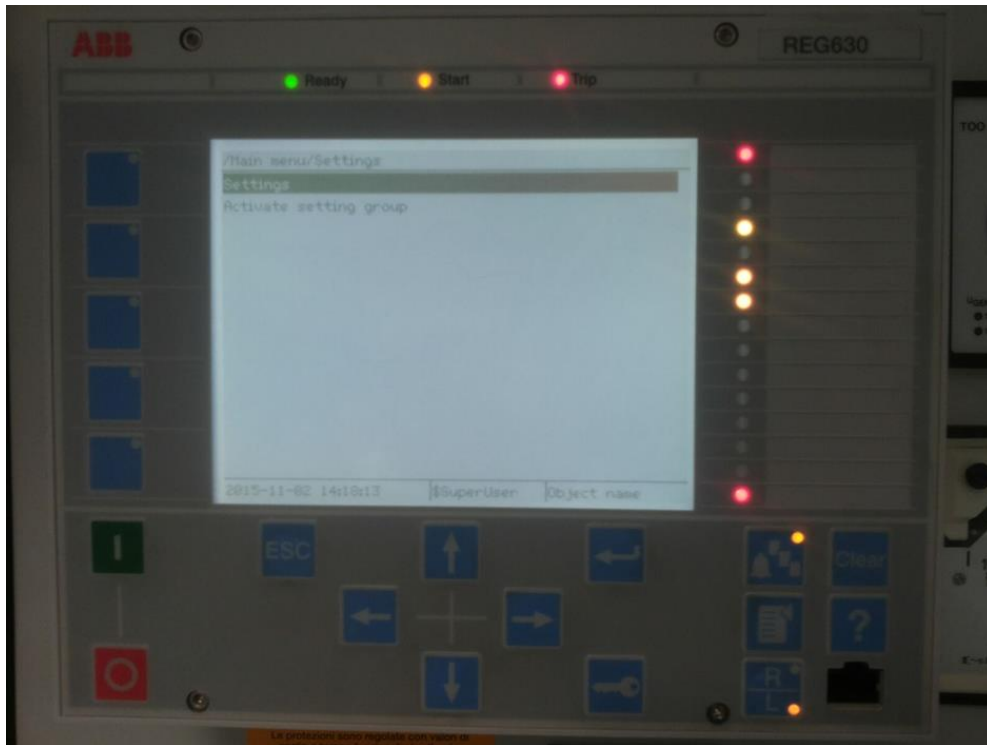
Ensimmäisenä tulee mennä main menu valikkoon, josta valitaan settings (kuva 47).



Kuva 47. Settings.

Liite 6. Ylivirtasuojauksen poiskytkentä REG630 releellä 2(5)

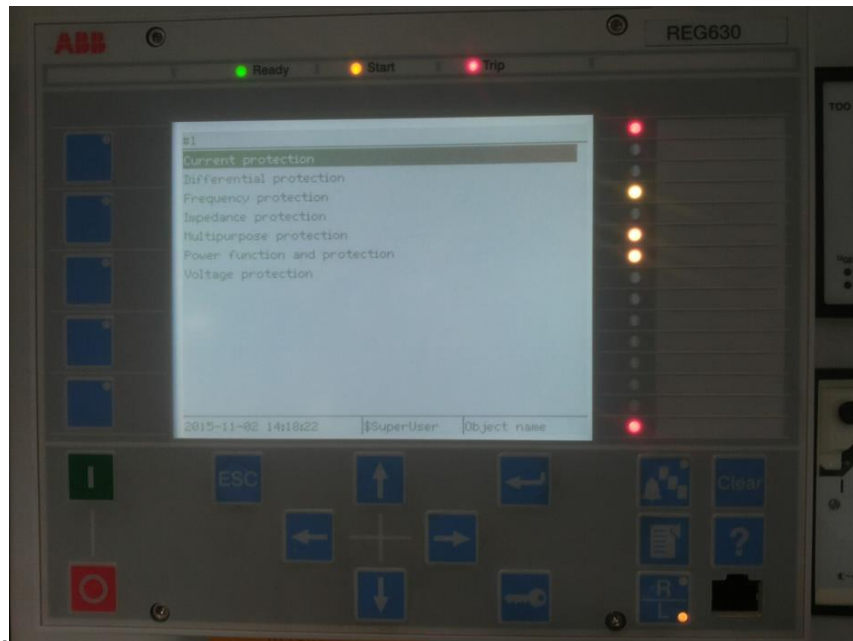
Sen jälkeen aukeaa kuvan mukainen valikko, josta valitaan uudelleen settings(kuva 48). Tämän valittua aukeaa ikkuna, joka hyväksytään painamalla enteriä.



Kuva 48. Settings.

Liite 6. Ylivirtasuojauksen poiskytkentä REG630 releellä 3(5)

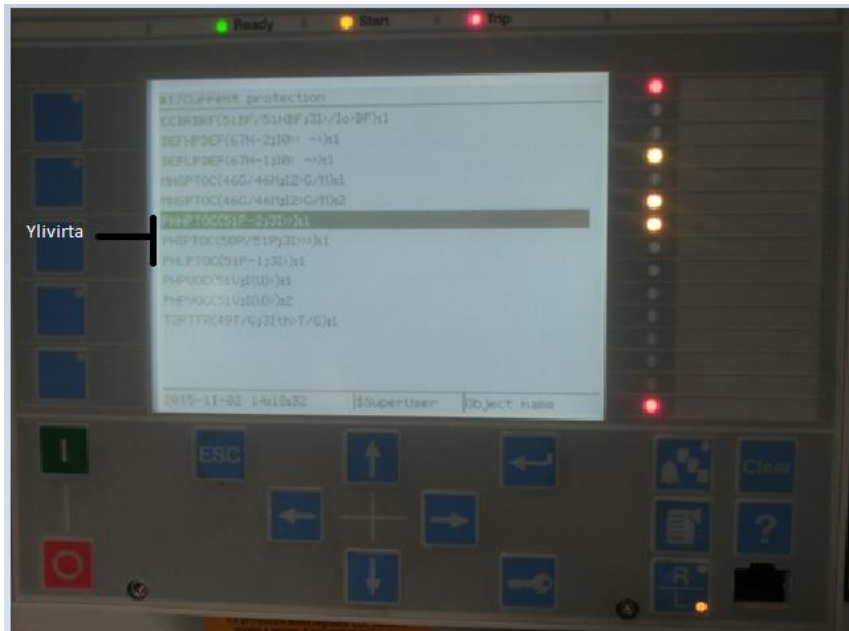
Sitten aukeaa valikko, josta näkee laitteen suojaukset. Tässä ohjeessa laitetaan ylivirtasuojaus pois päältä, joten valitaan Current protection (kuva 49)



Kuva 49. Current protection.

Liite 6. Ylivirtasuojauksen poiskytkentä REG630 releellä 4(5)

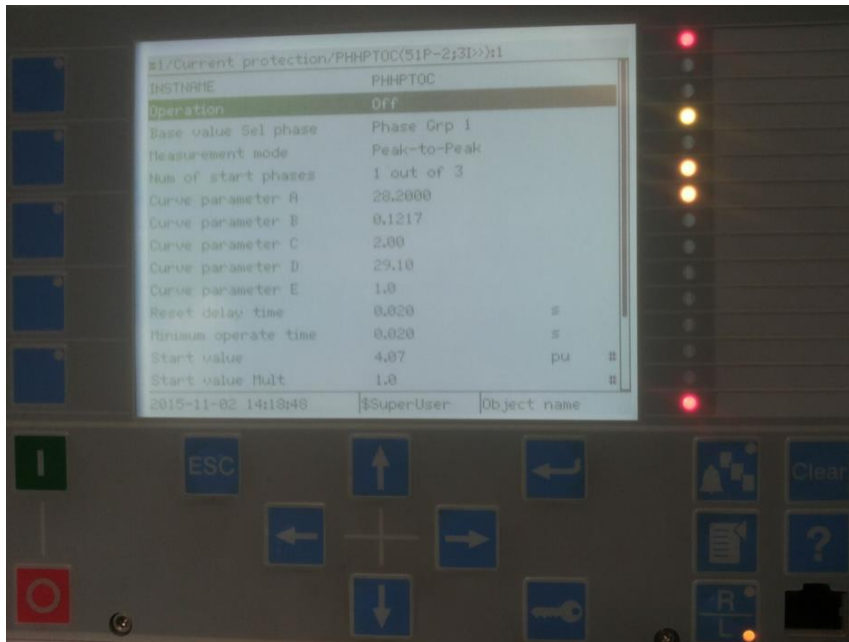
Edellisen kohdan valittua aukeaa tarkemmat virtasuojaustoiminnot (kuva 50). Seuraavat koodit tulee tuntea, jotta osaa valita oikeat suojaukset pois päältä. Kun nyt halutaan ylivirtasuojaus pois päältä pitää niin pitää alla olevan kuvan kaikki suojaustoiminnot ottaa pois käytöstä. Nämä aukaistaan yksitellen.



Kuva 50. Ylivirtasuojaustoiminnot korostettuna.

Liite 6. Ylivirtasuojauksen poiskytkentä REG 630 releellä 4(5)

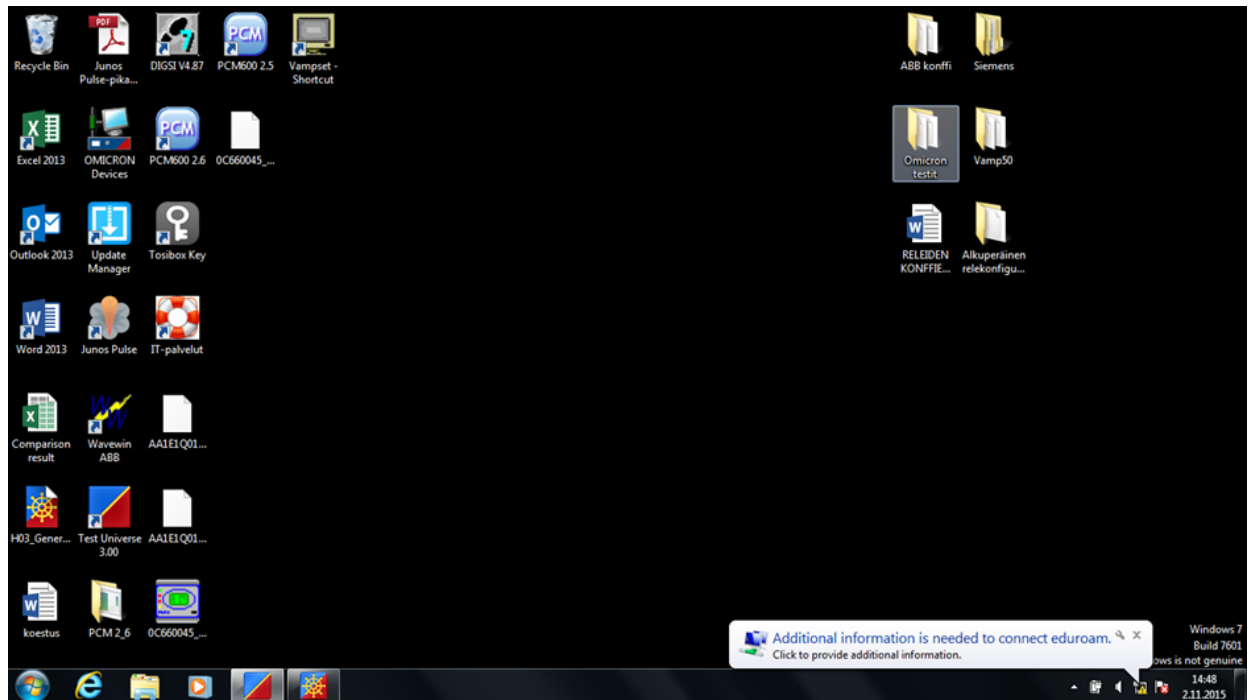
Kun suojaustoimintoikkuna on aukaistu, tulee suojaus laittaa off-tilaan, kuten kuvassa 51 on. Tämä tulee siis tehdä jokaiselle suojaustoiminnolle, jotka näkyvät ja ovat viivattuna kuvassa 50.



Kuva 51. PHHPTOC suojaustoiminto off-asentoon.

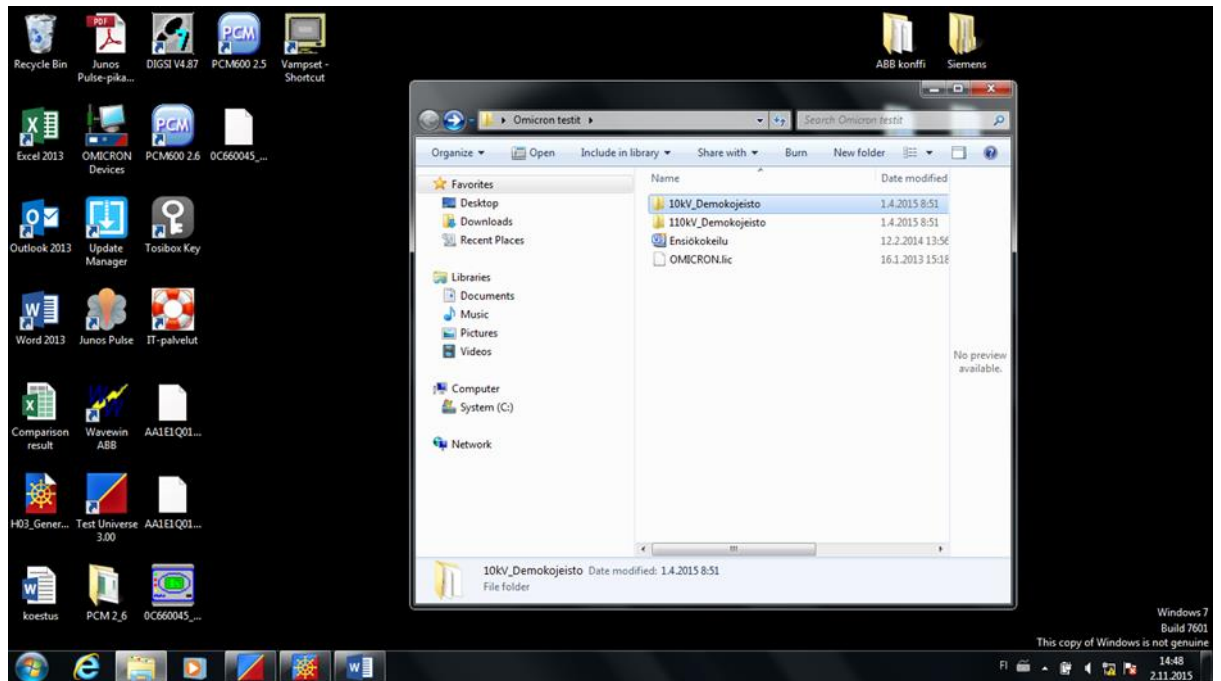
Nyt ylivirtasuojaus on otettu pois päältä. Kun testi on suoritettu, tulee suojaustoiminnot palauttaa on- asentoon. Eli toistetaan kaikki samat vaiheet ja vaihdetaan vain tilaksi on-asento.

Tämän oppimisympäristön releille on tehty jo valmiiksi testipohjat, jotka sitten avataan kansioista ”Omicron testit” (kuva 52).



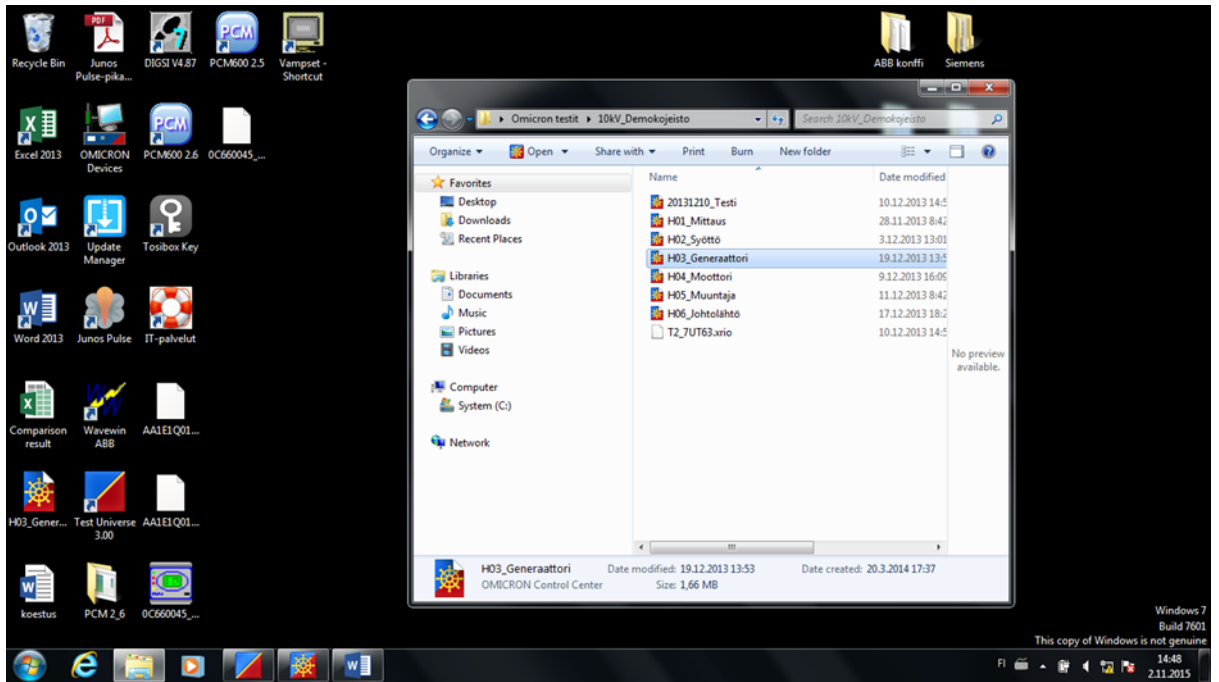
Kuva 52. Omicronin testikansio.

Kuten kuvasta 53 näkyy on testipohjat tehty koko demokojeistolle.



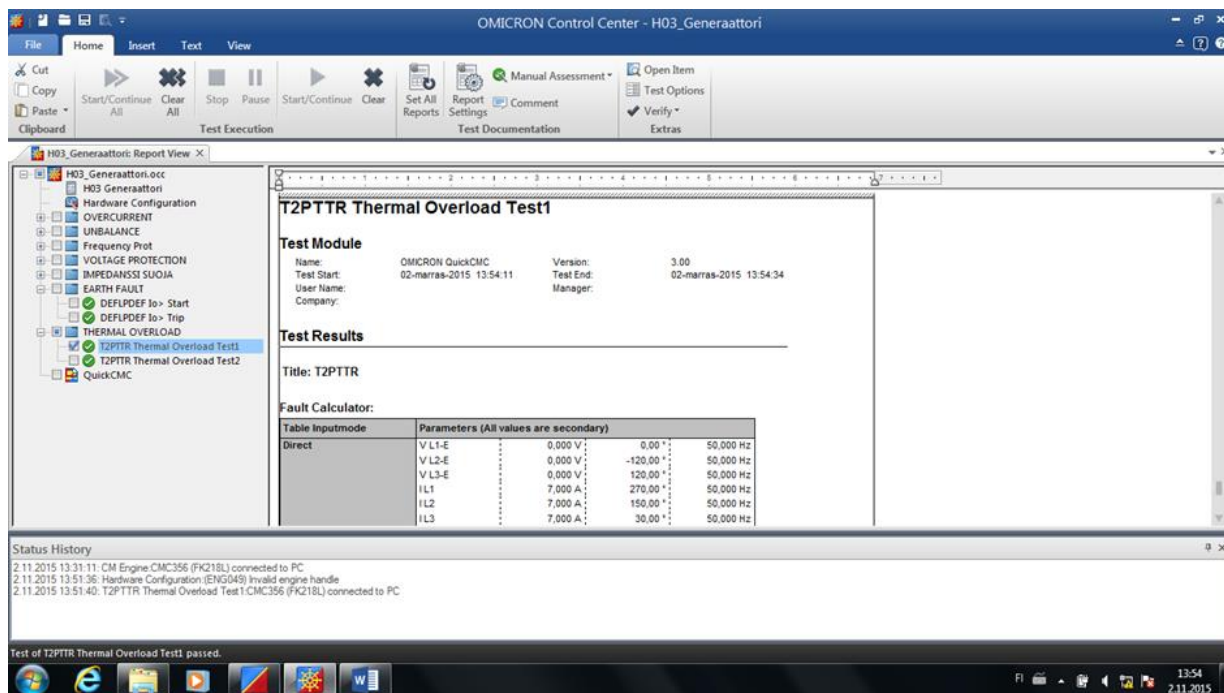
Kuva 53. Demokojeistojen testikansiot.

Jokaisen lähdön releelle on tehty siis testipohjat. Tässä vaiheessa päätetään mille lähdölle testit halutaan tehdä. Tässä opinnäytetyössä käytettiin generaattorilähdön relettä REG630, joten valitaan kohta H03_Generaattori(kuva 54).



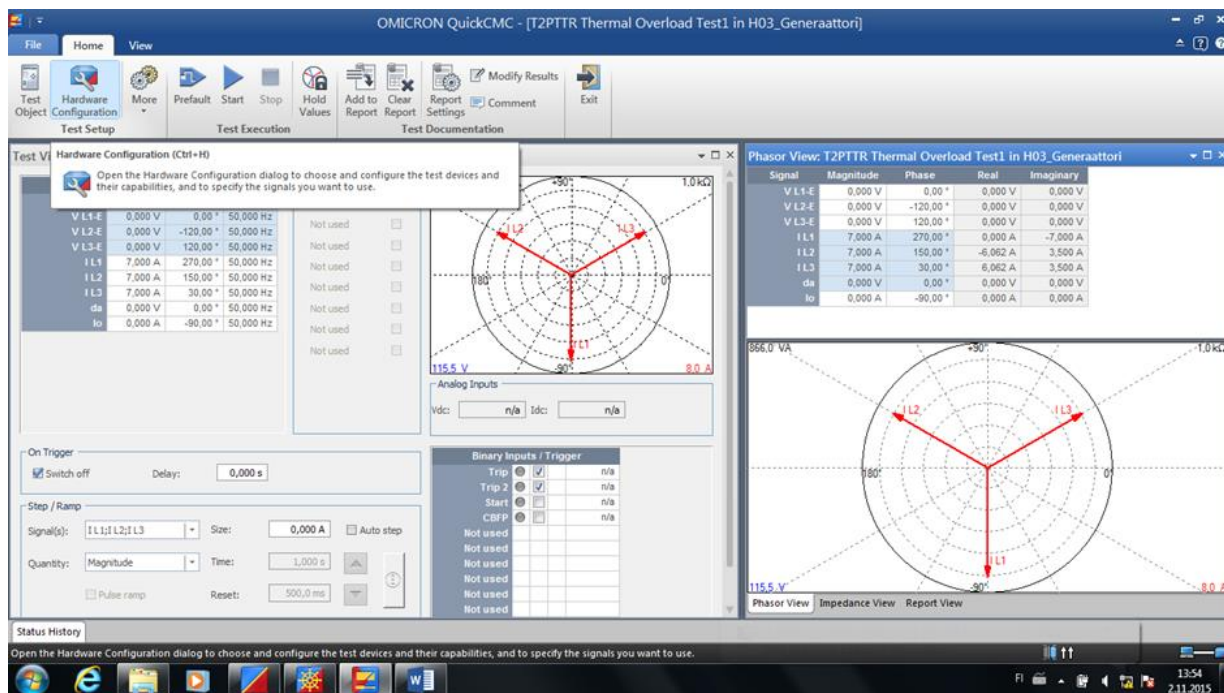
Kuva 54. Generaattorilähdön testi.

Tämän jälkeen aukeaa Omicronin Test Universe- ohjelma. Kuvassa 55 valitaan, minkä testin halutaan suorittaa. Halutun testin kohdalle laitetaan rasti ja aukais- taan tuplalklikkauksella. Valitaan Thermal overload ja sen testi 1.



Kuva 55. Valitaan, mikä testi halutaan suorittaa.

Sen jälkeen aukeaa kuvan 56 ikkuna, jonka kautta voidaan nähdä, että miten Omicron kytketään releelle. Tämä saadaan näkyville painamalla Hardware configuration kuvaketta.



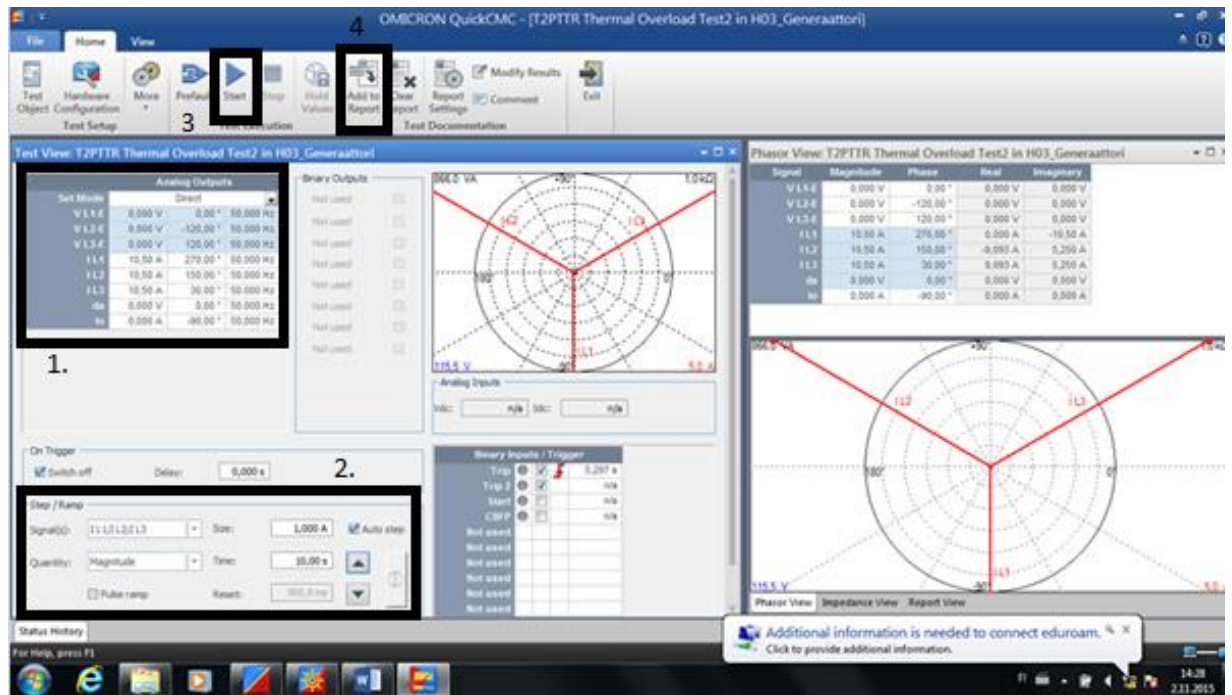
Kuva 56. Testin suorittaminen.

Hardware configurationin aukaisun jälkeen aukeaa ikkuna (kuva 57), josta näkee miten Omicron kytketään releen riviliittimille. Tässä ikkunassa näkee kaikki mahdolliset kytkennät, jotka voidaan Omicronilta kytkeä generaattorin releen toiminnallisten testien testausta varten. Pystysuorassa releen riviliittimet. Ylhäällä vaakasuorassa on Omicronin ulostulot. Esimerkiksi virran ulostulo portilta A ja sen kanava 3 liitetään riviliittimelle XDA:7.

Test Module Output Signal	Display Name	Connection Terminal	CMC356 V A FK218L				CMC356 V B FK218L		CMC356 I A FK218L				CMC356 I B FK218L				
			1	2	3	N	1	N	1	2	3	N	1	2	3	N	
V L1-E	V L1-E	XDV:1	X														
V L2-E	V L2-E	XDV:3		X													
V L3-E	V L3-E	XDV:5			X												
N	N	XDV:7				X											
V(1)-2	da	XDV:8					X										
	dn	XDV:15						X									
IL1	IL1	XDA:1							X								
IL2	IL2	XDA:4								X							
IL3	IL3	XDA:7									X						
N	N	XDA:10										X					
I(1)-1	lo	XDA:41											X				
	loN	XDA:42															X

Kuva 57. Omicronin kytkentä riviliittimille.

Kun kytkentä on tehty, voidaan testi suorittaa. Tämä ikkuna on sama kuin kuvassa 56 ja siinä voidaan päättää millaista virtaa syötetään. Samassa ikkunassa suoritetaan testi painamalla start- kuvaketta.



Kuva 58. Testi-ikkuna.

Kuvan 58 ikkunassa suoritetaan alla olevat asiat:

1. Tässä pystyy määrittämään millaista virtaa releelle syötetään.
2. Tässä voidaan muuttaa testin aikana virran suuruutta joko manuaalisesti tai automaattisesti. Esim. Virta nousemaan 1A verran 10s välein.
3. Tästä laitetaan testi päälle.
4. Tästä voidaan lisätä testin tulokset raporttiin.

Liite 7.

Omicronin Test Universe- ohjelman käyttö

8(8)

Kun testi on tehty ja sen tulokset on lisätty raporttiin voi ikkunan 58 sulkea. Sen jälkeen aukeaa kuvan 59 mukainen ikkuna, jossa voidaan tarkastella tuloksia. Tämä ikkuna on sama kuin kuvassa 55.

The screenshot shows the OMICRON Control Center - H03_Generaattori software interface. The main window displays the following data:

Fault Calculator:

Table Inputmode	Parameters (All values are secondary)			
Direct	V L1-E	0,000 V	0,00 °	50,000 Hz
	V L2-E	0,000 V	-120,00 °	50,000 Hz
	V L3-E	0,000 V	120,00 °	50,000 Hz
	IL1	10,500 A	270,00 °	50,000 Hz
	IL2	10,500 A	150,00 °	50,000 Hz
	IL3	10,500 A	30,00 °	50,000 Hz

Generator Settings

V L1-E	0,000V	0,00°
V L2-E	0,000V	-120,00°
V L3-E	0,000V	120,00°
IL1	10,5000A	270,00°
IL2	10,5000A	150,00°
IL3	10,5000A	30,00°
da	0,000V	0,00°
Io	0,000A	-90,00°

Binary Inputs

Trip	Trip 2	Start	CBFP	Overload
0->1	1->0	1->0	1->0	1->0
5,297a	n/a	n/a	n/a	n/a

The interface also includes a phasor diagram showing three vectors (IL1, IL2, IL3) in a 120-degree phase relationship. The status history at the bottom shows test results for 'T2PTTR Thermal Overload Test1' and 'T2PTTR Thermal Overload Test2'.

Kuva 59. Testin tulokset.