

PAIKALLISOPASTUKSEN TOTEUTUMINEN SÄHKÖASEMILLA

Karvonen-Köykkä Auli

Opinnäytetyö
Tekniikan ja liikenteen ala
Sähkötekniikka
Insinööri (AMK)

2016

Tekniikan ja liikenteen ala
Sähkötekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Auli Karvonen-Köykkä	Vuosi	2016
Ohjaaja	DI Jaakko Etto		
Toimeksiantaja	Fingrid Oyj DI Karri Koskinen		
Työn nimi	Paikallisopastuksen toteutuminen sähköasemilla		
Sivu- ja liitesivumäärä	86 +12		

Opinnäytetyössä tutkittiin paikallisopastuksen toteutumista toimeksiantajan Fingrid Oyj:n sähköasemilla. Paikallisopastusprosessi on työturvallisuuden kannalta olennainen, koska siinä käydään läpi työkohteen riskejä sekä niiden välttämistä. Työturvallisuus on Fingridissä tärkeässä roolissa. Tavoitteena on nolla tapaturmaa, niin että joka päivä voidaan lähteä työstä terveenä kotiin. Työn rajauksena on sähköasemien kunnossapito- ja huoltotöissä annettava paikallisopastus. Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia myös osio sähköaseman paikallisopastukseen toimeksiantajan verkkokouluun. Verkkokoulu antaa Fingrid Oyj:n laitteistoissa ja niiden läheisyydessä työskenteleville tasalaatuisen ennakotietopakettin ennen varsinaista opastusta työkohteessa.

Kyselytutkimuksella selvitettiin paikallisopastusprosessin toimivuutta. Kysymyssarjassa oli kysymyksiä tilausmenettelystä, paikallisopastuslomakkeesta, valmistautumisesta paikallisopastukseen, paikallisopastustapahtumasta sekä lopuksi verkkokoulusta. Tutkimuksessa tuli esille kehityskohteita lähinnä materiaaliin. Tutkimuksen otanta oli pieni, kattavuus maantieteellisesti oli kuitenkin hyvä, koska vastaajat olivat eri puolilta Fingridin maan laajuista toiminta-aluetta. Lisäksi vastaajat toimivat kolmen eri toimittajan palveluksessa.

Teoriaosuudessa käsitellään paikallisopastukseen liittyen sähköaseman pääkomponenttien teknisiä ja rakenteellisia ominaisuuksia. Laajemmat osionsa ovat muuntajista, katkaisijoista ja mittamuuntajista, suojausta käsitellään paikallisopastuksessa tarvittavilta osilta. Sähkötyöturvallisuutta, Fingrid Oyj:n työturvallisuusohjeistusta ja sähköasemien paikallisopastusprosessia käsitellään teoriaosuudessa aiheen vaatimassa laajuudessa. Lisäksi käydään läpi Fingrid Oyj:n keskeytysuunnittelun periaatteet, jotka liittyvät kiinteästi huolto- ja kunnossapitotöihin.

Tehdyn tutkimuksen tuloksena esitettiin muutoksia paikallisopastuksessa käytössä olevaan opastusmateriaaliin paikallisopastajan työn edistämiseksi. Lisäksi esitettiin, että paikallisopastuksessa selvitetään ovatko opastettavat suorittaneet verkkokoulun. Toimeksiantaja käyttää saatuja tuloksia paikallisopastuksen edelleen kehittämiseen. Yhteenvetona voidaan todeta, että tutkimuksen tuloksena paikallisopastus toteutuu olemassa olevan ohjeistuksen mukaisesti Fingrid Oyj:n sähköasemilla.

Avainsanat

työturvallisuus, sähköasema, perehdytys

Industry and Natural resources
Electrical Engineering
Bachelor of Engineering

Author	Auli Karvonen-Köykkä	Year	2016
Supervisor	Jaakko Etto MSc (Tech)		
Commissioned by	Fingrid Oyj Karri Koskinen MSc (Tech)		
Subject of thesis	Local introduction on substations in practice		
Number of pages	86 + 12		

This bachelor's thesis studied how local introduction was carried out on substations of Fingrid Oyj. Local introduction process is essential from safety point of view. Introduction contains risk evaluation and ways of avoiding them. Safety in work is very important in Fingrid. Target is set to zero accidents which means that workers can leave the work in good health every day. Thesis was limited to introduction given for maintenance work on substations. Target of the thesis was to outline one part to web training of local introduction. Web training gives preliminary information for workers who are going to work in Fingrid locations before they will receive local introduction on site.

A survey was made to learn how local introduction has worked in practice. There were questions about ordering procedure, introduction form, preparation for introduction, introduction itself and web training. The survey results showed that training material needs to be developed. Survey sampling was rather small but geographically sufficient. Survey participants are employed to three different service providers.

The theory part of the thesis handles technical properties as well as the construction of main components on substations. The main chapters handle transformers, switches, instrument transformers and protection systems. Safety in electrical work, safety instructions of Fingrid and local introduction process are handled according to the scope of the thesis. The final part covers outage planning principles for maintenance work.

Based on the survey proposals were made to alter some parts of training material in order to make local introduction easier in practice. Furthermore it was proposed that local introduction checks if workers have completed the web training. Fingrid uses these results in the development process of local introduction. As a summary it can be confirmed that local introduction on Fingrid substations follows valid instructions.

Key words work safety, substation, introduction

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	9
2	TOIMEKSIANTAJA.....	10
2.1	Historiaa.....	10
2.2	Avaintietoja	10
2.3	Verkon tasehallinta	13
2.4	Omistus.....	13
2.5	Toimintamalli.....	14
2.6	Kantaverkkosiirron osuus sähkön kuluttajahinnasta	15
3	SÄHKÖASEMAT	17
3.1	Sähköaseman suunnitteluun vaikuttavat tekijät	17
3.2	Kokoojakiskojärjestelmät	21
3.2.1	Kiskoton järjestelmä	22
3.2.2	Yksikiskojärjestelmä	23
3.2.3	Kisko-apukiskojärjestelmä	23
3.2.4	Kaksoiskiskojärjestelmä	24
3.2.5	Kaksoiskisko-apukiskojärjestelmä	25
3.2.6	1½ -katkaisijajärjestelmä	26
3.2.7	Kaksikatkaisijajärjestelmä	27
3.2.8	Rengaskiskojärjestelmä	28
3.2.9	Kiskostorakenteet.....	29
3.3	Rakenteelliset ratkaisut.....	31
3.4	Muuntajat	32
3.5	Kytkinlaitteet.....	40
3.5.1	Katkaisijat.....	41
3.5.2	Erottimet.....	44
3.6	Mittamuuntajat	45
3.6.1	Virtamuuntajat	46
3.6.2	Jännitemuuntajat	47
3.7	Kompensointilaitteet.....	48
3.7.1	Rinnakkaisreaktorit.....	48
3.7.2	Rinnakkaiskondensaattorit	48
3.8	Ylijännitesuojat.....	49

4	RELESUOJAUS	51
4.1	Virtareleet	52
4.2	Distanssireleet	52
4.3	Nollavirtareleet ja suunnatut maasulkureleet	53
4.4	Differentiaalireleet	53
4.5	Jälleenkytkentäreleet	53
4.6	Tahdissaolon valvojat	53
4.7	Automaattitahdistimet	54
4.8	Taajuusreleet	54
4.9	Kiskonsuojareleet.....	54
4.10	Katkaisijavikareleet.....	54
4.11	Kaasureleet eli Buchholz-releet	54
4.12	Jännitereleet.....	55
5	SÄHKÖTYÖTURVALLISUUS.....	56
5.1	Lainsäädäntö ja määräykset	56
5.2	Työmenetelmät	58
5.2.1	Työskentely jännitteettömänä.....	58
5.2.2	Jännitetyö.....	58
5.2.3	Työskentely jännitteisten osien läheisyydessä	59
5.2.4	Työskentelyolosuhteet.....	59
5.3	Fingrid Oyj:n siirtokeskeytysten suunnittelun periaatteet	60
5.3.1	Määritelmiä.....	60
5.3.2	Siirtokeskeytysten kausisuunnitelma	61
5.3.3	Siirtokeskeytyksen suunnittelu	63
5.3.4	Yksittäisen siirtokeskeytyksen suunnittelu.....	64
5.3.5	Päättyömaadoittamisen vastuut ja suunnittelu	66
6	TYÖTURVALLISUUDEN OHJEISTUS FINGRIDISSÄ	68
6.1	Yleistä työturvallisuudesta	68
6.2	Turvallisuutta koskevat sopimusehdot	68
6.3	Sähköasemien turvallisuusasiakirja	69
6.4	Turvallisuustavoitteet	70
6.5	Fingrid Oyj:n tapaturmatilastot	70
7	SÄHKÖASEMIEN PAIKALLISOPASTUS.....	72

7.1	Työturvallisuus ja lupamenettelyt	72
7.1.1	Tekstiviesti-ilmoitus	72
7.1.2	Vaaran arviointi	73
7.2	Paikallisopastuksessa opastettavat asiat	74
7.3	Paikallisopastuksen toteutus	75
7.4	Fingridin verkkokouluprojekti	76
8	TOIMITTAJIEN KOKEMUKSET OPASTUSMENETTELYSTÄ	78
8.1	Perustiedot paikallisopastajien kyselystä	78
8.2	Kyselytutkimuksen tulokset	78
8.2.1	Paikallisopastus tilaus	79
8.2.2	Paikallisopastuslomake	79
8.2.3	Valmistautuminen paikallisopastukseen	80
8.2.4	Paikallisopastustapahtuma	80
8.2.5	Verkkokoulu	81
8.2.6	Yhteenveto	81
9	POHDINTA	82
	LÄHTEET	84
	LIITTEET	86

ALKUSANAT

Lämpimät kiitokset työnantajalleni Fingrid Oyj:lle mahdollisuudesta opinnäytetyön tekemiseen sekä työnohjaajilleni Suvi Lokkiselle ja Karri Koskiselle.

Perheelleni annan erityisesti kiitokset, innoittamisesta opiskeluaikana ja opinnäytetyön loppuvaiheissa.

Muhoksella 10.6.2016

Auli Karvonen-Köykkä

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

kV	kilovoltti
kWh	kilowattitunti
TWh	terawattitunti
snt	rahayksikkö sentti
PJK	pikajälleenkytkentä
AJK	aikajälleenkytkentä
U_m	mitoitusjännite
D_L	pienin hyväksyttävä etäisyys ilmassa, etäisyys määrittelee jännitetyöalueen ulkorajan jännitteisestä osasta
D_V	etäisyys ilmassa, etäisyys määrittelee lähialueen ulkorajan jännitteisestä osasta

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on sähköasemilla annettava paikallisopastus toimeksiantajan Fingrid Oyj:n sähköasemilla. Rajauksena ovat sähköasemilla kunnossapito- ja huoltotöihin kohdistuvat paikallisopastukset, joita antavat Fingrid Oyj:n kunnonhallintatoimittajat.

Työn tavoitteena on selvittää Fingrid Oyj:n sähköasemilla annettavan paikallisopastuksen sisällön riittävyttä, opastukseen käytettyä aikaa ja mahdollisia esille tulevia kehityskohteita. Opinnäytetyön tavoitteena on laatia myös osio sähköaseman paikallisopastukseen toimeksiantajan verkkokouluun. Verkkokoulu antaa Fingrid Oyj:n laitteistoissa ja niiden läheisyydessä työskenteleville tasalaituisen ennakkotietopaketin ennen varsinaista opastusta työkohteessa.

Fingrid Oyj:n kunnonhallintatoimittajille tehdään kyselytutkimus paikallisopastuksesta ja verkkokoulusta paikallisopastuksen antajan näkökulmasta. Tutkimuksessa huomioidaan myös laajeneva tarve antaa paikallisopastusta suomen kielen lisäksi englanniksi sekä tarvittaessa muilla kielillä.

Teoriaosuudessa käsitellään paikallisopastukseen liittyen sähköaseman pääkomponenttien teknisiä ja rakenteellisia ominaisuuksia. Laajemmat osionsa ovat muuntajista, katkaisijoista ja mittamuuntajista, suojausta käsitellään paikallisopastuksessa tarvittavilta osilta. Sähkötyöturvallisuutta, Fingrid Oyj:n työturvallisuusohjeistusta ja sähköasemien paikallisopastusprosessia käsitellään teoriaosuudessa aiheen vaatimassa laajuudessa. Lisäksi käydään läpi Fingrid Oyj:n keskeytysuunnittelun periaatteet, jotka liittyvät kiinteästi huolto- ja kunnossapitotöihin.

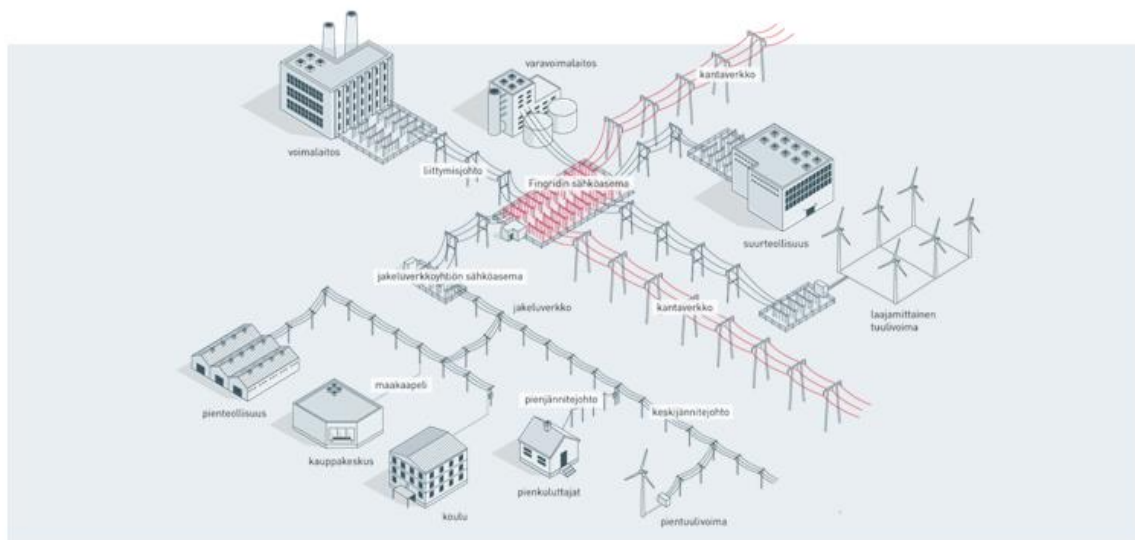
2 TOIMEKSIANTAJA

2.1 Historiaa

Fingrid Oyj:n perustamiseen asti Suomen kantaverkko oli kahden toimijan Imatran Voima Oy:n tytäryhtiön IVO Voimansiirto Oy:n ja Pohjolan Voima Oy:n tytäryhtiön Teollisuuden Voimansiirto Oy:n omistuksessa. Vuonna 1995 annettu sähkömarkkinalaki edellytti sähkönmyynti- ja siirtoliiketoiminnan eriyttämistä omiksi toiminnoikseen. Lain muutos sai aikaan sen, että Imatran Voima Oy ja Pohjolan Voima Oy päättivät perustaa Suomen Kantaverkko Oy:n 29.11.1996. Uusi yhtiö aloitti operatiivisen toimintansa 1.9.1997 ja vuoden 1999 alusta nimi muuttui Fingrid Oyj:ksi. (Toivonen 2006, 4.)

2.2 Avaintietoja

Suomen kantaverkkoyhtiönä Fingrid Oyj vastaa Suomen sähkösiirrosta kantaverkossa 110 kV, 220 kV ja 400 kV jännitetasoilla. Suomessa oli vuonna 2014 sähkön kokonaiskulutus 83,4 TWh. Kantaverkon rakenne tuotantoa ja kulutusta yhdistävänä sähkösiirron valtatieenä on havainnollistettu kuviossa 1. (Fingrid Oyj 2016.)



Kuvio 1 Kantaverkon rakenne (Fingrid Oyj Intranet 2016.)

Fingrid huolehtii merkittävistä vaihtosähköyhteyksistä Ruotsiin ja Norjaan sekä tasasähköyhteyksistä Venäjälle, Ruotsiin ja Viroon. Kantaverkkoyhtiön tehtäviä ovat:

- kantaverkon kehittäminen
- sähkön kulutuksen ja tuotannon kunkin hetken tasapainon ylläpitäminen
- valtakunnan tasolla selvittää osapuolten väliset sähköntoimitukset
- sähkömarkkinoiden toiminnan edistäminen
- vastata rajasiirtoyhteyksistä muihin maihin. (Fingrid Oyj 2016.)

Kantaverkon omaisuus, joka on kuviossa 2 oleva Fingrid Oyj:n voimansiirtoverkko, käsittää 116 kpl sähköasemia ja reilut 14 000 km voimajohtoja, jotka jakautuvat alla olevan mukaisesti jänniteportaittain:

- 400 kV voimajohtoja 4600 km
- 220 kV voimajohtoja 2200 km
- 110 kV voimajohtoja 7600 km.

Nopeaa häiriöreserviä on noin 900 MW käytettäväksi voimansiirtoverkon mahdollisissa häiriötilanteissa, tästä Fingridin omat varavoimalaitokset kattavat yli 70 %. (Fingrid Oyj 2016.)



Kuvio 2. Fingrid Oyj:n voimansiirtoverkko (Fingrid Oyj 2016.)

Seuraavan kymmenen vuoden aikana kantaverkkoon tehdään merkittäviä investointeja. V. 2015 - 2025 investointien kokonaismäärä on 1,2 miljardia euroa, jolla rakennetaan voimajohtoja noin 3000 km ja uusia sähköasemia noin 30 kpl. Fingrid Oyj:n pääkonttori on Helsingissä. Lisäksi aluetoimipaikat ovat Hämeenlinnassa, Petäjävedellä, Varkaudessa, Oulussa ja Rovaniemellä. Toiminnan ja työnteon kantavana perusteena ovat arvot:

- avoimuus

- tasapuolisuus
- tehokkuus
- vastuullisuus. (Fingrid Oyj 2016.)

Vuonna 2015 kokonaisliikevaihto oli 600 miljoonaa euroa. Taseen loppusumma oli 2,12 miljardia euroa. Henkilöstöä oli vuoden 2015 lopussa 315, vuoden aikana henkilömäärä oli keskimäärin 319. (Fingrid Oyj 2016.)

Fingrid omistaa sähköpörssi Nord Poolista 19,18 %, muut omistajat ovat Statnett SF, Svenska Kraftnät, Energinet.dk ja Baltian maista Elering, Litgrid and Augstsprieguma tiklis (AST). Finextra Oy on Fingrid Oyj:n kokonaan omistama tytäryhtiö, jonka tehtävänä on hoitaa lakisääteisesti määrätty julkisen palveluvelvoitteiden edellyttämät tehtävät, jotka ovat tehoreservipalvelu ja sähkön alkupe-
rätakuun palvelut, nämä tehtävät eivät kuulu varsinaiseen kantaverkkotoimintaan tai järjestelmävastuuseen. (Fingrid Oyj 2016; Nord Pool 2016.)

2.3 Verkon tasehallinta

Sähkön tuotannon ja kulutuksen välistä hetkellistä tehotasapainoa kuvataan siirtoverkon taajuudella. Normaalitylanteessa taajuuden sallitaan vaihdella 49,9 -50,1 Hz:n välillä. Verkon taajuuden ollessa alle 50 Hz, kulutusta on tuotantoa enemmän. Taajuuden ollessa yli 50 Hz on tuotanto kulutusta suurempi. Fingridin tehtävänä kantaverkkoyhtiönä on huolehtia Suomessa sähkön tuotannon ja kulutuksen välisen tasapinotilan ylläpidosta tunnin sisällä. Tehotasapainon ylläpitoon käytetään automaattista taajuudensäätöä sekä tehdään tarvittaessa manuaalisia säätöjä. (Fingrid Oyj 2016.)

2.4 Omistus

Fingrid Oyj:n osakkeenomistajat ja osakejakauma eri osakkeenomistajien kesken on esitetty taulukossa 1. Merkittävimmät osakemäärät ovat Suomen valtiolla, Aino Holdingyhtiö Ky:llä, Huoltovarmuuskeskuksella ja Keskinäinen Eläkevakuutusyhtiö Ilmarisella. (Fingrid Oyj 2016.)

Taulukko 1. Fingrid Oyj:n osakkeenomistajat (Fingrid Oyj 2016.)

Osakkeenomistajat	Osakemäärä kpl	osakkeista %	Äänistä %
Suomen valtio	939	28,24	37,66
Huoltovarmuuskeskus	828	24,90	33,20
Keskinäinen Eläkevakuutusyhtiö Ilmarinen	661	19,88	17,15
Valtion Eläkerahasto	1	0,03	0,01
Aino Holdingyhtiö Ky	878	26,41	11,74
Keskinäinen työeläkevakuutusyhtiö Elo	1	0,03	0,01
Imatran Seudun Sähkö Oy	10	0,30	0,13
Vakuutusosakeyhtiö Henki-Fennia	6	0,18	0,08
Pohjola Vakuutus Oy	1	0,03	0,01
YHTEENSÄ	3325	100,00	100,00

2.5 Toimintamalli

Fingridin toimintamalli jakautuu kolmeen päälohkoon: siirtokapasiteetin varmistamiseen, käyttövarmuuden hallintaan ja sähkömarkkinoiden edistämiseen. Kuviossa 3 on esitetty Fingrid Oyj:n liiketoimintamalli.



Kuvio 3. Fingrid Oyj:n liiketoimintamalli (Fingrid Oyj 2016.)

Siirtokapasiteetin varmistaminen pitää sisällään kantaverkon suunnittelun, rakentamisen ja kunnonhallinnan. Käyttövarmuuden hallinta koostuu voimajärjestelmän käytön suunnittelusta, valvonnasta, ohjauksesta, häiriöiden selvittämisestä sekä jatkuvuuden hallinnasta. Toimintamallissa sähkömarkkinoiden edistäminen tapahtuu sähkömarkkinoiden toiminnan jatkuvuuden varmistamisella, harmonisoinnilla pelisäännöt ja lisäämällä läpinäkyvyyttä. Fingrid Oyj kehittää toimintaansa pitkäjänteisesti ja tasapuolisesti ottaen huomioon asiakkaiden, talouden ja henkilöstön näkökulmat. Toiminnassa omaa ydinosaamista yhdistetään parhaiden toimijoiden kanssa toiminnan tehostamiseksi. (Fingrid Oyj 2016.)

2.6 Kantaverkkosiirron osuus sähkön kuluttajahinnasta

Energiavirasto on laatinut 2.2.2016 kotitalouskuluttajan sähkön kokonaishinnan jakautumisesta verojen, jakelun ja myynnin kesken kaksi erilaista tyyppiesimerkkiä. Ensimmäinen kuluttaja asuu kerrostalossa ja hänen kulutuksensa on noin 5 000 kWh / vuosi (kuluttaja 1), sähkön kokonaishinta on 15,2 snt / kWh. Toinen kuluttaja asuu sähkölämmitteisessä omakotitalossa ja hänen kulutuksensa on

noin 18 000 kWh / vuosi (kuluttaja 2), sähkön kokonaishinta on 12,6 snt / kWh. Sähkön hinnasta verojen, siirron ja myynnin osuus on noin 1/3 kokonaishinnasta. Taulukossa 2 on vertailtavissa molempien tyyppikuluttajien jakauma verojen, siirron ja myynnin kesken. Kantaverkkosiirron osuus kuluttajalla 1 on 2,6 % ja kuluttajalla 2 3,2 % sähkön kokonaishinnasta. (Energiavirasto 2016.)

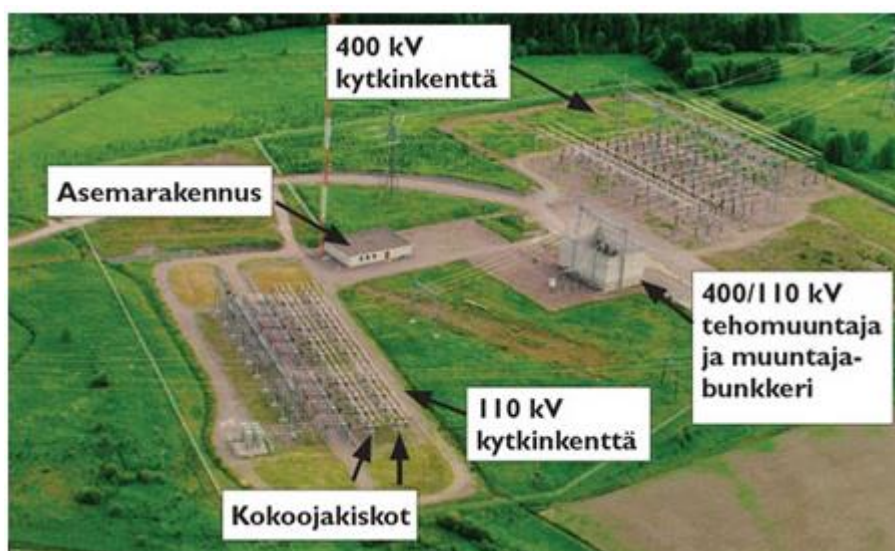
Taulukko 2 Sähkön kokonaishinnan muodostus vuosikulutuksen ollessa 5000 kWh tai 18000 kWh. (Energiavirasto 2016.)

		Kuluttaja 1		Kuluttaja 2	
		Kulutus 5 000 kWh/vuosi		Kulutus 18 000 kWh/vuosi	
		Hinnan jakautuminen			
Sähkön kokonaishinta		15,2 snt / kWh		12,6 snt / kWh	
VEROT	alv.	19,4 %		19,4 %	
	sähkövero	14,8 %		17,9 %	
JAKELU	jakeluverkko	27,6 %		20,6 %	
	kantaverkko	2,6 %		3,2 %	
MYYNNTI	hankinta	26,4 %		31,8 %	
	myynti	9,3 %		7,2 %	

3 SÄHKÖASEMAT

3.1 Sähköaseman suunnitteluun vaikuttavat tekijät

Sähkö- eli kytkinaseman rakenne riippuu sen tehtävästä: onko sen tehtävänä vain siirtää tai jakaa sähköä, liittyykö asemaan voimalaitos vai toimiiko se verkoston kytkentä- tai muuntoasemana. 400/110 kV sähköaseman päärakenne on havainnollistettu kuvassa 1. Rakenteeseen vaikuttaa luonnollisesti myös se, kuinka tärkeässä verkoston solmukohdassa kytkinlaitos on. (Elovaara & Haarla 2011b, 96; Elovaara & Laiho 1993, 300.)



Kuva 1. 400/110 kV sähköasema (Fingrid Oyj 2016)

Kytkinaseman suunnittelu on monitahoinen ja vaativa prosessi. Laitoksen sijoi-
tusta mietittäessä on huomioitava muun muassa:

- sijaintipaikka kuormitukseen nähden
- ympäristöolosuhteet
- maisemakysymykset
- rakentamisajankohta
- taloudellisuus

- muuntajan kuljetusmahdollisuudet
- maapohjan kantavuus
- johtojärjestelyt aseman ulkopuolella
- laitososien keskinäinen sijainti
- ajo- ja huoltoreitit
- laajennettavuus. (Aura & Tonteri 1993, 330 - 331; Elovaara & Haarla 2011b, 96 - 97.)

Sähkötekniillisessä suunnittelussa on otettava huomioon muun muassa:

- kytkinaseman välittämä teho kasvuennusteineen
- jännitteet ja eristystasot
- muuntajien teho, lukumäärä ja tehoreservi
- mitoitusvirrat ja oikosulkukestoisuudet
- kiskostojärjestelmät ja kojeistorakenteet
- maadoitukset
- luotettavuusvaatimukset
- yksittäisten kojeiden ja laitteiden mitoitus
- käyttö-, suojaus-, ohjaus- ja asennonosoitusjärjestelmät
- tasasähköjärjestelmät
- aseman omakäyttöteho
- teleyhteydet

- paloturvallisuus. (Aura & Tonteri 1993, 330 - 331; Elovaara & Haarla 2011b, 96 - 97.)

Uudesta, uudistettavasta tai laajennettavasta sähköasemasta tehdään yleissuunnittelu, jonka tuloksena on pääkaavio. Siitä käyvät ilmi kytkinlaitoksen kiskojärjestelmät, kytkinlaitteiden katkaisijoiden, erottimien ja virta- ja jännitemuuntajien sijainti, suojareleistys sekä pää- ja omakäyttömuuntajien mitoitusarvot ja kytkennät. Pääkaavio toimii aseman yksityiskohtaisen suunnittelun lähtökohtana. (Aura & Tonteri 1993, 332.)

Sähköaseman jännitteiden kasvaessa myös tilaa tarvitaan vastaavasti enemmän. Oikosulkuvirrat taas vastaavasti pienenevät. Tämä vaikuttaa aseman kustannusten alenemiseen siirryttäessä suurempiin jännitteisiin. Suomessa käytettävät IEC 60038 standardin mukaiset yli 1 kV nimellisjännitteet ja järjestelmän suurimmat käyttöjännitteet ovat taulukossa 3. (Elovaara & Haarla 2011b, 97; SFS-käsikirja 601 2009, 177.)

Taulukko 3. IEC 60038 mukaiset > 1kV nimellisjännitteet ja vastaavat järjestelmän suurimmat käyttöjännitteet (SFS-käsikirja 601 2009, 177.)

Nimellisjännite (kV)	Järjestelmän suurin käyttöjännite (kV)
3	3,6
6	7,2
10	12
15	17,5
20	24
22	25
30	36
35	38,5
45	52
66	72,5
110	124
132	145
150	170
220	245
380	420

Vanhan kytkinlaitoksen uudistus- ja saneeraustyöt ovat erityisen haastavia, koska työt on tehtävä sähkötyöturvallisuus huomioiden käytössä olevassa jännitteisessä kytkinlaitoksessa. Uudistamistöiden suunnittelussa ja toteutuksessa on alusta alkaen huomioitava saneerattavan kytkinlaitoksen kiskojärjestelmän suomat kytkentämahdollisuudet sekä aseman käytettävyys töiden kuluessa. Kohteesta riippuen myös asemalle saatavat johto- ja muuntajalähtöjen käyttökeskeytykset vaikuttavat töiden toteutusjärjestykseen. (Elovaara & Haarla 2011b, 97.)

3.2 Kokoojakiskojärjestelmät

Kokoojakiskot antavat mahdollisuuden tehdä kytkinlaitoksessa eri tehonsiirtolanteiden vaatimia kytkentävariaatioita. Kokoojakiskot jakautuvat pää- ja apukiskoihin. Pääkiskoon liitytään katkaisijalla ja apukiskoon liitytään vastaavasti erottimella. (Elovaara & Haarla 2011b, 102.)

Kiskojärjestelmän valintaan vaikuttavat monet tekijät. Huomioitavia asioita ovat muun muassa:

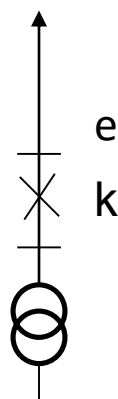
- kytkinlaitokseen rakentamisvaiheessa liitettävät johdot ja muuntajat
- tulevaisuudessa liitettävät uudet johdot ja muuntajat (laajennusvarat)
- kytkinlaitoksessa suoritettavat kytkennät normaali- ja poikkeustilanteissa
- huolto- ja korjaustöiden tekeminen
- kuormien ryhmittely mahdollisuudet
- kytkinlaitoksen käytettävyys ja luotettavuus
- valitun ratkaisun yksinkertaisuus
- kiskoviasta aiheutuvat haitat
- rakenteellinen toteutus, tilantarve sekä kustannukset. (Elovaara & Haarla 2011b, 102.)

Kokoojakiskojärjestelmät, perustyypit:

- kiskoton järjestelmä
- yksikiskojärjestelmä (K-järjestelmä)
- kisko-apukiskojärjestelmä (KA-järjestelmä)
- kaksoiskiskojärjestelmä (KK-järjestelmä)
- kaksoiskisko-apukiskojärjestelmä (KKA-järjestelmä)
- 1½ -katkaisijajärjestelmä (1½ K-järjestelmä)
- kaksikatkaisijajärjestelmä (2K-järjestelmä eli dublex)
- rengaskiskojärjestelmä. (Elovaara & Haarla 2011b, 102.)

3.2.1 Kiskoton järjestelmä

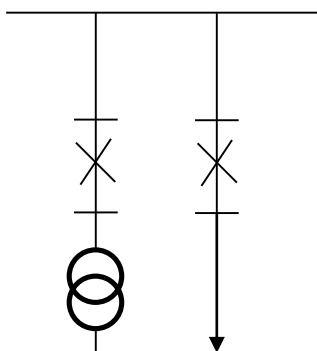
Kiskoton järjestelmä, joka on esitetty kuviossa 4, on edullinen ratkaisu pääte- tai johdonvarsi-asemille, joilla on ainoastaan yksi muuntaja. Vikatilanteessa käyttöä ei voida jatkaa eikä katkaisijalla ole ohikytkentä mahdollisuutta. Laitehuollot ja korjaukset edellyttävät aseman kytkemistä eroon työn ajaksi. (Aura & Tonteri 1993, 332.)



Kuvio 4. Kiskoton järjestelmä, kuvassa e on erotin ja k on katkaisija (Aura & Tonteri 1993, 332.)

3.2.2 Yksikiskojärjestelmä

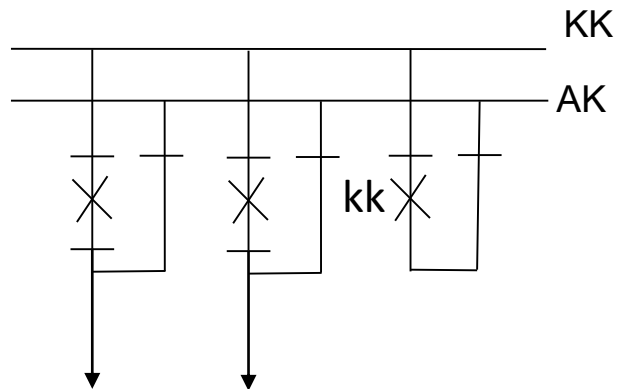
Yksikiskojärjestelmä, joka on esitetty kuviossa 5, on ominaisuuksiltaan vastaava kuin kiskoton järjestelmä. Johto- tai muuntajalähtöjen laitehuollot ja -korjaukset edellyttävät joko johto- tai muuntajakeskeytystä. Vastaavasti kiskolla tehtävät toimenpiteet edellyttävät aseman kytkemistä eroon työn suorittamisen ajaksi. Katkaisija ei ole ohikytettävissä. Joustavuutta yksikiskojärjestelmän käyttöön saadaan lisäämällä pitkittäiskatkaisijoita tai -erottimia kiskon jakamiseksi osiin. (Elovaara & Laiho 1993, 305; Aura & Tonteri 1993, 332.)



Kuvio 5. Yksikiskojärjestelmä (Aura & Tonteri 1993, 333.)

3.2.3 Kisko-apukiskojärjestelmä

Kisko-apukiskojärjestelmässä, joka on esitetty kuviossa 6, voidaan kiskokatkaisijalla korvata kytkinlaitoksen joku muu katkaisija huollon tai vikakorjauksen ajaksi. Pääkiskon huollon tai mahdollisten muutos töiden ajaksi apukiskolle on mahdollista kytkeä ohikytentäerottimilla kaksi tai useampia lähtöjä tai syöttää kahta lähtöä kiskokatkaisijalla. Ohikytentätilanteissa suojaus on selektiivinen. Kiskojärjestelmän käyttövarmuus on huomattavasti yksikiskojärjestelmää parempi, keskeytysajat rajoittuvat kytkentäjärjestelyihin tarvittavaan aikaan. Kisko-apukiskojärjestelmässä käyttö ei ole jaettavissa eri kiskojen kesken. (Elovaara & Haarla 2011b, 103.)



Kuvio 6. Kisko-apukiskojärjestelmä, kuvassa kk on kiskokatkaisija (Elovaara & Haarla 2011b, 104.)

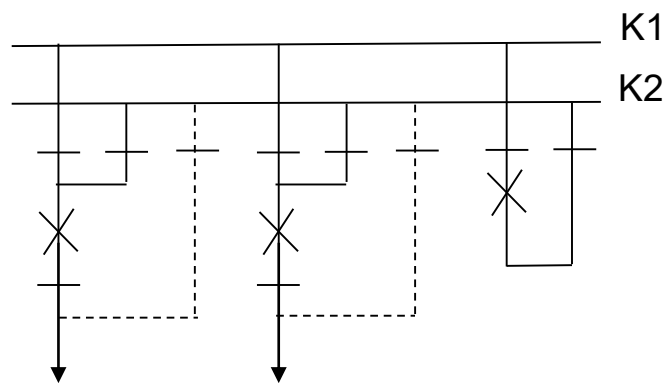
3.2.4 Kaksoiskiskojärjestelmä

Kaksoiskiskojärjestelmä, joka on kuvattu kuviossa 7, antaa mahdollisuuden joh-tojen ja muuntajien ryhmittelyyn eri kiskoille sekä käytön aikana tehtäviin ryhmi-tyksen muutoksiin. Sitä käytetään tyypillisesti jakeluasemilla ja teollisuudessa. Kaksikiskojärjestelmän etuina ovat mm:

- Mahdollisuus jakaa käyttö tilapäisesti tai pysyvästi kahteen ryhmään. Ryhmittely perusta voi olla esimerkiksi. oikosulkutehon rajoittamisessa, nyky-vän kuorman erottamisessa muusta kuormituksesta, erisuuruiset syöttö-jännitteet lähi- ja kaukosyötöissä ja ukkoskautena käyttövarmuuden lisää-minen.
- Kiskojärjestelmät ovat toistensa varalla, huoltoa varten toinen kisko voi-daan kytkeä jännitteettömäksi ilman että käyttöön aiheutuu keskeytystä tai häiriötekijöitä.
- Katkaisijat voidaan ohikytkeä, suojausten säilyessä samalla selektiivi-senä.
- Kiskokatkaisijalla voidaan suorittaa useita käyttötapauksen ja tavoitteiden mukaan asetettuja erikoistehtäviä:
 - suojata heikompitehoisia johtokatkaisijoita termisesti oikosulussa jakamalla käyttö heti oikosulun tapahduttua

- varmistaa ja täydentää vaillinaisella suojarleistetyksellä varustettujen johtojen katkaisijoita
- häiriön alussa erottaa tärkeä käyttö toisarvoisesta käytöstä
- kytkeä kiinni jäänyt syöttö koko kojeistoon toisen kokoojakiskon syötön lauettua pois esimerkiksi alijännitteestä
- toimia kahden tai useamman johtolähdön yhteisenä pikajälleenkytkennän eli PJK tekevänä katkaisijana jossa vika erotetaan johtokatkaisijalla. (Elovaara & Laiho 1993, 305; Elovaara & Haarla 2011b, 103, 105.)

Ohikytentäerottimia, jotka on merkitty kuviossa 7 katkoviivoilla, käytetään kun mittamuuntaja- ja katkaisijavauriosta aiheutuneen keskeytyksen tulee olla lyhyt tai mikäli katkaisijan huoltoa varten ei voida ottaa keskeytystä. (Elovaara & Haarla 2011, 105.)

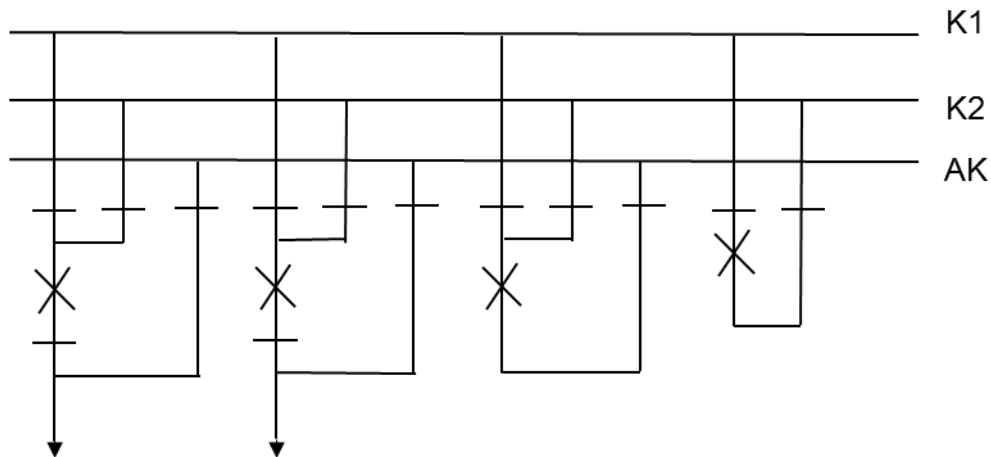


Kuvio 7. Kaksoiskiskojärjestelmä (Elovaara & Haarla 2011b, 104.)

3.2.5 Kaksoiskisko-apukiskojärjestelmä

Kaksoiskisko-apukiskojärjestelmä joka on kuvattu kuviossa 8, on lähes vastaava kuin kaksoiskiskojärjestelmä. Järjestelmä toimii yleisratkaisuna joka soveltuu vain vaativaan käyttöön kojeiden lukumäärästä aiheutuvan kalliin hankintahinnan vuoksi. Järjestelmä antaa apukiskon vuoksi useampia eri kytkentämahdollisuuksia verrattaessa sitä kaksoiskiskojärjestelmään, koska

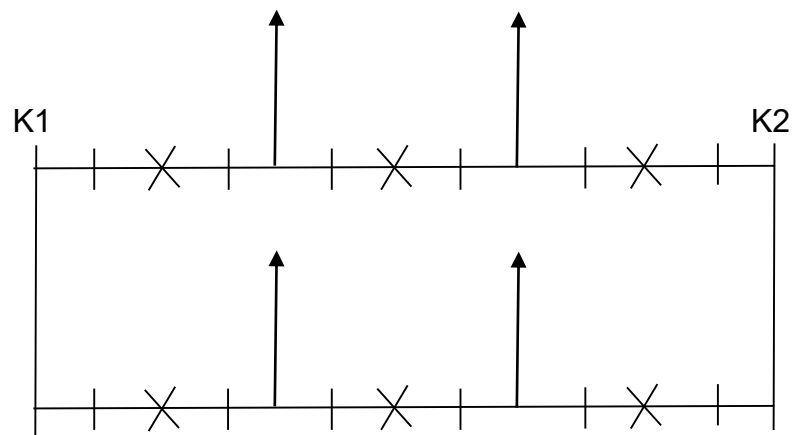
- kiskoista kaksi voidaan kytkeä samanaikaisesti jännitteettömäksi
- samaa katkaisijaa voidaan käyttää kahden lähdön syöttämiseen
- lähtöjä voidaan kytkeä yhteen muun kytkinlaitoksen ohi. (Elovaara & Haarla 2011b, 105.)



Kuvio 8. Kaksoiskisko-apukiskojärjestelmä (Elovaara & Haarla 2011b, 104.)

3.2.6 $1\frac{1}{2}$ -katkaisijajärjestelmä

$1\frac{1}{2}$ -katkaisijajärjestelmässä, joka on kuviossa 9, on kahta johtolähtöä varten käytössä kolme katkaisijaa. Järjestelmää voidaan käyttää tapauksissa joissa kytkinlaitokseen liittyy vain muutamia katkaisijoita. Tällöin kiskokatkaisija voi aiheuttaa kohtuullisen suuret kustannukset yhtä johtolähtöä kohden. Kiskokatkaisija voidaan jättää pois käyttämällä $1\frac{1}{2}$ -katkaisijajärjestelmää tai luvussa 3.2.8 käsiteltävää rengaskiskojärjestelmää. Vaikka järjestelmä on varsin yleinen muualla maailmassa, niin Suomessa sitä ei käytetä. (Elovaara & Haarla 2011b, 107.)



Kuvio 9. 1½ -katkaisijajärjestelmä (Elovaara & Haarla 2011b, 104.)

3.2.7 Kaksikatkaisijajärjestelmä

Kaksikatkaisija- eli dublex-järjestelmän joka on kuviossa 10, vertailukohtana kiskojärjestelmiä vertailtaessa on kaksoiskisko-apukiskojärjestelmä josta on tarkemmin luvussa 3.2.5. Järjestelmän etuina ovat:

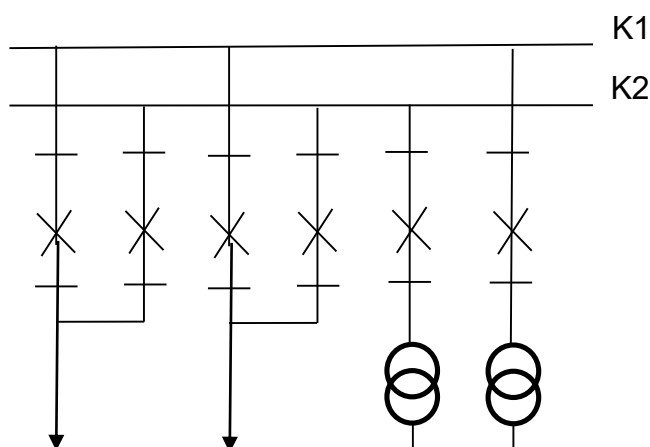
- relesuojaus on yksinkertaisempi, kun apukiskoa eikä kiskokatkaisijaa tarvita
- selkeä ja yksinkertainen käyttö sekä huolloissa tarvittavat järjestelyt
- hyvä käyttövarmuus myös kiskovioissa ja virheohjauksissa
- laajentamisen helppous
- käytön jaettavuus
- hyvin kaukokäyttöön sopiva. (Elovaara & Haarla 2011b, 105.)

Koska järjestelmään tarvitaan katkaisijoita ja mittamuuntajia lähes kaksinkertainen määrä verrattuna kaksikisko-apukiskojärjestelmään, muodostuu 110 kV:n ja suuremmilla jännitteillä järjestelmän hankintahinta melko korkeaksi. Hankintahintaan voidaan saada kilpailukykyisemmäksi muun muassa:

- jos kiskoerottimista voidaan luopua

- harkinnalla ovatko johto- ja kiskojännitemuuntajat välttämättömät
- liittämällä esimerkiksi kaksi rinnankäyvää muuntajaa tai muuten vähemmän tärkeä lähtö esimerkiksi kondensaattorilähtö eri kiskoille tai ainoastaan toiseen kiskoon (niin kutsuttu riisuttu dublex)
- siirtämällä virtamuuntajat johdon puolelle. (Elovaara & Haarla 2011b, 105.)

Toimenpiteillä hinta alenee, mutta samalla kytkinlaitoksen käytettävyys laskee ja kiskovian haitat lisääntyvät. Käyttövarmuuden näkökulmasta katsottuna kaksikatkaisijajärjestelmän suurena etuna on, että asemalla sattuneen kisko-oikosulun jälkeen viallisen kiskon laukaisemisen jälkeen kaikki johtolähdöt ovat normaalisti käytettävissä. Suomessa lähes kaikki uusimmat suuret 400 kV:n muuntoasemat on rakennettu riisuttuina kaksikatkaisija- eli dublex-laitoksina. (Elovaara & Haarla 2011b, 105 - 107.)

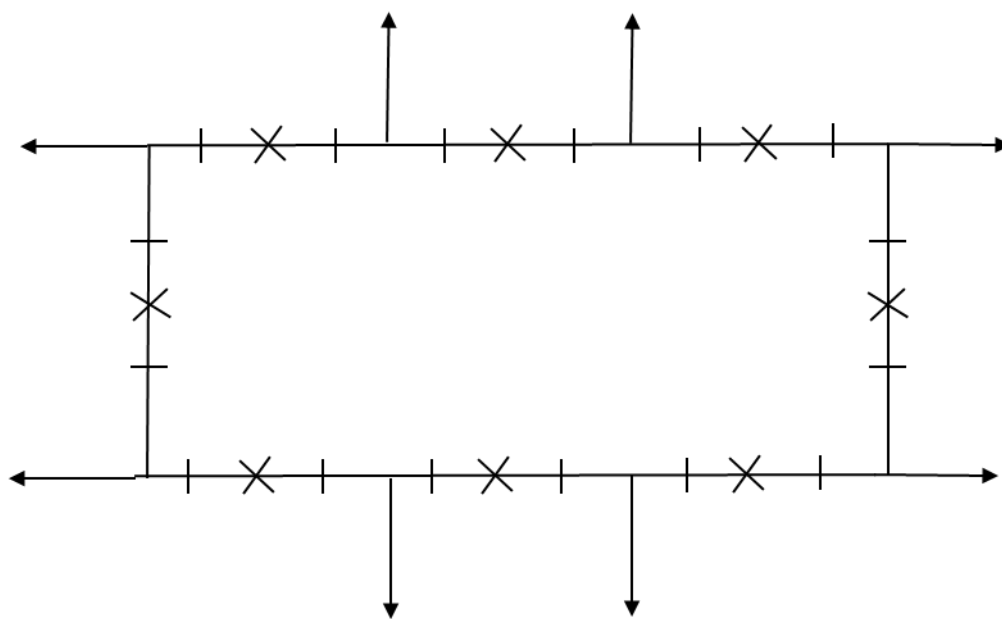


Kuvio 10. Kaksikatkaisijajärjestelmä (Elovaara & Haarla 2011b, 104.)

3.2.8 Rengaskiskojärjestelmä

Käytettäessä kytkinlaitoksessa rengaskisko- tai $1\frac{1}{2}$ -katkaisijajärjestelmää (käsitelty luvussa 3.2.6) voidaan kiskokatkaisija jättää pois vaarantamatta suojausten selektiivistä toimintaa. Rengaskiskojärjestelmässä, joka on kuviossa 11, jokaisella lähdöllä on kaksi täydellistä kytkentäreittiä, mikä mahdollistaa yhden katkaisijan huolto- tai korjaustoimenpiteet käytön häiriintymättä. Haittana rengaskytkin-

laitoksessa ovat: kojeet tulee valita normaalia suuremmalle mitoitusvirralle, monimutkaisempi relesuojaus ja runsas tilantarve. Tavallisimmin rengaskiskojärjestelmää käytetään jännitealueella $U_m \geq 245$ kV. Suomessa ei enää ole rakennettu rengaskiskojärjestelmiä koska kytkinlaitosten suunnittelussa korostuvat käytön selkeys ja yksinkertaisuus, käyttövarmuus ja kojeiden alhaisemmat mitoitusarvot. (Elovaara & Haarla 2011b, 107.)



Kuvio 11. Rengaskiskojärjestelmä (Elovaara & Haarla 2011b, 104.)

3.2.9 Kiskostorakenteet

Ulkokytkinlaitoksissa on virtakiskoina käytetty kupari-, alumiini-, teräs-alumiini- tai seosalumiiniköysyä. Mekaanisen heikkouden vuoksi puhtaan alumiinin käyttö on ollut vähäistä. Kuparin käyttö virtakiskoina mitoitusjännitteillä $U_m \geq 123$ kV on kallista eikä siten taloudellisesti kannattavaa. Kytkinlaitoksen kojeiden liittimien ollessa pronssia, kuparia tai messinkiä tarvitaan muun muassa teräs-alumiiniköysien liittämistä varten korroosiovaaran vuoksi erikoisliittimiä. (Elovaara & Haarla 2011b, 115 - 116; Elovaara & Laiho 1993, 310.)

Aiemmin yleisten köysikiskostojen sijaan rakennetaan nyt lähes yksinomaan putkikiskostoja, joiden etuna köysikiskostoihin verrattuna ovat muun muassa:

- taloudellisuus

- suurten oikosulkuvirtojen helpompi hallittavuus
- pienempi kytkinlaitoksen pinta-ala ja korkeus
- helpompi laajennettavuus
- virta- ja oikosulkukestoisuudeltaan hyvien tartuntaerottimia helpompi käytettävyys
- hyvät koronaominaisuudet
- siisti ja ryhdikäs ulkonäkö. (Elovaara & Haarla 2011b, 116; Elovaara & Laiho 1993, 310.)

Köysikiskolaitosten oikosulkulujuuteen vaikuttaa rajoittavasti 110 kV:n kytkinlaitoksilla noin 20 kA:n virroista alkaen vaikeus rajoittaa köysien heilumista. Merkittävimmän putkikiskojen oikosulkulujuuteen vaikuttaa tukieristimien lujuus. 110 kV:n putkikiskojen tyypillinen lujuusarvo on noin 40 kA. (Elovaara & Haarla 2011b, 116.)

Sisäkytkinlaitoksissa rakennetaan tavallisimmin virtakiskot lattakiskosta, U-kiskosta tai putkista, joiden materiaalina käytetään kuparia, alumiinia tai seosalumiinia. Pienillä nimellisvirroilla käytetään lattakiskoja ja vastaavasti suurilla virroilla muotoprofiileja, esimerkiksi U-kiskot. Mitoitusvirtojen ollessa erityisen suuria eli 4000 - 6000 A, on oikosulkuvoimien ja kiskotuksen lähellä sijaitsevien metalliosien lämpenemisen hallinta haasteellista. Näissä tapauksissa voidaan käyttää niin kutsuttuja vaihe-erotettuja kiskostoja, missä kunkin vaiheen yksittäistä kiskoa ympäröi johtava maadoitettu metalliputki. (Elovaara & Haarla 2011b, 116.)

Keskijännitteellä kiskostojen tukemiseen käytetyt tukieristimet ovat useimmiten valuhartsia. Suuremmilla jännitteillä tukieristimien materiaalina käytetään posliinia. Kennorakenteisissa kytkinlaitoksissa käytetään lisäksi seinäläpivientieristimiä jotka tehdään suurilla jännitteillä $U_m \geq 123$ kV niin sanottuina kondensaattoriläpivienteinä. (Elovaara & Haarla 2011b, 116.)

Mitoitettaessa kiskostoja poikkipintoja on lähtökohtana normaali kuormitusvirta. Poikkipinta määräytyy taloudellisuusnäkökohtien mukaan, mikäli oikosulkuvirran

suuruus ja kuormituksen pysyvyyskäyrä ovat normaalit. Tämän lisäksi on tarkastettava lämpeneminen kiskostojen kuormitus- ja oikosulkuvirroilla. (Elovaara & Haarla 2011b, 116.)

3.3 Rakenteelliset ratkaisut

Kytkinlaitokset jakautuvat rakenteensa perusteella:

- avorakenteisiin kojeistoihin
- koteloituihin kojeistoihin
- SF₆-eristeisiin kytkinlaitoksiin. (Elovaara & Haarla 2011b, 117 - 120.)

Avokytinlaitoksissa on ilma suurjännitteisten kokoomakiskojen sähköisenä eristeenä. Avorakenteisia ulkokytinlaitoksia rakennetaan 123 kV:n jännitteestä alkaen ja sitä suuremmille jännitteille, kun edullista rakennusmaata on saatavilla. Suunnittelussa pyritään ottamaan huomioon laajennettavuus sijoittamalla muuntaja- ja kiskokatkaisijakentät kytkinlaitoksen keskiosiin eikä päätyyn. Varsinkin kaupungeissa ja teollisuusrakentamisessa tulee eteen tilanne, jossa jänniteportaililla 123 - 420 kV päädytään rakentamaan kytkinlaitos sisätiloihin. Aiemmin näissä tapauksissa tehtiin avorakenteinen sisäkojeisto, rakennustilavuuden pienentämiseksi käytettiin tartuntaerottimia, vaunukatkaisijoita ja virtamuuntajia sijoitettiin läpivientieristimiin. Avorakenteiset sisäkojeistot ovat keskijänniteverkossa yleisiä, tavallisimmin toteutus on kennoasennuksena. Kehitys on edennyt keskijänniteverkossa avoimista rakenteista suljettuihin tehdasvalmisteisiin kojeistoihin. Avorakenteiset kohteessa rakennettavat uudet kennokojeistot ovat jääneet historiaan. (Elovaara & Haarla 2011b, 117 - 120.)

Koteloidut kojeistot ovat tulleet avorakenteisten sisäkojeistojen tilalle. Nykyaikaiset kojeistot ja kytkinlaitokset ovat koteloituja ilma- tai SF₆-eristeisiä. Vanhojen avokytinlaitosten saneerauksessa ja laajennuksissa SF₆-eristeisten laitosten käyttö on tavallista. Avokytinlaitoksen ja SF₆-eristeisen kytkinlaitoksen tilantarvetta jännitteellä 123 kV verrattaessa on SF₆-eristeisen kytkinlaitoksen tilantarvetta 98 % vähemmän kuin vastaavan avokytinlaitoksen. (Elovaara & Haarla 2011b, 120.)

Ulkokuoren materiaalin mukaan kojeistot jaetaan metalli- ja eristysainekuorisiin. Metallikuoriset jaetaan edelleen metallikoteloituihin, tilakoteloituihin ja kennokoteloituihin kojeistoihin. SF₆-eristeinen kytkinlaitos on hermeettisesti suljetussa metallikotelossa joka on maadoitettu. Eristeenä toimiva SF₆-kaasu on suurjännitteisessä kojeistossa 0,3 - 0,6 MPa paineessa joka vastaa 3 - 6 baria. Keskijännitekojeistoissa vastaava paine on 0,12 - 0,15 MPa joka vastaa 1,2 - 1,5 baria. Henkilöturvallisuus on hyvä koska laitos on kosketus- ja valokaarisuojattu. Kaasueristeisen GIS -kojeiston huoltovälit ovat pitkät, avaavien huoltojen tarve on 10 - 20 vuoden välein. Koteloinnilla on edullinen vaikutus myös GIS -kytkinlaitoksen vikataajuuteen, joka on pienempi kuin avokytkeinlaitoksissa. GIS -kytkinlaitoksen kiskojärjestelmäksi suositellaan yksikisko-, 2-kisko- tai ½-kiskojärjestelmää. GIS -kytkinlaitos vaatii Suomen oloissa lämmitetyn rakennuksen, jotta ei jouduttaisi ongelmiin muun muassa jännitelujuuden kanssa. (Elovaara & Haarla 2011b, 120.)

Sähköaseman hankintahinnaltaan merkittävin yksittäinen laite on muuntaja. Muita sähköaseman pääkomponentteja ovat katkaisijat, erottimet, virta- ja jännitemuuntaja, reaktorit, kondensaattorit, ylijännitesuojat. Näiden lisäksi merkittävässä roolissa ovat aseman relesuojaus ja tasasähköjärjestelmät.

3.4 Muuntajat

Sähkönsiirrossa muuntajilla muunnetaan verkon jännitetasot eri verkon osiin sopiviksi. Muuntajan hankinnassa tilaajan tulee hyvin tarkkaan määritellä tarjouspyyntövaiheessa ne ominaisuudet ja vaatimuksen joita muuntajalta vaaditaan. Ennen uuden muuntajan hankintaa on harkittava, millainen muuntaja tarvitaan sekä mitä vaatimuksia muuntajan tulee täyttää. (Elovaara & Haarla 2011b, 159.)

Muuntaja on rakenteeltaan varsin yksinkertainen, koska siinä ei esimerkiksi ole liikkuvia osia. Muuntajat voidaan jakaa niiden tehtävän mukaan:

- voimamuuntajiin, jotka muuntavat jännitteen U₁ jännitteeksi U₂ sähköjärjestelmän tarpeiden mukaa.

- suojamuuntajiin, jotka eristävät sähkölaitteet, joiden jännite on U_2 , yleisestä sähköverkon jännitteestä U_1
- mittamuuntajiin, joita ovat virta- ja jännitemuuntajia. Niiden tehtävänä on muuntaa virta tai jännite mittalaitteille ja relesuojaukselle sopivaksi. (Aura & Tonteri 1986, 9.)

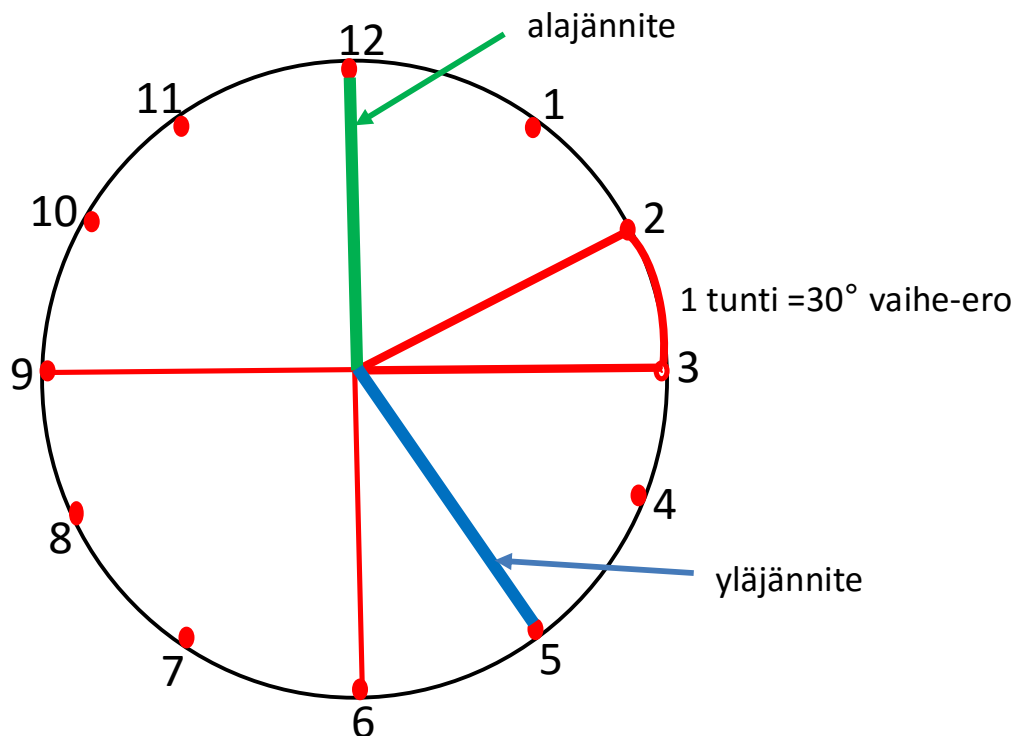
Kolmivaiheinen muuntaja voidaan rakentaa joko yhdeksi kolmivaiheyksiköksi tai se voi koostua kolmesta erillisestä yksivaiheyksiköstä. Muuntaja muuntaa ja voi myös säätää jännitteitä ja virtoja kahden tai useamman käämityksen välillä sähkömagneettista induktiota hyödyntäen. (Aura & Tonteri 1986, 9; Elovaara & Haarla 2011b, 141; Hietalahti 2013, 87.)

Suurissa muuntajissa käytetään eristämiseen paperia ja prespaania sekä muuntajaöljyä, joka toimii muuntajassa samalla jäähdytysväliaineena, niin ulko- kuin sisäasennuksissa. Kuivamuuntajia käytetään jakelujännitteillä, lähinnä sisälle asennettuina. Niissä eristeaineena on hartsi tai vastaava ja jäähdytysväliaineena on ilma, joissain tapauksissa kuivamuuntaja voidaan täyttää SF₆-kaasulla tai palamattomalla nesteellä. Muuntajan kytkentä ilmoitetaan kirjain- ja numerotunnuksin. Ilmoitettaessa kolmivaihemuuntajan käämitysten kytkentä käytetään seuraavia kirjaimia, iso kirjain tarkoittaa yläjännitepuolen käämiä ja pieni kirjain muuntajan muita käämejä:

- Y, y tähtikytkentä
- D, d kolmiokytkentä
- Z, z hakatähtikytkentä (käytetään jakelujännitteillä)
- I, i yksivaihekytkentäiset muuntajat
- A, a säästökytkentäiset muuntajat
- N, n muuntajan tähtipiste (kun se on tuotu muuntajan kannelle).

Käämien kytkennän määräämä ylä- ja alajännitteiden vaihesiirto eli vaihe-ero kerrotaan tunnusluvulla joka muodostetaan viisarikellon kellotaulun tunneista niin

että 30°:n vaihe-ero vastaa yhtä tuntia. Tunnusluvulla kerrottu vaihe-ero ilmaisee, montako astetta alajännitepuolen vaiheen jännite on jäljessä yläjännitepuolen vaiheen jännitteestä. Kuviossa 12 on havainnollistettu muuntajan tunnusluvun ja ylä- ja alajännitteiden vaihe-eron keskinäistä riippuvuutta. Kun tunnusluku on 5, muuntajan alajännite on 150° jäljessä yläjännitettä. (Elovaara & Haarla 2011b, 141 - 142; Hietalahti 2013, 99 - 100.)



Kuvio 12. Muuntajan tunnusluku 5, alajännite on 150° jäljessä yläjännitettä.

Tunnusluku on pariton, kun toisen käämityksen kytkentä on tähti ja toisen joko kolmio tai hakatähti, parillinen tunnusluku tulee muista yhdistelmistä. Muuntajan kytkentäryhmä saadaan ilmoitettua yksikäsitteisesti ja lyhyesti kirjainsymboleilla ja tunnusluvulla. Yläjännitekäämi ilmoitetaan aina ensin. Muuntajan kytkentäryhmä voi olla esimerkiksi YNyn0d11. (Elovaara & Haarla 2011b, 141 - 142; Hietalahti 2013, 99 - 100.)

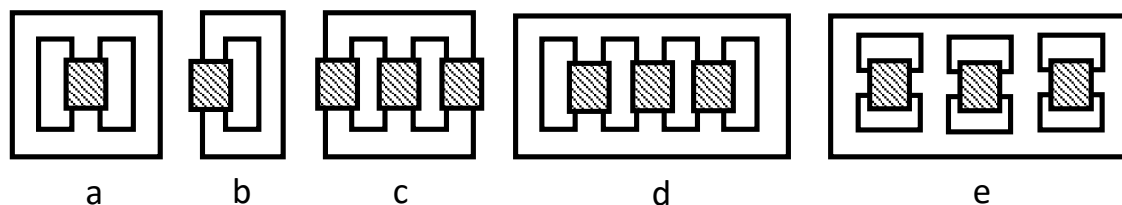
Tähti- eli Y-kytkennässä käämin yli vaikuttava jännite on 57,7 % ($1/\sqrt{3} = 0,57735$) siitä verkon pääjännitteestä, mihin ko. käämi on kytketty. Käämin virta vastaa ko. verkon vaihevirtaa. Kolmio- eli D-kytkennässä kääminvirta on 57,7 % vaihevir-

rasta. Käämin yli vaikuttava jännite on sama kuin käytetty pääjännite. Tähtikytkentää käytetään suurilla jännitteillä ja pienillä virroilla, kun taas kolmiokytkentää käytetään pienillä jännitteillä ja suurilla virroilla. Tähtikytkentää käytetään myös kun tarvitaan tähtipiste maadoittamista tai vinokuormitusta varten. (Elovaara & Haarla 2011b, 142.)

Muuntajat jaetaan sydänrakenteen perusteella:

- sydänmuuntajiin
- vaippamuuntajiin

Rakenteiden jaon perusteena on muuntajan nollavuoroisen magneettivuon eli hajavuon kulkureitti. Yksivaiheinen muuntajayksikkö toimii aina vaippamuuntajana. Kolmivaiheiset muuntajat toimivat joko sydänmuuntajina tai vaippa- ja sydänmuuntajien yhdistelmänä riippuen siitä onko muuntajassa 3- vai 5-pylväinen rakenne. Kuviossa 13 ovat muuntajissa käytettävät erilaisia sydänrakenteita. (Elovaara & Haarla 2011b, 142 - 143.)



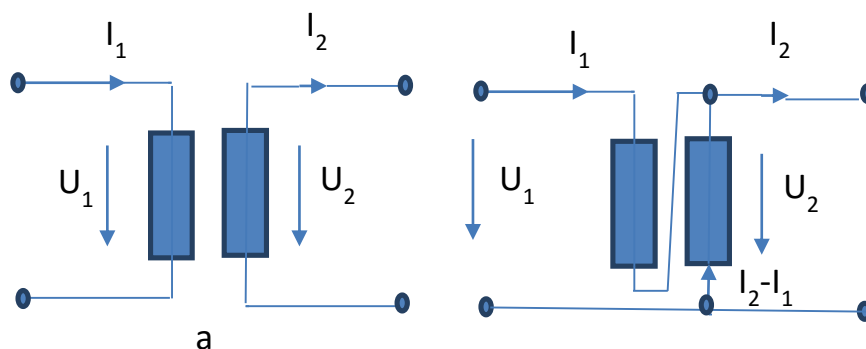
Kuvio 13. Muuntajien erilaisia sydänrakenteita, a ja b yksivaihemuuntajan sydämiä, c kolmivaiheisen sydänmuuntajan sydän, d kolmivaiheisen 5-pylväsmuuntajan sydän ja e perinteisen kolmivaiheisen vaippamuuntajan sydän. Viivoitetut alueet kuvaavat käämejä. (Elovaara & Haarla 2011b, 143.)

Muuntajan rakenne voi olla joko täysmuuntaja tai niin kutsuttu säästökytkentäinen muuntaja. Erona näillä kahdella muuntajalla on käämityksen rakenne. Täysmuuntajassa jokaisen vaiheen käämitys (ensiö, toisio ja tertiääri) on laitettu sisäkkäin kyseessä olevan vaiheen pylväälle. Muuntaja voi olla joko kaksi- tai kolmikäämimuuntaja käämitysten lukumäärän mukaan. Kaksikäämimuuntajassa muunto tapahtuu kahden eri jännitetason välillä ja kolmikäämimuuntajassa vastaavasti kolmen eri jännitetason välillä. Erikoismuuntajissa käämejä voi olla

enemmänkin. Täysmuuntajassa käämit ovat galvaanisesti täysin erillään toisistaan ja ne kytkeytyvät toisiinsa ainoastaan magneettivuon välityksellä. (Elovaara & Haarla 2011b, 143 - 146.)

Pienille muuntajille joiden teho on < 63 MVA, on standardoidut arvot suhteellisille oikosulkuimpedansseille. Isotehoisille muuntajille suhteelliset oikosulkuimpedanssien arvot ovat tilaajan valittavissa vallitsevien verkon olosuhteiden mukaan. Suomessa esimerkiksi muuntajan 400 kV ja 110 kV käämitysten välinen oikosulkuimpedanssi $u_k = 20$ % käämikytkimen pääsäätoasennolla. Valitulla oikosulkuimpedanssiarvolla rajoitetaan jänniteportaasta toiseen siirtyvien vikavirtojen suuruutta. (Elovaara & Haarla 2011a, 132 - 133; Elovaara & Haarla 2011b, 144 - 146.)

Säästökytkentäisessä muuntajassa ensiö- ja toisiokäämityksillä on yhteinen osa ja toisiojännite otetaan ulosottona suuremman jännitteen käämistä, joten säädettävät verkot ovat kytkennällisesti muuntajan kautta yhdessä. Säästökytkentäinen muuntaja, kansanomaisemmin säästömuuntaja, on hankintahinnaltaan täysmuuntajaa edullisempi. Se on myös kooltaan ja painoltaan pienempi kuin täysmuuntaja ja sen häviöt ovat pienemmät verrattuna täysmuuntajaan. Säästömuuntajan ensiö- ja toisiopuolen verkoissa tähtipisteen käsittelytavan on oltava sama. Lisäksi säästömuuntajalla osa oikosulkuvirrasta siirtyy suoraan galvaanisesti toisiopuolelle, minkä vuoksi vikavirtataso verkossa ja sen eri jännitetasoilla on samaa suuruusluokkaa. Säästökytkentäisiä muuntajia käyttävässä järjestelmässä vikavirtataso nousee helposti melko suureksi muuntajan pienen oikosulkuimpedanssin vuoksi. Maissa joissa on maaperän suuri ominaisvastus kuten Suomessa tämä aiheuttaa ongelmia. Tästä syystä Suomen kantaverkossa alkuaikojen lukuun ottamatta on pääsääntöisesti käytetty täysmuuntajia. Kuviossa 14 on havainnollistettu muuntajien käämien yksivaiheista kytkentää. (Elovaara & Haarla 2011b, 142 - 146.)



Kuvio 14. Yksivaiheisten ensiö- ja toisiokäämien kytkentä a täysmuuntaja, b säästökytkentäinen muuntaja (Elovaara & Haarla 2011b, 146.)

Suurissa muuntajissa on varusteena käämikytkin jolla voidaan säätää tai vaihtaa muuntajan muuntosuhdetta myös kuormitettuna. Yleensä säädetään muuntajan ensiön johdinkierrosmäärä, säätöalueen ollessa tavallisimmin $\pm 15\%$. Jännitteensäätöön pienissä muuntajissa käytetään väliottokytkintä, jonka ohjaus edellyttää virrattomuutta. (Elovaara & Haarla 2011b, 146 - 147.)

Suurmuuntajien kunnonvalvontaan kiinnitetään erityistä huomiota mm. valvomalla niiden lämpötilaa ja öljyyn vapautuvia kaasuja tehostetusti. Isot muuntajat varustetaan lämpötila-antureilla jotka sijoitetaan suurivirtaisimpien käämien kuumimpiin pisteisiin eli hot spoteihin. Antureiden signaalit tuodaan muuntajasta ulos optisilla kuiduilla. Lämpötilavalvonnan lisäksi suurissa muuntajissa käytetään yleisesti online- toimintaista öljyn kaasupitoisuuden valvontaa. Valvottavia kaasuja ovat vety, häkä, hiilidioksidi sekä eräät hiilivedyt. Mikäli muuntajan kaasupitoisuus alkaa nousta voidaan kaasujen suhteellisen osuuden perusteella arvioida minkä tyyppinen vika muuntajaan on kehittymässä sekä määrittää kuinka nopeasti korjaaviin toimenpiteisiin tulee ryhtyä. (Elovaara & Haarla 2011b, 147.)

Suomessa suurin osa kantaverkon suurmuuntajista on täysmuuntajia jotka ovat rakenteeltaan viisipylväisiä kolmikäämimuuntajia, niiden mitoitusarvot ovat 400/400/125 MVA, $400 \pm 6 \times 1,33\%$ /120/21 kV ja kytkentäryhmä on YNyn0d11. Verkossa on muutamia YNy0-kytkentää olevia kaksikäämimuuntajia 400 MVA, $400 \pm 6 \times 1,33\%$ /120 kV, $u_k = 20\%$. Kantaverkon kolmikäämimuuntajien impedanssi on määritelty siten, että ekvivalentissa tähtisijaiskytkennässä 400 kV haa-

ran impedanssi on ~ 0 . Tämän vuoksi muuntajan tertiääriin kytketyt reaktorit kompensoivat enimmäkseen 400 kV:n verkon pienellä kuormalla tuottamaa kapasitiivista loistehoa. Tämän saavuttamiseksi käämit on sijoitettu sisäkkäin siten, että pylväältä ulospäin katsottaessa 1) 120 kV, 2) 400 kV, 3) 400 kV:n säätökäämit, 4) 21 kV käämi. Uloimpana on pienijännitteisin tertiäärikäämi. Tertiäärikäämin ollessa uloimpana etuna on, että tertiäärin kytketyn reaktorin verkkoon kytkemisellä ei ole vaikutusta 120 kV:n jännitteisiin. Tertiäärikäämiä joka on kytketty kolmioon, voidaan kutsua myös tasauskäämiksi. Epäsymmetrisissä kuormitustilanteissa siihen indusoituu muuntajan eri pylväiden kuormittumista tasaavia virtoja. Tertiäärikäämiä voidaan käyttää myös sähköaseman tarvitsemaan apusähkön hankintaan. (Elovaara & Haarla 2011b, 147 - 149.)

Muuntajien rinnankäytön edellytyksiä ovat:

- Muuntajat ovat normaalikuormassa, eivätkä ole ylikuormitettuja.
- Muuntajat ovat samaa kytkentäryhmää.
- Muuntajien muuntosuhteeltaan ovat samat.
- Muuntajilla on likimain yhtä suuret suhteelliset oikosulkuimpedanssit, maksimiero 10 %.
- Muuntajien nimellistehot eivät yleensä saa poiketa toisistaan enempää kuin suhteessa 1:3.
- Kytkettäessä muuntajat rinnan toisiojännitteiden tulee olla samansuuntaiset. (Elovaara & Haarla 2011b, 149; Hietalahti 2013, 102.)

Muuntajien jäähdystystavat on koodattu IEC-standardissa 60076-2, niillä kerrotaan muuntajan jäähdytyksen perusominaisuudet. Jäähdystystapa koodi koostuu neljästä kirjaimesta:

- ensimmäinen (1) kirjain - muuntajan sisäinen käämien kanssa kosketuksessa oleva jäähdytysaine
- toinen (2) kirjain - muuntajan sisäisen jäähdytysaineen kiertotapa

- kolmas (3) kirjain - muuntajan ulkoinen jäähdytysaine
- neljäs (4) kirjain - muuntajan ulkoisen jäähdytysaineen kiertotapa. (Elovaara & Haarla 2011b, 152.)

Muuntajan jäähdytysaineilla on kuusi erilaista koodia, ne ovat:

- O = palava neste (mineraaliöljy)
- A = ilma
- W = vesi
- L = palamaton neste
- G = muu kaasu kuin ilma
- S = jokin kiinteä aine. (Elovaara & Haarla 2011b, 152.)

Jäähdytysaineen kierrätystavalle on kolme eri koodia, ne ovat:

- N = luonnollinen kierto
- F = kierto on tehostettu tuulettimin tai pumpuin
- D = käämityksellä on pumppusyötteinen ohjattu öljynkierto. (Elovaara & Haarla 2011b, 152.)

Muuntajan jäädystystapa voi esimerkiksi olla ONAN/ONAF 70 % / 100 %, jolloin muuntajalla on 70 % kuormitettavuus luonnollisella öljyn ja ilman kierrolla ja 100 % kuormitettavuus luonnollisella ilman ja tehostetulla öljyn kierrolla. (Elovaara & Haarla 2011b, 152.)

Kytettäessä muuntaja jännitteiseksi esiintyy muuntajan kytkentähetkellä magne-toimisvirta, jota kutsutaan kytkentävirtasysäykseksi. Muuntajan heti kytkentähet-ken jälkeen ottaman magne-toimisvirran suuruuteen vaikuttaa muuntajan rau-tasydämässä oleva remanenssi eli jäännösvuo ja jännitteen kytkentähetki. Kyt-kentävirtasysäys voi ylittää moninkertaisesti muuntajan mitoitusvirran. Verkon oi-kosulkuimpedanssilla ei yleensä ole vaikutusta muuntajan kytkentäsyste-äsvirran

suuruuteen, vaikutusta on vain silloin kun oikosulkuteho verkossa on kovin pieni. (Elovaara & Haarla 2011b, 153 - 154.)

Muuntajan tähtipisteen ollessa suoraan maadoitettu näkyy tähtipistevirrassa komponentti, joka voi olla 50 % vaihevirrasta. Muuntajan kyllästymisen saa aikaan virrassa esiintyvä kolmas yliaalto. Muuntajien suojauksessa käytetään niin kutsuttua 100 Hz:n yliaaltosalparelettä, joka estää muuntajan laukeamisen verkosta salpareleen havaitessa 100 Hz komponentin virrassa. Kytkevävirtasysäys aiheuttaa mahdollisten turhien laukaisujen lisäksi loistehon äkillistä kulutusta ja kytkentähetkellä äkillistä jännitteenalenemaa. (Elovaara & Haarla 2011b, 154.)

3.5 Kytkinlaitteet

Kytkinlaitteiden tehtävänä on vian sattuessa verkossa erottaa viallinen verkoston osa mahdollisimman nopeasti eroon muusta verkosta tai olla luotettavana erotuskohtana eri verkon osien välissä. Kytkinlaitteiden on kestettävä kiinni ollessaan virtapiirin maksimivirta ilman että siitä aiheutuu vaaraa verkolle. Voimansiirtoverkossa ja -jakelussa käytettävät kytkinlaitteet jaetaan virtapiirin sulkemis- ja katkaisuominaisuuksien mukaan:

- katkaisijoihin, joiden tulee katkaista verkossa olevat suurimmat virrat.
- erottimiin, joiden tulee pitää sähköisesti erillään kaksi eri verkon osaa.
- kytkimiin, joilla voidaan katkaista vain kuormitusvirta.
- kuormanerottimiin, jotka ovat rakenteeltaan sekä kytkin että erotin. (Elovaara & Haarla 2011b, 161.)

Muita kytkinlaitteita joita käytetään suurvoimansiirtoa ja sähkön jakelua alemmilla jännitteillä ovat:

- kontaktorit, jotka toimivat ohjausjännitteellä, niiden virtapiiri on suljettu kun ohjausjännite on saatavilla ja virtapiiri avautuu kun ohjausjännite poistuu

- varokkeet, joita käytetään muun muassa kytkinvarokkeissa ja jonovaro-kekytkimissä, niitä käytetään jonkin verran 20 kV:n ja 10 kV:n suurjännitteillä sekä yleisesti pienjänniteverkoissa oikosulkusuojina ja yhdistettyinä oikosulkusuojina ja kytkiminä
- varokeautomaatit, joita käytetään pienjänniteverkoissa ylivirtasuojina. Suurilla virroilla niiden koskettimet avataan nopeasti sähkömagneetin avulla ja pienillä virroilla käytetään bi-metallilaukaisijaa. Varokkeet ovat kertakäyttöisiä, mutta varokeautomaattia voidaan käyttää uudelleen vaikka se olisi toiminut automaattisesti. Toimimisesta on mahdollisuus saada hälytys kaukokäyttöjärjestelmään. Tämän vuoksi sitä käytetään kytkinlaitosten apujännitepiireissä. (Elovaara & Haarla 2011b, 161 - 162.)

Kytkinlaitteiden tärkeitä ominaisuuksia ovat:

- katkaisukyky
- sulkemiskyky
- jatkuva virta
- oikosulkuvirta huomioiden virran katkaisu sekä oikosulkuvoimat
- mekaaninen luotettavuus
- jänniterasitus
- turvallisuusominaisuudet. (Aura & Tonteri 1993, 253 - 254; Elovaara & Haarla 2011b, 161 - 162.)

3.5.1 Katkaisijat

Katkaisijan tulee pystyä katkaisemaan ja sulkemaan verkossa olevat suurimmat virrat vaaraa aiheuttamatta. Tämä tarkoittaa että katkaisijan tulee pystyä katkaisemaan verkossa esiintyvä suurin oikosulkuvirta ja sillä tulee voida kytkeä katkaisijan nimellisjännitteinen virtapiiri 100 % oikosulkuun. Katkaisija voi toimia au-

tomaattisesti tai käsin ohjattuna. Automaattinen sulkeutuminen tapahtuu esimerkiksi jälleenkytkentä- eli JK-releistyksen toimiessa vika- tai häiriötilanteessa. Katkaisijan ominaisuuksiin kuuluu että se ei vahingoitu ohjaustapahtumassa ja että katkaisijan toiminta aiheuttaa mahdollisimman vähän häiriötä muussa verkossa. (Aura & Tonteri 1993, 254; Elovaara & Haarla 2011b, 162 - 163.)

Katkaisijat voidaan jakaa niiden katkaisukammiossa käytettävän väliaineen mukaan:

- ilmakatkaisijoihin
- öljykatkaisijoihin
- vähäöljykatkaisijoihin
- paineilmakatkaisijoihin
- SF₆- katkaisijoihin
- tyhjiökatkaisijoihin. (Elovaara & Haarla 2011b, 168 - 169.)

Ilmakatkaisijassa katkaisukärjet ovat normaalipaineessa olevassa ilmassa, katkaisukärjet on useimmiten suojattu valokaarisuojuksella joka on tulenkestävää ja eristävää materiaalia. Ilmakatkaisijoissa on pää- ja valokaarikoskettimet erikseen useimmissa tapauksissa. Katkaisijan ollessa kiinni kulkee virta pääkoskettimien kautta. Katkaisijaa auki ohjattaessa pääkoskettimet avautuvat ensin ja valokaarikoskettimet niiden jälkeen. Valokaarikoskettimet suojaavat pääkoskettimia, valokaaren jäädessä palamaan niiden välille kuten koskettimien nimikin kertoo. Tavallisimmin ilmakatkaisijoita tehdään 500 V:n asti ja katkaisijan mitoitusvirta voi olla maksimissaan 10 kA, katkaisuvirran ollessa 25 - 50 kA tai suurempikin. (Elovaara & Haarla 2011b, 168 - 169, 172 - 173.)

Öljykatkaisijassa valokaaren sammutusaineena käytetään mineraaliöljyä, joka muuttuu valokaaren vaikutuksesta kaasuuntuessaan mm. vedyksi ja sammuttaa valokaaren tehokkaasti. Ongelmana öljykatkaisijoissa oli suuri öljymäärä. Sisä-

kytkinlaitoksessa öljykatkaisija aiheutti räjähtäessään vikatilanteessa katkaisijavaurion lisäksi totaalista tuhoa koko kytkinlaitokseen sekä ympäröivään rakennukseen. (Elovaara & Haarla 2011b, 174 - 175.)

Öljykatkaisijaa kehitettiin toimimaan pienemmällä öljymäärällä ja tuloksena oli vähäöljykatkaisija. Tässä katkaisijatyypissä öljyä on vain katkaisijan sammutuskammiossa. Valokaari sammuu kun öljy höyrystyy ja syntyvä paine, maksimissaan 10 MPa, saa aikaan öljyn ja kaasun virtauksen. Katkaisutapahtuman tehostamiseksi käytetään erilaisia pumppuja öljyn virtausta ja suuntausta parantamaan. Katkaisijassa käytetään koskettimien toimintavoimana jousia, jotka viritetään useimpien moottorilla. Vaikka kaasukatkaisijat ovat korvaamassa vähäöljykatkaisijat ja niiden valmistus on lopetettu, silti niitä on vielä käytössä melko paljon. (Elovaara & Haarla 2011b, 175 - 176.)

Paineilmakatkaisijat sopivat uusiin kohteisiin joissa tarvittavat mitoittavat virrat ovat useita kymmeniä kiloampeereita sekä tarvittava katkaisukyky satoja kiloampeereita. Paineilmakatkaisijassa paineistettu ilma sammuttaa valokaaren ja toimii katkaisijan ohjauksessa. Katkaisija tarvitsee toimiakseen paineilmalaitoksen joka kehittää katkaisijan toimintaansa tarvitseman paineen sekä paineilman jakeluun luonnollisesti paineilmaverkoston. Toimiessaan paineilmakatkaisijat ovat todella äänekkäitä ja niiden aiheuttama meluhaitta on merkittävä. Paineilmakatkaisijoita käytetään sekä ulko- että sisäkytkinlaitoksissa. (Elovaara & Haarla 2011b, 177.)

SF₆-katkaisijoissa valokaaren sammutukseen käytetään SF₆-kaasua, joka on viralliselta nimeltään rikkiheksafluoridia. Kaasu luokitellaan ympäristö vahingoittavaksi kasvihuonekaasuksi, jonka vuoksi erityisesti katkaisijoiden kaasutiiveyteen on kiinnitetty huomiota. SF₆-kaasulla on hyvät eristysominaisuudet. Alhaisissa lämpötiloissa kaasu nesteytyy, näissä tapauksissa katkaisijoissa käytetään kaasuseosta, jossa SF₆-kaasuun lisätään typpeä N tai perfluorietaania CF₄. Katkaisijat kestävät mekaanisesti 5000 - 10000 toimintakertaa. Huoltovälit ovat pitkät, pisimmillään yli 10 vuotta. (Elovaara & Haarla 2011b, 180 - 181.)

Erottava katkaisija on SF₆-katkaisija, joka auki asennossa täyttää erottimella aikaan saatavan avausvälin vaatimukset vaikka siinä ei ole näkyvää erotusväliä.

Katkaisijassa on luotettava asennon osoitus ja siihen on lisätty lukitusyksikkö katkaisijan ohjaimen lukitsemista varten. Lukitusyksikössä on sähköisen lukituksen lisäksi mahdollisuus lukita katkaisijan ohjain mekaanisesti esimerkiksi riippulukolla, joka vastaa erottimen ohjaimen lukintaa. Erottavat katkaisijat mahdollistavat entistä yksinkertaisemman, selkeämmän ja edullisemmän sähköaseman toteutuksen. Ongelmaksi muodostuvat katkaisijoissa esiintyvät viat joiden korjaaminen edellyttää laajoja keskeytysjärjestelyjä. Erottavilla katkaisijoilla varustetulla sähköasemalla käytetään erottimien sijaan katkaisijan molemmin puolin niin sanottuja erotusvälejä, jotka voidaan poistaa keskeytystyönä laajempia huolto- tai vikatarpeita varten. (Elovaara & Haarla 2011b, 180 - 181.)

Tyhjökatkaisijat ovat rakenteeltaan yksinkertaisia, niissä on tyhjiösäiliöön sijoitettuna kiinteä ja liikkuva kosketin, jotka tarvitsevat jatkuvaa ulkoista puristusvoimaa esimerkiksi jousella. Koskettimien ulkoista puristusvoimaa tarvitaan, jotta ne voisivat johtaa suunnitellun mitoitus- ja oikosulkuvirran niin, että koskettimet eivät lämpene liikaa. Tyhjökatkaisijan huollontarve on minimaalinen, vain katkaisijan-ohjain tarvitsee määräaikaishuoltona voitelun noin 10 vuoden välein. Tyhjökatkaisijoiden valmistus on keskittynyt keskijännitteelle, mitoitusvirran ollessa maksimissaan 2000 - 3000 A ja katkaisukyvyyn 31,5 - 40,0 kA. Suuremmillekin jännitteille tyhjökatkaisijoiden kehitystyö on etenemässä. (Elovaara & Haarla 2011b, 182 - 183.)

3.5.2 Erottimet

Sähkötyöturvallisuusstandardin SFS 6002 vaatimus on kohdan 6.2.1 Täydellinen erottaminen mukaisesti niin, että työkohte eli sähkölaitteiston osa jossa työ tehdään, on erotettava kaikista syöttösuunnista. Erottaminen voidaan tehdä käyttäen riittävää ilmaväliä tai vastaavaa eristystä varmistuen että erotuskohtaa kestää sähköisesti. Työkohte on erotettava käyttöjännitteestä erottimella, erotuskytkimellä, poistamalla sulakkeet tai muulla luotettavalla tavalla, lisäksi vaatimuksena on näkyvä avausväli tai luotettava mekaaninen asennonosoitus tai vastaava todennus. (SFS-6002 2005, 20.)

Erottimella kytkinlaitteena on yllä olevan standardin mukaiset vaatimat ominaisuudet työkohteen luotettavaan erotukseen niin, että kytkinlaitoksen osa saadaan

jännitteettömäksi turvalliseen työskentelyyn. Erottimen avausvälin tulee olla luotettava. Avausvälin tulee olla näkyvä tai erottimessa tulee olla luotettava mekaaninen asennonosoitus ja avausvälin jännitelujuuden tulee olla suurempi kuin esimerkiksi vaiheen ja maan välisen eristyksen. (Elovaara & Haarla 2011b, 190.)

Eroittimen mitoituksessa on huomioitava että sen tulee kestää kiinni ollessaan verkon kuormitus- ja oikosulkuvirta. Kuormitetun virtapiirin katkaisuun erotinta ei ole tarkoitettu, ainoastaan lyhyiden kiskojen tai johtojen tai muuntajan tyhjäkäyntivirran katkaisuun. Nopeasti ohjattuna erottimen sulkemiskyky on muutamia ampeereita. Erottimen on oltava lukittavissa auki- tai kiinni- asentoon virheellisen käytön estämiseksi. (Elovaara & Haarla 2011b, 190.)

Eroittimen sijoitukseen vaikuttaa syöttöön tulevan energian suunta. Mikäli esimerkiksi moottorilähdöllä on vain yksi energian syöttösuunta, tarvitaan erotin vain katkaisijan ja kiskon väliin. Mikäli kohde voidaan syöttää useammasta suunnasta, tarvitaan erottimet katkaisijan molemmille puolille luotettavan erottamisen vaatimusten täyttämiseksi. Erottimia voidaan käyttää kytkinlaitoksessa myös ohikyt-kentätarkoitukseen mahdollistamaan lähdön keskeytymätön käyttö. Kytkinlaitok-sissa käytetään maadoituskytkimiä estämään vikavirtoja ja indusoituneiden jän-nitteiden vaikutus työskentelyalueelle. (Elovaara & Haarla 2011b, 190 - 191.)

Eroittimille on erilaisia, kiertoerottimen veitset voivat liikkua joko vaakatasossa tai pystysuunnassa, vastaavasti tartuntaerotin voi olla horisontaalinen tai verti-kaalinen liitettävän rakenteen mukaan. Saksirakenteella olevat tartuntaerottimet eli pantograph-erottimet sopivat hyvin kiskoerottimiksi. Edellä olevat erotinmallit voidaan varustaa maadoituskytkimillä. Erottimet tulee asentaa niin, että erottimen auki ollessa erottimen veitset ovat jännitteettömät. (Elovaara & Haarla 2011b, 193, 197.)

3.6 Mittamuuntajat

Mittamuuntajia ovat erikoisrakenteisia muuntajia, joita käytetään virran ja jännitteen mittaamiseen. Mittamuuntajien päätehtäviä ovat:

- mittapiirin galvaaninen erottaminen päävirtapiiristä

- muuttaa mitta-alueita
- suojata mittauspiiriä ylikuormitukselta
- mahdollistaa mittareiden sijoituksen etäämmälle mittauspaikasta. (Elovaara & Haarla 2011b, 198.)

Sekä virta- että jännitemuuntajia valmistetaan suojaus- tai mittaustarkoituksiin käytettäviksi. Sähkömagneettisen induktion käyttöön perustuu suurin osa mitta-
muuntajista. Kapasitiivisia jännitemuuntajia tai virtamuuntajien kapasitiivista ulos-
ottoa käytetään jännitteenmittaukseen. (Aura & Tonteri 1993, 297; Elovaara &
Haarla 2011b, 198.)

Perinteisten mittamuuntajien uusi kehitysaskel viimeisten vuosikymmenten ai-
kana on valokuidun käyttäminen binäärisen tiedon siirtoon. Optinen mittamuun-
taja toimii sekä virran että jännitteen mittauksessa. Sähkömagneettisen kentän
ja polarisoidun valonsäteen vuorovaikutus on niiden toiminnan perusta. (Elovaara
& Haarla 2011b, 224.)

3.6.1 Virtamuuntajat

Suojaus- ja mittausvirtamuuntajien vaatimukset ja mitoitus poikkeavat erilaisen
käyttötarkoituksen mukaan. Virtamuuntajille on tyypillistä, että sama laite voi si-
sältää useita eri tarkoituksiin (suojaus ja mittaus) olevia sydämiä. Virtamuuntajien
eri sydämet eivät häiritse toisiaan. Ulkoasennuksessa käytettävät virtamuuntajat
ovat hermeettisesti suljettuja ja niiden täytteenä on joko öljy- tai SF₆-
kaasu. Ulkoisena eristyksenä on joko posliinikuori tai komposiittikuori joka on päällystetty
silikonikumipäällysteellä. Virtamuuntajassa ensiökäämi ja sydämet voivat olla
joko yläosassa johdon potentiaalissa tai alaosassa maan potentiaalissa. Sisällä
käytettävien virtamuuntajien eristeenä käytetään usein valuhartsia, jonka etuna
on virtamuuntajien hyvä sähköinen sekä mekaaninen lujuus ja pieni koko. (Elo-
vaara & Haarla 2011b, 198 - 199, 211, 213.)

Rakennettaessa virtamuuntajia käytettäväksi suurjännitteellä sijoitetaan erilaisia
releitä ja mittareita varten useita rautasydämiä yhteiselle ensiökäämille, jolloin eri

sydämet mitoitetaan käyttötarkoituksen mukaan. Suurjännitevirtamuuntajaan voidaan tehdä kapasitiivinen jänniteulosotto. Muita virtamuuntajarakenteita ovat lähinnä suurjännitekiskoissa käytettävät läpivientivirtamuuntajat sekä pienjännitteellä käytettävät reikävirtamuuntajat. Virtamuuntajien liitinmerkinnöissä P on ensiö ja S on toisio. Normaalisti virtamuuntajan toisiossa oleva jännite on suuruusluokaltaan vain muuntamia voltteja. Mikäli toisio avataan, kyllästyy virtamuuntajan sydän, koska koko ensiöpuolen virta on magnetoimassa sitä. Tässä tilanteessa virtamuuntajan avoimien toisioliittimien välille jännite voi nousta useisiin kilovolteihin ollen vaarallisen korkea niin ihmisille kuin laitteille. Tämän vuoksi verkkoon kytketyn virtamuuntajan toisiota ei missään tilanteessa saa mennä avaamaan eikä toisiopiiriin saa laittaa sulaketta. Uusia laitteita virtamuuntajan toisioon liitettäessä oikosuljetaan toisiopiirin navat ennen laitteiden asennusta. (Elovaara & Haarla 2011b, 213 - 214.)

3.6.2 Jännitemuuntajat

Jännitemuuntajat ovat tavallisimmin yksivaiheisia. Ne voivat olla tyypiltään induktiivisia tai kapasitiivisia. Induktiivisia jännitemuuntajia käytetään ≤ 245 kV suurjännitteellä, suuremmilla jännitteillä käytetään kapasitiivisia jännitemuuntajia. Lisäksi käytetään niin kutsuttuja kaskadikytkentäisiä jännitemuuntajia, joissa on kytketty samaan rakenteeseen kaksi induktiivista jännitemuuntajaa sarjaan. Kapasitiivisessa jännitemuuntajassa on kapasitiivinen jännitteenjakaja sekä induktiivinen jännitemuuntaja. Induktiivinen jännitemuuntaja on periaatteessa samanlainen kuin magneettinen virtamuuntaja. Kytettäessä jännitemuuntaja vaiheen ja maan väliin maadoitetaan ensiökäämin toinen pää. Tällöin jännitemuuntajan eristys on yksinapainen. Vastaavasti kun jännitemuuntaja kytketään vaiheiden väliin, se on eristetty kaksinapaisesti. Eristeenä jännitemuuntajissa käytetään vastaavasti kuten virtamuuntajissa öljy- tai SF₆- kaasua suurimpiin jännitteisiin saakka ja valuhartsia keskijännitteen sisäasennuksiin. (Elovaara & Haarla 2011b, 215, 217 - 218.) Jännitemuuntajien liitinmerkinnöissä isot kirjaimet ovat ensiökäämin merkintöjä ja pienet kirjaimet vastaavasti toisiokäämin. N ja n tunnusta käytetään kolmivaihe ryhmän tähtipisteen liittimestä. Avokolmiokytkentään tarkoitettuihin käämeihin käytetään liitinmerkintöjä da ja dn. (Elovaara & Haarla 2011b, 220.)

3.7 Kompensointilaitteet

Rinnakkaiskondensaattoriparistoja käytetään loistehon kehittämiseen jakeluverkoissa. Loistehotasapainon ylläpitämiseksi voimansiirtoverkossa käytetään rinnakkaiskuristimia eli reaktoreita niillä kompensoidaan johtojen kehittämää ylijäämäloistehoa pienen kuormituksen aikana. Ilmasydämisten 400/110/21 kV muuntajien tertiääreihin kytkettyjen kolmivaiheisten reaktoriryhmien teho on 63 MVar Suomen kantaverkossa. Muualla maailmalla öljyjäähdytteisiä ja rautasydämisiä reaktoreita kytketään useasti 400 kV:n kiskoon suoraan tai joissain tapauksissa kiinteästi pitkään johtoon. Rinnakkaiskondensaattoripariston mitoitus-teho vaihtelee 7 - 65 MVar sijaintipaikan mukaan. Käyttämällä sarjakondensaattoria pitkillä johtoyhteyksillä, voidaan johdon siirtokykyä nostaa johdon reaktanssin rajoittaessa sitä kompensoimalla osa johdon reaktanssista. Johdon sähköinen pituus lyhenee sitä enemmän mitä suurempi on johdon kompensointiaste. Suomessa on käytössä useita sarjakondensaattoreita. (Elovaara & Haarla 2011b, 225 - 226.)

3.7.1 Rinnakkaisreaktorit

Rakenteeltaan reaktorit ovat joko ilmasydämisiä jotka on koottu kolmesta yksivaihekelasta tai reaktorit ovat öljyeristeisiä. 20 kV verkossa käytettävät ilman rautasydäntä olevat reaktorit ovat niin kutsuttuja suojavaipallisia reaktoreita. Ilmasydämiset reaktorit aiheuttavat ympäristöönsä voimakkaan magneettikentän, minkä vuoksi maadoitukset tulee reaktoreiden läheisyydessä tehdä säteittäisiksi. Lisäksi reaktorien ympärille rakennettavan aidan materiaalin tullee olla puuta. Öljyeristeiset reaktorit ovat tilantarpeeltaan pieniä mutta hinnaltaan kalliita. (Elovaara & Haarla 2011b, 226 - 227.)

3.7.2 Rinnakkaiskondensaattorit

Rakenteeltaan suurjännitteen rinnakkaiskondensaattori koostuu kondensaattoriyksiköistä jotka on kytketty rinnan ja sarjaan. Suomessa 110 kV verkossa kondensaattoripariston koko on normaalisti 20 - 50 MVar ja vastaavasti 20 kV verkossa 1 - 5 MVar. Kondensaattoreiden läheisyydessä työskenneltäessä on huomioitava, että kytkettäessä kondensaattoriparistoja sarjaan useampia yksikköjä

on kondensaattorin kuori yleensä jännitteinen. Kuoren jännitteellisyys ei ole riippuvainen erillisen kondensaattoriyksikön eristystavasta, siitä onko kondensaattori yksi- vai kaksinapaisesti eristetty. Suomessa kondensaattoriyksiköiden suojaus on toteutettu sisäisillä käämikohtaisilla sulakkeilla, jolloin viallinen käämi irttoa verkosta sulakkeen toimiessa. Rinnakkaiskondensaattorin jäännösvarauksen purkamiseksi suurjännitteiset kondensaattorit varustetaan yksikön sisäisillä purkausvastuksilla. Nykyisin voimassa oleva SFS-standardi 6001 Suurjännitesähköasennukset ei aseta kondensaattorin jäännösvarauksen purulle aikarajoja vaikka se edellyttää purkauslaitetta. Aiempien määräysten mukaan kondensaattorin jäännösvarauksen tuli purkautua 50 V:iin viidessä minuutissa yksikön mitoituspääjännitteestä. Jäännösvaraus purkautuu nopeasti käytettäessä ulkoista jännitemuuntajaa purkauslaitteena. (Elovaara & Haarla 2011b, 228 - 229.)

3.8 Ylijännitesuojat

Kaikilla jännitetasoilla käytetään verkon ylijännitesuojaukseen venttiilisuojia. Uudemmat venttisuoja ovat rakenteeltaan ilman kipinäväliä olevia metallioksidiventtiilisuojia tai -varistoreja. Vanhemman mallisia kipinävälillisiä piikarbidielementeistä koostuvia venttiilisuojia on edelleen runsaasti käytössä. Metallioksidisuojien tärkeimmät ominaisuudet on määritelty IEC-standardissa 60099-4, näitä ovat:

- jatkuva käyttöjännite, joka on suurin vaihtojännitteen tehollisarvo, joka vaikuttaa jatkuvasti suojan yli.
- käyttötaajuisen ylijännitteen sietokyky, joka saadaan valmistajan käyrästä, sallitun käyttötaajuisen ylijännitteen suuruus ylijännitteen rasitusajan funktion.
- mitoituspääjännite, joka on suurin suojan yli vaikuttava käyttötaajuisen jännite, jolla suoja toimii vaatimusten mukaan standardin määrittämissä toimintasyklilöikeissa
- jäännösjännite, joka on suurin jännite, joka vaikuttaa suojan yli sen ollessa johtavassa tilassa

- mitoituspurkausvirta, joka on suurin salamasyöksyvirtapulssin arvo, jolla suojan on suunniteltu toimivan
- suojaustaso on jännite joka suojan toimiessa vaikuttaa suojan ja sen välittömässä läheisyydessä olevan suojattavan kohteen yli. (Elovaara & Haarla 2011b, 237, 241 - 242.)

4 RELESUOJAUS

Sähköturvallisuuslaki vuodelta 1996 edellyttää että sähkölaitteet ja -laitteistot on suunniteltava, rakennettava, valmistettava ja korjattava sekä niitä on huolettava ja käytettävä niin, että:

- niistä ei aiheudu kenenkään hengelle, terveydelle tai omaisuudelle vaaraa;
- niistä ei sähköisesti tai sähkömagneettisesti aiheudu kohtuutonta häiriötä;
- niiden toiminta ei häiriinny helposti sähköisesti tai sähkömagneettisesti. (SFS-käsikirja 600-3 2012, 9.)

Tehonsiirto voi jatku muissa verkonosissa kun suojaus on irrottanut viallisen laitteen tai verkonosan. Vikavirrat nousevat oikoo- ja maasuluissa niin suuriksi että vikakohdan nopea erottaminen on erityisen tärkeää, jotta niistä ei aiheudu vaaraa ihmisille eikä eläimille eivätkä ne aiheuta laitevahinkoja. Sähköverkon suojaus on toteutettu suojareleillä, mitä edellyttävät myös jännitteen laatuvaatimukset. (Elovaara & Haarla 2011b, 336.)

Sähkökäyttäjien haittoja voidaan vähentää ja minimoida relesuojausjärjestelmällä, joka toimii selektiivisesti, nopeasti, luotettavasti ja toimii myös verkon poikkeuksellisissa käyttötilanteissa. Releet ovat kehittyneet vuosien saatossa, mutta niiden päätoimintaperiaate verkon suojauksessa on säilynyt. Suojareleet voidaan jakaa toimintaperiaatteensa mukaan:

- sähkömekaanisiin releisiin
- staattisiin eli elektronisiin releisiin
- mikroprosessorireleisiin eli digitaalisiin releisiin.

Vanhimmat sähkömekaaniset suojareleet olivat ensiö- eli primäärireleitä, jotka oli kytketty suoraan suojattavan verkon päävirtapiiriin. Ne vapauttivat välitangon avulla katkaisijan välijousen kun virta ylitti annetun asetteluvarvon. Parempaan tulokseen päästään niin teknisesti kuin taloudellisestikin, kun releet liitetään mitta-

muuntajien toisioon. Ensiöreleiden koestusta ei voitu tehdä käytön aikana, releiden liittäminen toisioon mahdollistivat käytön aikana tehtävät koestukset. (Elovaara & Haarla 2011b, 342, 344 - 345; Mörsky 1993, 21 – 22.)

4.1 Virtareleet

Virtareleet voidaan jakaa toiminta periaatteensa mukaan:

- hetkellisiin ylivirtareleisiin, jotka toimivat välittömästi kun virta ylittää releeseen asetellun toiminta-arvon
- vakioaikaylivirtareleisiin, jotka toimivat asetellun toiminta-ajan kuluessa virran ylittäessä releen asetellun toiminta-arvon, riippumatta virran suuruudesta
- käänteisaikaylivirtarele, jotka toimivat sitä nopeammin mitä enemmän releeseen aseteltu virran toiminta-arvon ylittyy
- lämpöreleisiin, jotka kytkevät suojelettavan kohteen irti verkosta ylikuormitustilanteessa. (Mörsky 1993, 35.)

4.2 Distanssireleet

Distanssirele havaitsee vian suunnan silmukoidussa verkossa. Distanssireleen toiminta perustuu virran- ja jännitteen mittaukseen mittamuuntajien avulla. Suojelettavasta johdosta lasketaan impedanssi mittaamalla johdon virta ja alkupään jännite. Vian suunnan distanssirele päättelee virran suunnasta ja jännitteen vaihesiirtokulmasta. Suojaus distanssireleillä perustuu vyöhykkeisiin, joille on määriteltä ulottuma ja aikahidastus. Releeseen on määriteltä kolme vyöhykettä. Ensimmäisellä vyöhykkeellä rele antaa välittömästi laukaisukäskyn. Suomessa toisen vyöhykkeen aikahidastus on 0,4 s ja kolmannen vyöhykkeen aikahidastus 1,0 s. Toista ja kolmatta vyöhykettä käytetään vasta-asemalta lähtevien johtojen varasuojaukseen. Vasta-asemien releet voidaan yhdistää toisiinsa viestiyhteyksillä. Distanssireleissä voidaan käyttää sallivaa yliulottuvaa suojausasettelua ja vikaa vasten kytkennän nopeutusta. (Elovaara & Haarla 2011b, 348; 350 - 353.)

4.3 Nollavirtareleet ja suunnatut maasulkureleet

Nollavirtarele on ylivirtarele joka mittaa suojattavan kohteen vaihevirtojen summavirtaa, toimien maasulussa. Vikavirran suuntaa rele ei tunnista. Suunnattu maasulkurele eli maasulun suuntarele on nollavirtarele, joka mittaa vian suunnan nollavirran ja nollajännitteen välisestä vaihekulmasta vikavirran lisäksi. (Elovaara & Haarla 2011b, 354.)

4.4 Differentiaalireleet

Erovirtarele eli differentiaalirele mittaa suojattavaan kohteeseen tulevien ja siitä lähtevien virtojen erotusta. Rele toimii kun sille aseteltu virtojen sallittu erotus ylittyy. Normaalitylanteessa kun suojausalueella ei ole vikaa on virtojen summa 0. Differentiaalirele ei voi toimia muiden alueiden varasuojana kuten distanssirele voi toimia. Differentiaalirele suojaa vain niiden virtamuuntajien alueella joiden virtoja se vertailee. Muuntajien suojauksessa differentiaalirele on tärkein suoja. (Elovaara & Haarla 2011b, 354 - 354.)

4.5 Jälleenkytkentäreleet

Katkaisijan laukaisun jälkeen tapahtuvaa automaattista jälleenkytkentää käytetään vain avojohtojen suojaukseen. Jälleenkytkentäreleelle asetellaan aika jännitteettömästä väliajasta minkä jälkeen tapahtuu katkaisijan automaattinen kiinniohjaus. Lyhyemmän jännitteettömän väliajan jälkeen tehdään pikajälleenkytkentä eli PJK ja pidemmän väliajan jälkeen tehdään aikajälleenkytkentä eli AJK. (Elovaara & Haarla 2011b, 356.)

4.6 Tahdissaolon valvojat

Tahdissaolon valvojan kuuluvat tahdissaolon ja jännitteen valvonta. Jälleenkytkennässä tahdissaolon valvoja sallii katkaisijan kiinnimenon kun jännitteet katkaisijan molemmin puolin ovat tahdissa. Kytkentä sallitaan myös tilanteessa jos katkaisijan toisella puolella ei ole jännitettä tai jos jännite puuttuu kokonaan ja katkaisija on jännitteetön. Kun tahdistinta ei ole käytetään tahdissaolon valvojaa jälleenkytkennässä ja käsin ohjauksessa. (Elovaara & Haarla 2011b, 356.)

4.7 Automaattitahdistimet

Automaattitahdistinta käytetään ohjattaessa katkaisijaa käsin kiinni. Nykykäytännön mukaan tahdistin ohjelmoidaan niin, että katkaisijan kytkentä sallitaan myös tilanteessa joissa katkaisijan toisella puolella ei ole jännitettä tai jännite puuttuu kokonaan katkaisijan ollessa jännitteetön. (Elovaara & Haarla 2011b, 357.)

4.8 Taajuusreleet

Taajuusrele mittaa suojattavan kohteen taajuutta toimien taajuuden poiketessa asetellusta. Taajuusrelettä käytetään tehonvajaussuojaukseen sekä johtoviassa kytkemään eroon johdonvarsigeneraattoreita verkosta. Tehonvajaussuojauksessa ennakkoon aseteltu kuorma kytketään eroon verkosta taajuuden laskiessa asetellun arvon alle. Johdonvarsigeneraattoreiden irrottamiseen verkosta käytetään taajuusreleen kanssa jänniterelettä. (Elovaara & Haarla 2011b, 357.)

4.9 Kiskonsuojareleet

Kiskosuoja on differentiaalirele, joka vertailee kiskonta lähtevien ja kiskoon tulevien virtojen eroa. Rele laukaisee kaikki kiskoon liitetyt katkaisijat erovirran ylittäessä asetellun arvon. (Elovaara & Haarla 2011b, 357.)

4.10 Katkaisijavikareleet

Katkaisijavikarele on ylivirtarele, jolla on erikseen asetellut vaihe- ja nollavirroille. Asetellut nollavirralle tulevat vikavirroista ja vastaavasti vaihevirroille kuormitus- ja vikavirtoihin perustuen. Katkaisijavikareleen toiminta-aikaa tärkeämpi on palautumisaika. Mikäli viallinen katkaisija ehtii avautua ennen kiskosuojareleelle asetellun toiminta-ajan loppumista, tulee releen palautua avaamatta kiskoon liitettyjä muita katkaisijoita ja mahdollisia vasta-asemien katkaisijoita, josta seuraisi jännitteettömän alueen laajeneminen. (Elovaara & Haarla 2011b, 358 - 359.)

4.11 Kaasureleet eli Buchholz-releet

Kaasureleitä käytetään öljyeristeisten muuntajien ja reaktoreiden suojaukseen. Rele toimii, kun siihen kertyy riittävästi kaasua. Kaasureleen paikka on muuntajan

ja paisuntasäiliön välisessä putkessa. Releessä on aina muuntajaöljyä ja purkautunutta kaasua. Öljy hajoaa kaasuiksi kuumentuessaan muuntajan paikallisessa viassa ja kerääntyy kaasureleeseen. Kaasureleessä on hälytys- ja laukaisupor-
taat. (Elovaara & Haarla 2011b, 359.)

4.12 Jännitereleet

Ylijänniterele toimii kun jännite ylittää sille asetellun jännitearvon. Alijänniterele toimii vastaavasti asetellun jännitearvon alittuessa. Nollajänniterele kytketään jännitemuuntajien avokolmioon. 110 kV verkossa jonkun verkon osan jäädessä ilman tähtipistemaadoitusta, avaa nollajänniterele muuntajan 110 kV katkaisijan toimien maasulkusuojana tilanteessa jossa virtaan perustuva maasulkusuojaus ei toimi. Alijännitereleitä käytetään Suomessa 400 kV asemilla niin kutsuttuun valmiuskytkentään, jossa reaktorit kytketään verkkoon ja muuntajien 110 kV:n katkaisijat avataan, jos asemalta katoaa jännite. (Elovaara & Haarla 2011b, 360.)

5 SÄHKÖTYÖTURVALLISUUS

Yleisestä työturvallisuudesta työpaikoilla säädetään työturvallisuuslaissa 23.8.2002/738. Työturvallisuuslain luvussa 6 säädetään yhteisestä työpaikasta ja Valtioneuvoston asetuksessa rakennustyön turvallisuudesta 205/2009 säädetään yhteisestä rakennustyömaasta. Kaikki Fingrid Oyj:n kohteet ovat joko yhteisiä työpaikkoja tai yhteisiä rakennustyömaita. Perehdytyksestä yhteisellä työpaikalla säädetään työturvallisuuslain pykälässä 50, tiedottaminen ja yhteistoiminta yhteisellä työpaikalla. Perehdyttämisestä yhteisellä rakennustyömaalla säädetään Valtioneuvoston asetuksessa rakennustyön turvallisuudesta. Sähkötyöturvallisuudesta säädetään erikseen sähkötyöturvallisuutta koskevassa lainsäädännössä. (Työturvallisuuslaki 2002, 6; Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009.)

5.1 Lainsäädäntö ja määräykset

Sähkötyöturvallisuudesta säädetään sähköturvallisuuslaissa 14.6.1996/410, joka on tullut voimaan 1.9.1996. Laissa määritellään sähkölaitteistolta vaadittava sähköturvallisuustaso sekä annetaan ohjeita turvallisuuden varmentamisesta ja sähkölaitteistojen käyttöönotosta sekä käytöstä. Lisäksi siinä on vaatimuksia sähkölaitteiden sähkömagneettisesta yhteensopivuudesta. Sähköturvallisuuslaki määrittelee sähköalan työt. (SFS-käsikirja 600-3 2012, 8 - 18.)

Sähköturvallisuusasetus 28.6.1996/498, joka on tullut voimaan 1.9.1996 tarkoittaa säädöksiä tarkastuslaitoksista, valtuutetuista laitoksista, arviointilaitoksista ja varmennusoikeuden saaneista sähköurakoitsijoista sekä määrittelee sähköturvallisuuden neuvottelukunnan tehtävät. (SFS-käsikirja 600-3 2012, 19 - 20.)

Valtioneuvoston asetus sähkölaitteiden ja -laitteistojen sähkömagneettisesta yhteensopivuudesta 27.12.2007/1466 on tullut voimaan 1.1.2008. Asetuksessa määritellään sähkölaitteiden sähkömagneettista yhteensopivuutta koskevia vaatimuksia sekä valmistajan vastuulla olevat tuotannonaikaiset tarkastukset. (SFS-käsikirja 600-3 2012 21 - 22.)

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteiden turvallisuudesta 30.12.1993/1694 on tullut voimaan 1.1.1994. Päätöksessä on turvallisuusvaatimuksia sekä ohjeita niiden täyttämiseen sähkölaitteille, jotka toimivat vaihtovirralla alueella 50 - 1000 V sekä tasavirralla alueella 75 – 100 V. Päätöstä ei sovelleta muun muassa lääketieteellisiin eikä hisseihin tarkoitettuihin sähkölaitteisiin. (SFS-käsikirja 600-3 2012, 23 - 26.)

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähköalan töistä 5.7.1996/516 on tullut voimaan 1.9.1996. Päätöksessä avataan ja määritellään yksityiskohtaisesti sähköturvallisuuslaissa 410/1996 annettuja määräyksiä sähkötöiden johtajasta, käytön johtajasta sekä heidän velvoitteistaan. Päätöksessä ovat vaatimukset sähköpätevyyksiin sekä hissipätevyyteen. Sähkötyöturvallisuudesta on oma lukunsa, jota sovelletaan sähköalantöihin, jos työstä voi aiheutua sähköiskun tai valokaaren vaara. (SFS-käsikirja 600-3 2012, 27 - 34.)

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä 5.7.1996/516 on tullut voimaan 1.9.1996. Päätöksessä on ohjeita luokkien 1, 2 ja 3 sähkölaitteistojen tarkastuksista, kunnossapidosta ja huolloista, sekä rekisteriin tehtävistä ilmoituksista. (SFS-käsikirja 600-3 2012, 35 - 37.)

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen turvallisuudesta 17.12.1999/1193 on tullut voimaan 2.1.2000. Päätös koskee sähkölaitteiden rakenteellista ja toiminnallista turvallisuutta. (SFS-käsikirja 600-3 2012, 38 - 40.)

Sisäasiainministeriön asetus rakennusten poistumisreittien merkitsemisestä ja valaisemisesta 6.10.2005/805 on tullut voimaan 1.1.2006. Asetusta sovelletaan pelastuslaissa (468/2003) määriteltyjen poistumisreittien, turvallisuusmerkintöjen ja opasteiden toimintakunnossa pitämiseen. (SFS-käsikirja 600-3 2012, 41 - 42.)

Sähkötyöturvallisuus standardi SFS 6002, sovelletaan kaikilla jännitealueilla toimiviin sähkölaitteistoihin, niiden käyttöön, työskentelyyn niissä sekä sähkölaitteistojen läheisyydessä. (SFS-käsikirja 600-3 2012, 48.)

5.2 Työmenetelmät

Sähkölaitteistoissa tehtävät työt jaetaan käytettävän työmenetelmän mukaan sähkötyöturvallisuusstandardissa SFS-6002 seuraavasti: työ jännitteettömänä, jännitetyö ja työ jännitteisten osien läheisyydessä. Työmenetelmät perustuvat suojautumiseen sähköiskulta, oikosululta ja valokaaren vaikutuksilta. (SFS-käsikirja 600-3 2012, 61.)

5.2.1 Työskentely jännitteettömänä

Kun työ on sovittu tehtäväksi jännitteettömänä, tulee työkohteessa tehdä seuraavat toimenpiteet alla olevassa järjestyksessä:

- työkohteen täydellinen erottaminen
- jännitteen kytkemisen estäminen työkohteeseen
- laitteiston toteaminen jännitteettömäksi
- työkohteen työmaadoittaminen kaikista syöttösuunnista
- työkohteessa suojaus lähellä olevilta jännitteisiltä osilta. (SFS-käsikirja 600-3 2012, 61.)

Työnvalmisteluluvan erotettuun työkohteeseen antaa henkilö, joka vastaa sähkölaitteiston käytöstä henkilölle, joka vastaa työstä työkohteessa. Työntekijöiden on oltava ammattitaitoisia ja opastettuja, tai heidän tulee työskennellä valvottuna. (SFS-käsikirja 600-3 2012, 61.)

5.2.2 Jännitetyö

Jännitetyöllä tarkoitetaan työtä, jossa työntekijät ovat suoraan kosketuksessa paljaiden jännitteisten osien kanssa tai ulottuvat jännitetyöalueelle fyysisesti joko kehollaan, työkaluilla, laitteilla tai varusteilla. Jännitetyöalueen raja on määritelty kullekin jännitteelle erikseen SFS Standardin 6002 liitteen A taulukossa A.1: Ohjeita etäisyyksille D_L ja D_V . Edellä olevassa taulukossa on D_L jännitetyöalueen ul-

koreuna, esimerkiksi 110 kV jännitteellä 1000 mm. Jännitetyön tekemisestä määritellään kansallisia velvoittavia määräyksiä liitteessä Y, jossa on muun muassa yleistä jännitetyön tekemisestä, koulutuksesta ja pätevyyksistä. (SFS-käsikirja 600-3 2012, 66, 76 - 77.)

5.2.3 Työskentely jännitteisten osien läheisyydessä

Työskentelyssä jännitteisten osien läheisyydessä noudatetaan kansallisia säädöksiä. Työskenneltäessä nimellisjännitteen ollessa vaihtosähköllä yli 50 V tai tasasähköllä yli 120 V tulee varmistua, ettei työntekijä voi koskettaa jännitteisiä osia tai joutua jännitetyöalueelle. Työn turvalliseksi tekemiseksi työkohte tulee suojata suojuksin, esteillä, koteloilla tai eristävillä päällyksillä. Mikäli näin ei voida tehdä, tulee käyttää riittävää työskentelyetäisyyttä, joka on vähintään SFS Standardin 6002 liitteen A taulukossa A.1: Ohjeita etäisyyksille D_L ja D_V , oleva etäisyys D_L , joka määrittelee lähialueen ulkoreunan. Lisäksi työkohteessa käytetään tarvittaessa valvontaa, ettei tarvittavaa minimi etäisyyttä aliteta. (SFS-käsikirja 600-3 2012, 69 -71, 77.)

5.2.4 Työskentelyolosuhteet

Työskentelyolosuhteissa on huomioitava induktio. Induktiossa jännitteiset johtimet voivat aiheuttaa varauksia lähellä oleviin johtoihin tai johtaviin osiin. Induktion aiheuttamat latausjännitteet voidaan torjua:

- voimajohdoilla maadoittamalla sopivin välein (lisätyömaadoittaminen)
- käyttäen potentiaalintasauksia työkohteessa, näin ehkäistään työntekijä joutumista osaksi induktiovirtapiiriä. (SFS-käsikirja 600-3 2012, 61.)

Sääolot on huomioitava siten, että työn aloitusta tulee siirtää jos ympäristössä on esimerkiksi salamointia, rankkasadetta, sumua tai tuuli on kova. Työskentelyn aikana on erityisesti kiinnitettävä huomiota siihen, jos nähdään salamointia tai kuullaan ukkosen jyrinää tai havaitaan ukkosen lähestyvän, tällöin työt voimajohdoilla ja kytkinlaitoksissa on pysäytettävä. Vaarasta on ilmoitettava sähkölaitteiston käytöstä vastaavalle. (SFS-käsikirja 600-3 2012, 61.)

5.3 Fingrid Oyj:n siirtokeskeytysten suunnittelun periaatteet

5.3.1 Määritelmiä

Siirtokeskeytysten suunnittelun ja toteutuksen yhteydessä käytettäviä määritelmiä on koottuna lyhyesti selittäen alla olevassa luettelossa.

Siirtokeskeytyksissä käytettäviä määritelmiä

- Kantaverkkokeskus tekee käyttövarmuustarkastelut, hyväksyy suunnittelun siirtokeskeytyksen kytkentäpäätökseksi, laatii ja tarkastaa kytkentäohjelmat.
- Aluetoiminta, jonka asiantuntijat huolehtivat alueellaan kantaverkon kunnossapidosta, suunnittelevat siirtokeskeytyksiä ja paikalliskäytöstä.
- Liittyjä on kantaverkkoon liittynyt sähköverkko tai voimalaitos, joka on nimenmynyt omat vastuhenkilönsä käytön suunnitteluun ja toteutukseen.
- Sähkölaitteiston käytön johtaja on nimetty henkilö, joka on vastuussa sähkölaitteiston turvallisesta käytöstä ja vastaa käyttöhenkilökunnan osaamisesta.
- Käytöstä vastaava henkilö on sähkölaitteiston käytön johtaja tai hänen valtuuttamansa henkilö, jolla on toiminnallinen vastuu sähkölaitteiston käytöstä.
- Kytkenänjohtaja johtaa valvomansa ja hallitsemansa sähköverkon kytkennät ja on yhteydessä paikalliskytkijöihin kytkentöjen ajan. Kantaverkon kytkennöissä kytkennänjohtajana toimii kantaverkkokeskus.
- Paikalliskytkijä on sähköalan ammattihenkilö, joka toimii kytkennänjohtajan pyynnöstä ja johdolla tehden sovitut paikalliskytkennät.
- Sähkötöiden johtaja on henkilö joka vastaa että sähkötöissä ja sähkölaitteistossa tehtävissä huolloissa noudatetaan sähköturvallisuuslakia, työturvallisuuslakia ja niiden perusteella annettuja säännöksiä ja määräyksiä.

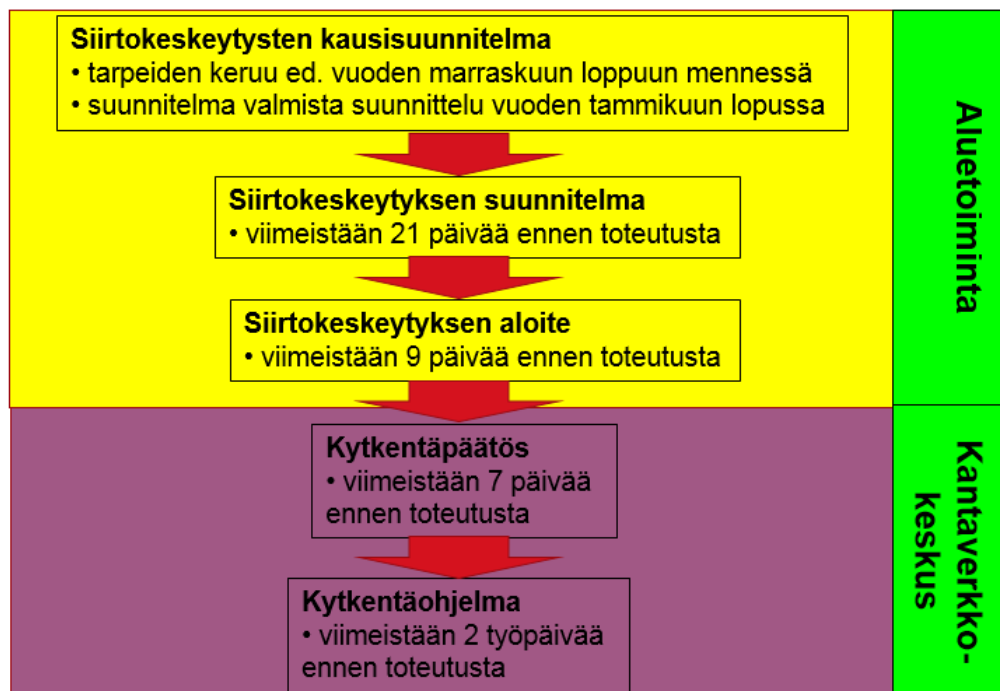
- Työstä vastaava henkilö vastaa toiminnallisesti työstä. Tarvittaessa näistä tehtävistä voidaan siirtää osia toiselle henkilölle.
- Työnaikaisen sähköturvallisuuden valvoja on henkilö, jonka tulee olla sähköalan ammattihenkilö joka kykenee itsenäiseen työskentelyyn. Hän voi työnaikaisen sähköturvallisuuden valvojana osallistua työhön tai tehdä työn kokonaan itse.
- Työkohteen yhdyshenkilö on henkilö jolle kytkennänjohtaja antaa työnvalmisteluluvan ja joka antaa käyttöönottoluvan. Hän on tarvittaessa työn aikana yhteydessä sähkölaitteiston kytkennänjohtajaan.
- Työvalmistelulupa jolla kytkennänjohtaja antaa hallitsemansa verkon kytkentätilanteesta ja päätyömaadoitusten sijainnista selvityksen työkohteen yhdyshenkilölle ja/tai toisen siirtoverkon kytkennänjohtajalle.
- Työlupa jonka työstä vastaava tai hänen valtuuttamansa henkilö antaa työkohteessa varsinaisen työn aloittamiseen.
- Käyttöönottolupa jonka työkohteen yhdyshenkilö antaa kytkennänjohtajalle jonka hallinnassa olevaan laitteistoon työ kohdistuu.
- Turvallisuusilmoitus johon työstä vastaava ja sähkölaitteiston käytöstä vastaava kirjaavat tarpeelliset turvatoimet, yhteystiedot ja vastuuhenkilöt. (Lehtonen 2015, 98 - 100.)

5.3.2 Siirtokeskeytysten kausisuunnitelma

Fingrid Oyj:n siirtokeskeytysten suunnittelu tehdään Fingrid Oyj:n aluetoiminnan ja kantaverkkokeskuksen yhteistyönä. Vuosittaisen siirtokeskeytysuunnittelun Fingrid Oyj:n aluetoiminta aloittaa hyvissä ajoin edellisen vuoden puolella keräämällä siirtokeskeytystarpeet ja poikkeavat kytkentätilanteet. Tietoja kerätään kantaverkkoon liittyviltä asiakkailta ja Fingrid Oyj:n kunnossapidosta sekä investointiprojekteista. Suunnitteluvuoden siirtokeskeytystarpeet kartoitetaan edellisen vuoden marraskuun loppuun mennessä. Kerätyt siirtokeskeytystarpeet aikatau-

lutetaan alustavasti ja niistä laaditaan kantaverkkoon vaikuttavien siirtokeskeytysten kausisuunnitelma, jonka tiedot kerrotaan liittyjille aluetoiminnan toimesta suunnittelu vuoden tammikuun lopussa. Kuviossa 15 on kuvattu siirtokeskeytysten suunnittelun vaiheet. (Lehtonen 2015, 50.)

Vuosittaiseen kausisuunnitelmaan myöhemmin tulevat lisäystarpeet kirjataan ja lisätään välittömästi niiden tullessa tietoon siirtokeskeytysten suunnitteluun käytettävään sovellukseen. Siirtokeskeytystarpeiden yhteensovittamisessa ja aikataulutuksessa on huomioitava työturvallisuus ja verkon käyttövarmuus. Siirtokeskeytyksen koskiessa liittyjää tehdään töiden, tarvittavien toimenpiteiden ja aikataulun suunnittelu sekä yhteyshenkilöiden sopiminen yhteistyössä liittyjän kanssa. Aluetoiminnan vastuulla on kirjata kantaverkon osalta siirtokeskeytyksestä laadittavaan suunnitelmaan turvallisuuden ja käyttövarmuuden kannalta tarpeelliset tiedot. (Lehtonen 2015, 50, 57.)

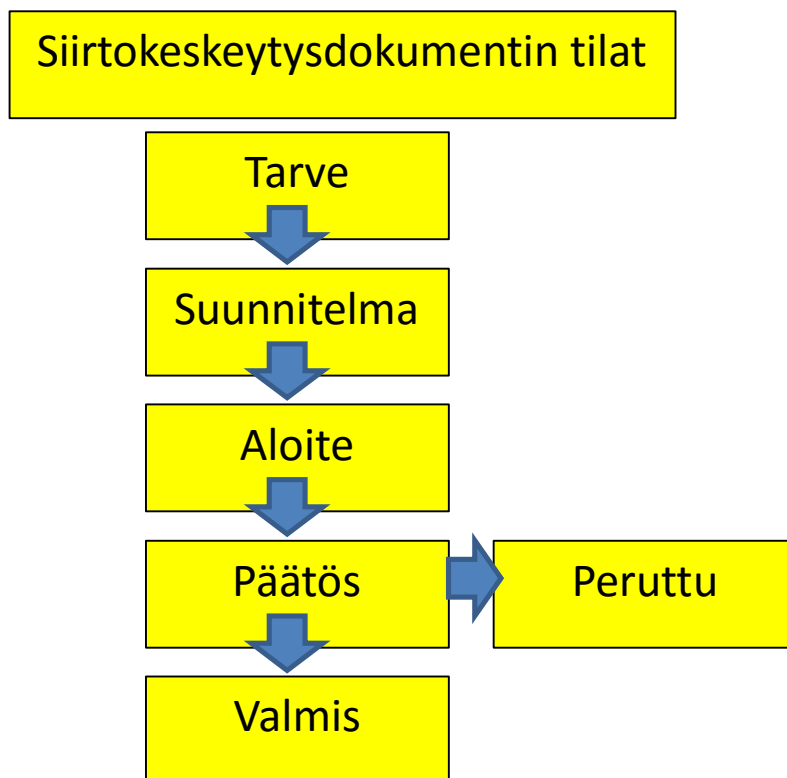


Kuvio 15. Siirtokeskeytysten suunnittelu (Lehtonen 2015, 51.)

5.3.3 Siirtokeskeytyksen suunnittelu

Siirtokeskeytysten kausisuunnitelmassa olevan yksittäisen siirtokeskeytyksen suunnittelu etenee siten, että suunnitelman tulee olla valmis viimeistään 21 päivää ennen suunniteltua toteutusajankohtaa. Siirtokeskeytyksistä kirjataan suunnitelmaan:

- siirtokeskeytyksen aikana tehtävät työt työvaiheiksi
- kytkentätilanteen muutokset kytkentävaiheiksi
 - toimenpiteet kantaverkossa
 - toimenpiteet liittymän verkossa
- aloitus- ja päättymisajat kytkentä- ja työvaiheille. (Lehtonen 2015, 50.)



Kuvio 16. Fingrid Oyj:n siirtokeskeytyksdokumentin eri tilat (Lehtonen 2015, 50 - 52.)

Siirtokeskeytyssuunnitelman ollessa aluetoiminnan toimesta valmis laitetaan suunnitelma siirtokeskeytysten suunnittelu sovelluksessa aloite-tilaan viimeistään 9 vuorokautta ennen suunniteltua toteutusaikaa. Suunnitelman aloite-tilaan laittamisen myötä siirtokeskeytyksen suunnittelu vastuu siirtyy kantaverkkokeskukselle, joka käy läpi siirtokeskeytyssuunnitelman aloitteen ja hyväksyy kytkentäpäätöksen viimeistään 7 päivää ennen toteutusta ja jakaa päätöksen eri osapuolille. Kuviossa 16 ovat siirtokeskeytyssuunnitelman eri tilat suunnittelun alkaessa siirtokeskeytystarpeesta. Kytkentäpäätöksen perusteella kantaverkkokeskus laatii ja tarkastaa tarvittavat kytkentäohjelmat kytkennöistä ja jakaa kytkentäohjelmat paikalliskytkijöille viimeistään 2 työpäivää ennen siirtokeskeytyksen toteutusta. Silloin kun päätös -tilassa oleva siirtokeskeytyks peruuntuu, muuttaa kantaverkkokeskus tilan ja merkitsee syyn peruuntumiseen. (Lehtonen 2015, 50 - 52.)

5.3.4 Yksittäisen siirtokeskeytyksen suunnittelu

Siirtokeskeytyksen suunnittelu sekä työn turvallisen tekemisen vaatima vaaran arviointi tehdään yhteistyössä eri osapuolten kanssa. Aluetoiminnan toimesta työstä vastaavan kanssa sovitaan yhdessä työssä jännitteettömäksi kytkettävän alueen laajuus. Siirtokeskeytyksen suunnittelussa on huomioitava muun muassa:

- Kytkentätoimenpiteet voidaan tehdä luotettavasti kyseessä olevalla kytkinlaitteella.
- Mahdollisen takasyötön aiheuttama vaara otetaan huomioon. Takasyöttö voi olla liittymä, varavoimakone tai kondensaattori.
- Voimajohdoilla johto-osan siirtokeskeytyksestä on sovittava ja kirjattava yksiselitteisesti rajaukset kytkentäpäätökseen sekä turvallisuusilmoitukseen.
- Suojausmuutosten suunnittelu tehdään sähköturvallisuuden ja käyttövarmuuden ylläpitämiseksi.
- Relekoetuksista laaditaan aina keskeytyssuunnitelma.

- Siirtokeskeytyksen suunnitelmiin kirjataan erityistä varmistamista edellyttävät kohteet esimerkiksi käämikytkimen lukinta tai säätäminen.
- Muuntajien siirtokeskeytyksissä on huomioitava suunnittelussa suojauksen toimivuus tähtipistemaadoittamisen osalta, suunnitelmiin kirjataan tähtipistemaadoittamisen ja tähtipisteen kytkinlaitteiden tilan muutokset.
- Käyttöjännitteistä katkaisijaa voidaan pitää auki harkinnan mukaan maksimissaan 5 tuntia. Tässä on huomioitava katkaisijan mahdollinen vaurioitumisriski muun muassa ukkosen vuoksi.
- Erottavan katkaisijan auki pitämiselle ei ole aikarajaa.
- Pääkisko kytketään käyttöjännitteiseksi tai käyttöjännitteettömäksi katkaisijalla. Jouduttaessa tekemään kytkentä erottimella selvitetään suojauksen toiminta etukäteen.
- Erottimella voidaan avata apukiskosto, tyhjäkäyvä omakäyttömuuntaja tai alle 7 km pitkä avojohto.
- Erottimella voidaan sulkea maksimissaan 50 km pitkä säteittäisjohto.
- Turvaohjaimen käyttö kytkinlaitoksessa kirjataan siirtokeskeytyssuunnitelmaan. (Lehtonen 2015, 52 - 57.)

Työt jotka tehdään käyttöjännitteisessä sähkölaitteistossa tai sen lähellä ja joista työvahingon tai mahdollisen välinerikon sattuessa aiheutuisi vaaraa henkilöturvallisuudelle tai käyttövarmuudelle ovat:

- voimajohtojen lentotarkastukset
- jännitetyöt tai jännitetyön luontoiset työt
- työt käyttöjännitteisen sähkölaitteiston yläpuolella. (Lehtonen 2015, 53.)

Näiden töiden suunnittelu tehdään siirtokeskeytysten suunnittelua vastaava tarkkuudella ja sovitut turvallisuusasiat kirjataan työstä laadittavaan turvallisuusilmoitukseen. (Lehtonen 2015, 53.)

5.3.5 Päätyömaadoittamisen vastuut ja suunnittelu

Päätyömaadoittamisessa liittäjän kanssa yhteisessä siirtokeskeytyksessä sekä Fingrid että liittyjä vastaavat omaan siirtoverkkoonsa tulevien päätyömaadoitusten suunnittelusta ja toteutuksesta. Suunnittelu tehdään yhteistyössä siirtokeskeytykseen liittyvien osapuolien kanssa ja yhteisesti sovitut asiat kirjataan siirtokeskeytykdokumenttiin. Fingridissä päätyömaadoitusten suunnittelun tekee alue toiminta. Varsinaisessa kytkennässä päätyömaadoitukset ovat kyseessä olevan siirtoverkon kytkennänjohtajan vastuulla. Mikäli huoltotöissä esimerkiksi mittauksen tai testauksen vuoksi tarvitaan päätyömaadoituksen poistamista tai kytkemistä on toimenpiteestä sovittava siirtokeskeytystä suunniteltaessa. Päätyömaadoituksen poistaminen tai kytkeminen kirjataan siirtokeskeytyksestä laadittavaan kytkentäohjelmaan. Päätyömaadoituksen poistamiseen ja kytkemiseen on aina saatava lupa kytkennänjohtajalta kyseessä olevan työvaiheen alussa. (Lehtonen 2015, 36 - 37.)

Päätyömaadoituksia suunniteltaessa pääperiaatteena on siirtokeskeytyksen alaisen työkohteen maadoittaminen kaikista mahdollisista käyttöjännitteen syöttösuunnista, käyttöjännitteen pääsyn estämiseksi työkohteeseen. Päätyömaadoitusten suunnittelussa huomioitavia asioita kantaverkossa ovat:

- Kun voimajohdolla on huoltotöiden vuoksi siirtokeskeytys, tulee kytkinlaitoksella vähintään yhden päätyömaadoituksen olla kytkettynä työkohteeksi erotettuun voimajohdon osaan.
- Kytkentä- tai huoltotilanteiden vaatimat muutokset tulee ottaa huomioon.
- Työnvalmistelulupa siirtokeskeytykseen liittyen annetaan vasta kun päätyömaadoitukset on kytketty.
- Muuntajilla päätyömaadoitus on kytkettävä kaikkiin jänniteportaisiin sekä pienjännitepuolelle jos se teknisesti on mahdollista.
- Päätyömaadoitus on tehtävä myös silloin jos pelkästään yhdet irrotetut tai asentamattomat välikäydet ovat käyttöjännitteen ja työkohteen välissä.

- Kytkinlaitoksissa, joissa erottimet on korvattu mekaanisesti avattavilla tai suljettavilla erotusväleillä, avattu erotusväli rinnastetaan päätyömaadoittamisessa avattuun erottimeen.
- Erottavan katkaisijan ollessa auki on katkaisijan pääkiskon puoleinen napa jännitteinen ja päätyömaadoitus on kytkettävä erottavan katkaisijan jännitteettömän navan ja työkohteen väliin.
- Päätyömaadoituksissa on huomioitava että ylivirtasuojan toimiminen tai kytkinlaitteen avautuminen ei saa vaikuttaa päätyömaadoitukseen.
- Mikäli kytkinlaite on ohjattu kiinni päätyömaadoituksen takia, on varmistettava kytkinlaitteen kiinni pysymisestä ohjauksen estolla ja mekaanisella lukinnalla, erityisen tärkeää tämä on silloin kun työmaadoittaminen tehdään katkaisijan läpi. (Lehtonen 2015, 37 - 41.)

6 TYÖTURVALLISUUDEN OHJEISTUS FINGRIDISSÄ

6.1 Yleistä työturvallisuudesta

Fingrid kilpailuttaa ja teettää sähköasemilla ja voimajohdoilla tapahtuvan investointi- ja kunnossapitotoimintansa tarkoin valikoiduille palvelutoimittajille. Fingrid työllistää vuosittain laajan ja osittain vaihtuvan joukon palvelutoimittajia. Vuonna 2013 Fingridin palvelutoimittajat tekivät Fingridille yhteensä noin 640 henkilötyövuotta, vastaava luku vuonna 2015 oli 593 henkilötyövuotta. Fingridin työmailla (investoinnit, kunnonhallinta ja varavoimalaitokset) työskenteli vuonna 2013 arviolta yli 1 000 eri henkilöä. Fingridin omaa, vakituista henkilökuntaa vuonna 2014 oli 282 henkilöä. Kantaverkon toiminnan laadun kannalta palvelutoimittajien osaaminen on kriittistä. Pienetkin virheet sähköasemilla ja voimajohdoilla tehtävissä töissä voivat aiheuttaa mittavia vaikutuksia Fingridille, ja myös yhteiskunnalle. Fingridissä katsotaan työturvallisuuden olevan tärkein osa palvelutoimittajien laadukasta työtä. Palvelutoimittajia mitataan muun muassa kustannuksilla, laadulla ja aikataululla. Tärkein yksittäinen kriteeri Fingridille on kuitenkin työturvallisuus. Tärkeintä on, että kaikki työt tehdään turvallisesti, ja että jokainen Fingridin työmailla työskentelevä pääsee terveenä kotiin. Edellytys tälle on, että kaikki tietävät minkälaiset ohjeet Fingridin työmaita koskevat, se on perusedellytys työn turvalliselle suorittamiselle. (Fingrid Oyj 2016; Lokkinen 2014.)

6.2 Turvallisuutta koskevat sopimusehdot

Fingrid Oyj on laatinut ”Turvallisuuden sopimusehdot”, joissa määritellään tilaajan ja toimittajan vastuut sekä noudatettavat turvallisuusperiaatteet. Turvallisuutta koskevat sopimusehdot liitetään toimittajien kanssa tehtäviin kunnossapito- ja investointisopimuksiin. Turvallisuuden sopimusehtoja pidetään yllä ja päivitetään säännöllisesti muun muassa lakien ja säädösten muutokset huomioiden. Turvallisuuden sopimusehdot sisältävät seuraavat pääotsikot:

- määritelmiä
- työn johto ja valvonta sekä velvoitteiden käytännön hoito

- sähkötyöturvallisuus
- turvallisuusvastuut
- työn turvallisuussuunnittelu
- turvallisuusopastus ja -ohjaus
- yhteistyö ja tiedottaminen
- konetyöskentely, telineet ja tikkaat
- kaivutyöt
- henkilösuojaimet ja muut suojeluvälineet
- korkealla tehtävät työt
- järjestys ja siisteys
- paloturvallisuus
- ensiapuvalmius
- kulunvalvonta
- huumaavat aineet
- turvallisuussanktiot. (Fingrid Oyj Intranet 2016.)

6.3 Sähköasemien turvallisuusasiakirja

Sähköaseman kunnossapito- tai rakennustyön suunnittelusta, valmistelusta ja toteutuksesta laaditaan turvallisuusasiakirja, jolla selvitetään laatimishetkellä tilaajan tiedossa olevat hankkeen turvallisuustekijät. Turvallisuusasiakirjan laatimistavastuu on Fingridin projektipäälliköllä tai vastaavalla urakkakyselyä tehtäessä. Turvallisuusasiakirjan otsikot ovat:

- turvallisuusasiakirjan tarkoitus

- työalueet ja olosuhteet
- sähkötyöturvallisuus
- muut vaaralliset olosuhteet ja tilanteet sekä työt ja työvaiheet
- vastuut turvallisuudesta
- työnjohto ja valvonta
- opastus ja ohjaus
- yhteistyö ja tiedottaminen
- tarkastukset. (Fingrid Oyj Intranet 2016.)

6.4 Turvallisuustavoitteet

Turvallisuustavoitteena on selkeästi 0 tapaturmaa, johon Fingridissä pyritään kokoaikaisella turvallisuustyöskentelyllä. Tätä varten on jo useamman vuoden ajan ollut meneillään työturvallisuuden edistämiseksi Työturvallisuuden kehityshanke, jonka tavoitteet ovat sekä 0 tapaturmaa että parantaa työturvallisuuden tasoa Fingridin työmailla sekä lisätä valmiuksia kehittää ja ylläpitää työturvallisuuden korkeaa tasoa investoinneissa ja kunnossapidossa. (Koskinen 2016c.)

6.5 Fingrid Oyj:n tapaturmatilastot

Vuoden 2015 tapaturmatilastoissa oli kunnossapidon ja investointihankkeiden työturvallisuustaso laskenut vuoteen 2014 verrattuna. Mittarina tilastoissa käytetään tapaturmataajuutta, joka on työpaikkatapaturmien lukumäärä per miljoona tehtyä työtuntia. Fingridin palvelutoimittajille sattui 13 ja omalle henkilökunnalle 1 poissaoloon johtanut työpaikkatapaturma. Vuonna 2014 yhdistetty (palvelutoimittajat ja Fingridin oma henkilökunta) tapaturmataajuus oli 6, vuoden 2015 tapaturmataajuus nousi edelliseen vuoteen verrattuna ollen 9. Palvelutoimittajat tekivät Fingridille 2015 yhteensä 593 henkilötyövuotta ja työtunteja kertyi 1 008 264

tuntia. Vuoden 2015 tapaturmatilasto ”Työtapaturmataajuus ja työpaikkatapaturmien vakavuus” on liitteessä 1. (Koskinen 2016a, 4.)

Työpaikkatapaturmat luokitellaan A-, B- ja C- luokkiin, niiden seurausten vakavuuden ja potentiaalisten seurausten mukaan, kaikki tapaturmat tutkitaan. C-luokassa tutkintaprosessi on kevyempi, jolloin tutkinnassa ei käytetä erillistä tutkintalomaketta, vaan tarvittavat toimenpiteet määritellään ja tehdään yhteenveto tapahtuneesta. Vuonna 2015 työpaikkatapaturmista 4 luokiteltiin A-luokkaan, joka on vakavin. Poissaoloon johtaneita työpaikkatapaturmia oli 13 ja 8 niistä sattui voimajohtoprojekteissa. Liukastuminen ja kompastuminen maassa tai pylväässä oli syynä puolessa tapauksista. 0 tapaturmaa tavoite saavutettiin niin sähköasemaprojekteissa kuin varavoimalaitoksillakin, niissä ei tapahtunut yhtään poissaoloon johtanutta työpaikkatapaturmaa. (Koskinen 2016a, 4 - 5.)

Kunnossapidossa Fingridin palvelutoimittajille sattui poissaoloon johtaneita työpaikkatapaturmia 4, joista 2 sattui sähköasemalla ja 2 voimajohdoilla. Läheltä piti ilmoituksia tehtiin vuonna 2015 kaikkiaan 91. Joka oli lähes kaksi kertaa enemmän kuin vuonna 2014. Valtaosa ilmoituksista luokiteltiin C-luokkaa ja B-luokkaan luokiteltiin 10. Vakaviksi luokiteltuja läheltä piti -tilanteita eli A-luokan tapauksia oli yhteensä 8 vuonna 2015. Kolmessa näistä kyse oli lisätyömaadoitusten oikeasta asentamisesta ja irrottamisesta. Lisätyömaadoitukset ovat latausjännitteiden poistamisessa välttämättömiä turvallisen työskentelyn takaamiseksi sähköasemilla ja voimajohdoilla. Latausjännitteistä aiheutui vuonna 2013 kuolemaan johtanut tapaturma. (Koskinen 2016a, 5.)

Tapaturmat ovat johtuneet monista eri syistä, kuten putoamisesta, kompastumisesta, liukastumisesta, esineen kaatumisesta tai putoamisesta, rasituksesta työtehtävässä, työvirheestä ja sähköiskusta. Vakavia vaaratilanteita on aiheutunut myös purku- ja nostotöissä sekä sähköasemalla 20 kV jännitemuuntajan räjähtämisestä. Merkittävässä roolissa turvallisuuden puutteiden huomaamisessa ja kehittämässä ovat turvallisuushavainnot, joita tehtiin vuonna 2015 noin 40. (Koskinen 2016a, 4 - 5.)

7 SÄHKÖASEMIEN PAIKALLISOPASTUS

Yleisenä turvallisuusperiaatteena sähköasemilla liikuttaessa ja työskenneltäessä on henkilöturvallisuuden pitäminen etusijalla kaikessa toiminnassa ja kaikissa tilanteissa. Turvallisuusperiaatteet huomioidaan töiden suunnittelussa ja toteutuksessa. Osana turvallista toimintaa sähköasemilla on työtä varten annettava paikallisopastus paikallisiin olosuhteisiin. Sähköasemilla suurjännitelaitteiden läheisyydessä tulee välttää tarpeetonta oleskelua ja liikkumista. (Lehtonen 2015, 4 - 5.)

7.1 Työturvallisuus ja lupamenettelyt

Fingrid Oy:n sähköasemalaitteisiin ja voimajohtoihin kohdistuvista töistä on laadittava ennakkoon töiden toteutuksesta turvallisuusilmoitus Fingrid Oyj:n turvallisuusilmoitussovellukseen. Turvallisuusilmoituksella toimittajan työstä vastaava kirjaa työssä olevat riskit, tarvittavat turvatoimet ja yhteyshenkilöt yhteystietoineen. Työstä vastaava määrittelee turvatoimet, esimerkiksi käytettäessä henkilönostinta kytkinlaitoksessa huoltotöissä tulee nostin tai työkone maadoittaa ajoneuvomaadoituksella. Fingridin sähkölaitteiston käytöstä vastaava käsittelee turvallisuusilmoituksen ja tarkentaa siihen työkohteessa huomioitavia vaaratekijöitä, turvatoimia kuten määrittelee työalueenrajauksen sekä tarkastaa työryhmän opastustarpeen. Tarvittaessa työryhmälle tilataan paikallisopastus työkohteeseen. Sähkölaitteiston käytöstä vastaava määrittelee tilauksessa paikallisopastuksen laajuuden. (Lehtonen 2015, 98.)

7.1.1 Tekstiviesti-ilmoitus

Ennen työkohteeseen menoa lähetään tekstiviesti -ilmoituksen kaikista kantaverkon sähköasemilla ja voimajohdoilla tehtävistä töistä ja työkäynneistä. Tekstiviesti-ilmoituksella kantaverkkokeskus ja Fingridin aluetoiminta saavat tiedon työryhmistä, jotka ovat kantaverkon sähköasemilla tai voimajohdoilla työskentelemässä sekä Fingridin omasta henkilökunnasta. Työryhmä on samaan työhön osallistuva urakoitsijaketju. Ulkopuolinen työryhmä ei tee sähköasemalla kantaverkon töitä. Työryhmän jäsen tekee tekstiviesti-ilmoituksen päivittäin saapuesaan työkohteeseen. (Lehtonen 2015, 8.)

Työkohteeseen kulkuluvan saadakseen tekstiviesti-ilmoituksen tekijällä tulee olla:

- voimassa oleva paikallisopastus työkohteeseen
- yhteystiedot Fingridin turvallisuusilmoitussovelluksessa
- tavoitettavissa puhelimella koko työn ajan
- kulkulupa on puhelinkohtainen, joten puhelinta ei saa antaa työkohteeseen opastamattoman henkilön käyttöön. (Lehtonen 2015, 8 - 9.)

Työryhmä saa järjestelmästä:

- paluuviestillä kulkuluvan työkohteeseen tai ilmoituksen, joka edellyttää yhteydenottoa Fingridin aluetoimintaan
- erillisessä viestissä työkohteeseen mahdollisesti kirjatut vaaratekijät
- tiedon työkohteessa olevista muista työryhmistä
- ilmoituksen työkohteeseen saapuvista uusista työryhmistä. (Lehtonen 2015, 8 - 9.)

Tekstiviesti-ilmoituksella saadulla kulkuluvalla voidaan aloittaa työt vain niissä tapauksissa, joissa työ on ennakkoon sovittu aloitettavaksi tekstiviesti-ilmoituksella saatavalla kulkuluvalla. Näitä töitä ovat esimerkiksi lumen auraus ja nurmikon leikkuu. Työryhmälle kulkuluvan saaneen henkilön on tehtävä päivittäin poistumisilmoitus tekstiviestillä työpäivän päätteeksi. (Lehtonen 2015, 9.)

7.1.2 Vaaran arviointi

Työ suunnitellaan niin, että se voidaan tehdä turvallisesti. Työkohteen työstä vastaavan on tehtävä ennen töiden aloitusta kaikista kantaverkon sähköasemilla tai voimajohdoilla tehtävistä töistä vaaran arviointi, jossa on huomioitava muun muassa:

- sähköasemalaitteiston tai voimajohdon rakenne työn kannalta

- vaaratekijät jotka liittyvät työhön tai työmenetelmiin
- turvallisen työskentelyn edellyttämä käyttötilanne
- turvalliset työmenetelmät ja -välineet
- työkohteeseen valittujen työmenetelmien soveltuvuus turvalliseen työskentelyyn
- muut työkohteen lähellä työskentelevät työryhmät. (Lehtonen 2015, 10.)

Kun vähintään kahden eri toimittajan työryhmien työkohteet tullaan yhdistämään, tulee Fingridin aluetoiminnan huolehtia ja sopia sähkötyöturvallisuudesta työkohteiden rajakohdassa, kuten päätyömaadoittamisesta. Aluetoiminnan vastuulla on sovittaa yhteen kunnossapitotyöt muiden töiden kanssa. (Lehtonen 2015, 14.)

7.2 Paikallisopastuksessa opastettavat asiat

Työstä vastaavan laatiman turvallisuusilmoituksen käsittelyvaiheessa sähkölaitteistosta vastaava tarkastaa opastustarpeen työkohteessa. Paikallisopastuksessa käydään läpi sähkölaitteistoon sekä sen ympäristön liittyvät erityispiirteet sekä yhteydenpito. Paikallisopastajan yhteystiedot merkitään turvallisuusilmoitukseen. Paikallisopastuksessa opastettaviksi määritellyt asiat kirjataan paikallisopastuslomakkeeseen, joka on liitteessä 2. Paikallisopastusta suunniteltaessa ja tilattaessa on huomioitava:

- työkohteen sähköiset vaaratekijät
- opastettavien ammattitaito ja kokemus
- työn tekemiseen liittyvät käyttötilanteen muutokset. (Lehtonen 2015, 14 - 15.)

Paikallisopastus annetaan kunnossapito- ja investointitöissä Fingridin jokaiselle sopimus Kumppanille ja myös sähkölaitteiston lähellä tehtävää työtä varten ulkopuoliselle työryhmälle. Työkohteen ollessa tuttu tai jos sähkölaitteistosta vas-

taava katso työryhmän tarvitsevan erillistä paikallisopastusta työryhmän työnäikaisen sähköturvallisuuden valvoja opastaa työryhmälle työkohteessa olevat vaaratekijät. (Lehtonen 2015, 14 - 15.)

7.3 Paikallisopastuksen toteutus

Paikallisopastuksia kantaverkon sähkölaitteistoihin antavat valtuutetut paikallisopastajat, jotka on hyväksytty opastamaan nimetyissä kohteissa kielitaitonsa mukaisesti. Valtuutettuina opastajina voivat toimia sekä Fingridin henkilökunta että paikallistoimittajan henkilöt. Valtuutuksen yhteydessä sovitaan kielet joilla opastaja voi antaa paikallisopastuksia sekä valtuutuksen voimassaoloaika. Valtuutetun opastajan tulee olla:

- sähköalan ammattihenkilö, jolla on voimaassa oleva käyttöömenpidelupa joka oikeuttaa paikalliskytkentöihin opastettavassa kohteessa
- kattavat tiedot opastettavasta kohteesta
- riittävän kattavat tiedot Fingridin vastuulla olevan opastuksen hoitamiseen. (Lehtonen 2015, 16.)

Paikallisopastus annetaan työkohteen työstä vastaavan nimeämälle henkilölle. Pyrkimyksenä on, että Fingridin antamaan paikallisopastukseen osallistuu mahdollisimman monta työryhmän jäsentä. Vain Fingridin hyväksymä henkilö saa antaa jatko-opastuksen työkohteessa, työkohteen jatko-opastuksen saaneista on pidettävä kirjaa. Opastajan tulee perehtyä ennen opastuksen antamista ennakoon toimitettuun paikallisopastuslomakkeeseen, joka on liitteessä 1. (Lehtonen 2015, 15.)

Paikallisopastaja antaa paikallisopastuksen paikallisopastuslomakkeeseen kirjatujen vaatimusten mukaan. Opastajan tulee arvioida opastettavien asioiden perille menoa esimerkiksi kysymyksillä ja tarvittaessa kerrata tai laajentaa antamaansa opastusta. Paikallisopastuksessa opastaja selvittää sovitun työalueen, työalueen rajauksen ja työkohteen läheisyydessä olevat jännitteiset osat myös vieraan verkon osalta. Erityisesti opastajan on mainittava, että jos työ laajenee

sallitun työalueen ulkopuolelle, on työ suunniteltava kokonaan uudelleen. Kuviossa 17 on perehdytyksen eteneminen muutostilanteet huomioiden. (Lehtonen 2015, 15.)



Kuvio 17. Turvallisuusopastus ja -ohjaus (Koskinen 2016b).

7.4 Fingridin verkkokouluprojekti

Vuoden 2014 lopulla Fingridissä käynnistettiin verkkokouluprojekti, joka valmistui vuoden 2015 aikana ja otettiin käyttöön tammikuussa 2016. Verkkokouluun on kerätty keskeisimmät kantaverkon sähköasemilla ja voimajohdoilla tarvittavat työ- ja turvallisuuden ja paikallisopastukseen asiasisällöt. Verkkokoulun suorittaminen

on pakollinen kaikille Fingridin työkohteissa työskenteleville. Suoritukset on uusittava kolmen vuoden välein. (Fingrid verkkokoulu 2016.)

Verkkokoulu koostuu kolmesta perusmoduulista, jotka ovat:

- Fingridin turvallisuussäännöt ja turvalliset työtavat
- Turvallisuus Fingridin voimajohdoilla
- Turvallisuus Fingridin sähköasemilla. (Fingrid verkkokoulu 2016.)

Lisäksi verkkokoulussa on kahdeksan syventävää moduulia, jotka ovat:

- Kaivantojen turvallisuus
- Kommunikointi ja vastuut yhteisellä työmaalla
- Korkealla työskentelyn turvallisuus
- Liikenne ja työmaatiet
- Nostojen turvallisuus
- Purkutöiden turvallisuus
- Työt siirtokeskeytyksen aikana
- Työt jännitteisten osien läheisyydessä. (Fingrid verkkokoulu 2016.)

Verkkokoulu on alkuvaiheessa vain suomen kielellä, mutta siitä on tulossa vuoden 2016 aikana käännökset englanniksi, kroatiaksi ja viroksi. (Koskinen 2016a, 12.)

Verkkokoulu linkittyy paikallisopastusprosessiin siten, että verkkokoulussa määritellyt moduulit suoritetaan ennen sähköasemalla annettavaa asemakohtaista paikallisopastusta. Tällä varmistetaan että toimittajilla on samat alkutiedot perusasioista ja asemalla annettavassa paikallisopastuksessa keskitytään perehtymään toimittajan tehtävän vaatimiin turvallisuusasioihin.

8 TOIMITTAJIEN KOKEMUKSET OPASTUSMENETTELYSTÄ

8.1 Perustiedot paikallisopastajien kyselystä

Paikallisopastuksen mahdollisten kehityskohteiden kartoittamiseksi tehtiin kyselytutkimus Fingrid Oyj:n paikalliskäyttötoimittajien työnjohdolle, jotka antavat sähköasemilla Fingridin tilaamia paikallisopastuksia. Kyselytutkimus lähetettiin yhdeksälle paikalliskäyttötoimittajien edustajalle ja määräaikaan mennessä vastauksia saatiin neljältä vastaajalta.

Kyselytutkimuksessa oli jaettu viiteen eri osa-alueeseen:

- paikallisopastuksen tilaus
- paikallisopastuslomake
- valmistautuminen paikallisopastukseen
- paikallisopastustapahtuma
- verkkokoulu.

Jakamalla kysymykset eri otsakkeiden alle haluttiin selkeyttää vastaamista sekä analyysin tekemistä. Osa-alueet valittiin seuraten paikallisopastusprosessin etenemistä tilauksesta varsinaiseen opastustapahtumaan. Osa kysymyksistä oli vaihtoehtokysymyksiä ja osassa oli vapaa vastausmahdollisuus. Kysymyksiä oli yhteensä 24, ne ovat liitteessä 3. Oletusaika vastaamiseen oli 10 - 15 min. Vastausaikaa oli viisi työpäivää. Tämä määriteltiin oma kokemuksen perusteella, pidempi aika tuskin olisi antanut parempaa vastausprosenttia. Osallistujille lähetettiin yksi muistutusviesti.

8.2 Kyselytutkimuksen tulokset

Vastanneet vastasivat alle puolta Fingridin paikalliskäyttötoimittajien työnjohdosta. He olivat kolmen eri palvelutoimittajan palveluksessa eri puolelta Suomea. Kysely antaa hyviä suuntaviivoja paikallisopastuksen kehitystarpeista.

8.2.1 Paikallisopastus tilaus

Vastausten mukaan paikallisopastuksen tilaus kolmessa tapauksesta neljästä saatiin puhelinsoitolla, yksi vastasi saavansa tilauksen sähköpostilla. Paikallisopastustilaukset tulevat varsin hyvissä ajoin: 6 - 5 vuorokautta ennen tarvetta. Kaikille vastaajille tulee muutamia tilauksia vuosittain 1 - 2 vuorokauden varoajalla, mikä oli hyvä havainto.

Opastettavasta työryhmästä on tiedossa henkilömäärä, opastettavien nimet, yritys ja yhteystiedot. Etukäteen saadaan tietoa melko hyvin työstä, johon opastus liittyy. Annettujen vastausten mukaan näiden neljän työryhmän toimesta annetaan paikallisopastuksia reilusti yli sata vuosittain.

8.2.2 Paikallisopastuslomake

Pyydettyessä arviota Fingridin paikallisopastuslomakkeesta vastaukset jakautuivat seuraavasti kaksi vastasi, ihan ok. ja kaksi, hyvin toimiva. Arvioitaessa englanninkielistä paikallisopastuslomaketta kaksi vastaajista ei ollut käyttänyt sitä.

Kysymykseen Oletko opastustilanteessa joutunut laajentamaan paikallisopastuksen laajuutta? kolme vastasi, ettei ollut tarvinnut laajentaa, yksi vastasi, että on tarvinnut laajentaa. Paikallisopastuksen laajentamista on tarvittu kun kohteessa on myös toisen omistajan omaisuutta esimerkiksi voimalaitos.

Paikallisopastajilla on käytettävissään ja jaettavaksi paikallisopastustilanteessa kirjanen "Liiku ja työskentele turvallisesti Fingridin sähköasemilla". Seuraavat pari kysymystä käsittelevät opasta, vastausten mukaan oppaan perustiedot ovat riittävät. Parannusehdotuksena tuli oppaan liitteenä olevaan opastuskaavakkeen tulisi lisätä numeroviittaus mihin kohtaan se oppaassa viittaa. Lisäksi oli epäselvyyttä milloin käydään läpi kohta 13 Sähköasemalla annettava paikallisopastus sekä kohta 14 Käyttötoimenpidelupaan oikeuttava paikallisopastus.

8.2.3 Valmistautuminen paikallisopastukseen

Paikallisopastukseen valmistautumiseen käytettävä aika vaihtelee 10 min - 1 h. Kysyttäessä mikä on sopiva valmistautumisaikaa paikallisopastukseen, vastausten hajonta oli 10 min - 1 vrk välillä. Ennen paikallisopastustapahtumaa valmistaututtiin muun muassa seuraavasti:

- keräämällä tarvittavat paperit
- keskustelemalla opastuksen tilaajan kanssa
- käyttämällä mielikuvaharjoittelua
- etukäteen tutustumalla työhön johon paikallisopastus annetaan.

8.2.4 Paikallisopastustapahtuma

Kokeneen huoltoryhmän opastukseen arvioitiin menevän aikaa 30 min - 1,5 h välillä. Opastettavat esittävät muutamia lisäkysymyksiä paikallisopastustilanteessa. Kysymyksiä tulee muun muassa:

- murtohälytysjärjestelmästä
- kulkulupien toimivuudesta
- työmaan päätyömaadoituksista ja lukituksista
- kulkemisesta
- yhteydenpidosta
- sosiaalityötiloista
- varastotiloista
- majoituksesta
- ajoreiteistä
- parkkipaikoista

- ruokailumahdollisuuksista.

Kaikkien vastaajien työryhmät voivat antaa paikallisopastuksen tarvittaessa englanniksi. Paikallisopastuksen omaksuminen varmistetaan keskustelemalla ja muutamilla kysymyksillä.

8.2.5 Verkkokoulu

Kyselyn mukaan verkkokoulu ei näy opastettavien tiedoissa. Vastaajista kolme oli suorittanut Fingridin verkkokoulun, yhdellä ei ollut kokemusta siitä. Kysyttäessä onko verkkokoulusta lisättävää/poistettavaa, vastausten mukaan verkkokoulu on hyvä paketti ja sopivan sisältöinen. Yksi vastaaja kaipasi tietoa siitä ketkä ovat suorittaneet verkkokoulun.

Kysymykseen mikä Fingridin verkkokoulussa on hyvää/huonoa, vastaukset olivat positiivisia. Verkkokoulun vastattiin olevan monipuolinen, hyvä maallikoille, hivenen pintapuolinen sähkömiehille, tiivis hyvä tietopaketti. Verkkokoulun arvostaan kysyttäessä, kolme vastaajan arvostamat jakautuivat 3 - 5, jolloin keskiarvoksi saadaan 4. Kyselytutkimuksen vastausten yhteenveto on liitteessä 4.

8.2.6 Yhteenveto

Yhteenvetona voidaan todeta, että paikallisopastuksen tilaus toimii. Paikallisopastuksissa opastuksen laajentamistarve oli satunnainen. Opastuksessa käytettävää kirjaseen tuli kehitysidea käytettävyyden parantamiseksi. Ennakkovalmistautuminen vaikutti varsin hyvältä vastausten pohjalta. Tosin valmistautumisaika vaihteli laajalla skaalalla välillä 10 min – 1 vrk. Verkkokoulu sai hyvän keskiarvon.

Paikallisopastus prosessina toimii ja opastettavat saavat tarvittavat tiedot opastettavasta kohteesta. Verkkokoulusta voidaan todeta ensimmäisten kokemusten perustella ratkaisun olevan toimiva.

9 POHDINTA

Opinnäytetyön tekeminen oli kasvattava oppimiskokemus. Alkuvaiheessa jo selvisi, että opinnäytetyö tulee vaatimaan kovasti työtä. Työn rajaus tuotti aluksi ongelmia, mutta hyvällä ohjauksella ongelmasta selvittiin. Rajauksena työssä oli Fingridin sähköasemilla kunnossapitotöissä annettava paikallisopastus. Tällä työn laajaa aihepiiriä saatiin määriteltyä selkeämmin. Opinnäytetyöprosessin aikana verkkokoulu otettiin käyttöön Internetissä vuoden 2016 alussa.

Opinnäytetyössä käsiteltiin ja tutkittiin otsakkeen mukaan paikallisopastuksen onnistumista sähköasemilla. Paikallisopastusprosessi on työturvallisuuden kannalta olennainen, koska siinä käydään läpi työkohteen riskejä sekä niiden välttämistä. Työturvallisuus on Fingridissä tärkeässä roolissa, periaatteena on, että joka päivä voidaan lähteä työstä terveenä kotiin.

Kyselytutkimuksella selvitettiin paikallisopastusprosessin toimivuutta. Tutkimuksen otanta oli pieni, kattavuus maantieteellisesti oli kuitenkin hyvä, koska vastaajat olivat eri puolilta Fingridin maan laajuista toiminta-aluetta. Lisäksi vastaajat toimivat kolmen eri palvelutoimittajan palveluksessa. Kysymyssarjassa oli kysymyksiä tilausmenettelystä, paikallisopastuslomakkeesta, valmistautumisesta paikallisopastukseen, paikallisopastustapahtumasta sekä lopuksi verkkokoulusta. Tutkimuksessa tuli esille muutamia kehityskohteita lähinnä materiaaliin.

Tutkimuksen mukaan verkkokoulu ei näkynyt paikallisopastuksen saajien tiedoissa. Tähän voi vaikuttaa opastettavien ennakkoon oleva hyvä tietotaso opastettavista asioista. Vaikuttavana tekijänä voi olla myös se, että henkilö ei ole suorittanut verkkokoulua. Ehdotan että paikallisopastuslomakkeeseen lisätään kohta, jossa kysytään onko verkkokoulu suoritettu.

Kyselytutkimuksen perusteella esitän paikallisopastuksessa käytettävän opassa ”Liiku ja työskentele turvallisesti Fingridin sähköasemalla” käsiteltävien kohtien linkittämällä esimerkiksi numeroimalla paikallisopastuslomakkeeseen niin, että ne muodostavat yhden kokonaisuuden paikallisopastajan käyttöön.

Uusien paikallisopastajien koulutusta ja kokeneempien tietojen kertaamista varten olisi hyvä harkita syventävää koulutusmateriaalia, joka käsittelee laajemmin

opastuskohteissa esille tulevia asioita. Materiaalin laatiminen olisi sopiva aihe esimerkiksi opinnäytetyöhön.

Paikallisopastustapahtumasta saatu palaute on tullut opinnäytetyön kyselytutkimuksen ja aiemmin tehdyissä kyselyissä sekä palvelutoimittajien palautteissa. Laadun ylläpitämiseksi voisi harkita koko paikallisopastusketjun (tilaaja, toimittaja, paikallisopastaja, paikallisopastuksen saaja) käyttöön Internetissä toimivaa palautejärjestelmää. Toimeksiantaja käyttää saatuja tuloksia paikallisopastuksen kehittämiseen. Yhteenvedona voidaan todeta, että tutkimuksen tuloksena paikallisopastus toteutuu olemassa olevan ohjeistuksen mukaisesti Fingrid Oyj:n sähköasemilla.

LÄHTEET

- Aura, L. & Tonteri, A.J.1993. Sähkölaitostekniikka. Porvoo: WSOY.
- Aura, L. & Tonteri, A.J.1986. Sähkömiehen käsikirja 2, sähkökoneet. Porvoo: WSOY.
- Elovaara, J. & Haarla, L. 2011a. Sähköverkot 1. Tallinna: Otatiето.
- Elovaara, J. & Haarla, L. 2011b. Sähköverkot 2. Tallinna: Otatiето.
- Elovaara, J. & Laiho, Y. 1993. Sähkölaitostekniikan perusteet. 3.painos. Hämeenlinna: Karisto Oy.
- Energiavirasto 2016.Viitattu 17.4.2016. <http://energia.fi/sahkomarkkinat/sahkon-hinta-ja-sopimukset/mista-sahkon-hinta-muodostuu>
- Fingrid Oyj:n Intranet. Viitattu 22.5.2016.
- Fingrid Oyj 2016. Internet sivut Viitattu 2.6.2016.
<http://www.fingrid.fi>
- Fingrid Oyj:n verkkokoulu. Viitattu 2.6.2016.
<http://fingrid.trainings.gimletlms.com>
- Hietalahti, L. 2013. Sähkövoimatekniikan perusteet. Vantaa: Amk-Kustannus Oy Tammertekniikka.
- Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähköalantöistä 5.7.1996/516
- Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen turvallisuudesta 17.12.1999/1193.
- Koskinen, K. 2016a. Otetaan opiksi. Turvallisilla linjoilla 1/2016. Viitattu 22.5.2016http://www.fingrid.fi/fi/ajankohtaista/Ajankohtaista%20liitteet/Esitteet/2016/Turvallisilla%20Linjoilla%201_2016.pdf.
- Koskinen, K. 2016b. Sähköposti auli.karvonen-koykka@fingrid.fi 6.6.2016. Tulostettu 6.6.2016.
- Koskinen, K. 2016c. http://www.slideshare.net/Fingrid/kuinka-me-kehittymme-turvallisuutta-fingridill?qid=5d1d1ead-3083-4a60-9b94-97205726713f&v=&b=&from_search=19
- Lakervi, E. & Partanen, J. 2008. Sähköjakelutekniikka. Helsinki: Otatiето.
- Lehtonen, P. 2015. Käyttö- ja sähkötyöturvallisuus kantaverkossa. Fingrid Oyj. Helsinki: Libris Oy.

Lokkinen, S. 2014. Opinnäytetyö Fingridille palvelutoimittajien perehdytykseen liittyen. Sähköposti auli.karvonen-koykka@fingrid.fi 5.9.2014. Tulostettu 22.5.2016.

Mörsky, J. 1993. Relesuojaustekniikka. Hämeenlinna: Otatieto.

Nord Pool 2016. Viitattu 17.4.2016.
<http://www.nordpoolspot.com/About-us/>

SFS 601 Käsikirja 2009. Suurjänniteasennukset ja ilmajohdot, Helsinki.

SFS 600-1 Käsikirja 2012. Sähköasennukset. Osa 1 SFS 6000 Pienjännitesähköasennukset, Helsinki.

SFS 600-3 Käsikirja 2012. Sähköasennukset. Osa 3: Sähkötyöturvallisuus, Helsinki

Sähtöturvallisuuslaki 14.6.1996/410

Toivonen, T. 2006. Fingridin kymmenen vuotta. Fingrid Oyj:n lehti 3/2006, 4.

Työturvallisuuslaki 23.8.2002/738

Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 26.3.2009/205

LIITTEET

Liite 1. Työtaturmataajuus ja työpaikkaturmien vakavuus

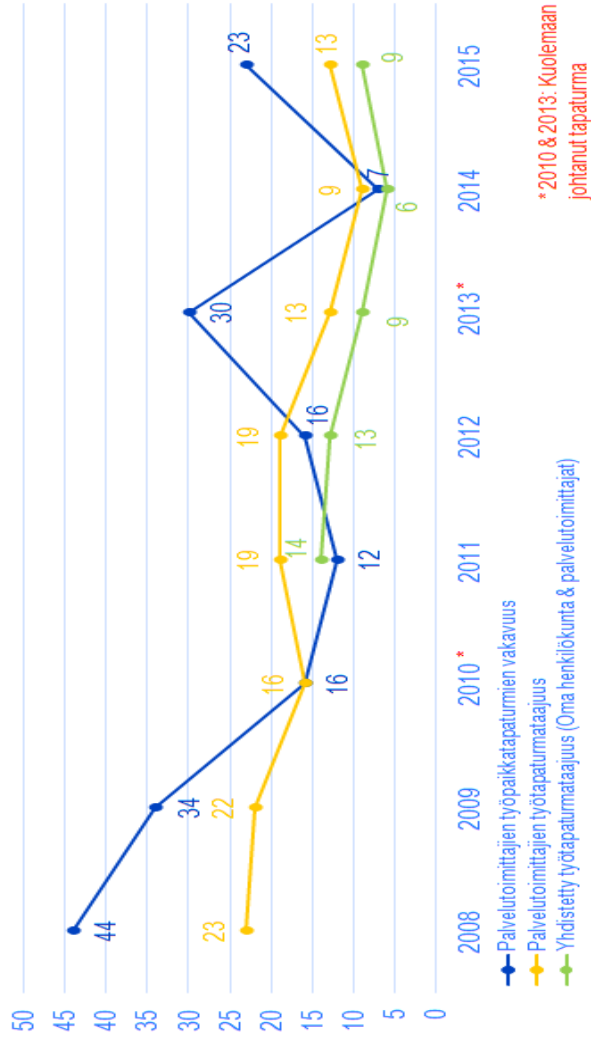
Liite 2. Paikallisopastuslomake

Liite 3. Kyselytutkimuksen kysymykset

Liite 4. Yhteenveto kyselyn vastauksista



Työtapaaturmataajuus ja työpaikkatapaturmien vakavuus



* 2010 & 2013: Kuolemaan johtanut tapaturma

Työtapaaturmataajuus = Vähintään yhden työkäytönmyönteisen aiheuttaneiden työpäikkatapaturmien lukumäärä / miljoona tehtyä työtuntia

Työpäikkatapaturmien vakavuus = Työpäikkatapaturmista aiheutuneet työkäytönmyönteiset työpäikkatapaturmien lukumäärä

Palveloimittajien henkilötyövuodet 2015	593
Palveloimittajien työtunnit 2015	1 008 264

FINGRID

PAIKALLISOPASTUSLOMAKE

Opastuksesta vastaavat	Sähkölaitteiston käytöstä vastaava tai hänen valtuuttamansa henkilö Opastuksen suorittaja / Yritys																																																																											
Opastettava	Työstä vastaava tai hänen valtuuttamansa henkilö tai paikalliskytkijä / Yritys Puhelinnumero																																																																											
Opastukseen liittyvä työ	Työ tai urakka, johon opastus liittyy <input type="checkbox"/> Työhön liittyy tulitöitä tilapäisellä tulityöpaikalla. Tulityön valvontaohje nro. 82002																																																																											
Voimassaolo	Tämän lomakkeen mukaisen opastuksen antamat valmiudet ovat voimassa enintään saakka																																																																											
Sähkölaitteiston tietoja	Kytinialtos / sähköasema Puhelinnumero Osoite																																																																											
Opastustilaisuudessa käsiteltävät asiat	Opastustilaisuudessa käsitellään tämän lomakkeen sisältämät tiedot sekä vähintään alla olevan asialistan mukaiset kohdat, mitkä sähkölaitteiston käytöstä vastaava tai hänen valtuuttamansa henkilö on vasemmanpuoleiseen sarakkeeseen merkinnyt. Kunkin kohdan läpikäynti merkitään ao. rivin oikeanpuoleiseen sarakkeeseen. Liitteenä on tiivistelmä alla olevan listan asioista.																																																																											
	<table border="0" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Opastettava asia</th> <th style="text-align: center;">Vaadittavat asiat</th> <th style="text-align: center;">Läpi käydyt asiat</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Opastaminen ja opastamisvastuut</td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Kytinialtoksen tai sähköaseman sijainti ja merkitys kantaverkossa</td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Työn kannalta oleelliset sähköturvallisuusasiat</td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Avalmet, kulunvalvonta ja kulkuporttien lukitus</td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Ajoreittit</td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Työskentelyalueet ja niiden merkintä</td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Lähimmät jännitteiset sähkölaitteiston osat (myös vieras verkko)</td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Työskentely ja liikkuminen työkonella</td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Työmaadoitukset</td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Työkalujen ja tarvikkeiden varastointi</td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Sään vaikutus työskentelyyn</td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Yhteydenpito</td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Henkilösuojaimien käyttö</td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Ympäristöasiat</td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Jätehuolto</td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Turvallisuusilmoitus</td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Hätänumerot, hälyttäminen ja palomolttijärjestelmä</td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Aseman järjestelmäkuvauks ja sen tärkein sisältö työn kannalta</td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Muita kytinialtokseen tai sähköasemaan liittyviä erityispiirteitä</td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Työmaadoitus- ja jännitteettömyyden toteamismallit</td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Lukitus- ja merkintämallit</td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Paikalliskytkennössä huomiolltavat kytkimet</td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Ohjauspalkat</td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Paikallistyöaseman käyttö</td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td><td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td></tr> </tbody> </table>	Opastettava asia	Vaadittavat asiat	Läpi käydyt asiat	Opastaminen ja opastamisvastuut	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Kytinialtoksen tai sähköaseman sijainti ja merkitys kantaverkossa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Työn kannalta oleelliset sähköturvallisuusasiat	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Avalmet, kulunvalvonta ja kulkuporttien lukitus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ajoreittit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Työskentelyalueet ja niiden merkintä	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Lähimmät jännitteiset sähkölaitteiston osat (myös vieras verkko)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Työskentely ja liikkuminen työkonella	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Työmaadoitukset	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Työkalujen ja tarvikkeiden varastointi	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sään vaikutus työskentelyyn	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Yhteydenpito	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Henkilösuojaimien käyttö	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ympäristöasiat	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Jätehuolto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Turvallisuusilmoitus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Hätänumerot, hälyttäminen ja palomolttijärjestelmä	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Aseman järjestelmäkuvauks ja sen tärkein sisältö työn kannalta	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Muita kytinialtokseen tai sähköasemaan liittyviä erityispiirteitä	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Työmaadoitus- ja jännitteettömyyden toteamismallit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Lukitus- ja merkintämallit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Paikalliskytkennössä huomiolltavat kytkimet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ohjauspalkat	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Paikallistyöaseman käyttö	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Opastettava asia	Vaadittavat asiat	Läpi käydyt asiat																																																																										
Opastaminen ja opastamisvastuut	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																										
Kytinialtoksen tai sähköaseman sijainti ja merkitys kantaverkossa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																										
Työn kannalta oleelliset sähköturvallisuusasiat	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																										
Avalmet, kulunvalvonta ja kulkuporttien lukitus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																										
Ajoreittit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																										
Työskentelyalueet ja niiden merkintä	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																										
Lähimmät jännitteiset sähkölaitteiston osat (myös vieras verkko)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																										
Työskentely ja liikkuminen työkonella	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																										
Työmaadoitukset	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																										
Työkalujen ja tarvikkeiden varastointi	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																										
Sään vaikutus työskentelyyn	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																										
Yhteydenpito	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																										
Henkilösuojaimien käyttö	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																										
Ympäristöasiat	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																										
Jätehuolto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																										
Turvallisuusilmoitus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																										
Hätänumerot, hälyttäminen ja palomolttijärjestelmä	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																										
Aseman järjestelmäkuvauks ja sen tärkein sisältö työn kannalta	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																										
Muita kytinialtokseen tai sähköasemaan liittyviä erityispiirteitä	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																										
Työmaadoitus- ja jännitteettömyyden toteamismallit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																										
Lukitus- ja merkintämallit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																										
Paikalliskytkennössä huomiolltavat kytkimet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																										
Ohjauspalkat	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																										
Paikallistyöaseman käyttö	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																										
Alekkirjoitukset ja sitoumukset	Läpi käydyt asiat käsiteltiin sovittujen töiden kannalta riittävän kattavasti ja työkohteeseen tutustuttiin paikan päällä huolellisesti. Opastettava vahvistaa alekkirjoituksellaan, että hän on tässä opastuksessa saanut riittävät tiedot ja ohjeet niistä työkohteen paikallisista erityisolosuhteista, mitkä työn tilaaja on velvoitettu antamaan, jotta sovittu työ voidaan turvallisesti suorittaa. Lomakkeen kääntöpuolta voidaan käyttää muiden opastettujen alekkirjoituksin.																																																																											
	Opastuksen antopäivämäärä ja -palkka Opastuksen suorittajan alekkirjoitus																																																																											
	Opastettavan alekkirjoitus Sähkölaitteiston käytöstä vastaavan tai hänen valtuuttamansa henkilön alekkirjoitus ja alekkirjoituspäivämäärä																																																																											

KYSELYTUTKIMUKSEN KYSYMYKSET

Paikallisopastuksen tilaus

1. Miten saat paikallisopastuksesta toimeksiannon yleensä?
2. Kuinka paljon aikaisemmin tilaus paikallisopastuksesta yleensä tulee?
3. Montako paikallisopastustilausta saat 1-2 vrk varoitusajalla vuosittain?
4. Mitä tietoja saat etukäteen opastettavasta työryhmästä?
5. Entä työstä johon opastus liittyy?
6. Montako paikallisopastusta työryhmäsi antaa vuosittain?

Paikallisopastuslomake

7. Arvioi Fingridin paikallisopastuslomakkeen toimivuutta?
8. Anna arvio siitä miten toimiva Fingridin englanninkielinen paikallisopastuslomake mielestäsi on?
9. Oletko opastustilanteessa joutunut laajentamaan paikallisopastuksen laajuutta?
10. Onko oppaassa "Liiku ja Työskentele turvallisesti Fingridin sähköasemilla" riittävästi perustietoja paikallisopastusta varten?
11. Onko oppaasta jotain poistettavaa/lisättävää?

Valmistautuminen paikallisopastukseen

12. Miten valmistaudut ennen paikallisopastusta, voisiko valmistautumista helpottaa?

13. Paljonko paikallisopastukseen on normaalisti valmistautumisaika?

14. Mikä olisi sopiva valmistautumisaika paikallisopastukseen?

Paikallisopastustapahtuma

15. Minkä verran menee aikaa sähköaseman laajaan opastukseen esimerkiksi katkaisijan laitevalmistajan huoltoryhmälle?

16. Montako kysymystä opastettavat esittävät opastustilanteessa?

17. Mitä opastettava työryhmä opastustilanteessa yleensä kysyy tai tarkentaa?

18. Millä kielillä työryhmäsi voi antaa paikallisopastuksen ulkomaalaiselle työryhmälle?

19. Miten varmistat työryhmän osaamisen paikallisopastuksen jälkeen?

Verkkokoulu

20. Näkökö Fingridin verkkokoulu opastettavien tiedoissa?

21. Oletko suorittanut Fingridin verkkokoulun?

22. Onko Fingridin verkkokoulussa jotain lisättävää/poistettavaa?

23. Mikä Fingridin verkkokoulussa on hyvää / huonoa?

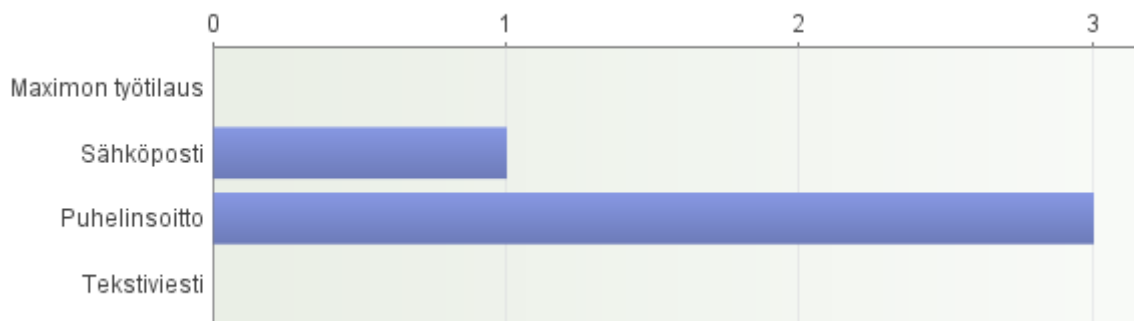
24. Minkä yleisarvosanan annat Fingridin verkkokoululle asteikolla 1 -5?

Yhteenveto kyselyn vastauksista

Paikallisopastus

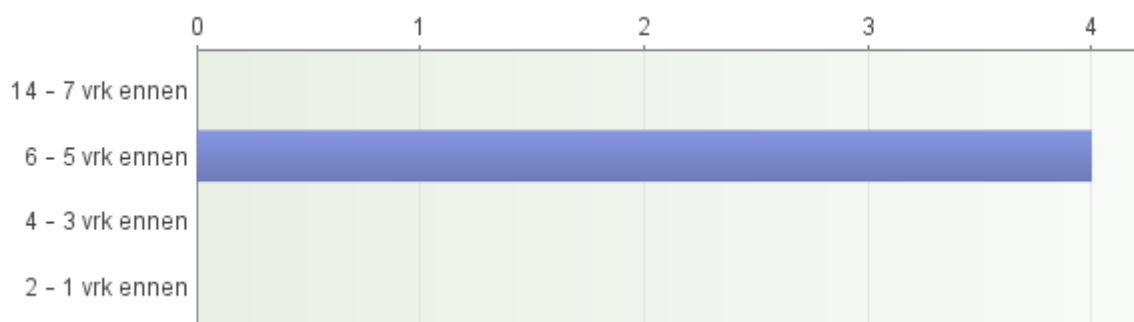
1. Miten saat paikallisopastuksesta toimeksiannon yleensä?

Vastaajien määrä: 4



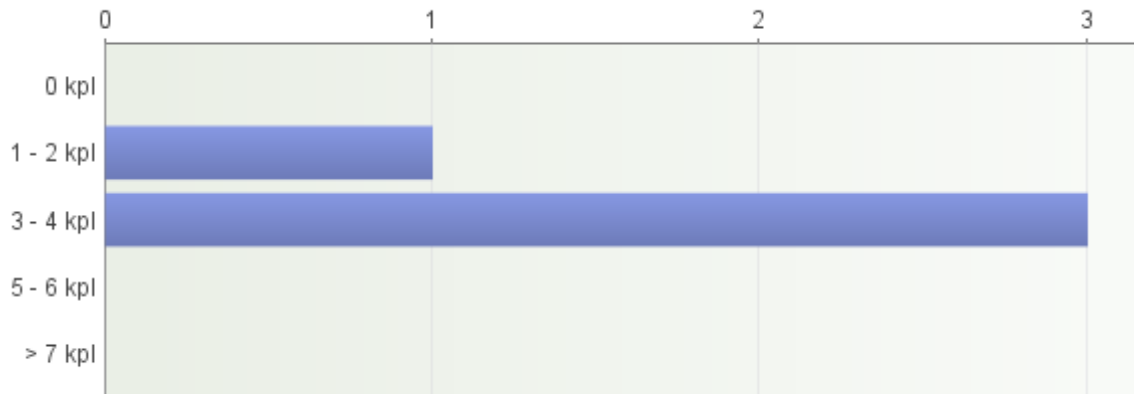
2. Kuinka paljon aikaisemmin tilaus paikallisopastuksesta yleensä tulee?

Vastaajien määrä: 4



3. Montako paikallisopastustilausta saat 1-2 vrk varoitusaajalla vuosittain?

Vastaajien määrä: 4



4. Mitä tietoja saat etukäteen opastettavasta työryhmästä?

Vastaajien määrä: 4

- Yleensä yrityksen nimen ja henkilömäärän jota opastus koskee.
- Opastettavan ryhmän työnantajan nimen, ryhmän koon, opastekaavakkeesta opastettavien nimet
- Opastettavan henkilön nimen, mistä yrityksestä hän on sekä puhelinnumeron
- Sähköpostin mukana tulee liitteenä paikallisopastuskaavake, johon on kirjoitettu opastettavien henkilöiden nimet.

5. Entä työstä johon opastus liittyy?

Vastaajien määrä: 4

- Jos työ liittyy johonkin keskeytykseen niin työn kuvaus on tarkka. Viestilaitteisiin liittyvissä töissä se on yleensä huonommin tarkennettu.
- Opastettavien työn laatu
- Yleensä on informoitu mitä työtä henkilö tulee tekemään
- Liitteenä olevassa paikallisopastuskaavakkeessa on oma kohta, johon kirjataan esim. projektin tunnus opastukseen liittyvään työhön.

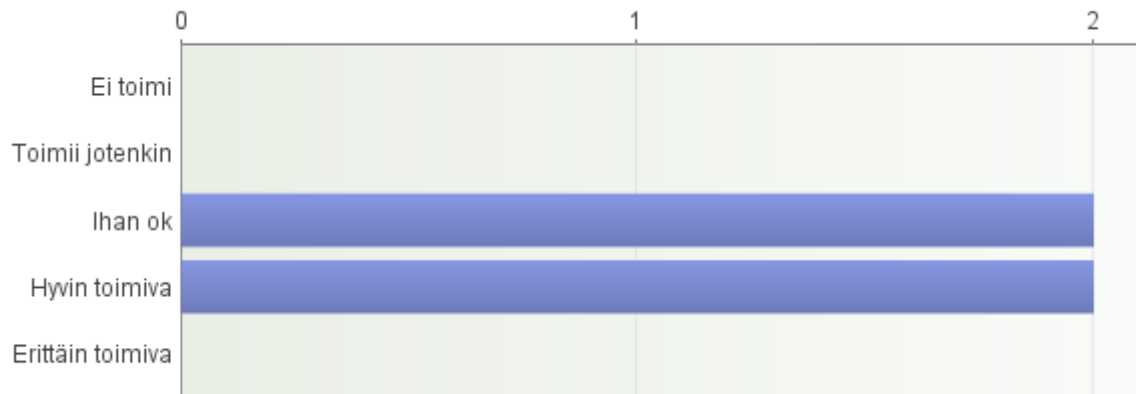
6. Montako paikallisopastusta työryhmäsi antaa vuosittain?

Vastaajien määrä: 4

- yli 50
- 15-20
- 20-30 paikallisopastusta
- Kun projekteja on käynnissä useita, niin opastuksiakin tulee enemmän eli kuluvan alkuvuoden aikana olen tähän mennessä saanut yhteensä 15 paikallisopastuspyyntöä.

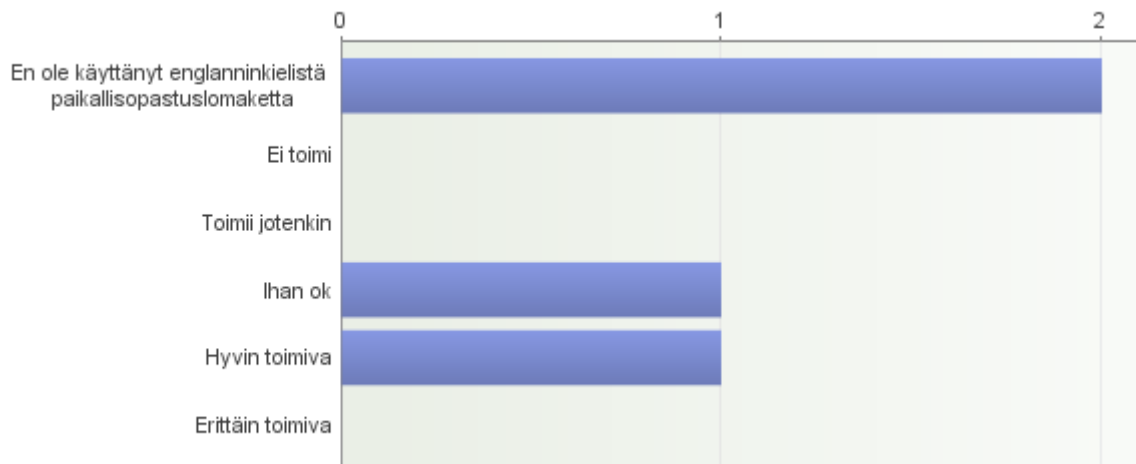
7. Arvioi Fingridin paikallisopastuslomakkeen toimivuutta?

Vastaajien määrä: 4



8. Anna arvio siitä miten toimiva Fingridin englanninkielinen paikallisopastuslomake mielestäsi on?

Vastaajien määrä: 4



9. Oletko opastustilanteessa joutunut laajentamaan paikallisopastuksen laajuutta?

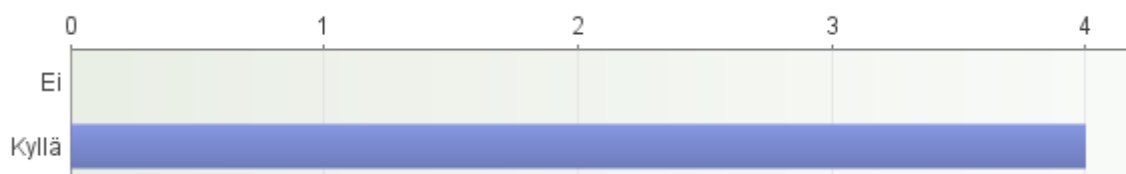
Vastaajien määrä: 4

**Avoimet vastaukset: Kyllä, miten**

- FG:n omaisuuden lisäksi tulle esim. toisen omistajan voimalaitokseen liittyviä asioita huomiotavaksi.

10. Onko oppaassa "Liiku ja Työskentele turvallisesti Fingridin sähköasemilla" riittävästi perustietoa paikallisopastusta varten?

Vastaajien määrä: 4



11. Onko oppaasta jotain poistettavaa/lisättävää?

Vastaajien määrä: 4

- Ei ole
- Oppaan takana olevassa opastuskaavakkeessa saisi selvyyden vuoksi olla opastettavan asian etupuolella numero joka kertoisi mitä opaslehtisen kohtaa asia koskee. Oppaassa on hyvin selvästi kerrottu milloin kohdat 1-12 on käytävä läpi, milloin lisäksi kohta 13 on käytävä läpi sekä kohta 14. Opastuslomakkeessa ei ole viittauksia näihin vaan opastuslomake on ruksitettava parhaan oman taidon mukaan.
- FG:llä on asianmukainen ja kattava kirjanen opastukseen liittyen, joten sen jakaminen etukäteen ainakin työryhmän vetäjälle on tarpeellista. Auttaa opastustilanteessa esittämään epäselviin asioihin liittyviä kysymyksiä.

12. Miten valmistaudut ennen paikallisopastusta, voisiko valmistautumista helpottaa?

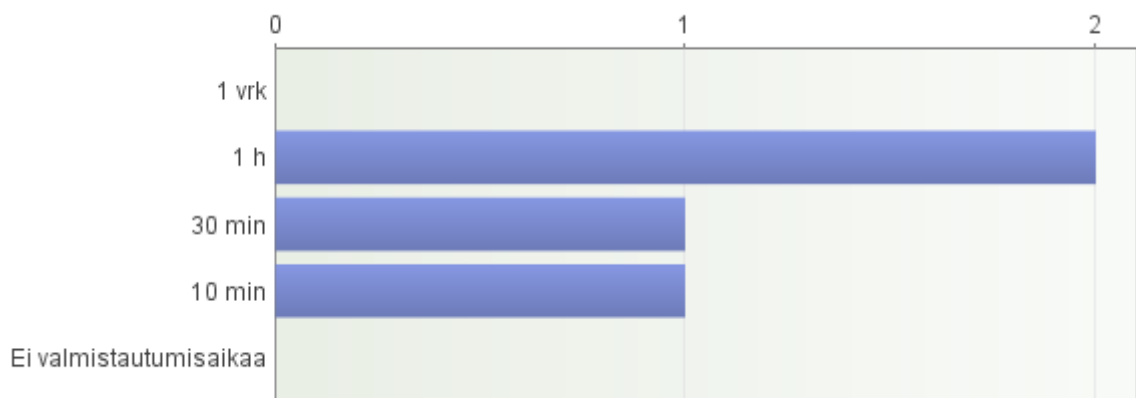
Vastaajien määrä: 4

- Kaikki tarvittavat paperit kasaan.
- Kerään tarvittavan materiaalin, varaan riittävän ajan opastukseen, keskustelen opastuksesta tilaajan kanssa

- Käyn mielikuvaharjoitteena käsiteltävä asia läpi
- Etukäteen tutustuminen tulevaan työhön, jota paikallisopastus koskee. Pystyy paremmin vastaamaan opastettavan epäselviä asioita koskeviin kysymyksiin.

13. Paljonko paikallisopastukseen on normaalisti valmistautumisaika?

Vastaajien määrä: 4



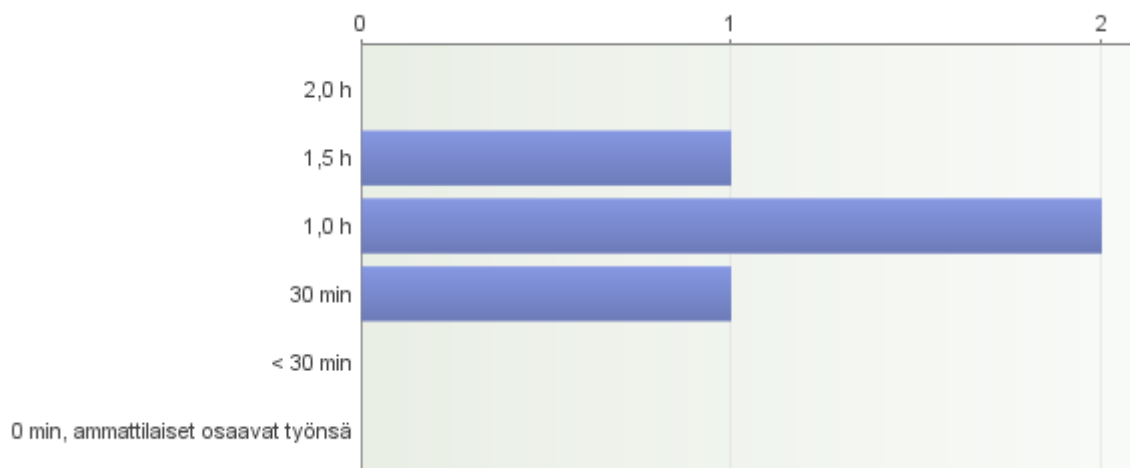
14. Mikä olisi sopiva valmistautumisaika paikallisopastukseen?

Vastaajien määrä: 4



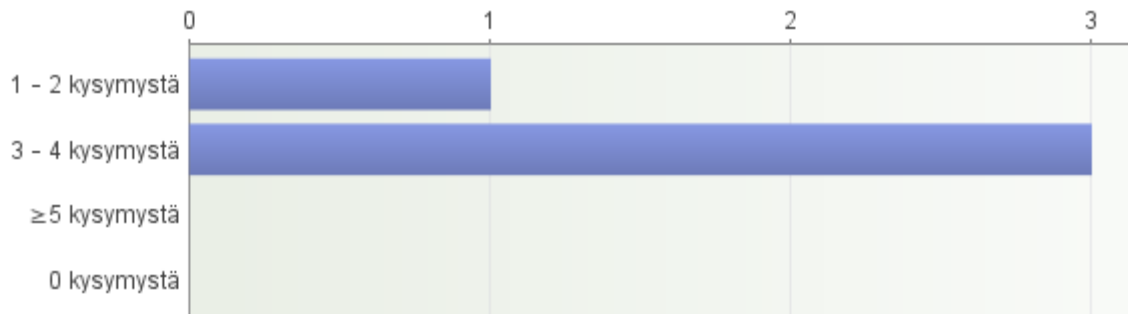
15. Minkä verran menee aikaa sähköaseman laajaan opastukseen esimerkiksi katkaisijan laitevalmistajan huoltoryhmälle?

Vastaajien määrä: 4



16. Montako kysymystä opastettavat esittävät opastustilanteessa?

Vastaajien määrä: 4



17. Mitä opastettava työryhmä opastustilanteessa yleensä kysyy tai tarkentaa?

Vastaajien määrä: 4

- Murtohälytysjärjestelmän käyttöön liittyvää.
- Kulkulupien toimivuus,
- Kysymykset liittyvät yleensä työmaan suojaukseen, eli päätyömaadoitukset, lukinnat
- Ammatillaiset kysyvät yleensä yleisiin asioihin liittyviä kysymyksiä eli kuten kulkeminen, yhteydenpitotiedot, sosiaalitulat, varastointitulat, majoitukset, ajoreitit, parkkipaikat sekä ruokailumahdollisuudet. Tärkeää on tietenkin rajata työalue ja kertoa lähimmistä jännitteisistä osista. Ei ammattilaisille tule lisäksi korostaa sähköaseman merkitystä ja sähköturvallisuusasioita.

18. Millä kielillä työryhmäsi voi antaa paikallisopastuksen ulkomaalaiselle työryhmälle?

Vastaajien määrä: 4

- Englanti
- Englanti
- Englanti
- Suomi on ensisijainen kieli ja tarvittaessa englannin kieli on vaihtoehto. Ammattisanaston kanssa on oltava erityisen tarkkana, ettei tule väärin ymmärryksiä!

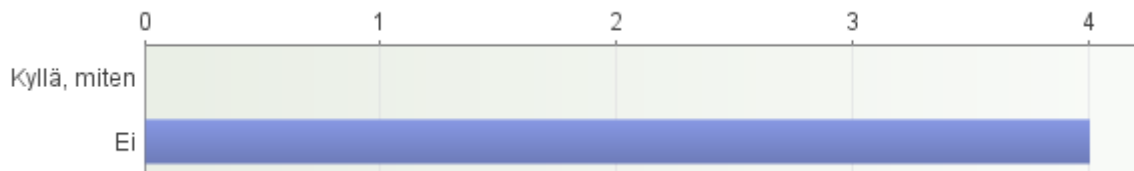
19. Miten varmistat työryhmän osaamisen paikallisopastuksen jälkeen?

Vastaajien määrä: 4

- Pari kysymystä...
- Keskustelemalla työryhmän kanssa opastettavista asioista
- Yleensä jää siihen että paikallisopastuslomake allekirjoitetaan.
- Tekemällä kysymyksiä jo opastusvaiheessa, jossa tulee heti esille opastettavien taso. Tämä määrittelee opastuksen jälkeen mahdollisesti tarvittavat lisätoimenpiteet opastukselle.

20. Näkyykö Fingridin verkkokoulu opastettavien tiedoissa?

Vastaajien määrä: 4



21. Oletko suorittanut Fingridin verkkokoulun?

Vastaajien määrä: 4



22. Onko Fingridin verkkokoulussa jotain lisättävää/poistettavaa?

Vastaajien määrä: 4

- Tieto siitä kuka sen on suorittanut puuttuu minulta.
- Hyvä paketti
- Oli sopivan sisältöinen
- Valitettavasti verkkokoulu on niin uutta meikäläiselle, että en voi antaa mitään palautetta.

23. Mikä Fingridin verkkokoulussa on hyvää / huonoa?

Vastaajien määrä: 4

- ks. edellinen kysymys
- Monipuolinen. Ehkä hivenen pintapuolinen sähkömiehille. Hyvä maallikoille.
- Tiivis hyvä tieto paketti. Mielestäni ei ole mitään huonoa sanottavaa
- Täytyy käydä mahdollisimman pian tutustumassa verkkokouluun, jotta voisi antaa palautetta jatkossa.

24. Minkä yleisarvosanan annat Fingridin verkkokoululle asteikolla 1 -5?

Vastaajien määrä: 4

