

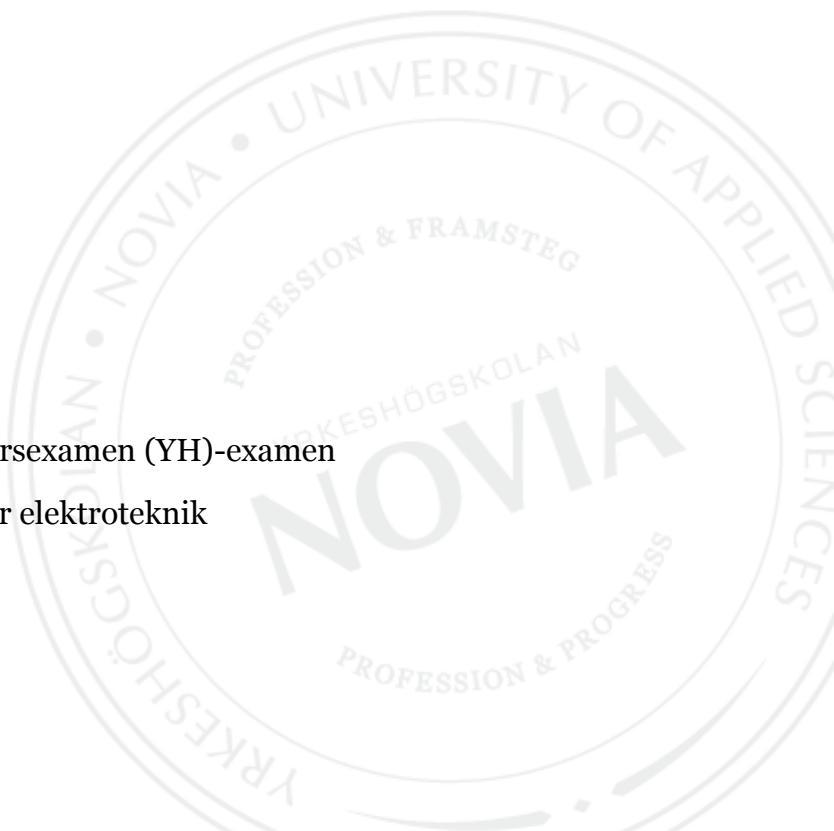
Service- och underhållsprogram för elnät

Anders Rehnström

Examensarbete för ingenjörsexamen (YH)-examen

Utbildningsprogrammet för elektroteknik

Vasa 2015



EXAMENSARBETE

Författare: Anders Rehnström
Utbildningsprogram och ort: Elektroteknik, Vasa
Inriktningsalternativ: Elkraftsteknik
Handledare: Ronnie Sundsten

Titel: *Service- och underhållsprogram för elnät*

Datum: 31.3.2015 Sidantal: 48 Bilagor: 18

Abstrakt

Detta examensarbete redogör för service och underhåll som bör göras på ett elnät. Beställaren är Ekenäs Energi Ab och arbetet kommer att användas för att göra granskningar och underhåll på företagets elnät. Syftet med arbetet är att utveckla det underhållsprogram som företaget i dagens läge använder. Målet med arbetet är att alla krav och behov skall uppfyllas och att arbetet skall kunna tas i användning genast då det är klart. I arbetet förklaras elnätet i Finland; krav som ställs på elnätsinnehavare från myndigheternas sida; vilka de huvudsakliga komponenterna i elnätet är; varför dessa bör granskas och hur ofta komponenterna bör granskas och underhållas. Också huvudfunktionerna för underhåll i det dataprogram som används av Ekenäs Energi, Trimble NIS, redogörs för med text och bilder. Till arbetet bifogas också bilagor över granskningsintervaller, granskningsanvisningar och granskningsprotokoll för komponenterna. Arbetet är baserat på krav och rekommendationer från myndigheter och andra instanser, men också litteratur på området, manualer och tidigare gjorda examensarbeten har använts som källor. Resultatet och arbetets förlopp diskuteras och utvärderas i slutet av arbetet.

Språk: svenska

Nyckelord: underhållsprogram, distributionsnät, elnät

OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Anders Rehnström
Koulutusohjelma ja paikkakunta: Sähkötekniikka, Vaasa
Suuntautumisvaihtoehto: Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat: Ronnie Sundsten

Nimike: *Sähköverkon huolto- ja kunnossapito-ohjelma*

Päivämäärä: 31.3.2015 Sivumäärä: 48 Liitteet: 18

Tiivistelmä

Tässä opinnäytetyössä kuvataan sitä huoltoa ja kunnossapitoa mitä sähköverkkoon tulisi tehdä. Työn tilaaja on Tammisaaren Energia Oy ja työ tullaan käyttämään tarkastuksien ja huollon tekemiseen yrityksen jakeluverkossa. Opinnäytetyön tarkoituksena on kehittää yrityksen tällä hetkellä käytössä olevaa kunnossapito-ohjelmaa. Työn tavoitteena on, että kaikki vaatimukset ja tarpeet on täytettävä ja että työ voidaan ottaa käyttöön heti kun se on valmis. Työssä selitetään Suomen sähköverkko, viranomaisten vaatimukset sähköverkonhaltijoille, mitkä ovat sähköverkon tärkeimmät komponentit, miksi näitä tarkastetaan ja kuinka usein komponentit pitää tarkastaa ja huoltaa. Myös Tammisaaren Energian käytössä olevan tietokoneohjelman Trimble NIS:in tärkeimmät toiminnot kunnossapidon kannalta kuvataan sanoin ja kuvin. Työhön liitetään myös tietoa tarkastusväleistä, tarkastusohjeista ja komponenttien tarkastuspöytäkirjoista. Työ perustuu viranomaisten ja muiden virastojen vaatimuksiin ja suosituksiin, mutta myös kirjallisuutta, käsikirjoja sekä aiempia opinnäytetöitä on käytetty lähteinä. Tulos ja työn kulku käsitellään ja arvioidaan työn lopussa.

Kieli: ruotsi

Avainsanat: huolto, kunnossapito-ohjelma, sähköverkko

BACHELOR'S THESIS

Author: Anders Rehnström
Degree Programme: Electrical Engineering
Specialization: Electrical Power Engineering
Supervisors: Ronnie Sundsten

Title: *Service- and maintenance program for power distribution network*

Date: 31.3.2015 Number of pages: 48 Appendices: 18

Summary

This bachelor's thesis describes the service and maintenance that ought to be done on a power distribution network. The client is Tammissaaren Energia Oy and the thesis will be used to make inspections and maintenance on the company's distribution network. The purpose of this thesis is to develop the company's current maintenance program and the goal is that all the requirements and needs must be met and that the result of the thesis can be put into use as soon as the thesis is ready. The thesis explains the grid in Finland, demands placed on the electricity system by the authorities, what the main components of the distribution network are, why these should be reviewed and how often the components should be reviewed and maintained. Also the main functions of the computer program used by Tammissaaren Energia, Trimble NIS, are described with text and images. To the thesis are also attached appendices of examination intervals, review instructions and review protocols for the components. The work is based on the requirements and recommendations from authorities and other agencies, but also literature, manuals and previous theses have been used as sources. The result and the progress of the thesis are discussed and evaluated at the end of the thesis.

Language: Swedish Key words: maintenance program, distribution network

Innehållsförteckning

1. Inledning.....	1
2. Syfte och mål.....	2
3. Ekenäs Energi.....	2
4. Allmänt om distributionsnät.....	3
5. Lagar och bestämmelser.....	4
5.1 Elsäkerhetslag 14.6.1996/410.....	5
5.2 Handels- och industriministeriets beslut 5.7.1996/517.....	5
5.3 Tukes- anvisning S4-2011.....	6
6. Elnätets komponenter.....	7
6.1 Linjer.....	8
6.1.1 Friledning.....	9
6.1.2 Belagda hängspiralkablar.....	11
6.1.3 Kraftkablar.....	12
6.2 Överspänningsskydd.....	14
6.2.1 Åskledare för friledning.....	14
6.2.2 Gnistgap.....	16
6.2.3 Ventilavledare.....	16
6.3 Frånskiljare.....	18
6.4 Brytare.....	21
6.4.1 SF6-brytare.....	23
6.4.2 Oljeminimumbrytare.....	24
6.4.3 Vakuumbrytare.....	25
6.5 Reläskydd.....	27
6.5.1 Bestämmelser.....	27
6.5.2 Skyddsreläprinciper.....	28
6.5.3 Skyddsrelätyper.....	29
6.5.4 Reläprovningar.....	31
6.6 Transformatorer.....	32
6.7 Gatufördelningsskåp.....	34
6.8 Stolpgranskning.....	35
6.9 Jordningar.....	37
7. Periodiska granskningar.....	40
7.1 Linjegranskning LSP.....	41
7.2 Linjegranskning MSP.....	41

7.3 Linjegranskning HSP.....	42
7.4 Granskning av stolptransformator och frånskiljare	42
7.5 Granskning av parktransformatorstation	42
7.6 Granskning av gatufördelningskåp	43
7.7 Stolpgranskning	43
7.8 Jordtagsmätningar.....	43
7.9 Reläprovningar	44
8. Trimble NIS	44
9. Arbetets gång	48
10. Resultat och diskussion	48
Källförteckning	

Bilageförteckning

Bilaga 1	Tabell över granskningsintervaller
Bilaga 2	Anvisningar för periodisk granskning av LSP-luftledning
Bilaga 3	Anvisningar för periodisk granskning av MSP-luftledning
Bilaga 4	Anvisningar för periodisk granskning av HSP-luftledning
Bilaga 5	Anvisningar för periodisk granskning av stolptransformator och frånskiljare
Bilaga 6	Anvisningar för periodisk granskning av parktransformator
Bilaga 7	Anvisningar för periodisk granskning av gatufördelningsskåp
Bilaga 8	Anvisningar för periodisk granskning av stolpar
Bilaga 9	Anvisningar för jordtagsmätningar
Bilaga 10	Protokoll för periodisk granskning av LSP-luftledning
Bilaga 11	Protokoll för periodisk granskning av MSP-luftledning
Bilaga 12	Protokoll för periodisk granskning av HSP-luftledning
Bilaga 13	Protokoll för periodisk granskning av stolptransformator och frånskiljare
Bilaga 14	Protokoll för periodisk granskning av parktransformator
Bilaga 15	Protokoll för periodisk granskning av gatufördelningsskåp
Bilaga 16	Protokoll för periodisk granskning av stolpar
Bilaga 17	Protokoll för jordtagsmätningar
Bilaga 18	Mättningsprotokoll

Ordförklaringar

EE	Ekenäs Energi
GFS-skåp	Gatufördelnings-skåp
HSP	Högspänning, >36 kV
MSP	Mellanspänning, 1-36 kV
LSP	Lågspänning, <1 kV
Krypavstånd	Avståndet mellan två ledare längs den enhet som skiljer dem åt
Isolationsavstånd	Avståndet mellan två ledare i luft
U_m	Jordningsspänning
I_m	Jordningsström
R_m	Jordningsresistans
U_k	Beröringsspänning
U_a	Stegspänning
TN-S	Jordningssystem med separat PE- och nolledare
TN-C	Jordningssystem med kombinerad PE- och nolledare

1. Inledning

Kraven på eldistributionsnäten blir allt hårdare vilket kräver att granskningar och underhåll av dessa görs regelbundet och sakenligt. Beställaren till detta examensarbete är Ekenäs Energi Ab. Arbetet tar upp vilka krav som ställs på underhåll och service av elnät från myndigheternas sida, hur eldistributionsnätet i Finland är uppbyggt och vilka elnätets huvudsakliga komponenter är. Gällande granskningsintervaller och punkter för dessa komponenter och behovet av granskningar förklaras och går igenom. Även det dataprogram som används för elnätets planering och underhåll presenteras. Granskningsanvisningar och granskningsprotokoll för respektive komponent presenteras som bilagor. En utvärdering och diskussion av examensarbetets resultat och förlopp görs i slutet av arbetet.

2. Syfte och mål

Syftet med detta examensarbete är att skapa ett underhållsprogram för uppdragsgivaren Ekenäs Energi Ab:s elnät. Ekenäs Energi har ett underhållsprogram var det finns luckor och brister och som behöver uppdateras. Dessa luckor och brister kommer att täppas till med hjälp av detta arbete. Målet med arbetet är att de protokoll och anvisningar som tas fram i arbetet skall kunna användas som sådana eller med mild korrigerings i framtida underhållsarbete på Ekenäs Energis distributionsområde. Arbetet skall också användas för att komplettera dataprogrammet för underhåll.

3. Ekenäs Energi

Den 6 november 1909 inleddes produktionen av elektricitet vid Ekenäs stads elektricitetsverk officiellt. En 60 hk dieselmotor var direkt kopplad till en generator som producerade likström. Generatoren producerade under normala förhållanden 2x155 A vid spänningen 130 V och var placerad i Elverksbyggnaden på dåvarande Parkgatan i Ekenäs.

Vid årsskiftet 1927-1928 blev förbindelsen till Karis klar och växelströmmen tog över. Efter andra världskriget ökade hushållens elförbrukning i och med att hushållsmaskiner togs i bruk. Innan dess hade elektriciteten använts för belysning och inom industrin.

År 1992 startade fjärrvärmeverksamheten i Ekenäs med Nylands Brigad som första kund. Ekenäs energi började med fjärrvärmeverksamhet i Karis år 2009. Innan det hade Fortum haft fjärrvärmeverksamhet i staden i många år och år 2010 slog Ekenäs Energi och Fortum ihop sina nät och grundade bolaget Karis Fjärrvärme Ab.

I början av år 1994 blev Ekenäs stads elverk ett kommunalt affärsverk med namnet Ekenäs Energi som vid kommunsammanslagningen år 2009 föll i staden Raseborgs ägo. Från och med den 1.1.2014 fungerar Ekenäs Energi som ett aktiebolag vid namn Ekenäs Energi Ab. Vid bolagiseringen förenades Ekenäs Energi och Karis Fjärrvärme till ett aktiebolag som ägs av Raseborgs stad. I dagsläget sysselsätter EE ca 35 personer inom avdelningarna elnät, fjärrvärme och administration och elförsäljning.

EE:s elnät är uppbyggt med tre st. elstationer som bas, Björknäs elstation, Candelinsgatans elstation och Västerby elstation. Till Björknäs elstation kommer en 110 kV linje österifrån.

Spänningen transformeras sedan ned till 30 kV och 10 kV och 30 kV linjen fortsätter sedan som jordkabel till Candelinsgatans och Västerby elstation, medan 10 kV linjen distribueras i olika riktningar för att transformeras ner till 400 V och slutligen nå konsumenterna. Candelinsgatans och Västerby elstation har egna 30/10 kV transformatorer. Arbetet pågår med att byta ut 30 och 10 kV nätet till ett 20 kV nät. Detta för att få bort en spänningsnivå och efter detta använda nivåerna 110/20/0,4 kV. I dagsläget har EE ca 290 km 400 V lågspänningsnät och ca 130 km mellanspänningsnät, 30 och 10 kV. Konsumenterna får sin energi via ca 120 st. transformatorstationer och ca 600 gatufördelningsskåp. Antalet stiger konstant då kablering av luftlinjer sker. Sammanlagda elöverföringen i EE:s nät år 2013 var 90,4 GWh.

EE bedriver fjärrvärmeverksamhet på tre orter, i Ekenäs, Karis och Pojo. I enheten i Ekenäs producerar man också elektricitet i samband med fjärrvärmeproduktionen. Effekten för elproduktionen är 3,5 MW. Fjärrvärmenätets totala längd uppgår till 71,9 km och den totala panneffekten är 84,5 MW, varav 56 MW i Ekenäs, 21,5 MW i Karis och 7 MW i Pojo.

Till administrationsavdelningen hör personal som jobbar med kundrådgivning, elförsäljning, ekonomi, IT och VD:n. (Ekenäs Energi Ab, u.å.)

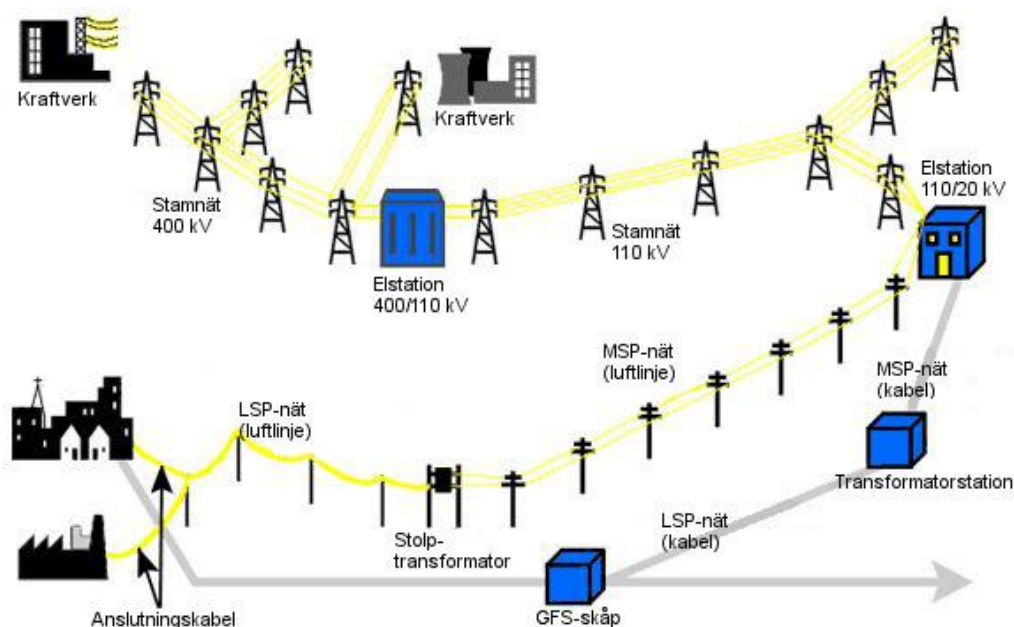
4. Allmänt om distributionsnät

Finlands elnät är uppbyggt av stamnät, regionnät och distributionsnät. Det är en del av ett nordiskt gemensamt nät tillsammans med Sverige, Norge och Danmark. Dessutom finns det från Ryssland och Estland likströmsanslutningar till Finland. Med hjälp av dessa likströmsanslutningar kan system med olika uppbyggnad kopplas ihop. Enligt samma princip är det nordiska nätet sammankopplat med Mellaneuropa.

I Finland ansvarar Fingrid för stam- och regionnätets övervakning, underhåll, planering och utveckling. Skillnaden mellan stam- och regionnät beror på spänningsnivån. Stamnätet har en spänningsnivå på 110 - 400 kV och regionnäten 110 kV. De höga spänningarna används p.g.a. de långa överföringsavstånden och för att minimera de störningar som uppstår vid överföring av stor effekt. Planer på att ta i bruk nät med högre spänningar finns i dagsläget inte. Distributionsnätets spänningsnivåer kan variera från 20 kV till 0,4 kV. Kraftverk och stora industrier är anslutna direkt till stamnätet medan jordbruk, industrier

och tjänster kan vara anslutna till region- eller distributionsnätet, enligt behov. Hushållen får sin ström från distributionsnäten. I figur 1 presenteras uppbyggnaden av elnätet i Finland.

Till Fingrids nät hör ca 4500 km 400 kV kraftledningar, ca 2300 km 220 kV kraftledningar, ca 7500 km 110 kV kraftledningar och 113 elstationer. Stamnätet är i huvudsak luftisolerat, alltså är elstationerna placerade utomhus och kraftledningarna är friledningar, då avstånden är långa och användning av jordkablar skulle bli orimligt dyrt. För att förbättra och garantera nätens överföringsförmåga och pålitlighet investeras årligen 100 - 200 miljoner euro i dessa nät. (Fingrid, u.å.)



Figur 1 Elnätets uppbyggnad i Finland.

5. Lagar och bestämmelser

För elnät och utrustning som förekommer inom elnät finns i lagar och bestämmelser specificerat olika krav och föreskrifter som förekommer. I detta kapitel tas de huvudsakliga lagarna och Säkerhets- och kemikalieverket Tukes gällande föreskrifter upp. I kapitlet har endast tagits med de delar som specifikt gäller för elnät och tillhörande utrustning.

5.1 Elsäkerhetslag 14.6.1996/410

I elsäkerhetslag 410/1996 stadgas enligt riksdagens beslut att:

2 § Denna lag tillämpas på materiel och anläggningar som används vid produktion, överföring, distribution eller användning av el och vilkas elektriska eller elektromagnetiska egenskaper kan förorsaka risk för skada eller störningar.

5 § Elmateriel och elanläggningar skall planeras, byggas, tillverkas och repareras samt underhållas och användas på ett sådant sätt att

- 1) de inte medför fara för någons liv, hälsa eller egendom,
- 2) de inte elektriskt eller elektromagnetiskt medför oskälig störning och att
- 3) deras funktion inte lätt utsätts för elektriska eller elektromagnetiska störningar.(Elsäkerhetslag 14.6.1996/410)

5.2 Handels- och industriministeriets beslut 5.7.1996/517

Med stöd av elsäkerhetslagen 14.6.1996/410 har i Handels- och industriministeriets beslut 517/1996 beslutats att:

1 § Detta beslut gäller besiktning, service och underhåll av elanläggningar.

2 § (3.5.2004/335)

I detta beslut avses med

- 3) elanläggning av klass 3
- c) nätinnehavarens distributions- och överföringsnät och annat motsvarande elnät.

11 § (3.5.2004/335)

För elanläggningar av klass 2 och 3 skall på förhand göras upp ett underhållsprogram för upprätthållande av elsäkerheten. För andra

elanläggningars del kan underhållsprogrammet ersättas med bruks- och serviceanvisningar för apparatur och anläggningar.

12 § (3.5.2004/335)

På en elanläggning som tagits i bruk skall utföras periodiska besiktningar som följer:

3) elanläggningar av klass 3 skall genomgå periodisk besiktning med fem års intervaller.

13 §

Vid periodiska besiktningar skall genom stickprov eller på något annat tillämpligt sätt i tillräcklig mån säkerställas, att

1) anläggningen kan användas tryggt och att på den har utförts de åtgärder som krävs i service- och underhållsprogrammet,

2) de redskap, ritningar, scheman och anvisningar som behövs vid användning och skötsel av anläggningen är tillgängliga, och

3) om utvidgnings- och ändringsarbetena på anläggningen finns behöriga besiktningsprotokoll.(Handels- och industriministeriets beslut 5.7.1996/517)

5.3 Tukes- anvisning S4-2011

Säkerhets- och kemikalieverket Tukes ger med stöd av 56 § i elsäkerhetslagen (410/1996) kompletterande anvisningar för användning och besiktningar av elanläggningar. I dessa framgår att:

Innehavaren av en elanläggning skall sköta denna så att den inte medför fara för någons liv, hälsa eller egendom.

För elanläggningar av klass 3 skall ett underhållsprogram på förhand utarbetas för att uppehålla elsäkerheten. I programmet skall de besiktningar och kontrollåtgärder som hör till innehavarens ansvar ingå. I programmet skall underhåll omfatta bl.a. nedanstående punkter samt till dem hörande service-, underhålls- och reparationsarbeten:

- Kontroll av anläggningens skick och fel som med tanke på elsäkerheten är tillräcklig.
- Grundskydd och mekaniskt skydd.
- Förebyggande åtgärder mot brand- och explosionsfara.
- Skyddsavstånd för luftledning, fritt ledningsområde och klättringshinder.
- Tillstånd och rötbesiktning av elstolpar.
- Låsning av eldriftrum, tillträde till dem och varningsskyltar.
- Jordningar och potentialutjämnings. (Turvatekniikan keskus, 2010)

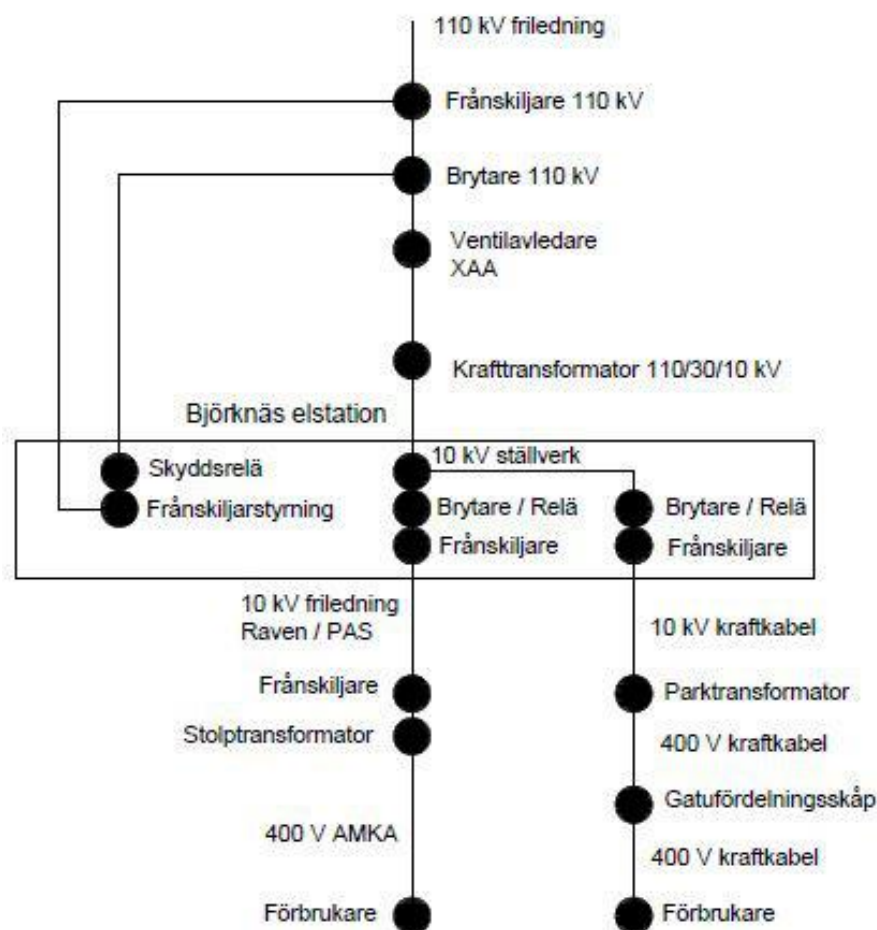
6. Elnätets komponenter

Ett distributionsnät består av en stor mängd komponenter som alla är väsentliga för att upprätthålla en fungerande och tillförlitlig eldistribution från stam- och regionnäten till förbrukaren. Komponenterna som beskrivs i detta kapitel finns i de privat eller kommunalt ägda distributionsnäten, även om vissa av dem även existerar i region- och stamnäten.

Strömmen transporteras vanligtvis från regionnäten via friledning till distributionsnätets huvudstation. På linjen finns överspänningskydd som åskledare, gnistgap och ventilavledare som vid överspänning leder överspänningen till jord. Friledningen skyddas också mot överströmmar av en eller flera relästyrda brytare i elstationen som vid felsituation löser ut och skiljer ledningen från stationen. Brytaren är i samband med skyddsreläet en av nätets viktigaste komponenter då dessa ansvarar för att koppla bort linjen vid överströmmar som skulle kunna göra stor skada. På linjen finns också frånskiljare som vid service eller långvariga fel på linjen kan öppnas för att markera att linjen är spänningslös.

Från elstationen distribueras strömmen vidare via både kraftkablar och friledningar. Kraftkablarna leder strömmen till ett nät av samjordade parktransformatorstationer medan friledningarna står för matningen till stolptransformatorer. Också stolptransformatorerna kan höra till det samjordade nätet men har vanligen endast egen jordning. I parktransformatorerna transformeras spänningen ner till 400 V trefas och matas genom gatufördelningskåp eller direkt till hushåll och fastigheter. Också i stolptransformatorerna transformeras spänningen ner till 400 V och distribueras sedan till hushåll genom

jordkablar eller AMKA-kablar. I figur 2 presenteras en modell över komponenternas ordning i nätet.



Figur 2 Komponenternas ordning i nätet.

6.1 Linjer

Ledningar som används för överföring och distribution av elektricitet är vanligen luftledningar eller kablar. Normalt räknas alla ledningar där isolationen inte är förverkligad med luft, som kablar. I praktiken klassificerar man ledningarna inte enligt isolationssätt, utan enligt installationssätt. Luftledningar hängs upp i stolpar utomhus medan kablar installeras i kabelkanaler, på hyllor eller sänks ner i marken eller vatten. En friledning är en luftledning där varje fasledare är skilt fäst till isolatorer eller andra fastsättningar. På så vis räknas belagda hängspiralkablar (AMKA) som luftledningar och s.k. PAS-ledningar som friledningar.

Skillnader mellan luftledningar och kablar är bl.a. att kablar kräver mindre installationsutrymme, stör omgivningen mindre och är mindre utsatta för väderpåfrestningar. Fördelar med luftledningar är bl.a. lägre pris, bättre kylningsegenskaper, lättare felsökning och bättre möjligheter för överbelastning.

(Elovaara, 2007, s.351)

I EE:s distributionsnät finns i dagsläget luftlinjer med 4 olika spänningsnivåer, 0,4, 10, 30 och 110 kV. Arbete pågår dock med att byta ut alla 10 kV:s kablar till 20 kV:s kablar. När detta är klart ersätts spänningsnivåerna 10 och 30 kV av 20 kV och ett enhetligare system uppnås således. 0,4 kV luftlinjerna använder ledning av AMKA-typ, medan de andra är byggda med blanka eller belagda friledningar.

6.1.1 Friledningar

Med namnet friledning syftar man på en 3-fas luftlinje uppbyggd av blanka stålförstärkta aluminiumledare som hänger mellan stolparna. Ledarna är oskyddade och således "blanka". Den friledning som förekommer oftast i EE:s nät är AF63Raven, en friledning med en maximal belastningsström på 280 A.(Elovaara, 2007, s.352- 370)

På grund av den höga spänning som används i friledningar, finns det olika säkerhetsavstånd beroende på spänningsnivå. Avstånden visas i tabell 1 nedan.(Turvateknikan keskus, 2010)

Tabell 1 Säkerhetsavstånd mellan ledare och marken

Spänning	Avstånd i meter		Hängspiralkabel
	Underifrån	På sidan	
400 V	2*	2*	0,5**
20 kV	2	3	1,5
110 kV	3	5	-
220 kV	4	5	-
400 kV	5	5	-

* 400V Friledningar är i dagens läge mycket ovanliga
 ** Avståndet gäller även 1000V hängspiralkablar

En s.k. PAS-ledning är en belagd friledning med ett tunt plasthölje som isolering vars uppgift är att skydda ledarna och förhindra driftstörningar ifall ledarna skulle ta ihop. Isoleringen tillåter också att ledningen kan hålla flera dygn även om ett träd fallit över

linjen. För en konstant mekanisk belastning på ledningen håller isoleringen dock inte. (Elovaara, 2007, s.352- 370)

En belagd friledning behöver 40 % mindre utrymme än en blank friledning och en stor fördel med dessa är att avbrott p.g.a. snö, is eller stormar betydligt mera sällan uppstår än vid användning av blanka linjer. (Ensto, u.å.)

I figur 3 visas en PAS-ledning som vid en stolpe förgrenas och går ner i marken. På bilden syns tre st. horn där arbetsjordningar kopplas vid arbete på linjen.



Figur 3 PAS-linje.

En viktig sak beträffande PAS-ledningar jämfört med vanliga friledningar är att man efter en storm alltid bör granska en belagd friledningslinje visuellt. Eftersom ledaren är skyddad kan det hända att även om ett träd lutar mot linjen så uppstår ingen jordslutning. Faran med detta är att trädet skaver sönder ledningen och jordslutning uppstår i ett senare skede eller att trädet drar ner linjen.(Muntlig konversation med Andreas Talling 23.12.2014).

6.1.2 Belagda hängspiralkablar

En s.k. AMKA- kabel är en hängspiralkabel som används i lågspänningsnät för överföring av spänningar under 1000 V. Kabeln består av fasledare med en beläggning av polyeten som tvinnas runt en blank nolledare som också fungerar som upphängningskabel. Endast upphängningskabeln belastas av mekanisk påfrestning. Av belastningsskäl är upphängningskabelns material en aluminiumlegering, medan fasledarna är av aluminium. AMKA-kablar betecknas enligt fasledarantal, tvärsnittsytan (mm²) och nolledarens tvärsnittsytan, t.ex. 3 x 16 + 25. Eftersom upphängningskabeln också fungerar som nolledare bör man vara noggrann, att man inte skadar kabeln mekaniskt eller orsakar korrosion av denna, t.ex. genom oaktsam förvaring. (Elovaara, 2007, s.370-372)

I EE:s LSP-nät används AMKA-kabel med tre fasledare och bärvajer. Bärvajern fungerar samtidigt som PEN-ledare. Detta system heter TN-C system. Elbolag har rätt att utnyttja sig av TN-C system ända fram till förbrukningsplatsens elmätare. Efter denna måste TN-S system tillämpas. (Muntlig konversation med Andreas Talling 23.12.2014).

I figur 4 visas en AMKA-kabel upphängd i en stolpe där det också går en telefonlinje. Från stolpen går kablar både från AMKA-kabeln och telefonledningen ner i marken och till något hushåll.



Figur 4 AMKA- kabel upphängd i stolpe.

6.1.3 Kraftkablar

En kraftkabel är en kabel, var det inuti en mantel med flera lager av olika skyddsmaterial finns en eller flera från varandra isolerade ledare. Om kabeln blir utsatt för sträng mekanisk belastning bör kablar armerade med t.ex. stålband eller trådar användas.

I Finland används växelströmskablar för spänningar upp till 110 kV. Kablars märkspänning betecknas som U_0/U , var U_0 anger ledarens märkspänning i förhållande till jord och U anger spänningen mellan ledarna. En kabels beståndsdelar är fasledare, ledarskydd, ledarisolering, glimskydd, beröringsskydd och yttre skyddslager såsom mantel, armering och korrosionsskydd. Ledar-, glim- och beröringsskydd används endast i mellan- och högspänningskablar.

En kabels ledare är vanligen av koppar eller aluminium. I högspänningskablar används som regel aluminium, speciellt då ledartvärsnittet ökar. Fördelar med aluminium jämfört med andra ledarmaterial är bl.a. vikt och pris. Ledarna består av en mängd tunna trådar, ju tunnare trådar desto lättare är kabeln att böja.

Ledarskyddet finns utanpå ledaren. Det tillverkas av halvledande material och dess funktion är att jämna ut ojämnheter på ledarens yta och på så vis begränsa de magnetfältstoppar som ledartrådarna inducerar. Dessutom lindrar ledarskyddet temperaturpåfrestningar från ledaren till isoleringen, som uppstår vid t.ex. jord- och kortslutningar. För att ledarskyddet skall fungera måste det vara ordentligt fäst vid isoleringen och följa denna vid alla temperatur- och mekaniska påfrestningar.

Ledarisoleringen är den isolering som finns mellan ledare eller ledarskydd och ett eventuellt glimskydd. Samtidigt som den ger kabeln en tillräcklig spänningshållfasthet, skall den leda bort värme som uppstår i ledaren och isoleringen från kabeln. Ledarisoleringen bestämmer kabelns maximala belastning och som isoleringsmaterial används impregnerat papper eller olika sorters gummi och plast.

Glimskyddets uppgift tillsammans med ledarskyddet är att begränsa det magnetfält som uppstår p.g.a. strömmen i ledaren. Glimskyddet tillverkas av ledande metallband eller av halvledande material. Också glimskyddet bör sitta ordentligt fast i ledarisoleringen men bör också vara lätt att skala, för att förenkla installation av kabeln.

Beröringsskyddet fungerar som urladdnings- och felströmmens bana, som störningsskydd och som säkerhetsorgan. Beröringsskyddet är alltid av metall men uppbyggnaden kan variera beroende på kabeltyp och syfte för användning, t.ex. kan skyddet vara gemensamt för alla faser i en kabel eller enskilt för varje fas. Som råmaterial för beröringsskyddet kan användas bly, aluminium, koppar och t.o.m. stål.

Till de yttre skyddslagren räknas bl.a. mantel, korrosionsskydd och armering. Manteln kan vara tillverkad av plast, gummi eller metall. Metallmantlar, speciellt aluminiummantlar, behöver bra korrosionsskydd. Som skydd kan man använda bitumen som sådan eller impregnera pappers-, plast- och textilband med detta. Också plastmantlar lämpar sig bra som korrosionsskydd. Armering används i dagens läge endast för kablar som används i gruvor eller till havs. Armering som används i dessa är bl.a. galvaniserat stål och olika blandmetaller.

Annan utrustning som används vid kabelinstallationer är bl.a. kabeländar och skarvar. En kabeländes uppgift är bl.a. att ansluta de isolerade ledarna till kontakter, hålla fukt borta från kabeln och skydda kabeln mekaniskt. Kabeländen skall klara av samma elektriska påfrestningar som kabeln och vid testning fungerar kabeln och kabeländen som en helhet. Ändens konstruktion beror på kabeltyp, spänning och installationsplats och kan vara gjord av material som t.ex. plast, gummi och metall.

En kabelskarv används för att koppla ihop två kablar (rak skarv) eller förgrena en kabel (förgreningsskarv). Också vid reparationer av kablar används kabelskarvar. Vid installation av en kabelskarv drar man över ledaranslutningen en skarvholk, som löds, pressas eller fästs med skruvar. Skarven täcks också av ett skydd, vars uppgift är att ge skarven ett tillräckligt mekaniskt skydd. (Elovaara, 2007, s.372- 384)

I figur 5 syns en MSP- kabel med kabelskarvar som matar ett transformatordistrikt. På bilden kommer kablar för de tre faserna upp till högspänningssidan på en parktransformatorstation.



Figur 5 MSP- kabel och kabelskarvar.

6.2 Överspänningsskydd

Överspänningsskydd är en viktig punkt i skydd av elnätet. Ett överspänningsskydds uppgift är att leda för elnätets komponenter farliga överspänningar till jord och på så vis avlägsna dem från nätet. I detta kapitel förklaras och beskrivs de tre vanligaste typerna av överspänningsskydd, nämligen åskledare, gnistgap och ventilavledare.

6.2.1 Åskledare för friledning

Åskledarnas uppgift är att förhindra att blixten slår ner direkt i fasledarna. Dessutom tar de vid jordslutning en del av jordslutningsströmmen, vilket gör att den genom jord återvändande strömmen och dess störningspåverkningar minskar. I dåliga jordningsförhållanden reducerar också åskledare den resulterande jordningsresistansen

genom att koppla olika stolpar med jordningar parallellt. Åskledarna är vanligtvis tillverkade av stål eller stålaluminium i dimensioner mellan 35 och 106 mm².

Användning av åskledare kommer på fråga endera på hela linjen eller endast på en utvald sträcka i närheten av en elstation. I det andra fallet försöker man undvika att farliga stötvågor når elstationen. Överspänningar orsakade av åsknedslag eller genomslag dämpas och förmildras radikalt redan på en 2-3 km:s sträcka.

Åskledare används i Finland på alla 400 och 220 kV linjer samt på de flesta 110 kV linjer. Ofta används åskledare också nära elstationer på 24-52 kV linjer. Enligt en undersökning som Imatran Voima gjort angående åskledarskyddade linjer förekommer 7 gånger så många störningar i linjer utan åskledare jämfört med linjer där åskledare finns installerade. (Elovaara, 2007, s.193-194)

I figur 6 syns en 110 kV linje med två stycken åskledare. I bakgrunden syns också EE:s kraftverk.

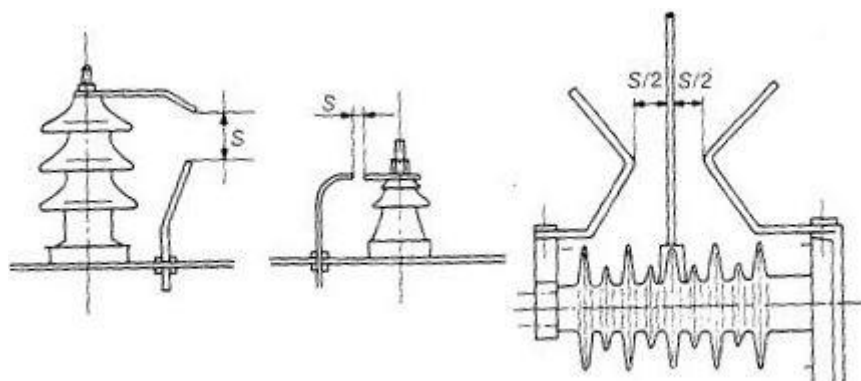


Figur 6 110 kV linje med åskledare.

6.2.2 Gnistgap

Gnistgap kan användas både som skyddsgnistgap samt för att koordinera apparaters inre spänningshållfasthet. I Finland används gnistgap sällan för att skydda apparater mot överspänningar genom att begränsa överspänningen till ett värde under apparatens hållfasthet.

I Finland används gnistgap relativt ofta i koordinationssyfte i distributionsnät. Enligt gällande praxis utrustas stolptransformatorer med effekt under 200 kVA med gnistgap, vars uppgift är att sänka den yttre isolationens spänningshållfasthet till en nivå just över den krävda nivån. Tack vare detta undviks genomslag i den inre isolationen, t.ex. i en lindning, lättare. De mest använda gnistgapslösningarna är gnistgap med enkelt och dubbelt gap. Dessa finns presenterade i figur 7. Gnistgapet med enkelt gap används ofta parallellt med transformatorers genomföringsisolation. Gnistgapet med dubbelt gap är utrustat med ett fågelhinder och används ofta i samband med högspänningsfrånskiljare. (Elovaara, 2007, s.195-196)



Figur 7 Enkelt samt dubbelt gnistgap.

6.2.3 Ventilavledare

Det effektivaste skyddet mot överspänningar är ventilavledare, som kopplas mellan fas och jord i samband med den skyddade utrustningen. Ibland kopplas ventilavledare också mellan fasledare. I ventilavledare finns ett olinjärt motstånd hermetiskt placerat i ett porslinsskal, fyllt med kväve. När spänningen överstiger ventilavledarens tändspänning reagerar avledaren och leder överspänningen till jord. Ventilavledare utrustas ofta med en övertryckshinna, så att trycket i avledaren skall slippa ut ifall ventilavledaren inte fungerar.

På så vis undviker man att trycket blir för stort och att porslinskalet spricker och orsakar splitterfara.

De viktigaste storheterna vid val av ventilavledare är nominell spänning, nominell ström, strömtålighet och skyddsnivå. Den nominella urladdningsströmmen bestämmer amplituden på den stötström som skyddet är planerat för och är därför den storhet man utgår från vid ventilavledarens funktionsspecifikation. Standardvärden för ventilavledares nominella ström är 20, 10, 5 och 2,5 kA. Strömtåligheten beskriver skyddets energi- och spänningsurladdningsförmåga och skyddsnivån motsvarar den polspänning som ventilavledaren maximalt klarar av. En stor energiurladdningsförmåga behövs när man vill att ventilavledaren skall kunna leda bort kopplingsöverspänningar. (Elovaara, 2007, s.196-204)

I Björknäs elstation finns ventilavledare av typ XAA, tillverkade av ASEA. Släckspänningen för dessa är 132 kV och den nominella strömmen är 10 kA. Ventilavledarna används på den till elstationen inkommande 110 kV linjen. I figur 8 presenteras ventilavledaren av typ XAA. (ASEA, 1980)



Figur 8 Ventilavledare XAA 132 kV.

6.3 Frånskiljare

En frånskiljares uppgift är att skapa ett säkert öppningsavstånd mellan den bortkopplade strömkretsen och resten av anläggningen samt göra en del i anläggningen spänningsfri så att arbete kan utföras säkert. På basis av dessa uppgifter måste en frånskiljares öppningsavstånd vara ytterst tillförlitligt. Detta förutsätter för det första att man på frånskiljaren tydligt kan se när den är i öppet läge eller att det finns en tillförlitlig synlig mekanisk lägesindikator installerad i frånskiljarens närhet. För det andra måste den dielektriska styrkan mellan frånskiljarens kontakter vara större än vad isolationen t.ex. mellan fas och jord är. Av säkerhetsskäl måste en frånskiljare gå att låsa i öppet eller slutet läge. Dessutom krävs det att frånskiljaren i slutet läge skall klara av att leda belastnings- och kortslutningsströmmar felfritt. (Elovaara, 2007, s.263)

Frånskiljare placeras på platser där nyttan med dem är störst med tanke på felsökning och olika kopplingslägen i nätet, ofta i elstationer, på luftlinjers stag och vid förgreningspunkter. Vanligen granskas frånskiljare i samband med linjegranskning, då vägar till linjerna inte alltid existerar. (Vanha, 2012)

Frånskiljare är inte planerade för att bryta eller sluta belastade strömkretsar. Därför krävs det inte heller att frånskiljare skall ha brytnings- eller stängningsförmåga för brytning av strömmar. I praktiken kan man ändå koppla bort en kort skena eller ledning eller också koppla bort en transformator på tomgång. Vid en snabb manövrering av frånskiljaren är brytnings- och slutningsförmågan några ampere.

Frånskiljare är endera en- eller trepoliga. Vanligtvis tillverkas frånskiljare för mellanspänningsnät som trepoliga på samma ram. Den ström som frånskiljarna skall klara av är vanligtvis större än kopplingsstationernas verkliga belastnings- och kortslutningsströmmar. Områdena för märkström sträcker sig vanligen från 2500 A till 3150 A och de termiska belastningsströmmarna från 31,5 kA till 50 kA. Ett vanligt krav på frånskiljare som skall användas i Finland är att de ska fungera vid hård köld samt i isande förhållanden, dvs. kunna bryta ett islager på 20 mm både vid öppning och slutning av frånskiljaren. (Elovaara, 2007, s.263-265)

De vanligaste typerna av frånskiljare i nät med driftspänning mellan 10 och 50 kV är knivfrånskiljare, skjutfrånskiljare, vippfrånskiljare och vridfrånskiljare. En knivfrånskiljare består av två isolatorer, en kniv lagrad i den ena isolatortoppen och en klyka monterad på

den andra isolatorn. Knivrörelsen sker i vertikalplanet. Både skjut- och vippfrånskiljaren består av tre isolatorer där den mittersta isolatorn är vridbar och skjuter, respektive viker ihop, frånskiljararmen vid manöver. Vridfrånskiljaren är också uppbyggd av tre isolatorer, var den mittersta är vridbar. Vid öppning av frånskiljaren roterar den mittersta isolatorn 90° så att ändisolatorerna tappar kontakten med varandra.

Vid driftspänningar över 70 kV blir frånskiljarna mer komplicerade. En vanlig typ av frånskiljare som används är tvåledarfrånskiljaren, vilken består av en tvådelad frånskiljararm med fjäderbelastat kontaktarrangemang, två vridbara isolatorer med lagring och länksystem. Vid manövrering roterar de två isolatorerna 90° från varandra så att frånskiljararmen öppnas på mitten och bryter kretsen. Vid horisontell öppning krävs ett ökat utrymme mellan faserna, vilket gör att hela frånskiljarkonstruktionen blir större än vad den skulle bli om frånskiljarna öppnade i vertikal riktning. I figur 9 visas en tvåledarfrånskiljare som finns i Björknäs elstation och används på inkommande 110 kV linjen.(Blomqvist, 1997, s.178-184)



Figur 9 Tvåledarfrånskiljare på 110 kV.

För små nät med driftspänning mellan 12 och 52 kV är en frånskiljare ofta en dyr lösning. Därför har den s.k. lastfrånskiljaren utvecklats, vilken är ett mellanting mellan brytare och frånskiljare. Lastfrånskiljaren är utrustad med en enkel släckningskammare och klarar av att bryta normala belastningsströmmar upp till angiven märkström men inte kortslutningsströmmar. För att skydda lastfrånskiljaren från kortslutningsströmmar kompletteras den normalt med högeffektsäkringar.

(Blomqvist, 1997, s.182-184)

Frånskiljare som används inomhus i kopplings- och elstationer är vanligtvis av knivfrånskiljartyp och tillverkas av tre stycken enpoliga frånskiljare på samma ram. Frånskiljarna tillverkas för driftspänningar upp till 36 kV och klarar maximalt av att koppla bort en obelastad transformator av storlek 300 kVA eller en last på 30 kVA.

Frånskiljare styrs vanligen förhand eller med elmotorer men också lufttrycksstyrda frånskiljare existerar. Förhand manövreras frånskiljare med en isolerad stång eller genom fasta isolerade stänger och ett manöverhandtag. Motorstyrda frånskiljare är vanligtvis utrustade med utrustning för fjärr-, lokal- och förhandstyrning. Vid fjärrstyrning kan frånskiljaren vanligen manövreras från en elstations kontrollrum. I mellanspänningsnätet har det blivit vanligt med fjärrstyrda frånskiljare som kan styras från kontrollrum eller t.o.m. från handhållna apparater i terrängen via radiovågor. (Elovaara, 2007, s.265)

I EE:s mellanspänningsnät finns ca 60 stycken frånskiljare, av vilka en del är av typen NPS 24 B1_J2, tillverkade av ABB. Denna typ av frånskiljare går att installera i en eller mellan två stolpar. Frånskiljartypens märkspänning är 24 kV och märkströmmen är 630 A. Krypavståndet för frånskiljaren är 740 mm och isolationsavståndet mellan frånskiljarens poler är 272 mm. (ABB, 2009)

En del av frånskiljarna är fjärrstyrda och kan manövreras på avstånd från en radionätverkskoncentrator som finns placerad i Björknäs elstation. För att styra frånskiljarna används ett Radius system, tillverkat av Radius. Utrustning som används i detta system är:

- NetMan-FSS Radionätverkskoncentrator.
- Koncentrator Radioenheten i NetMan-FSS.
- NetMan-G Radius manöverenhet för stolpmonterade frånskiljare.

- NetMan-C Styrenhet med integrerad radio i NetMan- G.
- RTU Remote Terminal Unit, i detta fall radioenhet/understation.
- Repeater RTU kan fungera som repeaterstation, dvs. länka signaler.

De fjärrstyrda frånskiljarna styrs från Björknäs elstation med hjälp av ett SCADA-program. SCADA är kopplat till NetMan-FSS radionätverkskoncentratoren som via en antenn på elstationens tak skickar meddelanden till NetMan-G manöverenheterna. Manöverenheterna är i detta fall RTU-enheter, alltså fjärrstyrda enheter och finns installerade på stolparna under själva frånskiljarna. Manöverenheterna fungerar också som repeater, alltså skickar de signalen vidare till sådana RTU:n som finns utanför huvudantennens räckvidd. Manöverenheterna rapporterar också tillbaka till Björknäs elstation och SCADA om frånskiljarnas läge. (Radius, 1998)

6.4 Brytare

Brytare är instrument som används för att bryta och sluta en strömkrets. Brytare kan fungera både manuellt och automatiskt. Vid manuell funktion styrs brytaren ofta via tryckknappar på dess panel, medan den vid automatisk funktion styrs av ett skyddsrelä. De vanligaste orsakerna till en automatisk öppning av brytaren är överströmmar, t.ex. kortslutnings- och jordslutningsöverströmmar. I detta fall är det ett skyddsrelä som via sina strömtransformatorer känner av överströmmen i den skyddade linjen och beordrar därför brytaren att öppna. Också stängning av brytaren kan ske automatiskt enligt återinkopplingsfunktioner i reläet. En typisk egenskap hos brytare är att de klarar av att både bryta och stänga kortslutningskretsar där strömmen kan vara flera gånger så stor som brytarens nominella ström, utan att själva ta skada. (Elovaara, 2007, s.245)

Dessutom ska brytaren klara av olika inkopplingsfenomen som överströmmar och spänningar samt inkoppling av högfrekventa stötströmmar, vid maximal spänning. (Blomqvist, 1997, s.169)

Ett kännetecken för brytning av en strömkrets är att strömmen inte genast bryts när brytaren öppnar, utan strömkretsen förblir sluten genom en ljusbåge. När en brytare bryter en krets, minskar trycket mellan brytarens kontakter vilket gör att motståndet mellan dem

ökar och kontaktytorna värms upp. De sista kontaktpunkterna smälter och bildar en bro av smält metall mellan kontaktorna. Denna metallbro förångas, dess ledningsförmåga minskar och ett genomslag sker. Metallången och brytarens medium (luft, olja, gas osv.) joniseras och ett ledande gasplasma uppstår. Så uppstår ljusbågskanalen var ström kan färdas.

Ljusbågen har en väsentlig funktion i brytandet av en strömkrets. Under stor ström är ljusbågens ledningsförmåga nämligen mycket bra, vilket tillåter förflyttning av kontaktorna så långt ifrån varandra att gapet mellan dem klarar av hela spänningen när ljusbågen slocknat. När strömmen minskar, ökar ljusbågens resistans. Speciellt vid strömmens nollgenomgång växer ljusbågens resistans mycket snabbt. För att underlätta brytförloppet förlänger man ljusbågen, delar upp den i flera delar och kyler den effektivt. Dessutom väljer man ett medium som underlättar släckandet av ljusbågen. Resultatet av dessa faktorer blir att ljusbågen vid strömmens nollgenomgång mycket snabbt förvandlas från ledare till isolator. Man försöker få denna lägesändring att ske så flexibelt som möjligt så att strömmen inte bryts för snabbt, vilket kan orsaka farliga överspänningar. (Elovaara, 2007, s.246-248)

Kylning av ljusbågen kan ske genom blåsning. Gas som bildats av ljusbågens påverkan på mediumet blåses då längs eller tvärs mot ljusbågen och för med sig värme från ljusbågen till släckningskammarens väggkonstruktioner. En ljusbåge kan ha en temperatur på ca 10000°C när den uppstår. När gasen når en temperatur mellan 1000 och 1500°C förändras dess egenskaper radikalt och gasen blir en bra isolator. (Blomqvist, 1997, s.171-172)

De viktigaste värdena för beskrivning av en brytares egenskaper är värdena för märkström, märkspänning, brytningsförmåga och slutningsförmåga. Märkströmmen är den kontinuerliga belastning som brytaren klarar av i slutet läge. Märkspänningen är brytarens maximala driftspänning och bestämmer den dielektriska styrka som krävs för brytarens isolation. Med brytningsförmåga menas den maximala ström som brytaren vid märkspänning kan bryta vid en kortslutning. Stängningsförmågan anger den maximala kortslutningsström en krets har, vilken stängs av brytaren, utan att brytarens kontakter svetsas ihop. Stängningsförmågan bör vid märkspänning vara 2,5 gånger så stor jämfört med den symmetriska brytningsströmmen.

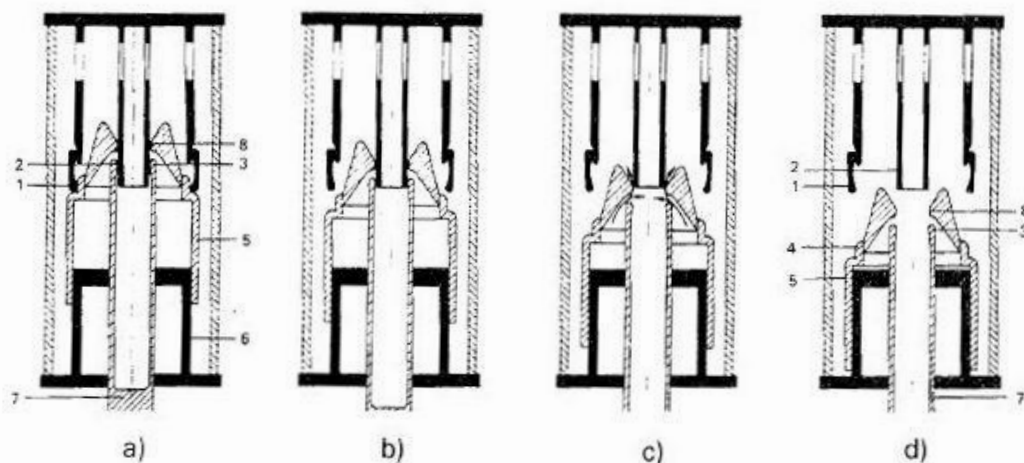
Brytare uppdelas vanligen efter det medium de använder för kylningen. Enligt kronologisk ordning är brytarna uppdelade i luftbrytare, oljebrytare, oljeminimumbrytare,

tryckluftsbrytare, SF6- eller vanligen gasbrytare och vakuumbrytare. Av dessa används i dagens läge mest SF6-, vakuumbrytare och oljeminimumbrytare även om alla brytartyper ännu kan påträffas i elnät över landet. För högspänning är det nästan enbart SF6-brytare som används, medan den i mellanspänningsnätet även konkurrerar med oljeminimum- och vakuumbrytare. (Elovaara, 2007, s.250)

I EE:s elstationer finns SF6-, oljeminimum- och vakuumbrytare i användning. I och med att 10 kV ställverket i Björknäs elstation förnyades hösten 2014 för att klara av 20 kV, byttes de gamla oljeminimumbrytarna ut mot vakuumbrytare. I Candelinsgatans elstation finns också SF6-brytare i användning medan det i Västerby elstation endast finns oljeminimumbrytare. Dessa tre typer förklaras följande underkapitel.

6.4.1 SF6-brytare

En SF6-brytare fungerar enligt en autopneumatisk princip, även kallad Puffer- principen. I Puffer- principen orsakas tryckförändringen och gasflödet under brytningen genom ett till den rörliga kontakten kopplat kolv- cylindersystem. Gasens tryck är vanligen i storleksordningen 0,15- 0,6 MPa. Puffer-principen demonstreras i figur 10.



Figur 10 Puffer-principen. a) brytaren sluten, b) öppningsrörelsens början, c) ljusbåge och gasflöde uppstår, d) brytaren öppen. 1. fast huvudkontakt, 2. fast ljusbågskontakt, 3. rörlig ljusbågskontakt, 4. rörlig huvudkontakt, 5. rörlig cylinder, 6. fast kolv.

Användning av den autopneumatiska principen kräver stor styrningsenergi. Av denna orsak utvecklades därför SF6-brytare i vilka energin som krävs för att släcka ljusbågen tas

från strömmen som bryts, t.ex. genom att rotera ljusbågen med det magnetfält som strömmen genererar.

Några fördelar med SF6-brytare jämfört med andra brytare är bl.a. en bra förmåga att släcka ljusbågen, större bryteffekt, små överspänningar vid bortkoppling och ett litet behov av underhåll. Ofta är också SF6-brytaren det billigaste alternativet samt den minsta till storleken. Om brytarens underhåll kan nämnas att den mekaniska livslängden vanligtvis ligger mellan 5000–10 000 funktionsgångar. Själva brytningskomponenterna klarar vanligtvis av 10-20 brytningar vid maximal kortslutningsström och flera tusen gånger vid märkström. En stor orsak till livslängden är att en SF6-brytares kontaktytor inte smälter, då SF6-gasen inte är brännbar. SF6-brytaren lämpar sig ytterst bra som brytare för kompenseringstrustning, då den klarar av att bryta sin märkström tusentals gånger utan att kräva underhåll. (Elovaara, 2007, s.259-260)

6.4.2 Oljeminimumbrytare

I en oljeminimumbrytare används vanligen mineralolja som medium. Kontakterna finns inne i en släckningskammare omgärdade av mineralolja. Högst upp i kammaren finns ett lager med luft. Kontakterna i en oljeminimumbrytare är vanligtvis belastade med två uppsättningar fjädrar, en för brytning och en för stängning. Fjädrarna spänns ofta upp med en elmotor. Oljeminimumbrytare har vanligen använts på ställen med spänningar mellan 7,2 och 123 kV. Det har även funnits att få brytare för nästan alla driftspänningar och med brytkapacitet för så gott som alla strömmar.

När en oljeminimumbrytare öppnas och en ljusbåge uppstår förvandlas oljan till gas och en gasbubbla med ett tryck på t.o.m. 10 MPa uppstår runt ljusbågen. Trycket tvingar ut luften genom hål i kammarens tak och tvingar också oljan att börja cirkulera genom hål i kammarens väggar. Oljan cirkulerar så att den trycks mot eller längs med ljusbågen och gasbubblan och transporterar således värme från ljusbågen till väggarna. Trycket hjälper också till att föra kontakterna längre ifrån varandra. När ljusbågen kylts ner tillräckligt och kontakterna förts tillräckligt långt ifrån varandra, släcks ljusbågen normalt.(Elovaara, 2007, s.254-258)

I figur 11 visas en trefas oljeminimumbrytare som finns som reserv för 30 kV ställverket i Björknäs elstation. Brytaren är flera tiotals år gammal men har aldrig använts.



Figur 11 Oljeminimumbrytare för 30 kV ställverket i Björknäs

6.4.3 Vakuumbrytare

Vakuumbrytare är konstruktionsmässigt mycket enkla. I princip behövs endast en fast och en rörlig kontakt, som båda placeras i en behållare med vakuum. När kontakterna skiljs åt, värms kontaktytorna upp och ett moln av smält metall bildas, till skillnad från andra brytare var en joniserad gas bildas. Genom detta moln skapas ljusbågen mellan kontakterna. Vid strömmens nollgenomgång dejoniserar molnet, metallen återgår till fast form och ljusbågen släcks. Denna process sker mycket snabbt vilket gör att brytarens brytningsförmåga inte beror på den återvändande spänningens form eller branthet. P.g.a. vakuumets goda dielektriska styrka räcker ett gap på 5-15 mm mellan kontakterna. Det mest väsentliga för att ljusbågen skall skapas, brinna och slockna är de elektrodämnena som används på kontaktytorna.

Vakuumbrytare planeras ofta för att fungera som en tillverkares alternativ till oljeminimumbrytare. Styrningen av brytarens utförs oftast med motor. Själva brytningsenheten går inte att underhålla, och behöver vanligen inte underhåll. Brytningsenhetens livslängd är vanligen 20-100 brytningar vid maximal kortslutningsström och 10 000-20 000 gånger vid märkström. Brytarens mekaniska livslängd är 10 000-30 000 funktionsgångar både för brytaren och styrenheten. (Elovaara, 2007, s.260-262)

Till vakuumbrytarens fördelar hör det låga behovet av underhåll och att den är väl lämpad för flera återinkopplingscykler tack vare låg temperaturstegring vid brytning av stora strömmar. Som nackdelar kan nämnas en klippningstendens vilken orsakar överspänning vid brytning av induktiva kretsar och ett högt inköpspris. (Blomqvist, 1997, s.175-176)

I EE:s användning finns vakuumbrytare i Björknäs elstation. I figur 12 visas en vakuumbrytares framsida. Brytaren är av modell HVX 24-16-06-F och är tillverkad av Schneider Electric. På bilden syns också de manuella knapparna för brytning och slutning av brytaren.



Figur 12 Schneider Electric HVX vakuumbrytare

6.5 Reläskydd

Ett relä är en apparat som övervakar storheter i elnätet och iakttar förändringar som sker. Beroende på typ av relä, ställs reläet in att övervaka olika storheters värden. Reläet jämför inställningsvärdena med motsvarande värden som råder i elnätet och om gränsen överstigs börjar onormalt läge råda för reläet, vilket gör att reläet uppmanar t.ex. en brytare att bryta kretsen i fråga. När ett fel uppstår fungerar reagerar reläet automatiskt, snabbt och tillförlitligt.

Vid reläskydd behöver reläet hjälp av andra komponenter för att reläskyddet ska fungera, såsom mättransformatorer, brytare och hjälpkretsar. Med reläskydd är målet att ställa in nätets skydd så selektivt som möjligt. På så sätt får man bortkopplat ett fel och dess felström utan att det påverkar resten av nätet. Reläskydd måste planeras så att det fungerar snabbt och utan luckor, så att hela elnätets tillförlitlighet förblir hög vid eventuella felsituationer. Reläskydd bör planeras så enkelt som möjligt och vid planeringen bör beaktas tillförlitlighet, funktionalitet, underhåll och ekonomiska aspekter.

Reläskyddets viktigaste uppgift är att skydda apparater. Fel som kan uppstå och som skyddet bör reagera på är t.ex. fel i apparatens isolation, överbelastning av apparaten eller om apparaten fungerar felaktigt. (Kärhä, 2009)

6.5.1 Bestämmelser

Lågspänningselinstallationer och elsäkerhetsstandaren SFS 6000 del 6 punkt 62 presenterar kraven på regelbundna underhållsgranskningar, var det granskas om installationen och apparaturen är i skick. Med reläprovning bör kunna påvisas, att bortkopplingstiderna enligt punkt 6000-4-41 fylls. Vid reläprovning bör också göras mätningar för att säkerställa att följande punkter följs:

- Skydd av människor och djur från elstötar och brännskador.
- Skydd av egendom från av installationsfel orsakade brand- och värmefaror.
- Försäkran om att installationen inte är skadad eller att kontakten blivit lös, så att den hotar säkerheten.

- Urskiljning av sådana fel i installationer eller avvikelser från standarden, som kan utgöra fara.

Mättnings- och granskningsutrustningen samt metoderna måste väljas enligt EN 61557-standardserien. (Kärhä, 2009)

6.5.2 Skyddsreläprinciper

Skyddsreläer finns av olika slag och storlekar. Vissa reläer använder sig av rörliga delar medan andra är statiska. Till följande förklaras principerna för elektromekaniska reläer, likriktarreläer, statiska reläer och numeriska reläer.

Elektromekaniska reläer är apparater som mäter effektivvärden. Typiskt för elektromekaniska reläer är de långsamma rörliga delarna och en begränsad inställningsnoggrannhet. Momentana värden går inte att mätas med denna sort av relä. Det är enkelt att skapa ström-, spännings- och riktade reläer mekaniskt. P.g.a. de rörliga delarna kräver elektromekaniska regelbundet underhåll.

Likriktarreläer är en sorts mellanting mellan mekaniska och statiska reläer. I likriktarreläer används en vridspole för mätning. Vridspolen är en likströmsspole, varför det framför spolen måste finnas en likriktare. Framför likriktaren finns en transformator som vid stora strömmar mäts och skyddar vridspolen. Med användning av vridspole har man fått reläerna snabba och noggranna. Vridspole används bl.a. i differentialreläer, distansreläer och snedbelastningsreläer.

Statiska reläer behöver hjälpenergi, varför man som utgångsrelä kan använda hjälpreläer, vars kontakter räcker till för utlösning och alarmering. Då behövs inga mellanreläer och funktionstiden försämras inte. Ett statiskt relä ansluts via en anpassningstransformator till en mättransformators sekundärkrets. Med hjälp av anpassningstransformatorn omvandlas storheterna till att passa elektroniken, så att märkspänningar, märkströmmar, överströmmar och överspänningar inte skadar elektronikkretsen. Den galvaniska isolation som uppstår mellan mätkretsen och elektroniken tack vare anpassningstransformatorn, hindrar störningar från att nå elektronikkretsen. Statiska reläers inställningsnoggrannhet är bred och statiska reläer är både noggrannare och snabbare än mekaniska reläer. De är också

betydligt mindre till storlek än mekaniska reläer, vilket beror på att man i statiska reläer implementerar olika funktioner via elektronik.

Numeriska- och processorreläer kännetecknas av deras många funktioner samt förmåga för självövervakning. Numeriska reläers dataöverföring går två vägar och det går därför att från reläet läsa av olika värden angående funktioner, t.ex. reläets mättnings- och inställningsvärden. P.g.a. reläets många funktioner talar man ofta om cellterminaler istället för bara relä. Till cellterminalens helhet hör olika lager, t.ex. skyddsfunktioner, användningsfunktioner, automatik, registrering, dataöverföring och självövervakning. (Kärhä, 2009)

Ekenäs Energi Ab använder sig av reläer tillverkade av ABB i sina elstationer. I figur 13 visas ett REF615 skyddsrelä från Björknäs elstation. Reläet används för skydd av en utgående linje och är kopplat till en brytare och en fränskiljare.



Figur 13 REF615 relä i Björknäs elstation

6.5.3 Skyddsrelätyper

Reläer reagerar på någon ändring som sker i en krets. Reläet vaknar när storheten som mäts, når reläets inställningsvärde. Reläet fungerar efter inställd tid och ger därefter en

order om att bryta kretsen. Tiden som löper mellan att reläet har vaknat och att brytningsordern ges kallas funktionstid. De viktigaste skyddsrelätyperna är:

- överströmsreläer.
- under- och överspänningsreläer.
- frekvensreläer.
- effektrelläer.
- riktade reläer.
- jämförande reläer.
- osymmetrireläer.

Överströmsreläer skyddar vid överbelastnings- och kortslutningssituationer. De kan vara momentana överströmsreläer, konstanttidsöverströmsreläer, inverstidsöverströmsreläer eller värmereläer. Det momentana överströmsreläet agerar genast när strömmen når inställningsvärdet. Konstanttidsöverströmsreläet är i praktiken en kombination av tidsrelä och momentant överströmsrelä och fungerar efter en i reläet inställd tid. Funktionstiden beror alltså inte på överströmmens storlek. Inverstidsöverströmsreläet fungerar enligt principen att ju större ström, desto snabbare bryter reläet. Värmereläet övervakar belastningsströmmen och uppskattar därifrån det skyddade objektets temperatur och fungerar när temperaturen överstiger inställningsvärdet.

Över- och underspänningsreläer reagerar då spänningen överstiger eller sjunker under en viss nivå. Överspänningsreläer används mest för att upptäcka jordslutningar och ofta med tidsfördröjning. För övervakning av nätets nollspänning används ofta konstanttidsöverspänningsrelä som då kallas för nollspänningsrelä. Nollspänningsreläets inställningsvärde måste ställas in tillräckligt lågt, så att det även upptäcker jordslutningar med stor resistans. Underspänningsreläer används för skydd av skenor eller speciellt stora motorer. Vid skydd av motorer kopplar reläet bort motorn ur nätet, ifall spänningen riskerar sjunka så lågt att motorn kan stanna. Om motorn skulle förbli kopplad och spänningen kom tillbaka, skulle en strömimpuls med en storlek nära kortslutningsström skapas.

Frekvens- och effektrelläer reagerar då frekvensen respektive effekten i mätpunkten sjunker under eller stiger över en viss nivå. Bortkoppling av apparatur sker för att skydda denna.

Riktade reläer mäter den momentana spänningen och strömmen för det skyddade objektet. Ett riktat jordslutningsrelä mäter de momentana värdena både för nollspänningen och nollströmmen och noterar också fasvinkeln mellan dessa. Reläet reagerar när nollspänningen och nollströmmen når eller går över inställningsvärdet och när vinkeln mellan nollspänningen och nollströmmen är i sitt funktionsområde.

Jämförande reläer jämför storheter i båda ändor av sitt skyddsområde. Storheterna som jämförs kan vara absolutvärden, fasvinklar eller t.ex. strömriktningar. Jämförande reläer lämpar sig bra för skydd av transformatorer, generatorer, ledningar och skensystem. Ett exempel på jämförande reläer är differentialskyddet, som används mot kort- och jordslutningar. (Suhonen, 2012)

Osymmetrireläer reagerar, när belastningen i ett trefasssystem förändras och blir osymmetrisk. Vanliga snedbelastningssituationer uppenbarar sig som en- och tvåfasiga kortslutningar samt som att en eller två faser bryts i ledningen. Normala tvåfasiga belastningar orsakar också märkbara snedbelastningar i trefasnätet. (Kärhä, 2009).

6.5.4 Reläprovningar

Intervall för provning av ett relä bestäms av innehavaren, som också ansvarar för skapande och följande av ett service- och underhållsprogram. Intervallerna för reläprovning beror på typ av relä, t.ex. kräver mekaniska reläer provning oftare p.g.a. dessas mekaniska rörliga delar. Nyare numeriska reläer har längre intervaller tack vare dessas självövervakningsegenskaper. Självövervakningen är dock inte felfri och intervallerna för reläprovning får inte överskrida tillverkarens föreskrifter för underhåll. Fingrid använder sig av följande intervaller för reläprovningar:

- 110 och 220 kV elektromagnetiska och statiska reläer - 3 år.
- 110 och 220 kV digitala reläer - 5 år.
- 400 kV elektromagnetiska reläer - 1 år.
- 400 kV digitala reläer - 2 år.

Provningsintervallerna är gjorda enligt tillförlitlighetsberäkningar som baserar sig på omfattande felstatistik. (Kärhä, 2009).

6.6 Transformatorer

En transformator är en elektrostatisk komponent, utan rörliga delar, som används i elektriska distributionsnät för att ändra spänningsnivåer mellan kretsar genom elektromagnetisk induktion. (Harlow, 2004, s.23).

De aktiva delarna i en transformator är lindningarna och järnkärnan, som utför transformatorns egentliga uppgift. Passiva delar är bl.a. isolatorer, transformatoroljan och kylningsutrustning. (Korhonen, 2011).

I oljeisolerade transformatorer är oljan av stor betydelse. Oljan fungerar som kylmedium och överför värme som alstras i lindningarna och järnkärnan till oljelådans kylningsytor. Oljan fungerar också som isolator mellan lindningarna samt mellan dessa och järndelarna. På grund av sina hygroskopiska egenskaper är varm olja benägen att absorbera fukt och syre från luften samt bilda slam, varför hantering av oljan bör ske omsorgsfullt. (Strömberg, u.å.).

Transformatorer kan indelas i krafttransformatorer, distributionstransformatorer, skyddstransformatorer, spänningstransformatorer, strömtransformatorer och mättransformatorer. I elnät används spänningstransformatorer då nätet baserar sig på olika spänningsnivåer. Med krafttransformatorer menas ofta transformatorer med hög effekt som omvandlar t.ex. mellan 400 och 220 kV. Transformatorer med lägre effekt som omvandlar t.ex. mellan 20 och 0,4 kV räknas ofta till distributionstransformatorer. Strömtransformatorer används t.ex. när man mäter strömförbrukning medan mättransformatorer används för att omvandla strömmar och spänningar för att passa mätutrustning eller reläer. (Hannula, 2011).

I EE:s distributionsnät finns ca 140 st. transformatorer, både av stolp- och parktransformatorer. Granskning av dessa varierar beroende på installation men vissa punkter finns med i granskningsanvisningarna för båda typerna. Några av dessa är:

- Livsfara- skyltar.
- Identifikationsskyltar.
- Transformatorns typskylt.
- Scheman och dokumentation.
- Anslutningspunkter för arbetsjordningar.

I figur 14 respektive figur 15 visas en parktransformatorstations distributionstransformator samt en stolptransformator.



Figur 14 Distributionstransformator i parktransformatorstation



Figur 15 Stolptransformator med frånskiljare

I Björknäs elstation finns EE:s huvudtransformator som omvandlar mellan spänningarna 110 kV, 30 kV och 10 kV med maximala effekten 16 MVA.

På huvudtransformatorer ska med 5 års mellanrum även göras lindningsomkopplarservice. Lindningsomkopplarservicen utförs vanligen av ett utomstående företag, oftast av tillverkaren om möjligt. Lindningsomkopplaren är den komponent i transformatorn som bestämmer mellan vilka spänningar transformatorn omvandlar. (Deviatkine, 2014).

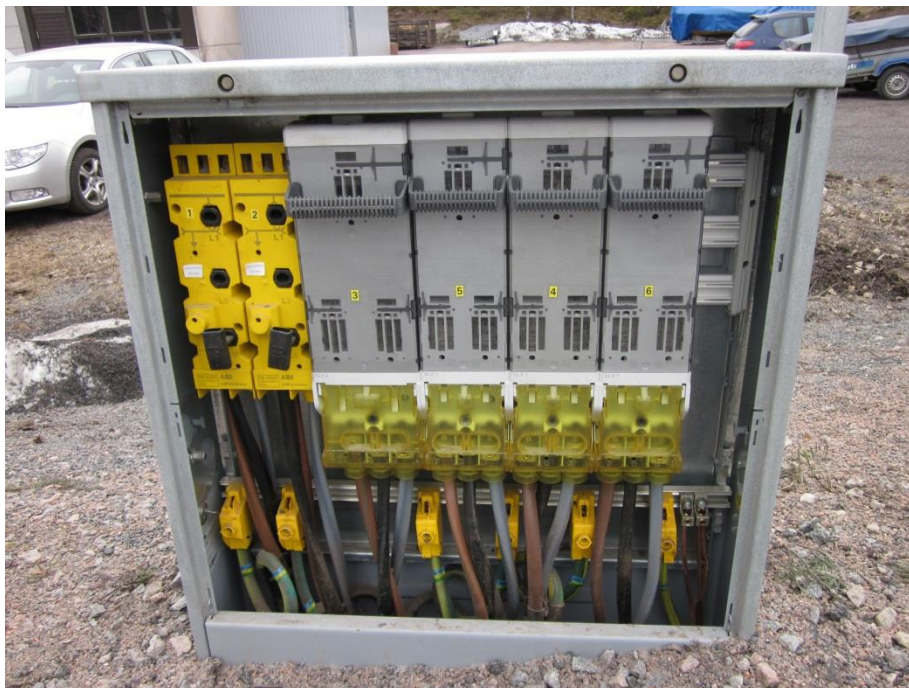
6.7 Gatufördelnings-skåp

Gatufördelnings-skåp är en central del av lågspänningsnätet och fungerar som den sista fördelningskomponenten innan strömmen når hemmet. Ett GFS-skåp matas med 400 V spänning från en transformatorstation och matar sedan denna vidare mot andra GFS-skåp och förbrukare. GFS-skåpen finns i olika storlekar enligt behovet av utgångar från skåpet. EE har i sitt LSP-nät ca 820 st. GFS-skåp, alla tillverkade av ABB Kabeldon. Av Kabeldons GFS-skåp finns två typer, SDC och CDC. Skåpen är tillverkade av stålplåt och är genom varmförzinkning korrosionsskyddade.

SDC-skåpen kan ha skensystem som klarar strömmar på 1600 A, även om märkströmmen för de vanligaste modellerna är 400 eller 630 A. Dörrarna öppnas på SDC-skåpen i sidled. SDC-skåpen tillverkas ofta för ett specifikt ändamål, t.ex. för kraftfördelning inom en industri.

CDC-skåpens skensystem är gjorda för 400 eller 630 A och luckan öppnas nedåt. CDC-skåpen är planerade för distribution av lågspänning och det är lätt att montera tilläggsutrustning som t.ex. märkningsstolpe på dessa. Skåpen är också testade enligt krav i SS-EN 61439-5 och uppfyller kraven för arktiskt klimat. Alla EE:s GFS-skåp är av CDC-typ. (ABB, 2013).

I figur 16 visas ett öppet GFS-skåp där matarkablarna, utgångarna och säkringsbrytarna syns. De gula modulerna på vänstra sidan kallas för pluggar, genom att använda dessa kan man välja att koppla bort skenor eller koppla förbi hela skåpet. GFS-skåpen i EE:s nät är indelade i fem st. granskningsgrupper, varav en grupp per år granskas. Granskningsintervallet är således 5 år.



Figur 16 Öppet GFS- skåp.

6.8 Stolpgranskning

Granskningar av stolpar utförs för att kolla stolpens och i stolpen monterad utrustnings skick och tillförlitlighet. Första granskningen av en stolpe görs vanligtvis när stolpen är mellan 25 och 30 år gammal. Efter detta görs granskning av stolpen med 10 års mellanrum. (Sähköenergiyhtiö ry., 1997).

När en linje är ca 10 år gammal bör en lätt granskning av linjen göras, i huvudsak för att granska röjningsbehovet av linjegatan. Vid den lätta granskningen granskas linjen och dess utrustning endast visuellt. En 20 kV:s linje med blanka ledare behöver en 10 m bred linjegata medan en linje med PAS- kabel behöver en 6 m bred linjegata. (Kaarlela, 2002).

Beroende på impregneringsmedel och impregneringskvaliteten håller trästolpar olika länge. En oimpregnerad trästolpe håller ca 10 år medan en väl impregnerad kreosotstolpe kan hålla i ca 60 år. Cirka 90 % av stolpbeståndet i Finland är saltimpregnerade, med impregneringsmedel av CCA- typ, baserat på koppar, krom och arsenik. Vid impregneringen reagerar kromsyran med övriga komponenter i impregneringsmedlet och med träets beståndsdelar. Medlet pressas in i cellvävnaden som vattenlösligt, förändras

sedan till olösligt och fäster i träet. Även i konstruktioner i vatten består skyddseffekten i träet i årtionden. Användning av CCA- impregnerade stolpar är förbjudet fr.o.m. 1.9.2006.

Ungefär en tiondedel av trästolparna är kreosotimpregnerade. Kreosotolja tillverkas genom destillation av stenkoltjära och har använts som skyddsmedel mot röta redan i ca 150 år. Impregneringsmedlets aktiva ämnen är tjärsyror, men oljan innehåller också tjärbaser och neutrala ämnen. Kreosotoljan i stolpen rinner med tiden neråt i stolpen och förstärker rötskyddet vid markgränsen, motsvarande försvagas rötskyddet i toppen. Kreosotimpregnerade stolpar är ofta smutsiga, vilket beror på att oljan sipprar ut när stolpen är ny och smuts fastnar i oljan. I dagens läge används också kopparimpregnerade stolpar.

Förruttelse i stolpar orsakas av rötsvamp som växer i träet och sönderdelar cellulosan. Lämplig fuktighet och temperatur är de viktigaste förutsättningarna för förruttningen. Speciellt hos kreosotstolpar ruttnar stolpen ofta i mitten så att stolpen blir som ett rör. För att förruttning skall ske måste fukthalten i träet vara minst 20 %, vilket betyder att lufttorrt trä inte ruttnar. Även om träet torkar upp tidvis, överlever svampmycelet och fortsätter växa när fukthalten igen stiger till lämplig nivå. Frost skadar heller inte svampmycelet. Lämplig temperatur för svamparnas tillväxt är ca +5 till +30 °C. Syre är den tredje förutsättningen för att förruttelse ska ske. P.g.a. syrebrist ruttnar inte stolpdelar i vatten eller djupt ner i marken. Var gränsen för förruttelsen i en stolpe i jord går beror på jordmånen.

Utrustning som används vid stolpgranskning är tillväxtborr, pryl, kniv, yxa, impregnerade trätappar och spade. Granskningsresultaten antecknas i granskningsprotokoll eller matas direkt in i en dator. (Energiatollisuus, 2009).

Vid stolpgranskningen märks kritiska stolpar med ett eller två gula varningsband. I en stolpe med endast ett gult varningsband kan man klättra om stolpen stöds ändamålsenligt, medan man i en stolpe med två band inte kan klättra, även om den stöds. I figur 17 visas en stolpe med ett varningsband. (Adato Energia Oy, 2013).



Figur 17 Stolpe med ett varningsband.

6.9 Jordningar

Jordningarnas främsta syfte är att ansluta en apparat eller någon del av en strömkrets till jord så effektivt som möjligt genom en jordningselektrod. Som måttstock för effektiviteten används vanligen elektrodens jordningsresistans, som meddelar elektrodens potential och strömkvoten som färdas genom elektroden till jord. Ju lägre elektrodens jordningsresistans är, desto bättre är anslutningen mellan jord och den anslutna delen. Enligt elsäkerhetsföreskrifterna delas jordningar in i bruks- och skyddsjordningar.

I bruksjordning ansluts en del av en strömkrets (t.ex. nollpunkten i ett lågspänningssystem) direkt eller via en liten impedans till jord. Bruksjordningens syfte är att hålla spänningarna i en strömledare i förhållande till jord inom tillåtna gränser angående faro- och skadegränser samt hålla spänningsosymmetrin och jordströmmen så små, att störningar som uppstår hålls så små som möjligt.

I skyddsjordning ansluts en för spänning utsatt del som inte hör till strömkretsen, till jord (t.ex. skalet på en elspis). Skyddsjordningens uppgift är att förhindra att farliga beröringsspänningar uppstår i den utsatta delen p.g.a. isolationsfel eller annat fel.

Arbetsjordning är en viktig säkerhetsåtgärd vid arbete med elnätet, var ledare i en strömkrets som i normala fall är spänningsbelastade jordas och kortsluts under elarbetet. (Elovaara, 2007, s.413).

Andra orsaker till varför jordningssystem konstrueras är att säkerställa mekanisk hållfasthet och korrosionsresistans, förhindra skada på egendom och utrustning och från termisk synpunkt motstå den högsta felströmmen. (Finlands standardiseringsförbund, 2010).

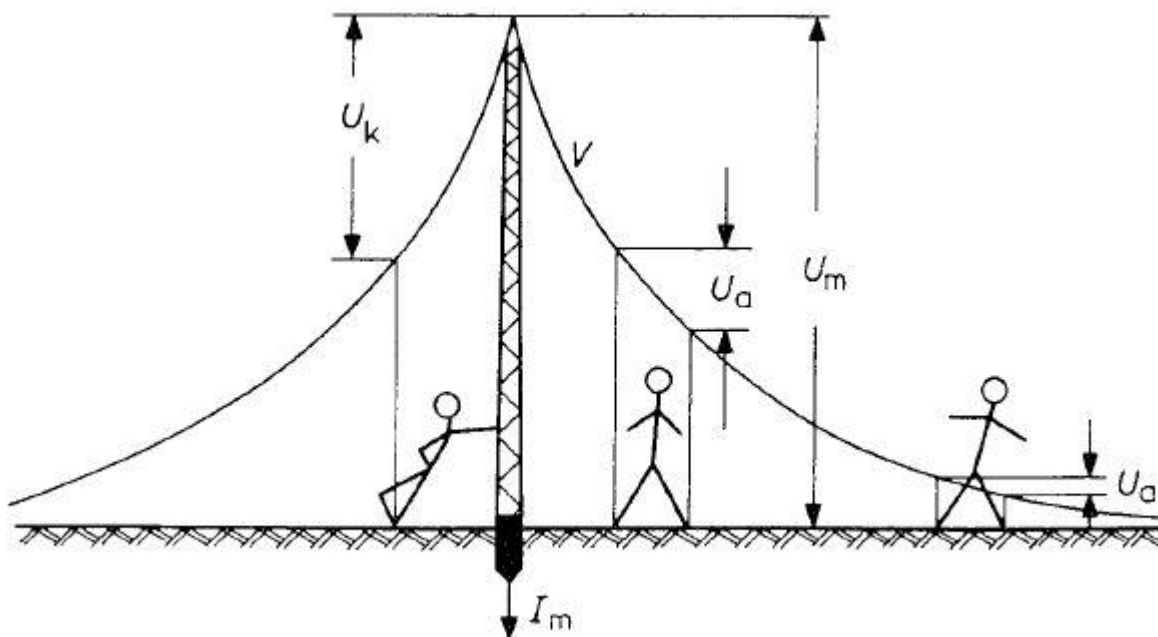
För elsäkerhetens skull försöker man med jordning förhindra att spänning sprider sig till andra system samt att ljusbågar, gnistor och läckströmmar uppstår. Med jordningen skapar man en kontrollerad rutt för felströmmen och således försöker man garantera att skyddsutrustningen fungerar snabbt och pålitligt. (Vanha, 2012).

Jordningselektrodens resistans och konstruktion bestäms av den ström I_m som går igenom elektroden samt av kraven som gäller angående jordningsspänningen U_m . Vid användning av endast en jordningselektrod får man fram jordningsresistansen R_m ur ekvationen

$$R_m = \frac{U_m}{I_m}.$$

I verkligheten kan kortslutningsström i ett högspänningssystem färdas t.ex. genom flera ihopkopplade jordningselektroder, varför det inte går att använda ekvationen för att ta reda på jordningsresistansen.

I samband med jordningsspänningar kommer berörings- och stegspänningar ofta på tal. Med beröringsspänning menas potentialskillnaden mellan två punkter som berörs av människokroppen samtidigt, t.ex. en hand och en fot. Stegspänning är beröringsspänningen mellan två fötter. Vanligen förekommer endast en del av jordningsspänningen som berörings- och stegspänning. I figur 18 demonstreras de olika spänningarna.



Figur 18 Jordens potential V , beröringsspänningen U_k och stegspänningen U_2 .

I system med driftspänning under 1000 V får spänningen mellan en berörbar metalldel och jord vara högst 24-75 V beroende på användningstillstånd. För att begränsa beröringsspänningar kan man beroende på omständigheterna använda sig av skyddsspänning, skyddsfrånskiljning, skyddsisolation, nollning eller separat skyddsjordning.

I system med driftspänning över 1000 V beror gränserna för beröringsspänningar på sannolikheten för att beröringsspänningen skall orsaka fara samt hur länge felströmmen som uppstår p.g.a. jordningsspänningen tillåts pågå.

Jordningselektroder finns utav olika typer och storlekar. Beroende på elektrodtyp används olika formler för att beräkna jordningsresistansen. Jordningsresistansen beror också mycket på hur långt ner i marken elektroden är placerad samt på markens resistivitet. (Elovaara, 2007, s.413-419).

Vid ibruktagning av utrustning i elnätet utförs också jordtagsmätning, dessutom skall jordtagsmätningar göras med 6 års mellanrum om jordningen är utförd med endast en jordningselektrod. Ifall jordningen är utförd med två eller flera elektroder kan granskningsintervallet vara maximalt 12 år. Detta gäller endast jordtagsmätning, jordningen kollas alltid visuellt vid vanliga periodiska granskningar. (Energiateollisuus, 2005).

Speciellt i tätorter har man ofta samjordade distributionsnät. I ett samjordat distributionsnät är alla transformator-distriktens jordningar anslutna till varandra. På så vis är också alla jordningselektroder och komponenter i nätet sammankopplade. I ett samjordat nät ansluts också alla teleutrustnings jordningar till elnätets samjordning. (Tolonen, 2013).

För att skapa ett samjordat nät räcker det att man ansluter jordningen från tre transformator-distrikt. Vid behov kan man också ansluta stolptransformator-distrikt till ett samjordat nät. Även om ett transformator-distrikt ingår i ett samjordat nät, måste utrustningen i distriktet ändå vara ändamålsenligt jordat. Vid samjordning uppnår man en ekvipotential yta där alla punkter har samma potential.

Ett samjordat nät behöver inte granskas enligt de bestämmelser som finns för enskilt jordad utrustning. I princip räcker det med att ett samjordat nät endast granskas visuellt genom att man kollar att jordningarna är korrekt fästa i komponenten och att jordkabeln sitter fast i elektroden, detta görs genom att varsamt dra i jordkabeln. Vid installationer och ibruktagning av parktransformatorer eller stolptransformatorer som hör till ett samjordat nät görs inga jordningsresistansmätningar. (Boman, 2012).

I EE:s MSP-nät är en stor del av transformator-distrikten kopplade till ett samjordat nät. De transformator-distrikt som inte hör till det samjordade nätet är utrustade med endast en jordningselektrod, alltså ska dessa granskas med minst 6 års mellanrum, vilket också görs.

7. Periodiska granskningar

I dagens läge är underhåll av elnätet en ytterst viktig punkt på elbolagens agenda, då kraven som ställs av myndigheter angående tillförlitligheten skärps efter hand. Det huvudsakliga syftet med periodiska granskningar är att hålla koll på nätets skick, säkerhet och underhållsbehov. Elnätsinnehavare väljer själv vem som utför granskningar, om man sköter dem själv eller om man hyr in företag som granskar delar av eller hela elnätet.

För utrustning som hör till klass 2 och 3 måste finnas ett underhållsprogram. I underhållsprogrammet skall det framgå hur ofta granskningar skall göras för respektive komponent i elnätet, granskningspunkter för respektive komponent,

granskningsanvisningar och protokoll. Med periodiska granskningar försäkras man sig om att:

- användning av utrustningen är säker.
- på utrustningen är utfört service och underhåll enligt underhållsprogrammet.
- ritningar, scheman, utrustning och föreskrifter som behöv för drift och underhåll finns tillgängligt.

Granskningar skall göras med minst 5 års mellanrum, men om tillverkaren av en komponent rekommenderar underhåll med färre års mellanrum bör dessa föreskrifter följas. (Vanha, 2012).

Till följande förklaras de olika komponenternas granskningsintervaller och huvudsakliga granskningspunkter. Mera detaljerade granskningsanvisningar, protokoll och tabeller över underhållsintervaller finns bifogat som bilagor.

7.1 Linjegranskning LSP

Vid linjegranskning görs inga funktionstest eller mätningar, endast visuell granskning från marknivå. Granskning av lågspänningslinjer bör göras med 5 års intervall. Granskningen utförs genom att granskaren går längs med linjen och antecknar brister och fel i utrustningen. Utgångspunkten för granskningen är att allt är i skick och därför antecknas endast felen som upptäcks, vilket gör att linjegranskningen går snabbare att utföra än t.ex. stolpgranskning där skicket för alla granskningspunkter konstateras, även de som är i utmärkt kondition. Vid granskningen granskas all utrustning som hör till linjens funktion och montering, stolparnas lutning och installerad utrustning i dessa. Vid linjegranskning kollas även linjegratornas röjningsbehov.

7.2 Linjegranskning MSP

Mellanspänningsnätets luftlinjer granskas med tre års intervall. I mellanspänningsnätet är linjerna byggda med blanka eller belagda friledningar. Precis som i granskningen för LSP-luftlinjer, antecknas endast brister och fel i protokollet. Vid granskning av MSP-luftlinjer granskas bl.a. ledarnas skick, skarvar och anslutningar, stolptransformatorers

konstruktioner och skick, frånskiljares skick och numrering och eventuella jordningskonstruktioner. Röjningsbehoven för linjegatan granskas också.

7.3 Linjegranskning HSP

EE:s högspänningsnät består av en 4,17 km lång 110 kV:s luftlinje. Högspänningslinjer ska granskas varje år. Granskningen av EE:s 110 kV:s linje sköts vanligtvis av ett utomstående företag av vilka tjänsten köps. Granskningspunkterna är i stort sett samma som för MSP förutom de betongfundament som används som stöd för några av stolparna på högspänningslinjen. Några andra granskningspunkter är bl.a. ledarnas fysiska skick, stolparnas märkningar och varningsskyltar och linjegatans röjningsbehov.

7.4 Granskning av stolptransformator och frånskiljare

Stolptransformatorer och frånskiljare skall granskas med 5 års intervall. Vid granskningar uppmärksammas allmänna saker som identifikationsskyltar, säkerhet, dokumentation och djurskydd. På själva transformatorn är några av punkterna som granskas höljet, omsättningskopplarens läge, isolatorer och typskylten. På högspänningssidan granskas bl.a. frånskiljarens funktion, regler, isolatorer, anslutningspunkter för arbetsjordning, eventuella gnistgap och ventilavledare. På lågspänningssidan bör stolpsäkringsbrytare, matarledningar, säkringslastbrytare osv. granskas. Granskning av jordningar görs också, bl.a. frånskiljarreglarnas jordning. Mätning av bl.a. fasströmmar, fasföljd och isolationsresistans görs också.

7.5 Granskning av parktransformatorstation

Även parktransformatorstationernas granskningsintervall är 5 år. Vid granskning kollas stationens allmänna skick, identifikation och dokumentation, skick och omgivning. Också transformatorns skick granskas samt bl.a. omsättningskopplarens läge och antal steg. På högspänningssidan granskas bl.a. ställverket, isolatorer och brytare. Några av LSP-sidans granskningspunkter är matarledningar, PEN-jordningen och eventuella elmätare. Jordning

av bl.a. LSP-central och transformatorns hölje granskas också. Mätningar som görs i samband med granskningen är bl.a. för fasspänningar, isolationsresistans och fasföljd.

7.6 Granskning av gatufördelningskåp

Intervall för granskning av gatufördelningskåp är 5 år. Vid granskningar kollas skåpets fysiska skick, att märkningar och skyltar finns på plats och är hela och rena, att alla anslutningar är rena och i skick och att mekaniska skydd och avstånd mellan kablar är ändamålsenliga. Mätningar av t.ex. isolationsresistanser och kortslutningsströmmar görs också. GFS-skåpen är indelade i fem grupper, med ett roterande schema så att varje grupp granskas vart femte år.

7.7 Stolpgranskning

Stolpar granskas med 10 års mellanrum, från och med att stolpen är ca 25 år gammal. Vid stolpgranskning granskas stolpens märkningar, att stolpen står rakt, stolphatten är hel, stolpens lutning och stolpens rötskador. Installationer i stolpens granskas också visuellt och stolpens längd och underlag antecknas. Beroende på stolpens skick utrustas stolpen med varningsband och linjegatans röjningsbehov antecknas. För att konstatera stolpens skick används olika tabeller till hjälp.

7.8 Jordtagsmätningar

Eftersom EE:s distributionsnät till stora delar är samjordat, är de transformatordistrikt där jordtagsmätningar skall göras inte så många. Vid mätning skall samma metod för mätning användas som vid ibruktagning av utrustningen. Granskningarna har tidigare skötts av ett utomstående företag, av vilka tjänsten har köpts. Vid granskningarna har mätningssätt för jordning av en enstaka jordtagselektrod använts. Jordtagsmätningar skall för de transformatordistrikt som inte hör till det samjordade nätet utföras med 6 års intervall.

7.9 Reläprovningar

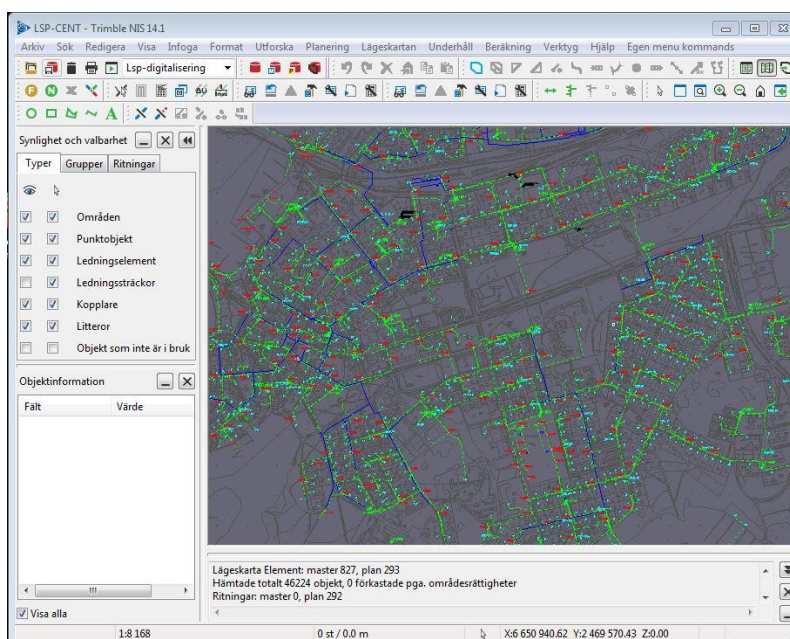
Reläprovningar ska beroende på typ av relä göras med olika många års intervall. Reläerna i EE:s innehav testas med 3 års mellanrum. För reläprovningarna brukar EE anlita ABB, eftersom reläerna som används är tillverkade av dem. Vid reläprovningen testas att reläerna fungerar enligt de värden som tillverkaren och elnätsinnehavaren ställt in.

8. Trimble NIS

Trimble NIS är ett nätverksinformationssystem för energi- och vattenunderhållsföretag, utvecklat av Trimble Oy. Systemet består av en intelligent nätmodell med integrerade platsinformationsfunktioner. Modellen stöder el-, fjärrvärme-, vatten- och gasnät och kan kompletteras med utomstående data, t.ex. kunduppgifter. Platsinformationen kombinerat med effektiva nätmodellsfunktioner gör dokumenteringsarbetet effektivt och informationen dynamisk. Trimble NIS består av följande verksamhetsapplikationer:

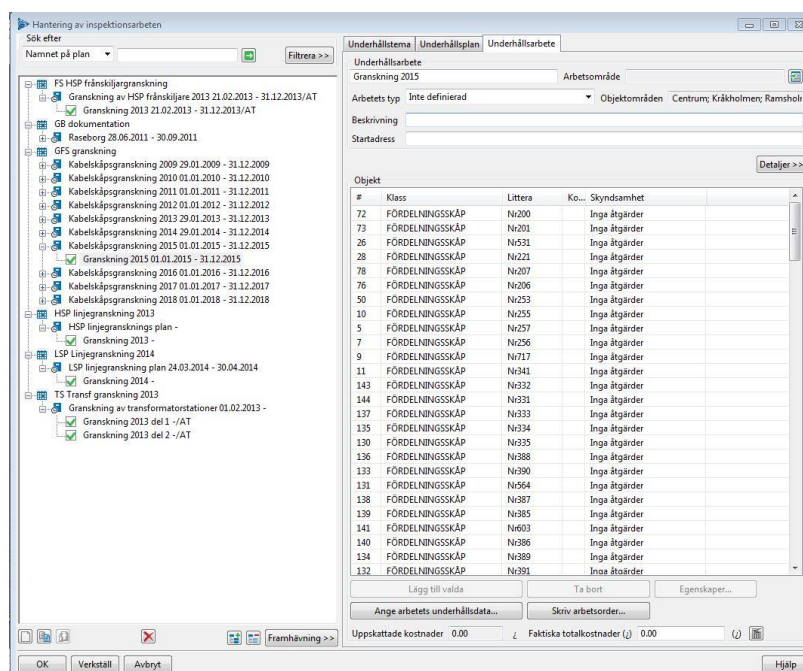
- Nätberäkning.
- Planering och uppbyggnad av nät.
- Hantering av egendom.
- Hantering av nätinvesteringar.
- Underhåll.

I programmet finns olika lager för HSP, MSP, LSP och gatubelysning där alla kablar, ledningar, transformatorer osv. finns inritade enligt dess driftspänning. I figur 19 visas programmets huvudfönster där en del av EE:s LSP-nät syns. I programmet kan också fyllas i granskningsintervaller, resultat och planerade granskningar. I fortsättningen ska alla granskningsresultat dokumenteras i programmet för respektive utrustning allt efter att granskningar görs. (Trimble, u.å.)



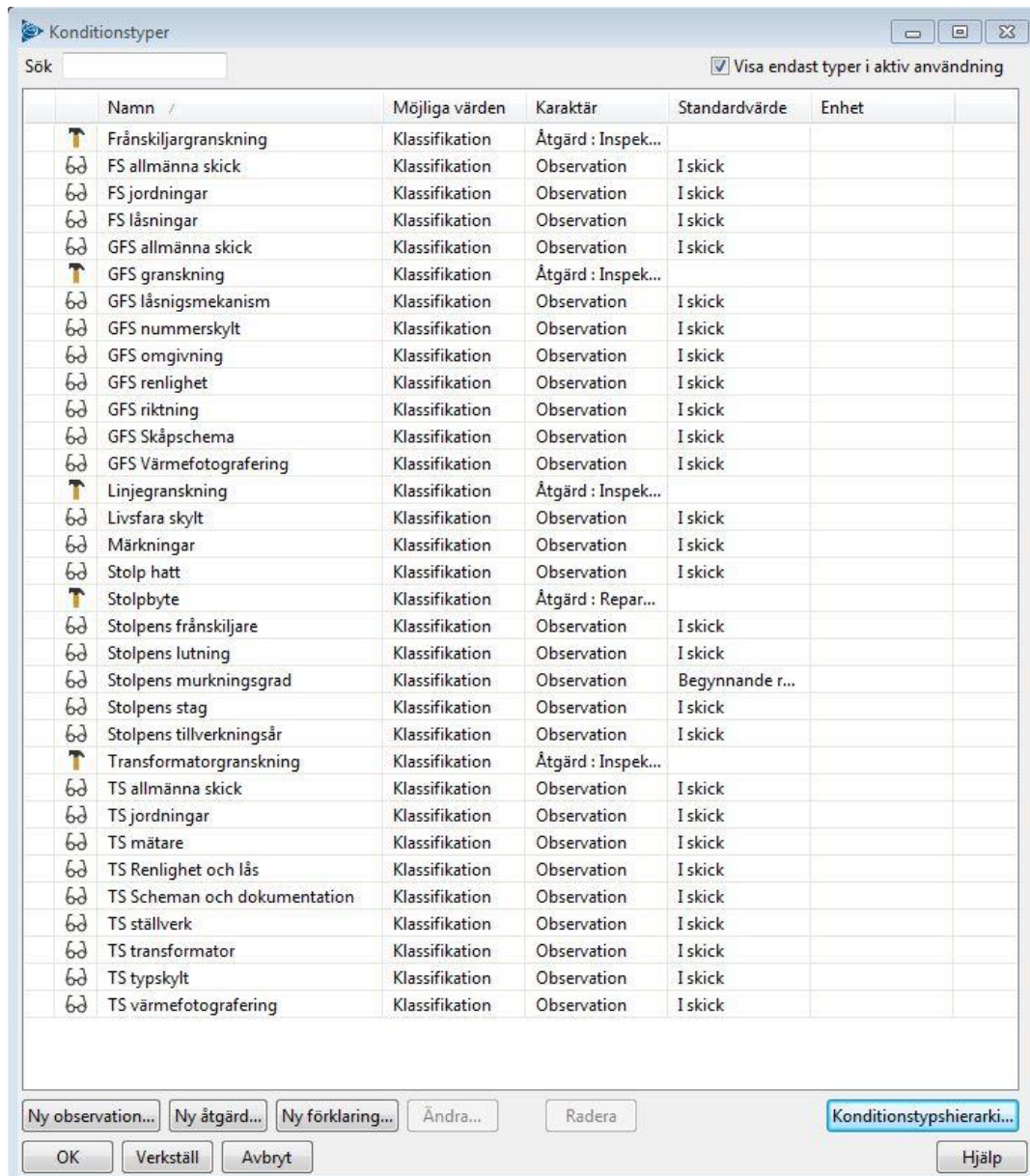
Figur 19 Huvudfönstret i Trimble NIS.

Trimble NIS är utrustat med funktioner för underhåll och service. I figur 20 visas fönstret för hantering av inspektionsarbeten. I fönstrets vänstra ruta visas de granskningsklasser och intervaller som för tillfället finns inmatade i programmet. I den högra rutan visas varje enskilt objekt enligt den klass som valts i den vänstra rutan. I den högra rutan syns också skyndsamheten för underhåll för varje enskilt objekt, i det här fallet GFS-skåp. Informationen som finns i programmet är i dagsläget bristfällig men med hjälp av detta examensarbete skall också denna bit av underhållet förbättras och effektiveras.



Figur 20 Hantering av inspektionsarbeten i Trimble NIS.

I figur 21 visas fönstret för de olika konditionstyperna. Här skall alla granskningsobjekt samt objektens alla granskningspunkter synas. I dagsläget är informationen i denna ruta mycket bristfällig men skall med hjälp av detta arbete kompletteras med alla de granskningsobjekt och punkter som framkommit i arbetet. I kolumnen för karaktär fyller man i hurudan granskning det är fråga om vid granskningar, t.ex. ser vi att en fränkskiljares låsningar granskas genom visuell observation, vilket är korrekt.



Konditionstyper

Sök

Visa endast typer i aktiv användning

	Namn /	Möjliga värden	Karaktär	Standardvärde	Enhet
↑	Fränkskiljargranskning	Klassifikation	Åtgärd : Inspek...		
↻	FS allmänna skick	Klassifikation	Observation	I skick	
↻	FS jordningar	Klassifikation	Observation	I skick	
↻	FS låsningar	Klassifikation	Observation	I skick	
↻	GFS allmänna skick	Klassifikation	Observation	I skick	
↑	GFS granskning	Klassifikation	Åtgärd : Inspek...		
↻	GFS låsningsmekanism	Klassifikation	Observation	I skick	
↻	GFS nummerskylt	Klassifikation	Observation	I skick	
↻	GFS omgivning	Klassifikation	Observation	I skick	
↻	GFS renlighet	Klassifikation	Observation	I skick	
↻	GFS riktning	Klassifikation	Observation	I skick	
↻	GFS Skåpschema	Klassifikation	Observation	I skick	
↻	GFS Värmefotografering	Klassifikation	Observation	I skick	
↑	Linjegranskning	Klassifikation	Åtgärd : Inspek...		
↻	Livs fara skylt	Klassifikation	Observation	I skick	
↻	Märkningar	Klassifikation	Observation	I skick	
↻	Stolp hatt	Klassifikation	Observation	I skick	
↑	Stolpbyte	Klassifikation	Åtgärd : Repar...		
↻	Stolpens fränkskiljare	Klassifikation	Observation	I skick	
↻	Stolpens lutning	Klassifikation	Observation	I skick	
↻	Stolpens murkningsgrad	Klassifikation	Observation	Begynnande r...	
↻	Stolpens stag	Klassifikation	Observation	I skick	
↻	Stolpens tillverkningsår	Klassifikation	Observation	I skick	
↑	Transformatorgranskning	Klassifikation	Åtgärd : Inspek...		
↻	TS allmänna skick	Klassifikation	Observation	I skick	
↻	TS jordningar	Klassifikation	Observation	I skick	
↻	TS mätare	Klassifikation	Observation	I skick	
↻	TS Renlighet och lås	Klassifikation	Observation	I skick	
↻	TS Scheman och dokumentation	Klassifikation	Observation	I skick	
↻	TS ställverk	Klassifikation	Observation	I skick	
↻	TS transformator	Klassifikation	Observation	I skick	
↻	TS typskylt	Klassifikation	Observation	I skick	
↻	TS värmefotografering	Klassifikation	Observation	I skick	

Ny observation... Ny åtgärd... Ny förklaring... Ändra... Radera

Konditionstypshierarki...

OK Verkställ Avbryt Hjäl

Figur 21 Fönstret för konditionstyper.

I fönstret för reparationsarbeten kan man fylla i gjorda, planerade och pågående underhållsarbeten, start- och slutdatum, arbetsområde, hurudant underhåll som utförs och vem som utför underhållet. Genom att använda denna funktion får man en bra överblick vilka jobb som skall utföras inom den närmsta framtiden. Programmet sparar också alla utförda jobb så att man vid behov enkelt kan få fram när underhåll har utförts och vad som har gjorts. Fönstret för reparationsarbeten visas i figur 22.

Reparationsarbete

Namn: **Byte av parktransformator 056** Arbetsområde: EKENÅS

Arbets typ: Kräver avbrott och grävmaskin Objektområden:

Beskrivning: Transformator 056 byts mot ny 200 kVA Startadress:

Detaljer

Planerad startdatum: 22.07.2015 Planerad slutdatum: 23.07.2015

Faktiskt startdatum: Faktiskt slutdatum:

Planerare: Godkänt av:

Arbetsledare: Utförd av:

Anmärkning:

Arbets status: Planerad

Skyndsamhet: Ej skyndsam

Upprepa var: dagar

Information till fältapplikation

Egenskaper som ska skrivas till arbetsorder

Ytterligare objekt: Nej (endast arbetsobjekt)

Bilagor

Namn	Ändrad	Kopplad av	Typ	Konfidentiellt	Kopplad till

Koppla... Öppna Sammanfoga... Skriv ut Export Ny... Ändra... Radera

Åtgärder för arbete

#	Littera	Åtgärd	Adress	Färdigdatum	Klar	Klass	Status	Prioritet

Lägg till planerade åtgärder...

Lägg till andra åtgärder...

Egenskaper...

Redigera valda...

Objektnummering...

Skriv arbetsorder...

Ange arbets underhållsdata...

Ta bort från arbetet

Anmärkning

Framhäv objekt Storlek: 5.0 Färg: Turkos Linjebredd: 4

Uppskattade kostnader för valda rader: 0 Uppskattade kostnader för alla rader: 0 Faktiska kostnader: Kostnader...

OK Verkställ Avbryt Hjälp

Figur 22 Fönstret för reparationsarbeten i Trimble NIS.

9. Arbetets gång

Arbetet påbörjades under sensommaren och hösten år 2014 med informationssökning på internet och i böcker. Informationssökningen pågick några veckor innan själva arbetet påbörjades. Diskussioner om önskade resultat gjordes hos uppdragsgivaren. Genom att studera bestämmelser och föreskrifter för olika granskningar och ibruktagningar av elnät och elnätskomponenter utformades granskningsanvisningarna och granskningsprotokollen relativt snabbt.

När dessa var gjorda påbörjades arbetet med att beskriva uppdragsgivaren och att sammanfatta det väsentliga i de lagar och bestämmelser som gäller underhåll och innehav av elnät och elnätsutrustning. Intervalltabellerna för granskningarna gjordes enligt myndigheternas bestämmelser och tillverkarens rekommendationer. Nästa etapp var att beskriva och förklara upplägget och funktionerna för de väsentliga komponenterna i elnätet. Denna del var ganska arbetsdryg då källorna som användes huvudsakligen var på finska.

Nästa steg var kapitlet om de periodiska granskningarna och de huvudsakliga orsakerna till granskningar och komponenternas huvudsakliga granskningspunkter. Innehållet i kapitlet baserar sig på granskningsanvisningarna och är på så vis mera en enkel genomgång av de viktigaste punkterna stället för en detaljerad och omfattande uppställning av varje komponents granskningspunkter.

Som sista punkter skrevs kapitlen om Trimble NIS, arbetets gång, resultat och diskussion, inledningen och abstrakten. Arbetet med att fylla i använda termer och förkortningar har pågått under arbetets gång och fyllts i efterhand.

10. Resultat och diskussion

När arbetet med detta ingenjörsarbete påbörjades, hade jag personligen ganska stora planer för hur fint och bra arbetet skulle bli. Dessa planer har jag under arbetets gång fått skala ner på, dels p.g.a. tidsbrist och dels för att begränsa innehållet i arbetet på ett logiskt sätt. Även om alla de planer jag hade för arbetet inte har gått i uppfyllelse, kan man ändå

konstatera att resultatet har varit bra, då alla de krav och önskemål som ställdes från Ekenäs Energis sida har uppfyllts. I nuläget är inte examensarbetet i perfekt skick angående Ekenäs Energis behov, men de justeringar som bör göras är dock ganska små. Den del av arbetet som Ekenäs Energi kommer ha störst nytta av, är bilagorna 1- 18.

Medan jag har jobbat med detta projekt har jag personligen lärt mig massor med nytt inom branschen samt fått en mycket bättre uppfattning om den helhet som är ett elnät. Också inom problemlösning och logiskt tänkande tycker jag att detta arbete varit mycket bra för min personliga utveckling och även om det i vissa stunder känts tungt, kan man nu konstatera att det har varit värt slitet och tankeverksamheten.

Här i sista stycket vill jag tacka Ekenäs Energi Ab för möjligheten att jobba med detta projekt och skriva detta arbete. Jag vill även tacka för det stöd jag fått och det material som jag fått ta del av ur Ekenäs Energis arkiv och litteratursamling, samt speciellt tacka Andreas Talling som fungerat som företagets kontaktperson och som har gett mig mycket värdefull information och feedback. Till sist vill jag även tacka Ronnie Sundsten som fungerat som handledare från skolans sida, för det stöd och den hjälp med arbetets upplägg som jag har fått.

Källförteckning

ABB. 2013. *Kabeldon lågspänningsfördelningar, produktkatalog 2013*. (Hämtat: 29.12.2014)

ABB. 2009. *PowerIT Pole Mounted Switch Disconnecter, NPS*. (Hämtat: 30.12.2014)

Adato Energia Oy. 2013. *Röt- och konditionsgranskning av trästolpar*.

ASEA. 1980. *Ventilavledare typ XAA, katalog 1980-03*. Västerås: Västerås kontorstryck.

Blomqvist, H. (red). 1997. *Elkraftsystem I*. Stockholm: Liber AB.

Boman, T. 2012. *Laajan maadoitusjärjestelmän määrittäminen Keuruun Sähkö Oy:n verkkoon*. Tammerfors: Tampereen Ammattikorkeakoulu.

Deviatkine, P. 2014. *Suurjännitesähkölaitteiden kunnossapito-ohjelman siirtäminen lean-toiminnanohjausjärjestelmään*. Kajaana: Kajaanin Ammattikorkeakoulu.

Ekenäs Energi Ab. (u.å.) <http://www.ekenasenergi.fi/sv/om-oss> (Hämtat: 16.1.2015)

Elovaara, J., Laiho, Y. 2007. *Sähkölaitostekniikan perusteet*. Helsingfors: Hakapaino Oy.

Elsäkerhetslag 14.6.1996/410.

Energiateollisuus. 2005. *Verkostosuositus TJ 1:05 Sähkönjakeluverkkojen maadoitusmittaukset*.

Energiateollisuus. 2009. *Verkostosuositus RJ 33:09 SWE Rötgranskning och hållfasthetsbestämning av trästolpar*.

Ensto. (u.å.) *Tillbehör för luftledningsnät, mellanspänning*. (Hämtat: 23.12.2014).

Fingrid Oyj. (u.å.)

<http://www.fingrid.fi/sv/kraftsystem/allm%C3%A4n%20beskrivning/Sidor/default.aspx>

(Hämtat: 25.11.2014)

Finlands standardiseringsförbund. 2010. *SFS- Handbok 601 Högspänningselininstallationer och luftledning*. Helsingfors: SFS.

Handels- och industriministeriets beslut 5.7.1996/517.

Hannula, T. 2011. *Paperitehtaan sähköjaketun ennakkohuolto-ohjelma*. S:t Michel: Mikkelin ammattikorkeakoulu.

Harlow, J. 2004. *Electric power transformer engineering*. Boca Raton, Florida, USA: CRC press.

Kaarlela, M. 2002. *Kaapeloinnin kannattavuus Fortum Sähköjaketun keskijänniteverkossa*. Villmanstrand: Lappeenrannan teknillinen yliopisto.

Korhonen, J. 2011. *Sähkölaitteiston hoito- ja kunnossapito-ohjelma*. S:t Michel: Mikkelin ammattikorkeakoulu.

Kärhä, J. 2009. *Relekoestuslaitteisto FREJA RTS21*. Helsingfors: Ammattikorkeakoulu Metropolia.

Radius. 1998. *NetMan- G Systembeskrivning*.

Talling, A. Ekenäs Energi Ab, elnätschef. Muntlig konversation 23.12.2014.

Tolonen, H. 2013. *Laajan maadoitusjärjestelmän todentaminen ja dokumentointi Kenet Oy:n jakeluverkossa*. Karleby: Centria Ammattikorkeakoulu.

Trimble Oy. (u.å.) <http://www.tekla.com/fi/tuotteet/trimble-nis> (Hämtat: 30.1.2015)

Turvatekniikan keskus (Tukes). 2010. *Varo ilmajohdaja*. Helsingfors: Erweko Painotuote.

Strömberg Ab. (u.å.) *Effekttransformatorer med oljeisolation 34 K 133 A 4 D*.

Suhonen, S. 2012. *10 kV kojeistojen elinkaaritarkastelu*. Kuopio: Savonia Ammattikorkeakoulu.

Sähköenergialiitto ry. 1997. *Verkostosuositus TA 1:97 Verkonhaltijan toimesta suoritettavat tarkastukset*.

Vanha, H. 2012. *Sähköverkon tarkastukset*. Kemi: Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu.

Granskningsobjekt	Intervall (år)	Senaste granskning	Nästa granskning	Följande granskning
Linjegranskning LSP	5	2013	2018	2023
Linjegranskning MSP	3	2013	2016	2019
Linjegranskning HSP	1	2014	2015	2016
Frånskijjare	5	2013	2018	2023
Transformatorer	5	2013	2018	2023
Oljeanalyser				
< 123 kV < 20 MVA	3	2013	2016	2019
< 52 kV < 20 MVA	6	2014	2015	2021
Reläprovningar	3	2012	2015	2018
Gatufördelningsskåp	5			
Grupp 1	5	2014	2019	2024
Grupp 2	5	2010	2015	2020
Grupp 3	5	2011	2016	2021
Grupp 4	5	2012	2017	2022
Grupp 5	5	2013	2018	2023
Stolpgranskning	10			
HSP	10	2013	2023	2033
MSP	10	2013	2023	2033
LSP	10	2013	2023	2033
Jordningspunkter	6	2014	2020	2026
Jordningsmätningar				
Enkel jordledare	6	2014	2020	2026
Flera jordledare	12	2014	2026	2038

Anvisningar för periodisk granskning av LSP-luftledning

Granskning av luftledning

Granskning av luftledningar görs visuellt och eventuella fel eller avvikelser i konstruktionerna antecknas i granskningsprotokollet. Utgångsläget är att allt är i skick och därför antecknas endast avvikelserna. Linjegatans röjningsbehov antecknas för de stolpar som sträckan gäller och märks även ut på kartan över linjen som granskas.

Vid granskning kollas följande punkter visuellt:

- Luftledningens skick och monteringar
- Stolpens numrering
- Installationer i stolpen
- Stolphatt, strävor, stag och eventuella andra stödkonstruktioner
- Stolpens lutning
- Jordningskonstruktioner
- Linjegatans röjningsbehov

Vid eventuella fel och avvikelser från normalt läge antecknas först stolpens numrering i protokollet och därefter kryssas rutan för punkten det gäller i. I fältet för extra anteckningar beskrivs sedan felet eller avvikelsen sakligt och så exakt som möjligt.

Anvisningar för periodisk granskning av MSP-luftledning

Granskning av luftledning

Granskning av luftledningar görs visuellt och eventuella fel eller avvikelser i konstruktionerna antecknas i granskningsprotokollet. Utgångsläget är att allt är i skick och därför antecknas endast avvikelserna. Linjegatans röjningsbehov antecknas för de stolpar som sträckan gäller och märks även ut på kartan över linjen som granskas.

Vid granskning kollas följande punkter visuellt:

- Luftledningens eller ledarnas skick, speciellt PAS-kablars isolering bör kollas noga
- Luftledningens eller ledarnas fastsättningar, isolatorer och monteringar
- Luftledningens eller ledarnas skarvar, anslutningar och klämmor
- Stolptransformatorers monteringar, konstruktioner, anslutningar och fysiska kondition
- Stolpens numrering och varningsskylt
- Installationer i stolpen
- Frånskiljares skick och numrering
- Stolphatt, strävor, stag och eventuella andra stödkonstruktioner
- Stolpens lutning
- Jordningskonstruktioner
- Linjegatans röjningsbehov

Vid eventuella fel och avvikelser från normalt läge antecknas först stolpens numrering i protokollet och därefter kryssas rutan för punkten det gäller i. I fältet för extra anteckningar beskrivs sedan felet eller avvikelserna sakligt och så exakt som möjligt. Om avvikelserna gäller en transformator kan transformatorns nummer antecknas i fältet för extra anteckningar.

Anvisningar för periodisk granskning av HSP-luftledning

Granskning av luftledning

Granskning av luftledningar görs visuellt och eventuella fel eller avvikelser i konstruktionerna antecknas i granskningsprotokollet. Utgångsläget är att allt är i skick och därför antecknas endast avvikelserna. Linjegatans röjningsbehov antecknas för de stolpar som sträckan gäller och märks även ut på kartan över linjen som granskas.

Vid granskning kollas följande punkter visuellt:

- Ledarnas fysiska skick
- Ledarnas fastsättningar, isolatorer och monteringar
- Ledarnas skarvar, anslutningar och klämmor
- Stolpens numrering och varningsskylt
- Installationer i stolpen
- Frånskiljares skick och numrering
- Stolphatt, strävor, stag och eventuella andra stödkonstruktioner
- Stolpens lutning
- Stolpens fundament, betongens skick
- Jordningskonstruktioner
- Linjegatans röjningsbehov

Vid eventuella fel och avvikelser från normalt läge antecknas först stolpens numrering i protokollet och därefter kryssas rutan för punkten det gäller i. I fältet för extra anteckningar beskrivs sedan felet eller avvikelsen sakligt och så exakt som möjligt.

Anvisningar för periodisk granskning av stolptransformator och frånskiljare

Ett separat mättningsprotokoll bör användas och bifogas till det egentliga granskningsprotokollet.

Allmänt

- Granskning av endast frånskiljare, ifall granskning av endast frånskiljare utförs, kryssas rutan i protokollet i för att markera detta. Punkterna avsedda för transformatorn frånses sedan och endast punkterna som rör frånskiljaren fylls i.
- Scheman och dokumentation, kolla att planeringen stämmer med installationerna och dokumentera eventuella skillnader.
- Livsfara-skyltar, kolla att Livsfara-skyltarna är hela och synliga.
- Identifikationsskyltar, kolla att identifikationsskyltarna för både transformatorn och frånskiljaren är hela, rena och synliga.
- Placering och säkerhet, kolla att konstruktionerna inte förorsakar fara för dem som rör sig i området. Kolla också att konstruktionerna inte formar en rutt som lätt kan användas för att nå spänningsförande delar.
- Djurskydd, kolla att djurskydd av transformatorns lsp- och hsp-sidor är i skick.

Transformator

- Transformatorhölje, oljebehållare, kolla att transformatorn och oljebehållaren är hela. Kolla också oljemängden och att alla fastsättningar är i skick.
- Jordning av transformatorhölje, kolla att transformatorhöljet är skyddsjordat.
- Omsättningskopplarens läge, kolla att kopplaren är i rätt läge enligt schemat och anteckna lägets nummer i protokollet (ex. 3).
- Antalet steg på omsättningskopplaren, anteckna antalet steg på omsättningskopplaren i protokollet.
- Transformatorns isolator, kolla att isolatorerna är rena och hela.
- Oljeläckage, kolla att transformatorn inte läcker olja. Kolla också tätningar och fogar.
- Typskylt, ta ett fotografi av typskylten eller anteckna infon i granskningsprotokollet.

HSP-sidan

- HSP-reglar, isolatorer, hållare och najspiraler, kolla monteringar av reglar, isolatorer, hållare och najspiraler och att de är överensstämmande med planeringen.
- Frånskiljare, kolla att frånskiljaren öppnar och stänger lätt, allpoligt och samtidigt. Kolla också att luftgapet mellan kontaktorna är tillräckligt i öppet läge. Testa att frånskiljarmanöverdonets lägesindikeringar stämmer. Fjärrstyrda frånskiljare ska testas med fjärr- och direktmanövrering samt med manuell styrning.
- Frånskiljarmanöverdon, kolla att fästningar, stöd och monteringshöjd av manöverstångens isolatorer är i skick. Kolla att manöverdonets monteringshöjd är lämplig och att låsningen fungerar.
- Anslutningspunkter för arbetsjordningar, kolla att arbetsjordningspunkterna är i skick.
- Anslutningar och klämmor till anslutningsledningar, kolla anslutningarna till anslutningsledningar (luftledning, frånskiljare, transformator, HSP-kabeländelse, ventilavledare).
- Ventilavledare, kolla att ventilavledaren är korrekt fäst. Kolla luftavstånden för gnistgap eller motsvarande skydd.

LSP-sidan

- LSP-centraler, kolla monteringarna av stolpsäkringsbrytare, fördelningsskåp eller motsvarande central. Kolla också funktionen av brytare och kopplare och att låsen fungerar.
- Matarledningar, kolla att matarledningarna till LSP-centralen är korrekt fästa och stämmer överens med planeringen. Kolla även monteringsavstånd, kopplingar, ändelser och mekaniska skydd.
- Säkringslastbrytare, kolla och testa att säkringslastbrytaren fungerar. Kolla också att eventuella driftredskap som behövs är tillgängliga.
- Styrkablar, kolla monteringarna och kopplingarna av styr- och signalkablar till frånskiljar- eller brytarkontrollskåpen.

Jordningar

- Jordning av HSP-reglar, kolla att jordningen av reglar stämmer med planeringen.
- Jordning av HSP-stag, om det finns stag utan isolatorer som ändå är utsatta för hsp-spänning, ska jordning av dessa kollas. Vid behov ska klämmorna förses med isoleringsbitar.
- Jordning av frånskiljarreglar, kolla att frånskiljarreglarna är jordade.
- Jordning av LSP-stag, kolla att stag utsatta för lsp-spänning är jordade. Vid behov ska klämmorna förses med isoleringsbitar.
- Jordledare/anslutningar, kolla att jordningarna har gjorts planenligt. Kolla anslutningar, klämmor, skarvar och avgreningar på PEN- och skyddsjordningarna. Kolla att jordledarna är korrekt märkta, fästa och skyddade.
- Beröringsskydd, kolla att jordningarnas skyddsror är monterade på rätt höjd (2,3 m från marken och 0,2 m under marken) och att skyddsskivorna är på sina platser.
- Potentialutjämnings elektrod, kolla att potentialutjämnings elektroden (-elektrodena) är gjorda och kopplade till jordledarna.
- Jordtag, kolla att jordtagen är gjorda och kopplade till jordledarna enligt planeringen.
- Samjordning, kolla att jordningarna av nätstationen är gemensamma. Skilda jordningar tillåts endast undantagsvis.

Mätningar

- Strömmar, strömmarna i varje fas skall mätas och antecknas i protokollet.
- Spänningar, spänningarna mellan alla faser samt mellan L1 och PEN-ledare ska mätas och resultaten antecknas i protokollet. Om spänningarna mellan faserna är märkbart olika, skall spänningsmätning mellan varje fas och PEN göras.
- Kontinuitet hos skydds- och PEN-ledare, kontinuiteten hos skydds- och PEN-ledare ska säkerställas. Detta görs genom slingimpedansmätning. Det sämsta resultatet och mätningpunkten antecknas i ett separat mättings/provningsprotokoll som bifogas till granskningsprotokollet.
- Konstaterande av skicket på potentialutjämningselektrod, kolla visuellt att anslutningen av potentialutjämningselektroden är i skick och att elektroden säkert är täckt med jord. Mät även resistansen med en jordresistansmätare, ett typiskt resultat för elektroden är under 1Ω . Resultatet antecknas i protokollet.
- Kontinuitet hos ett omfattande jordningsnät, mät med en jordningstester. Det lägsta mätresultatet ska antecknas i protokollet.
- Jordningar av nätstation, värdena på det använda jordningssättet ska mätas och antecknas i protokollet. Värden som kan mätas är värden för sam-, PEN- eller skyddsjordningar.
- Mätning av isolationsresistans, alla mätningar ska göras på alla icke metallmantlade LSP-kablar. Det lägsta värdet och mätningstället ska antecknas i ett separat mättingsprotokoll. Akta så att inte mätspänningen riktar sig t.ex. mot ibrukvarande apparater. Isolationsresistanser ska mätas för punkterna L1-PEN, L2-PEN, L3-PEN, L1-L2, L2-L3 och L3-L1.
- Fasföljd och fasning, granska att fasföljden stämmer och att fasningen är i skick.

Anvisningar för periodisk granskning av parktransformatorstationer

Ett separat mättningsprotokoll bör användas och bifogas till det egentliga granskningsprotokollet.

Allmänt

- Scheman och dokumentation, kolla att ritningarna överensstämmer med utrustningen. Anteckna och meddela om ändringar gjorts.
- Dörrar och lås, kolla att alla dörrar är hela, att gångjärn löper och att alla lås fungerar.
- Transformatorns numrering, numreringsskylten ska vara hel och synlig.
- Livsfara-skyltar, kolla att livsfara-skyltar finns utplacerade, är hela och synliga.
- Belysning, eventuell belysning testas.
- Ventilation, granska att ventilationskanalerna är öppna och rena.
- Anslutningspunkter för arbetsjordningar, granska att punkterna är hela och rena.
- Skick och omgivning, transformatorns allmänna renlighet och omgivning granskas. Kolla också att marken utanför transformatorn är stabil och jämn, och att transformatorstationen står rakt.
- Jordningar, kolla att potentialutjämningselektroderna har byggts och anslutits till transformatorstationen.

Transformator

- Transformatorhölje, oljebehållare, kolla att transformatorn och oljebehållaren är hela. Kolla också att alla fastsättningar är i skick.
- Jordning av transformator, kolla att transformatorhöljet är skyddsjordat.
- Omsättningskopplarens läge, kolla att kopplaren är i rätt läge enligt schemat och anteckna lägets nummer i protokollet (t.ex. 3).
- Antalet steg på omsättningskopplaren, anteckna antalet steg på omsättningskopplaren i protokollet.
- Transformatorns isolator, kolla att isolatorerna är rena och hela.
- Oljeläckage, kolla att transformatorn inte läcker olja. Kolla också tätningar och fogar.

- Typskylt, ta ett fotografi av typskylten eller anteckna infon i granskningsprotokollet.
- Termometer, kolla att termometern är korrekt fäst, hel och avläsbar. Anteckna temperaturen i protokollet.

HSP-sidan

- Ställverk, visuell granskning av kablar och anslutningar. Kolla att en säker isolationsnivå är garanterad mellan alla kablar och mellan kablar och andra metalledlar.
- Jordning av ställverk, kolla att skyddsjordningarna har gjorts enligt schemat. Kolla också märkningar av jordade föremål.
- Kabelgenomföringar, kolla att kabelgenomföringarna är i skick. Kolla också att kablarna är sakenligt fästa och att kablarnas böjning är rimlig.
- Isolatorer, kolla att alla isolatorer är hela och rena. Kolla också att fastsättningarna är i skick.
- Frånskiljare, kolla att frånskiljarens märkningar är hela, synliga och korrekta. Kolla också att schemat överensstämmer med installationen. Funktionen av frånskiljaren och frånskiljarens knivar testas också.
- Brytare, brytarens funktion och oljenivå kollas. Testa också brytarens manöverdon.
- SF6 gastryck, kontrollera att gastrycket är i skick.
- SF6 spänningsprovare, kolla att eventuella spänningsindikatorer fungerar.
- Säkringar, kolla att säkringarna är rätt installerade och av rimlig storlek. Kontrollera också att säkringslastfrånskiljaren fungerar genom att använda en provsäkring. Kolla att det finns tillräckligt med reservsäkringar och att de förvaras på en lämplig plats.
- Märkningar av HSP-utgångar, kontrollera att alla utgångar har märkningar som är hela och synliga.

LSP-sidan

- LSP-ställverk, kontrollera att utrustningen stämmer med ritningen och att alla brytare och manöverdon fungerar.
- Matarledning till LSP-central, kolla att alla kablar, skenor, genomföringar, skydd och kopplingar är gjorda enligt planen och i skick.
- Jordning av LSP-central, kolla att jordningen är gjord enligt schemat och att anslutningarna är i skick.
- PEN-jordning, kolla att PEN-jordningen är i skick.
- Jordning av jordningsskenan, kontrollera jordningsskenans jordning.
- Kabelutgångar och säkringsbrytare, kolla att kabelutgångarna och säkringsbrytarna är märkta och motsvarar schemat. Kolla också kablarnas fästningar, genomföringar, böjningar, kopplingar och mekaniska skydd. Kolla också säkringsbrytarnas montering.
- LSP-säkringar, kolla att utgångssäkringarnas storlek stämmer överens med schemat. Kolla också att det finns reservsäkringar och att dessa är förvarade på lämplig plats.
- Strömtransformatorer, kontrollera strömtransformatorer, spänningsomsättning och kopplingar.
- Mätare, eventuella mätares (ex. GB-mätning) funktion kollas. En gul lampa i mätaren ska lysa. Om en röd lampa lyser, får mätaren inte kontakt.

Mätningar

- Strömmar, fasströmmarna mäts och antecknas.
- Spänningar, spänningarna L1-L2, L2-L3, L3-L1 och L1-PEN ska mätas och antecknas. Om det finns skillnader vid mätning mellan faserna, ska även L2-PEN och L3-PEN mätas och antecknas.
- Felströmsskydd, felströmsskydden testas och den nominella strömmen antecknas.
- Bryttid, bryttiden för felströmsskydden antecknas.
- Kontinuitet hos skydds- och PEN-ledare, kontinuiteten hos skydds- och PEN-ledare ska säkerställas. Detta görs genom slingimpedansmätning. Det sämsta resultatet och mätningspunkten antecknas i ett separat mätnings/provningsprotokoll som bifogas till granskningsprotokollet.
- Konstaterande av skicket på potentialutjämningselektrod, kolla visuellt att anslutningen av potentialutjämningselektroden är i skick och att elektroden säkert är täckt med jord. Mät även resistansen med en jordresistansmätare, ett typiskt resultat för elektroden är under 1Ω . Resultatet antecknas i protokollet.
- Jordningar av transformatorstation, värdena på det använda jordningssättet (sam-, PEN- eller skyddsjordning) ska mätas och antecknas.
- Mätning av isolationsresistans, alla mätningar ska göras på alla icke metallmantlade LSP-kablar. Det lägsta värdet och mätningsstället ska antecknas i ett separat mätningsprotokoll. Akta så att inte mätspänningen riktar sig t.ex. mot ibrukvarande apparater. Isolationsresistanser ska mätas för punkterna L1-PEN, L2-PEN, L3-PEN, L1-L2, L2-L3 och L3-L1.
- Fasföljd och fasning, granska att fasföljden stämmer och att fasningen är i skick.

Anvisningar för periodisk granskning av gatufördelningskåp

Ett separat mättningsprotokoll bör användas och bifogas till det egentliga granskningsprotokollet.

Allmänt

- Scheman och dokumentation, kolla att ritningarna överensstämmer med utrustningen. Anteckna och meddela om ändringar gjorts.
- Dörrar och lås, kolla att alla dörrar är hela, att gångjärn löper och att alla lås fungerar.
- Gatufördelningskåpets numrering, numreringsskylten ska vara hel och synlig.
- Livsfara-skyltar, kolla att livsfara-skyltar finns utplacerade, är hela och synliga.
- Anslutningspunkter för arbetsjordningar, granska att punkterna är hela och rena.
- Skick och omgivning, skåpets allmänna skick och omgivning granskas. Kolla också att marken utanför skåpet är stabil och jämn, och att skåpet står rakt.
- Renlighet, kolla att skåpet är rent både på in- och utsidan.
- Märkningsstolpe, kolla att skåpets märkningsstolpe är hel, sitter ordentligt fast och att varningstejpen är hel och tillräcklig.

Kablar och utgångar

- Kabelutgångar och säkringsbrytare, kolla att kabelutgångarna och säkringsbrytarna är märkta och motsvarar schemat. Kolla också säkringsbrytarnas montering och att säkringarna stämmer med schemat.
- Kablar, kolla att kablarnas fästningar, genomföringar, böjningar, skarvar och kopplingar är i skick.
- Monteringsavstånd, kolla att avståndet mellan kablarna eller konstruktioner är tillräckligt.
- Skyddsavstånd, kolla att avstånden mellan spänningsförande delar och mellan spänningsförande delar och jord är tillräckliga.
- Jordningar, kolla att jordtagen är anslutna till PEN-ledare eller skena och är sakligt skyddade.

- Mekaniska skydd, kolla kablarnas och jordledarnas mekaniska skydd. Kontrollera att skydden inte orsakar belastning på kablarna.

Mätningar

- Spänningar, spänningarna L1-L2, L2-L3, L3-L1 och L1-PEN ska mätas och antecknas. Om det finns skillnader vid mätning mellan faserna, ska även L2-PEN och L3-PEN mätas och antecknas.
- Mätning av isolationsresistans, mätningar ska göras på alla icke metallmantlade LSP-kablar. Det lägsta värdet och mätningstället ska antecknas i ett separat mätningsprotokoll. Akta så att inte mätspänningen riktar sig t.ex. mot ibrukvarande apparater. Isolationsresistanser ska mätas för punkterna L1-PEN, L2-PEN, L3-PEN, L1-L2, L2-L3 och L3-L1.
- Kortslutningsströmmar, kortslutningsströmmarna ska mätas vid utgångspunkten, vid avtalade knutpunkter samt vid anslutningspunkten av arbetsobjektet. Resultaten antecknas i mätningsprotokollet. Anmärkningar antecknas i granskningsprotokollet. Kolla att kortslutningsströmmen inte överskrider apparaternas eller komponenternas högsta tillåtna värde!
- Jordtags elektrod, kolla att elektrodens anslutning är i skick och att elektroden säkert är täckt med jord. Jordningsresistansen kan också mätas med en jordningsresistansmätare, ett typiskt värde borde vara under 1Ω . Resultatet antecknas i mätningsprotokollet.
- Kontinuitet hos skydds- och PEN-ledare, kontinuiteten hos skydds- och PEN-ledare ska säkerställas. Detta görs genom slingimpedansmätning. Det sämsta resultatet och mätningpunkten antecknas i ett separat mätnings/provningsprotokoll som bifogas till granskningsprotokollet.
- Fasföljd och fasning, kolla att fasföljden stämmer och att fasningen är i skick.

Anvisningar för periodisk granskning av stolpar

Stolpens numrering, kolla att stolpen märkningar stämmer överens med planeringen. Vid felaktig dokumentation, anteckna bristerna i protokollet.

Typ av stolpe, anteckna vilken sorts stolpe ifrågavarande stolpe är.

Typer av stolpar:

- Enkel stolpe
- Dubbelstolpe
- Stolpe med stag
- Stolpe med sträva
- H- stolpe
- Stålstolpe

Installationer i stolpe, fyll i om stolpen används för LSP, HSP, GB eller för telefonkabel. Om det finns flera installationer i samma stolpe fylls flera rutor i.

Stolpens underlag, fyll i om stolpen står i jorden eller på berg.

Stolpens längd, bestäm stolpens längd ovanför marken med käppmetoden eller på annat sätt.

Stolphatt, kolla att stolpens hatt är på plats.

Stolpens lutning, fyll i rutan för en felaktighet om stolpen lutar. I anteckningsfältet kan även beskrivas hur mycket stolpen lutar.

Stolpens rötskador, rötskadan på stolpen bedöms på skalan 0-4, var 0 = frisk och 4 = svår röta. Villkoren för bedömningen finns i bilaga 1. Först granskas stolpen visuellt, kolla efter sprickor och hål vid tvärsålar och vid fästpunkter för krokarna och stag. Fortsätt sedan med att knacka på stolpen med t.ex. en yxa eller hammare. Börja vid marknivå och knacka upp till ca två meters höjd. Om stolpen låter ihålig, ta ett borrhov från denna punkt. Från borrhovet kollas stolpens väggjocklek och antecknas i protokollet. Borrhov tas ej om stolpen ej låter ihålig. Stolpens diameter mäts och antecknas i protokollet. Sedan används tabellen i bilaga 1 för att få fram stolpens friska rot diameter. Denna antecknas också i protokollet.

Sedan använder man prylen för att bryta loss flisor från stolpens mjukare sida, samma sida som man tagit borrhovet från. Detta skall även göras ca 30 cm under marknivån, så en tillräckligt stor grop grävs. Sedan väljs den till synes svagaste punkten på stolpen. Därifrån bryts flisor loss med prylen tills friskt trä påträffas. Även den motsatta sidan av stolpen undersöks. Prylen trycks in i träet, får ej slås.

Jordningar, granska om det från stolpen går en jordledare ner i marken eller om det i stolpen finns ett jordningsrep fäst, som kommer från en annan jordningspunkt.

Varningsmärkningar för arbets säkerheten, om stolpen är rötskadad bör den märkas med ett eller två gula varningsband. I fallet om ett eller två band skall användas, se tabellen i bilaga 2. I en stolpe med ett gult band kan man klättra om stolpen är ändamålsenligt stödd. I en stolpe märket med två band får man inte klättra.

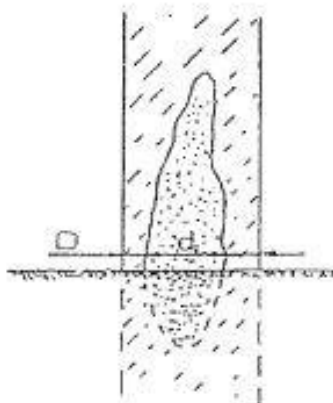
Andra märkningar, om det på stolpen hittas andra märkningar, t.ex. årsspikar och efterimpregneringsmärkningar kryssa i rutorna för dessa. Övriga märkningar kan dokumenteras under extra anteckningar.

Linjegatans röjningsbehov, ifall röjning bör göras längs med linjegatan, kryssas rutan i för den eller de närmaste stolparna.

Grader av rötskada

- **0 - Frisk**
 - - under 20- årig tryckimpregnerad stolpe.
- **1 - Begynnande röta**
 - - röta till max 2 mm djup runt stolpen.
- **2 - Synlig röta**
 - - röta 2-10 mm djupt runt stolpen.
- **3 - Kraftig röta**
 - - röta 10-20 mm djupt runt stolpen.
- **4 - Svår röta**
 - - röta över 20 mm djupt runt stolpen.

Bestämning av frisk rot diameter hos en ihålig stolpe.



D = Stolpens hela rot diameter

d = Stolpens friska rot diameter

d_1 = Ihålighetens diameter

		D (cm)													
		31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18
d_1 (cm)	22	28													
	21	29	27												
	20	29	27	27											
	19	29	28	27	26										
	18	30	29	27	26	25									
	17	30	29	28	27	26	24								
	16	30	29	28	27	26	25	24							
	15	30	29	28	27	26	25	24	23						
	14	31	30	28	27	26	25	24	23	22					
	13	31	30	29	28	27	25	24	23	22	21				
	12	31	30	29	28	27	26	25	23	22	21	20			
	11	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	20	19		
	10	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	
	9	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18

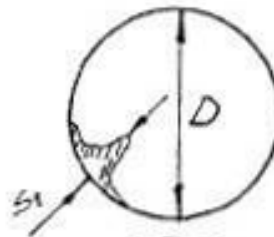
Bestämning av frisk rotdiameter hos en stolpe med ytröta

D = Stolpens hela rotdiameter

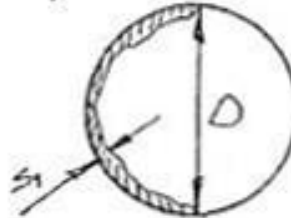
d = Stolpens friska rotdiameter

s = Djupet av den ruttna delen

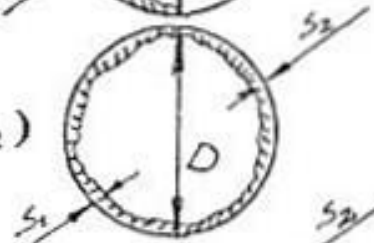
$$d = D - s_1/4$$



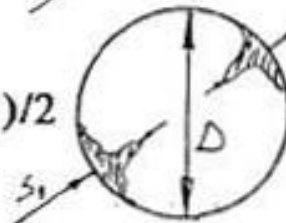
$$d = D - s_1$$



$$d = D - (s_1 + s_2)$$



$$d = D - (s_1 + s_2)/2$$



Stolpar som skall märkas med gult band

De stolpar som är farliga ur arbetssäkerhetssynpunkt märks i terrängen med gula varningsband runt stolpen.

Då man bestämmer de friska rotdiametrar som krävs vid montagelast utgår man från följande uppgifter:

- fristående stolpe utan stöd från ledare och stag
- montörens vikt 100 kg, avstånd från stolpen 100 cm
- ingen hänsyn tas till ledarnas och utrustningens vikt
- montören vacklar med hastigheten 1,4 m/s
- rörelsen stannar på en sträcka av 30 cm
- stolpen lutar inte mycket

L = Stolpens längd ovan mark (totallängd -2 m)

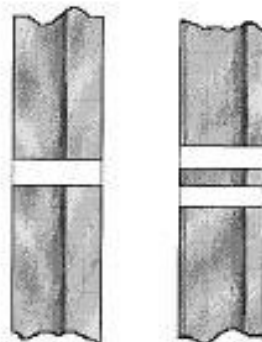
O = Frisk rot diameter då ett varningsband fästs i stolpen

OO = Frisk rot diameter då två varningsband fästs i stolpen

L	O	OO
6	13	11
7	14	12
8	14	12
9	15	13
10	15	13
11	16	14
12	17	15
13	18	16

och så vidare. Den friska rot diameters mått växer 1 cm för varje stolpmeter.

Man bör observera att stolpen kan bli en arbetsskyddsrisk före nästa granskning, beroende på granskningsintervallets längd. I praktiken innebär detta att stolpen måste förnyas inom snar framtid och märkas med gula varningsband.



Anvisningar för jordtagsmätningar

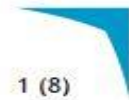
Granskning av jordtag

Som anvisningar för jordtagsmätning används Headpowers dokument "Anvisning för jordtagsmätning (BP06)".



BP06

12.08.2004 (08.06.2009)



1 (8)

Anvisning för jordtagsmätning (BP06)

Index:

	sida:
1. Allmänt	1
2. Jordtagsmätning	2
2.1. Mätning av värdet på en enstaka jordning frikopplad från nätet	2
2.1.1 Allmänt om mätning och mätkopplingar	2
2.1.2. Mätning med inflexionspunktsmetod	3
2.1.3. Mätning med en anpassad inflexionspunktsmetod	4
2.2. Tilläggsåtgärder i samband med mer omfattande jordnings-system	4
2.2.1 Seriemätning	5
2.2.2 Definition på jordningsvärde med hjälp av mätresultat	6
2.2.3 Definition på jordmotstånd vid en problemsituation	6
3. Val av mätningssätt i samband med besiktningen	7
3.2 Mätningssätt för jordningar inom transformator-distriktet i samband med ibruktagningsbesiktning	7
3.3 Mätningssätt för jordning av en enstaka ledningsfrånskiljare eller mörtsvarande enstaka jordning	7
4. Konstaterande at potentialutjämningsledarens skick	7

1. Allmänt

Jordtagsmätningssätt som presenteras i denna anvisning är avsedd för utredning av värdet på totaljordning av enstaka jordningar och enstaka transformatorstationer. Mätningen kan utföras antingen med inflexionspunktsmetod eller med en tillämpning av inflexionspunktsmetod. Enligt båda metoder skall värdet på den för mätningens tid från nätet frikopplade enstaka elektroden mätas med bryggmätningssätt. På detta sätt kan man också mäta värdet på ett jordningsnät som består av några elektroder inom begränsat område. Värdet på totaljordning inom mer omfattande nät skall definieras separat, med hjälp av seriemätningssätt som har mätts mellan jordning frikopplad från nätet och jordning av annat nät, genom att räkna eller genom att räkna parallell koppling mellan de flesta elektroder som har mätts separat. Beräkningen baserar sig på antagandet att separata jordningar kopplade till nätet bildar nätet av parallellt kopplade motstånd. Seriemätning kan användas endast när nätet är spänningslöst. (tillägg 08062009)



2. Jordtagsmätning

2.1. Mätning av värdet på en enstaka jordning frikopplad från nätet

2.1.1 Allmänt om mätning och mätkopplingar

Elektrod som kommer att mätas väljs på följande grunder:

- Välj elektrod som lätt kan frikopplas från nätet och vilkas sammanslutning med andra elektroder genom jord är osannolikt.
- Välj elektrod från vilken mätledningarna kan dras i sådan riktning där det tydligen inte finns andra jordningar eller rörsystem eller andra konstruktioner som är i ledande anslutning med jorden.
- Välj elektrod från vilken mätledningarna kan dras i sådan riktning där det inte finns hinder såsom väg eller annan livligt trafikerad bana.

Mätledningar skall dras till terrängen. Vid dragningen skall följande saker beaktas:

- Mätledningar kan dras i samma riktning dock så att på terrängen avståndet mellan dem är c.1 m.
- Beakta med dragriktningen att vad i det föregående har sagts om valet av elektroden som kommer att mätas.

Mätelektroden skall nedsänkas i jorden och mätledarna skall kopplas:

- Elektroder skall nedsänkas till minst 0.5 m djup för att få ett pålitligt mätresultat.
- Mätning under vintertid är inte rekommendabelt eftersom tjäle förorsakar fel till mätresultat
- Mätledarna skall kopplas på ett pålitligt sätt till mätelektroder (t.ex. alligatorkräftar med tillräckligt styva fjädrar eller för banankontakt lämplig borring till elektroden).

Frikoppla den elektrod som kommer att mätas från det övriga jordningsnätet, antingen med en klämma eller genom att bryta den från sådant ställe till vilket kan man montera en pålitlig klämma efter mätningen. Vid frikoppling skall man akta sig för utjämningsström som möjligen kan förekomma vid en felsituation av nätet.

Koppla mätledningen till den frikopplade elektroden. Uppkopplingen skall utföras på ett pålitligt sätt genom att använda t.ex. alligatorkräftar med tillräckligt styva fjädrar.

Mätledningar skall kopplas till mätinstrumentet. Ledningarnas uppkoppling beror på mätinstrument som kommer att användas. Mätinstrument som vanligast används har försetts med två kopplingspunkter för elektrod som kommer att mätas. Enligt metoder beskrivade på denna anvisning skall elektrod som kommer att mätas anslutas till båda mätpunkter eller det finns en intern uppkoppling inom mätinstrumentet med hjälp av vilken kan denna sammanslutning genomföras.

Mätledningar som kommer från mätelektroder skall kopplas ihop enligt bruksanvisningen given för mätinstrumentet. Ändå på sådant sätt att båda ledningarna kommer till egen kopplingspunkt och att inre koppling som möjligen sammankopplar dessa ledningar är öppen.



Mätning och läsning av mätinstrumentet skall utföras enligt mätinstrumentets egen anvisning. Här finns några allmänna anvisningar:

- Om mätinstrumentets avlästa värde är oroligt och det är svårt att definiera det exakta värdet lönar det sig att kontrollera mätledningarnas kopplingar.
- Med några mätinstrument kan visarens rörelshet också berätta om spänningsskillnad mellan objekt som mäts.
- Om mätresultatet är ändlöst lönar det sig att först kontrollera mätkoppling och mätledningar för att hitta möjliga dåliga kontakter.

2.1.2. Mätning med inflexionspunktsmetod

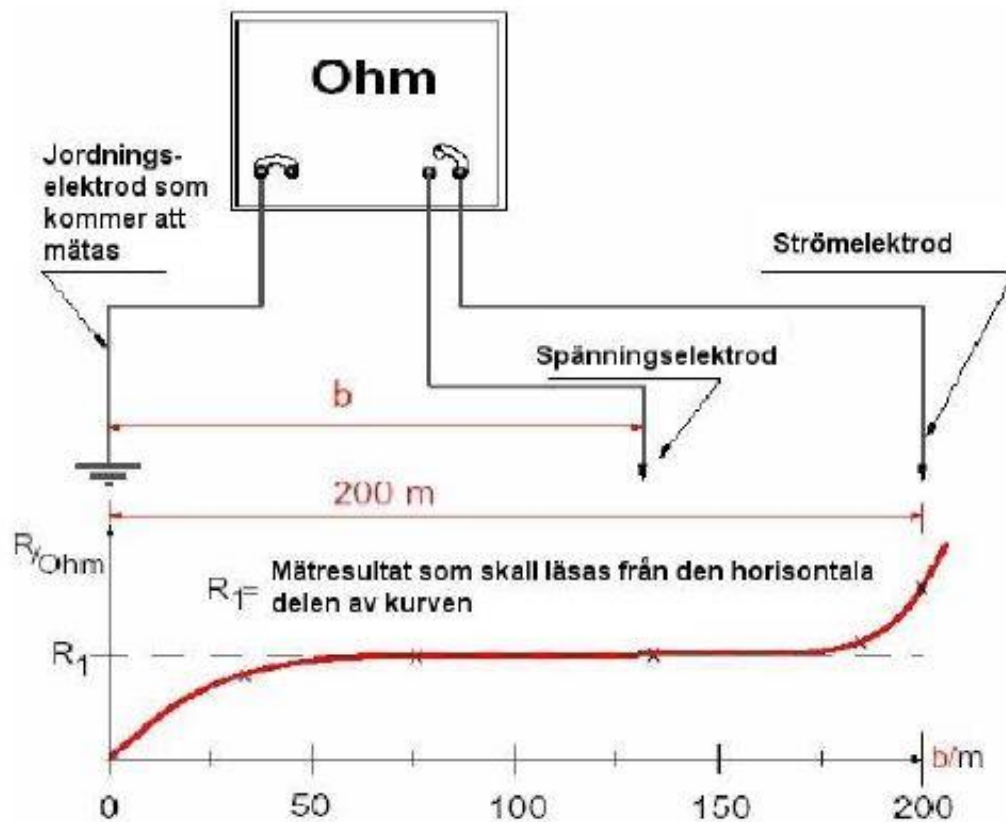
Med inflexionspunktsmetod avses att man tar strömelektroden till 200 meters avstånd från mätpunkten. Mätningen skall utföras så att stället för spänningselektroden skall överflyttas mellan strömelektroden och mätpunkten (Fig.1). Vid varje ställe skall spänningselektroden försiktigt doppas i jorden. Mätresultatet skall läsas från mätaren och antecknas.

Vid behov kan man skissera ett diagram över mätresultaten (mätresultat R beträffande avståndet från spänningselektroden). Mätresultatet skall läsas från denna punkt där resistansvärdet inte i nämnvärd grad ändrar även om avståndet förändras (horisontal del av kurven). Mätresultatet R_1 skall utskrivas.

Om jordning som kommer att mätas är begränsad d.v.s. den omfattar endast ett par nära elektroder (t.ex. en enstaka ledningsfrånskiljare), kan mätningen utföras utan att frikoppla den elektrod som kommer att mätas separat. Det avlästa värdet kan med tillräcklig noggrannhet anses beskriva värdet av hela jordningen.



Fig. 1. Inflexionspunktsmetod



2.1.3. Mätning med en anpassad inflexionspunktsmetod

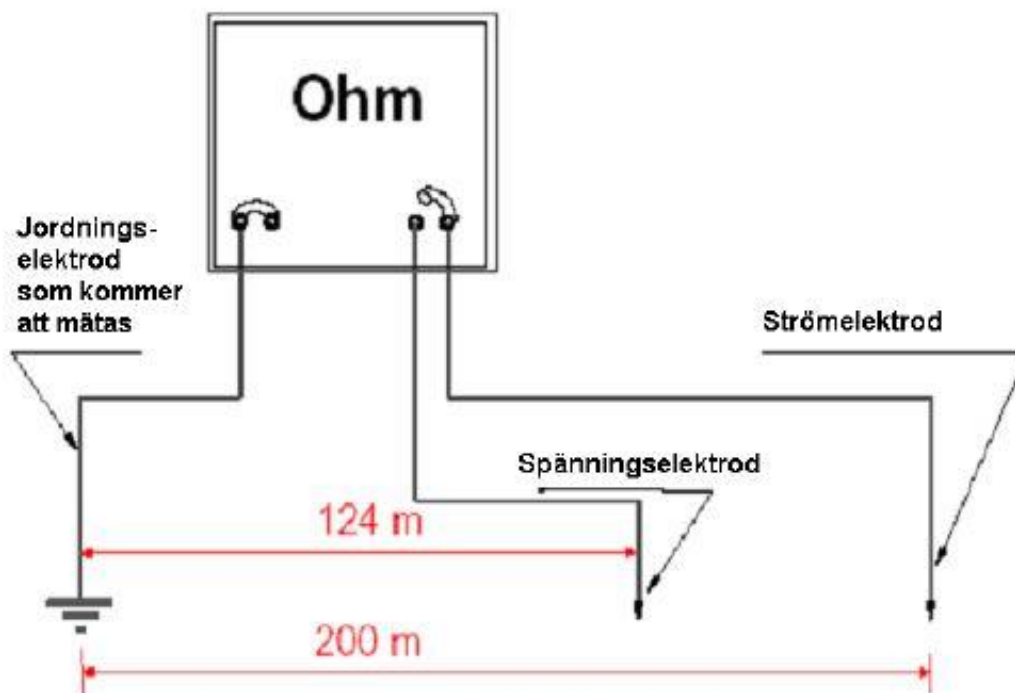
Vid denna mätning (Fig. 2) tar man det avlästa värdet endast på ett avstånd mellan mätelektroder, mätledningarnas längder är 200 m och 126 m (relation av mätpunkternas avstånd är c. 63 %)

På sådant sätt fått mätresultat R_1 skall antecknas.

Om jordning som skall mätas är begränsad d.v.s den omfattar endast ett par nära elektroder (t.ex. en enstaka ledningsfrånkiljare), kan mätningen utföras utan att frikoppla den elektrod som kommer att mätas separat. Det avlästa värdet kan med tillräcklig noggrannhet anses beskriva värdet av hela jordningen.



Fig. 2. Anpassad inflexionspunktsmetod



2.2. Tilläggsåtgärder i samband med mer omfattande jordningssystem

Om det är fråga om mer omfattande jordningssystem t.ex. jordningar kopplade till nätstationens PEN-ledare skall följande tilläggsåtgärder vidtas oberoende av om det har använts inflexionspunktsmetod eller anpassad inflexionspunktsmetod för att definiera en enstaka elektrod.

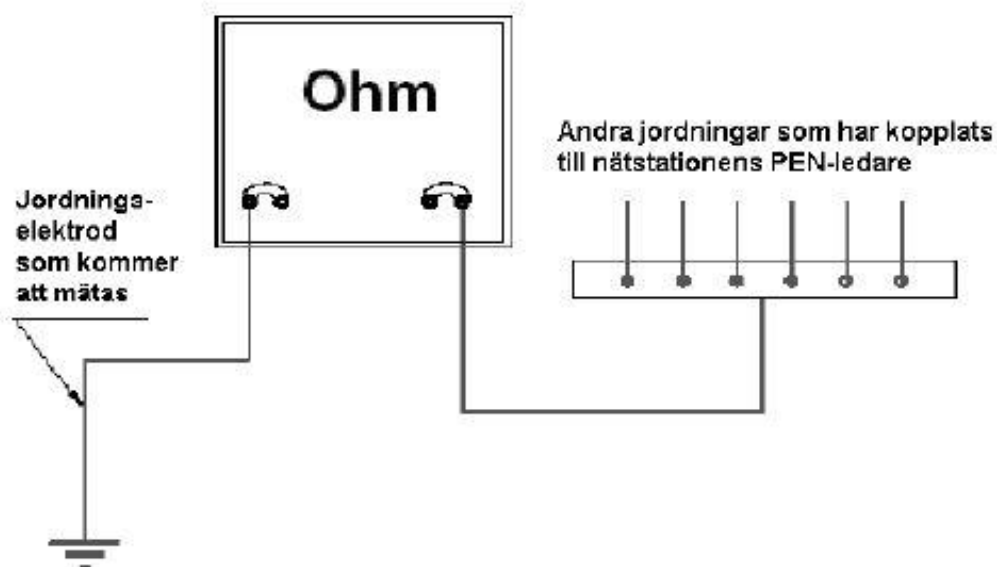
2.2.1 Seriemätning

Seriemätning skall utföras mellan separat frikopplad jordning och annan jordning (Fig. 3). Obs. Seriemätning kan användas endast när nätet är spänningslöst. (tillägg 08062009)

Den ena mätledningen kopplas till den frikopplade elektroden som kommer att mätas och den andra till jordning som har kopplats till nätstationens PEN-ledare. Enligt anvisningen given för mätinstrumentet skall mätledarna anslutas till sk. seriemätningssposition i allmänhet till klämmor i olika ändor av mätinstrumentet. Mätresultat R_s skall antecknas.



Fig. 3. Seriemätning



2.2.2. Definition på jordningsvärde med hjälp av mätresultat

Separata jordningar som har kopplats till ett jordningsnät är i princip kopplade parallellt och deras gemensamt jordmotståndsvärde R_k kan beräknas enligt följande formel:

$$1 / R_k = 1 / R_1 + 1 / R_2 + 1 / R_3 + \dots + 1 / R_n$$

Vi har genom att mäta utrett värdet av en enstaka jordning R_1 . Vi har mätt seriemättningsresultat R_s , vilket i princip är:

$$R_s = R_1 + 1 / R_2 + 1 / R_3 + \dots + 1 / R_n \quad \text{Antecknas } R_a = 1 / R_2 + 1 / R_3 + \dots + 1 / R_n$$

$$R_s = R_1 + R_a \text{ från vilket}$$

$$R_a = R_s - R_1$$

Då kan gemensamt jordmotståndsvärdet R_k uttalas (två parallellkopplade motstånd).

$1 / R_k = 1 / R_1 + 1 / R_a$ från vilket R_k , ett gemensamt jordmotståndsvärdet är:

$$R_k = R_a \times R_1 / R_a + R_1$$



2.2.3 Definition på jordmotstånd vid en problemsituation

Om R_n -värdet blir en negativ siffra är det inte möjligt att genom att beräkna definiera totaljordningsvärdet R_k från denna mätpunkt. Eller om mätresultaten annars verkar opålitliga, t.ex. när man jämför dem med tidigare siffror.

Då kan man förfara på följande sätt:

Det inmätta jordningsvärdet R_1 skall antecknas och därefter mäts värdet på följande jordning. I några fall blir R_n -värdet inte positivt vid någon punkt inom transformator-distriktets område och jordningsvärdet kan inte beräknas på sätt som har beskrivits tidigare. Då antecknas värden på separata inmätta jordningar ($R_1, R_2, R_3 \dots R_n$) och med hjälp av dem skall totaljordningsvärdet (parallellkopplade motstånd) beräknas. Särskilt vid problemsituationer bör man beakta att det räcker när mätresultatet (som har mätts och beräknats) är lägre än kravet överensstämmande med bestämmelser. Definition på det exakta värdet vid dessa problemsituationer kräver ofta överdrivna mängder av mätningar.

3. Val av mätningssätt

Mätning av ett nytt eller grundreparerat elnät skall utföras med en metod där antalet mätresultat är så stort att felet som möjligen förekommer med en enstaka mätning kan undvikas. Mätresultat från ny nät kan vanligen inte jämföras med inget redan existerande gammalt värde.

Med mätning av jordningsvärdet på den existerande konstruktionen är det väsentligt att jämföra mätresultatet med de föregående dokumenterade resultaten. Först ett betydande deviation från tidigare resultat kräver mer exakt undersökning. Beroende på det lönar det sig att vid periodiska besiktningar använda så enkel mätmetod som möjligt.

3.1 Mätningssätt för jordningar inom transformator-distriktet i samband med ibruktagningsbesiktning

Definition på jordningar anslutade med PEN-ledare i ett nytt eller grundreparerat transformator-distrikt utförs med inflexionspunktsmetoden överensstämmande med punkt 2.1.2 och med tilläggsåtgärder överensstämmande med punkt 2.2. Resultaten och mätpunkten med mätledarnas spridningsriktningar skall antecknas för kommande uppföljningsmätningar.

3.2 Mätningssätt för jordningar inom transformator-distriktet i samband med periodiska besiktningar

I samband med periodisk besiktning skall en anpassad inflexionspunktsmetod överensstämmande med punkt 2.1.3 och tilläggsåtgärder överensstämmande med punkt 2.2 användas för definition på värdet av jordningar anslutade med PEN-ledare inom transformator-distriktet.

Mätningen skall alltid utföras i samma punkt och med samma spridningsriktningar som tidigare mätningar.

Mätresultatet skall jämföras med tidigare resultat. Om det finns en betydande deviation jämfört med tidigare, skall det utföras mer detaljerad mätning genom att byta mätplats.



3.3 Mätningssätt för jordning av en enstaka ledningsfrånskiljare eller motsvarande enstaka jordning

Värdet på jordning som består av en separat eller av några elektroder inom 100 m område skall mätas från nytt eller grundreparerat nät genom att använda en anpassad inflexionspunktsmetod överensstämmande med punkt 2.1.2. Mätresultatet berättar jordningsvärdet genast. Resultaten och mätplatsen med ledarnas spridningsriktningar skall antecknas för kommande uppföljningsmätningar.

I samband med periodiska besiktningar skall en anpassad inflexionspunktsmetod överensstämmande med punkt 2.1.3 användas som mätningssätt. Mätresultatet berättar jordningsvärdet genast. Mätresultatet skall jämföras med de tidigare resultaten. Om det finns betydande deviationer jämfört med de tidigare skall mer detaljerad mätning utföras genom att byta mätplats, om det behövs.

4. Konstaterandet av potentialutjämningsledarens skick

Potentialutjämningsledare skall byggas så att ledarens delar, bortsett från förening gjord med klämma, kommer att avhålla sig åtskilda både från varandra och från elektroden. För konstaterandet av ledarens helhet räcker konstaterandet av strömkretsens helhet gjort med hjälp av t.ex. summer eller motståndsmätare i samband med ibruktagnings- och periodiska besiktningar.



	I skick	Felaktig	Mätvärde/ Anteckningar
HSP- sidan			
Ställverk			
Jordning av ställverk			
Kabelgenomföringar			
Isolatorer			
Frånskiljare			
Brytare			
SF6 gastyck			
SF6 spänningsprovare			
Säkringar			
Märkningar av HSP-utgångar			
LSP- sidan			
LSP- ställverk			
Matarledning till LSP- central			
Jordning av LSP- central			
PEN- jordning			
Jordning av jordningsskenan			
Kabelutgångar och säkringsbrytare			
LSP- säkringar			
Strömtransformatorer			
Mätare			
Mätningar			
Strömmar			
Spänningar			
Felströmsskydd			
Bryttid			
Kontinuitet hos skydds- och PEN- ledare			
Konstaterande av skicket på potentialutjämningselektrod			
Jordningar av transformatorstation			
Mätning av isolationsresistans			
Fasföljd och fasning			

Mätningar	I skick	Felaktig	Mätvärde/ Anteckningar
Spänningar			
Mätning av isolationsresistans			
Kortslutningsströmmar			
Jordtagslektrod			
Kontinuitet hos skydds- och PEN-ledare			
Fasföljd och fasnig			
Extra anteckningar			

Protokoll för jordtagsmätningar

Info om mätobjektet

Objektets numrering _____
 Transformatordistrikt _____
 Granskningen utförd av _____
 Underskrift _____

Datum _____

Mätningssmetod

Jordtagsmätningar har gjorts enligt

- Inflexionspunktmetod
 Anpassad inflexionspunktmetod
 Seriemätning
 Annan metod, vilken? _____

Mätningssresultat

Mätning	Mätvärde	Mätning	Mätvärde	Mätning	Mätvärde
1		11		21	
2		12		22	
3		13		23	
4		14		24	
5		15		25	
6		16		26	
7		17		27	
8		18		28	
9		19		29	
10		20		30	

Det krävda värdet

Mätinstrument

Typ av instrument _____
 Märke / Modell _____
 Produktnummer _____

Anmärkningar

Mättningsprotokoll

Mättningsprotokollet används vid granskningar och bifogas till granskningsprotokollet.

Info om arbetet

Arbetets namn _____ Datum _____
 Transformatordistrikt _____
 Granskningen utförd av _____ Spänning 0,4 kV
 Underskrift _____ 1 kV

Info om mätobjektet

Objektets numrering _____ Stolptransformator
 Tillverkare/ Typ _____ Frånskiljare
 Adress _____ Parktransformator
 Gatufördelningskåp

Mätningar

Fyll i mättningsresultaten med värden eller:

S	om granskningspunkten är i skick
F	om granskningspunkten är felaktig
-	om granskningspunkten inte används

Isolationsresistans / MΩ						Kontinuitet	
L1-PEN	L2-PEN	L3-PEN	L1-L2	L2-L3	L3-L1	PEN	Skyddsledare

Spänning / V						Fasföljd
L1-L2	L2-L3	L3-L1	L1-PEN	L2-PEN	L3-PEN	

Kortslutningsström / A		
Utgång	Knutpunkt	Anslutning

Mätinstrument

Typ av instrument _____
 Märke / Modell _____
 Produktnummer _____

Anmärkningar