

Nita Hoikka

SÄHKÖASEMIEN KÄYTTÖOHJEIDEN LAATIMINEN

Sähkötekniikan koulutusohjelma

2015

SÄHKÖASEMIEN KÄYTTÖOHJEIDEN LAATIMINEN

Hoikka, Nita
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Tammikuu 2015
Ohjaaja: Nieminen, Esko
Sivumäärä: 30
Liitteitä: 1

Asiasanat: Sähköasema, sähköasemakomponentit, käyttöohjeet

Tässä työssä laadittiin Pori Energia Sähköverkot Oy:lle sähköasemien käyttöohjeita. Ohjeissa käydään läpi sähköaseman toiminnan kannalta yleiset komponentit ja miten niitä käytetään. Tavoitteena oli luoda selkeät ohjeet, joissa on mahdollisimman paljon havainnollistavia kuvia sähköasemilla käyttötoimenpiteitä suorittaville henkilöille.

Opinnäytetyössä käsitellään tarkemmin sähköasematekniikkaa ja kerrotaan erilaisista sähköaseman toiminnan kannalta olennaisista komponenteista, esimerkiksi muuntajista, katkaisijoista ja suojareletyypeistä sekä erilaisista järjestelmistä, kuten kiskojärjestelmistä ja asema-automaatiosta.

Käyttöohjeet on laadittu asemakohtaisesti ja niitä on havainnollistettu useilla valokuvilla. Niitä tullaan päivittämään tulevaisuudessa, mikäli sähköasemille tai sähköverkkoon tulee muutoksia.

CREATING INSTRUCTION MANUALS TO POWER STATIONS

Hoikka, Nita

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Electrical Engineering

January 2015

Supervisor: Nieminen, Esko

Number of pages: 30

Appendices: 1

Keywords: Power station, components of the power station, instruction manual

The purpose of this thesis was to write instruction manuals to power stations for Pori Energia Sähköverkot Oy. The manual demonstrate the common components that are the integral parts on the function of power stations and how those components are used. The objective was to create instruction manuals which include lots of instructive images to the persons who perform operational actions to power stations.

This thesis handles particularly the technology of power stations and different components which are essential to the activity of them , for example transformers, circuit breakers and protective relays. This work also includes power station systems like bar systems and automation systems.

The introduction manuals were created station by station and are demonstrated with several pictures. They can be adapted to use of similar power stations. These instructions will be updated in the future if there occurs changes in power stations or electricity distribution network.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	PORI ENERGIA SÄHKÖVERKOT OY	6
2.1	Yleistä Pori Energia Sähköverkot Oy:stä	6
2.2	Pori Energia Sähköverkot Oy:n tunnusluvut 2013	7
3	SÄHKÖASEMIEN KÄYTTÖOHJEIDEN LAATIMINEN	8
3.1	Miksi käyttöohjeet tarvitaan?.....	8
3.2	Miten käyttöohjeet ovat laadittu?.....	8
4	SÄHKÖASEMAT	10
4.1	Yleistä.....	10
5	SÄHKÖASEMAKOMPONENTIT	11
5.1	Teho- ja mittamuuntajat	11
5.1.1	Jännitemuuntajat	13
5.1.2	Virtamuuntajat	14
5.2	Kompensoimislaitteet.....	15
5.3	Katkaisijat	16
5.3.1	Ilmakatkaisijat	16
5.3.2	Öljykatkaisijat	17
5.3.3	Vähäöljykatkaisija.....	17
5.3.4	Paineilmakatkaisijat	18
5.3.5	SF6-katkaisijat	18
5.3.6	Tyhjiökatkaisija.....	20
5.4	Erottimet	21
5.5	Kiskojärjestelmät	23
5.5.1	Yksikiskojärjestelmä	23
5.5.2	Kisko-apukiskojärjestelmä	23
5.5.3	Kaksoiskiskojärjestelmä	24
5.5.4	Kaksoiskatkaisijajärjestelmä eli duplex	24
5.6	Suojareletyypit	24
5.7	Muita sähköaseman toimintaan liittyviä toimintoja.....	26
5.7.1	Asema-automaatio	26
5.7.2	Maadoitukset	27
6	POHDINTA	28
	LÄHTEET	30
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Opinnäytetyönäni oli laatia Pori Energia Sähköverkot Oy:lle sähköasemien käyttöohjeita. Käyttöohjeet toimivat yrityksen sisäisenä koulutusmateriaalina niille, jotka harvoin tekevät sähköasemilla toimenpiteitä.

Käyttöohjeiden laatiminen oli myös ajankohtaista, sillä sähköasemille oli tullut uusia komponentteja. Tällaisia olivat esimerkiksi releet, jotka suojasivat moottorilähtöjä tai joilla voidaan ohjata sähköisesti sähköaseman ulkokentän laitteita. Sähköasemille oli myös lisäksi laajempiakin uudistuksia. Niille oli esimerkiksi hankittu maasulun ja loisenergian kompensointilaitteistoa. Vanhat käyttöohjeet olivat lisäksi pdf-muodossa, joten ne tuli tehdä täysin uudelleen Word-muodossa, jotta niiden päivittäminen myöhemmin tekniikan muuttuessa olisi helpompaa.

Tein ohjeita yhteistyössä Pori Energia Sähköverkot Oy:n kunnossapitovastaava Sanna Syysmäen sekä käyttöpäällikkö Tero Isoviidan kanssa.

Lisään yhden tekemistäni ohjeista liitteeksi tämän työn loppuun.

2 PORI ENERGIA SÄHKÖVERKOT OY

2.1 Yleistä Pori Energia Sähköverkot Oy:stä

Vastuualueena Pori Energia Oy:llä on sähkömarkkinalain mukainen sähköverkkoliiketoiminta. Yhtiö perustettiin 1.7.2006, kun verkkoliiketoiminta sähkömarkkinalain eriyttämisvaatimuksen mukaan erotettiin Pori Energia Oy:stä omaksi liiketoimintayksiköksi. Pori Energia Sähköverkot Oy (PESV) on osa Porin kaupungin omistaman Pori Energia Oy:n omistama tytäryhtiö. Yritys vastaa sähkön siirrosta ja jakelusta yli 50 000:lle verkon käyttäjälle, verkonhallinnasta sekä sähköverkkojen rakennuttamisesta Porin alueella.

Yrityksen lähtökohtana on toimittaa korkealaatuista ja häiriötöntä sähköä asiakkaille taloudellisesti ja turvallisesti ympäristönäkökohdat huomioiden. Sähköä toimitetaan asiakkaille syrjimättömästi ja tasapuolisesti. Kaikkia sähkön myyjiä kohdellaan näiden samojen periaatteiden mukaisesti.

PESV:n tulevaisuuden haasteena on sähköverkon kehittäminen ja sen elinkaaren optimointi siten, että se voisi tarjota sähköntoimituksen asiakkailleen entistäkin parempilaatuisemmin ja katkottomammin tehokkaasti sekä taloudellisesti (Pori Energia Oy:n www-sivut 2014).



Kuva 1. PESV:n sähkön jakelualue

2.2 Pori Energia Sähköverkot Oy:n tunnusluvut 2013

Taulukko 1. Pori Energia Sähköverkot Oy

Sähkön kokonaissiirto 1,2 TWh

Liikevaihto 28,6 M€

Sähköasemia 13 kpl

Muuntamoita 980 kpl

Sähköverkkoa 3 100 km

Verkon käyttäjiä 50 000

Henkilöstö 23

Taulukko 2. Pori Energia Oy

Liikevaihto 190,1 M€

Liikevoitto 19,0 M€

Sijoitetun pääoman tuotto 9,8 %

Vakinainen henkilöstö 273

(Pori Energian toimintakertomus 2013)

3 SÄHKÖASEMIEN KÄYTTÖOHJEIDEN LAATIMINEN

3.1 Miksi käyttöohjeet tarvitaan?

Jokainen sähköasema on omanlaisensa ja sisältää erilaista tekniikkaa. Sähköasemalla huoltotyötä suorittava asentaja ei ole välttämättä koskaan käynyt kyseisellä asemalla. Tällöin hänen voi olla haastava tietää, mistä löytyy mitään ja miten eri laitteet toimivat. Hän voi joutua soittamaan Pori Energian valvomoon ja kysymään ohjeita. Valvomosta on helpompi auttaa, jos sähköasemasta on olemassa jokin ohje. Käyttöohjeet toimivat siis asemien käsikirjana ja Pori Energian sisäisenä koulutusmateriaalina niille, jotka harvoin tekevät sähköasemilla käyttötoimenpiteitä. Käyttöohjeet myös opastavat asentajaa sähköaseman turvalliseen ja häiriöttömään käyttöön, jolloin saadaan paras mahdollinen laatu asiakkaalle ja tuotto omistajille.

PESV halusi käyttöohjeet word-muodossa. Tämä mahdollistaa sen, että käyttöohjeet ovat myöhemminkin päivitettävissä, mikäli sähköasemille tulee muutoksia. Vanhat ohjeet olivat pdf-muodossa, joten niiden päivittäminen ei ollut enää mahdollista.

3.2 Miten käyttöohjeet ovat laadittu?

Kun PESV:ssä oli päätetty mistä sähköasemasta käyttöohje tulisi laatia, aloitin työn ensin tutustumalla aseman vanhaan ohjeeseen ja vanhoihin kuviin, mikäli niitä oli. Tämän jälkeen lähdin Sannan kanssa käymään kyseisellä asemalla. Kävimme komponentteja ja niiden toimintaa läpi ja otin uudet kuvat. Asemilla oli usein vaihdettu komponentteja tai niitä oli tullut lisää.

Aloitin Microsoft Wordissa käyttöohjeiden teon, kun olin saanut kaikki kuvat. Kerroin lyhyesti, mitä varten ja miten jokin sähköaseman toiminnan kannalta olennainen komponentti toimii. Lisäsin myös kyseisistä komponenteista kuvat ja lisäsin tarvittaessa kuviin nuolin selvennyksiä, esimerkiksi missä on ohjauskammelle paikka tai mikä kytkin on mikäkin. Kuvat olivatkin ohjeissa hyvin keskeisessä asemassa. Näin Radanvarren valvomosta pystytään helpommin opastamaan sähköasemalla olevaa henkilöä, jolla voi olla kysyttävää jonkin laitteen toiminnasta.

Kävin tarvittaessa kysymässä neuvoa paikan päältä Pori Energialla, mikäli en tiennyt, miten jokin komponentti toimii. Kun olin saanut neuvoa ohjeita oli taas helpompi jatkaa. Pidimme myös välillä Sannan ja Teron kanssa palavereja, jossa käytiin yhdessä läpi tekemiäni käyttöohjeita. Näin sain tietää millaisia ohjeistuksia käyttöohjeisiin kaivattiin lisää tai mitä tarvitsee vielä muuttaa, jotta käyttöohjeista tuli tarpeen mukaiset.

Saadessani käyttöohjeen valmiiksi lähetin sen tarkastettavaksi Terolle ja Sannalle. Tämän jälkeen korjasin tai selvensin joitakin kohtia käyttöohjeista, mikäli tarvetta vielä oli.

4 SÄHKÖASEMAT

4.1 Yleistä

Sähköasemat voidaan luokitella muuntoasemiin ja kytkinlaitoksiin. Kytkeinlaitos yhdistää ainoastaan saman jännitetason johtoja, kun taas muuntoasema myös kahden eri jännitetason johtoja. Muuntoasemalla on lisäksi yksi tai useampi muuntaja. Sähköasemien koko vaihtelee muutamista sadoista neliömetreistä hehtaareihin. Lisäksi sähköasemilla on useita erilaisia kojeita ja laitteita, jotka voidaan hankkia myös tehdasvalmisteisina valmiina kojeistoina.



Kuva 2. Kuva Ulasoorin sähköasemalta

Muuntajat ja johdot liitetään sähköaseman kytkinkentällä sijaitseviin ns. kokoojakiskostoihin kytkinlaitteiden välityksellä. Mikäli kokoojakiskoon liitytään katkaisijan avulla, kiskoa kutsutaan pääkiskoksi. Apukiskoksi taas kutsutaan kokoojakiskoa, johon liitytään erottimella.

Kytkeinlaitteita ovat katkaisijat ja erottimet. Katkaisija pystyy katkaisemaan ja sulkemaan kuorma- ja vikavirran. Sen on lisäksi kestävä verkossa esiintyvä oikosulkuvirta, mitä saattaa esiintyä vian seurauksena. Erottimella ei pystytä katkaisemaan kuorma- ja vikavirtaa. Erottimella tehdään kytkinlaitoksen osat jännitteettömiksi turvallista työskentelyä varten sekä saadaan aikaan turvallinen ja näkyvä avausväli erotetun virtapiirin ja muun laitoksen välille.

Lisäksi sähköasemilla käytetään mittamuuntajia, jotta jännitteet ja virrat voidaan muuttaa mittalaitteille sopiviksi. Suojaustarkoituksissa käytetään releitä ja varokkeita, ylijännitesuojauksessa venttiilisuojuja tai kipinävälejä. (Heikkilä 2014; Korpinen)

5 SÄHKÖASEMAKOMPONENTIT

5.1 Teho- ja mittamuuntajat

Muuntaja on sähkölaite, jolla voidaan muuntaa vaihtojännitettä tai -virtaa erisuuruiseksi sähkömagneettista induktiota hyödyntäen. Muuntajia on eri käyttötarkoituksia

varten. Sähkön siirto- ja jakeluverkon jännitetasoa muunnetaan sopivaksi eri jänniteportaisiin tehomuuntajilla. Mittalaitteille ja suojuoreille muunnettava vaihtovirta tai jännite muunnetaan puolestaan sopivaksi mittamuuntajia käyttäen.

Tehomuuntajan aktiiviosan muodostavat rautasydän ja käämit. Eristysaineena toimii paperin ja prespaanin lisäksi öljy, joka toimii myös jäähdytysaineena. Osa eristävästä tukirakenteista on puuta, ulkokuoren taas muodostaa teräksinen muuntajalaatikko.

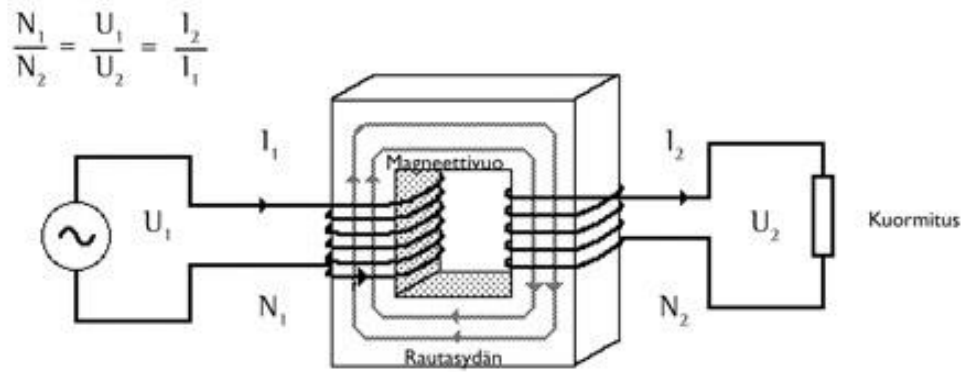
Muunnettavaa jännitettä voi säätää käämikytkimen avulla muuttamalla kytkettyinä olevien käämikierrosten määrää. Kytkettyjen käämien päät tuodaan muuntajan kannelle sähköverkkoon liittämistä varten läpiviennillä.

Muuntajan sisäiset tehohäviöt muuttuvat lämmöksi, joka johdetaan kiertävän öljyn avulla radiaattoreihin, joista lämpö siirtyy ulkoilmaan. Jäähdytystä voidaan tehostaa puhaltimien avulla. Lämpölaajenemisesta johtuen öljyn tilavuus vaihtelee, minkä vuoksi öljylle tarvitaan paisuntasäiliö. Lisäksi tarvitaan ilmankuivain, ettei kosteus pääse muuntajan sisälle ja siirry eristykseen.

Tehomuuntaja on sähköverkon kallein yksittäinen laite. Sen suojaaminen ja verkon käytettävyyden säilyttäminen vaativat muuntajalle useita suoja- ja valvontalaitteita. Tällaisia laitteita ovat esimerkiksi sähköiset suojuoreet, öljyn virtausreleet, kaasureleet ja ylipaineventtiili. Tehomuuntajien yhteydessä voi myös olla pieni omakäyttömuuntaja, josta saadaan pienjännitettä sähköaseman omiin tarpeisiin.

Verkossa tarvitaan tehomuuntajan lisäksi mittamuuntajia. Niiden tehtävä on muuntaa verkon jännite tai virta sähköaseman suojuuslaitteille sopivalle tasolle. Mittamuuntajat jaetaan virta- ja jännitemuuntajiin.

Yleensä mittamuuntajat ovat yksivaiheisia yksiköitä, eli kullekin vaiheelle tarvitaan oma laitteensa. Eristysaineena käytetään öljyä, öljypaperia tai valuhartsia. Suurjännitteisillä mittamuuntajilla on yleensä jännitteinen kuori, joten niiden rakenteeseen kuuluu posliini- tai polymeerieristin. (Väärämäki, 2004.)



Kuva 3. Muuntajan toimintaperiaate (Väärämäki, 2014.)

N = Käämien kierrosluku

U = Jännite

I = Virta



Kuva 4. Esimerkki tehomuuntajasta (Mohan Mutha Exports Pvp Ltd.:n www-sivut 2014)

5.1.1 Jännitemuuntajat

Toimintaperiaatteeltaan kantaverkon jännitemuuntajat ovat yleensä magneettisia tai kapasitiivisia jännitemuuntajia sekä joskus myös kapasitiivisia jännitteenjakajia. Teoriassa magneettisen jännitemuuntajan toimintaperiaate (perustuu induktioon) on sama kuin tehomuuntajilla, mutta kapasitiivisissa jännitemuuntajissa suoritetaan jännitteen jako kondensaattoreilla. Tämän jälkeen jännite muunnetaan vielä sopivaksi

sovitusmuuntajalla. Jännitemuuntajassa on yksi sydän ja yleensä erilliset toisiokäämit mittaus- ja suojauspiireille ensiökäämin lisäksi. (Väärämäki 2004.)



Kuva 5. Esimerkki jännitemuuntajasta, valmistaja ABB (ABB:n www-sivut 2014.)

5.1.2 Virtamuuntajat

Myös virtamuuntajien toiminta perustuu sähkömagneettiseen induktioon, kuten tehomuuntajien toimintakin. Ensiökäämin sisällä mittaus- ja suojauspiirejä varten on erilliset sydämet. Suojaus- ja mittauspiirejä varten on omat toisiokääminsä. Lisäksi markkinoille on tullut optisia mittamuuntajia. Niiden toiminta perustuu valon ominaisuuksien muuttumiseen sähkökentässä. Nämä ovat kuitenkin vielä harvinaisia. (Väärämäki 2004.)



Kuva 6. Esimerkki virtamuuntajasta, valmistaja ABB (ABB:n www-sivut 2014.)

5.2 Kompensoimislaitteet

Jakeluverkoissa käytetään tyypillisesti loistehon tuotantoon rinnakkaiskondensaattoriparistoja. Voimansiirtoverkoissa loistehotasapainon ylläpitämiseen tarvitaan kondensaattoreiden lisäksi rinnakkaiskuristimia eli reaktoreita. Pienen kuorman aikana johtojen kehittämä ylimääräinen loisteho kompensoidaan reaktoreilla.

Suomen kantaverkossa kolmivaiheisten reaktoriryhmien teho on 63 Mvar. Reaktorit ovat ilmasydämiä ja ne on kytketty 400/110/21 kV:n muuntajien tertiäärikäämeihin. Reaktoreihin verrattuna rinnakkaiskondensaattoriparistojen tehot vaihtelevat huomattavasti. Mitoitustehot ovat näillä sijoituspaikan mukaan 7-65 Mvar.

Johdon reaktanssi asettaa rajan pitkillä voimansiirtojohdoilla sille, kuinka suuri teho voidaan johdon kautta siirtää. Kompensoimalla osa johdon reaktanssista sarjakondensaattorilla, voidaan sen reaktanssia pienentää ja siirtokykyä suurentaa. (Elovaara & Haarla 2011, 225-226.)

5.3 Katkaisijat

Katkaisijoita käytetään virtapiirin avaamiseen ja sulkemiseen. Ne toimivat joko automaattisesti tai käsin ohjattuina. Virtapiiriin mittamuuntajien avulla kytketty suoja-rele antaa katkaisijalle avautumiskäskyn. Myös sulkeutuminen voi olla automaattista. Yleisin toiminto on maasulun tai ylivirran vaikutuksesta johtuva avautuminen. Katkaisijat pystyvät myös rikkoontumatta avaamaan sekä sulkemaan oikosulkupiirin, jossa virta on monenkertainen nimellisvirtaan nähden.

Katkaisijatekniikka kehittyi voimakkaasti 1970- ja 1980- luvuilla, minkä vuoksi SF6- ja tyhjiökatkaisijat yleistyivät huomattavasti. Suurjännitekatkaisijoina toimivat lähes tulkoon aina SF6-katkaisijat, sillä tyhjiökatkaisijoita ei ole vielä mahdollista käyttää siirtojännitteillä. Keski-jännitealueella SF6- ja tyhjiökatkaisijat kilpailevat edelleen voimakkaasti. (Elovaara & Haarla 2011, 162-170.)

5.3.1 Ilmakatkaisijat

Ilmakatkaisija lienee vanhin katkaisijatyyppe, joka on edelleen käytössä. Katkaisijan katkaisukärjet ovat normaalipaineisessa ilmassa ja tavallisesti ne on suojattu tulenkestävällä ja eristävällä valokaarisuojauksella. Valokaaren sammumisen tehostamiseksi suojauksen sisällä on lukuisia välilevyjä.

Yleensä katkaisijoissa on erikseen pää- ja valokaarikoskettimet. Katkaisijan ollessa suljettuna virta kulkee pääkoskettimien kautta. Kun katkaisijaa avataan, pääkoskettimet avautuvat ennen valokaarikoskettimia, jolloin valokaari syntyy jälkimmäisten koskettimien välille. Näin pääkoskettimet eivät tuhoudu. Valokaarikoskettimien välinen valokaari sammutetaan vetämällä se valokaarisuojauksen muodostamaan moniosaiseen sammutuskammioon. Virta sammuu seuraavassa nollakohdassaan kaikkialla, paitsi virtaa rajoittavissa katkaisijoissa. Näissä se sammuu jo ennen odotettavissa olevaa huippuarvoaan.

Tavallisesti ilmakatkaisijoita valmistetaan mitoitusjännitteeseen 500 V:iin saakka. Mitoitusvirrat voivat nousta 10 kA:iin. Yleensä katkaisuvirta on 25-50 kA ja joskus tätä huomattavasti suurempikin. (Elovaara & Haarla 2011, 172-173.)

5.3.2 Öljykatkaisijat

Öljykatkaisijoita on Suomessa enää jäljellä vain vanhimmissa laitoksissa, joissa on suhteellisen pieni oikosulkuteho. Nykyään vältetään suuria öljymääriä, sillä katkaisija voi räjähtäessään aiheuttaa suurta tuhoa.

Öljykatkaisijoissa valokaaren sammutusaineena käytetään mineraaliöljyä, joka kaasuuntuu osiinsa valokaaren vaikutuksesta. Kaasuvaipalla on voimakas valokaarta sammuttava vaikutus. Nykyään ilman erityistoimenpiteitä ei päästä lähellekään tällä hetkellä tavanomaisia katkaisukykyjä. (Elovaara & Haarla 2011, 174-175.)

5.3.3 Vähäöljykatkaisija

Vähäöljykatkaisijassa on erillinen sammutuskammio jokaiselle vaiheelle. Valokaaren sammutus perustuu katkaisutapahtumassa syntyneen höyrystyvän öljyn kehittämään paineeseen ja siitä seuraavaan öljyn virtaukseen. Katkaisutapahtumassa syntyneen höyrystyvän öljyn kehittämä paine ja siitä seuraava öljyn virtaus sammuttavat valokaaren. Suuntaamalla öljysuihku ohjainlevyjen avulla valokaarta kohti voidaan nopeasti kasvattaa eristyslujutta kosketuskärkien välillä. (Aura & Tonteri 1993, 276-277.)

Pääasiallinen käyttöalue vähäöljykatkaisijoilla on 7,2 - 123 kV ja paikat, joissa kytkentätiheys ja oikosulkuvirrat ovat kohtuullisia. Nykyään katkaisijoita ei enää valmisteta, mutta niitä on edelleen käytössä sähköverkoissa. (Elovaara & Haarla 2011, 176.)

5.3.4 Paineilmakatkaisijat

Paineilmakatkaisija oli vähäöljykatkaisijan rinnalla pitkään tärkein käytettävistä katkaisijoista. Paineilmaa käytetään katkaisijan ohjaukseen ja valokaaren sammuttamiseen. Katkaisijoita on rakennettu suurimpiin jännitteisiin ja katkaisuvirtoihin asti ja ne sopivat käyttökohteisiin, joissa on useita oikosulkuvirtojen katkaisutapahtumia ja joissa ovat suuret nimellis- ja oikosulkuvirrat. Uusia katkaisijoita hankitaan erityisesti generaattorien katkaisijoiksi, jolloin ne ovat mitoitusvirroiltaan kymmeniä kiloampeereja ja katkaisukyvyt useita satoja ampeereja. Lisäksi ne pystyvät katkaisemaan myös nollakohdattoman vaihtovirran.

Aina 72,5 kV:iin asti paineilmakatkaisijoissa on yleensä vain yksi katkaisupää. Jännitteen kasvaessa useampi katkaisupää kytketään sarjaan ja jännitteenjakokondensaattorilla tasataan jännitteet katkaisupäiden kesken. Tämä voi tapahtua myös vastuksien avulla. Näitä komponentteja voidaan myös käyttää palaavan jännitteen alkuvärähtelyjen vaimentamiseen.

Johdon jännitteenannossa syntyviä kytkentäylijännitteitä voidaan rajoittaa sulkemisvastuksilla. Nämä vastukset asennetaan avausvälin rinnalle.

Huonoina puolina paineilmakatkaisijoissa voidaan mainita paineilmaverkoston tarve sekä katkaisijan toimiessa syntyvä melu. (Elovaara & Haarla, 2011, 177.)

5.3.5 SF6-katkaisijat

SF6-katkaisijoiden ominaisuuksiin kuuluu palamattomuus, suuri valokaaren jäähdytyskyky, yhdellä katkaisuyksilöllä saavutettava palaavan jännitteen kestokyky ja tästä johtuva suurempi katkaisuteho kuin muilla katkaisijatyypeillä. SF6-katkaisijassa on rikkiheksafluoridikaasulla täytetty hermeettisesti tiivis kammio. Liikkeen kammion katkaisukoskettimissa saa aikaan moottorijousiohjain, joka on lähes samanlainen, kuin vähäöljykatkaisijassa. Katkaisijan laukaisussa vapautuu aukiohjauseste ja laukaisujouseen kytketty tanko vetää pufferisylinterin alas. Pääkoskettimet erkanevat

sylinterin liikkeessa ja virta siirtyy valokaarikoskettimille, joiden avautuessa valokaari syttyy. Tämän vuoksi SF6-kaasun paine on noussut sylinterissä. Kaasun virtaus on alkutilanteessa estetty valokaarikanavan ylävalokaarikoskettimella. Paine kaasusylinterissä nousee, koska valokaari estää kaasunvirtauksen siihen saakka, kunnes suutin on laskeutunut tarpeeksi. Kun virta lähestyy nollakohtaa, kaasu pääsee virtaamaan voimakkaammin valokaareen. Jäähdytysvaikutus tehostuu, kun kaasu virtaa edestakaisin valokaarikanavassa pitkin valokaarta. Virta katkeaa, kun valokaari muuttuu jäähtymisen ansiosta eristeeksi. (Aura & Tonteri 1993, 278-280.)

Keskijänniteverkkoihin on kehitetty SF6- katkaisijoita, joissa katkaisevasta virrasta otetaan valokaaren sammuttamiseen tarvittava energia. Tämä tapahtuu esimerkiksi pyörittämällä valokaarta virran itsensä aiheuttaman magneettikentän avulla. Käyttämällä hyväksi katkaisukammiossa olevia venttiilejä voidaan SF6- kaasun paineen nousulla synnyttää valokaarta jäähdyttävä kaasun virtaus. Katkaisijan auki-ohjausta voidaan myös tehostaa paineen nousulla. Valokaarikoskettimet avautuvat avautumisl liikkeen jatkuessa ja niiden väliin syntyy valokaari. Pää -ja avautumiskoskettimien avautumisl iike liikuttaa myös mäntää, joka saa aikaan voimakkaan kaasuvirtauksen puristaessaan kokoon allaan olevaa kaasutilaa. Tämä kaasuvirtaus kohdistetaan edelleen valokaareen, jonka seurauksena se sammuu. Tällä tavoin SF6- keskijännitekatkaisijoiden katkaisuenergia on saatu jopa pienemmäksi kuin vähäjännitekatkaisijoilla. Tekniikkaa on ruvettu sittemmin käyttämään myös suurempien jännitteiden katkaisijoissa. Ohjain voi olla kevytrakenteisempi, kun ei enää tarvita niin suurta ohjausenergiaa kuin pufferikatkaisijassa.

Suuria katkaisukykyvaatimuksia varten on kehitetty edelleen niin sanottu kaksoisl iikekatkaisijakammio. Tämän avulla katkaisuun tarvittavaa apuenergiaa on voitu radikaalisti pienentää samalla, kun katkaisukyvyt ovat kasvaneet.

Uusimmilla katkaisijoilla huoltovälit voivat olla jo yli 10 vuotta, mikä voi vaikuttaa koko sähköaseman yleissuunnitteluun. Erottimet katkaisijan ympärillä eivät pitkän huoltovälin takia ole enää välttämättömiä ja tavallisten SF6- katkaisijoiden sijaan voidaan käyttää ns. erottavia katkaisijoita. Tämän myötä saadaan aiempaa yksinkertaisempi ja halvempi sähköaseman rakenne.

Ongelmia SF6- katkaisijoissa ovat olleet valokaaren aiheuttamat myrkylliset ja kosteuden kanssa korroosiota aiheuttavat yhdisteet katkaisukammiossa, alhaisissa lämpötiloissa kaasun nesteytyminen sekä aikaisemmin suuri ohjausenergian tarve yli 100 kV:n jännitteillä.

SF6-katkaisijat soveltuvat erityisen hyvin kompensointilaitteiden katkaisijaksi, sillä ne pystyvät katkaisemaan huollotta mitoitusvirtansa tuhansia kertoja. Jälleensyttymättömyys ja sysäysvirtakestoisuus ovat lisäksi ominaisuuksia, joiden takia SF6-katkaisijat soveltuvat erinomaisesti rinnakkaiskondensaattoriparistojen katkaisijoiksi. (Elovaara & Haarla 2011, 179-181.)



Kuva 7. SF6-katkaisija, valmistaja ABB

5.3.6 Tyhjiökatkaisija

Tyhjiökatkaisijat sopivat parhaiten tilanteisiin, joissa vaaditaan suurta kytkentätiheyttä. Rakenteeltaan ne ovat hyvin yksinkertaisia. Periaatteessa niissä tarvitaan ainoas-

taan kiinteä ja liikkuva kosketin, jotka ovat tyhjäsäiliössä. Kun koskettimet irtaantuvat toisistaan, valokaari jää palamaan ionisoituneeseen, kosketuspinnolta höyrystyneeseen metallipilveen. Höyry tiivistyy, kun metallihöyryn ionisaatio katoaa virran nollakohdassa. Nopeasti tapahtuvasta prosessista johtuen tyhjiökatkaisijan katkaisukyky ei ole riippuvainen palaavan jännitteen jyrkkyydestä ja muodosta.

Käyttäjän kannalta tyhjiökatkaisijat eivät eroa perinteisistä katkaisijoista juurikaan. Suurin ero on, että kyetäkseen johtamaan mitoitus – ja oikosulkuvirtoja ilman liiallista lämpenemistä, tyhjiökatkaisija vaatii jatkuvan ulkoisen puristusvoiman.

Tyhjiökatkaisija sopii parhaiten käyttöön, jossa katkaisijalta vaaditaan keskinkertaisen katkaisukyvyyn ohella suurta kytkentätiheyttä. Katkaisija sopii erityisen hyvin myös kapasitiivisen virran katkaisuun, joskin tällöin tulee kiinnittää huomiota kosketinmateriaaliin.

Nykyään tyhjiökatkaisijatekniikkaa käytetään runsaasti keskijänniteverkon kytkimisissä ja kontaktoreissa, sillä niiden avulla voidaan aikaansaada vähän tilaa vaativia laiteratkaisuja. Näissä tapauksissa oikosulkuvirran katkaisusta huolehditaan katkaisukyvyltään suurella suurjännitesulakkeella. Tällaisen kytkinlaitteen etuna on vähäinen huollon tarve. (Elovaara & Haarla 2011, 182-184.)

5.4 Erottimet

Erottimen avulla voidaan muodostaa turvallinen avausväli virtapiirin ja muun laitoksen välille sekä saada jännitteettömäksi laitoksen osa turvallista työskentelyä varten. Erotinta ei ole tarkoitettu virtapiirin avaamiseen tai sulkemiseen, joten siltä ei vaadita virran katkaisu- tai sulkemiskykyä (poislukien kuormanerotimet). Se on myös voitava lukita kiinni- tai auki- asentoon, jotta pystytään estämään vaaraa aiheuttava käyttö.

Kuormanerotimet kykenevät lisäksi katkaisemaan tavanomaisten erottimien lisäksi suuria kuormitusvirtoja sekä kytkemään pienehköjä oikosulkuvirtoja. Ne ovat ikään

kuin katkaisijoiden ja erottimien välimuoto. Tällaista erotinta käytetään Suomessa suurimmaksi osaksi keskijänniteverkossa sekä paikoissa, joissa joudutaan erottamaan verkosta suurehko kuormittamaton muuntaja tai kaapeliverkko tai erottamaan kuormitusvirrallisia verkonosia toisistaan.

Erottimet voidaan luetella joko yksi- tai kolminapaisiksi. Suurjännitteillä kolminapaisesti käytettävät erottimet kootaan yleensä yksinapaisista yksiköistä. Virtakestoisuusvaatimukset ovat tyypillisesti suuremmat kuin todelliset kuormitus- ja oikosulkuvirrat kytkinlaitoksella. Suomessa erottimien on kyettävä toimimaan myös kovilla pakkasilla sekä murtamaan muutamien senttimetrien jääkuorma.

Erottimien eristeet ovat valmistettu joko valuhartsista tai posliinista. Keskijänniteverkon erottimilla on tyypillisesti valuhartsiset eristimet. Suurjänniteverkoissa käytettävissä erottimissa on yleensä posliini eristimet.

Erottimet ovat yleensä käsi-, moottori-, tai paineilmaohjattuja. Tavallisesti käsiohjaus tapahtuu eristävällä tangolla paikan päällä. Moottoriohjatut erottimet ovat taas yleensä varustettu kauko-, paikallis- ja käsikäyttömahdollisuudella. Kauko-ohjaus mahdollistaa sen, että erotinta voidaan ohjata sähköaseman valvomosta.

Huomattavaa erottimien sijoittamisessa on, että ne pyritään asentamaan kiskostoon nähden siten, että auki- asennossa veitset ovat jännitteettömät. Lisäksi tulee muistaa, ettei erottimia saa asentaa seinälle siten, että eri vaiheiden virtatiet ovat allekkain. Jos näin ei menetellä, veitsien avautuessa syntyvät pienetkin valokaaret voivat nousta ylöspäin muihin vaiheisiin ja aiheuttaa vaiheiden välisen oikosulun. (Elovaara & Haarla 2011, 190-197.)



Kuva 8. GW4 Erotin (Taikai Power Engineering Co., Ltd:n www-sivut, 2014.)

5.5 Kiskojärjestelmät

5.5.1 Yksikiskojärjestelmä

Käytön kannalta yksikiskojärjestelmä on huonoin vaihtoehto, koska huollon ja korjauksen ajaksi asema on kytkettävä irti verkosta. Käyttö ei ole jaettavissa eikä katkaisijaa voi ohikytkeä. (Aura & Tonteri 1993, 332-333)

5.5.2 Kisko-apukiskojärjestelmä

Katkaisijat voidaan ohikytkeä kisko-apukiskojärjestelmässä apukiskokatkaisijaa käyttäen. Kahta lähtöä voidaan tarvittaessa syöttää samalla katkaisijalla tai tarpeen vaatiessa kaksi tai useampi lähtö voidaan kytkeä yhteen. Käyttövarmuus kisko-apukisko järjestelmässä on huomattavasti parempi, kuin yksikiskojärjestelmässä. (Aura & Tonteri 1993, 333.)

5.5.3 Kaksoiskiskojärjestelmä

Johtojen ja muuntajien ryhmittelyjä pystytään käytön aikana muuttamaan kaksoiskiskojärjestelmässä. Toinen kiskojärjestelmä on täten mahdollista muuttaa jännitteettömäksi ilman, että se häiritsee käyttöä. (Aura & Tonteri 1993, 334.)

5.5.4 Kaksoiskatkaisijajärjestelmä eli duplex

Vaunukatkaisijoilla toteutettuihin keskijännitelaitoksiin sopii hyvin kaksoiskatkaisijajärjestelmä. Käytössä ne ovat varmoja kiskovikojen ja virheohjausten osalta. Huollon puolesta järjestelmä on hyvä, sillä huollot voidaan toteuttaa niin, että verkossa ei tarvitse tehdä kytkentöjä. Haittapuolena on korkea hinta, koska katkaisijoita tarvitaan enemmän kuin johtolähtöjä kaksoiskiskojärjestelmään verrattuna.

Pääkiskoja kaksoiskatkaisijajärjestelmässä voi olla yksi tai kaksi. Mikäli käytössä on kaksi kiskoa, käyttö voidaan jakaa. Käytön aikana on mahdollista saada jännitteettömäksi tietty kisko tai katkaisija ja käyttäen toista kiskoa lähdöt voidaan kytkeä yhteen. Tämä järjestelmä on käytössä teollisuudessa ja suurissa jakelukojeistoissa keskijännitteellä. (Aura & Tonteri 1993, 334-335.)

5.6 Suojareletyypit

Sähköenergian siirto- ja jakeluverkot on relesuojauksessa tarkoitus varustaa sopivalla suojausjärjestelmällä, joka avaa vian läheisyydessä olevan katkaisijan. Vikatilanteessa releeltä tulee ohjausimpulssi katkaisijalle. Releitä voidaan käyttää myös merkinantoon ja hälytyksiin.

Relesuojauksen on täytettävä seuraavanlaisia vaatimuksia; sen on toimittava selektiivisesti, eli mahdollisimman pienen osan verkosta tulee olla pois käytöstä vian aikana. Relesuojauksen on suojattava koko järjestelmää ja sen on oltava nopea, yksinkertainen ja käyttövarma sekä se on voitava koestaa käytön aikana.

Tärkeät suojauskohteet on järjestettävä käyttövarmuussyistä kahdella erillisellä suojausrelejärjestelmällä. (Elovaara & Haarla 2011, 342-344.)

Oikosulkusuojauksen tulee olla laukaiseva. Maasulkusuojaus taas voi olla hälyttävä tai laukaiseva maadoitusjännitteestä riippuen. Suurjännitteillä suojauksen tulisi olla nimenomaan laukaiseva. Kaksoismaasulut pyritään pitämään riittävän mielenä maasulkusuojauksella, sillä ne merkitsevät aina vakavaa vaarajännitetilannetta. (Elovaara & Haarla 2011, 340-342.)

Suojareleet voidaan jakaa eri ryhmiin mittaustavan mukaan:

- ali- ja ylijännitereleet
- virtareleet
- distanssireleet
- epäsymmetriareleet
- taajuusreleet
- suunta- ja tehoreleet
- differentiaalireleet (Mörsky 1993, 35,38-50, 57-78).

Ali- ja ylivirtareleet toimivat, kun jännite alittaa tai ylittää releelle asetetun arvon. Ylijännitereleitä käytetään sähköjakeluverkoissa maasulun nollijännitereleinä. Lisäksi nolla- ja alijännitereleitä käytetään, kun generaattorit tarvitsee irrottaa verkosta pikakytken jännitteettömänä aikana. Ylivirtarele toimii vasta, kun ennalta määrätty virran arvo ylittyy. Se ei havaitse virran suuntaa, eikä ole täten paras mahdollinen rengasverkon suojauksessa. Kun pienin vikavirta on suurempi kuin suurin kuormitusvirta, ylivirtarelettä on mahdollista käyttää. (Elovaara & Haarla 2011, 346, 360.)

Ylivirtareleitä on kolmenlaisia. Hetkellisessä ylivirtareleessä ei tarkoituksella hidasteta releen toimintaa. Vakioaikaylivirtareleessä releen havahtumisesta määrätään laukaisuun menevä aika tai asetetaan tietty virta-arvo, jonka ylittyessä rele toimii hetken. Käänteisaikaylivirtareleessä laukaisuajan määrittää virta. Rengasverkon jotosuojauksessa käytetään varasuojana ylivirtarelettä, mutta vakioaikarele ei välttämättä mahdollista selektiivisyyttä ja käänteisaikareleellä voi olla vikatilanteessa liian

pitkä laukaisuaika. Ylivirtareleessä on nykyään kaksi porrasta, vakiaikahidasteinen ja vakioaika- tai käänteisaikahidasteinen. (Elovaara & Haarla 2011, 346, 393.)

Distanssireleen toiminta perustuu mittauksen avulla saataviin virran ja jännitteen arvoihin, joiden avulla on laskettu impedanssi. Sen avulla voidaan määrittää mittauspisteestä mitattuna vikapaikan etäisyys. Distanssireleen avulla vikapaikan suunta voidaan määrittää jännitteen ja virran vaiheensiirtokulman avulla. Tällaisia releitä käytetään rengasverkoissa, koska vikavirta voi tulla niissä mistä suunnasta tahansa ja pienin vikavirta on yleensä suurempi, kuin suurin kuormitusvirta. Ylivirtareleillä ei tämän vuoksi voida saada selektiivistä suojausta. (Elovaara & Haarla 2011, 348.)

Kiskojärjestelmien ja muuntajien suojaamiseen käytetään differentiaalirelettä eli erovirtarelettä. Differentiaalireleellä voidaan muuntajakäytössä havaita sellaiset oikosulut, joilla on riittävän suuri erovirta. Tällaisia oikosulkuja ovat maasulku, oikosulku, käämisulku ja kierrossulku. Kun suojattavan kohteen tulevien ja lähtevien virtojen ero on releeseen asetettua arvoa suurempi, differentiaalirele toimii. Jos virtojen summa on nolla, virta menee suojausalueen läpi. Tällöin piirissä ei ole vikoja. Jos virta ei mene läpi suojausalueella, niin silloin piirissä on vikaa. Ulkopuolelta tulevat vikavirrat pääsevät silloin suojausalueelle. (Elovaara & Haarla 2011, 355.)

5.7 Muita sähköaseman toimintaan liittyviä toimintoja

5.7.1 Asema-automaatio

Sähköaseman automaatiojärjestelmällä tarkoitetaan järjestelmää, joka

- tarjoaa pääsyn voimajärjestelmään paikallisesti tai kaukokäyttöjärjestelmän kautta
- mahdollistaa paikalliset automaattiset ja manuaaliset toiminnot
- huolehtii tarvittavista tiedonsiirtolinkeistä, tiedon koodaamisesta ja liittynnöistä eri laitteille luettavaan muotoon, jotta kommunikointi esimerkiksi verkkovalvomon ja sen järjestelmien sekä paikallisten toimilaitteiden välillä olisi mahdollista. (Elovaara & Haarla 2011, 386.)

Sähkönsiirron alkuvaiheita lukuun ottamatta verkon käyttö ja valvonta on perustunut suureksi osaksi kaukomittauksiin ja kauko-ohjauksiin sekä paikallisiin automaattisiin toimenpiteisiin. Tyypillisesti paikallisautomaatiolla voidaan hoitaa esimerkiksi osia relesuojauksesta.

Verkon ja käytön teknistä laatutasoa voidaan parantaa hyödyntämällä kauko-ohjausta, -mittausta, -säätöä, -asettelua ja -ilmoittamista. Näin voidaan lisäksi säästää henkilöstömenoissa. (Elovaara & Haarla 2011, 385)

5.7.2 Maadoitukset

Virtapiiriin tai sähkölaitteeseen kuuluvat osat ovat yhdistetty maahan eli maadoitettu. Tämä tapahtuu maadoitusjohtimen avulla, joka on yhdistetty maadoituselektrodiin.

Sähköasemilla kojeiden teräsrakenteet on yhdistetty maadoitusverkkoon maadoitusjohtimilla. Nämä johtimet on kiinnitetty terästelineisiin yleensä telineen kummaltakin puolelta. Johtimien toiset päät on liitetty maadoitusverkkoon. (Lehtonen 2009, 2-4.)

Kentällä olevien kojeiden, esimerkiksi katkaisijoiden ja erottimien betoniperustuksen alle asennetaan kuparijohdin, jota kutsutaan J-lenkiksi. J-lenkillä voidaan parantaa maadoitusta sekä pystytään ohjaamaan vikavirta betoniperustuksen ohi. (Lehtonen 2009, 35.)

Katkaisijat, erottimet ja mittamuuntajat maadoitetaan kuparijohtimella, joka liitetään ohjaimen maadoitusliittimeen. Lisäksi mittamuuntajille lisätään varmistava kuparijohdin maadoituselektrodiin ja telineen yläpään välille. (Lehtonen 2009, 34.)

Sähköasemilla käytetään myös erilaisia ylijännitesuojia ja tukieristimiä. Ylijännitesuojat voidaan asentaa eristysjaloille, mikäli tämä on tarpeellista esim. kunnonvalvonnan kannalta. Johdin on yhdistetty maadoitusruudukkoon. Tukieristimiä ei maadoiteta erikseen, elleivät ne sijaitse reaktorilaitoksen alueella. (Lehtonen 2009, 34-35.)

6 POHDINTA

Tavoitteenani oli luoda selkeät ohjeet, joissa on paljon havainnollistavia kuvia. Näin ohjetta katsomalla voidaan tarvittaessa Pori Energian valvomosta asti neuvoa henki-

lää, joka tarvitsee sähköasemalla apua. Mielestäni onnistuin työssäni hyvin. Kuvani olivat selkeitä ja olin tarvittaessa havainnollistanut niitä nuolin ja selityksin.

Ongelmia käyttöohjeita laatiessa aiheuttivat välillä uudet komponentit ja laitteistot, joiden toiminnasta en ollut varma. Tällaisia olivat esimerkiksi jotkin uudet releet sekä maasulun kompensointi. Sain kuitenkin tarvittaessa apua PESV:stä Sannalta ja Terolta. Myös komponenttien valmistajien kotisivut olivat hyvä apu selvittäessä erilaisten laitteiden toimintaa.

Käyttöohjeiden tekeminen edellytti minulta paljon sähköasematekniikkaan perehtymistä sekä komponenttien toimintaan tutustumista. Käytin apuna paljon Internetiä sekä kirjallisuutta. Koin oppineeni opinnäytetyötä tehdessäni paljon erilaisista komponenteista. Minulla on nyt selkeä kuva sähköaseman toiminnasta ja mitä niiden kunnolla toimiminen vaatii. Koen, että tämän työn tekeminen oli hyödyllistä tulevaisuutta ajatellen.

LÄHTEET

ABB:n www-sivut. 2014. Viitattu 17.12.2014. <http://new.abb.com/high-voltage/instrument-transformers>

Aura, L & Tonteri, Antti J. 1993. Sähkölaitostekniikka. Porvoo: Wsoy

Elovaara, J. & Haarla, L. 2011. Sähköverkot 2. Tallinna:Otatiето.

Heikkilä, J. 2004. Sähköasema ja sen tärkeimmät laitteet. Viitattu 10.10.2014.
<http://www.fingrid.fi/fi/verkkohankkeet/kantaverkonABC/Sivut/ABCsahkoasema.aspx>

Korpinen, L. Sähkön siirto- ja jakeluverkot. Viitattu 16.9.2014.
http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/3sahkon_siirto_ja_jakeluverkot.pdf

Lehtonen, S. 2009. Sähköaseman maadoittaminen. Insinööriyö. Metropolia. Viitattu 17.9.2014.
<http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/2819/Sahkoaseman%20maadoittaminen.pdf?sequence=1>

Mohan Muhta Exports Pvt ltd. :n www-sivut. 2014. Viitattu 17.12.2014.
<http://www.mmexports.com/>

Mörsky, J. 1993. Relesuojaustekniikka. Hämeenlinna:Otatiето

Pori Energian toimintakertomus 2013. 2013. Viitattu 15.9.2014.
http://www.porienergia.fi/Global/Vuosiraportit/PoriEnergia_toimintakertomus_2013_netti.pdf

Pori Energia Oy:n www-sivut. 2014. Viitattu 15.9.2014. <http://www.porienergia.fi>

Taikai Power Engineering Co., ltd:n www-sivut. 2014. Viitattu 17.12.2014. <http://tk-power.com/>

Väärämäki, M. 2004. Teho- ja mittamuuntajat. Fingrid Oyj:n asiakaslehti 2/2004. Viitattu 17.9.2014
http://www.fingrid.fi/fi/ajankohtaista/Ajankohtaista%20liitteet/Yrityslehdet/2004/fingrid_2_04.pdf