

Handbok för ibruktagning av elstationer

Rickard Mattus

Examensarbete för ingenjör (YH)-examen

Utbildningen Elektroteknik

Vasa 2017



EXAMENSARBETE

Författare: Rickard Mattus

Utbildning och ort: Elektroteknik Vasa

Inriktningsalternativ: Automation

Handledare: Ronnie Sundsten

Titel: Handbok för ibruktagning av elstationer

Datum 24.5.2017 Sidantal 38

Bilagor 4

Abstrakt

Detta examensarbete omfattar en handbok för ibruktagning av elstationer. Arbetet gick ut på att samla information om hur man testar de vanligaste komponenterna på en elstation och sammanställa det till en handbok. Handboken behandlar spänningstransformatorer, strömtransformatorer, brytare och frångiljare samt olika skyddsreläer.

Syftet med examensarbetet var att få till ett hjälpmedel för testingenjörer på site, en enkel handbok som går att följa steg för steg.

I examensarbetets teoridel behandlas elnätet och elstationers uppbyggnad, samt den testutrustning som beskrivs i handboken. I examensarbetets praktiska del behandlas ibruktagningstestningar. Handboken redogör för vad man ska testa, varför man ska testa och hur man ska testa.

Examensarbetet är gjort på uppdrag av VEO under hösten 2016 och våren 2017

Språk: svenska Nyckelord: elstation, ibruktagningstest, handbok

OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Rickard Mattus

Koulutus ja paikkakunta: Sähkötekniikka, Vaasa

Suuntautumisvaihtoehto: Automaatiotekniikka

Ohjaaja: Ronnie Sundsten

Nimike: Käsikirja sähköasemien käyttöönottoa varten

Päivämäärä 24.5.2017 Sivumäärä 38

Liitteet 4

Tiivistelmä

Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli luoda käsikirja sähköasemien käyttöönottoa varten. Tehtävään kuului kerätä tietoa sähköasemien tavallisimmista komponenteista ja niiden koestusmenetelmistä. Käsikirja käsittelee jännitemuuntajia, virtamuuntajia, katkaisijoita ja eri suojarkeitä.

Opinnäytetyön tarkoitus oli luoda apuväline testi-insinööreille työmaalle, yksinkertainen käsikirja jota voi seurata askel askeleelta.

Opinnäytetyön teoriaosa käsittelee sähköverkon ja sähköasemien rakennetta. Käsikirjassa mainitut testauslaitteet käydään myös läpi. Opinnäytetyön käytännön osa käsittelee käyttöönottotestejä. Käsikirja kertoo mitä testataan, miksi testataan ja kuinka testit tehdään.

Opinnäytetyön tilaaja on VEO ja työ on tehty syksyllä 2016 ja keväällä 2017.

Kieli: ruotsi

Avainsanat: sähköasema, käyttöönotto, käsikirja

BACHELOR'S THESIS

Author: Rickard Mattus

Degree Programme: Electrical engineering

Specialization: Automation

Supervisor: Ronnie Sundsten

Title: Manual for commissioning of substations

Date 24.5.2017 Number of pages 38

Appendices 4

Abstract

This thesis contains a manual for commissioning of substations. Information about how to test the most common components on a substation was collected and compiled to a manual. The manual covers information about voltage transformers, current transformers, breakers and disconnectors and different protective relays.

The purpose of this thesis was to create a tool that can be used by test engineers on a site, a simple manual to follow step by step.

The theory chapter of the thesis covers the electrical grid and substations as well as testing utilities for commissioning. The practical part of the thesis covers commissioning tests. The manual describes what to test, why to test and how to test during a commissioning procedure.

This thesis is done on behalf of VEO during fall 2016 and spring 2017

Language: swedish

Key words: substation, commissioning, manual

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Begrepp som används i detta examensarbete.	2
1.2	Syfte och bakgrund.....	3
1.3	Avgränsningar	3
1.4	Uppdragsgivare, VEO.....	4
2	Elnätet.....	6
2.1	Stamnätet (Fingrid).....	6
2.2	Regionnät och distributionsnät.....	6
2.3	Ringmatning	7
3	Elstationer.....	8
3.1	Brytare.....	9
3.2	Frånskiljare	9
3.3	Mättransformatorer.....	10
3.3.1	Spänningstransformatorer.....	10
3.3.2	Strömtransformator	11
3.4	Skyddsreläer.....	12
4	Skydd.....	13
4.1	Över- och underspänningsskydd.....	13
4.2	Överströmsskydd.....	13
4.3	Differentialskydd.....	14
4.4	Riktat jordskydd	16
4.5	Öppen delta.....	16
5	Testinstrument.....	17
5.1	Sverker	17
5.2	MOM (Micro-ohm-mätare).....	19
6	Ibruktagning	21
6.1	Brytare.....	21
6.2	Frånskiljare	23
6.3	Mättransformatorer.....	24
6.3.1	Strömtransformator (CT).....	24
6.3.2	Spänningstransformator (VT)	26
6.4	Skyddsreläer.....	30
6.4.1	Öppen delta skyddsfunktion	31
6.4.2	Över- och underspänning	32
6.4.3	Överström.....	33
6.4.4	Riktat jordskydd.....	34

6.4.5	Differentialskydd	35
7	Resultat.....	37
8	Diskussion.....	37
9	Källförteckning	38

Bilaga 1 Spänningstransformator märkplåt

Bilaga 2 REU Connection diagram

Bilaga 3 RET Connection diagram

Bilaga 4 Excel-fil för beräkning av pick-up värden för transformatordifferentialsskydd

1 Inledning

Innan en elstation tas i bruk behöver man utföra ibruktagningsgranskningar. Granskningen görs för att kunna säkerställa att allt fungerar korrekt, att skydden löser ut vid fel, att rätt signaler skickas vidare till andra stationer o.s.v. En ibruktagningsgranskning varierar mycket beroende på vilka komponenter som ska testas.

Detta examensarbete behandlar de vanligaste komponenterna som kan finnas på en elstation och deras granskningsprocesser. Resultatet blev dels en fysisk handbok och dels en anteckningsbok i OneNote. Handboken innehåller bilder och beskrivningar av hur testutrustning ska inkopplas och användas. Anteckningsboken i OneNote innehåller samma bilder och beskrivningar och kan lätt öppnas i en telefon eller surfplatta på sinnet. I anteckningsboken i OneNote går det att fylla i mätresultaten som man sedan skriver in i testprotokollen.

1.1 Begrepp som används i detta examensarbete.

I detta kapitel presenteras begrepp och förkortningar som används i examensarbetet.

MOM – Micro Ohm Mätare.

CT – Strömtransformator.

VT – Spänningstransformator.

ZSC – Nollsekvensström

ZSCSUB – Nollsekvensström subtraherare

IDMIN – Current differential Minimum

DIFF – Differential

SITE – Plats där byggandet av elstation sker

1.2 Syfte och bakgrund

Syftet med detta examensarbete var att skapa en handbok för ibruktagning av elstationer. Handboken ska behandla de vanligaste komponenterna hos en elstation, d.v.s. brytare, frånskiljare, strömtransformatorer, spänningstransformatorer och skyddsreläer.

Handboken ska finnas till hands för nyanställda ingenjörer på VEO och fungera som ett hjälpmedel när de kommer till en site. Användningen av en handbok som innehåller den viktigaste informationen om ibruktagning av en site kommer att effektivisera de nyanställdas arbetsgång.

Idén till detta examensarbete kom dels från VEO och dels från mig själv. VEO hade under en längre tid haft i åtanke att göra en handbok, men det hade på grund av tidsbrist inte blivit av. Jag insåg själv behovet av en handbok när jag under min första sommaranställning på VEO medverkade i en ibruktagning av en elstation på en site i Norge.

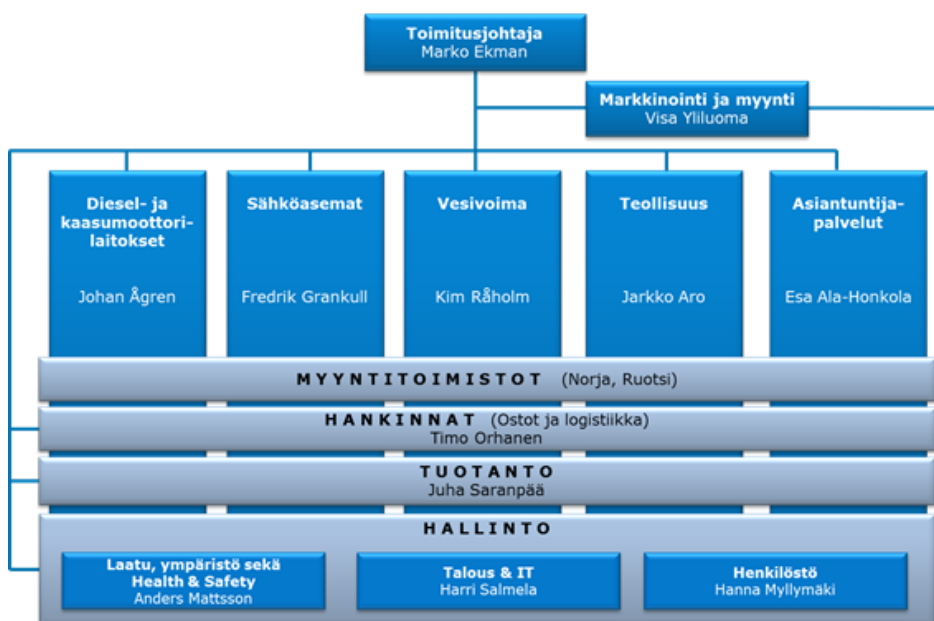
1.3 Avgränsningar

Examensarbetet behandlar de vanligaste komponenterna och funktionerna för en elstation. Först behandlas testning av kontaktresistanser för brytare och frånskiljare. Sedan behandlas mätning av omsättningsförhållanden och polaritetskontroll på ström- och spänningstransformatorer. Slutligen behandlas testning av olika typer av skyddsreläers pick-up och funktionstid, d.v.s. över- eller underspänning, överström, differentialskydd samt riktat jordfelsskydd. Övriga reläskyddsfunktioner och komponenter som kan finnas på en elstation behandlas inte i detta examensarbete.

1.4 Uppdragsgivare, VEO

VEO grundades år 1989 av Harri Niemelä, Henrik Skytte, Martti Manner, Pekka Haakana, Jan Sandvik, Heikki Ojakoski och Martti Ehrnrooth. VEO:s första order var att bygga ett vattenkraftverk åt företaget Savon Voima.

Mellan åren 2002 och 2009 växte VEO från att ha en årlig omsättning på 25 miljoner euro och 200 anställda till att ha en omsättning på 80 miljoner euro och 400 anställda. Under samma tid grundades försäljningskontor i Norge, Sverige och Ryssland. I Finland har VEO i dag kontor i Vasa, Seinäjoki, Paimio och Kuopio. VEO har i dag ca 360 anställda fördelade på de fem avdelningarna: Diesel- och gaskraftverk, Elstationer, Vattenkraft, Industri samt Expertservice. Figur 1 illustrerar VEO:s organisatoriska uppbyggnad och Figur 2 är ett flygfoto av VEO:s fabrik och kontor i Runsor i Vasa.



Figur 1: VEO:s organisatoriska uppbyggnad.(VEO,2017)



Figur 2: Ett flygfoto av VEO:s fabrik och kontor.(VEO,2017)

2 Elnätet

Elsystemet i Finland består av kraftverk, stamnät, regionnät, distributionsnät och konsumenter. Finlands elnät är en del av det sammordiska elnätet tillsammans med Sverige, Norge och Danmark. Det finländska elnätet har likströmsförbindelser med det ryska och estniska elnätet. Det sammordiska elnätet är också anslutet via likströmsförbindelser med övriga Europa. (Fingrid, 2017)

Man använder sig av likströmsförbindelser bland annat för att kunna koppla ihop olika system med olika frekvenser på ett enkelt sätt.

Vid användning av likströmsförbindelser behövs endast två ledningar för att distribuera likströmmen till skillnad från distribution växelström där det krävs tre. (ABB, 2017)

2.1 Stamnätet (Fingrid)

Finska stamnätet ägs av ett publikt aktiebolag (Fingrid). Fingrid ägs i sin tur av finska staten (53,17 %), ÖP Ilmarinen (19,88 %) och andra institutionella investerare (26,95 %). Fingrid ansvarar för att stamnätet i Finland fungerar. Till stamnätet är stora kraftverk, fabriker och regionala distributionsnät anslutna.

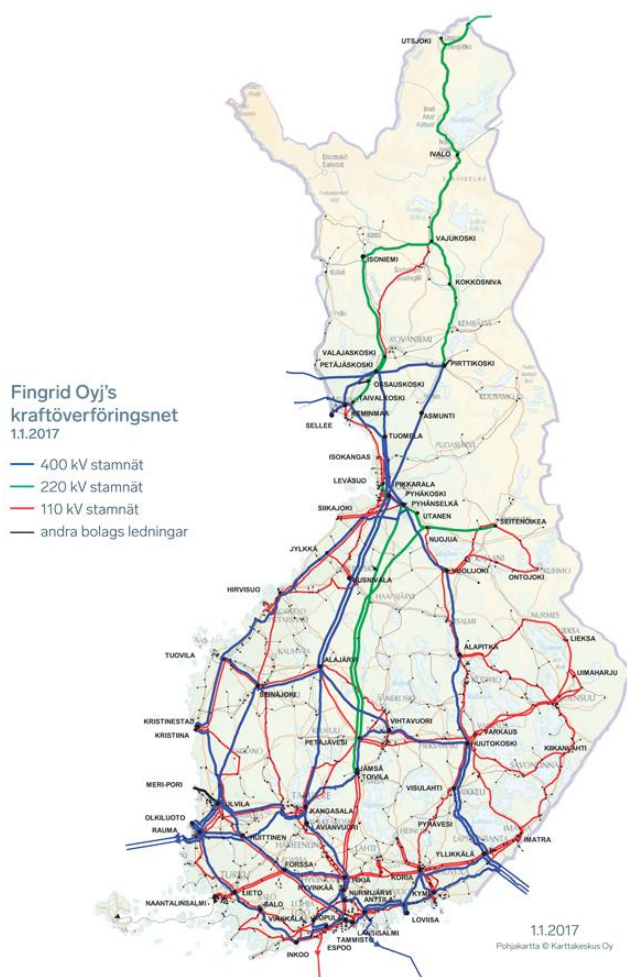
Fingrid består av ca 15 000 kilometer kraftledningar med spänningar på 100, 220, och 400 kilovolt. Det finska stamnätet är även ihopkopplat med Ryssland, Sverige, Norge och Estland (Figur 3). (Fingrid, 2017)

2.2 Regionnät och distributionsnät

Regionnät förbinder stamnätet med distributionsnät, elkraftanläggningar och större förbrukningsanläggningar t.ex. industrier i en viss region. Distributionsnät överför och fördelar elkraften från regionnätets fördelningsstationer till konsumenterna. Spänningen i distributionsnät kan vara 110 Kilovolt (högspänningsdistributionsnät) eller 20, 10, 1 eller 0,4 kilovolt. (Energiindustri, 2017)

2.3 Ringmatning

Kritiska elnät har oftast ringmatning för att undvika långvariga och stora avbrott i eldistributionen. Ringmatning innebär att man matar från flera linjer samtidigt. Om fel inträffar på en linje kan man därför använda sig av en annan linje för att upprätthålla eldistributionen till konsumenterna. Finlands stamnät är näst intill helt uppbyggt med denna princip. Figur 3 visar det finska stamnätet. (Csanyi, 2017)



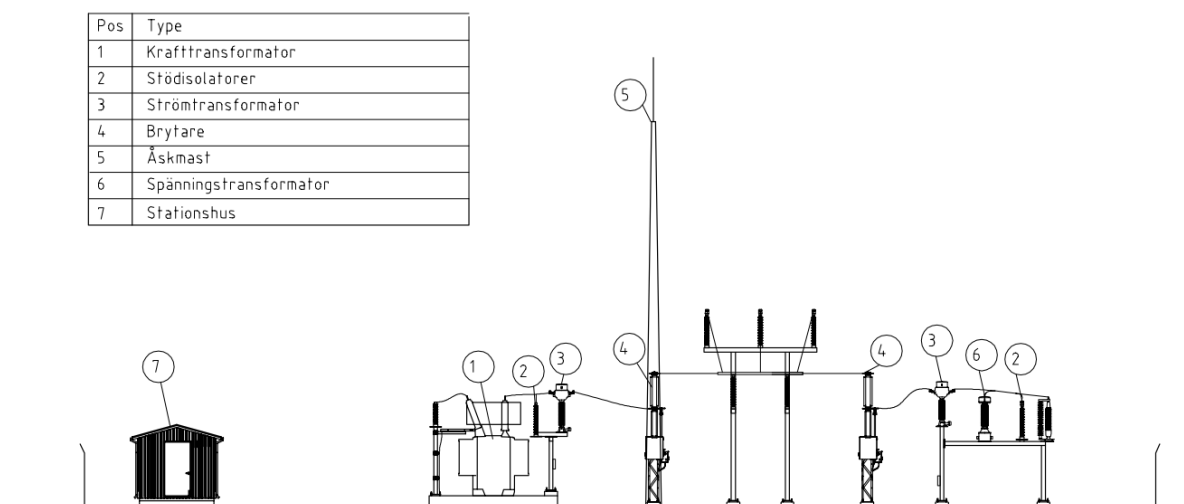
Figur 3: Finländska stamnätet(Fingrid,2017)

3 Elstationer

För att ett elnät ska kunna fungera korrekt och vara driftsäkert har man elstationer som fungerar som noder (knutpunkter) i elnätet. Dessa elstationer har bland annat i uppgift att övervaka olika linjer och vid fel koppla från en linje. Elstationer kan bestå av transformatorer som transformerar ner eller upp spänningen för olika nät. (Elkraftsystem, 2016)

Elstationer kan finnas i olika storlekar och utföranden. Spänningen för en elstation kan variera mellan 400 V och 400 kV. Även om elstationer kan variera mycket i utseende och storlek, består de oftast av samma grundkomponenter. De vanligaste grundkomponenterna är frånskiljare, brytare, strömtransformatorer, spänningstransformatorer och egenförsörjningstransformatorer. Figur 4 visar ett exempel på en elstation. (energiindustri, 2017)

Skydden på en elstation är uppdelade i två kategorier: primärskydd och sekundärskydd. Primärskydden är hårdvara och består av t.ex. brytare och frånskiljare. Sekundärskydden består av mjukvara, exempelvis olika övervakningssystem. För att man ska kunna arbeta med olika delar av en elstation utan att bryta strömmen till konsumenterna, använder man sig av parallella brytare och omkopplingssystem. (Portman, 2015)



Figur 4: Exempel på en elstation.

3.1 Brytare

Brytare är en av de viktigaste komponenterna i elstationer. Brytare kontrollerar kraftnätverk genom att öppna och sluta kretsar. En brytare måste kunna öppna kretsen under alla förhållanden, även om den stått stilla under en lång tid, (Flurschein, 1982). Brytare har oftast en elmotor som spänner upp en fjäder som sedan används för att manövrera brytaren. För att en brytare ska kunna fungera korrekt även under kalla förhållanden har den oftast inbyggda värmemotstånd som håller dess mekanism på en lämplig temperatur.

På grund av att elnätet innehåller stora kapacitiva och induktiva laster finns det risk för strömpikar. Strömpikar är en av orsakerna till att de kan uppstå ljusbågar vid manövrering av brytare. Dessa ljusbågar vill man släcka så fort som möjligt, eftersom brytaren kan ta skada av dem. För att släcka ljusbågar använder man sig av olika medier inne i brytaren, dessa är: olja, vakuum, tryckluft och SF₆-gas. I dag är det SF₆-gas och vakuum som används i nyinstallationer. Vakuum används för spänningar upp till 36 KV och där kopplingsfrekvensen är hög och SF₆-gas används i övriga fall. (Flurschein, 1982.)

3.2 Frånskiljare

Frånskiljare används för att skilja potentiella spänningsförande delar från ställen där man t.ex. gör underhåll eller ändringsarbete. En frånskiljare är inte byggd för att klara av att bryta stora strömmar, för denna uppgift använder man sig av brytare. Det finns däremot lastfrånskiljare som är en kombination av brytare och frånskiljare och klarar av att bryta stora strömmar.

Frånskiljare ska ha en tydlig lägesindikation så att man enkelt kan avgöra i vilket läge frånskiljaren är. Vid enkel matning placeras frånskiljare före brytare, sett från matande sida. Vid dubbel matning placeras frånskiljarna på båda sidorna om anläggningen. Frånskiljare finns i olika utförande, t.ex. frånskiljare med jordkniv, frånskiljare med dubbeljordknivar, brytarfrånskiljare och frånskiljandebrytare med jordkniv. Om en frånskiljare fungerar som lastfrånskiljare är den också försedd med värmeaggregat. (Portman, 2015.) Vid spänningar mellan 12 och 24 kV används oftast en utdragbar brytare som frånskiljare (Jacobsson, 2016a).

3.3 Mättransformatorer

Mättransformatorer är nödvändiga för att transformera ner spänning och ström till hanterbara nivåer för mätning, skyddsutrustning och kontroll. Det finns tre typer av mättransformatorer: spänningstransformatorer, strömtransformatorer, samt en kombination av dessa två. (Hardy & Bayliss, 2007.)

3.3.1 Spänningstransformatorer

En spänningstransformator är en mättransformator designad för att avspegla primärspänningen i sekundärlindningen. En spänningstransformator är antingen kopplad för ”fas till jord-mätning” eller ”fas till fas-mätning”. Vid ”fas till jord-mätning” är den ena primära anslutningen kopplad till fas och den andra till jord. Vid ”fas till fas-mätning” är båda de primära anslutningarna kopplade till varsin fas. (Sleva, 2009)

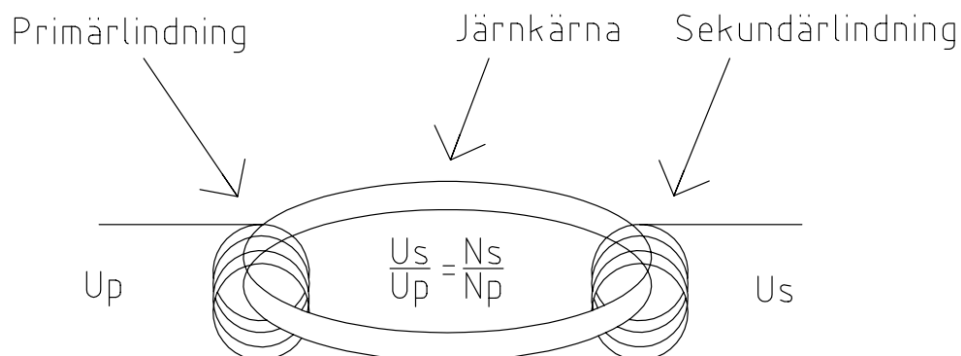
Spänningstransformatorer mäter spänningen på t.ex. en matningslinje till en elstation. En spänningstransformator har oftast flera kärnor på sekundärsidan, men bara en på primärsidan. De olika kärnorna går att använda till olika skyddsfunktioner och för mätning av effektförbrukningen.

Spänningstransformatorer har oftast en deltakärna benämnd med d_a och d_n , den har oftast ett annat omsättningsförhållande än de andra kärnorna. Den här kärnan används för att skapa en öppen deltakoppling tillsammans med deltakärnor från två andra spänningstransformatorer, detta förklaras i kapitel 4.5 och illustreras i Figur 9. En öppen deltakoppling används för att detektera fel i elnätet, vilket förklaras i kapitel 6.3.2 och kapitel 6.4.1.

Det finns två huvudtyper av spänningstransformatorer: induktiva och kapacitiva. Induktiva spänningstransformatorer hör till de traditionella mättransformatorerna som används på elstationer. De transformerar ner HV-spänningen till en mer hanterbara spänningsnivå för reläets ingångar. Induktiva spänningstransformatorer är mera kostnadseffektiva än kapacitiva. Kapacitiva spänningstransformatorer använder kondensatorer för att dela upp HV-spänningen till en hanterbar nivå för reläet. På grund av att kondensatorer har en viss urladdningstid är inte kapacitiva spänningstransformatorer optimala i alla lägen. (Mörsky, 1992.)

En induktiv spänningstransformator består av tre huvuddelar: primärlindning, sekundärlindning och kärna. Figur 5 är en illustration av en induktiv

spänningstransformator. En lindning i transformatorn är en ledare som är lindad runt kärnan. En AC-ström i primärlindningen ger upphov till varierande magnetfält i kärnan. Kärnan överför magnetfältet till den sekundära lindningen. Förhållande mellan transformatorns sekundär- och primärspänning bestäms av antal lindningsvarv i primär- och sekundärsidan. (Gill, 2008.)



Figur 5: Induktiv spänningstransformators uppbyggnad

3.3.2 Strömtransformator

En strömtransformator är en mättransformator designad för att avspegla den primära strömmen i dess sekundärlindning. Strömtransformatorer används för att ge låga spännings- och strömvärden för mätinstrument, kontrollreläer och skyddsreläer. (Sleva, 2009)

Strömtransformatorn används för att mäta strömmen genom ledningar. Man använder strömtransformatorer t.ex. över inkommande ledningar till en elstation för att övervaka elstationen. Med hjälp av mätvärdena från strömtransformatorerna kan man bl.a. upptäcka fel som kan bero på kortslutning eller jordslutning. (Jacobsson, 2016a.)

Strömtransformatorns primärlindning är seriekopplad med kraftledningen. Primärlindningen består av endast ett varv. Strömtransformatorns storlek bestäms med hjälp av primärsidans maximala egentliga ström. Sekundärsidan är antingen max 1 A eller max 5 A.

Ett exempel på omsättningsförhållande för en strömtransformator kan vara 300/5, vilket innebär att om det går en 300 A ström genom strömtransformatorns primärlindning, går det en 5 A ström i dess sekundärlindning. (Söderbacka, 2008.)

3.4 Skyddsreläer

Skyddsreläer är komponenter som är speciellt framtagna för att detektera onormala förhållanden i elnätet, t.ex. spänningsnivå eller strömnivå. (Sleva, 2009). Skyddsreläer fungerar med hjälp av de mätresultat som strömtransformatorer och spänningstransformatorer tillhandahåller. Skyddsreläer kan ses som avancerade säkringar. De är nödvändiga för att skydda ställverk, transformatorer, linjer samt andra instrument på elstationen och i dess omgivning. Till en början bestod de av enkla elektromagnetiska komponenter med enkla skyddsfunktioner, t.ex. överspänningsskydd och överströmsskydd. (Hardy & Bayliss., 2007)

Allt eftersom tekniken har utvecklats och kraven på eldistributionen har ökat, har också nya skyddsfunktioner utvecklats. Några exempel på nya skyddsfunktioner är differentialskydd, riktat jordfelskydd, impedansskydd och under/över frekvensskydd. Figur 6 visar ett gammalt överspänningsskyddsrelä och figur 7 är ett modernt överspänningsskyddsrelä, ABB, REU.



Figur 6: Gammalt överspänningsskyddsrelä



Figur 7: Ett modernt överspänningsskyddsrelä(ABB,2017)

4 Skydd

I detta kapitel presenteras de skyddsfunktioner som handboken behandlar.

4.1 Över- och underspänningskydd

Över- och underspänning är onormala tillstånd, både över- och underspänning kan vara skadligt för komponenter i elnätet. Transformatorer och stora generatorer är inte byggda för en överspänning på mera än 5 %, eller en underspänning på 95 %, av nominell spänning. Överspänning kan antingen bero på fel på utrustning t.ex. fel i lindnings omkopplar kontrollenheten, eller på plötslig förlust av last. Underspänning kan bero på att systemet överbelastas med för stort strömuttag, eller så kan det också bero på fel i lindnings omkopplar kontrollenheten. (Sleva, 2009)

Det är väsentligt att spänningen på linjen övervakas kontinuerligt och att den vid avvikelse från spänningsgränserna bryts så fort som möjligt. Över- och underspänningsövervakningen görs genom att man har spänningstransformatorer som transformerar ner spänningen till en nivå som skyddsreläet kan avläsa och hantera. (Elmore, 1994)

Underspänning kan uppkomma av flera olika orsaker, t.ex. kortslutning, jordfel, överbelastning eller fel i eldistributionen. Också underspänning kan åstadkomma skada på komponenter och då måste man också kunna bryta kretsen. (Elmore, 1994)

4.2 Överströmsskydd

Överström kan bero på för hög belastning, jordslutning eller fasslutning. På elstationerna behövs skydd som övervakar detta kontinuerligt, på så sätt kan skador på komponenter eller linjer förhindras. (Sleva, 2009)

Vanliga överströmsskydd får mätresultat från strömtransformatorer. Överströmsskydd har olika funktioner. En av funktionerna är $I > ON$. Denna funktion är ett skydd mot en förhållandevis liten överström t.ex. vid överbelastning. En annan funktion som ett överströmsskydd kan ha är $I \gg ON$. Den är en skyddsfunktion som skyddar mot högre strömmar, t.ex. vid jordslutning. Skyddens funktioner har också en tidsfördröjning för hur länge överströmmen ska ligga på innan de löser ut. Skyddsfunktionerna för de större

strömmarna har oftast en kortare tidfördröjning än skyddsfunktioner för de lägre strömmarna.

4.3 Differentialskydd

Differentialskydd används för att skydda vissa specifika objekt eller områden. Området eller objektet som ska övervakas avgränsas med strömtransformatorer på vardera sida om skyddsområdet. Skyddet övervakar att den energin som går in också far ut. Man använder sig av differentialskydd över t.ex. transformatorer och linjer. Dessa skyddar mot interna fel inom skyddsområdet. (Ziegler, 2005)

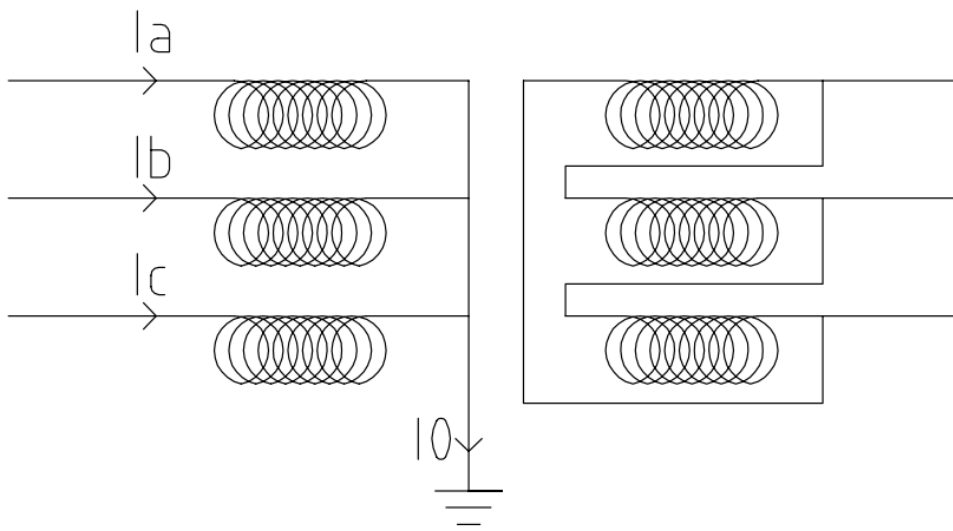
Vid användning av transformatordifferentialskydd har man olika strömnivåer på de olika sidorna av transformatorn. Därför måste man kunna ställa in omsättningsförhållanden för transformatorn och strömtransformatorerna i skyddet. (Jacobsson, Elkrafthandboken :1 , Elkraftsystem, 2016.) Äldre differentialskydd matas med mellanströmtransformatorer för att kompensera för skillnaden i strömstyrkan för de båda olika sidorna, medan nyare differentialskydd har inbyggda funktioner som kompenserar för detta (Blomkvist sid 286).

Har man ett differentialskydd över en transformator som har en eller flera y-kopplingar där stjärnpunkten är ansluten till jord, behöver man ta i beaktan att det då kommer gå en ström i noll-ledaren vid jordslutning utanför skyddsområdet. En ström i noll-ledaren medför att skyddsreläet uppfattar detta som ett fel inom skyddsområdet. För att kompensera mot detta finns det en parameter (ZSCSUB) inne i reläet som subtraherar bort detta fel från de uppmätta värdena. (Ziegler, 2005)

Felet eller noll-sekvens-strömmen(I_0) kan beräknas genom formeln:

$$I_0 = \frac{1}{3} * (I_a + I_b + I_c) \quad \text{där } I_a, I_b \text{ och } I_c \text{ är strömmarna i y-lindningarna}$$

(se figur 8).



Figur 8: Illustration av en transformators lindningar

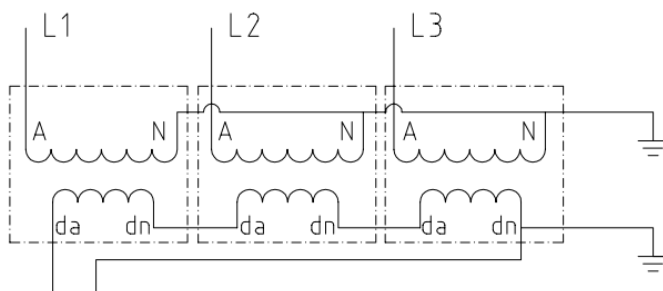
4.4 Riktat jordfelsskydd

Vid jordslutning hos elstationer med flera matningslinjer kan strömmarna gå i båda riktningarna. Detta kan göra det komplicerat för vanliga överströmsreläer att avgöra var felet är, då de endast kan avläsa att strömmen är för hög. (Elmore, 1994)

Detta har man löst med ett riktat jordfelsskyddsrelä, som matas av både ström och spänning. Reläet jämför vinklarna mellan strömmen och spänningen och kan på så vis räkna ut var felet är och öppna rätt brytare.

4.5 Öppen delta

En öppen deltakoppling görs med hjälp av tre spänningstransformatorers deltakärnor (da-dn). Figur 9 är en grafisk representation av detta. Den öppna deltakopplingen används för att detektera jordfel i nätet. Vid ett "friskt" nät tar spänningsvektorer ut varandra och öppen deltaspanningen (U_0) är då 0 V. Vid jordfel "försvinner" en fas, och U_0 spänningen stiger.



Figur 9: illustration av öppen deltakopplingsuppbyggnad

5 Testinstrument

I detta kapitel presenteras de testinstrument som används i handboken: Sverker och Micro ohm mätare

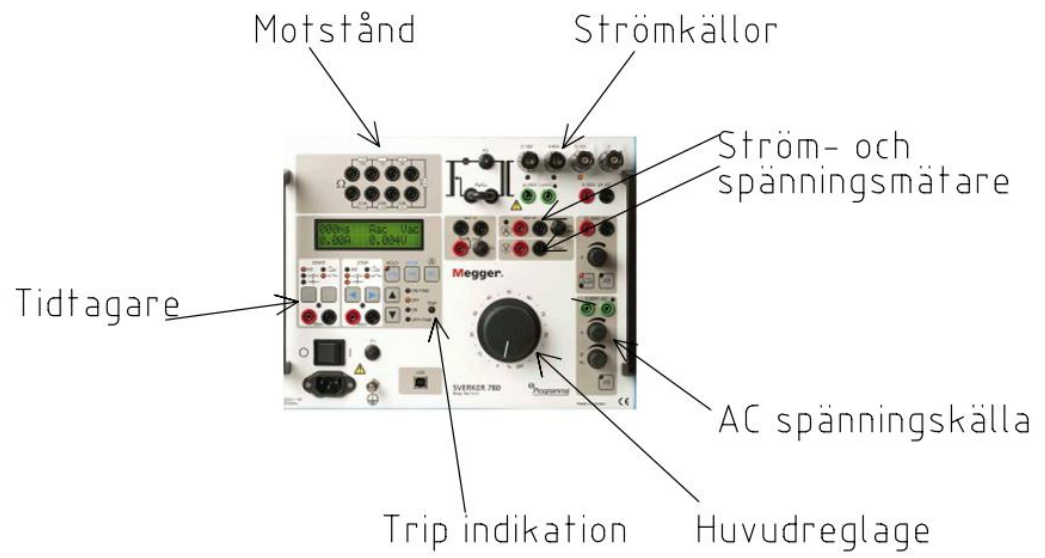
5.1 Sverker

Sverker relätestinstrument har ett brett utbud av funktioner och in/utgångar för testning av komponenter på en elstation. Sverker har tre strömutgångar 0–10 A, 0–40 A och 0–100 A. Utgångarna är inte skilda från varandra, vilket innebär att strömutgångarna inte kan användas samtidigt. (Megger, Megger, 2017)

Det finns också fyra varierbara spänningskällor på Sverker. Två DC-spänningskällor 0–300 V och 20–220 V samt två AC-spänningskällor 0–250 V och 0–120 V. För att kunna mäta funktionstid för t.ex. en brytare har Sverker en inbyggd tidtagningsfunktion. Tidtagningen går att starta och stoppa med en internfunktion eller från en extern källa. Figur 10 är en bild av Sverker.

Sverkens tidtagningsfunktion går att använda på lite olika sätt. Ett sätt är att använda den för att mäta funktionstid för t.ex. öppning av en brytare. Då tas startsignalen till tidtagningen från brytarens öppningsknapp och stoppsignalen direkt från brytaren.

Ett annat sätt att använda Sverkens tidtagningsfunktion är att mäta funktionstid för reläer. Då aktiveras tidtagningen med hjälp av ON+TIME eller OFF+TIME på Sverker. ON+TIME innebär att Sverker startar spännings- eller strömkällan på samma gång som tidtagningen och mäter tiden ända tills den får en stoppsignal från reläets trip-utgång. När OFF+TIME aktiveras stängs ström- eller spänningsmatningen till reläet av och tidtagningen startar. Denna funktion används t.ex. vid testning av underspänningsskydd.



Figur 10: Sverker

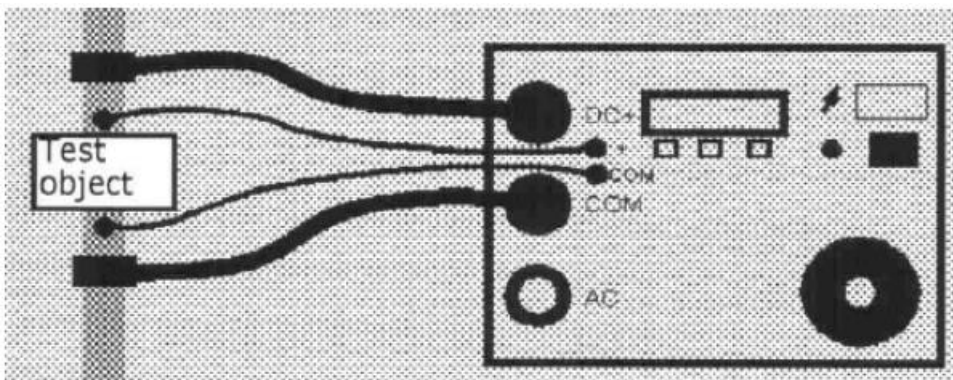
5.2 MOM (Micro-ohm-mätare)

Micro-ohm-mätare används för att mäta kontaktresistansen för t.ex. brytare, frånskiljare och samlingsskenor. För att räkna ut kontakresistansen mäter Micro-ohm-mätaren strömmen som körs igenom mätobjektet och spänningsfallet över det. Det är väsentligt att kontaktresistansen är så liten som möjligt (micro-ohm) eftersom det oftast går stora strömmar genom brytare och frånskiljare. Vid hög resistans blir effektutvecklingen hastigt för stor över området, vilket skadar kontaktarna mera.

Testning av kontaktresistans genomförs genom att koppla mätarens DC-utgång och spänningsmätningen över mätobjektet. Figur 11 visar inkoppling av Micro-ohm-mätare för testobjekt.

Exempel:

Om man kör en ström på 100 A genom testobjektet och uppmäter ett spänningsfall över objektet på 0,0056 V kan man räkna ut att testobjektet har ett motstånd på $0,0056 \text{ V}/100 \text{ A} = 0,000056 \text{ } \Omega \Rightarrow 56 \text{ } \mu\Omega$. Denna uträkning genomför Micro-ohm-mätaren automatiskt.



Figur 11: Inkoppling av Micro-Ohm-mätare



Figur 12:En närbild av Micro-ohm-mätarens skärm och funktionsknappar

Micro-ohm-mätare har ett enkelt användargränssnitt med två stycken strömutfångare, en DC och en AC. Den har också en spänningsmätningssingång och möjlighet att ansluta till dator via RS 232 för vidare analys av mätresultat. DC-utfångaren klarar av att köra en ström upp till 660 A, och används för att framkalla ett spänningsfall över testobjektet som sedan går att mäta med spänningsmätningssingången på mätaren.

Micro-ohm-mätaren är utrustad med en skärm för avläsning av strömvärden och uträknade motståndsvärden. Man kan välja funktion för mätning, auto/manual genom knappen ”func” under skärmen (se Figur 12). Auto innebär att man kan ställa in ett önskat ström värde på knappen till vänster under skärmen, och då stannar strömstyrkan under detta värde då man ökar på strömmen. Om man har den inställt på manual finns det ingen strömgräns som kommer emot.

6 Ibruktagning

Vid ibruktagning är det viktigt att testa alla komponenter för att säkerhetsställa att elstationen fungerar på ett önskat sätt, d.v.s. att alla skydd löser ut vid ett eventuellt fel och att det inte finns något allvarligt fel på någon av komponenterna. Alla mätvärden från testningen ska bokföras i särskilda testprotokoll, som kunden senare kan ta del av. I ibruktagningshandboken behandlas Sverker som relätestenhet och Micro-ohm-mätare för mätning av kontaktresistanser.

6.1 Brytare

Det finns flera orsaker till att testa brytare innan de tas i bruk. De viktigaste orsakerna till att brytarna testas är för att skydda den dyra utrustningen från skador, för att skydda mot avbrott som leder till förlorad inkomst, för att säkerställa att elkraftsystemet är pålitligt, för att förebygga driftstopp och för att kontrollera brytarens prestanda.

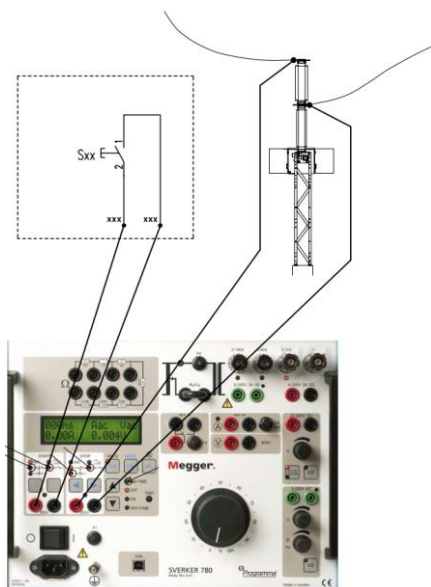
Ett viktigt test som ska genomföras på brytare är en mätning av dess kontaktresistans. Testet görs för att få en bild av i vilket skick brytarens kontakter är. Brytarens kontaktytor kan ta skada av ljusbågar som uppstår vid brytning av last. Om brytarens kontaktresistans är för stor kommer det att uppstå en effektförlust inne i brytaren, vilket på sikt skadar brytaren ännu mera.

Testet görs med en Micro-ohm-mätare, vars DC-utgång och spänningsmätning kopplas över brytaren. Testströmmen är exempelvis 100 A (IEC 60694 rekommenderar 50 A, ANSI rekommenderar 100 A) men kunden kan kräva att testströmmen ska vara högre (100-300 A). Micro-ohm-mätaren mäter den ström den kör igenom brytaren samt det spänningsfall som blir över brytaren, och kan med hjälp av dessa räkna ut kontaktresistansen för brytaren. Normala värden ligger under 100 $\mu\Omega$ utan kopplingar och kring 100 $\mu\Omega$ med kopplingar. (Megger, breaker, 2017)

Eftersom det är brytarens uppgift att koppla från vid fel är det viktigt att brytningen sker så fort som möjligt (i millisekunder) från att brytaren får en trip-signal. Därför behöver man testa funktionstiden för brytaren, d.v.s. hur länge det tar för brytaren att öppna eller sluta. Detta görs med Sverker och dess start- och stop tidtagningsfunktion. Startsignalen till tidtagningsuret får Sverker från knappen som man öppnar eller stänger brytaren med och stoppsignalen fås direkt från brytarens spets. Se Figur 13: Testning av funktionstid för

brytaren. För inkoppling av testutrustning till brytaren. Resultatet (tiden) avläses från displayen på Sverker, normala värden ligger mellan 25 ms och 35 ms.

Även brytarens slutartid behöver testas och det görs på samma sätt som vid mätning av öppningstid. Istället för att ha brytaren sluten från början, har man brytaren öppen då testet påbörjas.



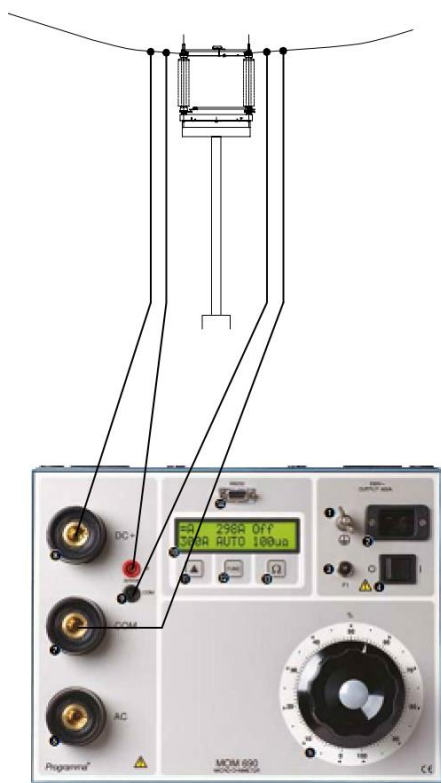
Figur 13: Testning av funktionstid för brytaren.

6.2 Frånskiljare

Vid ibruktagning av frånskiljare behöver man enbart mäta kontaktresistansen. Eftersom frånskiljare inte är till för att bryta vid fel, har de inga krav på sig att öppna inom en viss tid.

Testning av kontaktresistans görs för att man ska få en bild av i vilket skick frånskiljarens spetsar är. Om spetsarna är i dåligt skick är kontaktresistansen hög och detta orsakar effektförluster i frånskiljaren, vilket i sin tur kan orsaka mera skador på frånskiljaren.

Testning av kontaktresistansen för frånskiljaren görs med en Micro-ohm-mätare och man kopplar in DC-utgången och spänningsmätningen över brytaren (se Figur 14). Frånskiljaren ska vara sluten och spänningslös under hela testet. En av frånskiljarens sidor ska om möjligt vara ansluten till jord. Vanlig testström är ca 100 A men kunden kan kräva högre ström, t.ex. 100–300 A. Micro-ohm-mätaren mäter spänningsfallet över frånskiljaren och strömmen som går igenom frånskiljaren och räknar sedan ut motståndet. Resultatet visas i displayen på Micro-ohm-mätaren. Normala värden är mellan 50 och 300 $\mu\Omega$



Figur 14: Testning av kontaktresistans för frånskiljare.

6.3 Mättransformatorer

Eftersom mättransformatorer tillhandahåller information till reläer är det väldigt viktigt att de fungerar korrekt och ger korrekta mätvärden. Viktigt då det kommer till alla testningar för strömtransformatorer är att den sekundära kretsen hela tiden är intakt, annars kan stora spänningar uppkomma på sekundärsidan, vilket i sin tur kan leda till att komponenter eller anslutningar bränns.

6.3.1 Strömtransformator (CT)

När man tar i bruk strömtransformatorer finns det två viktiga tester man bör utföra. Det första testet är polaritetskontroll och det andra är mätning av omsättningsförhållande.

Polaritetskontroll görs för att man ska kunna säkerhetsställa att skyddsfunktionerna får rätt polaritet på mätvärdena. Om polariteten är fel kan t.ex. ett riktat jordfelskydd missförstå mätresultaten och slå ut en hel station, istället för en viss berörd linje. Polaritetstestet kan göras med valbar DC-spänningskälla, men i detta slutarbete behandlas Sverker och dess DC-spänningskälla.

Spänningskällan kopplas över primärsidan på strömtransformatorn figur 15 för inkoppling. Under testet ska man ”pulsera” med spänningskällan flera gånger ON/OFF. Polariteten är rätt då amperemätaren visar ett positivt värde vid ON-puls och ett negativt värde vid OFF-puls.

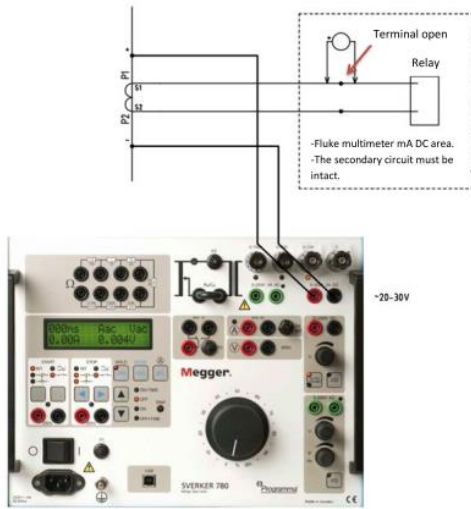
För att säkerställa att omsättningsförhållandet hos strömtransformatorn är korrekt behöver man göra ett omsättningsförhållandetest. Testet går ut på att man kör en hög ström genom strömtransformatorns primära lindning och mäter strömmen i dess sekundära lindning.

Figur 16 förklarar hur Sverker kopplas in till strömtransformatorn inför en testning.

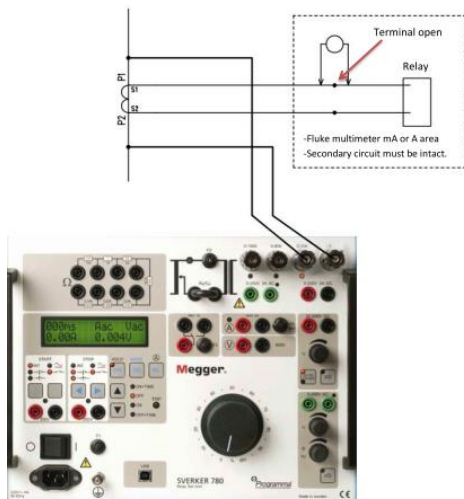
Till exempel kan en 100 A köras genom den primära lindningen. Sekundärsidans ström avläses från ampere-mätaren. Resultatet från ampere-mätaren jämförs sedan med ett uträknat värde.

Ett exempel på uträkning av sekundärsidans ström

Ifall omsättningsförhållande är 400/2 och man kör 100A in på primärsidan borde man ha $\frac{100}{400} = 0,25$. $0,25 \times 2 = 0,5A$ på sekundär sidan.



Figur 15: Polaritets test.

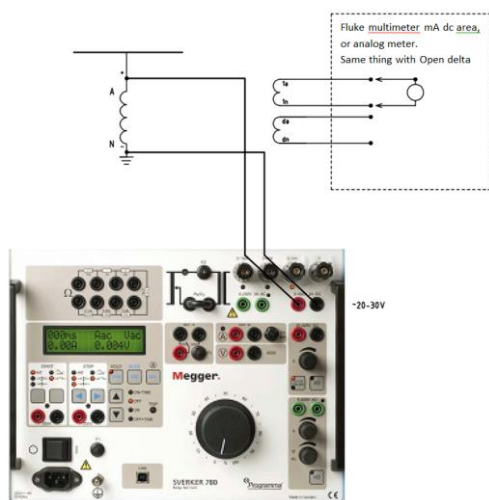


Figur 16: Omsättningsförhållande

6.3.2 Spänningstransformator (VT)

När man tar i bruk spänningstransformatörer behöver man kontrollera polaritet och omsättningsförhållanden hos transformatorn. En spänningstransformator har ofta flera olika kärnor på sekundärsidan och polaritetskontrollen ska utföras på samtliga kärnor. Polaritetskontrollen görs med Sverkens DC-spänningsutgång eller någon liknande DC-spänningskälla.

Testet görs genom att man pulserar spänningen ON/OFF flera gånger. Polariteten är korrekt för spänningskällans kärna då voltmätaren visar ett positivt värde vid ON-puls och ett negativt värde vid OFF-puls. Se figur 17.



Figur 17: Kontroll av polaritet för VT

För att säkerställa att omsättningsförhållandet för spänningstransformatorn är korrekt gör man ett omsättningsförhållandetest. Testet görs med hjälp av en varierbar AC-spänningskälla. Man kör en relativt hög AC-spänning över spänningstransformatorn och avläser sekundärkretsens spänning från spänningsmätaren. Omsättningsförhållandet är korrekt om spänningen i sekundärkretsen är det samma som uträknad sekundärspänning.

Uträkning:

Från märkplåten (se Bilaga 1) kan man avläsa de värden man behöver för att räkna ut sekundärspänningen. I detta fall kan man avläsa två olika omsättningsförhållanden, men här används $\frac{50000}{\sqrt{3}}$.

50000 V är (max)spänningen A-N alltså spänningen över primärlindningen, 110 är spänningen ut ur sekundärlindningen vid 50000 V på primärlindningen. $\sqrt{3}$ tar ut varandra i formeln nedan, och därför blir omsättningen $\frac{110}{50000} = 0,0022$ (för varje volt som primärspänningen stiger med så stiger sekundära med 0,0022 V).

$$U_{\text{sekundär}} = U_{\text{primär}} * \left(\frac{\frac{110}{\sqrt{3}}}{\frac{50000}{\sqrt{3}}} \right)$$

Delta kärnan har ett annat omsättningsförhållande än de andra kärnorna på spänningstransformatörerna, se formel nedan.

$$U_{\text{Delta}} = U_{\text{primär}} * \left(\frac{\frac{110}{3}}{\frac{50000}{\sqrt{3}}} \right)$$

400 VAC TEST

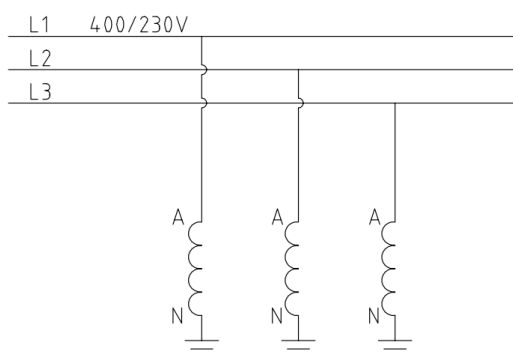
Deltakärnorna hos de tre fasernas spänningstransformatorer sammankopplas till en öppen-delta koppling. För att man ska vara säker på att kopplingen är korrekt (da-dn-da-dn-da-dn) kan man göra ett 400 VAC-test. Testet går att göra på två olika sätt, antingen med en trefasmatning (Figur 18: alternativ 1 är en illustration av detta), eller så med en enfasmatning (Figur 19: Alternativ 2 är en illustration av detta).

Alternativ ett med en trefasmatning görs genom att man kopplar en fas till varje spänningstransformators primära lindning. Eftersom de tre faserna har olika vinklar (120) kommer spänningsvektorerna att ta ut varandra i den öppna deltakopplingens spänning blir 0 V, vilket simulerar ett friskt nät. Vid "fas-bortfall" tar inte spänningsvektorerna ut varandra mera, och deltaspanningen stiger.

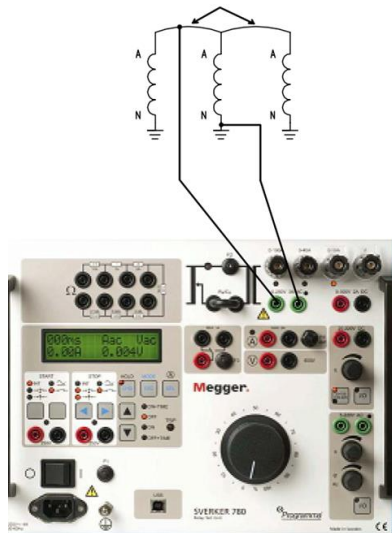
Alternativ två med en enfasmatning (Sverker) görs genom att man har samma spänning kopplat över de tre spänningstransformatorerna på samma gång. På grund av att spänningstransformatorerna matas av samma spänningskälla och med samma spänningsvinkel kommer inte spänningsvektorerna att ta ut varandra som i alternativ ett.

Spänningen ut ur delta kopplingen räknas enligt formeln: $U_{\Delta} = 3 * \left(U_{\text{primär}} * \frac{\frac{110}{3}}{\frac{50000}{\sqrt{3}}} \right)$

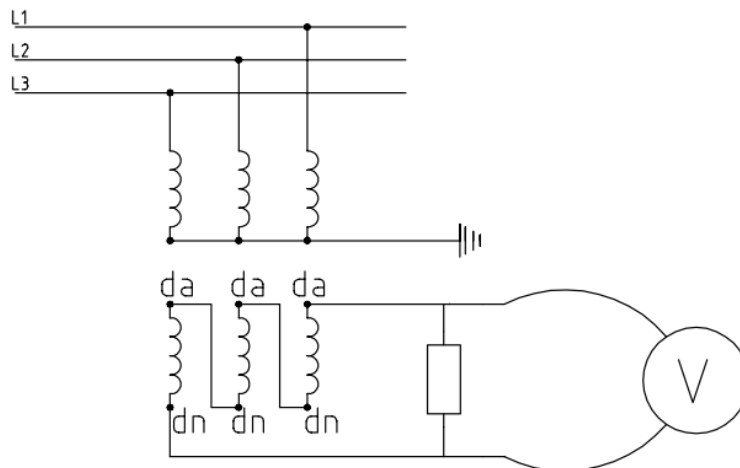
Se figur 20 för inkoppling av mätutrustning i öppna delta kretsen



Figur 18: alternativ 1



Figur 19: Alternativ 2



Figur 20: Mätning i öppna deltakopplingen.

6.4 Skyddsreläer

Kapitlet inleds med att olika begrepp som har att göra med skyddsreläer förklaras. Därefter beskrivs varje skydd närmare.

Tripp: Då reläet reagerar och löser ut berörda brytare

>: Den lägre gränsen för när skyddet ska reagera och trippa, den har oftast flera sekunders utlösningstid.

>>: den högre gränsen när skyddet ska reagera och trippa, den har en utlösningstid på ms till sekunder.

Pick-up: Är det värde för när reläet egentligen reagerar och trippar.

Drop-out: Är det värde för när reläet släpper och återgår till normalläge.

Funktionstid: Den tid det tar från att gränsen ">" eller ">>" överskrids till att reläet trippar.

Vid testning av alla slags reläer är det viktigt att inte någon typ av mättransformator är inkopplat, detta kan medföra att spänning/ström matas bakvägen till transformatorn, och ut på primärsidan kan man då ha höga spänningar. (Sleva, 2009)

6.4.1 Öppen delta skyddsfunktion

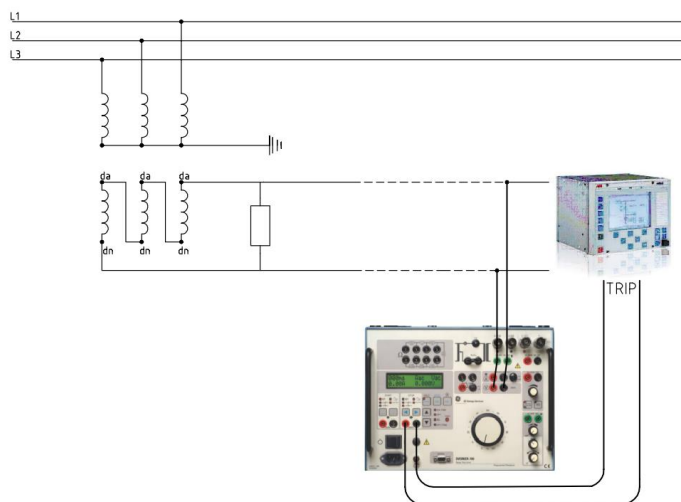
En öppen delta skyddsfunktion övervakar spänningen i den öppna deltakopplingen som förklaras i kapitel 3.3.1. Denna koppling har man för att detektera spänningsskillnader mellan faserna, vilket kan bero på t.ex. jordslutning. Spänningen i öppen-deltakopplingen betecknas med U_0 .

Skyddet övervakar kontinuerligt spänningen U_0 . I ett friskt nät tar de tre spänningsvektorerna ut varandra och summa spänningen U_0 är då 0 V. Vid t.ex. fasbortfall tar spänningsvektorerna inte ut varandra mera, och spänningen U_0 stiger enligt formeln:

$$U_{\text{Delta}} = U_{\text{primär}} * \left(\frac{110}{3}\right) / \left(\frac{50000}{\sqrt{3}}\right)$$

Värdena som används i uträkningen är tagna från märkplåten i Bilaga 1.

Skyddsfunktionen kan testas med Sverkers spänningskälla. Figur 21 beskriver hur Sverker kopplas till reläet. Reläets tripp-utgång är kopplad till Sverkers stopp-tidtagningssingång och Sverkers AC-utgång är kopplad till U_0 ingången på reläet. Portarna som Sverker ska kopplas in till hittas i Bilaga 2. Man bör testa att reläet trippar vid de olika spänningssgränserna $U_0 >$ och $U_0 >>$. $U_0 >$ testas man genom att försiktigt öka på spänningen tills reläet trippar. $U_0 >>$ testas genom att hastigt öka på spänningen tills reläet trippar. (Megger, Sverker, 2017)

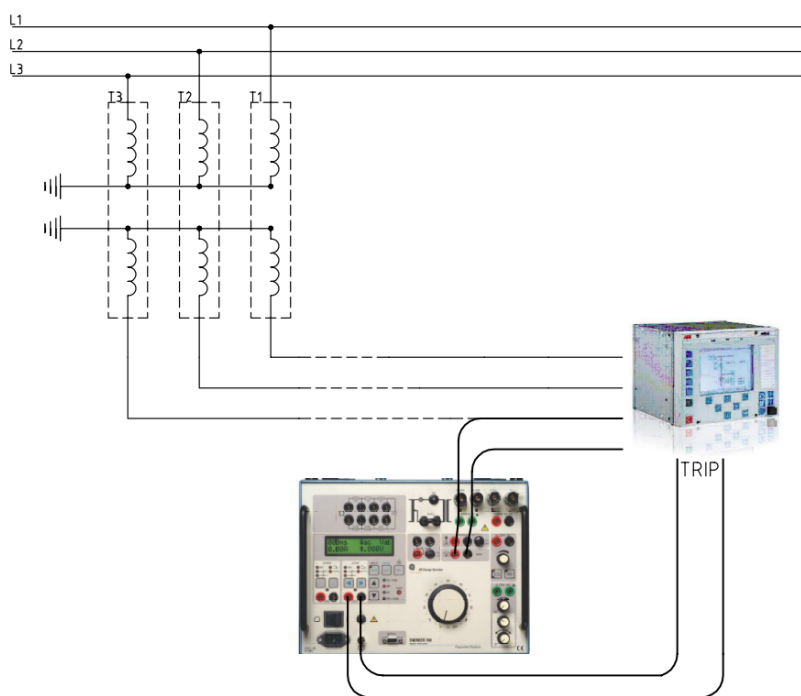


Figur 21: Test av öppen delta skyddsfunktion

6.4.2 Över- och underspänning

För överspänningsskydd betecknas gränsvärdena med $U > ON$ och $U > OFF$. $U > ON$ är det minsta värdet för när reläet ska reagera och trippa. $U > OFF$ är värdet för när reläet ska återgå till normalläge.

Testet görs genom att man simulerar en över- eller underspänning i nätet med hjälp av Sverkers spänningsingångar. (Figur 22 förklarar hur Sverker kopplas in). Överspänningsfunktionen testas genom att köra upp spänningen försiktigt tills reläet trippar $U > ON$. Sen sänker man spänningen tills reläet återgår till normalläge, $U > OFF$. Testning av underspänningsfunktionen fungerar på liknande sätt, men istället för att börja från 0 V så börjar man från ca $1,3 * \text{inställd spänningsgräns}$. Därefter sänker man spänningen tills reläet trippar $U > ON$. När reläet trippar ökar man återigen spänningen tills reläet återgår till normalläge, $U > OFF$. (Megger, Sverker, 2017). Portarna för inkoppling till reläet hittas i Bilaga 2.



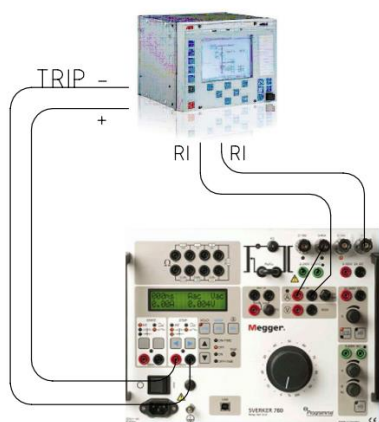
Figur 22: Inkoppling för test av över- och underspänning

6.4.3 Överström

Överströmsreläer får sina mätvärden från strömtransformatorer. Beteckningar som används i samband med överströmsskydd är: $I > ON$, $I \gg ON$, $I > OFF$, $I \gg OFF$. Beteckningarna $I > ON$ och $I \gg ON$ anger strömgränserna för när reläet ska reagera. $I > OFF$ och $I \gg OFF$ anger strömvärden för när reläet återgår till normalläge. (Megger, Sverker, 2017)

Man har oftast två eller flera strömgränsvärden vilka kan betecknas med $I >$ och $I \gg$. Den lägre strömgränsen ($I >$) är tänkt att skydda mot mindre överströmmar, t.ex. överbelastning. $I \gg$ som är den högre gränsen skyddar mot direkta kortslutningar eller jordslutningar. Skyddsfunktionerna $I >$ och $I \gg$ har olika trip-tider. Eftersom vissa små överströmmar kan vara tillfälliga och oskadliga för utrustningen under en kort tid, behöver reläet inte lösa ut så snabbt, därför har $I >$ oftast en trip-tid på flera sekunder. Vid större överströmmar, t.ex. vid jordslutning, behöver man bryta strömmen snabbare för att undvika skador på komponenter, därför är $I \gg$ funktionens trip-tid mycket kortare än $I >$ funktionens.

Testet görs med Sverkers strömkälla. Figur 23 visar hur Sverker kopplas in. Vid testning av $I > ON$ ökar man försiktigt på strömmen tills reläet trippar och vid testning av $I \gg ON$ ökar man strömmen snabbt tills reläet trippar.

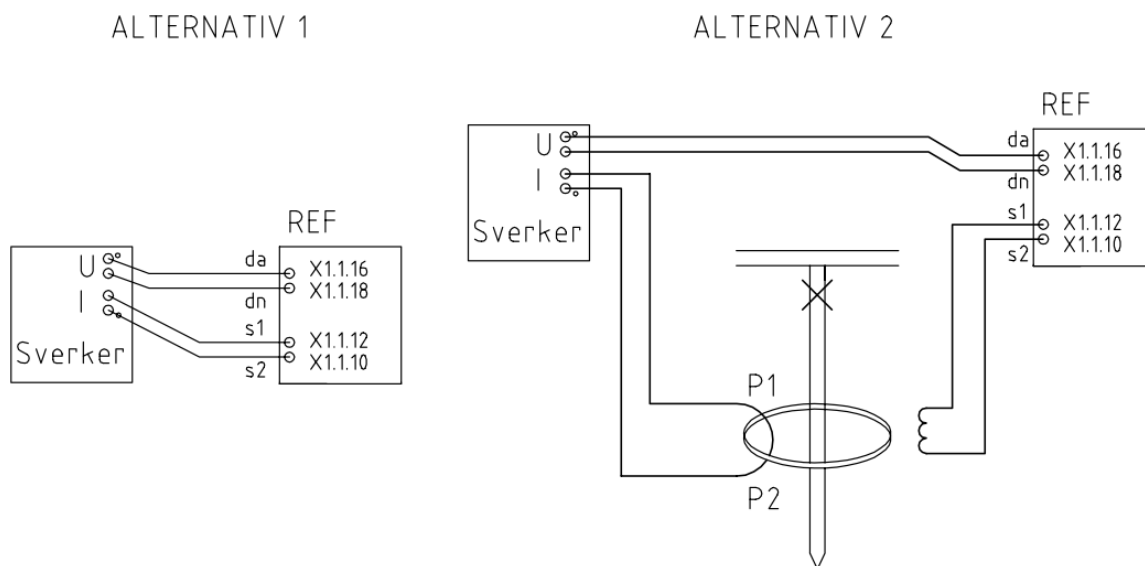


Figur 23: Testning av överströmsreläer.

6.4.4 Riktat jordskydd

Riktade jordfelsskydd övervakar strömmens styrka och riktning. För att reläet ska kunna bestämma riktningen för felet använder det sig av spänningen som referens, och behöver därför matas med mätvärden från både strömtransformatorn och spänningstransformatoren. Beteckningarna för ström- och spänningsgränserna är de samma som nämns i kapitel 4.1 och kapitel 4.2

Riktat jordfelsskydd har man för att kunna lokalisera felet och därefter kunna öppna enbart den berörda brytaren och behålla övriga linjer i drift. Då man testar denna skyddsfunktion så säkerställer man att polariteten till reläet är korrekt. Om polariteten är fel kommer reläet vid fel uppfatta att felet ligger åt motsatt håll än vad de egentligen gör, och då skickar reläet ut en öppningssignal åt fel brytare. Testning av pick-up och drop-out fungerar på samma sätt som i kapitel 4.1 och kapitel 4.2. Testet kan man göra via strömtransformatorn (alternativ 2 i figur 24) eller utan strömtransformator (alternativ 1 i figur 24). Man bör säkerställa att anslutningarna är korrekt gjorda. Till hjälp finns märkningarna på Sverker, vilket också syns i figur 24. Testet gör man genom att öka på strömmen tills den överskrider den inställda strömgränsen, och därefter kontrollera att reläet har trippat. (Megger,Sverker,2017)



Figur 24: Alternativ 1 och alternativ 2 för testning av riktat jordfelsskydd

6.4.5 Differentialskydd

Funktioner som används för differentialsskydd är $I_{d>}$ ON, $I_{d>>}$ ON, $I_{d>}$ ON + Time delay och $I_{d>>}$ ON + Time delay. Dessa funktioner används för att skydda mot små ($I_{d>}$ ON) och stora variationer i strömmen ($I_{d>>}$ ON).

Med hjälp av mätvärden som strömtransformatorer tillhandahåller jämför skyddet kontinuerligt den ström som går in till skyddsområdet med den ström som går ut ur området. Testningen av differentialskyddet kan göras antingen med en en-fas strömkälla eller med en tre-fas strömkälla. I detta examensarbete behandlas Sverker och dess en-fas strömkälla.

Med hjälp av Excel-filen som gjordes på sidan om detta examensarbete kan man räkna ut med vilka strömvärden reläet ska testas. I Excel-filens gula fält ifylls spänningarna på båda sidorna om transformatorn, transformatorns lindningskopplingar (Y/Y, Y/D, D/D), effekten på transformatorn, strömtransformatorernas omsättningsförhållande, ZSCSUB och IDMIN. (se figur 26).

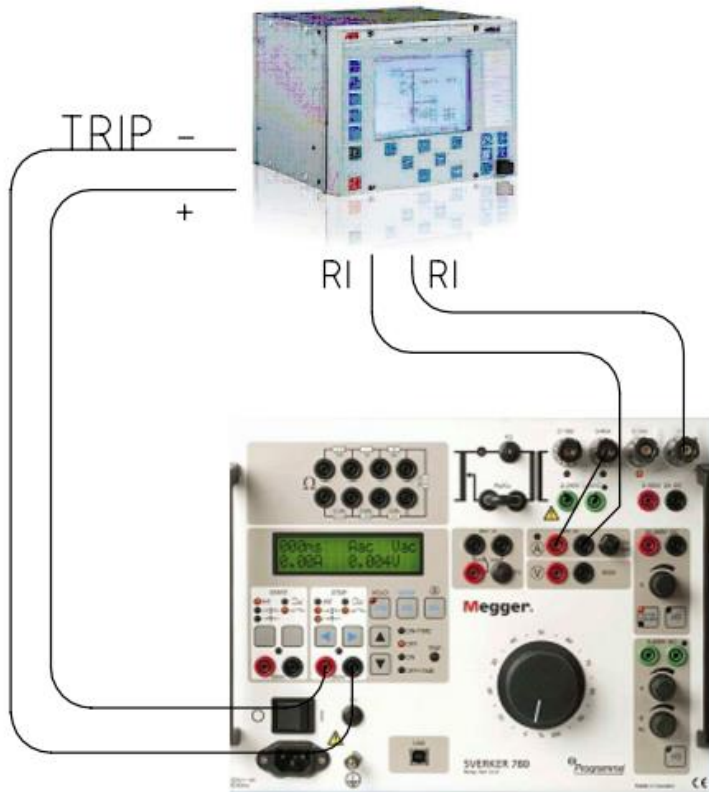
Excel-filen räknar ut vilka strömvärden man ska testa skyddsreläet med, se figur 27 för exempel på uträknade strömvärden. Där framkommer förutom strömvärden också på vilken ingång i reläet man ska testa strömvärdet. Exempel: HV L1 $I_{d>}$, ska testas med en ström på 1,21 A.

Då man testar differentialskydd testas man hur mycket strömmarna in till skyddsområdet och strömmarna ut från skyddsområdet kan avvika från varandra innan reläet löser ut. Den tillåtna avvikelser ställs in i reläet i procent i parametern IDmin.

Funktioner som ska testas för alla sex strömingångar på reläet är $I_{d>}$ (d.v.s. den minsta avvikelser som ska orsaka att reläet löses ut), $I_{d>>}$ (d.v.s. den högre avvikelsergränsen för när reläet ska lösa ut). Dessutom bör även funktionstiden för $I_{d>}$ och $I_{d>>}$ mätas. Funktionstiden är den tid det tar för reläet att lösa ut från att avvikelser blir högre än $I_{d>}$ eller $I_{d>>}$.

Testet görs genom att man börjar med att testa $I_{d>}$ för de sex olika ingångarna. Detta görs genom att i tur och ordning koppla in Sverkers ström utgång till reläets strömingångar. Övriga strömingångar kopplas till jord. Man kör långsamt upp strömmen från 0 V ända tills reläet reagerar, därefter testas man $I_{d>>}$ gränsen. Denna testning gör man på liknande

sätt som för testning av $I_{d>}$, men istället för att långsamt höja strömmen så höjer man kraftigt strömmen till reläet. Inkoppling för testerna illustreras i figur 25.



Figur 25: Inkoppling av Sverker med skyddsreläet

Asema		Asema 2					
Kojeisto:		20kV					
Kenno:		J01					
Suojarele:							
Valmistaja:	Typpi:	Sarjanro:	IP-osoite:				
VAMP	255-3CTAPE	xxx.xxx.xxx.xxx	10.101.xxx.xxx				
Huomi!							
Suojausfunktio: Diff							
Virtamuuntajat: 200-400/1A							
10-50% On or OFF	Idmin[%]	40					
	ZSCSub	OFF					
Id> asettelu s *in							
Asetteluarvot:			Koestustulokset:				
Valhe:	Funktio:	x In	Huomi!	Havaht.	Paasto	Toisio	Aika
HV	L1	Id>	1.21			1.46	
HV	L2	Id>	1.21			1.46	
HV	L3	Id>	1.21			1.46	
MV	L1	Id>	1.34			1.61	
MV	L2	Id>	1.34			1.61	
MV	L3	Id>	1.34			1.61	
HV	L1	Id>>	6.07			7.28	
HV	L2	Id>>	6.07			7.28	
HV	L3	Id>>	6.07			7.28	
MV	L1	Id>>	6.72			8.07	
MV	L2	Id>>	6.72			8.07	
MV	L3	Id>>	6.72			8.07	

Voltage		130 kV
CT1 ratio		
CT Primary	300	
CT Secondary	5	
Connection		
Primary	D	
Secondary	D	
Sr(MVA)	41	
Voltage		22 kV
CT1 ratio		
CT Primary	1600	
CT Secondary	5	
10-50% ON or OFF	Idmin[%]	25
	ZSCSub	ON

Calculated test values	
72.83	1.21
430.39	1.34

Figur 26: Skärmbild av Excel-filen för beräkningar av pick-up värden.

	Vaihe:	Funktio:	I x ln
HV	L1	Id>	1,21
HV	L2	Id>	1,21
HV	L3	Id>	1,21
MV	L1	Id>	1,34
MV	L2	Id>	1,34
MV	L3	Id>	1,34
HV	L1	Id>>	6,07
HV	L2	Id>>	6,07
HV	L3	Id>>	6,07
MV	L1	Id>>	6,72
MV	L2	Id>>	6,72
MV	L3	Id>>	6,72

Figur 27: Uträkande exempelvärden för testning av differentialreläet.

7 Resultat

Resultatet av detta examensarbete blev en handbok som behandlar de vanligaste komponenterna och vanligaste testerna. Handboken är uppdelad i kategorier med komponenter underrubriker med olika tester t.ex. under kategorin brytare hittas testerna testning av kontaktresistans, testning av öppningstid och testning av sluttid. På sidan om detta examensarbete gjordes också ett beräkningsprogram i Excel, för uträkning av pick-up värden för test av transformator differential skydd, vilket kan ses i Bilaga 4.

8 Diskussion


Jag är själv mycket nöjd med handboken, även om den inte är heltäckande med alla komponenter och tester för elstationer. Men i och med att det också blev en OneNote version så går det att fylla utöka handboken med flera komponenter och ibruktagnings test.

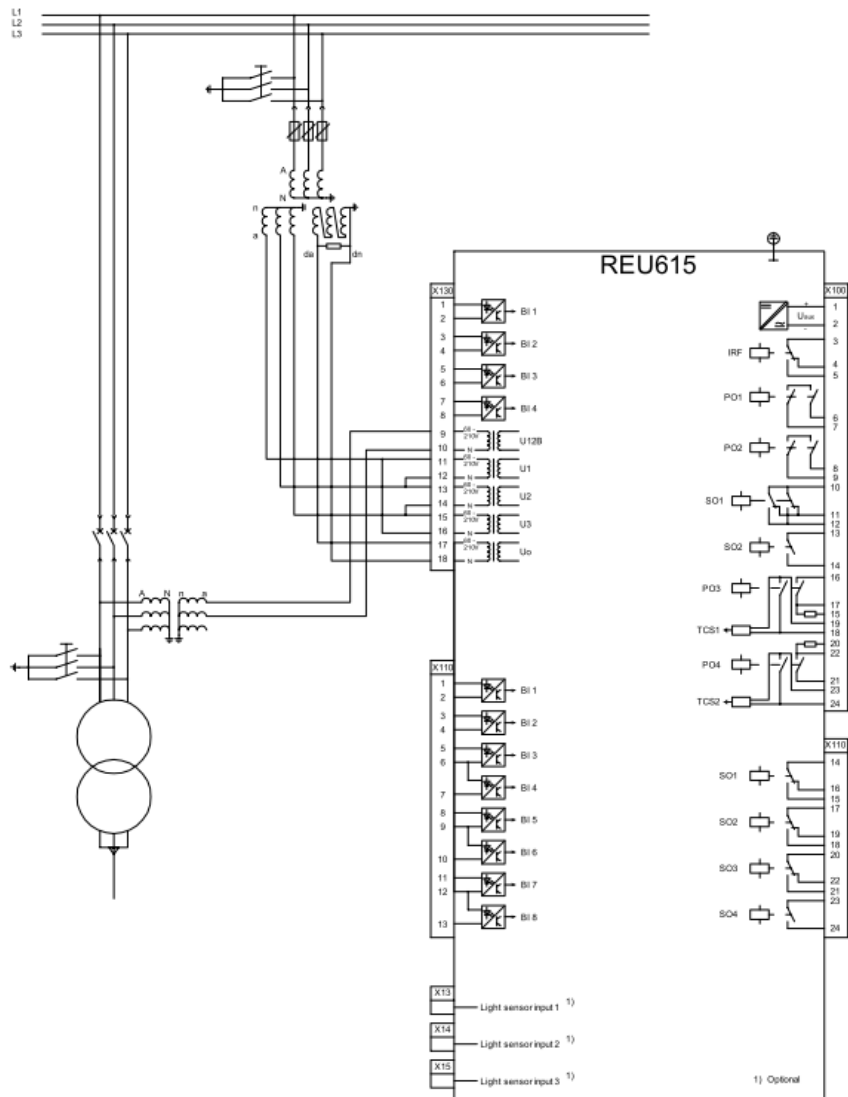
Informationen till handboken blev hämtat från källorna i källförteckningen samt från VEO själv eftersom jag inte hittade information om allting i litteraturen.

Eftersom jag själv blir automationsingenjör så har jag inte någon förkunskap vad så gäller elkraft, elstationer, mättransformatorer, brytare, fränkiljare eller skyddsreläer. Därför har detta examensarbete varit en bra introduktion om elkraften för mig.

9 Källförteckning

- ABB. (den 28 3 2017). *ABB HVDC*. Hämtat från <http://new.abb.com/systems/hvdc/why-hvdc>
- Csanyi, E. (2017). *Electrical-engineering-portal*. Hämtat från <http://electrical-engineering-portal.com/4-main-types-distribution-feeder-systems#meshed-distribution-systems>
- Elmore, W. A. (1994). *Protective relaying theory and applications*. New York: Marcel Dekker.
- Energiindustri, F. (den 1 3 2017). *Finsk energiindustri*. Hämtat från <http://energia.fi>
- Fingrid. (den 3 3 2017). *Fingrid*. Hämtat från <http://www.fingrid.fi/sv/Sidor/default.aspx>
- Flurschein, C. H. (1982). *Power circuit breaker theory and design*. London: Peregrinus.
- Gill, P. (2008). *Electrical power equipment maintenance and testing*. CRC press.
- Hardy, B. J., & Bayliss., C. (2007). *Transmission and distribution electrical engineering*. Oxford: Newnes.
- Jacobsson, K.-A. (2016). *Elkraftshandboken : 2, Elkraftsystem*. Stockholm: Liber.
- Jacobsson, K.-A. (2016). *Elkraftshandboken :1 , Elkraftsystem*. Stockholm: Liber.
- Megger. (2017). *breaker*. Hämtat från https://www.techrentals.com.au/wiki/user/pages/03.case-studies/_electrical-power/Megger-Testing-High-Voltage-Breakers.pdf
- Megger. (den 1 3 2017). *Megger*. Hämtat från <http://en.megger.com/company/about-us/product-innovation-and-development>
- Megger. (2017). *Sverker*. Hämtat från Megger: https://portalvhds963slh4m3fqg2.blob.core.windows.net/megger-products/SVERKER-750-780_DS_sv_V05.pdf
- Mörsky, J. (1992). *Relesuojaustekniikka*. Esbo: Otatieto.
- Portman, A. (2015). *Arbetsredskap för offertberäkning*. Vasa: Novia.
- Sleva, A. F. (2009). *Protective Relay Principles*.
- Söderbacka, C. (2008). *Handbok för idrifttagningsgranskning av elstationer*. Vasa: Svenska yrkeshögskolan.
- Ziegler, G. (2005). *Numerical differential protection: principles and applications*. Erlangen: Publicis Corporate Publishing.

SPENNINGSTRANSFORMATOR				
MADE IN SPAIN	TYPE	UTE-145	No.	15022946 2015
	U _{PR}	A-N	50000/V ₃ - 132000/V ₃ V	
	SEK. TILKOBL.	a1-n	a2-n	da1-dn da2-dn
	U _{SR}	110/V ₃	110/V ₃	110/3 110/3 V
	VA	1-20	1-20	20 20
	KLASSE	0.2	0.2	3P 3P
	Temperaturområde	-40/+40°C		
				
arteche				
		kV	145/275/650	
		Hz	50	
		Nominell spenningsfaktor		
		2.2Un8h		
		Isolasjon		
		Olje: NYNAS NYTRO 10XN		
Totalvekt 300 kg OLJEVEKT 85 kg				
Viktig: Hermetisk lukket enhet. Åpning forbudt				



TEKI PREPARED 05.03.2010 S.Björklund	LITTYY CONCERNING	NIMITYS NAME TERMINAL DIAGRAM REU615 VOLTAGE RELAY CONFIGURATION UE01 (A)	
TARKASTI CHECKED Kimmo Kujala	TOLERANSSIT TOLERANCES		
HYVÄKSYN APPROVED Timo Rintamäki	SUHDE SCALE	PROJ	LEHTI SHEET
ABB ABB Oy Distribution Automation	OSASTO DEPT. RSG	PIIRUSTUS NO DRAWING NO 2RCA025336	PAINOS REVISION A

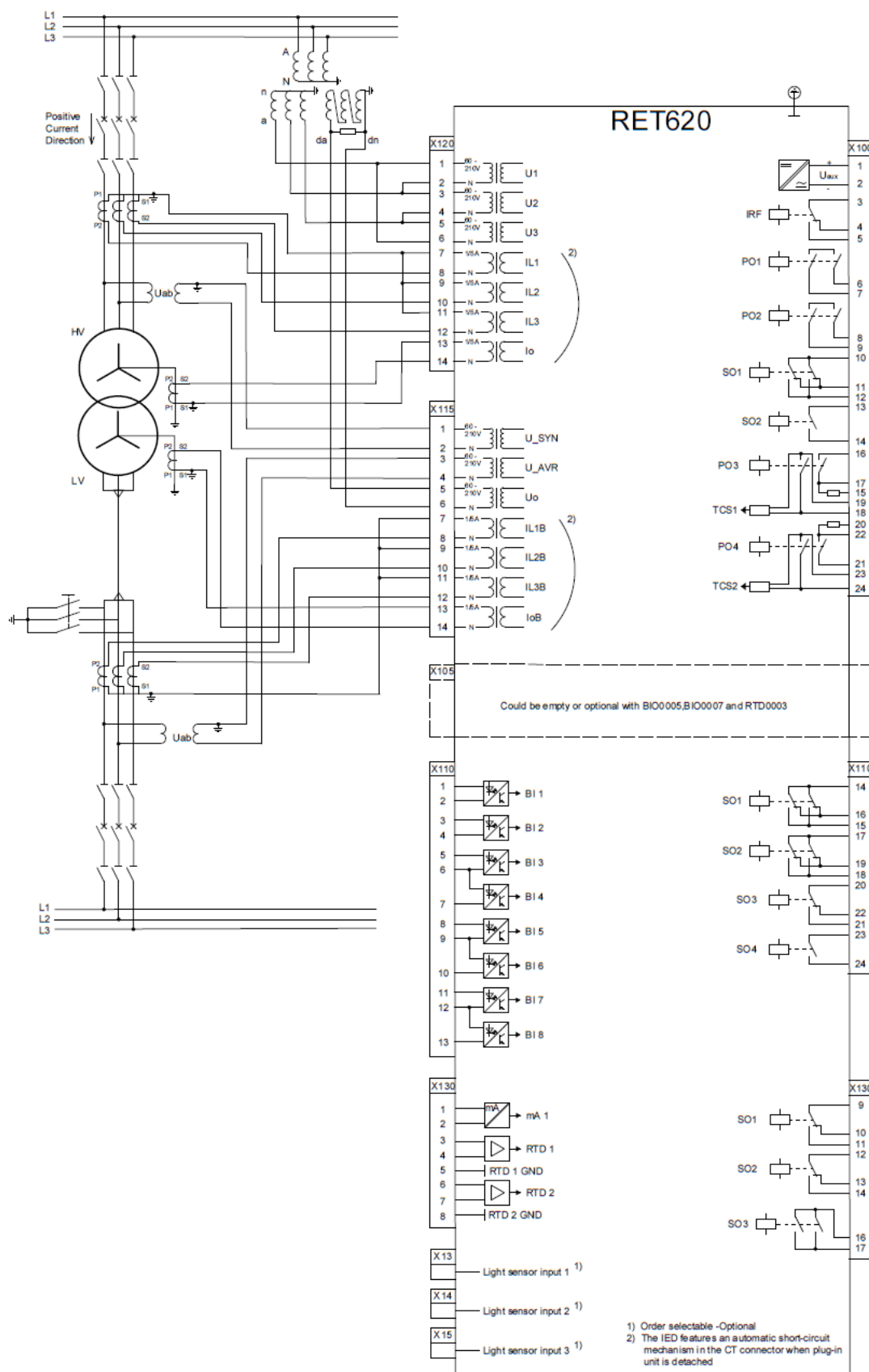


Figure: RET620 TE201 Connection diagram for standard modules

RELEKOESTUSPÖYTÄKIRJA

20kV J01:DIFF



Substations

VEO Projektnumero: KE.1234
 Asiakas: Sähkö Verkko
 Asema: Asema 2

Kojeisto: 20kV
 Kenno: J01

Vainitsala:		Suojarele:	
Typpi:	Sarjano:	P-osio:	Huomi
VAMP	255-3C7APE	xxxx xxx xxx xxx	10.101.xxx.xxx

Suojausfunktio: Diff

Virtamuuntajat: 200-400/1A

10-50%	Idmin[%]	40
On or OFF	ZSCSub	ON
Id>> aseteltu		s [#] in

Vaihe:	Funktio:	Asetteluarvot:		Koestusluokset:			
		x In	Huomi	Havaht.	Päästö	Toisio	Aika
HV	Id>	1,82				2,19	
HV	Id>	1,82				2,19	
HV	Id>	1,82				2,19	
MV	Id>	2,02				2,42	
MV	Id>	2,02				2,42	
MV	Id>	2,02				2,42	
HV	Id>>	9,10				10,93	
HV	Id>>	9,10				10,93	
HV	Id>>	9,10				10,93	
MV	Id>>	10,09				12,10	
MV	Id>>	10,09				12,10	
MV	Id>>	10,09				12,10	

Fill in the yellow areas

Voltage 130 kV

Connection

Primary	D
Secondary	D
Sr[MVA]	41

CT1 ratio	
CT Primary	300
CT Secondary	5

CT1 ratio	
CT Primary	1600
CT Secondary	5

Voltage 22 kV

