

**SIPROTEC 7UT63 DIFFERENTIAALIRELE T2 MUUNTAJAN  
SUOJANA**

Eemeli Hautajärvi

Opinnäytetyö  
Tekniikka ja liikenne  
Sähkötekniikan koulutusohjelma  
Insinööri (AMK)

**KEMI 2015**

## ALKUSANAT

Ensiksi haluaisin kiittää opinnäytetyöni ohjaajaa Aila Petäjäjärveä asiantuntevasta opastuksesta työnaikana. Lisäksi haluan kiittää perhettäni ja ystäviäni tukemisesta opinnäytetyöprosessin aikana.

Torniossa 15.4.2015

Eemeli Hautajärvi

## TIIVISTELMÄ

## LAPIN AMMATTIKORKEAKOULU, Tekniikka ja liikenne

Koulutusohjelma:	Sähkötekniikka
Opinnäytetyön tekijä:	Eemeli Hautajärvi
Opinnäytetyön nimi:	Siprotec 7UT63 -differentiaalirele T2 muuntajan suojana
Sivuja (joista liitesivuja):	58 (9)
Päiväys:	15.4.2015
Opinnäytetyön ohjaaja:	Insinööri Aila Petäjäjärvi
<p>Kosmos rakennuksessa hiljattain tehdyn remontin johdosta laboratoriolaitteistoa uusittiin modernimmaksi vastamaan paremmin teollisuudessa käytettäviä laitteistoja. Relesuojaukseen ja Siprotec -releeseen perehtymisestä sain opinnäytetyöni aiheen, koska laitteiston toista päämuuntajaa suojamaan hankittu Siprotec 4 -suojarele piti saada opetuskäyttöön, joten sille tarvittiin käyttöohje.</p> <p>Työssä perehdyttiin relesuojauksen toimintaan teoriassa etenkin, differentiaalisuojauksen, relesuojauksen oheislaitteisiin sekä eri reletyyppeihin. Teoriaosuus käsittelee myös muuntajan toimintaa ja suojausta.</p> <p>Releen toiminta testattiin Omicron-laitteella simuloimalla eri sähköverkossa tapahtuvia vikoja. Releen toiminnan testauksen yhteydessä releen paikalliskäytöstä ja eri toiminnoista tehtiin käyttöohje.</p>	
Asiasanat: Releet, Muuntajat, Sähkömagnetismi, Valvontalaitteet	

## ABSTRACT

LAPLAND UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES,  
Technology and communication

Degree programme:	Electrical engineering
Author:	Eemeli Hautajärvi
Thesis title:	Siprotec 7UT63 Differential Relay Protecting T2 Transformer
Pages (of which appendixes):	58 (9)
Date:	15 April 2015
Thesis instructor:	Aila Petäjäjärvi, BSc, (El.eng)
<p>Due to recent renovation in Kosmos building it was decided to modernize the laboratory equipment to better reflect the equipment used in industry. Because Siprotec 4 relay is needed in teaching purposes at university I had to get familiar with the relay and create instructions how to use it.</p> <p>Before getting familiar with relay we had to determine basic principles of relay protections especially differential protection, important peripheral equipment for relay protection and different kinds of relays. Theory also determines transformers basic functions, structure and possible transformer malfunctions and how to protect against such malfunctions.</p> <p>Siprotec 7UT63 relay was tested simulating different malfunctions that can occur in electrical network using Omicron device. Relays instructions were created while testing relay with Omicron device during that time also relays basic functions were made clear.</p>	
<p>Keywords: Relays, Transformers, Electromagnetism, Monitoring devices</p>	

## SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ .....	3
ABSTRACT .....	4
SISÄLLYS .....	5
KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET .....	7
1 JOHDANTO .....	8
2 RELESUOJAUS .....	9
2.1. Yleistä relesuojauksesta .....	9
2.2. Reletyypit .....	9
2.2.1. Sähkömekaaniset releet .....	11
2.2.2. Staattiset releet .....	11
2.2.3. Mikroprosessorireleet .....	11
2.3. Relesuojauksen tehtävä ja vaatimukset .....	11
2.4. Relesuojauksen rakenneosat .....	12
2.4.1 Virtamuuntaja .....	13
2.4.2 Jännitemuuntaja .....	16
3 MUUNTAJA .....	18
3.1. Eristys .....	19
3.1.1. Öljyristeinen muuntaja .....	19
3.1.2. Kuivamuuntajat .....	20
3.2. Hyötysuhde .....	21
3.3. Muuntajan kytkentäryhmät .....	22
3.4. Muuntajaviat .....	24
3.4.1. Maasulku .....	24
3.4.2. Oikosulku .....	25
3.4.3. Muuntajan sisäiset käämiviit .....	26
3.5. Muuntajan suojaus .....	27
4 DEMOLAITTEISTO 110/10KV .....	30
5 DIFFERENTIAALISUOJAUS .....	34
6 SIPROTEC 7UT63 DIFFERENTIAALIRELE .....	38
6.1. Yleistä .....	38
6.2. Valikot .....	40
6.3. Ohjeita releen perustoimintoihin .....	42

6.4. Releen toiminnan testaaminen .....	44
7 POHDINTA .....	47
LIITTEET .....	49

## KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

$I_N$	nimellisvirta
kVA	muuntajan teho (kilovolttiampeeri)
MVA	muuntajan teho (megavolttiampeeri)
PJK	pikajälleenkytkentä (reletoiminto)
AJK	aikajälleenkytkentä (reletoiminto)
VPI	vacuum pressure impregnation (käämityksen eristys tapa)
PK2	pääkojeisto 2
CT	current transformer (virtamuuntaja)
T1/T2	muuntaja positiot
IEC	kansainvälinen standardointi järjestö
SFS	suomen standardointi järjestö

## 1 JOHDANTO

Lapin Ammattikorkeakoulun Kosmos-rakennukseen hiljattain tehdyn remontin johdosta laboratoriolaitteistoa päätettiin modernisoida paremmin vastaamaan teollisuudessa käytettäviä vastaavia laitteita. Sähkölaboratorioon hankittu sähköntuotanto-, sähkönsiirto- ja sähköjakelulaitteiston sekä teollisuuden sähkökäyttöjen on tarkoitus toimia oppimisympäristönä simuloimaan paremmin teollisuudessa käytettäviä vastaavia laitteita. Demolaitteistossa on kaksi päämuuntajaa, jotka ovat rinnankytkettävissä. Laitteistossa sähkö 10kV:n kojeistolle voidaan syöttää useampaa reittiä joko muuntajien kautta 110kV puolelta tai varavoima generaattorilta. Muuntajat on suojattu erivalmistajien laitteilla, jotta pystytään monipuolisemmin tutustumaan tarjolla oleviin suojalaitteisiin.

Siprotec 7UT63 -differentiaalisuoja on yksi uusista laitteista ja sen käytöstä piti saada käyttöohje, jotta sitä voidaan alkaa käyttämään opetuksessa. Työssä on tarkoitus tutustua relesuojauksen etenkin differentiaalisuojauksen toimintaperiaatteeseen sekä perehtyä relesuojauksen oheislaitteisiin etenkin mittamuuntajiin.

Siprotec 7UT63 -differentiaalirele toimii suojana demolaitteiston toiselle päämuuntajista, minkä vuoksi työssä perehdytään osittain myös muuntajan toimintaan ja yleisimpiin muuntajavikoihin sekä miten relesuojauksella toteutetaan muuntajan suojaus.

Demolaitteiston tunteminen suojauksen kannalta on tärkeää, minkä vuoksi laitteiston muut laitteet selvitetään ja esitellään niiden toiminta sekä tehtävä demolaitteistossa.

Koska Siprotec 7UT63 -differentiaalirelettä on tarkoitus käyttää oppimistarkoitukseen, täytyy releen perustoiminnot selvittää sekä testata, että rele toimii vikatilanteessa oikealla tavalla. Edellä mainituista perustoiminnoista luodaan käyttöohje releelle.

## 2 RELESUOJAUS

Relesuojausta käytetään yleisimmin keski- ja suurjänniteverkkojen suojaukseen. Releet yhdessä muiden laitteiden, kuten katkaisijain kanssa muodostavat suojauskokonaisuuden. Sana ”rele” on lähtöisin ranskan kielen sanasta ”le relais” mikä tarkoittaa hevosten vaihtopaikkaa. Releen keksi amerikkalainen tiedemies Joseph Henry 1835. (Mörsky 1993, 13.)

### 2.1. Yleistä relesuojauksesta

Releet ovat mittalaitteiden kaltaisia laitteita, jotka tarkkailevat verkon sähköisiä suureita ja pystyvät havaitsemaan verkon epänormaalit tilat. Releen asetteluarvojen ylitys tulkitaan epänormaaliksi tilaksi, jolloin rele antaa ohjauskäskyn katkaisijalle viallisen osan irrottamiseksi terveestä sähköverkosta. (Mörsky 1993, 15-18.)

Sähköverkoissa tapahtuvia vikatilanteita, kuten oikosulkuja, maasulkuja, ylikuormitusta, ylijännitettä, alijännitettä ja johdinkatkoksia varten voimalaitokset, sähköasemat ja kytkinlaitokset varustetaan suojalaitteilla, joista osan muodostavat releet. Releet tarkkailevat sähköverkon tilaa ja tarpeen vaatiessa suorittavat kytkentöjä automaattisesti, luotettavasti ja nopeasti. (Mörsky 1993, 15-18.)

Releet tarvitsevat myös muita laitteita muodostaakseen suojauskokonaisuuden, kuten mittamuuntajia, katkaisimia, apuenergiälähteitä, hälytys- ja raportointijärjestelmän sekä mittaus-, laukaisu- ja tiedonsiirtoyhteydet. Tiedonsiirtoyhteys voidaan toteuttaa johtimilla ja nykyään myös langattomasti. Releistä vastaava toimihenkilö voi vian ilmetessä saada releeltä vikailmoituksen suoraan puhelimeensa, jolloin toimihenkilö voi käydä tarkistamassa asian kannettavalta tietokoneeltaan suoraan kotoaan. (Mörsky 1993, 15-18.)

### 2.2. Reletyypit

Releet voidaan jakaa mitattavien sähköisten suureiden mukaan seitsemään eri kategoriaan, jotka ovat ylivirtareleet, yli- ja alijännitereleet, taajuusreleet, suunta- ja tehoreleet,

epäsymmetriareleet, vertoreleet kuten differentiaalireleet sekä distanssireleet. Lisäksi on olemassa ns. apureleitä, kuten tahdistusreleet ja jälleenkytkentäreleet. (Korpinen 1998a)

Koska suurin osa sähköverkon ympäristökijöiden ja ilmaston aiheuttamista valokaarioista on ohimeneviä, tarvitaan jälleenkytkentäreleitä palauttamaan virta kuluttajille. Jälleenkytkentärele pyrkii lyhyen jännitteettömän ajan jälkeen ohjaaman katkaisijan kiinni eli suorittamaan ns. pikajälleenkytkennän (PJK), jos suojarele ei havaitse vikaa, katkaisija pysyy kiinni ja verkko toimii taas normaalisti. (Korpinen 1998a)

Jos verkossa on edelleen vika, välittää jälleenkytkentärele suojareleelle hidastetun laukaisukäskyn, minkä jälkeen jälleenkytkentärele antaa muutamia hidastettuja aikajälleenkytkentä (AJK) käskyjä katkaisijalle. PJK -käsky yleensä annetaan noin puolen sekunnin jälkeen laukaisusta ja AJK -käsky noin puolesta minuutista pariin minuuttiin PJK:n epäonnistumisesta. Jos rele edelleen havaitsee vian AJK:n jälkeen, jää katkaisija auki ja korjausmiehet lähetetään paikalle. Suojareleen laukaisusta jälleenkytkentään kestävästä ajasta kutsutaan releen toiminta-ajaksi. Automaattista jälleenkytkentää käytetään ainoastaan avojohdoilla. (Korpinen 1998a)

Tahdistusreleitä tarvitaan välttämään generaattorin kytkentä verkkoon väärin tai ilman tahdistusehtoja tapahtuva jälleenkytkentä. Näistä yleensä aiheutuu tarpeetonta termistä ja mekaanista rasitusta generaattorille, mikä voi pahimmassa tapauksessa johtaa korjauksiin. (Mörsky 1993, 349-352.)

Lisäksi on olemassa releitä, jotka perustuvat muihin fysikaalisiin ilmiöihin, kuten lämpöreleet ja kaasureleet. Lämpöreleen toiminta perustuu bi-metalliliuskaan, jonka läpi virta kulkee lämmittäen sitä, ylikuormituksesta johtuvan liiallisen lämpenemisen johdosta liuska taipuu, mikä laukaisee releen. Kaasurelettä käytetään yleensä muuntajan suojana. Rele mittaa muuntajassa kehittyvää kaasua ja kun asettelu-arvot ylittyvät rele antaa hälytyksen. Jos kaasun kehitys jatkuu, rele antaa laukaisukäskyn katkaisijalle. Kaasurele asennetaan muuntajasäiliön ja paisuntasäiliön väliseen putkeen. Kaasurele on normaalitilassa täynnä öljyä. Vikatilanteessa öljystä alkaa muodostua kaasua, joka puskee kaasureleen öljynpintaa alemmas, ja kun öljynpinta laskee riittävän alas, rele laukaisee katkaisijan. (Mörsky 1993)

### **2.2.1. Sähkömekaaniset releet**

Vanhemmat releet ovat sähkömekaanisia, ja koska ne sisältävät liikkuvia osia, niitä kutsutaan sähkömekaanisiksi. Niiden toimintaperiaate on sama kuin osoittavilla mittareilla, eli ne mittaavat sähkösuuren tehollis- tai keskiarvoa. Näiden vanhempien releiden heikkoutena on niiden hitaus ja epätarkkuus. Lisäksi liikkuvien osien takia ne tarvitsevat paljon huoltoa. Sähkömekaanisten releiden valmistus on lopetettu, mutta niitä on edelleen käytössä ja ne ovat pitkäikäisiä. (Korpinen 1998a)

### **2.2.2. Staattiset releet**

Staattiset, eli elektroniset, releet tulivat sähkömekaanisten releiden jälkeen 1960-luvun lopulla. Näissä releissä on käytetty yksittäisiä puolijohdekomponentteja sekä mikropiirejä sisältäviä kytkentöjä. Koska releissä liikkuvat osat on korvattu elektronisilla komponenteilla, niiden nopeus ja tarkkuus on saatu paremmaksi. Lisäksi ne pystyvät vaativampiin suojaustoimintoihin kuin sähkömekaaniset releet. Elektronisten releiden heikkoutena on se, että ne ovat herkkiä sähkömagneettiselle häiriölle ja ylijännitteelle, jatkuva aputehon tarve sekä toiminnan epähavainnollisuus. (Korpinen 1998a)

### **2.2.3. Mikroprosessorireleet**

Mikroprosessoripohjaiset releet tulivat markkinoille 1980-luvun alussa, kun mikroprosessori tekniikan yleistymisen ja kehittymisen myötä digitaalista signaalinkäsittelyä alettiin hyödyntämään suojausreleiden valmistuksessa. Mikroprosessorireleisiin on mahdollista integroida useita suojaustoimintoja ja jälleenkytkentä automatiikan käyttäjän tarpeiden mukaan. Perussuojaustoimintojen lisäksi ne mahdollistavat myös erilaiset mittaus- ja ohjaustoiminnot. Tiedonsiirtoväylän ansiosta releen on mahdollista vaihtaa tietoja ylemmän automaatiojärjestelmän kanssa. (Korpinen 1998a)

## **2.3. Relesuojauksen tehtävä ja vaatimukset**

Relesuojaukselta edellytetään seuraavaa:

- Toiminnan on oltava selektiivistä, jotta vian sattuessa mahdollisimman pieni osa verkosta jää pois käytöstä.
- Toiminnan on tapahduttava riittävän nopeasti ja herkästi niin, että vaarat, vauriot, häiriöt ja haitat jäävät kohtuullisiksi sekä verkon stabiilisuus tulee säilyä kaikissa olosuhteissa.
- suojausten tulee kattaa aukottomasti koko suojattava järjestelmä.
- se on oltava käyttövarma ja mahdollisimman yksinkertainen.
- käytettävyyden tulee olla hyvä.
- suojaus on voitava koestaa käyttöpaikalla.
- suojausten on oltava hankinta kustannuksiltaan kohtalainen.

Suojareleet ja niiden ohjaamat katkaisijat muodostavat suoja-alueita. Jos vierekkäiset suoja-alueet osaksi peittävät toisensa, on suojaus aukoton. Suojaus on absoluuttisesti selektiivinen, kun se toimii vaan omalla suoja-alueellaan tapahtuvissa vioissa. Selektiivisyys on ominaisuus, jonka avulla rele havaitsee vian suoja-alueella, muttei toimi, jos vikaa ei ole tai vika on suoja-alueen ulkopuolella. (Mörsky 1993, 15-18.)

Relesuojauksen päätehtävä on vikojen havaitseminen ja vika-alueen rajoittaminen mahdollisimman pieneksi. Eräät releet, kuten ylikuormitusreleet, epäsymmetriareleet, muuntajan kaasusuoja pyrkivät ennakoimaan mahdollisen vian syntymisen. Relesuojauksen kehitys kulkee vikojen ennakoivaan torjumiseen. (Mörsky 1993, 15-18.)

#### 2.4. Relesuojauksen rakenneosat

Kuten edellä mainittiin, rele tarvitsee toimiakseen myös muita laitteita. Releet eivät itse kestä kovin suuria virtoja ja jännitteitä, joten ensiöpiirin sekä releen ja mittalaitteiden muodostaman toisiopiirin välille tulee mittamuuntaja. Mittamuuntajat voidaan jakaa jännitemuuntajiin ja virtamuuntajiin.

Mittamuuntajan tehtävä on muuttaa jännite tai virta releelle ja mittalaitteille sopivaksi. Ensiöpiirin ja toisiopiirin välillä on galvaaninen erotus, minkä tarkoitus on suojata toisiopiirin laitteita liian suurelta virralta tai jännitteeltä. Mittamuuntajia käytetään, koska

mittareiden rakentaminen suurille jännitteille ja virroille sopiviksi on hankalaa ja yleensä myös kallista. (Laurila 2010)

Mittamuuntajan rakenne on sama kuin normaalilla tehomuuntajalla eli rautasydämen ympärillä on ensiö- ja toisiokäämit. Mittamuuntajien muuntosuhde on ensiö- ja toisiokäämien kierrossuhde. Koska ensiöpiirin ja toisiopiirin laitteet ovat erillä toisistaan, on erittäin tärkeä, että mittamuuntaja toistaa ensiöpiirin virran tai jännitteen toisiopiirissä mahdollisimman tarkasti, jotta mittautieto olisi mahdollisimman virheetön. Virhettä kuitenkin ei saada koskaan täysin nolnaan hajaimpedanssista ja tyhjäkäyntivirrasta johtuen. IEC 60044-1 ja IEC 60044-2 -standardit käsittelevät virta- ja jännitemuuntajille asetettuja vaatimuksia. Virta- ja jännitemuuntajia käsitellään enemmän luvussa 2.3.1 ja 2.3.2. (Laurila 2010, ABB 2000)

Apuenergiälähteenä käytetään yleensä tasasuuntaajalla syötettyä akustoa. Sen tehtävänä on turvata jännitteen saanti vikatilanteissa tietyille laitteille, mm. katkaisijoiden auki- ja kiinniohjaukselle ja sitä kautta täydentää relesuojaukokokonaisuutta. (Mörsky 1993, 15-18.)

Sähkönjakelussa ja teollisuudessa on yleensä paljon releitä, joten on tärkeä, että tieto vikatilanteista saadaan nopeasti ja keskitetysti kerättyä yhteen raportointikeskukseen. Hälytys- ja raportointikeskuksia tarvitaan, jotta vikatilanteesta saadaan nopeasti ja luotettavasti oikea kuva. Selkeästä ja oikea-aikaisesta raportoinnista on suurihyöty jälkianalysoinnin kannalta. (Mörsky 1993, 15-18.)

#### **2.4.1 Virtamuuntaja**

Virtamuuntajan tarkoitus on muuntaa ensiöpiirin virta suojauksessa, mittauksessa ja valvonnassa käytettäville pienjännitteisille maanpotentiaalissa oleville releille ja mittalaitteille sopiviksi virroiksi sekä eristää ensiö- ja toisiopiirit toisistaan.

Virtamuuntajan tärkeimmät teknilliset arvot ovat:

- Terminen mitoitusvirta  $I_{th}$ 
  - o on suurin ensiövirta, minkä virtamuuntaja kestää yhden sekuntin ajan termisesti vahingoittumatta (toisiokäämit oikosuljettuina).
- Dynaaminen mitoitusvirta  $I_{dyn}$

- ilmoittaa, kuinka suuren ensiössä kulkevan virran aiheuttamat voimat muuntaja kestää vahingoittumatta (toisiokäämit oikosuljettuna).
- Eristystaso
- Nimellisjännite
- Mitoitustaajuus
- Mitoitusensiövirta  $I_{PN}$ 
  - standardoidut virta-arvot ovat: 10 – 12,5 – 15 – 20 – 25 – 30 – 40 – 50 – 60 – 75A sekä näiden kymmenpotenssikerrannaiset ja -osat. Alleviivatut arvot ovat suositeltuja.
- Virta-alueen laajennus kerroin (ext %)
  - ensiövirta, jolla lämpenemät eivät ylitä annettuja arvoja. Ilmoitetaan prosentteina  $I_{PN}$ :stä.
- Mitoitustoisiovirta  $I_{SN}$ 
  - toisiovirran standardiarvot ovat 1,2 ja 5A joista suositeltuja ovat 1A ja 5A. Virtamuuntajan nimellismuuntosuhde saadaan kaavalla  $I_{PN}/I_{SN}$ .
- Mitoitustaakka  $S_n$ 
  - On suurin kuormitusimpedanssi, jolla virtamuuntajaa voidaan kuormittaa kyseessä olevassa tarkkuusluokassa. Tavallisesti se ilmaistaan tehona (VA). Mitoitustaakan standardiarvot ovat 2,5 – 5 – 10 – 15 – 30VA. Suuremmat tehot valitaan tarpeen mukaan.
- Tarkkuusluokka
  - Mittaussydämen tarkkuusluokat määräytyvät suurimpien sallittujen virta- ja kulmavirheiden avulla. Mittaussydämen tarkkuusluokat ilmenevät taulukosta 1.
  - Suojaussydämelle sallitut virheiden maksimi-arvot ilmenevät taulukosta 2.
  - Virtavirhe voidaan laskea kaavalla
 
$$\text{virtavirhe}(\%) = \frac{K_n I_s - I_p}{I_p} * 100\%, \quad (1)$$
 missä  $K_n$  on nimellismuuntosuhde,  $I_p$  on todellinen ensiövirta mittaushetkellä ja  $I_s$  on todellinen toisiovirta, kun ensiökäämin virta on  $I_p$ .
  - Kulmavirhe on ensiö- ja toisiovirran ajallinen vaihesiirtokulma.
- Mittarivarmuuskerroin  $F_s$  tai tarkkuusrajakerroin
  - Virtamuuntaja suojaa siihen kytkettyjä mittareita ylivirroilta sitä paremmin, mitä pienempi on mittarivarmuuskerroin. Tavallisimpia arvoja ovat

5 ja 10 eikä kertoimen arvoja ole standardisoitu. Mittaussydämen mittarivarmuuskerroin  $F_s$  ja nimellisensiövirran tulo ilmoittaa sen ensiövirran arvon, jolla yhdistetty virhe on vähintään 10 %.

- Tarkkuusrajakertoimen standardiarvot ovat 5 – 10 – 15 – 20 – 30. Tarkkuusrajakerroin ilmoitetaan luokkamerkinnän yhteydessä esim. 5P10, jossa tarkkuusluokka on 5P ja tarkkuusrajakerroin on 10. Tarkkuusrajakerroin on mitoitus tarkkuusrajavirran ja mitoitusensiövirran suhde.

Virtamuuntajissa voi olla useita sydämiä. Kaikilla sydämillä on yhteinen ensiökäämi, mutta kullakin sydämellä on oma toisiokääminsä. Mittaukseen käytettävää sydäntä kutsutaan mittaussydämeksi ja suojaukseen käytettävää kutsutaan suojaussydämeksi. (ABB 2000)

**Taulukko 1: Virtamuuntajan mittaussydämelle sallitut virheiden maksimiarvot**

luokka	Virtavirhe ± %					Kulmavirhe ± min			
	$I_p = I_{pn}^x$					$I_p = I_{pn}^x$			
	0,05	0,2	0,5	1	1,2	0,05	0,2	1	1,2
0,1	0,4	0,2		0,1	0,1	15	8	5	5
0,2	0,75	0,35		0,2	0,2	30	15	10	10
0,5	1,5	0,75		0,5	0,5	90	45	30	30
1	3,0	1,5		1,0	1,0	180	90	60	60
3			3,0		3,0				
5			5,0		5,0				

**Taulukko 2: Virtamuuntajan suojaussydämen sallitut maksimi virhearvot**

Luokka	Mitoitusensiövirtaa ja mitoitustaakkaa vastaava	
	Virtavirhe	kulmavirhe
5P	±1 %	±60 min
10P	±3 %	-

## 2.4.2 Jännitemuuntaja

Jännitemuuntajan tarkoitus on muuntaa ensiöpiirin jännite toisiopiirin laitteille sopivaksi ja eristää ensiö- ja toisiopiirit toisistaan. Jännitemuuntajien tärkeimmät teknilliset arvot ovat:

- eristystaso
- mitoitustaajuus
- mitoitusensiöjännite  $U_{PN}$ 
  - jos jännitemuuntaja kytketään 3~vaiheverkon vaiheiden väliin, ilmoitetaan mitoitusensiöjännite pääjännitteenä.
  - Jos muuntaja kytketään vaiheen ja tähtipisteen väliin tai tähtipisteen ja maan väliin ilmoitetaan mitoitusensiöjännite vaihejännitteenä.
- mitoitusjännitekerroin
  - Mitoitusjännitekertoimen ja mitoitusensiöjännitteen tulo ilmoittaa suurimman ensiöjännitteen, jolla muuntajaa on voitava käyttää tietyn ajan ilman että lämpenemät ylittävät sallittua arvoa. Mitoitustarkkuuden on pysyttävä määrättyissä rajoissa. Jännitekertoimen standardi arvot ovat 1,2, 1,5 ja 1,9. Jännitekertoimen suuruus riippuu siitä miten verkko on maadoitettu ja miten muuntajan ensiökäämi on kytketty verkkoon.

Jännitemuuntajassa voi olla yksi tai kaksi toisiokäämiä samalla sydämellä. Toisiokäämin käyttö voidaan jakaa kolmeen eri tapaan. Mittauskäämillä mitataan, suojauskäämiä voidaan käyttää suojaukseen sekä mittaukseen ja avokolmiokäämiä käytetään maasulkusuojaukseen.

- mitoitustoisiojännite  $U_{SN}$ 
  - Standardi arvot ilmenevät taulukosta 3. Alleviivatut arvot ovat suositeltuja suomessa.

**Taulukko 3: Mitoitustoisiojännitteen standardiarvot**

	Ensiökäämikytketty kahden vaiheen tai verkon tähtipisteen ja maan väliin	Ensiökäämi kytketty vaiheen ja maan väliin
Mittaus- ja suojauskäämi	<u>100V</u> , 110V ja 200V	<u>100:v3V</u> , 110:v3V ja 200:v3V
avokolmiokäämi		<u>100:3V</u> , 110:3V ja 200:3V

- mitoitustaakka  $S_N$ 
  - On suurin kuormituksen admittanssi (johtavuus), jolla jännitemuuntajaa voidaan kuormittaa kyseessä olevassa tarkkuusluokassa. Mitoitustaakan standardi arvot ovat 10 – 15 – 25 – 30 – 50 – 75 – 100 – 150 – 200 – 300 – 400 – 500 VA. Tavallisesti mitoitustaakka ilmoitetaan näennäistehona  $S$  (VA). Alleviivatut arvot ovat suositeltuja.
  
- tarkkuusluokka
  - Mittauskäämin tarkkuusluokka määräytyy suurimpien sallittujen jännite ja kulmavirheiden avulla. Jännitevirhe lasketaan samalla tavalla kuin em. virtamuuntajalla virtojen sijasta käytetään jännitteitä  $U_{PN}$  ja  $U_{SN}$ . Tarkkuusluokat ovat 0,1, 0,2, 0,5, 1 ja 3. Taulukosta 4 näkyy mittauskäämin jännite- ja kulmavirheet.

**Taulukko 4: Jännitemuuntajan mittaussydämen jännite- ja kulmavirheet**

luokka	jännitevirhe ± %	kulmavirhe ± min
0,1	0,1	5
0,2	0,2	10
0,5	0,5	20
1	1,0	40
3	3,0	-

- suojaus- ja avokolmiokäämin tarkkuusluokat ovat 3P ja 6P. Avokolmiokäämille suositellaan 6P tarkkuusluokkaa. Taulukossa 5 on suojaus- ja avokolmiokäämin jännite- ja kulmavirheet. (ABB 2000)

**Taulukko 5: Suojaus- ja avokolmiokäämin jännite- ja kulmavirheet**

luokka	jännitevirhe ± %	kulmavirhe ± min
3P	3	120
6P	6	240

### 3 MUUNTAJA

Muuntajat ovat yksi sähköverkon tärkeimmistä ja kalleimmista komponenteista, minkä takia niiden suojaaminen on tärkeää erityisesti suurtehomuuntajat ja isojen generaattorien muuntajat. Muuntajavikoja tapahtuu harvemmin kuin yksi 100 muuntajavuotta kohti. Muuntajavian sattuessa muuntaja kuitenkin vaurioituu pahoin, mistä aiheutuu pitkä ja kallis korjaus. (Mörsky 1993, 189-204.)

Muuntajan toiminta perustuu sähkömagneettiseen induktioon, jossa ensiöpuolen virta aiheuttaa magneettivuon, joka puolestaan indusoi toisiopuolen käämien kierrosluvun mukaisen jännitteen toisioon. Koska muuntajat perustuvat sähkömagneettiseen induktioon, ne toimivat ainoastaan vaihtovirralla mikä on pääsyy miksi vaihtosähkön käyttö aikoinaan syrjäytti tasasähkön. Muuntajan rakenne on melko yksinkertainen, siinä on rautasydän, jonka ympärille on kierretty ensiö- ja toisiokäämit. Muuntajan muuntosuhde on ensiö- ja toisiokäämien kierrosten suhde. (Korpinen 1998b)

Muuntajan tarkoitus on muuntaa jännite tai virta sen mukaan, mikä on paras käytettävään tarkoitukseen ilman, että teho muuttuu. Esimerkiksi tehonsiirtoon pitkille matkoille muunnetaan jännite suureksi, mikä ansiosta säästetään johdin kustannuksissa, mikä ilmenee kaavasta 2. Kun teho saadaan perille, se muunnetaan kotitalouksiin ja teollisuuden sopivaksi jännitteeksi. Koska generaattoreita ei voida rakentaa eristysteknillisistä syistä suuremmalle kuin n.30kV:lle, niin tarvitaan muuntajia muuttamaan jännite siirtoa varten paremmaksi. Muuntajia käytetään myös melkein kaikissa kodin sähkölaitteissa muuntamaan pistorasiasta tuleva jännite laitteelle sopivaksi esim. puhelimen laturi.

$$A = 100 \frac{Ps}{p\gamma U^2} \quad (2)$$

kaavassa:

A on johdin poikkipinta-ala

P on siirtoteho

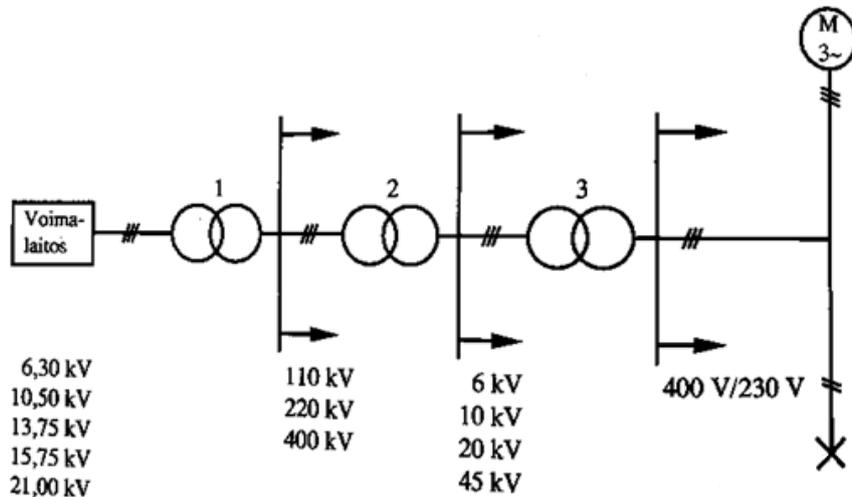
s on siirtomatka

U on johdon pääjännite

$\gamma$  on johdinaineen konduktiivisuus

p on jännitteen alenema prosentteina

Kuvassa 1 esitellään muuntajien käyttö voimansiirrossa. 1. muuntajaa kutsutaan voimalaitosmuuntajaksi. Se muuntaa jännitteen kantaverkon siirtojännitteeksi, standardiarvot ovat 400, 220 ja 110kV. 2. muuntaja on keskijännitemuuntaja yleensä paikallisilla sähköasemilla kun kantaverkon siirtojännite muutetaan alueverkon jännitteeksi. Yleisin alueverkossa käytettävä jännite on 20kV. 3. muuntaja on jakelumuuntaja, joka muuntaa alueverkon jännitteen kuluttajille sopivaksi.



**kuva 1: Esimerkki tehonsiirrosta muuntajilla (Tonteri & Aura 1986)**

### 3.1. Eristys

Muuntajat voidaan jakaa eristyksen perusteella kahteen eri luokkaan öljyeristeiset muuntajat ja kuivamuuntajat. Öljyeristeiset muuntajat ovat yleisempiä kuin kuivamuuntajat, koska ne ovat yleensä halvempia. Suuremmissa kokoluokissa hintaerot kuitenkin tasoittuvat. Yleensä kuivamuuntaja on n.1,3-2 kertaa kalliimpi kuin vastaava öljyeristeinen muuntaja. ( Sähköasennukset 3)

#### 3.1.1. Öljyeristeinen muuntaja

Suurissa ulko- ja sisäasennuksiin soveltuvissa muuntajissa käytetään eristeenä paperia ja prespaania sekä muuntajaöljyä eristämiseen. Muuntajaöljy toimii myös jäähtymisen väliaineena siirtäen rautasydämessä ja käämityksessä kehittyvän lämmön öljyn välityk-

sellä muuntajan kannelle. Öljyeristeiset muuntajat voidaan jakaa hermeettisiin- ja paisuntasäiliöllisiin muuntajiin. (Sähköasennukset 3)

Uusimmat öljyeristeiset jakelumuuntajat ovat hermeettisesti suljettuja, mikä estää hapen ja kosteuden aiheuttamat vaikutukset öljyyn ja eristeisiin. Näin muuntajan eristeiden vanheneminen on hitaampaa, mikä puolestaan nostaa muuntajan elinikää, mikäli muita vakavampia vikoja ei ilmene. Hermeettisesti rakennetussa muuntajassa ei ole paisuntasäiliötä ja öljysäiliö on kokonaan täysi, minkä ansiosta ilma ei pääse öljyn kanssa kosketukseen. Öljytilavuuden muutokset ovat mahdolliset aaltolevysäiliön elastisten jäähdytysaaltojen ansiosta. (Sähköasennukset 3)

Teollisuuden muuntajissa käytetään usein erillistä paisuntasäiliötä, öljyn lämpeneminen näkyy sen pinnankorkeuden vaihteluna paisuntasäiliön lasissa. Nämä paisunta säiliölliset muuntajat ovat hermeettisesti eristettyjä muuntajia yleisempiä. Teollisuusmuuntajat ovat yleensä suurempia kuin tavanomaiset jakelumuuntajat. (Sähköasennukset 3)

Öljyeristeiset muuntajat valmistetaan ja koestetaan SFS-EN 60076 standardin mukaisesti. Pienille muuntajille suoritetaan lajikokeena katkaisun- ja jyrkänäallon kokeita standardin SFS 2646 mukaisesti. Kokeilla varmistetaan käämirakenteiden kestävyys ilmastollisia ylijännitteitä vastaan käytettäessä kipinävälisuojausta. (Sähköasennukset 3)

### **3.1.2. Kuivamuuntajat**

Kuivamuuntajan voi toteuttaa usealla eri rakenteella, yleisimpiä ovat valuharts- ja ilmaeristeinen kuivamuuntaja. Kuivamuuntajat eivät ole niin yleisiä kuin öljymuuntajat mutta kuivamuuntajille on silti kohteita, missä niiden käyttöä kannattaa harkita kuten väestönsuojat, sairaalat, pohjavesialueet ja kaivokset, joissa öljymuuntajan tuhoutuminen voi aiheuttaa vakavaa vahinkoa ihmisille ja ympäristölle. Kuivamuuntajia käytetään yleensä sisätiloissa. Jos öljyeristeisen muuntajan sijoittamiselle ei ole estettä, ei ole syytä hankkia kuivamuuntajaa. Kuivamuuntajaa hankittaessa seuraaviin seikkoihin kannattaa kiinnittää huomiota:

- Kuivamuuntajan palokuormaluokka voi olla F0, F1 tai F2 mukainen ja se on paljon öljyeristeistä muuntajaa pienempi.

- Luotettavuus on osoittautunut pienemmäksi kuin öljyeristeisellä muuntajalla ja eri kuivamuuntajarakenteilla on selviä eroja luotettavuudessa.
- Ylikuormitettavuus on pienempi kuin öljyeristeisellä muuntajalla. Ylikuormittaminen edellyttää usein lisäpuhaltimia tai vastaavia laitteita. Jäähdytykseen on kiinnitettävä erityistä huomiota.
- Kosketussuojaus on toteutettavissa koteloimalla koko muuntaja mikä voi heikentää ilmakiertoa. Ilmankierron heikentyminen => lämpeneminen => voidaan kuormittaa vähemmän.
- Yleensä kuivamuuntajat eivät kestä alle -20 °C lämpötiloja mutta on saatavilla myös kuivamuuntajia jotka kestävätkin -40 °C lämpötiloja.
- Melutaso on yleensä korkeampi kuin öljyeristeisillä muuntajilla.
- Sisätiloihin asennettujen kuivamuuntajien yhteydessä vesisammutusjärjestelmän käytössä on enemmän rajoituksia kuin öljyeristeistä muuntajaa käytettäessä. (Sähköasennukset 3)

### 3.2. Hyötysuhde

Muuntajan päätehtävä on muuntaa jännitettä tarpeen mukaan. Sen hyötysuhde määrittää, miten hyvin muuntaja muuntaa jännitteen yhdeltä jännitetasolta toiselle ilman tehohäviöitä. Vaikka muuntajat ovat yleensä hyvä hyötysuhteisia koneita, tehohäviöitä kuitenkin tapahtuu jonkin verran. Suuri tehoisissa muuntajissa on kaikkein paras hyötysuhde. Häviöitä tapahtuu rautasydämessä rautahäviöinä  $P_R$  sekä käämeissä kuormitushäviöinä  $P_K$ . Muuntajan hyötysuhde voidaan laskea, kun tiedetään sisään menevä teho  $P_1$ , ulos tuleva teho  $P_2$  sekä edellä mainitut häviöt käyttämällä alla olevaa kaavaa. (Tonteri & Aura 1986, 35-37.)

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_2 + P_R + P_K} \quad (3)$$

Muuntajan hyötysuhde on yleensä luokkaa 0,97 - 0,99 ja vaikka 99 %:n hyötysuhde näyttää hyvältä on häviöiden taloudellinen arvo silti merkittävä eikä muuntajaa valitessa tätä kannata jättää huomioimatta. (Tonteri & Aura 1986, 35-37.)

Energiahyötysuhde kertoo muuntajan antaman energian suhteessa ottamaan energiaan tietyllä aikavälillä yleensä vuotuinen. Energiahyötysuhde on yleensä huonompi harvaan asutulla seudulla kuin paljon kuormitetulla teollisuusmuuntajilla. Kun hankitaan muuntajaa, on tärkeä, että lasketaan alueen tehon tarve sekä mahdollinen kasvu/taantuma tehon kulutuksessa minkä jälkeen valitaan alueelle oikean tehoinen muuntaja. Näin vuotuinen energianhyötysuhde saadaan paremmaksi. (Tonteri & Aura 1986, 35-37.)

### 3.3. Muuntajan kytkentäryhmät

Muuntajan kytkentäryhmät kuvaavat millä tavalla kolmivaihemuuntaja on kytketty verkkoon. Kolmivaihemuuntajan kytkennät ovat tähti-, kolmio- ja hakatähtikytkentä. Kuvassa 2 esitellään kolmivaihemuuntajan standardoidut kytkentäryhmät. Sinisellä merkatut kohdat ovat yleisimmin käytettyjä suomessa.

Tunnusluku	Kytkentä	Osoitinkuvat		Kytkennät	
		YJ	AJ	YJ	AJ
0	Dd0				
	Yy0				
	Dz0				
5	Dy5				
	Yd5				
	Yz5				
6	Dd6				
	Yy6				
	Dz6				
11	Dy11				
	Yd11				
	Yz11				

Kuva 2: Kolmivaihemuuntajan kytkentäryhmät (Korpinen 1998b)

Kytkenässä tunnuskirjaimet kertovat, millä tavalla muuntaja on kytketty. Kirjain D tarkoittaa, että yläjännitepuolen käämit on kytketty kolmioon. Y tarkoittaa yläjännitepuolen käämityksen tähtikytkentää. Hakatähtikytkentää ei käytetä yläjännitepuolella ollenkaan. Kirjain d tarkoittaa, että alajännitepuolen käämit on kytketty kolmioon, y kirjain tarkoittaa alajännite käämityksen tähtikytkentää ja z on alajännite käämityksen hakatähtikytkentä. Muuntajan kytkentäryhmä ilmoitetaan kuvan 2 tavalla esim. YNyn0 tai Dyn11. N ja n ilmaisevat, onko nolllapiste käytettävissä muuntajan kannella. N tarkoittaa yläjännitekäämityksen nolllapistettä ja n puolestaan alajännitepuolen nolllapistettä. Kytkentäryhmä merkinnän lopussa oleva tunnusluku kertoo toisiojännitteen osoittimen, kun ensiojännitteen osoitin kellotaululla on 12 eli 0. Osoittimet kertovat miten paljon toisiojännite on ensiojännitettä edellä tai jäljessä. (Korpinen 1998b)

Tähtikytkentä on kolmivaihemuuntajan yleisin kytkentä. Sitä käytetään sekä ylä- että alajännitepuolella. Tähtikytkennässä tähti- eli nolllapiste on käytettävissä, joten käytettävissä on myös kaksi jännitettä, joiden suhde  $\sqrt{3}:1$ . Tähtikytkentä sopii hyvin suurille jännitteille ja kohtuullisille virroille, koska käämijännite on  $\sqrt{3}$ :s osa pääjännitteestä, minkä ansiosta eristäminen on helpompaa kuin kolmiokytkentää käytettäessä. Tähtikytkennässä sisäisten johdotusten järjestäminen ja eristäminen on helpompaa kuin kolmiokytkennässä. Tähtikytkentää käytettäessä voidaan käyttää nolllapistekäämikytkintä, mikä on halvempi kuin vaihekäämikytkin. Käämikytkimellä säädetään muuntajan muuntosuhdetta. (Tonteri & Aura 1986, 72.)

Kolmiokytkentää käytetään enimmäkseen pienillä jännitteillä, koska se vaatii enemmän johdinkierroksia kuin tähtikytkentä. Kolmiokytkennässä käämijännite on sama kuin pääjännite joten eristäminen on vaikeampaa. Kolmiokytkennän etuna on, että johtimen päävirran ja käämivirran suhde  $\sqrt{3}:1$ . Kolmiokytkentä vaimentaa haitallista kolmatta yliaaltoa. Käämikytkimenä on käytettävä vaihekäämikytkintä, koska kolmiokytkennässä ei ole kytkennällistä nolllapistettä. (Tonteri & Aura 1986, 72.)

Hakatähtikytkentää käytetään yleensä ottaen ainoastaan jakelumuuntajan toisiopuolella eli pienillä tehoilla ja jännitteillä. Sähköisiltä ominaisuuksiltaan hakatähtikytkentä ei poikkea tähtikytkennästä ja johdon kannalta se vastaa tähtikytkentää. Hakatähtikytkennän etuna on, että se sallii epäsymmetrisen kuormituksen vääristämättä jännitettä epäsymmetriseksi. Hakatähtikytkentä vaatii 15,5 % enemmän johdinmateriaalia kuin tähtikytkentä ja sen sisäiset kytkennät ovat mutkikkaammat. (Tonteri & Aura 1986, 72.)

### 3.4. Muuntajaviat

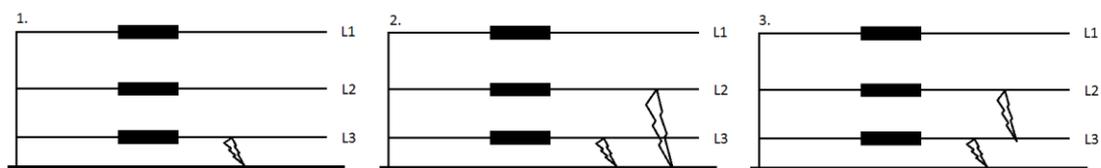
Muuntajavikoja voivat aiheuttaa eristyksen vanheneminen pitkäaikaisen ylläpötilan vaikutuksesta, likaantunut ja ominaisuutensa menettänyt öljy, osittaispurkaukset eristyksissä, ilmastolliset ja kytkentäylijännitteet verkossa sekä ulkoisten vikojen aiheuttamien oikosulkuvirtojen voimavaikutukset käämeissä. Loistehon lisääntymisen johdosta myös ylikuormitus viat ovat yleistyneet. (Mörsky 1993, 189-204.)

#### 3.4.1. Maasulku

Maasulku aiheutuu eristysviasta jolloin maa tai maahan yhteydessä oleva johtava osa ja käyttömaadoittamaton virtajohdin joutuvat kosketuksiin keskenään. Maasulku on käyttömaadoitetussa verkossa luonteeltaan oikosulun kaltainen ja vikavirran suuruus voidaan laskea kun tiedetään verkon impedanssit. (Korpinen 1997)

Yksinkertainen esimerkki maasulusta on, kun puu kaatuu sähkölinjaan ja aiheuttaa yhteyden maan ja vaiheen välille. Tässä tilanteessa vikapaikkaan muodostuu jännite, joka pienenee mitä kauemmas vikapaikasta mennään, aiheuttaen vaarallisen askeljännitteen. (Korpinen 1997)

Maasulku poikkeaa olennaisesti oikosulusta silloin, kun verkon tähtipistettä ei ole maadoitettu. Tällöin vikavirta ei muodostu kovin suureksi mutta verkkoon muodostuu haitallinen epäsymmetria. Kuvassa 3 on esitelty erityyppisiä maasulkuja. (Korpinen 1997)



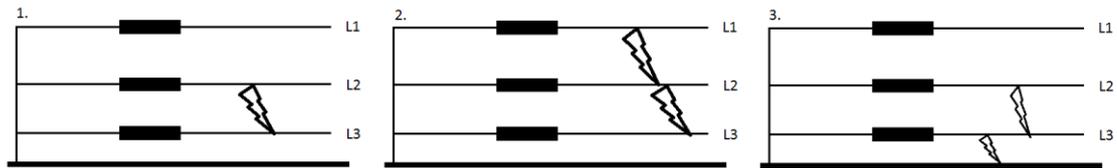
**Kuva 3: Eri maasulku tyypit**

1. kohta on yksivaiheinen maasulku. 2. kohta kuvaa kaksoismaasulkua, jossa verkon kahdessa eri vaiheessa ja eri kohdassa tapahtuu eristysvika. Kuvan 3. kohta kuvaa yhdistettyä kaksivaiheista maaosulua, jossa kahden vaiheen välillä on oikosulku ja toinen vaiheista on yhteydessä maahan. (Korpinen. 1997)

Maasulussa syntyvien ylijännitteiden suuruuteen vaikuttaa verkon tähtipisteiden maa-  
doitustapa. Maasulkuvirran suuruuteen vaikuttaa yhtenäisen verkon johtopituus, johtola-  
jin maakapasitanssi ja vikavastus. (Korpinen 1997)

### 3.4.2. Oikosulku

Oikosulun aiheuttaa, kun jännitteelliset osat pääsevät kosketuksiin toistensa kanssa joko tahattomasti tai inhimillisestä erehdyksestä johtuen suoraan fyysisesti tai jonkin väli-  
kappaleen vaikutuksesta. Esimerkiksi kun eläin tai jokin muu kappale pääsee koske-  
maan kahteen vaiheeseen yhtä aikaa, se aiheuttaa kahden vaiheen välisen oikosulun.  
Kuvassa 4 esitellään eri oikosulkutyyppejä. (Korpinen 1997)



**Kuva 4: Eri oikosulku tyypit**

Kuvassa ensimmäinen kohta on kaksivaiheinen oikosulku. 2. kohta on yksi sähköverkon suurivikavirtaisimmista vikatilanteista kolmivaiheinen oikosulku. 3. kohta on yhdistetty maa-oikosulku.

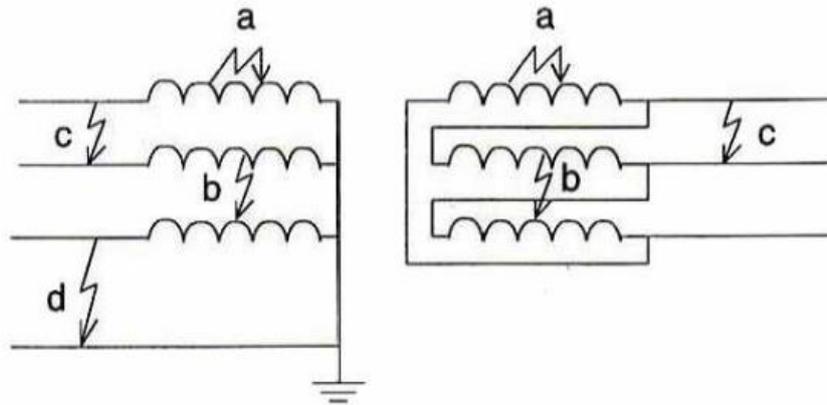
Tavallisimmat epäsymmetriset viat ovat yksivaiheinen maasulku ja kaksivaiheinen oi-  
kosulku. Tällaisten vikojen aikana eri vaiheiden virrat ja jännitteet eivät ole symmetri-  
siä. Kaikkein tuhoisin ja suurivikavirtaisin häiriö on vastukseton kolmivaiheoikosulku,  
jossa vikavirran suuruus on usein n. 10 - 40 kertaa nimellistä kuormitusvirtaa suurempi.  
(Korpinen 1997)

Oikosulkuista aiheutuu monenlaista häiriötä sähköjakelulle. Jotta niistä ei aiheutuisi  
enempää vauriota, ne pitää saada poistettua mahdollisimman nopeasti. Relesuojauksella  
pystytään sammuttamaan alkava oikosulku, ennen kuin siitä ehtii aiheutua suurta vahin-  
koa laitteistolle ja ympärillä työskenteleville henkilöille. Mikäli oikosulkua ei saada  
pysäytettyä, korkea ylivirta aiheuttaa kaapeleissa ja laitteistossa radikaalia lämpenemis-  
tä, joka yleensä aiheuttaa myös valokaaren. Valokaaresta aiheutuva räjähdys aiheuttaa  
paineaallon, joka on vaarallinen, jos tilassa työskentelee ihmisiä ja yleensä myös särkee

laitteen korjauskelvottomaksi. Liian lämmön vaikutuksesta kaapeleissa ja laitteistoissa käytettävästä metallista muodostuu myrkyllisiä kaasuja.

### 3.4.3. Muuntajan sisäiset käämiviati

Suurin osa muuntajan vioista on muuntajan käämityksessä. Yleisin käämivika on kierrossulku, jonka osuus kaikista muuntaja vioista on n.12 %. Käämisulut ovat harvinaisempia. Kuvassa 5 on esitelty eri muuntajavikoja mukaan lukien käämiviati.



**Kuva 5: Muuntajan vikatyypit (Leino, 2008)**

a kohta on ylä- ja alajännitepuolen kierrossulku

b kohta on ylä- ja alajännitepuolen käämisulku

c kohta kaksivaiheinen oikosulku

d kohta on yksivaiheinen maasulku

Kierrossulussa oleva käämi käyttäytyy kuin säästökytketty muuntaja, jossa oikosulussa olevat kierrokset muodostavat oikosuljetun toision. Vikavirta muuntajan sisällä on sitä suurempi mitä vähemmän kierroksia on oikosulussa. Toisaalta mitä vähemmän kierroksia on oikosulussa, sitä pienempi virta havaitaan muuntajan liittimissä. Vasta usean prosentin kierrossulku aiheuttaa nimellisvirran suuruisen virran muuntajan liittimiin, minkä vuoksi kierrossulun havaitseminen on virtaa mittaavilla releillä vaikeaa. (Partanen 2009)

Kierrossulku voi aiheuttaa vikavirtapiirissä vaurioittavia mekaanisia voimia, aiheuttaa valokaaren, suuret ylivirrat voivat sulattaa johdin- tai käämitysmetallia ja hajottaa muuntajaöljyä kaasuksi minkä ansiosta kaasurelettä käytetään pääasiallisena kierrossulksuojana. Kuten edellä relesuojauksessa käsiteltiin kaasurele hälyttää, kun kaasua

alkaa muodostua ja laukaisee, kun kaasua muodostuu liikaa ja se alkaa puskea öljynpintaa alemmas. Toisaalta mekaanisten voimien vaikutuksesta syntyvä öljyisyöksy paisuntasäiliöön aiheuttaa kaasureleen välittömän toiminnan.

Käämisulku puolestaan on harvinaisempi muuntajan sisäinen vika. Käämisulku on muuntajan käämityksissä tapahtuva oikosulku. Se voi aiheutua kun käämit pääsevät jollain tapaa kosketuksiin tai silloin, kun käämi pääsee koskemaan muuntajan runkoon (runkosulku). Käämisulku kehittyy yleensä jostain muusta viasta, jos sitä ei saada laukaistua pois tarpeeksi nopeasti. Esimerkiksi käämi pääsee koskemaan muuntajan runkoon aiheuttaen runkosulun. Runkosulkua ei saada poistettua tarpeeksi nopeasti, ja vika leviää rungosta muihin käämeihin aiheuttaen käämien välille käämisulun. Käämisulusta johtuvan ylivirran lämpövaikutuksen seurauksena öljystä alkaa muodostua kaasua ja mekaaniset voimat saavat aikaan öljyn syöksymisen paisuntasäiliöön. Kaasureleellä pystytään hyvin torjumaan myös käämisulut. (Partanen 2009)

### 3.5. Muuntajan suojaus

Muuntajilla on erittäin tärkeä rooli energiansiirrossa, minkä vuoksi niiden suojaaminen ja valvonta on erittäin tärkeää. Pääsääntöisesti energiansiirron kannalta tärkeimmät muuntajat suojataan kaikkein tarkimmin, kuten suuret verkkomuuntajat ja isojen generaattorien muuntajat. Normaalit jakelumuntajat on yleensä suojattu ainoastaan alajännitepuolelta sulakkeilla, kaupunkiverkoissa toisinaan myös yläjännitepuoli suojataan sulakkeilla. Muuntajan suojarahat voidaan jakaa kahteen ryhmään, sähköiset suojarahat ja ei-sähköiset suojarahat. Muuntaja pääsuoharaleenä käytetään yleensä differentiaalirelettä. (Elovaara & Haarla 2011, 378-380.)

Muuntajasuojaus kattaa muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta muuntajan lisäksi myös suojauksessa käytettävien virtamuuntajien väliin jäävät ylä- ja alajännitepuolen laitteet. Kaasuoja on poikkeus tästä. Yläjännitepuoli kuuluu sekä muuntajan, että syöttävän johdon suoja-alueeseen. Alajännitepuoli kuuluu myös osittain kahteen suojausalueeseen. Muuntajalle ei kovin usein ole omaa maasulkusuojarahaleistystä, vaan alue kuuluu kiskon maasulkusuojaraleeseen. (Mörsky 1993, 189-204.)

Muuntajasuojaus voidaan jaotella seuraavasti:

- Ylivirtasuojaus jolla suojaudutaan muuntajan ulkoisilta ja sisäisiltä oikosuluilta.
- Maasulkusuojaus sisäisiä maasulkuja vastaan.
- Käämi- ja kierrossulkusuojaus muuntajan sisäisiä oikosulkuja vastaan.
- Ylikuormitussuojaus
- Ylijännitesuojaus
- Kaasusuojaus, jolla voidaan suojautua muuntajassa alkavia sisäisiä vikoja vastaan.
- Käämikytkinsuojaus käämikytkin vikoja vastaan.

Jos muuntajalla ei ole differentiaalisuojausta, ylivirtasuojana toimii kolmivaiheinen ylivirtarele. Rele on kaksiportainen, ja siinä pikalaukaisu toimii muuntajan yläjännitepuolen vioissa ja hidastettu laukaisu toimii muuntajan alajännite puolen navoissa sattuvissa vioissa sekä varasuojana kiskoston vioissa. Releen asettelu on hyvä olla ainakin  $1,5 I_N$  jotta muuntajan ylikuormitettavuus saadaan hyödynnettyä mahdollisimman hyvin. (Mörsky 1993, 189-204.)

Jos muuntajalle on asennettu differentiaalirele, ylivirtarele jää sisäisten vikojen osalta varasuojaksi. Differentiaalirele on absoluuttisen selektiivinen ja toimii ainoastaan virtamuuntajien välissä tapahtuvissa vioissa mikä tekee siitä hyvän muuntajan suojareleen. Ylivirtasuojan toiminnan täytyy olla nopea, jotta suurilta vahingoilta vältytään. Suojauksen toimiessa 35 – 100 ms:n aikana vahinkoja ei tule tai ne jäävät kohtuullisen pieniksi. Yleensä 35 ms nopeampaa suojausta ei kannata hankkia, koska se tulee kalliiksi ja sillä ei ole vahinkojen kannalta suurta merkitystä. Differentiaalireleellä voidaan päästä jopa 20 ms:n laukaisuun. (Willman 2006)

Eniten aiheettomia reletointoja esiintyy kytkettäessä muuntaja verkkoon. Ylivirtareleiden ja differentiaalireleiden asetteluarvojen määrittämisen jälkeen on syytä tarkistaa ovatko asetteluarvot kytkentävirtasysäyksen suhteen riittävät. Yleensä muuntajaa kytkettäessä verkkoon käytetään releen hidastettua laukaisua tai käytetään kytkentävirtalukitusta. Koska kytkentävirtasysäyksessä ilmenee yliaaltoja etenkin toista harmonista yliaaltoa, sitä voidaan käyttää hyväksi tunnistamaan onko kyseessä vikatilanne vai kytkentävirtasysäys ja näin estää releen aiheeton laukaisu. Kytkentävirtasysäyksessä virta 2 MVA -muuntajalla on n. 7-8  $I_N$  kaikkein epäedullisimmassa tilanteessa. Kytkentävirtasysäyksen suuruuteen vaikuttavat:

- kytkentähetken vaihekulma
- käämikytkimen asento
- rautasydämen remanenssi eli jäännösmagnetismi
- muuntajan ja verkon rakenne

Käämi- ja kierrossulku vikoja vastaan voidaan suojautua kaasureleen avulla. Sen tarkoitus on ennakoida alkavat viat kaasukertymisen perusteella. Luvussa 2 on kerrottu kaasureleen toiminta. Suuri virtaisissa vioissa differentiaalirele toimii yleensä kaasusuoja nopeammin. (Willman 2006)

Ylikuormitussuojana käytetään usein öljyn kuumimman kohdan lämpötilaa mittaavaa kosketinlämpömittaria, joka voidaan asettaa hälyttämään ja laukaisemaan. Tämä suojausta ei ole riittävä jos muuntajan kuormitus muuttuu nopeasti ja paljon, koska öljyn lämpötila ei muutu yhtä nopeasti kuin muuntajan kuumimman kohdan, käämityksen metallin lämpötila. Tämä puute saadaan korjattua varustamalla öljyssä oleva lämpömittari muuntajan virtamuuntajan toisiopiiriin kytketyllä lämmitysvastuksella. Vastuksen lämpeneminen vastaa käämityksen lämpenemää liian lämpenemisen vaikutuksesta muuntaja voidaan laukaista irti verkosta. (Mörsky 1993, 189-204.)

Tärkein muuntajan primäärisistä suojalaitteista on kaasurele. Kaasurele toimii ennakkoivana suojana muuntajan sisäisiä vikoja vastaan. Öljytilan paisuntaputkeen asennettua virtausrelettä käytetään käämikytkimen suojana. Jos käämikytkimen käyttö epäonnistuu ja siitä aiheutuu valokaari, virtausrele laukaisee muuntajan irti verkosta. Virtausreleen toiminta perustuu valokaaren aiheuttamaan paineaaltoon, joka saa öljyn liikkumaan paisuntasäiliön ja käämikytkimen putkessa ja siten virtausreleen toiminnan. Suurissa muuntajissa käämikytkin on suojattu myös ylipaineventtiilillä, mikä estää vikatilanteessa käämikytkimen räjähtämisen. (Mörsky 1993, 189-204.)

Ylijännite suojaus voidaan toteuttaa ylimagnetointireleellä, jonka toiminta perustuu jännitteen ja taajuuden suhteeseen. rele toimii kun em. suhde tulee liian suureksi ja laukaisee muuntajan irti verkosta. Releen toiminta-aika riippuu  $U/f$  suhteesta käänteisaikahidasteisesti. Ylimagnetointirele asennetaan muuntajan säätökäämittömälle puolelle asennetun jännitemuuntajan toisioon. (Mörsky 1993, 189-204.)

#### 4 DEMOLAITTEISTO 110/10KV

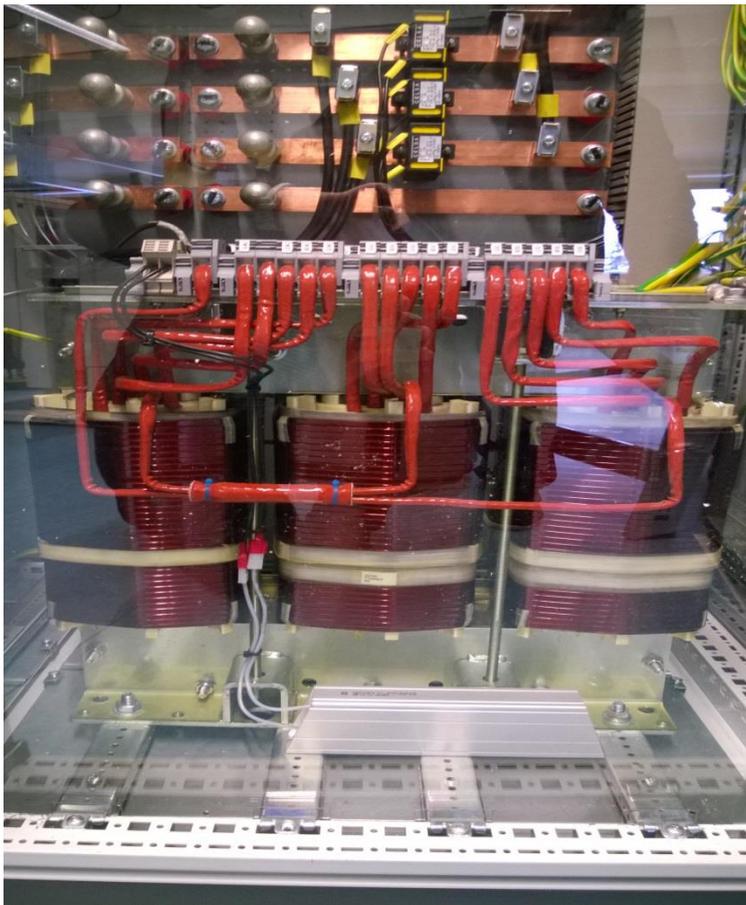
Lapin ammattikorkeakoululle hiljattain tehdyn remontin johdosta myös laboratoriotilojen laitteistoa uusittiin modernimmaksi. 110/10kV demolaitteiston tarkoitus on olla esimerkkinä siitä, miltä teollisuudessa olevat laitteet näyttävät ja miten ne kokonaisuutena toimivat. Demolaitteiston kaikki laitteet ovat kutakuinkin samat kuin teollisuudessa käytettävät vastaavat laitteet tosin vain simuloitussa ympäristössä oppimiskäyttöä varten. Demolaitteistossa, muuntajien ensiö- sekä toisiopuolella 110kV ja 10kV sijaan, kulkee 400V pääjännite turvallisuussyistä. Liitteessä 1 näkyy demolaitteiston pääpiirikaavio.

Laitteistossa on kaksi ns. päämuuntajaa T1 ja T2, ja niiden tehtävä on simuloida 110/10kV muuntajien toimintaa teollisuudessa. 10kV kojeiston syöttö voidaan ottaa molempien muuntajien kautta ja muuntajat voidaan tarvittaessa kytkeä rinnan. 10kV kojeistossa on simuloitu eri johtolähtöjä mm. moottorilähtö, generaattorivarasyöttö, muuntajalähtö ja 20kV ilmalinjaan lähtevä syöttöjohto. Laitteistolla voidaan simuloida eri tilanteita, kuten esimerkiksi kun dieselgeneraattorilla syötetään ilmajohtoon tehoa tai pyöritetään moottoreita kuten oikeassa sähköjakelu-ympäristössä, mutta vaan pienemmillä tehoilla.

Muuntajat T1 ja T2 ovat Trafotekin kaksikäämi kuivamuuntajia ja niiden teho on 30kVA. Muuntajan käämit on eristetty VPI -tekniikkaa hyväksikäyttäen. VPI tekniikassa muuntajan käämit on kierretty polyesterihartsia eristepäällysteellä jossa lämmön, paineen ja tyhjiön yhdistelmä sinetöivät käämityksen suojaten sitä ilman epäpuhtauksilta. VPI:llä muuntajan käämitykseen saadaan parempi vastustus koronailmiötä vastaan. Muuntajan kytkentäryhmä YNyn0 eli ensiö- ja toisiopuoli on kytketty tähteen, muuntajalla on nollapiste käytettävissä molemmilla puolilla ja toisiojännitteen osoitin on samassa vaiheessa kuin ensiöjännitteen osoittimen vaihekulma. Ohessa on kuvia muuntajasta sekä liitteestä 2 nähdään muuntajan tekniset tiedot. Kuvassa 6 näkyy muuntajan arvokilpi ja kuvassa 7 kuva demolaitteiston muuntajasta.



**Kuva 6: Muuntajan arvokilpi**



**Kuva 7: Demolaitteiston muuntaja**

Koska SIPROTEK 7UT63 toimii T2 -muuntajan päädifferentiaalisuojana, perehdytään enemmän PK2:n laitteiston kojeisiin. T2 -muuntajaa suojaa 7UT63 lisäksi VAMP50 ylivirta- ja maasulkurele. VAMP:n WIMO 6CP10 verkkoanalysaattori mittaa muuntajalle tulevaa virtaa sekä lois- ja pätötehoa. Virtamuuntajina käytetään CELSA:n 315AST 50/5A virtamuuntajia. Virtamuuntajien toimintaa on käsitelty luvussa 2. Muu

laitteisto kattaa katkaisijat, erottimet ja virranmittauspisteet. Liitteestä 3 näkyy T2 -muuntajan suojauskaavio.

VAMP50 on perusominaisuuksilla varustettu suojarole, jota käytetään teollisuuden ja sähkölaitosten pien- ja keskijännitejärjestelmien suojaussovelluksiin sekä varasuojauksena. Suojausominaisuuksia rajoittamalla on saatu aikaan kustannustehokas ja käyttäjäystävällinen rele, joka on helposti täydennettävissä integroitavilla lisämoduuleilla, kuten valokaarianturilla, valinnaisilla DI-tuloilla ja DO-lähdöillä sekä eri kommunikointiliitynnöillä. Kuvassa 8 VAMP50 -suojarole. VAMP50 suojarole toimii demolaitteistossa pääylivirtasuojana sekä maasulkusuojana. (Vamp Oy 2015)



**Kuva 8: VAMP50 suojarole (Vamp Oy 2015)**

WIMO 6CP10 on jakeluverkkojen sähköasemasovelluksiin suunniteltu mittaus- ja valvontayksikkö, jolla muuntamoiden valvonta voidaan järjestää joko paikallisesti tai kaukovalvontana eri kommunikointiprotokollia ja kanavia hyödyntäen. Se mahdollistaa muuntamoiden jatkuvan ja kustannustehokkaan valvonnan niin haja-asutusalueella kuin taajamissakin. Toiminnot kattavat mm. sähkön, veden, muuntamon öljytason, lämpötilan, ovikytkimen ja ilmastoinnin valvonnan ja laite tunnistaa myös mahdolliset murrot ja graffiteilla töhrimisen. Kuvassa 9 WIMO 6CP10 verkkoanalyysointilaite. (Vamp Oy 2015)

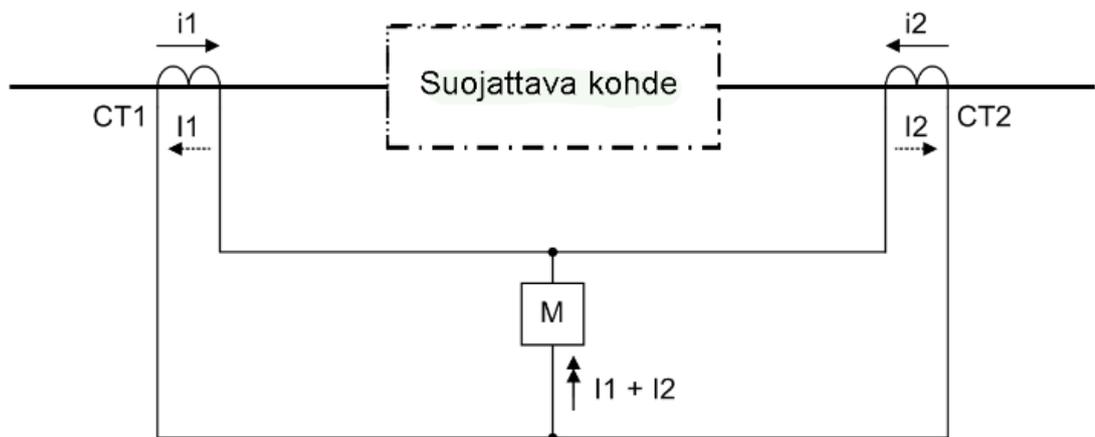


**Kuva 9: WIMO 6CP10 verkkoanalysaattori (Vamp Oy 2015)**

## 5 DIFFERENTIAALISUOJAUS

Differentiaalisuojaus perustuu mitattavien suureiden vertailuun yleensä virrat ja niiden suunnat suojattavan alueen molemmin puolin. Virtamuuntajilla rajataan suojattava kohde minkä takia differentiaalirele toimii ainoastaan sillä alueella tehden suojauksesta absoluuttisen selektiivisen. Absoluuttisella selektiivisyydellä tarkoitetaan, että rele toimii vaan omalla suojausalueellaan eikä reagoi mitenkään muualla tapahtuviin vikoihin. Differentiaalireleet eivät toimi muille suojoille varasuojana ja tarvitsevat yleensä jonkinlaisen varasuojan esimerkiksi vakioaikaylivirtareleen vikaantumisen seuraavan toimimattomuuden varalta. (Mörsky 1993, 46-50.)

Kun virtamuuntajien läpi kulkee sama virta, kohteessa ei tällöin ole vikaa ja virtojen summa on ideaalisessa tilanteessa nolla. Todellisuudessa virtojen summa ei kuitenkaan koskaan ole nolla erilaisista differentiaalisuojauksen epäideaalisuuksista johtuen. Nämä epäideaalisuudet otetaan huomioon differentiaalirelettä säädettäessä. Kuvassa 10 esitellään differentiaalisuojauksen toimintaperiaate. Siprotec 7UT63 -releessä on käytössä laukaisukoordinaatisto, joka perustuu erovirtaan  $I_{DIFF}$  ja vakavointivirtaan  $I_{STAB}$ .  $I_{DIFF}$  muodostaa laukaisukoordinaatiston pystyakselin ja  $I_{STAB}$  vaaka-akselin.



**kuva 10: Differentiaalisuojaus (Siemens AG 2007)**

Kuvasta näkyy suojattavan kohteen molempiin päihin asennetut virtamuuntajat. M kuvaa mittausspiiriä jossa virtoja vertaillaan. Kun mittauspiirin M erovirta on nolla eli  $I_1 + I_2 = 0$ , niin alueella ei ole vikaa. Tilanteen ymmärtämiseksi esitellään kolme eri tilannetta

normaalitila/alueenulkopuolinen vika, sisäinen oikosulku, jossa vikaa syötetään molemmiin puolin sekä sisäinen oikosulku, jossa syöttö vain toiselta puolelta.

Suojattavan kohteen läpi kulkee virta. CT1:n puolella virta kulkee suojattavaa kohdetta päin ja puolestaan CT2:n puolella virta kulkee suojattavasta kohteesta pois päin. Tällöin virta  $I_2 = -I_1$  eli virrat kumoavat toisensa mittauspiirissä ja vakavointivirta on kaksinkertainen läpikulkevaan virtaan nähden, mikä kertoo ettei suojattavalla alueella ole vikaa tai vika on alueen ulkopuolella. Tällöin  $I_{DIFF} = |I_1 + I_2| = |I_1 - I_1| = 0$  ja  $I_{STAB} = |I_1| + |I_2| = |I_1| + |I_1| = 2 * I_1$ . (Siemens AG 2007)

Sisäinen oikosulku jossa samansuuruinen syöttö molemmiin puolin tällöin  $I_1 = I_2$  ja  $|I_1| = |I_2|$ .  $I_{DIFF} = |I_1 + I_2| = |I_1 + I_1| = 2 * I_1$  ja  $I_{STAB} = |I_1| + |I_2| = |I_1| + |I_1| = 2 * I_1$ . Tässä tilanteessa erovirta ei ole nolla mikä kertoo viasta. Erovirta ja vakavointivirta ovat yhtä suuret ja määräävät yhdessä toimintapisteen. Releen asetteluarvot määräävät laukaistaanko vika pois. (Siemens AG 2007)

Sisäinen oikosulku syöttö vain toiselta puolelta tällöin  $I_2 = 0$ .  $I_{DIFF} = |I_1 + I_2| = |I_1 + 0| = |I_1|$  ja  $I_{STAB} = |I_1| + |I_2| = |I_1| + 0 = |I_1|$ . Tässä tilanteessa myös erovirta ja vakavointivirta ovat samansuuruiset ja määräävät yhdessä toimintapisteen. Sisäisissä vioissa  $I_{DIFF} = I_{STAB}$ , koska sisäisissä vioissa toimintapiste sijoittuu laukaisukoordinaatistossa sijaitsevalle laukaisusuoralle, minkä kulmakerroin on 1 eli suora on  $45^\circ$  kulmassa. (Siemens AG 2007)

Differentiaalisuojaus on periaatteena kohtalaisen yksinkertainen mutta käytännön toteutuksiin liittyy yleensä epäideaalisuuksista johtuvia stabiiliusongelmia. Stabiilius tarkoittaa laitteen kykyä erotella suojausalueella olevat erovirrat muista ulkopuolisista erovirranlähteistä. Toisaalta jos releen stabiiliutta kasvatetaan liikaa, sen herkkyyys vikatilanteissa heikkenee mikä voi johtaa siihen, että vikaa ei saada poistettua tarpeeksi nopeasti. Kun taas liika herkkyyys voi aiheuttaa releen turhan toiminnan, heikentäen toimintaluotettavuutta. Stabiiliutta säädettäessä on tärkeä löytää tasapaino luotettavuuden ja toimintaherkkyuden välillä. (Leino 2008, Mörsky 1993, 46-50.)

Muuntajan suojauksen kannalta stabiiliutta huonontavia epäideaalisia tilanteita aiheuttavat mm. muuntajan tyhjäkäyntivirta, virtamuuntajien virheet, käämikytkimen asennonvaihtelu, kytkentävirtasysäys, ylimagnetoituminen ja virtamuuntajien kyllästyminen.

Muuntajan ensiöpuolen kokonaisvirta muodostuu ensiöpuolelle redusoidusta kuormitusvirrasta ja tyhjäkäyntivirrasta. Toisiopuolen virta muodostuu vain kuormitusvirrasta eli tyhjäkäyntivirta on differentiaalireleen kannalta erovirtaa. (Leino 2008)

Virtamuuntajien virta- ja kulmavirheestä johtuen virtamuuntaja ei pysty täysin toistamaan samaa signaalia releelle minkä se mittaa ensiöpiiristä. Nämä virtamuuntajien virheet näkyvät releen kannalta erovirtana. Tarkkuusluokat kertoo tämän maksimivirheen joka tulee ottaa huomioon releen asetuksissa. (Leino 2008)

Käämikytkimien asennon vaihtelu voi aiheuttaa erovirtaa differentiaalireleeseen jos virtamuuntajat on koestettu siten, että erovirta on nolla kun muuntajan ensiö- ja toisiojännitteet ovat nimellisjännitteen suuruiset. Demolaitteiston muuntajassa ei ole käämikytintä eli sitä kautta releelle ei mene erovirtaa. (Leino 2008)

KytKentävirtasysäys aiheuttaa epäedullisimmassa tilanteessa muuntajan kytkentä hetkellä voimakkaan magnetoimisvirran mikä on puolestaan releen kannalta erovirtaa. Koska kytkentävirtasysäys ja vikavirta eroavat toisistaan siinä mielessä, että vikavirta koostuu yleensä perusaallosta ja mahdollisesta tasakomponentista toisin kuin kytkentävirtasysäys jossa esiintyy toista harmonista yliaaltoja. Näitä eroavaisuuksia voidaan käyttää eri erovirtojen tunnistamiseen. Kytkentävirtasysäyksen aikana rele voidaan lukita turhan laukaisun välttämiseksi. Virta vaimenee lopulta jatkuvaan arvoonsa käämityksen resistanssin ja sydämen rautahäviöiden vaikutuksesta. (Leino 2008)

Muuntajan ylimagnetoitumistilanteen voi mahdollisesti aiheuttaa liittimien ylijännite ja mahdollinen verkon taajuuden lasku. Magneettivuon tiheys on suoraan verrannollinen induoituneeseen jännitteeseen ja kääntäen verrannollinen taajuuteen, mikä ilmenee kaavasta 4. Magneettivuontiheys puolestaan on suoraan verrannollinen magnetointivirtaan. Ylimagnetoitumistilanteessa muuntajan magnetointivirta kasvaa ja magnetointivirta näkyy differentiaalireleelle erovirtana. (Leino 2008)

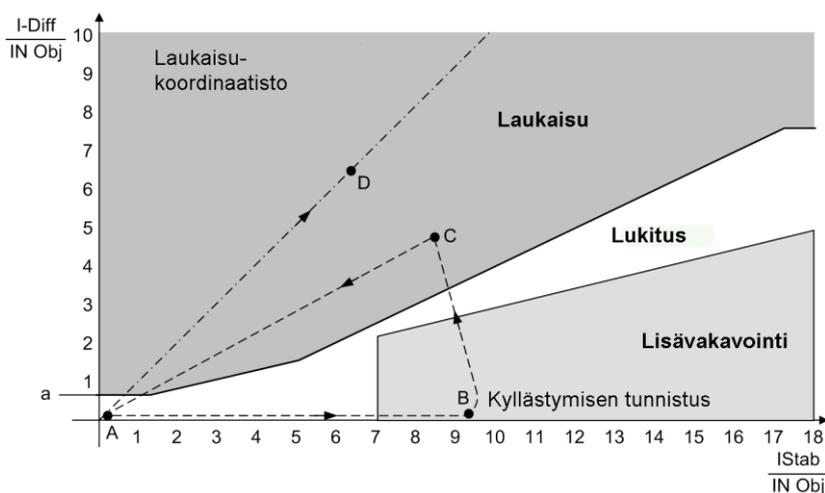
$$B = \frac{U}{\omega NA} \quad (4)$$

Kaavassa B kuvaa magneettivuontiheyttä,  $U$  käämin jännite,  $\omega$  on kulmataajuus joka voidaan myös ilmaista muodossa  $2\pi f$ , missä  $f$  on taajuus,  $N$  on käämin kierroslukumäärä ja  $A$  käämin poikkipinta-ala.

Muuntajille ylijännitetilanteen voi aiheuttaa kuorman äkillinen putoaminen verkosta. Muuntajan pysyvässä ylimagnetoimistilassa erovirrassa havaitaan parittomia yliaaltoja etenkin kolmatta ja viidettä harmonista. Kolmatta yliaaltoa ei yleensä käytetä ylimagnetoitumistilan havaitsemiseen, koska kolmiokytketty muuntaja vaimentaa kolmatta harmonista yliaaltoa, kuten luvussa 3 todetaan. Viidettä harmonista aaltoa voidaan käyttää differentiaalireleessä tunnistamaan ylimagnetoitumistila ja lukita rele turhan laukaisun estämiseksi tilanteissa joissa muuntajalle ei ole vaaraa. Toisaalta liian ylimagnetoiminnan lämpövaikutuksesta johtuen muuntajan eristykset saattavat vaurioitua ja erittäin voimakas magnetointivirta voi jopa tuhota muuntajan hetkessä. (Leino 2008)

Suoja-alueen ulkopuolisissa oikosuluissa oleva oikosulkuvirran tasakomponentti vaikuttaa induktiivisen virtamuuntajan toimintaan. Oikosulkuvirran vaikutuksesta virtamuuntajan magnetointivirta kasvaa, jolloin toisiovirran käyrämuoto leikkautuu. Tilannetta kutsutaan virtamuuntajan kyllästymiseksi. Koska suoja-alueen muuntajat eivät yleensä kyllästy samalla tavalla, näkyy se differentiaalireleessä erovirtana. (Leino 2008)

Siprotec 7UT63 -releessä nämä eri muuttujat on otettu huomioon releen säädöillä, joilla saadaan laukaisukoordinaatisto suojattavalle kohteelle sopivaksi. kuvassa 11 näkyy releen laukaisukoordinaatisto.



**Kuva 11: Siprotec 7UT63 laukaisukoordinaatisto (Siemens AG. 2007, 109)**

## 6 SIPROTEC 7UT63 DIFFERENTIAALIRELE

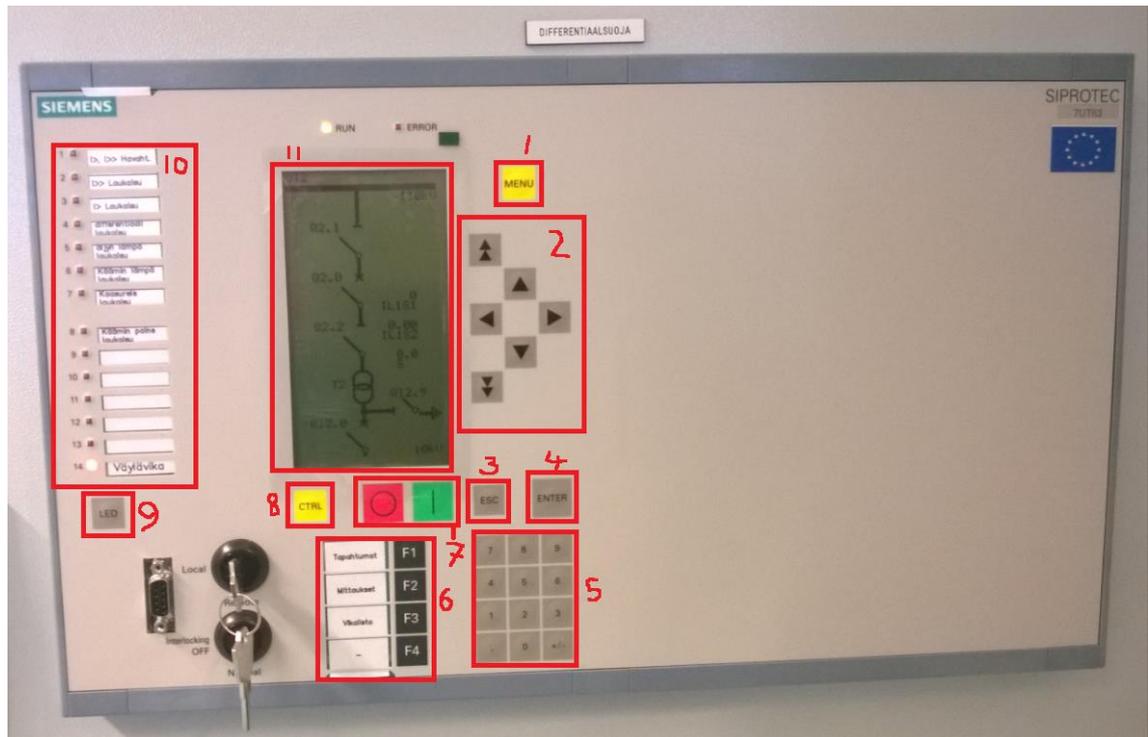
Siprotec 7UT63 on tehokas mikroprosessoripohjainen suojarele. Kaikki releen toiminnot mittaussuureiden vastaanotosta katkaisijoiden ohjauksiin suoritetaan täysin numeerisesti, mikä takaa korkean mittaustarkkuuden ja pitkäaikaisen muuttumattoman toiminnallisuuden, sekä yliaaltojen ja transientin luotettavan käsittelyn. Laitteen itsevalvontamenetelmillä tunnistetaan ja raportoidaan laitehäiriöt, mikä entisestään lisää laitteen luotettavuutta. (Siemens AG 2007)

Siprotec 4 tuoteperheen laitteet täyttävät täysin nykyaikaiset kommunikaatioteknologian vaatimukset. Laite voidaan helposti kytkeä osaksi ylemmäntason ohjausjärjestelmää, mikä mahdollistaa laitteen etäparametrisoinnin joko ohjauskeskuksesta tai etäältä modeemin välityksellä. (Siemens AG 2007)

Siprotec 7UT613 ja 7UT633 on varustettu 12 virranmittauspiirillä. 7UT635:ssä virranmittauspiirejä on 16. Kussakin suojattavan alueen rajaavassa mittauspisteessä kolmivaiheiset virrat mitataan kolmella virranmittauspiirillä ja lisämittauspiirejä voidaan ottaa käyttöön tarpeen mukaan. Demolaitteistossa käytössä oleva rele on mallia 7UT635 eli laitteessa on 16 virranmittauspistettä. Laitteen tilausnumeron tarkistuksen yhteydessä saadaan selville myös laitteen versio ja valmistusnumero. Edellä mainitut tiedot voidaan tarkastaa asetukset alavalikosta. (Siemens AG 2007)

### 6.1. Yleistä

Demolaitteiston erovirtasuojaja on varustettu graafisella näytöllä, mikä tekee siitä kohtuullisen helppokäyttöisen. Graafiselta näytöltä nähdään suojattava kohde sekä sen läheisyydessä olevat katkaisijat ja erottimet sekä niiden tilatiedot. Kuvasta 12 nähdään 7UT63 releen etupaneeli.



**Kuva 12: Siprotec 7UT63 etupaneeli**

Kuvassa:

1. Menu napilla avataan päävalikko. Päävalikoita on viisi ja ne ovat annunciations, measurement, control, settings ja test/diagnosis.
2. Selausnäppäimet.
3. Hylkäys valinta. Perutaan asetellut muutokset tai siirrytään valikossa taaksepäin
4. Vahvistetaan syötetyt muutokset tai salasana.
5. Numeronäppäimet asetteluarvojen tai salasanojen syöttöä varten
6. Funktionäppäimet. Funktionäppäimiin voidaan ohjelmoida halutut usein käytetyt toiminnot yleensä pikasiirtyminen johonkin alavalikkoon.
7. Ohjauspainikkeet kytkinlaitteiden ohjausta varten. Vihreä nappi on kiinniohjaus ja punainen nappi on aukiohjaus.
8. Ohjausnäytön aktivointi painike.
9. Ledien testaus ja muistaviksi määriteltyjen ledien ja koskettimien palautus. Led kuittaus
10. Ohjelmoitavat ledit, joista nähdään laitteen eri vikatilat.
11. LCD –näyttö, jossa näkyy oletuksena kojeiston kytkinlaitteet ja niiden tilatiedot.

Avaimilla voidaan nopeasti ja luotettavasti vaihtaa laitteen tila kauko-/paikallisohjaukset sekä lukitut/lukitsemattomat ohjaukset tilojen välillä. (Siemens AG 2006)

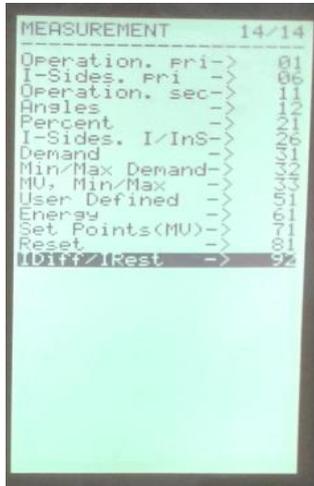
Siprotec 7UT63 releeseen on asennettu eri toiminnoille eri salasanat. Oletuksena salasana kaikkiin toimintoihin on sama. Käyttäjä voi itse määrittää salasanat ja näin päättää kunkin henkilön valtuudet relettä käytettäessä. Releeseen voidaan määrittää eri salasanat eri toiminnoille ja ne muodostuvat numeroista ja voivat olla maksimissaan kahdeksan merkkiä pitkiä. Salasanat kannattaa muuttaa mahdollisimman pian, muuten laitteeseen säätöihin pääsee kuka tahansa käsiksi, koska tehdasasetuksissa määritelty salasana löytyy laitteen käyttöohjeesta. Ilman salasanoja relettä voi tutkia mutta mitään ei voi muuttaa. (Siemens AG 2006)

## 6.2. Valikot

Siprotec 7UT63 releestä menu näppäimen alta löytyy viisi alavalikkoa. Näissä valikoissa liikutaan selausnäppäimillä. Alaspäin selauspainikkeella liikutaan valikoissa alas ja ylöspäin painikkeella selataan valikossa ylös. Pikakelaus nuolella alaspäin liikutaan valikossa alimpaan näkyvään kohtaan ja ylöspäin pikakelauksella vastaavasti ylimpään näkyvään kohtaan valikossa. Pikakelaus painikkeissa on kaksinuolta selattavaan suuntaan. Eteenpäin nuolella liikutaan valikosta seuraavaan samalla tavalla kuin enter -painikkeella. Taaksepäin nuolella liikutaan edelliseen valikkoon samalla tavalla kuin peruutusnäppäimellä.

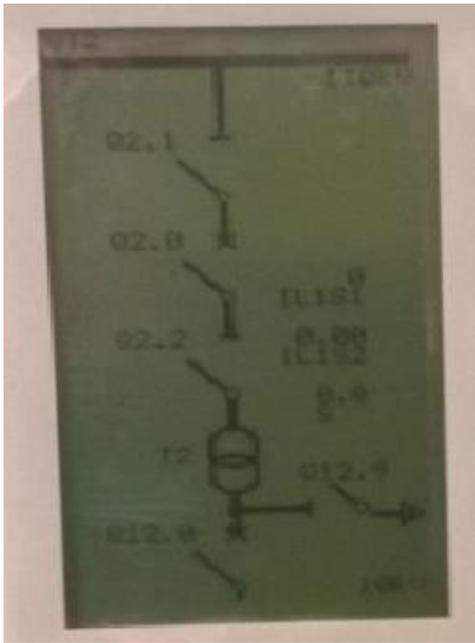
Annunciations eli ilmoitukset -valikosta löytyy tapahtumaloki (event log) ja häiriöloki (trip log). Tapahtumalokiin kerätään kaikki tapahtumat mitä releelle on tehty kuten vikojen kuittaukset, asetusarvojen muutokset ja muut releelle tehdyt säädöt. Häiriölokiin kerätään vikatiedot suojan toiminnasta ja kuinka nopeasti suojaus toimii. Ilmoitus valikosta voidaan myös poistaa lokitiedot. Lokitietojen poistamiseen vaaditaan salasana. Tapahtumat ja häiriötiedot voidaan siirtää tietokoneelle, minkä ansiosta jo siirretyt lokitiedot voidaan poistaa releen muistista jolloin releelle saadaan käyttöön lisää tallennustilaa.

Measurement valikosta löytyy mittaukset. Valikkoon on kerätty kaikkien mittauspisteiden tilatiedot kuten ensiövirta, toisiovirta ja virtojen kulmat. Kaikki mitattavat suureet löytyvät mittaukset valikosta, josta niitä voidaan seurata. Kuvassa 13 näkyy measurement valikon sisältö. Primäärimittaukset on ohjelmoitu oletuksena funktionäppäimeen F2.



**Kuva 13: 7UT63 -mittausvalikko**

Control valikosta pystytään ohjamaan suojattavan kohteen läheisyydessä olevia katkaisijoita ja erottimia. Katkaisijoiden ohjaus vaatii salasanan. Katkaisijoita ohjattaessa on hyvä tietää mitä on tekemässä yleisen turvallisuuden vuoksi. Katkaisijoiden ohjauksen voi myös suorittaa suoraan releen päänäkymässä, mikä näkyy kuvassa 14. Painamalla CTRL -näppäintä näyttöön ilmestyy valitsin joka viehdään halutun katkaisijan päälle, jonka jälkeen painetaan kytkinlaitteen kiinniohjaus painiketta (vihreänappi). Rele kysyy aina ohjaustoimintoa suoritettaessa varmistuksen.



**Kuva 14: 7UT63 päänäkymä**

Settings eli asetukset -valikosta voidaan muuttaa releen asetusarvoja sekä tehdä muita yleissäätöjä laitteelle kuten kontrastin säätäminen, kellontahdistus ja tehdasasetusten palauttaminen. Asetusvalikosta voidaan myös tarkastaa releen tilausnumero ja versio. Asetuksista voidaan määrittellä suojattava kohde ja mitä suojaustoimintoja halutaan käyttää. Oletuksena 7UT63 releelle on aseteltu suojattavaksi kohteeksi kolmivaihe-muuntaja ja suojausfunktioiksi differentiaalisuojaus lisänä mittausarvojen valvonta. Oletuksena muut funktiot on kytketty pois käytöstä. Asetteluparametrien muuttaminen vaatii salasanan käyttöä. Releen erisuojaustoimintoja koskevat yleisparametrit on esitelty liitteessä 5 ja erovirtasuojaa koskevat parametrit liitteessä 6.

### 6.3. Ohjeita releen perustoimintoihin

Releen lokitiedot voidaan resetoida seuraavalla tavalla:

1. painetaan menu -näppäintä
2. päävalikossa siirrytään kohtaan annunciations ja siirrytään alavalikoihin painamalla enter -painiketta myös nuoli eteenpäin toimii
3. siirrytään kohtaan set/reset ja siirrytään eteenpäin enter -painikkeella
4. valitaan resetoitava loki ja hyväksytään valinta enter -painikkeella (tässä kohtaa eteenpäin nuoli ei toimi)

5. syötetään haluttu salasana numeropainikkeilla ja vahvistetaan painamalla enter -painiketta
6. näyttöön ilmestyy oikean salasanan jälkeen varmistus, halutaanko toiminto viedä loppuun.

Laitteen tilausnumero voidaan lukea settings valikosta seuraavalla tavalla:

1. painetaan menu -näppäintä ja siirrytään kohtaan settings
2. settings valikosta haetaan kohta setup/extras ja valitaan se
3. setup/extras valikosta etsitään kohta MLFB/version ja valitaan se.

Differentiaalireleen mittaamat arvot voidaan lukea measurement valikosta seuraavalla tavalla:

1. painetaan menu -näppäintä ja siirrytään measurement alavalikkoon
2. täältä valitaan mitä suureita halutaan tarkastella ja valitaan kohta enter -painikkeella tai eteenpäin nuolella.

Kytkinlaitteiden ohjaus paikallisesti releen kosketusnäytöltä voidaan tehdä seuraavalla tavalla:

1. siirrytään päävalikkoon
2. päävalikosta siirrytään alavalikkoon control
3. valitaan kohta breaker/switch
4. breaker/switch -valikossa siirrytään kohtaan control
5. valitaan katkaisija mitä halutaan ohjata enter -painikkeella (katkaisijoita ohjatessa pitää muistaa oikea järjestys ja se mitä on tekemässä)
6. syötetään kysytty salasana, minkä jälkeen rele varmistaa, halutaanko ohjaustoiminto suorittaa.

Vian ja ledien kuittaus tehdään seuraavan prosessin mukaisesti:

1. paina led-kuittaus -painiketta
2. kaikki ledit välkkyvät hetken, minkä jälkeen ne sammuvat mukaan lukien vikaa ilmoittava led.

#### 6.4. Releen toiminnan testaaminen

Releen differentiaalisuojan laukaisua lähdettiin testamaan omicron -laitteiston avulla. Kytettiin omicron -laitteelta johtimet 7UT63 -differentiaalireleen riviliittimille X24. Liitteestä 4 näkyy siprotec -releen virtamuuntajien riviliittimet piirikaavio. Omicron -laitteelta otettiin käyttöön current output A ja B kuvan 15 mukaisesti. Omicron kytkettiin tietokoneeseen, minkä avulla säädettiin omicron laitteiston syöttämää virtaa ja virran kulmaa.



**Kuva 15: Omicronin -kytkennät**

X24 -riviliittimeltä avattiin kytkennälle oleelliset kohdat X24:5, X24:6, X24:7 ja X24:11 eli ruuvattiin riviliittimen keskeltä liukupala auki ja vedettiin se alas. Kun riviliittimet oli aukaistu, kytkettiin omicronin current output A:sta johtimet riviliittimelle edellä mainittuihin kohtiin:

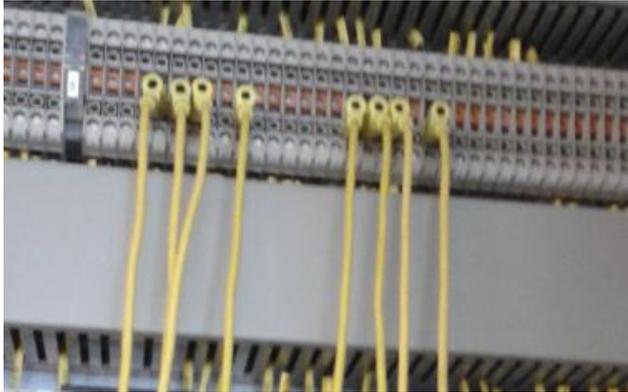
- 1 = X24:5
- 2 = X24:6
- 3 = X24:7
- N = X24:11

Current output A -kytkemisen jälkeen avattiin X24 riviliittimeltä kohdat 18, 19, 20 ja 23 samalla tavalla kuin edellä mainittiin. Tämän jälkeen kytkettiin johtimet omicronin current output B:stä riviliittimen avattuihin kohtiin:

- 1 = X24:18
- 2 = X24:19
- 3 = X24:20

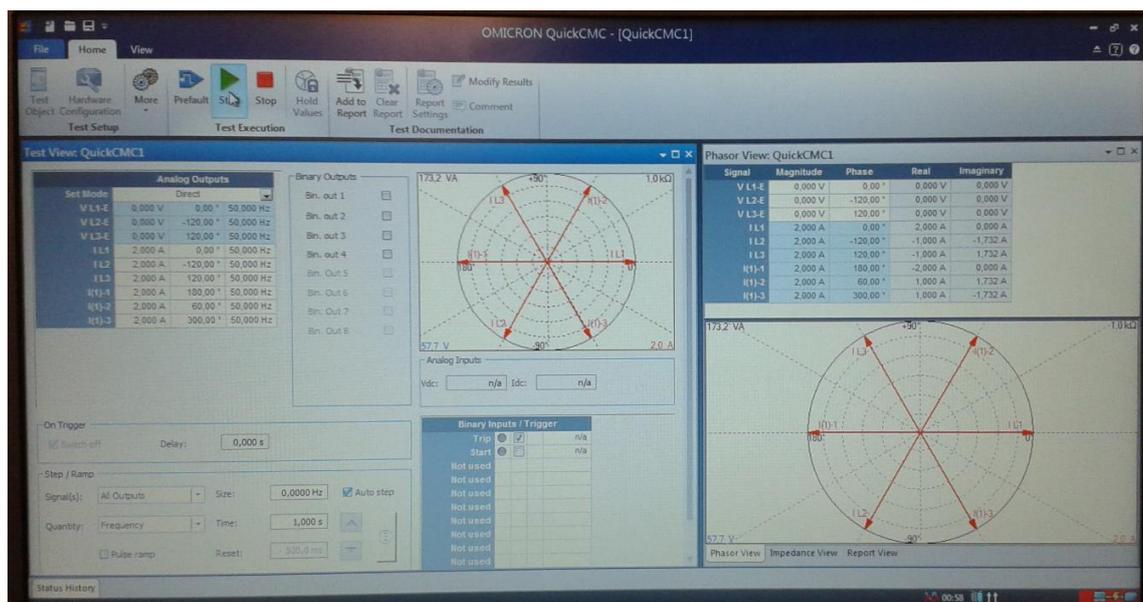
- N = X24:23

Kuvasta 16 näkyy kytkentätilanne.



**Kuva 16: Omicronin kytkentä riviliittimille**

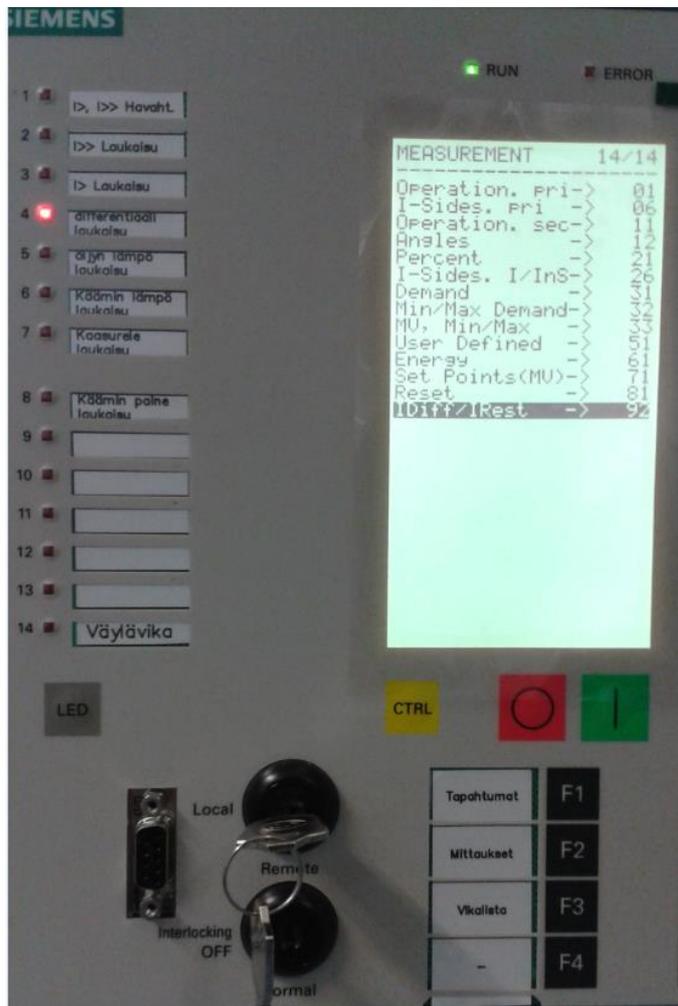
Omicron test universe -ohjelmalla käyttämällä päästiin simuloimaan releelle eri tilanteita, kuten ei vikaa, yhden vaiheen poisputoaminen ja epäsymmetrinen virta. Omicron -ohjelmistosta valittiin ohjelma QuickCMC. Symmetrisessä testissä syötettiin kaikki vaihe virrat samansuuruisiksi kuvan 17 mukaisesti.



**Kuva 17: Omicron QuickCMC testi**

Ensiövirrat ja toisiovirrat aseteltiin siten, että niiden suunnat ovat vastakkaiset. Ensiöpuolen L1 virta on 2A ja sen kulma on  $0^\circ$ . Sitä vastaava toisiovirta L1 puolestaan on 2A kulmassa  $180^\circ$  eli samansuuruinen mutta vastakkaiseen suuntaan, jolloin virrat kumoavat toisensa differentiaalireleen mittauspiirissä. Kaikkien muiden vaiheiden virrat on samalla tavalla aseteltu siten, että niiden suunta on vastakkain mikä ilmenee kuvasta 6.3.3. Symmetrisessä tilanteessa rele ei laukea, koska se ei havaitse vikaa, kun erovirtojen summa on nolla tai alle asetteluarvon.

Vikatilannetta simuloitaessa pudotetaan jonkin vaiheista pois. Eli omicron ohjelmassa muutetaan jonkin vaiheen virta-arvo nolaksi. Tällöin mittauspiirin virta ei voi olla nolla, koska yksi vaihe ei syötä virtaa eli virrat eivät kumo toisiaan mittauspiirissä. Releen laukaisu riippuu siitä ylitetäänkö asetteluarvo. Epäsymmetrisessä tapauksessa yhtä vaihetta ei pudoteta pois kokonaan vaan sen virta muutetaan siten, että saadaan aikaan epäsymmetriatila esim. ensiön  $L1=2A$ ,  $L2=1A$  ja  $L3=0,5A$ . Toision kaikki virrat voivat olla simuloinnin aikana samat. Epäsymmetria tilassa releen mittauspiirin virta ei ole nolla, joten rele laukaisee vian pois, mikäli asetusarvo ylittyy. Kuvassa 18 nähdään tilanne, jossa releen differentiaalilaukaisu on toiminut.



**Kuva 18: Siprotec 7UT63 -differentiaalilaukaisu**

Vian kuittaus paikallisesti suoritetaan painamalla LED -painiketta, jolla vikailmoitusvalo saadaan sammutettua. Vikatilan tiedot voidaan käydä lukemassa häiriölokista, mistä näkyy mm. miten nopeasti suoja on toiminut.

## 7 POHDINTA

Relesuojauksessa peruseriaatteen ymmärtäminen on suhteellisen helppoa, mutta kun asiaan perehtyy enemmän, vastaan tulee kaikenlaisia huomioonotettavia asioita, etenkin differentiaalisuojauksessa. Differentiaalisuojauksessa etenkin nämä pienet ns. epäideaalisuudet kasaantuvat ja niiden huomioiminen muuttaa perusidealtaan yksikertaisen asian kohtalaisen vaikeaksi. Siprotec 7UT63 -releellä nämä asiat on valmiiksi otettu huomioon asetteluparametreilla. Laitetta käytettäessä henkilöstön on tärkeä tietää mitä he ovat tekemässä asetteluarvoja säädettäessä, muuten he voivat aiheuttaa sen, että laite ei toimi silloin kun sen pitäisi tai vastaavasti laite toimii liian herkästi, silloin kun sen ei pitäisi.

Siprotec 7UT63 -releessä on todella käyttäjäystävälliset valikot, minkä ansiosta laitteen käyttöön pääsee sisälle todella helposti vain muutaman tunnin harjoittelulla. Se ei tosin auta asetteluparametreja säädettäessä, missä tarvitaan tietämystä. Releessä tosin on säädetty erovirtasuojalle oletusarvot, joten täysin tyhjältä pohjalta ei suojausparametreja tarvitse lähteä säätämään.

Demolaitteiston T2 -muuntajan differentiaalisuojan testauksessa todettiin että suojalaite toimii. Hienosäätöä demolaitteiston 7UT63 -rele tosin tarvitsee, koska mm. katkaisija ohjaus ei toiminut halutulla tavalla. Sen lisäksi releelle ei ole määritelty eri käyttäjätasojalle salasanoja. Se, että salasanoja ei ole määritelty mahdollistaa sen, että kuka tahansa voi mennä releelle tekemään omia säätöjään aiheuttaen näin potentiaalisen vaaratilanteen tai muuten vain mennä säätämään omat salasanat laitteelle. Tosin myös ilman salasanoja relettä on helpompi käyttää opetustarkoitukseen.

Opinnäytetyö oli mielenkiintoinen. Opin uutta asiaa relesuojauksesta, muuntajista sekä piirikaavioiden tulkinnasta. Lisäksi vanha koulussa opittu asia alkoi palautua mieleen opinnäytetyön teoriaosuutta tehdessä. Prosessi oli antoisa ja luulen, että siitä on hyötyä työnhaussa, vaikka se oman aikansa veikin. Olen tyytyväinen lopputulokseen.

## LÄHTEET

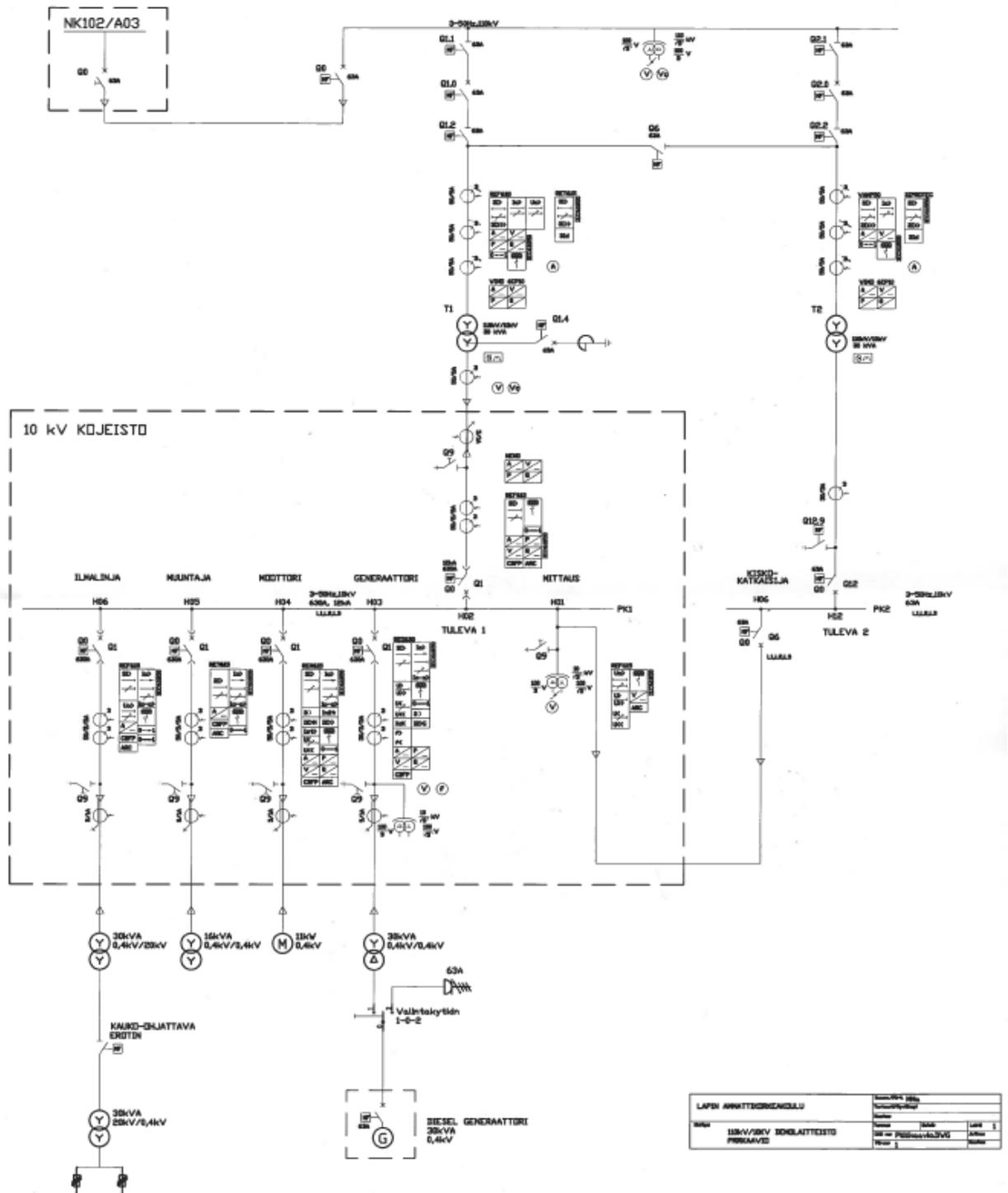
- ABB julkaisu. 2000. teknisiä tietoja ja taulukoita. Vaasa. Ykkös-offset Oy.
- Aura, Lauri & Tonteri, Antti. 1986. Sähkömiehen käsikirja 2 sähkökoneet. Porvoo: WSOY.
- Elovaara, Jarmo & Haarla, Liisa. 2011. Sähköverkot 2. Helsinki: Otatieto.
- Korpinen, Leena. 1998a. Opetusmateriaali. Sähköverkon automaatio ja suojaus. hakupäivä 21.1.2015. [http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt\\_opus/5sahkoverkon\\_automaatio\\_ja\\_suojaus.pdf](http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/5sahkoverkon_automaatio_ja_suojaus.pdf).
- Korpinen, Leena. 1998b. Opetusmateriaali. Muuntajat ja sähkölaitteet. hakupäivä 21.1.2015. [http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt\\_opus/9muuntajat\\_ja\\_sahkolaitteet.pdf](http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/9muuntajat_ja_sahkolaitteet.pdf)
- Korpinen, Leena. 1997. Opetusmateriaali. Vikatilanteet. hakupäivä 21.1.2015. <http://www.leenakorpinen.fi/archive/sahkoverkko/vikatilanteet.pdf>.
- Laurila, Jonne. 2010. VAMP 265 – suojausohjeen käyttöönotto-ohje. Opinnäytetyö. Vaasan ammattikorkeakoulu. Vaasa.
- Leino, Ari. 2008. Tehomuuntajan differentiaalisuojaus. Projektityö. Tampereen teknillinen yliopisto. Tampere. [http://butler.cc.tut.fi/~repo/Opetus/Projektityot/Ari\\_Leino\\_Tehomuuntajan\\_differentsiaalisojaus.pdf](http://butler.cc.tut.fi/~repo/Opetus/Projektityot/Ari_Leino_Tehomuuntajan_differentsiaalisojaus.pdf).
- Mörsky, Jorma 1993. Relesuojaustekniikka. Hämeenlinna: Otatieto
- Partanen, Jarmo. 2009. Tehomuuntajan suojaus. Kurssimateriaali. Lappeenranta teknillinen yliopisto. Lappeenranta.
- Siemens AG. 2007. Siprotec erovirtasuojat 7UT613/63X käyttöohje.
- Siemens AG. 2006. Siprotec 4 järjestelmäkäyttöohje.
- Sähkö- ja teleurakointiliitto STUL ry. 2013. Sähköasennukset 3. Espoo: Sähköinfo Oy.
- Vamp Oy. 2015. Vamp50 tuote-esittely. hakupäivä 15.3.2015. <http://www-fi.vamp.fi/Suomeksi/Tuotteet/Suojareleet/VAMP%2050%20Ylivirta-%20ja%20maasulkurele/Default.aspx>.
- Vamp Oy. 2015. Vamp WIMO 6CP10 tuote-esittely. hakupäivä 15.3.2015. <http://www-fi.vamp.fi/Suomeksi/Tuotteet/Mittaus-%20ja%20valvontayksikk%C3%B6t/WIMO%206CP10%20Mittaus-%20ja%20valvontayksikk%C3%B6t/Default.aspx>.
- Willman, Juha. ABB. 2006. Verkon suojaus ja mitoitus. Powerpoint esitys. Vaasa. hakupäivä 16.3.2015. [http://www02.abb.com/global/fiabb/fiabb254.nsf/0/94d474926060008ac1257162004b9ff7/\\$file/PRES\\_Juha\\_Willman\\_Verkon\\_suojaus\\_ja\\_mitoitus.pdf](http://www02.abb.com/global/fiabb/fiabb254.nsf/0/94d474926060008ac1257162004b9ff7/$file/PRES_Juha_Willman_Verkon_suojaus_ja_mitoitus.pdf).

## LIITTEET

- Liite 1. 110/10kV demolaitteiston pääpiirikaavio
- Liite 2. Trafotek muuntajan tekniset tiedot
- Liite 3. 110kV E02 suojauskaavio (T2 muuntaja)
- Liite 4. Siprotec -releen virtamuuntajien riviliittimet piirikaavio
- Liite 5. Siprotec 7UT63 yleisparametrit
- Liite 6. Siprotec 7UT63 erovirtasuojan parametrit

110/10kV demolaitteiston pääpiirikaavio

Liite 1



LAPIN AMMATTIKORKEAKOULU		Tekniikan yksikkö	
Laitteiden osasto		Sähkötekniikan laboratorio	
Nimi	110kV/25kV DEMOLAITTEISTO	Päivä	2014
Projekti	110kV/25kV DEMOLAITTEISTO	Luokka	1
Revisio	1	Arvio	



## TECHNICAL DATA SHEET

Rev.	Description	Date	Prepared by	A
Rev. A	For product	03.07.2013	KP	
Rev. B	-	-	-	
Rev. C	-	-	-	

GENERAL DATA		
P1010	Document number	TRAPP2130197-01
P1020	Transformer design number (-s)	26852
P1030	Project	-
P1031	Customer reference	-
P1040	Application	2-winding transformer
P1050	Transformer type	Vacuum Pressure Impregnated (VPI) Dry Type Transformer
P1060	Cooling method	AN (Convection cooled)
P1070	Final location of the transformer	< 1000 m above sea-level
P1080	Standards	IEC 61558
P1090	Certification	-

WINDING DATA	PRIMARY	SECONDARY
P2010	Rated power	30 KVA
P2020	Service factor	S1
P2030	Connection symbol	YN
P2040	Rated voltage	400 V
P2041	Voltage (on no-load)	409 V
P2050	Tappings	-
P2060	Voltage on 4/4 load, p.f. 0,95	1,000x Un
P2070	Voltage on 4/4 load, p.f. 0,80	1,000x Un
P2080	Rated current	43,3 A
P2090	Material	Copper
P2100	Temperature rise class	F / 100 K
P2110	Insulation class	F / 155°C
P2120	Insulation level	AC3
P2130	Impedance	3,50 %*
P2140	Impregnation	Vacuum Press.

\*) at 30 KVA

ADDITIONAL TECHNICAL DATA		
P3010	Rated frequency	50 / 60 Hz
P3020	Max ambient temperature	40°C
P3030	Inrush current	I <sub>p</sub> = 1,1 kA, half-life 0,20 s.
P3040	Noise pressure level	56 dB(A) / 1 m
P3050	No-load losses	370 W +15% IEC tol.
P3060	Load losses	810 W +15% IEC tol. (at 120°C, rated power, rated voltage ratio, sine wave)
P3061	Load losses under distorted current (IEC 61378)	-
P3070	Total losses	1180 W +10% IEC tol.
P3080	Losses to environment	1180 W
P3090	Efficiency (at power factor 1,00)	96,22 % (at 4/4 load) 96,46 % (at 3/4 load) 96,32 % (at 2/4 load) 94,69 % (at 1/4 load)
P3091	Efficiency (at power factor 0,80)	95,31 % (at 4/4 load) 95,61 % (at 3/4 load) 95,45 % (at 2/4 load) 93,45 % (at 1/4 load)
P3100	Weight	145 kg

ENCLOSURE		
P4010	Protection degree	IP00 for indoor use.
P4020	Construction	-
P4030	Surface finishing	-
P4040	General arrangement drawing	-
P4050	Overall dimensions [WxDxH]	490 x 280 x 530 mm.
P4060	Cable direction	-
P4070	Cable entry, primary	From the above (long side) of the transformer.
P4071	Cable entry, secondary	From the above (long side) of the transformer.
P4080	Cable gland, primary	-
P4081	Cable gland, secondary	-

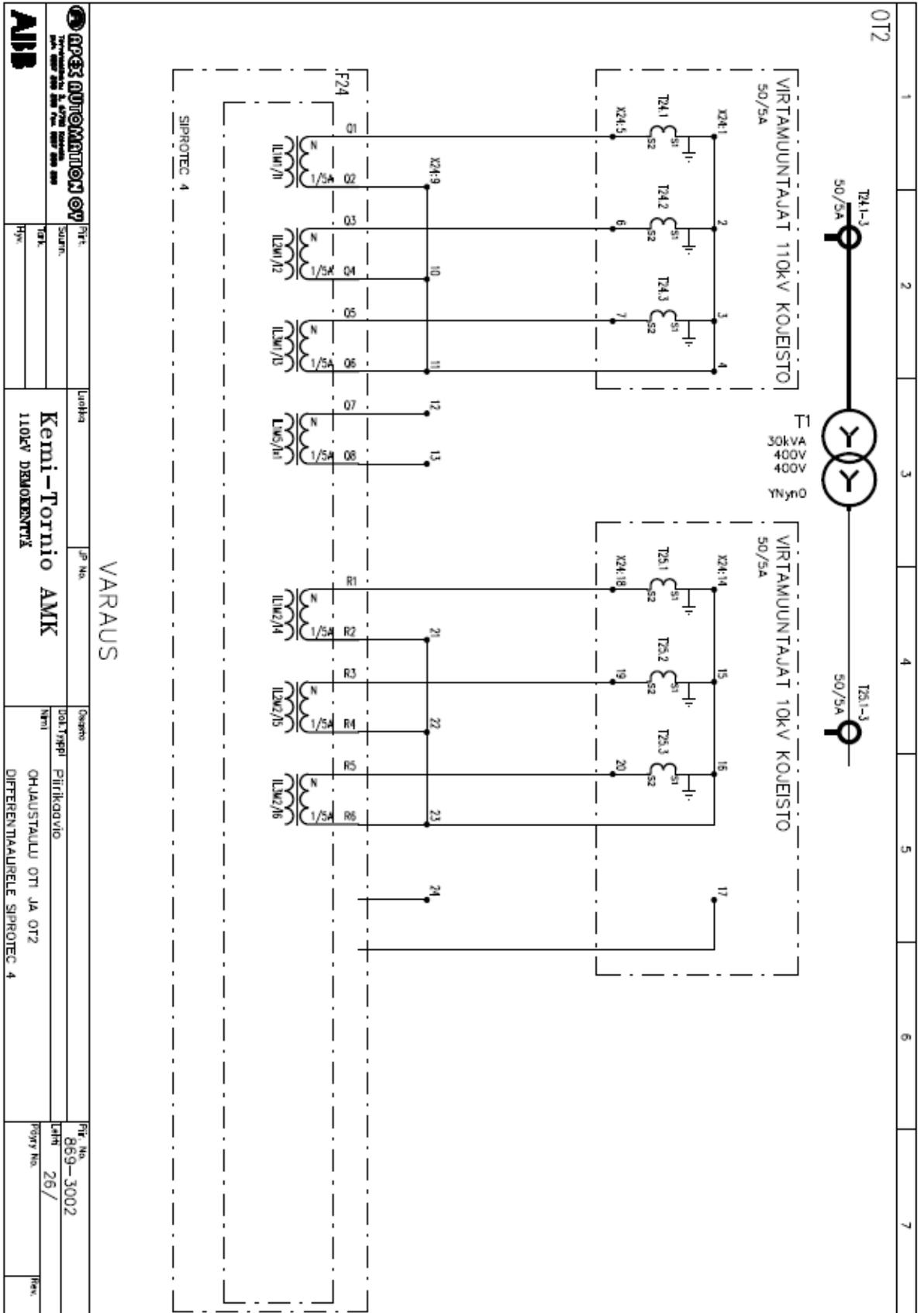
  

ACCESSORIES		
P5010	Earthed screen between windings	Not included.
P5020	Temperature control for windings	PT-100 (2-wire) / secondary winding, total 3 pcs, wired to the terminals.
P5021	Temperature control for core	Not included.
P5022	Vibration dampers	Not included.
P5023	Stand still heaters	Not included.

NOTES	
P9010	-





Suunn. / Tek. / Pp.	Yht. / Suunn. / Tek. / Pp.	Luokka / Kemi-Tornio AMK 110kV DEMONSTRITIK	Piir. No. / CHAUSTALLU OTI JA OT2 DIFFERENTIAALIRELE SIPROTEC 4
Pii. No. / 869-3002		Pii. No. / 26/	

VARAUS

Osoite	Parametri	Asettelu- mahdollisuus	Esiasettelu	Merkitys
103	Grp Chge OPTION	Disabled Enabled	Disabled	Parametrien vaihtotoiminta
105	PROT. OBJECT	3 phase transf. 1 phase transf. Autotransf. Autotr. node Generator/Motor 3ph Busbar 1ph Busbar	3 phase transf.	Suojattava toimilaite
112	DIFF. PROT.	Disabled Enabled	Enabled	Erovirtasuoja
113	REF PROT.	Disabled Enabled	Disabled	Suunnattu maasulun suoja
114	REF PROT. 2	Disabled Enabled	Disabled	Suunnattu maasulkusuoja 2
117	COLDLOAD PICKUP	Disabled Enabled	Disabled	Dynaaminen kylmäkäynnistyshavahtuminen
120	DMT/IDMT Phase	Disabled Definite Time TOC IEC TOC ANSI User Defined PU User def. Reset	Disabled	Vaiheylivirtasuoja
122	DMT/IDMT 3I0	Disabled Definite Time TOC IEC TOC ANSI User Defined PU User def. Reset	Disabled	Maasulun ylivirtasuoja
124	DMT/IDMT Earth	Disabled Definite Time TOC IEC TOC ANSI User Defined PU User def. Reset	Disabled	Maasulun ylivirtasuoja

Osoite	Parametri	Asettelu- mahdollisuus	Esiasettelu	Merkitys
127	DMT 1PHASE	Disabled Enabled	Disabled	Yksivaiheinen ylivirtasuoja
130	DMT/IDMT Phase2	Disabled Definite Time TOC IEC TOC ANSI User Defined PU User def. Reset	Disabled	Vaiheylivirtasuoja 2
132	DMT/IDMT Phase3	Disabled Definite Time TOC IEC TOC ANSI User Defined PU User def. Reset	Disabled	Vaiheylivirtasuoja 3
134	DMT/IDMT 3I0 2	Disabled Definite Time TOC IEC TOC ANSI User Defined PU User def. Reset	Disabled	Maasulun ylivirtasuoja 2
136	DMT/IDMT 3I0 3	Disabled Definite Time TOC IEC TOC ANSI User Defined PU User def. Reset	Disabled	Maasulun ylivirtasuoja 3
138	DMT/IDMT Earth2	Disabled Definite Time TOC IEC TOC ANSI User Defined PU User def. Reset	Disabled	Maasulun ylivirtasuoja 2
140	UNBALANCE LOAD	Disabled Definite Time TOC IEC TOC ANSI DT/thermal	Disabled	Vinokuormitussuoja (vastakomponentti)
142	THERM. OVERLOAD	Disabled th rep w.o. sen th repl w. sens IEC354	Disabled	Terminen ylikuormitussuoja
143	OVEREXC. PROT.	Disabled Enabled	Disabled	Ylimagnetointisuoja (U/f)
144	THERM.OVERLOAD2	Disabled th rep w.o. sen th repl w. sens IEC354	Disabled	Terminen ylikuormitussuoja (2)
150	REVERSE POWER	Disabled Enabled	Disabled	Takatehosuoja
151	FORWARD POWER	Disabled Enabled	Disabled	Eteenpäin menevän tehon valvonta
152	UNDERVOLTAGE	Disabled Enabled	Disabled	Alijännitesuoja

Osoite	Parametri	Asettelu- mahdollisuus	Esiasettelu	Merkitys
153	OVERVOLTAGE	Disabled Enabled	Disabled	Ylijännitesuoja
156	FREQUENCY Prot.	Disabled Enabled	Disabled	Yli-/alitaajuussuoja
170	BREAKER FAILURE	Disabled Enabled	Disabled	Katkaisijavikasuoja
171	BREAKER FAIL. 2	Disabled Enabled	Disabled	Katkaisijavikasuoja 2
180	DISCON.MEAS.LOC	Disabled Enabled	Disabled	Mittauspisteen erotus
181	M.V. SUPERV	Disabled Enabled	Enabled	Mittausarvojen valvonnat
182	Trip Cir. Sup.	Disabled 2 Binary Inputs 1 Binary Input	Disabled	Laukaisupiirin valvonta
186	EXT. TRIP 1	Disabled Enabled	Disabled	1. ulkoinen laukaisu
187	EXT. TRIP 2	Disabled Enabled	Disabled	2. ulkoinen laukaisu
190	RTD-BOX INPUT	Disabled Port C Port D	Disabled	Ulkoinen lämpötilamittaustulo
191	RTD CONNECTION	6 RTD simplex 6 RTD HDX 12 RTD HDX	6 RTD simplex	Ulkoisen lämpötilamittauksen liityntätapa

## Siprotec 7UT63 erovirtasuojan asetteluparametrit

Liite 6

1(2)

Osoite	Parametri	Asettelu	Oletus asetus	Merkitys
1201	DIFF. PROT.	OFF/ON/block relay	OFF	Erovirtasuoja
1205	INC.CHAR.START	OFF/ON	OFF	Laukaisurajan nostaminen käynnistyksen aikana
1206	INRUSH 2.HARM.	OFF/ON	ON	2. harmoonisen yliaallon vakavointi
1207	RESTR. N.HARM.	OFF/3.harmonic/5.harmonic	OFF	n. harmoonisen yliaallon vakavointi
1208	I-DIFF>MON.	OFF/ON	ON	Erovirran valvonta
1210	I>CURR.GUARD	0,20...2,00I/InS; 0	0,00 I/InS	I> virtavalvonta
1211A	DIFFw.IE1-MEAS	NO/YES	NO	Erovirtasuojaus maasulkuvirta S1 mittauksella
1212A	DIFFw.IE2-MEAS	NO/YES	NO	Erovirtasuojaus maasulkuvirta S2 mittauksella
1213A	DIFFw.IE3-MEAS	NO/YES	NO	Erovirtasuojaus maasulkuvirta S3 mittauksella
1214A	DIFFw.IE4-MEAS	NO/YES	NO	Erovirtasuojaus maasulkuvirta S4 mittauksella
1215A	DIFFw.IE5-MEAS	NO/YES	NO	Erovirtasuojaus maasulkuvirta S5 mittauksella
1216A	DIFFw.IE3ph-MEAS	NO/YES	NO	Erovirtasuojaus tähtipistevirran mittauksella
1221	I-DIFF>	0,05..2,00I/In0	0,20 I/In0	Erovirran havahtumisarvo
1226A	T I-DIFF>	0,00..60,00 sec; ∞	0,00 sec	T I-DIFF> laukaisuaikaviive
1231	I-DIFF>>	0,5..35,0 I/In0	7,5 I/In0	Suurivirtaisen portaan havahtumisarvo
1236A	T I-DIFF>>	0,00..60,00 sec; ∞	0,00 sec	T I-DIFF>> laukaisuaikaviive
1241A	SLOPE 1	0,10..0,50	0,25	Laukaisuominaiskäyrän kulma 1
1242A	BASE POINT 1	0,00..2,00 I/In0	0,00 I/In0	Kulman 1 kantapiste
1243A	SLOPE 2	0,25..0,95	0,50	Laukaisuominaiskäyrän kulma 2

1244A	BASE POINT 2	0,00..10,00 I/In0	2,50 I/In0	Kulman 2 kantapiste
1251A	I-REST. STARTUP	0,00..2,00 I/In0	0,10 I/In0	Vakavointivirta käynnistyksen tunnistukselle
1252A	START-FACTOR	1,0..2,0	1,0	Ominaiskäyrän kasvatuskerroin käynnistyksessä
1253	T START MAX	0,0..180,0 sec	5,0 sec	Suurin sallittu käynnistysaika
1261A	I-ADD ON STAB.	2,00..15,00 I/In0	4,00 I/In0	Lisävakavoinnin havahtumisraja
1262A	T ADD ON-STAB.	2..250 Cycle; ∞	15 Cycle	Lisävakavoinnin kesto
1263A	CROSSB. ADD ON	2..1000 Cycle; 0; ∞	15 Cycle	Ristiinlukituksen kesto aika lisävakavoinnissa
1271	2. HARMONIC	10..80 %	15 %	2. harmoonisen yliaallon pitoisuus I-DIFF virrassa
1272A	CROSSB. 2. HARM	2..1000 Cycle; 0; ∞	3 Cycle	2. harm. Ristiinlukituksen kesto
1276	n. HARMONIC	10..80 %	30 %	n. harmoonisen yliaallon pitoisuus I-DIFF virrassa
1277A	CROSSB. n.HARM.	2..1000 Cycle; 0; ∞	0 Cycle	n. harm. Ristiinlukituksen kesto
1278A	IDIFFmax n.HM	0,5..20,0 I/In0	1,5 I/In0	n. harmoonisen IDIFFmax toimintaraja
1281	I-DIFF>MON.	0,15..0,80 I/In0	0,20 I/In0	Erovirranvalvonnan toimintaraja
1282	T I-DIFF>MON.	1..10 sec	2 sec	T I-DIFF> valvonnan aikaviive