



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mikko Ojala

Teollisuuden pienjännitepääkeskusten kun- totarkastelu

SSAB

Tekniikka
2018

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Mikko Ojala
Opinnäytetyön nimi	Teollisuuden pienjännitepääkeskusten kuntotarkastelu
Vuosi	2018
Kieli	suomi
Sivumäärä	69 + 2 liitettä
Ohjaaja	Mikko Västi & Aki Karppinen

Opinnäytetyö tehtiin SSAB Ab:lle. Työn tavoitteena oli selvittää SSAB Raahen terässulaton pienjännitepääkeskusten sen hetkinen kunto ja milloin niiden uusiminen tulisi ajankohtaiseksi. Näiden asioiden selvittämiseksi piti selvittää, miten pääkeskusten kuntoa voitaisiin mitata. Tavoitteena oli saada selkeä listaus pääkeskuksista, johon voitaisiin palata, kun uusia investointeja mietitään.

Työssä tutustuttiin teollisuuden sähkönjakeluun ja siihen liittyviin ominaispiirteisiin sekä kuntotutkimuksen toteuttamiseen. Näiden teorioiden pohjalta rakennettiin toimintaohjeet visuaaliselle tarkastelulle ja tarkemmalle kuntotutkimukselle teollisessa ympäristössä. Tarkastelussa kiinnitettiin huomiota työturvallisuuteen ja erilaisiin toimintatapoihin.

Työssä toteutettiin visuaalinen tarkastelu kaikkiin terässulaton pääkeskuksiin ja tarkempi kuntotutkimus yhteen pääkeskukseen. Toteutukset suoritettiin toimintaohjeiden ja rajoitteiden puitteissa ja niistä tehtiin kirjalliset raportit. Raportteihin koottiin tarkasteluista saadut havainnot ja niiden perusteella annettiin arviot pääkeskusten kunnosta sekä ehdotukset ja kehotukset tulevaisuutta ajatellen.

ABSTRACT

Author	Mikko Ojala
Title	Condition Survey on Industrial Low Voltage Switchgear
Year	2018
Language	Finnish
Pages	69 + 2 Appendices
Name of Supervisor	Mikko Västi & Aki Karppinen

The thesis was made for SSAB Ab. The purpose of this thesis was to determine the exact condition of low voltage switchgear at SSAB Raahe steel foundry and to assess the need for the replacement of the switchgear. To do this it was necessary know how to measure the condition of the switchgear. The purpose of this task was to get a define list of the switchgear which to use when planning new investments.

It was necessary to look into the distribution of industrial electrification and its features and the method of implementation of condition study. From these theories instructions were created for a visual examination and an accurate condition survey in an industrial operating environment. In the condition survey attention was paid to safety at work and various type of actions.

The visual examination was performed to all switchgear at the foundry and the accurate condition survey was performed to one specified switchgear. The tasks were performed within the instructions and restrictions and written reports were produced. The observations were collected to the reports and based on them the switchgear was rated and proposals and suggestions for the future were given.

Keywords industrial electrification, switchgear, low voltage, condition survey and visual examination

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

LIITELUETTELO

1	JOHDANTO.....	9
2	TILAAJAN ESITTELY	10
	2.1 SSAB AB	10
	2.2 SSAB Raahe.....	10
	2.3 SSAB Raahen kunnossapito	12
	2.4 Terässulatto	12
	2.4.1 Terässulaton prosessi	13
	2.4.2 Terässulaton kunnossapito	15
3	TEOLLISUUDEN SÄHKÖNJAKELU	16
	3.1 Teollisuuden keskijännitejakelu.....	16
	3.1.1 Keskijännitekojeistot.....	17
	3.1.2 Suojaukset keskijännitekojeistossa	18
	3.1.3 Jakelumuuntajat.....	19
	3.2 Teollisuuden pienjännitejakelu	19
	3.2.1 Rakenne.....	19
	3.2.2 Jakelujärjestelmät.....	21
	3.2.3 Jakelujärjestelmien maadoitustavat.....	22
	3.2.4 Jännitetason valinta	23
4	TEOLLISUUSVERKON OMINAISPIIRTEET	24
	4.1 Suuret oikosulkuvirrat.....	24
	4.1.1 Oikosulkuvirtojen rajoittaminen	24
	4.2 Sähkönjakelun varmistus	25
	4.3 Teollisuuden maadoitukset	26
	4.4 Ylijännitteet.....	27
	4.5 Loisteho ja sen kompensointi.....	29

4.6	Sähkömagneettiset häiriöt.....	29
4.7	Harmoniset yliaallot.....	31
4.8	Kirjava laitekanta.....	32
4.9	Jännitteen alenema.....	32
5	TEOLLISUUDEN PIENJÄNNITEPÄÄKESKUKSET.....	33
5.1	Teollisuuden pienjännitepääkeskuksien tehtävä.....	33
5.2	Kennokeskus.....	33
6	TYÖ- JA SÄHKÖTYÖTURVALLISUUS KUNTOTUTKIMUKSESSA....	37
6.1	Sähkölaitteistosta aiheutuvien vaarojen huomioiminen.....	37
6.2	Sähkötyöturvallisuus kuntotutkimuksessa.....	38
6.3	Turvalliset työvälineet ja varusteet.....	38
6.4	Työturvallisuus ja riskitekijöiden välttäminen.....	39
7	KUNTOTUTKIMUS SÄHKÖN PÄÄJAKELUJÄRJESTELMÄSSÄ.....	41
7.1	Periaate.....	41
7.2	Visuaalinen tarkastelu.....	43
7.3	Mittaukset.....	43
7.3.1	Perussuureiden mittaukset.....	43
7.4	Säköturvallisuuteen liittyvät mittaukset ja testaukset.....	44
7.4.1	Eristysresistanssin mittaukset.....	45
7.4.2	Suojajohtimen jatkuvuuden toteaminen.....	46
7.4.3	Syötön automaattisen poiskytkennän toiminta.....	46
7.4.4	Suurimman oikosulkuvirran mittaaminen.....	46
7.5	Muita mittauksia.....	47
7.5.1	Lämpötilan mittaus.....	47
7.5.2	Sähkönlaadun tarkastelu.....	48
7.5.3	Elinkaaren tarkastelu kohteen vikahistorian perusteella.....	48
8	TERÄSSULATON SÄHKÖNJAKELU.....	49
8.1	Terässulaton keskijännitejakelu.....	49
8.2	Terässulaton pienjännitejakelu.....	52
8.2.1	Terässulaton pienjännitepääkeskukset.....	53
8.2.2	Terässulaton pienjännitepääkeskuksien kunnossapito.....	56

9 VISUAALINEN TARKASTELU TERÄSSULATON PIENJÄNNITEPÄÄKESKUKSISTA	57
9.1 Kuvaus	57
9.2 Toimintaperiaate	57
9.3 Tutkimustulokset.....	58
10 KUNTOTUTKIMUS: PÄÄKESKUS TE E43	59
10.1 Kuvaus	59
10.2 Toimintaperiaate	59
10.3 Tutkimustulokset.....	61
11 POHDINTA.....	63
12 YHTEENVETO	67
LÄHTEET.....	69

LIITTEET

KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuva 1. Raahen tehdasalueen kartta, jossa tiet on merkitty punaisella. /2./.....	11
Kuva 2. Raahan tehtaan prosessikaavio. /2./	11
Kuva 3. Terässulaton alue. /2./	14
Kuva 4. Terässulaton prosessi. /2./	14
Kuva 5. Periaatemallinnus teollisuuden sähköverkosta. /7./	16
Kuva 6. Periaatekuva pienjännitteisen sähkönjakelumallin rakenteista. /6./.....	20
Kuva 7. Periaatekuva jännitteisten johtimien järjestelmistä. /6./	21
Kuva 8. Periaatemallinnus varavoimajärjestelmistä teollisuusverkossa. /7./	25
Kuva 9. Periaatemallinnus prosessilaitoksen maadoituksista. /6./	27
Kuva 10. Periaatekuva kennokeskuksen sisäisestä sähkönjakelusta. /6./.....	36
Taulukko 1. Ylijänniteluokat ja niiden suojaukset	28
Taulukko 2. Sähkön pääjakelujärjestelmien linkaaret	42
Taulukko 3. Eristysresistanssin mittauksen suureet	45
Taulukko 4. Muuntoasema 1 eli ST80 sijaitsevat pääkeskukset	53
Taulukko 5. Muuntoasema 2 eli ST35 sijaitsevat pääkeskukset	54
Taulukko 6. Muuntoasema 3 eli ST48 sijaitsevat pääkeskukset	54
Taulukko 7. Muuntoasema 4 eli ST9 sijaitsevat pääkeskukset	54
Taulukko 8. 1EMP eli ST46 sijaitsevat pääkeskukset.....	55
Taulukko 9. ST62 sijaitsevat pääkeskukset	55
Taulukko 10. +TE.ST01D sijaitsevat pääkeskukset	55
Taulukko 11. Yksittäiset pääkeskukset omalla sijainnillaan	55

LIITELUETTELO**LIITE 1.** Pääkeskuksien visuaalinen tarkastelu**LIITE 2.** Kuntotutkimusraportti Te E43

1 JOHDANTO

Ikääntyvät sähkölaitteistot ja –laitteet ovat prosessiteollisuuslaitoksien ongelmia. Pienikin katkos prosessissa voi aiheuttaa hidastusta tuotannossa ja tuottaa rahallisia tappioita. Monien katkokkien juurisyynä voi olla vanhentunut sähkölaitteisto tai –laite, josta ei päällepäin näe vikaa. Tällaisten ongelmien ehkäisemiseksi ja rahallisten tappioiden minimoimiseksi kannattaa harkita ennakkotarkastelua kuntotutkimuksen muodossa. Kuntotutkimuksella saadaan arvio kuntotutkimuksen kohteen jäljellä olevasta käyttöiästä ja päivitys- tai uusimistarpeista. Kattavalla kuntotutkimuksella kohteesta saadaan näkemys tarvittaessa pintaa syvemmillä sähkölaadun- tarkastelun muodossa. Kuntotutkimuksessa edetään tapauskohtaisesti kriittisyyden mukaan niin, että ongelman aiheuttaja löydetään ja varmistetaan.

Tämä opinnäytetyö suoritetaan SSAB AB:n Raahen terästehtaalte. Työn aiheena on kuntoarvio terässulaton pienjännitepääkeskuksista, jonka pohjalta saadaan listaus pääkeskusten kunnosta nykyhetkellä ja siitä, mitkä pääkeskukset ovat ensisijaisesti uusintojen tarpeessa. Keskeisimpinä asioina keskuksia tutkittaessa on niiden turvallisuustilanne ja fyysinen olemus. SSAB Raahella on tarkoituksena vähitellen uusia vanhimpia ja heikoimpia keskuksia. Työssä on kaksi suoritusta, visuaalinen tarkastelu ja tarkempi kuntotutkimus. Visuaalinen tarkastelu suoritetaan kaikkiin pienjännitepääkeskuksiin ja tarkempi kuntotutkimus yhteen, tilaajan kanssa sovitettuun pääkeskukseen.

Työtä pohjustetaan esittelemällä tilaaja ja työympäristö sekä käymällä läpi teoriaa teollisuuden sähkönjakelusta, ominaispiirteistä ja pienjännitepääkeskuksista. Kuntotutkimukseen liittyvässä teoriassa paneudutaan vahvasti sen suorittamiseen liittyvään turvallisuustoimintaan ja kuntotutkimuksen suorittamiseen sähkön pääjakelu- järjestelmässä.

2 TILAAJAN ESITTELY

2.1 SSAB AB

SSAB AB on ruotsalainen teollisuuskonserni, joka perustettiin vuonna 1918. Tällöin SSAB AB tunnettiin nimellä Svensk Stål AB ja sen pääomistajana oli Ruotsin valtio. SSAB AB:n juuret kuitenkin ulottuvat vuoteen 1878 asti, kun Domnarvets Jernverk aloitti toimintansa. Nykyään SSAB AB on julkinen osakeyhtiö, jonka toimitusjohtajana toimii Erik Martin Lindqvist ja sen kotipaikkana on Tukholma, Ruotsi.

SSAB AB toimii maailmanlaajuisesti ja sen toimialana on teräs ja niihin liittyvien palveluiden toimittaminen. SSAB AB:hen kuuluu kolme divisioonaa, SSAB Special Steels, SSAB Europe ja SSAB Americas sekä kaksi tytäryhtiötä Tibnor ja Ruukki Construction. Työntekijöitä SSAB AB:lla on 50 maassa ja heitä on 15 000. Vuosittainen terästuotantokapasiteetti SSAB AB:lla on 8,8 miljoonaa tonnia ja sen liikevaihto oli vuonna 2016, 55 miljardia kruunua (SEK)./1./

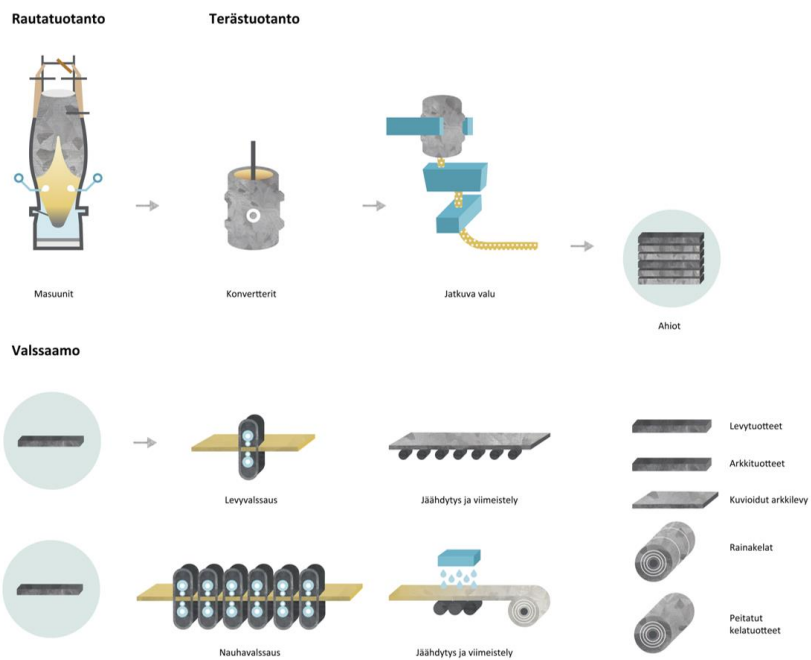
2.2 SSAB Raahе

Raahessa toimiva SSAB AB:n tehdas kuuluu SSAB Europe-divisioonan alaisuuteen. Se on integroitu tehdas ja sen toimialana on kvarttolevyt ja nauhatuotteet. Työntekijöitä tehtaalla on 2 400 ja se on merkittävä työllistäjä Raahen seudulla. Raahen tehtaan rakentaminen aloitettiin vuonna 1961 ja vuonna 1964 aloitettiin raudan tuotanto. Tehtaan historian aikana tehdasta on kehitetty kilpailukyvyn ylläpitämiseksi, ottaen myös ympäristön huomioon. Raahen tehdasalue on pinta-alaltaan n. 500 hehtaaria. Alueelta löytyvät masuunit 1 ja 2, joissa tehdään raakarautaa. Rauta kuljetetaan sieltä terässulatolle, jossa se prosessin tuotoksena jalostuu teräsaihioiksi. Teräsaihiot viedään sieltä valssaamolle, jossa ne käsitellään tilaustuotteeksi. Alueelta löytyy myös koksamo, joka tekee tehtaan omavaraiseksi koksikaasusta ja voimalaitos Raahen Voima, joka tuottaa sähköä tehtaan tarpeisiin ja myy kaukolämpöä Raahen Energialle. Alueella on n. 40 km teitä ja yli 30 km rautateitä sekä oma satama. Tehdas kuului vuoteen 2014 saakka Ruukki Oy:lle, kunnes

yhtiö fuusioitui osaksi SSAB AB:ta. Tehtaan aluekartta nähdään kuvassa 1. ja tehtaan prosessikaavio kuvassa 2. /2./



Kuva 1. Raahen tehdasalueen kartta, jossa tiet on merkitty punaisella. /2./



Kuva 2. Raahen tehtaan prosessikaavio. /2./

2.3 SSAB Raahen kunnossapito

Raahen tehtaalla kunnossapito on jaettu eri osastoihin. Kunnossapidon osastoja ovat:

- rautatuotannon kunnossapito
- terästuotannon kunnossapito
- nauha + LKT kunnossapito
- levy + EKT kunnossapito
- tehtaan vuorokunnossapito
- suunniteltu kunnossapito
- korjaamo
- työnsuunnittelu ja kunnossapidon kehitys.

Osastoittain kunnossapito on jaettu sähkö- ja automaatiokunnossapitoon ja mekaaniseen kunnossapitoon. Suunnitellussa kunnossapidossa on lisäksi kunnonvalvonta ja nestekaasuhuolto, nosturien mekaaniset ja sähköiset kunnossapidot, teline- ja ratakunnossapidot, aihiontuotannon kunnonvalvonta, valssaustuotannon kunnonvalvonta ja tehtaan nestekaasuhuolto. Korjaamon palvelut on lisäksi jaettu tarkennettuihin vastuualueisiin mekaanisella ja sähköisellä puolella. /8./

2.4 Terässulatto

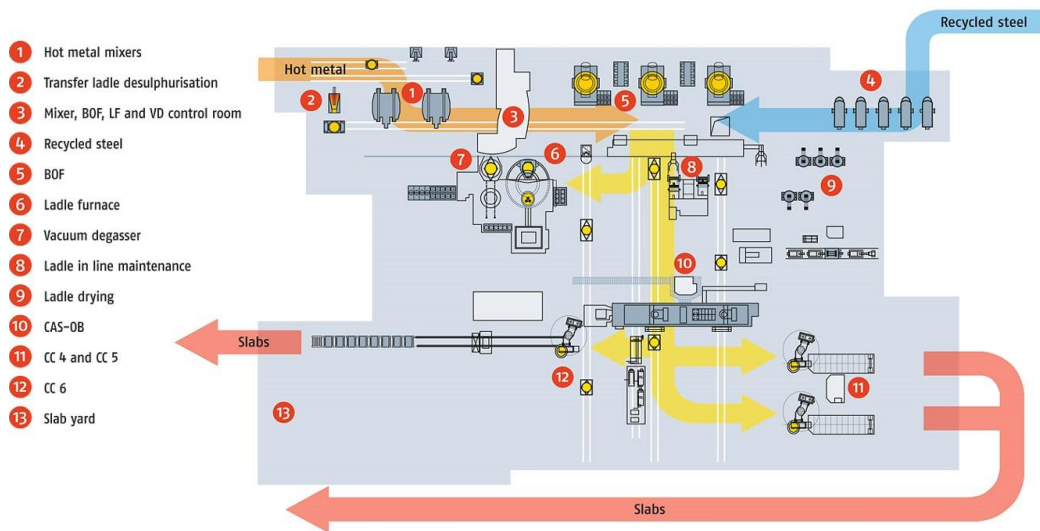
Raahen SSAB:n tehtaan terässulatto rakennettiin vuosina 1964 - 1967 ja se otettiin käyttöön lokakuussa vuonna 1967. Se työllistää tuotannossa 71 toimihenkilöä ja 648 työntekijää sekä alihankkijoita eri tarpeisiin. Terässulaton alueeseen sisältyvät terässulaton käyttökonttori, romunpolttoasema, romuterminaali, senkkakorjaamo, tiilivarasto ja terässulaton prosessialue. Terässulaton prosessialueeseen kuuluvat mikseri, konvertteri, senkkauuni ja vakuumi, cas-ob:t, välisenkkataso, jatkuva valulaitokset ja aihiohallit. /2./ /9./

2.4.1 Terässulaton prosessi

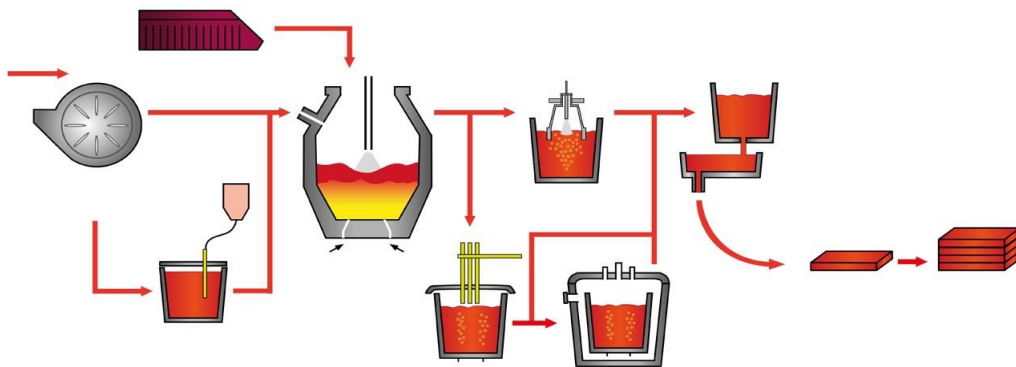
Tommi Holappa tiivistää opinnäytetyössään terässulaton prosessin seuraavasti: ”Teräksen valmistus terässulatolla alkaa siitä, että masuunilta tulee raakarautaa, joka kaadetaan miksereihin. Terässulatolla on kaksi mikseriä. Molempien mikserien koko on 1300 tonnia ja ne toimivat raudan välivarastona. Mikserien tehtävänä on myös tasata raakaraudan tuotannon, lämpötilan ja koostumuksen vaihteluita. Osa raakaraudasta kaadetaan mikserien jälkeen panostussenkkaan, jossa suoritetaan rikinpoisto. Rikinpoistossa raudasta poistetaan ylimääräinen rikki sekä suoritetaan kuonan poisto. Raakarauta viedään mikseriltä terässulaton kolmelle konvertterille kahdella raakarautavaunulla. Konverttereihin panostetaan raakaraudan lisäksi kierrätysterästä ja kuonan muodostajaksi poltettua kalkkia. Konverttereille suoritetaan käsittelyssä happipuhallus, jolloin raudan lämpötila nousee ja hiilipitoisuus laskee. Konverttereilta valmistettu teräs kaadetaan terässenkkään. Jäljelle jäänyt kuona kaadetaan kuonapataan.” /3./

”Vaativimmat teräslaadut ohjataan jälkitäsmäyskäsittelyyn senkkauunille ja vakuu- milaitokselle. Senkkauunilla panosta lämmitetään grafiittielektrodeilla, samalla terässenkan pohjasta argonilla huuhdellen. Käsittelyllä parannetaan teräksen lämpötilan hallintaa, kuonapuhautta ja seostustarkkuutta. Vakuu- milaitoksella teräkselle suoritetaan jatkokäsittely, jossa tankkivakuumiin imetty alipaine poistaa teräksestä hiiltä, vetyä, rikkiä ja typpeä. Vakuu- milla senkkaa huuhdellaan samalla pohjasta argonilla ja panokseen lisätään tarvittavia seosaineita. Perusteräslaatu- jen jälkitäsmäys tapahtuu kahdella CAS-OB-laitoksella ja yhdellä huuhteluasemalla. Niissä teräksen koostumukselle tehdään haluttu jälkitäsmäys.” /3./

”Senkkäkäsittelylaitoksilta sulateräs kuljetetaan terässenkkavaunuilla, joita on kolmella eri radalla kaksi kappaletta, jatkuvavalukoneille. Jatkuvavalukoneita terässulatolla on kolme. Valukoneista kaksi on kaarevavalukoneita ja yksi pystytaivutus- tyyppinen kone. Valukoneissa sula teräs jähmetetään kiinteäksi valunauhaksi. Valunauha leikataan polttoleikkauskoneella halutun pituisiksi aihioiksi, jotka käsitellään leikkaamalla puhdistusparta, punnitaan, merkataan ja kuljetetaan aihiohalliin.” Terässulaton alue ja toimintaprosessi on esitetty kuvissa 3. ja 4. /3./



Kuva 3. Terässulaton alue. /2./



Kuva 4. Terässulaton prosessi. /2./

2.4.2 Terässulaton kunnossapito

Terästuotannossa kunnossapito koostuu kahdesta osastosta, sähkö- ja automaatiokunnossapidosta ja mekaanisesta kunnossapidosta. Se on jaettu ennakoivaan kunnossapitoon ja korjaavaan kunnossapitoon. Ennakoivaa kunnossapitoa tehdään päivävuorossa ja korjaavaa kunnossapitoa tehdään keskeytymättömässä kolmivuorotyössä. /9./

Korjaavassa kunnossapidossa työtehtävinä on ylläpitää prosessituotannon laitteiden toimintakykyä ja vikatilanteiden sattuessa välittömästi pyrkiä korjaamaan tilanne takaisin toimintakykyiseksi. Ennakoivassa kunnossapidossa tekeminen painottuu kunnossapitojärjestelmään perustettuihin huoltotöihin ja prosessin eri osa-alueisiin kuuluviin pitempiin huoltoseisakeihin, joissa tehdään kattavampia huolto- ja korjaustöitä. Tarvittaessa huolto- ja korjaustöihin saadaan lisäresursseja keskitetystä kunnossapidosta. Sähkö- ja automaatiokunnossapidossa on myös tehtaanlaajuisia ryhmiä, jotka ovat erikoistuneet määrättyihin laitteisiin kuten vaakoihin, taajuusmuuttajiin ja katkaisijoihin. Nämä ryhmät tekevät myös ennakoivaan huoltotyötä terässulaton alueella. /9./

Terästuotannon kunnossapidossa työskentelee yhdeksän toimihenkilöä, joista neljä sähkö- ja automaatiopuolella ja kolme mekaanisella puolella sekä kaksi ylempää toimihenkilöä, joiden vastuuseen kuuluu koko sulaton kunnossapito. Korjaavassa kunnossapidossa työskentelee koko ajan mekaaniselta ja sähköiseltä puolelta työparit, joita on viidessä eri vuorossa. Ennakoivassa kunnossapidossa työskentelee seitsemän sähkö- ja automaatioasentajaa ja kaksitoista mekaanikkoa. /9./

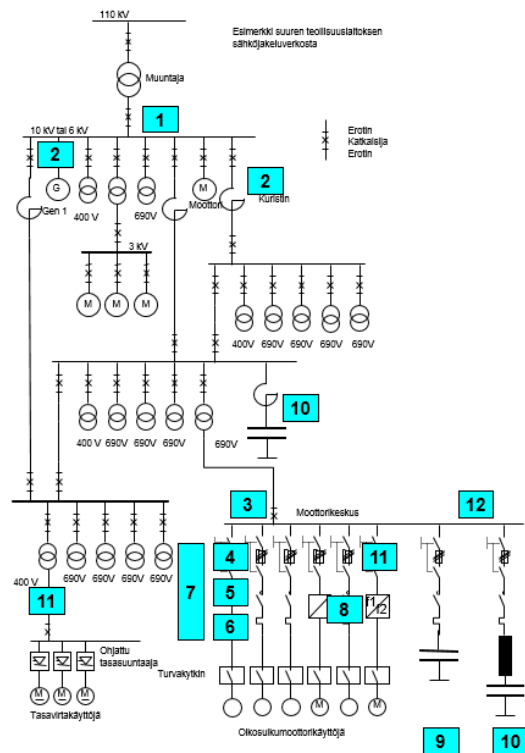
3 TEOLLISUUDEN SÄHKÖNJAKELU

3.1 Teollisuuden keskijännitejako

Teollisuuslaitoksen keskijänniteverkko alkaa muuntoasemasta, jossa on esimerkiksi 110 kV / 20 kV muuntaja. Sieltä sähkö siirretään keskijännitekojeistolle, joiden tyypillisimmät nimellisjännitteet keskijännitteellä ovat 20 kV, 10 kV, 6 kV ja 3 kV. 20 kV voidaan käyttää vain silloin, jos ei ole keskijännitemoottoreita tai – generaattoreita. 3 kV käytetään yleensä vain pienille moottorikeskuksille. 10 kV ja 6 kV käytetään silloin, jos myös keskijännitteellä on moottoreita tai generaattoreita. 10 kV keskijännitejako antaa mahdollisuuden suuriin muuntajakokoihin ja suurten tehojen siirtoon. 6 kV sopii, jos tehontarve ei ole hyvin suuri ja verkko ei ole kovin laaja. Periaatemallinnus teollisuuden sähköverkosta nähdään kuvassa 5. /6./ /7./

Teollisuuden sähköverkko

1. Keskijännitekojeisto
2. Oikosulkuvirran rajoitus keskijännitteellä
3. 690 V:n kojeisto
4. Oikosulkusuojaus
5. Kontaktori
6. Ylikuormitussuojaus
7. Integroidut komponentit
8. Taajuusmuuttaja
9. Loistehon kompensointi
10. Yliaaltojen suodatus
11. Virtayliaallot
12. Jänniteyliaallot



Kuva 5. Periaatemallinnus teollisuuden sähköverkosta. /7./

3.1.1 Keskijännitekojeistot

Keskijännitekojeistot sisältävät kytkin- ja suojauslaitteita sekä ohjaus-, säätö- ja valvontalaitteita. Niiden yleisimmät perusmallit ovat liityntäkenttä, kuormanerotinkenttä, varokekuormanerotinkenttä ja katkaisijakenttä. /6./

Liityntäkentän perusrakenne sähkönsyötön suunnasta on

- kenttään tuleva suurjännite
- suurjännitekaapelien liitäntä
- työmaadoituserotin
- mahdolliset virta- ja jännitemuuntajat
- kokoojakiskot.

Kuormanerotinkentän perusrakenne sähkönsyötön suunnasta on

- kenttään tuleva suurjännite
- suurjännitekaapelien liitäntä
- kuormanerotin ohjausyksikköineen
- kokoojakiskosto
- työmaadoituserotin.

Varokekuormanerotinkentän perusrakenne sähkönsyötön suunnasta on

- kenttään tuleva suurjännite
- suurjännitekaapelien liitäntä
- suurjännitesulakkeet
- kuormanerotin ja sen ohjausyksikkö
- kokoojakiskosto
- työmaadoituserotin.

Katkaisijakentän perusrakenne sähkönsyötön suunnasta on

- kenttään tuleva suurjännite
- suurjännitekaapelien liitäntä
- kiinteä tai ulosvedettävä katkaisija
- kuormanerotin ja sen ohjausyksikkö
- kokoojakiskosto
- työmaadoituserotin
- mahdolliset virta- ja jännitemittamuuntajat.

Kojeistot ovat rakenteeltaan metalli- tai eristysainekuorisia. Niiden ovi on lukittava ja niissä on suojaraita, merkkilamppuja ja katkaisijoiden ohjauksia. Kojeiston sisäosaa käytetään osastoina kaapeleiden kytkennöille, katkaisijoille- ja sulakkeille, toisiokojeille ja suurjännitekiskostoille. Kalustus kojeistoissa on joko ulosvedettävää tai kiinteää. /6./

3.1.2 Suojaukset keskijännitekojeistossa

Mekaaniset suojat keskijännitekojeistossa ovat yleensä keskitetty turvalukitusjärjestelmä, automaattiset metalliset sulkijat, maadoituserotin, läpimenotiivistyksiset kaapeleille ja ovilukitukset. /7./

Keskijännitekojeistojen lähtöjen suojaukseen käytetään yleensä numeerista suojausrelettä, joihin ohjelmoidaan suojausfunktiot yli- ja alivirroille, maasuluille, yli- ja alijännitteille ja nollajännitteille. Ylivirtasuojaukset asetellaan yleensä portaittain. /7./

3.1.3 Jakelumuuntajat

Muuntaja on sähkökoje, joka muuntaa vaihtojännitteen toisen arvoiseksi pitäen taa-juuden samana. Teollisuudessa jakelumuuntajat muuntavat kolmivaiheisen suurjännitteen pienjännitteeksi. Se toimii käämitysten ja rautasydämen avulla, mitä voidaan kutsua aktiivisiksi osiksi. Passiivisilla osilla muuntajassa tarkoitetaan kotelointia, tukirakenteita, muuntajaöljyä, mittaus- ja varolaitteita sekä läpivientieristimiä. Tyypeiltään muuntajat voivat olla öljyeristeisiä muuntajia, kuivamuuntajia ja valuhartsilla eristettyjä muuntajia. /6./

3.2 Teollisuuden pienjännitejakelu

Teollisuuslaitoksen pienjännitejakelu alkaa yleensä jakelumuuntajasta, joka erottaa keskijännitteen ja pienjännitteen. Jakelumuuntajat muuntavat keskijännitteen joko 690 V tai 400 V, riippuen käyttötarkoituksesta. /6./

3.2.1 Rakenne

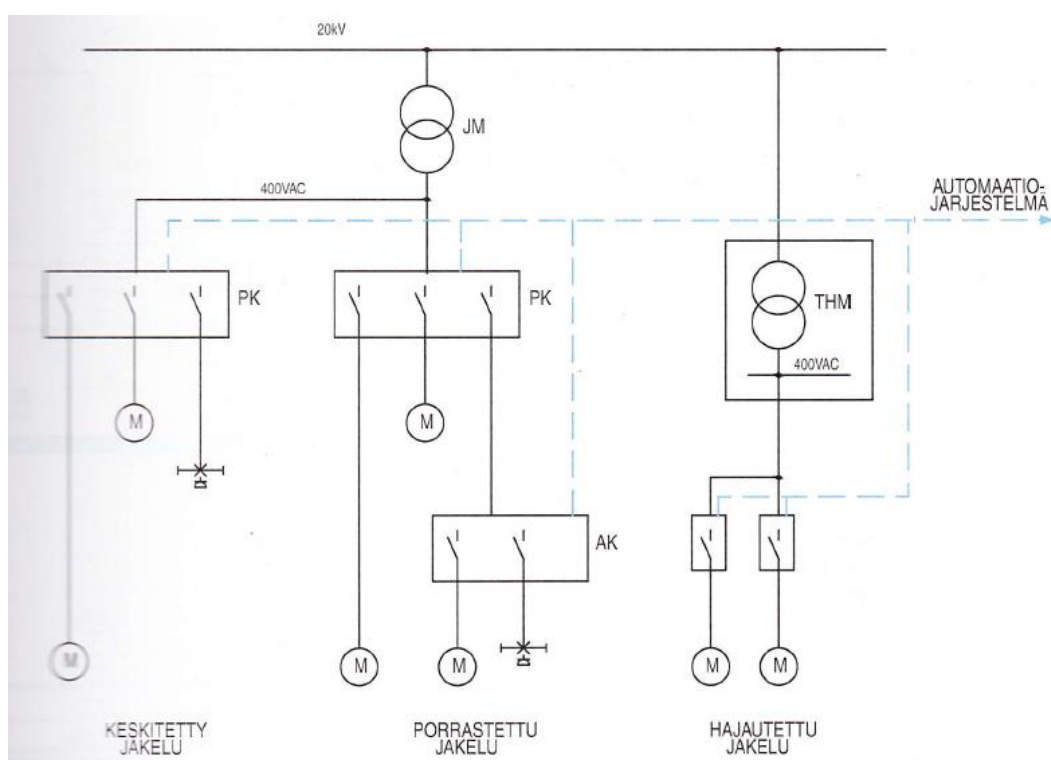
Rakenteeltaan teollisuuden pienjännitesähköverkoissa käytetään keskitetyn, porrastetun ja hajautetun sähkönjakelumallin yhdistelmää. Joissakin tapauksissa niitä voidaan käyttää eriteltyinäkin. Havainnollistava kuva on esitetty kuvassa 6. /6./

Keskitetyssä jakelussa sijoitetaan lähdöt pääkeskuksiin, joita voidaan ohjata valvon automaatiojärjestelmästä. Tämä jakelumalli on selkeä ja edistää sähkötyöturvallisuutta, koska kaikki lähtöihin liittyvät komponentit on asennettu samaan tilaan. Heikkouksena tässä mallissa on se, että jos sähköverkkoon tulee häiriöitä, se voi vaikuttaa koko prosessiin, jonka vuoksi laitoksen käytettävyys heikkenee. Lisäksi pitkät ryhmäjohdot voivat heikentää syötön automaattista poiskytkentää ja moottorilähtöjen komponentit altistuvat suurelle oikosulkurasitukselle syöttävän muuntajan läheisyyden vuoksi. /6./

Porrastetussa jakelussa lähdöt jaetaan pääkeskuksiin ja niiden alakeskuksiin. Pääkeskukset ja alakeskukset voivat olla joko samassa tilassa tai eri tiloissa, jotta alakeskukset saadaan lähemmäksi kulutuskojeita. Kulutuskojeet jaetaan siten, että

suurempitehoiset lähdöt kytketään pääkeskukseen ja pienempitehoiset alakeskukseen. Alakeskusten sähkölähtöjen komponenteilla on yleensä myös pienempi oikosulkukestoisuusvaatimus kuin pääkeskuksen komponenteilla. Pää- ja alakeskusten sähkölähtöjä voidaan ohjata automaatiojärjestelmän avulla valvomosta käsin. /6./

Hajautettua jakelua käytetään, kun syötettävän muuntajan perässä on vain moottorilähtöjä. Syöttö tulee tehdashallimuuntamoihin, joissa on tarvittavat liitännät ja suojalaitteet moottorikäynnistimille. Käynnistimet ovat moottoreiden läheisyydessä ja niitä ohjataan kenttäväylän avulla. /6./



Kuva 6. Periaatekuva pienjännitteisen sähköjakelumallin rakenteista. /6./

3.2.2 Jakelujärjestelmät

Jännitteisten johtimien jakelujärjestelmiä on 5 kappaletta, joista 3 on vaihtovirtapuolelle ja 2 tasavirtapuolelle. Periaatekuva jakelujärjestelmistä on esitetty kuvassa

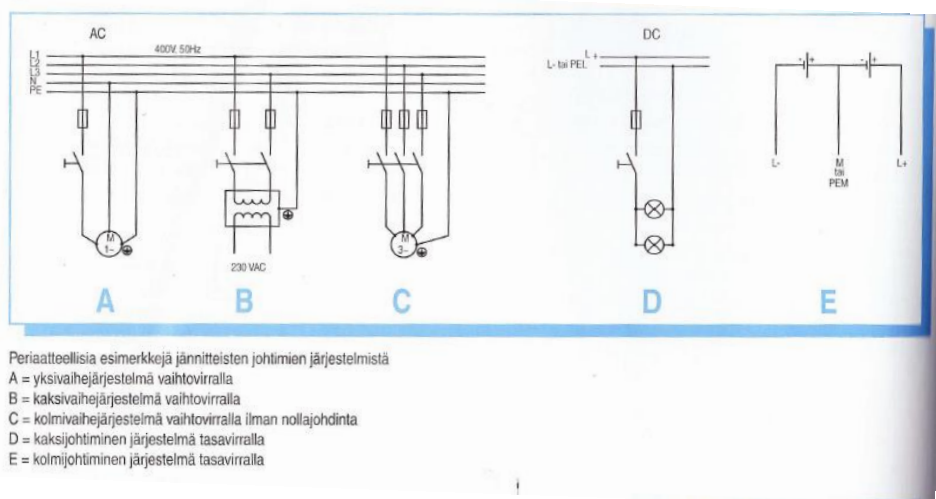
7. Vaihtovirtapuolen jakelujärjestelmät ovat:

- Yksivaihejärjestelmä, jota käytetään 1-vaiheisissa sähkömoottori- ja kiinteistöasennuksissa.
- Kaksivaihejärjestelmä, jota käytetään esimerkiksi ohjauksen jännitemuuntajien kytkennöissä.
- Kolmivaihejärjestelmä, jota käytetään 3-vaiheisissa sähkömoottoriasennuksissa.

Kaikki kolme järjestelmää voivat sisältää nolla- tai keskipistejohtimen.

Tasavirtapuolen jakelujärjestelmät ovat:

- Kaksijohtiminen järjestelmä, jota käytetään varavalaistuksen syöttöjärjestelmissä.
- Kolmijohtiminen järjestelmä, joita käytetään eräissä automaatiotekniikan sovelluksissa. /6./



Kuva 7. Periaatekuva jännitteisten johtimien järjestelmistä. /6./

3.2.3 Jakelujärjestelmien maadoitustavat

Pienjännitteisissä jakelujärjestelmissä maadoitustavat ilmoitetaan kahden kirjaimen yhdistelmällä ja tarvittaessa lisäkirjaimella. Ne merkitään esimerkiksi kirjainyhdistelmällä ”TN-C-järjestelmä”.

Ensimmäisellä kirjaimella ilmoitetaan maadoitustapa, jolla tarkoitetaan teholähteen eli jakelumuuntajan toisiopuolen maadoitustapaa. Kyseiset kirjaimet ovat joko T tai I.

- T = Yksi piste on yhdistetty suoraan maahan.
- I = Kaikki jännitteiset osat on eristetty maasta tai yksi piste on yhdistetty maahan impedanssin kautta.

Toisella kirjaimella kerrotaan sähkölaitteiden jännitteisten osien maadoitustapa. Kyseiset kirjaimet ovat T tai N.

- T = Jännitteelle alttiit osat on yhdistetty galvaanisesti suoraan maahan, riippumatta jakelujärjestelmän maadoitustavasta.
- N = Jännitteelle alttiit osat on yhdistetty jakelujärjestelmän maadoitettuun pisteeseen, vaihtosähköverkoissa yleensä maadoitettuun tähtipisteeseen.

Mahdollisilla lisäkirjaimilla voidaan ilmaista nolla- ja suojamaadoitusjohtimien keskinäisen järjestelyn. Kyseiset kirjaimet ovat joko S tai C.

- S = Järjestelmässä on erilliset nolla- ja suojamaadoitusjohtimet
- C = Järjestelmän nolla- ja suojamaadoitusjohtimet on yhdistetty yhdeksi johtimeksi eli PEN-johtimeksi. /6./

3.2.4 Jännitetaso valinta

Pienjännitteisessä teollisuusverkossa kolmivaiheinen jännitetaso voi olla joko 690 V tai 400 V. Jännitetaso valitaan aina verkon tarpeiden ja hyödyn mukaan. Jos verkossa on paljon moottoreita, kannattaa valita 690 V:n jännite, koska tällöin saadaan komponenttien ja kaapeleiden lämpeneminen matalammaksi sekä kuormitusvirta n. 58 % pienemmäksi kuin mitä 400 V:n jännitteellä. Tämä tuo taloudellista säästöä, kun komponentit ja kaapelit voidaan hankkia pienemmällä virrankestoisuudella, jonka myötä ne ovat myös fyysisesti pienempiä. Heikkoutena 690 V jännitteen verkossa on se, ettei sillä voida tehdä ns. talosähköistyksiä, kuten valaistus- ja pistora-sialähtöjen asennuksia. Jos verkko pitää sisällään tällaisia asennuksia, tarvitaan myös 400 V jännite. /7./

4 TEOLLISUUSVERKON OMINAISPIIRTEET

Teollisuuslaitosten sähköverkoista löytyy erilaisia ominaispiirteitä verrattuna yleisen sähkönjakelun keski- ja pienjänniteverkkoihin.

4.1 Suuret oikosulkuvirrat

Teollisuuden sähköverkossa, varsinkin pienjännitteellä, oikosulkuvirrat ovat suuremmat kuin yleisen sähkönjakelun sähköverkoissa, sillä sähkötehon kulutus on keskittynyt pienelle alueelle, jolloin muuntajakoot suurenevat. Tämä johtaa siihen, että oikosulkuvirroista tulee suuria. /6./ /7./

4.1.1 Oikosulkuvirtojen rajoittaminen

Oikosulkuvirtojen rajoittaminen keskijännitepuolella voidaan hoitaa useammalla eri tavalla:

- Oikosulkuvirtoja voidaan rajoittaa jännitteen valinnalla ja verkkoa jakamalla.
- Oikosulkupiirin impedanssin keinotekoisella kasvatuksella.
- Kuristimella, jolla saadaan pienennettyä oikosulkuvirtoja alakeskuksissa.
- Sulakkeella, jolla voidaan pienentää oikosulkuvirran huippuarvoa.
- I_s -rajoittimella, jolla voidaan pienentää oikosulkuvirran huippuarvoa. /7./

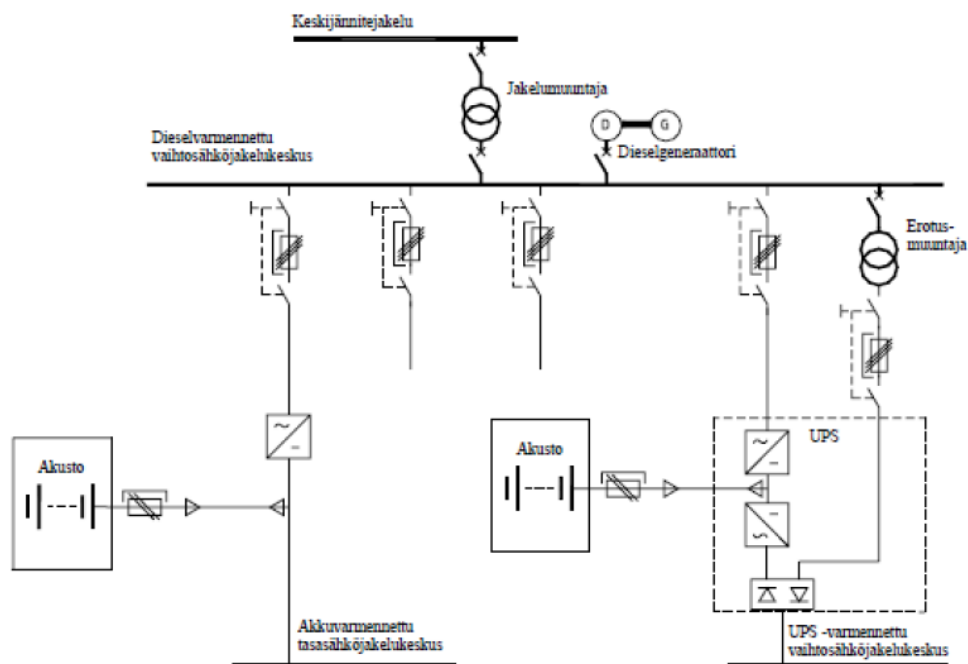
Oikosulkuvirtojen rajoittaminen pienjännitepuolella voidaan hoitaa seuraavilla tavoilla tai komponenteilla:

- Jännitteen valinnalla ja verkon jakamisella.
- Kytkinvaroke kahvasulakkeella.
- Virtaa rajoittavilla katkaisijoilla:
 - johdonsuojakatkaisija
 - moottorinsuojakytkin
 - kompaktikatkaisija
 - ilmakatkaisija.
- Oikosulkuvirran rajoittimilla. /7./

4.2 Sähkönjakelun varmistus

Teollisuuden sähköverkkoa käytetään yleisimmin säteittäisenä. Tavallisesti verkko rakennetaan siten, että monille keskijänniteportaan pääkeskuksille on mahdollista saada syöttö tarvittaessa joltain muulta pääkeskukselta. Varsinkin prosessiteollisuudessa tämä on yleistä, sillä vian tai huollon sattuessa tuotannon ei tarvitse keskeytyä.

Teollisuuslaitoksissa voi olla myös varavoimaverkko, joka takaa sähkönsyötön prosessille ja turvallisuudelle vikatilanteen sattuessa. Erilaisia varavoiman lähteitä ovat diesel-generaattori, akkuvarmennettu tasasähkösyöttö ja katkeamaton tehonsyöttö eli UPS-järjestelmä (Uninterruptible Power System = UPS). Periaatemallinnus varavoimajärjestelmästä on esitetty kuvassa 8.



Kuva 8. Periaatemallinnus varavoimajärjestelmästä teollisuusverkossa. /7./

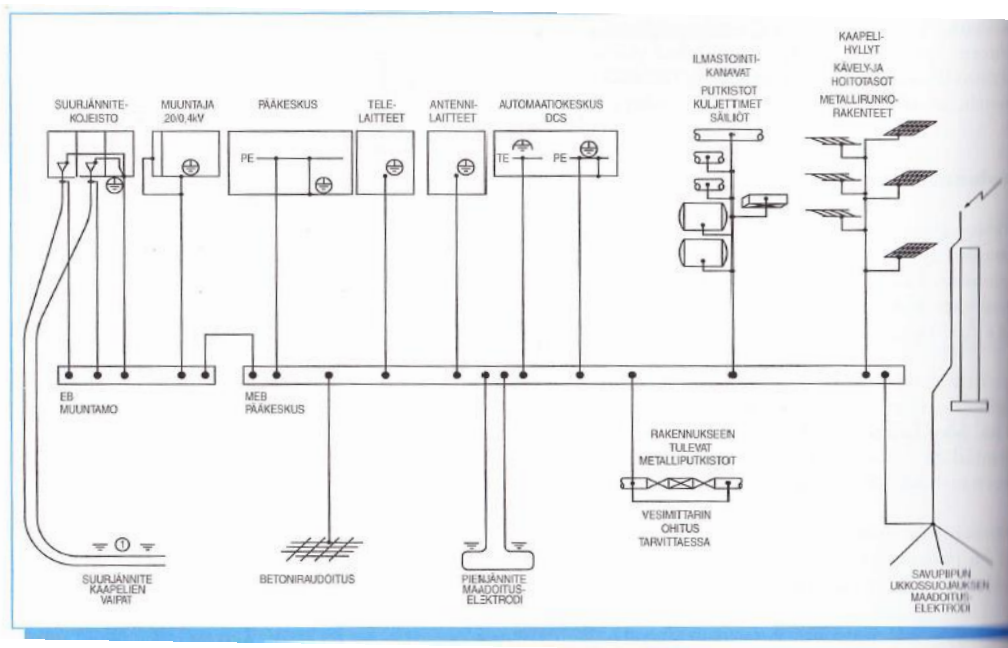
4.3 Teollisuuden maadoitukset

Teollisuuslaitoksissa maadoitus rakennetaan sähköturvallisuuden, häiriösuojauksen ja ukkossuojauksen parantamiseksi. Myös paloturvallisuuden ja verkon toiminnan kannalta maadoitus on välttämätön. Sähköturvallisuuden kannalta pyritään jännitteelle ja kosketukselle alttiit osat maadoittamaan, jotta kaikissa tilanteissa ihmiselle vaarallista kosketusjännitettä ei pääsisi syntymään. Häiriösuojauksen kannalta maadoitusjärjestelmän tärkein ominaisuus on potentiaalintasaus. Ukkossuojauksella pienennetään salamoiden aiheuttamia mekaanisia ja sähköisiä vaikutuksia sekä lämpövaikutuksia. Maasulkuvirrat voivat aiheuttaa palovaaran, jos maasulkua ei laukaista pois tai sitä ei saada pysymään riittävän pienenä. /6./

Teollisuuslaitoksen tontille rakennetaan laaja maadoitusjärjestelmä (Kuva 9), johon yhdistetään kaikkien tontilla olevien muuntamoiden, rakennusten ja rakenteiden maadoitukset verkkomaisesti ja tiheästi yhteen. Maadoitusjärjestelmä koostuu seuraavista rakenteista:

- Maadoituselektrodi, jolla tasataan maanpinnan ja rakennuksen sähköä johtavien osien välinen potentiaaliero. Se upotetaan maahan perustuksen teon yhteydessä ja maadoitusresistanssin arvon tulee olla mahdollisimman pieni.
- Maadoitusjohtimet, jotka liitetään maadoituselektrodiin puristusliitoksilla, juottamalla tai hitsaamalla.
- Päämaadoituskisko (MEB, PMK), joka asennetaan yleensä lähelle pääkeskusta. Toimii keskipisteenä maadoituksille.
- Toiminnallinen maadoitus (FE), joka toteutetaan verkkomaisena rakenteena ja edellyttää verkolta erillisiä nolla- ja suojajohtimia. Yhdistetään päämaadoituskiskoon.
- Häiriösuojamaadoitus (TE), joka rakennetaan tähtimäisenä automaatiojärjestelmälle. Ei kytkeä laitteeseen, vaan laitteen runkoon. Yhdistetään päämaadoituskiskoon.

FE:tä ja TE:tä ei saa kytkeä toisiinsa. /6./



Kuva 9. Periaatemallinnus prosessilaitoksen maadoituksista. /6./

4.4 Ylijännitteet

Ylijännitepulssi eli transientti on sähkölaitteeseen tai -laitteistoon todella lyhytaikaisesti kohdistuva jännitepulssi. Sähköjakaajärjestelmiin sitä voi syntyä suorasti esim. salamanisku sähköjohtoon tai epäsuorasti esim. salamanisku puuhun ja ylijännite tulee asennukseen maakaapeleista. Myös induktiiviset laitteet, kuten muuntajat ja kuristimet, aiheuttavat kytkentäylijännitteitä sähköverkkoon, kun ne kytetään siihen. Ylijännite luokitellaan standardeissa kategorioihin I-IV. Taulukosta 1. löytyvät ylijänniteluokat ja niiden määrittelyt ja suojaukset. /6./

Taulukko 1. Ylijänniteluokat ja niiden suojaukset

Ylijännite- luokka:	Määritelmä:	Transienttisuojaus:
CAT I	Signaalitaso, ei suoraan verkossa: tietoliikennelaitteet, elektroniikkalaitteet jne.	Hienosuoja, joka asennetaan laitteen liitosjohdon ja pistorasian väliin tai keskisuoja tai niiden yhdistelmä, joka asennetaan ryhmäkeskukseen.
CAT II	Paikallistaso, sähkönjakelujärjestelmän pistorasiataso: tietoliikennelaitteet, elektroniikkalaitteet, kodinkoneet, sähkötyökalut jne.	Keskisuoja, joka asennetaan ryhmäkeskukseen. Lisäksi voi olla kojensuoja laitteen läheisyydessä.
CAT III	Jakotaso, ryhmäkeskustaso: kiinteät asennukset, ryhmäkeskukset, katkaisijat, kiskostot, moottorit jne.	Karkeasuoja, joka asennetaan pääkeskukseen.
CAT IV	Sähkönjakelujärjestelmän syöttötaso: KWh-mittari, ylijännitesuojat, ilma- ja maakaapelit jne.	Karkeasuoja, joka asennetaan pääkeskukseen tai sähkönjakeluverkkoon.

4.5 Loisteho ja sen kompensointi

Teollisuusverkosta löytyy kuristimia, muuntajia ja sähkömoottoreita, jotka sisältävät käämejä eli induktansseja. Nämä sähkölaitteet kuluttavat aina pätötehoa P ja loistehoa Q . Pätöteho on vaihtovirran teho, jolla on kyky tehdä työtä. Loisteho eli reaktiivinen teho ei ole kunnan työtä tekevää tehoa, vaan se sykkii edestakaisin sähköverkossa. Käyttäen apuna Pythagoraan kaavaa, saadaan itseisarvo näennäistehosta S , jolla voidaan määrittää virran suuruus, jonka mukaan mitoitetaan sähköverkon komponentit, kuten muuntajat, kytkinlaitteet ja kaapeloinnit. /6./

Tehokerroin $\cos(\varphi)$ saadaan kun jaetaan pätöteho näennäisteholla. Se kertoo tehon suhteen näennäistehoon verrattuna, joka voidaan muuttaa esimerkiksi moottorin akselista saatavaksi mekaaniseksi työksi. Huonon tehokertoimen takia laitteet tulevat suuremmiksi ja kalliimmiksi. Kulutuskojeen tehokerrointa voidaan parantaa kompensoimalla loistehoa. Sen tekeminen on kaikkein edullisinta mahdollisimman lähellä loistehon aiheuttajaa. Kompensointiin käytetään yleensä kondensaattoreita, jotka on mitoitettu tarvittavan kompensointitehon mukaan.

Loistehoa voidaan kompensoida laitekohtaisesti, ryhmäkohtaisesti, keskitetysti tai suurjännitepuolella. Loistehon kompensoinnin ansiosta kuluttaja välttyy maksamasta korkeita loistehomaksuja, sähköverkon jännitteenalenema pienenee ja pätötehon siirtokyky kasvaa sekä kaapeleiden ja kiskostojen lämpötilat pienenevät. /6./

4.6 Sähkömagneettiset häiriöt

Siitä lähtien, kun on ollut sähköä, on ollut myös sähkömagneettisia häiriöitäkin. Niitä voivat aiheuttaa mm. matkapuhelimet, sähköenergian jakelulinjat, tietokoneiden verkko-osat ja teollisuuden sähköiset tehonohjausjärjestelmät. Häiriöt voivat siirtyä toisiin laitteisiin:

- johtumalla eli galvaanisesti sähköverkon kautta
- säteilemällä magneettikentän välityksellä eli induktiivisesti
- sähkökentän välityksellä eli kapasitiivisesti.

Sähkömagneettisilta häiriöiltä voidaan suojautua seuraavasti:

- määrittelemällä asennusympäristön luokka EMC-standardien mukaan
- käyttämällä laitteita, jotka täyttävät EMC-vaatimukset
- valitsemalla sopiva sähköjärjestelmän rakenne
- valitsemalla häiriösuojatut kaapelit ja tehdä niiden kaapelireitit huolellisesti
- yhdistämällä keskuksat ja kytkentäkotelot potentiaalintasaukseen
- tekemällä kaapeleiden jatkoskohdat, läpiviennit ja asennukset ohjeiden mukaisesti
- asentamalla tarvittaessa häiriösuotimia
- eristämällä sähköisiä piirejä toisistaan ja maasta
- käyttämällä vahvistettuja kaapeleita ja tarvittaessa ferromagneettisia kotelaita tai suojia
- parikiertämällä johtimet tai kaapeleiden etäisyyttä kasvattamalla
- käyttämällä maadoitettuja metallisuojia kaapeleiden suojana. /6./

Suomen sähköturvallisuuslakiin on kirjattu seuraavan kohta: ”Sähkölaitteet ja –laitteistot on suunniteltava, rakennettava, valmistettava ja korjattava sekä niitä on huollettava 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.”

Kun sähköverkkoon lisätään uusia laitteita, pitää huomioida ovatko vanhat sähkölaitteet sähkömagneettisesti yhteensopivia uusien sähkölaitteiden kanssa. Jotta sähkömagneettisilta häiriöiltä vältyttäisiin, pitää selvittää vanhojen ja uusien laitteiden vaatimukset. /6./

4.7 Harmoniset yliaallot

Harmoniset yliaallot ovat toisia (100 Hz), kolmansia (150 Hz), viidensia (250 Hz), seitsemänsia (350 Hz) yliaaltoja ja niin edelleen. Kun on kyseessä mikä tahansa vaihtovirran muoto, jossa jaksot ovat samanlaiset, voidaan se jakaa komponentteihin. Siihen sisältyy silloin tasavirtakomponentti, virran perusaalto ja harmoniset yliaallot. /6./

Linearisissa virtapiireissä eivät resistanssien, induktanssien ja kapasitanssien arvot muutu, vaikka virta muuttuisikin. Epälinearisissa taas muuttuu ja virran perusaalto ja harmoniset yliaallot sekoittuvat toisiinsa. Tämän seurauksena virta- ja jännite säröytyy ja siitä seuraa sähkön laadun huononeminen. /6./

Yliaaltovirtoja aiheuttavat purkauslamput, muuntajat, taajuusmuuttajat, pehmokäynnistimet, tasasuuntaajat, valokaariuunit, sähkösuodattimet, sähköhitsauslaitteet, UPS-laitteet sekä hakkurivirtalähteen sisältävät verkkoon kytkettävät laitteet. Yliaaltovirrat aiheuttavat magneettikenttien kasvamista sähkölaitteissa, kojeistotiloissa ja kaapeloinneissa, toimintahäiriöitä pienenjännitteisissä automaatio-, tele-, elektroniikka-, puhelin- ja datajärjestelmissä, koneiden ja muuntajien kuumenemisestä ja ääntelyä, teho- ja energiahäviöitä sähkölaitteistoissa, nollajohtimen lämpenemistä sekä suoja- ja mittalaitteiden virheellisiä toimintoja. /6./

Harmoniset yliaaltovirrat voivat tehdä teollisuuden pienjänniteverkossa suurta haittaa, sillä ne vahvistuvat 10 – 15 kertaisiksi loistehon kompensointikondensaattorin kapasitanssin ja syöttönä toimivan tähti-kolmiomuuntajan induktanssin muodostamassa rinnakkaisresonanssiipiirissä. Sarjaresonanssiipiirit muodostuvat, kun kyseiset muuntajat ovat sarjassa yliaaltolähteen ja kompensointikondensaattorin kanssa. Tällöin jonkin yliaaltotaajuuden impedanssi on todella pieni, jonka myötä kondensaattorin virta voi kasvaa vaarallisen suureksi. /7./

Harmonisia yliaaltoja voidaan torjua yliaaltosuodattimella eli imupiirillä, joka rakennetaan kondensaattorien ja kuristimien sarjakytkenästä. Siitä muodostuu sarjaresonanssiipiiri, joka suodattaa halutun taajuuden pois sähköverkosta. Yliaalto-

suodatin kytketään yleensä pääkeskuksen sulakelähtöön. Kolmannen yliaallon tapauksissa suodatus tapahtuu rinnakkaisresonanssiipiirillä, jossa kuristin ja kondensaattori on kytketty rinnan. Tällöin suodin toimii estopiirinä, jolloin se suodattaa yliaaltovirtaa kasvattamalla nollajohtimen impedanssia. /6./ /7./

Toinen vaihtoehto yliaaltojen torjumiseen on estokelaparisto, joka rakennetaan kondensaattorien ja sopivien kuristimien sarjakytkenästä. Tällöin muodostuu sarjaresonanssiipiiri, joka estää sähköverkkoa joutumasta resonanssiin. Estokelaparisto viritetään hieman alemmalle taajuudelle kuin yliaaltotaajuus ja se poistaa osaa verkon yliaalloista. Estokelaparisto kytketään yleensä pääkeskuksen sulakelähtöön. /6./

4.8 Kirjava laitekanta

Teollisuuslaitoksissa laitteistot ja laitteet tulevat usein monilta eri toimittajilta. Tämän vuoksi dokumentointi on monen erilaisen suunnittelukulttuurin tuottamaa. Myös laitteiden käyttöikä saattaa olla pitkä ja niitä voidaan olla uusittu tai päivitetty aikojen kuluessa. Tällöin voi löytyä laitteita ja dokumentteja monilta eri aikakausilta. /7./

4.9 Jännitteen alenema

Teollisuuslaitoksen omassa sähköverkossa ei ole vaatimusta noudattaa yleisen sähkönjakeluverkon sähkön laatua määrääviä standardeja. On kuitenkin hyvä häiriötömän käytön turvaamiseksi pyrkiä hyvään sähkön laatuun verkossa, ehkä jopa yleisen sähkönjakelun vaatimuksia kovempaan. /7./

Verkoissa, joissa on moottorilähtöjä, on jännite hyvä pitää lähellä nimellistä, sillä moottorin momentti on verrannollinen jännitteen toiseen potenssiin. Pienjännitepuolella tässä tapauksessa rajana pidetään +/- 3 % nimellisjännitteestä, ja dynaamisen jännitteenaleneman maksimiarvona 10 %. /7./

5 TEOLLISUUDEN PIENJÄNNITEPÄÄKESKUKSET

5.1 Teollisuuden pienjännitepääkeskuksien tehtävä

Pääkeskukset asennetaan yleensä sisälle, kuiviin ja lukittaviin sähkötiloihin, joissa ne ovat suojassa ja niiden tuottama lämpöenergia voidaan poistaa ilmastoinnilla tai jäähdytyksellä. Tiloihin pääsevät yleensä vain sähköalan ammattihenkilöt. Tilojen ovissa pitää olla varoituskilpi ilmoittamassa sähköpääkeskuksesta. Sähkötiloihin tulevat ja lähtevät kaapeliläpiviennit tiivistetään palokatkoilla, joilla estetään palojen leviäminen. /6./

Teollisuudessa pienjännitepääkeskukset ovat kokoluokaltaan joko 690 V tai 400 V ja ne toimivat pienjännitteisten sähköverkkojen solmupisteinä eli ne toimivat sähkön jakelu- ja haaroituspisteinä. Niiden avulla saadaan keskitettyä sähkölaitteiden ohjaus- ja suojaustoiminnot yhteen paikkaan sekä toimimalla välipisteinä sähkönjakelulle alakeskuksille, valaistuskeskuksille, työmaakeskuksille ja automaatiojärjestelmille. /6./

Fyysiseltä rakenteeltaan keskukset valmistetaan metalleista ja muoveista. Ne ovat kiinteästi asennettuja ja suojausluokalta edellytetään vähintään suojausluokkaa sähköiskua vastaan ja kotelointiluokkaa kosketusta, vieraita esineitä, pölyä ja vettä vastaan. Niiden on kestävä ja pidettävä sisällään vikatilanteessa tapahtuva valokaari ja suuri paineisku. Niissä pitää myös olla riittävä suojaus sähkömagneettisia häiriöitä vastaan. /6./

5.2 Kennokeskus

Kennokeskuksia käytetään teollisuudessa pienjännitepääkeskuksina. Niitä voidaan käyttää myös nousu- ja alakeskuksina, moottoreiden ohjauskeskuksina tai niiden yhdistelminä. Ne ovat mekaanisesti yhteen liitettyjen kenttien tai kennojen yhdistelmiä, jotka on valmistettu teräslevyistä ja pulverimaalattuja. Ne asennetaan lattialle seisomaan tai kiinnitetään seinälle. Kotelointiluokka niissä on yleensä IP20 tai

IP30. Nimellisjännite on joko 400 V tai 690 V ja se riippuu laitoksen käyttötarpeesta. Niitä voidaan valmistaa useiden tuhansien ampeerien nimellisvirroille saakka. /6./

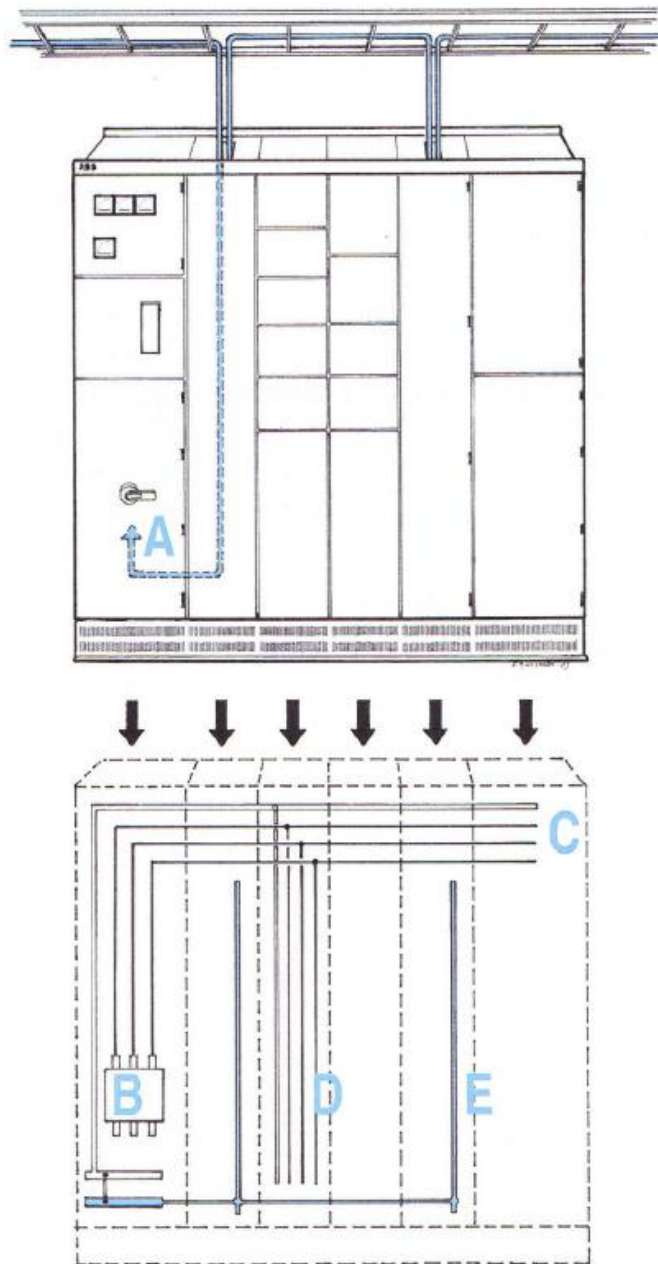
Mekaaniselta rakenteeltaan kennokeskuksissa kentät ovat pystysuuntaisesti rajattuja tiloja. Kentät voidaan nimetä kasvavalla numerosarjalla tai numero/kirjainyhdistelmällä. Kentässä voi yksi tai useampi kenno, joissa on lähtöyksiköt tai varalle jätetty tyhjä tila. Kennoihin merkitään lähtöyksikön osoittava tunnuskilpi ja niiden ovissa on lukkolaite tai useampia salpoja. Kaapelointi kennoihin tehdään turvallisesti kaapelikenttien kautta joko ylä- tai alapuolelta, kiinnittämällä ne kaapelikenttään kaarikiinnikkeillä. Syöttö muuntajalta tuodaan joko suurvirtakaapeleilla tai kiskosillalla. Keskuksen alle on jätetty kennosokkeli, jonka vuoksi keskuksen korkeus nousee 50 - 100 mm lattiasta. Sokkelitilaan voi asentaa kenttienvälisiä ohjauskaapeleita. Kuvasta 10. löytyy periaatemallinnus kennokeskuksen sisäisestä sähkönjakelusta. /6./

Sähköisiltä varusteiltaan kennokeskuksen syöttökentän kanteen laitetaan kuormakytkimen kahva tai pääkatkaisijan ohjauspaneeli. Niiden on myös mahdollistettava työmaadoitus, jos nimellisvirta ylittää 1000 A. Pääkeskuksiin asennetaan kWh-mittarit, jotka mittaavat pätötehoa sekä voidaan lisäksi asentaa kvarh-mittari, jolla saadaan selville loistehon kulutus. Syöttökenttiin yleensä asennetaan yksi jännitemittari, jota voidaan ohjata moninapaisella vääntökytkimellä. Moninapaisella vääntökytkimellä voidaan näyttää haluttu jännitearvo pääjännitteistä ja vaihejännitteistä. Keskuksiin voidaan asentaa myös virtamittarit seuraamaan kuormitusten vaihevirtoja. Halutessaan nämä mittaukset voidaan tehdä monitoimimittarilla, joka voidaan liittää automaatiojärjestelmään. Keskuksen mukana on oltava asennus-, käyttö- ja huolto-ohjeet. Keskuksen arvokilvestä on löydettävä seuraavat tiedot:

- valmistajan nimi tai rekisteröity tavaramerkki
- mallimerkintä tai tunnistusnumero
- nimellisjännite, virtalaji / taajuus, nimellisvirta ja kotelointiluokka
- valmistajan vakuutusta osoittava CE-merkki
- oikosulkukestoisuus, keskusstandardin nro ja sertifiointitunnus.

Kennokeskuksen pääpiirit ovat sähköenergian siirtoon tarkoitettuja keskusosia, joiden sähkönjakelu tehdään alumiinisilla tai kuparisilla virtakiskoilla. Pääkeskus syöttää keskuksen vaakasuuntaisia kokoomakiskoja, jotka yhdistetään pystysuuntaisiin haarakiskoihin kenttien kohdalla. Lähtökennojen syöttöjohtimet kytketään kiskoilla tai monisäikeisillä johtimilla haarakiskoihin. Maadoituskisko on yleensä kaapelikentässä. Kennokeskuksien apupiireihin kuuluvat ohjaukseen, mittaukseen ja merkinantoon tarkoitettut keskuksen osat, joiden ohjausjännite saadaan ohjausjännitemuuntajalta. Se jaetaan lähtökennoihin yleensä eristetyillä johtimilla. /6./

Kennokeskuksien sähkölähdöt ovat yleensä yksikkölähtöjä eli yksi kenno per yksi sähkölähtö. Lähtöyksiköt ovat kiinteitä lähtöjä, ulosotettavia lähtöjä tai ulosvedettäviä kasettilähtöjä. Kiinteissä lähdoissä on kiinteät johtoyhteydet ja ruuviliitokset. Sen komponentteja voidaan vaihtaa jännitteettömänä tai jännitetyönä siihen soveltuvilla työkaluilla. Ulosotettavat lähdot voidaan poistaa ja asettaa takaisin keskuksen, vaikka se olisikin jännitteellinen. Tämän vuoksi sellaisen lähdon vaihtotyö ei vaadi työkaluja. Sähköinen yhteys ulosvedettävillä lähdoillä muodostetaan koskettimilla. Ulosvedettävissä kasettilähdoissä on kolme toiminta-asentoa: käyttö, erotus ja testaus. Asennosta riippumatta kasettilähtö pysyy kuitenkin koko ajan mekaanisesti kiinni keskuksessa. Kasettilähdoissä sähköinen yhteys muodostetaan koskettimilla, jotka ovat yhteyksissä keskuksen kiskostoon ja ohjausjännitteeseen. Jos kasettilähtöä käytetään moottorilähdoissä, ohjausjohtimet ja moottorikaapeli kiinnitetään riviliittimillä. Ulosvedettävä kasettilähtö on mahdollista lisätä tai poistaa jännitteisestä kojeistosta siihen soveltuvilla työkaluilla. /6./



- Periaatekuva kennokeskuksen sisäisestä sähköjakelestä
- A = keskuksen syöttökaapeli tulee kaapelikentästä pääkytkimelle tai pääkatkaisijalle
 - B = 3- tai 4-napainen pääkytkin tai pääkatkaisija
 - C = vaakasuuntaiset kokoomakiskot
 - D = pystysuuntaiset haarakiskot
 - E = kaapelikentässä oleva suojakisko (PE)

Kuva 10. Periaatekuva kennokeskuksen sisäisestä sähköjakelestä. /6./

6 TYÖ- JA SÄHKÖTYÖTURVALLISUUS KUNTOTUTKIMUKSESSA

Kuntotutkimusta tehdessään sähkölaitteistossa, kuntotutkija voi kohdata työssään yllättäviä ja ennalta arvaamattomia vaaratekijöitä, jotka tulee kuitenkin huomioida etukäteen. Tämän vuoksi kuntotutkijan pitää olla perehtynyt kohteeseen hyvin ennalta, jotta vaaratekijöitä voisi ennakoita. /10./

6.1 Sähkölaitteistosta aiheutuvien vaarojen huomioiminen

Tehtäessä sähkötekniistä kuntotutkimusta, lähes aina joudutaan käsittelemään outoa ja ennalta tuntematonta sähkölaitteistoa. Mitä vanhemmista asennuksista ja järjestelmistä on kyse, sitä varautuneemmin pitää toimia kuntotutkimusta tehdessä. Silloin on hyvin todennäköistä, että vastaan tulee yllättäviä ja odottamattomia toteutuksia ja asennuksia. Tutustuminen tarkasteltavaan kohteeseen ennalta voi olla vaikeaa, koska dokumentit voivat olla puutteellisia ja myöskin virheellisiä, jos kohdetta on päivitetty, korjailtu tai muutettu vuosien saatossa, joten sen takia kuntotutkijalta vaaditaan ammattitaitoa ja perehtyneisyyttä vanhempiin asennustapoihin, jotta vaaratilanteet saataisiin vältettyä. Merkittävän turvallisuusriskin voi aiheuttaa paljaat jännitteiset osat ja niiden läheisyydessä työskentely, varsinkin vanhemmissa sähkölaitteissa ja -laitteistoissa, sillä kosketussuojauksen taso voi vaihdella. Vanhemmissa jakokeskuksissa ilmaväli voi olla myös pienempi. Puutteelliset merkinnot, esimerkiksi keskusten rinnakkaissyötöissä ja takajännitteissä voivat aiheuttaa vaaratilanteita. Merkintöjen oikeellisuus ja puuttuminen pitää huomioida kuntotutkimusta tehdessä. /10./

Lisävaaran kuntotutkijalle voi aiheuttaa se, jos tutkittava laitteisto on käytössä ja jännitettä ei voida katkaista, esimerkiksi jatkuvan prosessin ylläpitämiseksi, vaikka työvaiheet sitä turvallisuuden takia edellyttäisikin. Tämä tarkoittaa sitä, että kuntotutkimusta tehdessä jännitteellisenä, pitää käyttää henkilökohtaista suojavarustusta, kuten kasvosuojainta, valokaarelta suojaavaa vaatetusta ja jännitetyökäsineitä. Työ pitää suorittaa jännitetyömenettelyjä noudattaen. /10./

6.2 Sähkötyöturvallisuus kuntotutkimuksessa

Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry toteaa kirjassaan Sähkö- ja tietojärjestelmien KUNTOTUTKIMUS käsikirja seuraavasti: ”Turvallinen työskentely sähkölaitteistossa ja sen läheisyydessä edellyttää riittävää ammattitaitoa, koulutusta sekä määräysten ja standardien tuntemista. Sähkötyöturvallisuusstandardi SFS 6002 asettaa vaatimuksia henkilöiden ammattitaidosta erilaisissa sähkölaitteistoon kohdistuvissa töissä. Jos erilaisia mittauksia suoritetaan kosketussuojaamattomassa kohteessa siirrettävällä mittarilla ja mittajohtimilla, esimerkiksi yleismittarilla, pitää suorittajan olla sähköalalla ammattitaitoinen henkilö. Sama ammattitaitovaatimus koskee sähkölaitteistoon kohdistuvia tarkastuksia ja testauksia. Sähköteknisen kuntotutkimuksen suorittajalla pitää olla voimassa oleva sähkötyöturvallisuuskoulutus ja hänen tulee tuntea eri työskentelymenetelmien edellytykset ja vaatimukset.” /10./

6.3 Turvalliset työvälineet ja varusteet

Turvalliset ja tarkoituksenmukaiset työkalut ja varusteet tarvitaan täydentämään muuten jo turvalliset työskentelymenetelmät. Varustukseksi suositellaan valokaari-vaaralliseen työhön soveltuvaa, tulelta ja kuumuudelta suojaavaa vaateetusta, kasvosuojainta, jännitetyösaappaita ja käsineitä. Eristävät lisäsuojat, varoitus- ja huomautuskilvet, riippulukko ja eristävät matot ovat myös suositeltuja varusteita kuntotutkijalle. /10./

Kuntotutkimusta suorittaessa joudutaan monesti työskentelemään jännitteisten osien läheisyydessä, joten käytettävien käsityökalujen tulee olla tarkoitukseen soveltuvia, turvallisia ja käyttökuntoisia. Eristettyjen ja standardit täyttävien jännitetyökalujen, ruuvitalttojen ja kärkipihtien käyttäminen antaa lisäturvaa kuntotutkimuksen suorittajalle, sillä sähköiskun ja valokaaren vaara vähenee. /10./

Mittalaitteiden käyttämiseen ja niiden ominaisuuksiin kannattaa perehtyä huolellisesti. Mittalaitetta hankittaessa on hyvä tiedostaa minkä vuoksi sitä ollaan hankkimassa ja minkälaisia mittauksia sillä tullaan suorittamaan. Helppokäyttöisyys ja käyttöohjeiden selkeys sekä mukana tulevat mittajohtimet, mittapäät ja muut varus-

teet ovat asioita, joita kannattaa huomioida mittalaitteen hankkimisessa. Kuntotutkimukseen tarvittavia mittareita ovat yleensä ainakin yleismittari, pihtivirtamittari, infrapunalämpömittari ja eristysresistanssimittari. Sähköasennustesteri on myös hyvä olla olemassa, koska sillä voidaan suorittaa esimerkiksi eristysresistanssimittaukset, johtavuusmittaukset, oikosulkuvirranmittaukset ja vikavirtasuojakytkimien testaukset. /10./

Mittareille on asetettu erilaisia vaatimuksia ja turvallisuustasoja kansainvälisten turvallisuusstandardien puolesta. Tärkein niistä on transienttiylijännitteiden sietokyky. Mittalaitteiden tulee suojata käyttäjänsä vaaratilanteilta ja oltava turvallisia sekä hyväksytyjä niille tarkoitettuihin olosuhteisiin. Kuntotutkimuksessa käytettävissä mittalaitteissa olisi hyvä vähintään olla CAT III-merkintä. /10./

6.4 Työturvallisuus ja riskitekijöiden välttäminen

Sähköteknistä kuntotutkimusta suoritettaessa olosuhteet voidaan rinnastaa työskentelyksi yhteisessä työpaikassa, koska tutkimus suoritetaan vieraassa ympäristössä ja tilaajan tiloissa. Tällöin työturvallisuuslaki (738/2002) määrittelee osapuolten vastuut ja velvollisuudet työturvallisuusasioissa. Koska kuntotutkimus on yleensä aina tilaustyö, on hyvä määritellä sopimuksessa yksityiskohtaisesti turvallisuuteen liittyvät asiat. Riskien kartoitus ja etukäteen suunnittelu on tärkeää työturvallisuuden kannalta. /10./

Kuntotutkimuksen tilaajan velvollisuuksia turvallisuuden kannalta ovat yhteisten turvallisuusohjeiden laatiminen ja muiden työpaikalla työskentelevien toimijoiden organisointi, jolla varmistetaan se, ettei kenestäkään aiheudu vaaraa toiselle henkilölle. Tilaajan pitää varmistaa se, että toimijat ovat tietoisia tilan vaara- ja turvallisuustekijöistä sekä turvallisuusohjeista ja ilmoittaa toimijalle ohjeistus pelastus- ja hätätoimintaa varten. /10./

Kuntotutkimuksen toimittajan tärkein turvallisuuden kannalta oleva tehtävä on tiedottaa muille haittatekijöistä, joita työ saattaa aiheuttaa. Toimittajan on myös huolehdittava tiedonkulusta alaisilleen ja pidettävä huolta heidän ammattitaidosta, tarvittavasta opastuksesta ja henkilökohtaisten suojainten hankinnasta. Toimittaja

noudattaa tilaajan turvallisuusohjeita ja omalla toiminnallaan varmistaa, että työt suoritetaan turvallisesti. /10./

Riskien välttämiseksi työvaiheiden ennakkosuunnittelu on välttämätöntä. Silloin vältetään inhimillisten erehdysten tuomilta haitoilta ja saadaan minimoitua käyttöjen keskeytykset. Toimimalla huolellisesti ja järjestelmällisesti, saadaan vähennettyä turvallisuusriskejä. Näkyvillä ja selkeillä merkinnöillä sekä varoituskilvillä saadaan hyvin huomioitua muita keskeneräisestä työstä ja se myöskin vähentää erehtymisen mahdollisuutta. Sähkötilat ja keskukset pidetään suljettuina ja avonaisia jännitteellisiä laitteita ei saa jättää sivullisten kosketeltaviksi. Havaitut turvallisuuspuutteet tulee ilmoittaa laitteiston vastuuhenkilölle ja poistattaa tarvittaessa, jotta lisävahingot ja mahdolliset vaaratilanteet saadaan estettyä. /10./

7 KUNTOTUTKIMUS SÄHKÖN PÄÄJAKELUJÄRJESTELMÄSSÄ

7.1 Periaate

Sähkön pääjakelujärjestelmien kuntotutkimus käsittää:

- yli 1000 V:n järjestelmät sisältäen laitteiston käytössä tarvittavat hoito- ja turvallisuusvälineet jännitetasoittain jaoteltuna
- 0,4 kV:n pääjakelujärjestelmät, kuten 0,4 kV:n liittymisjohdot, muuntajien ja pääkeskusten väliset yhteydet, pääkeskukset ja muut keskukset, keskusten väliset syöttöjärjestelmät, maadoitukset ja potentiaalintasaukset, suodatimet ja keskitetyt kompensointilaitteet
- laskutukseen liittyvät sähkönmittausjärjestelmät
- varavoimajärjestelmät ja -laitteet
- UPS-jakelujärjestelmä tai erilliset UPS-laitteet.

Yleisesti tarkastellaan kohteen keskustilojen siisteyttä ja tarkoituksenmukaisuutta, keskuksen koteloinnin ja merkintöjen kuntoa, suojalaitteiden, ylivirtasuojien ja komponenttien merkintöjä, keskinäistä valintaa ja myös määräystenmukaisuutta sekä todetaan keskuksien liitosten kunto, toimivuus ja riittävyys, erityisesti PE- ja N-liitokset. Maadoitusten kunto ja merkinnät todetaan ja tarvittaessa varmistetaan maadoituksen olemassaolo, esimerkiksi johtavuusmittauksella. /10./

Todetaan liittymisjohtojen sijainti ja asennusympäristö sekä arvioidaan kaapelin mitoituksen riittävyys. Arvioidaan liittymisjohtojen kunto ja liittymän tehonsiirtokyky. Testataan oikosulkuvirta pääkeskukselta ja arvioidaan sen riittävyys pääsulakkeille ja suojauksen toimivuus. /10./

Toimintojen testauksia ja laiteohjauksien kokeiluja voidaan suorittaa soveltuvin osin noudattamalla mahdollisesti olemassa olevia toimintaselostuksia. Mikäli selostusta ei ole, tarvittaessa laaditaan lyhyt toimintaselostus. Toimintoja voidaan testata, mikäli on aihetta epäillä toimivuutta ja kestävyyttä. Aina ennen testaamista

tulee selvittää, voidaanko toimenpide ja siitä seuraava sähköjakelun keskeytys suorittaa ilman kohtuutonta haittaa. /10./

Muita tarvittaessa mitattavia asioita ovat keskuksien ja kaapeleiden eristysresistanssit, keskuksissa ja liitoksissa esiintyvät suurimmat lämpötilat, lähtöjen kuormitukset ja tehot, jännitemittaukset sekä liitosten lämpökuvaukset tarvittaessa. Kuormituksen selvittämiseksi mitataan tarvittavalla laajuudella keskuksien ja lähtöjen tehot, virrat ja $\cos(\varphi)$. Mikäli kuormana on huomattavasti säätökäyttöjä, valaistusta tai moottoreita, voi olla perusteltua suorittaa myös erillisiä sähkön laatuun liittyviä mittauksia. Taulukosta 2. löytyvät sähkön pääjakelujärjestelmien elinkaaret. /10./

Taulukko 2. Sähkön pääjakelujärjestelmien elinkaaret

Nimike:	Elinkaari (v)
Suurjännitelaitteet yli 1000 V	n. 50
0,4 kV liittymisjohdot	n. 50
Muuntajien ja pääkeskusten väliset yhteydet	n. 50
Pääkeskukset	30 – 40
Muut keskukset	30 – 40
Keskusten väliset syöttöjärjestelmät	n. 40
Maadoitukset ja potentiaalintasaukset	n. 50
Suodattimet	n. 20 – 30
Keskitetyn kompensoinnin laitteet	n. 20 – 30

7.2 Visuaalinen tarkastelu

Visuaalisessa tarkastelussa keskitytään kuntotutkimuksen kohteen ulkoiseen ja sisäiseen arviointiin silmämääräisen tarkastuksen perusteella. Kohdetta silmämääräisesti arvioimalla saadaan päällisin puolin arvio kohteen kunnosta. Tämän tarkastelun pohjalta voidaan havaita selkeät puutteet koteloinneista, kosketussuojauksista, kaapeloinneista ja mittariston toiminnasta. Tällä tavalla saadaan havaittua selkeät ja fyysiset ongelmakohdat kuntotutkimuksen kohteessa ja pystytään jo muodostamaan arvio kohteen tilasta ja onko tarvetta lisätutkimuksille, esimerkiksi mittausten muodossa. /10./

7.3 Mittaukset

Mittaukset ovat olennainen osa laadukasta sähköteknistä kuntotutkimusta. Niitä ei kuitenkaan aina tehdä kattavasti ja systemaattisesti, vaan havaitun ongelman tai mahdollisen epäilyn perusteella sekä riippuen kohteesta ja sen luotettavuusvaatimuksista, johon mittauksilla pyritään saamaan mahdollinen vastaus. Esimerkkejä tällaisista syistä ovat sulakkeen palaminen, lämpöreleen laukeaminen tai jonkin laitteiston osan poikkeuksellinen lämpeneminen. Mittausten tarve ja niiden vaatimaa aika on syytä arvioida kuntotutkimusta sovittaessa ja ne voidaan sopia kuntotutkimussopimukseen. /10./

7.3.1 Perussuureiden mittaukset

Perussuureiden mittaukset eli jännite U ja virta I on hyvä suorittaa kuntotutkimusta tehdessä, vaikka mitään vikaa ei olisikaan havaittu etukäteen. Mittaukseen soveltuvat hyvin yleismittari ja pihtivirtamittari. Jos tiedetään, että kuntotutkimuksen kohteessa on tietokoneita, moottorikäyttöjä tai muita vastaavia laitteita, jotka aiheuttavat poikkeamia käyrämuodoissa tai yliaaltoja, on hyvä käyttää True RMS-mittaria, joka mittaa vaihtojännitteen todellista tehollisarvoa riippumatta mitattavan signaalin aaltomuodosta. /10./

Sähkötehon mittauksissa P , S , Q ja $\cos(\varphi)$ on syytä huomioida mitattavien suureiden aaltomuoto ja kuormituksen tasaisuus eri vaiheiden välillä. Vaikka hetkellisarvojen mittaaminen voi monissa tapauksissa riittää, tarkan tuloksen saamiseksi kannattaa

käyttää kaikkien vaiheiden tehoa mittaavaa ja tulokset rekisteröivää mittalaitetta. Tekemällä mittauksen pitemmällä aikavälillä saadaan luotettavaa tietoa kulutuksen jakautumisesta ja huipputehojen sijoittumisesta. /10./

7.4 Sähköturvallisuuden liittyvät mittaukset ja testaukset

Suorittamalla mittauksia ja testauksia, mitkä kohdistuvat sähköturvallisuuteen, saadaan varmistettua se, että henkilöiden ja omaisuuden turvaksi asetut suojausjärjestelmät toimivat. Tämä takaa myös sen, että laitteiston ja laitteiden käyttö ei aiheuta palovaaraa. Kun suoritetaan mittauksia ja testauksia, pitää huomioida seuraavat asiat:

- asennuksen ikä
- yleinen kunto
- käytetyt materiaalit ja tarvikkeet
- kohteen dokumentaatio
- käytön aikana tehdyt testaukset
- käytön aikana tehdyt kunnossapitotoimet.

Mittauksien tarpeellisuus määritetään tapauskohtaisesti ja niiden suorittaminen kannattaa suunnitella etukäteen laatimalla mittaussuunnitelma, jotta mittaukset voidaan suorittaa järjestelmällisesti. /10./

7.4.1 Eristysresistanssin mittaukset

Eristysresistanssin mittauksella saadaan selville, ovatko kohteen jännitteiset osat riittävän eristettyjä maasta. Mittaus voidaan suorittaa sähköasennustesterillä tai erillisellä eristysresistanssimittarilla ja se pitää aina tehdä jännitteettömään kohteeseen. Mittauksessa käytetyt arvot esitellään taulukossa 3.

Taulukko 3. Eristysresistanssin mittauksen suureet

Virtapiirin nimellisjännite V	Koejännite VDC	Eristysresistanssi vähintään MΩ
SELV ja PELV	250	0,25
Enintään 500 V, yllä olevaa kohtaa lukuun ottamatta	500	0,50
Yli 500 V	1000	1,0

Eristysresistanssimittauksessa kohdetta ei kuitenkaan tarvitse irrottaa verkosta, ellei mittausjännite aiheuta vaurioitumisvaaraa. Joissakin tapauksissa mittaustuloksen saamiseksi täytyy kohdetta osittain irrottaa verkosta pienempiin osiin. Eristysresistanssimittauksen suorittamiseen täytyy olla aina perusteltu syy. /10./

Jos eristysresistanssin arvo ei riitä, pitää selvittää mistä se johtuu. Mahdollisia syitä siihen voivat olla eristysvika johdotuksessa tai siirrettävien sähkölaitteiden summautuvat vuotovirrat, mitä ei kytketty irti mittauksen ajaksi. Kun asennetaan tarpeeksi monta sähkölaitetta rinnalle, voi käydä niin, että vaadittua eristystilaa ei saavuteta. Oikean eristysresistanssiarvon saavuttamiseksi viat korjataan ja tarvittavat sähkölaitteet poistetaan verkosta. /10./

7.4.2 Suojajohtimen jatkuvuuden toteaminen

Suojajohtimien, PEN-johtimien ja potentiaalintasausjohtimien jatkuvuuden testauksella selvitetään, onko suojajohdinpiirien kosketusjännitesuojaus jatkuva ja liitokset kunnossa. Samalla saadaan selville, jos PE- ja N-johdin on kytketty ristiin. Mittaus suoritetaan jännitteettömänä esimerkiksi sähköasennustesterillä mittaamalla resistanssiarvo pistokoemenetelmällä. SFS 6000 mukaan suositellaan mittauksessa käytettäväksi 4 - 24 V:n jännitettä ja vähintään 0,2 A:n virtaa. Vaikka maksimiarvoa resistanssille ei ole määritetty, hyväksyttävänä arvona ryhmäjohdolle pidetään 0,1-3 Ω . Resistanssiarvon ollessa poikkeavan suuri, pitää selvittää mistä se johtuu. /10./

7.4.3 Syötön automaattisen poiskytkennän toiminta

Syötön automaattisen poiskytkennän toiminnan testauksella selvitetään suojauksen toiminta vikatilanteessa. Tätä varten mitataan asennuksen pienimmät oikosulkuvirrat, jonka perusteella voidaan arvioida suojalaitteen toimintaedellytykset ja yrittää minimoida vauriot oikosulkutilanteessa. Kosketusjännitesuojauksen vaatimukset saadaan toteutettua, kun vika virtapiirin oikosulkuvirta I_k on riittävän suuri laukaisemaan suojalaitteen vaaditussa ajassa. SFS 6000 mukaan sallitut aikarajat pistoraasiaryhmille ovat 0,4 s ja kiinteiden laitteiden syötöille 5,0 s. /10./

7.4.4 Suurimman oikosulkuvirran mittaaminen

Suurimman oikosulkuvirran testaamisella on tarkoitus selvittää keskuksen ja komponenttien oikosulkukestoisuuden riittävyys vikavirtoihin nähden. Suurin oikosulkuvirta on voinut muuttua, kun verkkoa on vahvistettu ja komponentteja on lisätty ajansaatossa. Tämän vuoksi oikosulkuvirrat ovat voineet kasvaa moninkertaisiksi alkuperäiseen mitoituskestoisuuteen ja asennukseen nähden. Myös syöttökaapelin rakenne ja johtimien poikkipinnat vaikuttavat I_k :n suuruuteen. /10./

Suurin oikosulkuvirta esiintyy vaiheiden välisessä oikosulussa, joskin mittaus tehdään kuitenkin vaiheen ja maan väliltä. Kyseisen mittaustuloksen perusteella arvioidaan suurin oikosulkuvirta kertomalla se neliöjuurikolmella. Mittausta suoritettaessa on pidettävä huoli siitä, että mittapäiden ja –pisteiden välillä on hyvä ja tiivis

kontakti, sillä suurien virtojen ja jännitteisten kiskojen takia voi tulla valokaari, jos mittapää lipsahtaa irti. Tämän vuoksi mittausta tehdessä pitää aina käyttää henkilökohtaista suojavarustusta. Toinen syy sille, miksi pitää olla hyvä kontakti, johtuu siitä, että heikko kontakti kasvattaa impedanssia, jonka kasvu vääristää oikosulkuvirran mittaustulosta. Pienikin huolimattomuus voi aiheuttaa huomattavan mittavirheen, koska mitattu I_k voi olla 1 – 10 kA tai enemmän. Jos suurimmat oikosulkuvirrat ylittävät selkeästi laitteiden ja kojeiden I_k -kestoisuuden, voidaan tilannetta parantaa komponenttien vaihdolla, lisäämällä keskuksen syöttöön virtaa rajoittavia laitteita tai viimeisenä vaihtoehtona ehdottaa keskuksen uusimista. /10./

7.5 Muita mittauksia

Kuntotutkimusta suorittaessa voi joutua tekemään muitakin mittauksia ja selvityksiä kuin perusmittauksia ja sähköturvallisuuden liittyviä mittauksia ja testauksia. Muiden mittauksien laatu ja tarve ovat aina tapauskohtaisia ja ne riippuvat kohteesta ja järjestelmästä. Näissä tapauksissa käytetään yleensä kalliimpia mittalaitteita, jonka vuoksi mittaukset kannattaa hankkia ostopalveluina. /10./

7.5.1 Lämpötilan mittaus

Lämpötilan mittauksella saadaan selvitettyä kojeiden ja laitteiden toimintalämpötiloja. Mittaukset voidaan tehdä infrapunamittarilla tai lämpökameralla kuvaamalla, joilla saadaan turvallisesti ja nopeasti sen hetkiset lämpötilat, esimerkiksi kuormitustilanteissa. Lämpökamerakuvauksella saadaan lämpövärivertailu, josta voidaan havaita keskuksien ja liitosten ylikuormittuneet ja ylikämmenneet kohdat sekä voidaan ennakoida tulevia laitteistovaurioita. Jos halutaan lämpötilojen historiatietoja pidemmältä ajalta, niin tällöin pitää käyttää mittaustiedot tallentavaa tiedonkeräyslaitetta, jolloin voidaan seurata muutoksia eri kuormitustilanteissa. Tämä mittaus kannattaa tehdä yhdessä sähkösuureiden mittauksen kanssa, jolloin voi selvittää johtaako lämpeneminen virran ja kuormituksen kasvuun. /10./

7.5.2 Sähkönlaadun tarkastelu

Jos kuntotutkimuksen kohteessa on valaistusta, säätökäyttöjä tai moottoreita, silloin kannattaa vakavasti harkita sähkönlaadun tarkastelun tekemistä kohteeseen. Sähkönlaadun tarkastelu kohteen sähköverkosta voidaan tehdä esimerkiksi siihen soveltuvalla tehoanalysointilaitteella. Sillä saadaan konkreettinen hahmotus verkon tilasta niin yksittäisen kuormituksen kuin pidemmän aikavälin tutkimuksessa. SFS-EN 50160 –standardin mukaan sähköverkon tilan tutkimuksessa suureet, joita mitataan ovat jännitteen tehollisarvo, taajuus, kokonaissärö (THD), yksittäisten harmonisten yliaaltojen tasot, vinokuormitus ja välkyntä. Muita mitattavia suureita voivat olla virta, jännitetaso, jännitteen heilunta ja jännitekuoppien ja –kohoumien mittaaminen. /11./

7.5.3 Elinkaaren tarkastelu kohteen vikahistorian perusteella

Kuntotutkimuksen kohteen elinkaarta voidaan tarkastella muodostamalla käyrä vioista suhteessa määritettyyn ajanjaksoon. Siitä saadusta kuvaajasta pystytään selvittämään, onko laitteeseen kohdistuvien vikojen määrä pysynyt keskimääräisesti samana vai onko nähtävissä orastavaa kasvua, joka tietäisi sitä, että kohde alkaa pikkuhiljaa lähestyä pistettä, jolloin päivitys tai uusiminen voisi tulla edullisemmaksi kuin vian takia aiheutuvat tuotannon keskeytykset ja korjaukset.

8 TERÄSSULATON SÄHKÖNJAKELU

8.1 Terässulaton keskijännitejakelu

Terässulaton keskijännitteinen sähkönjakelu tapahtuu käyttökonttorin alapuolella sijaitsevalta muuntoasema 1:ltä ja senkkahallin eteläpäästä muuntoasemalta 4. Muuntoasemat 2 ja 3 ovat ala-asemia. Käytössä on kaksoiskiskojärjestelmä, johon syötöt tulevat tehdasalueella olevalta Raahen Voiman voimalaitokselta ja valssaaomolta. Syötöt ovat kokoluokaltaan 10 kV. Kojeistoja on kahdeksan kappaletta ja ne ovat nimetty seuraavasti: TE 1B, TE 1C, TE 2B, TE 2C, TE 3B, TE 3C, TE 4B ja TE 4C. Kojeistot sijaitsevat muuntoasema 1:lla eli sähkötilassa ST80, muuntoasema 3:lla eli sähkötilassa ST48, muuntoasema 4:lla eli sähkötilassa ST09, sähkötiloissa ST16, ST91 ja tiilivaraston sähkötilassa sekä romunpolttolaitoksen sähkötilassa.

TE 1B-kojeisto sijaitsee muuntoasema 4:lla eli sähkötilassa ST09 ja on kokoluokaltaan 10 kV, 1600A. Kojeistossa on 5 kennoa. Kojeiston kennot sisältävät seuraavia lähtöjä:

- 1 kpl syöttöjä voimalaitokselta
- 1 kpl mittauksia
- 2 kpl loistehon kompensointia ja yliaallon suodatusta
- 1 kpl syöttöjä TE 3B01:lle.

TE 1C-kojeisto sijaitsee muuntoasema 1:llä eli ST80 ja se on kokoluokaltaan 400 MVA, 10 kV, 1300 A ja se on valokaarisuojattu. Kojeistossa on 30 kennoa, joiden kiskostoista 01 - 21 kennot ovat materiaaleiltaan 60 x 8 Cu, 14 - 16 kennot on 2 x (60 x 8) Cu ja 22 - 30 kennot on 2 x (60 x 10) Al. Kojeiston kennot sisältävät seuraavia lähtöjä:

- 3 kpl 6 kV moottorilähtöjä
- 14 kpl 10 kV / 0,4 kV jakelumuuntajalähtöjä
- 1 kpl 10 kV / 0.69 kV jakelumuuntajalähtöjä
- 2 kpl mittauslähtöjä
- 2 kpl takasyöttöjä voimalaitokselta
- 2 kpl takasyöttöjä valssaamolta
- 1 kpl takasyöttöjä terässulatolta
- 1 kpl kiskokatkaisijoita
- 1 kpl varayhteyksiä TE 2B15:een
- 3 kpl varalla olevia kennoja.

TE 2B-kojeisto sijaitsee muuntoasema 4:lla eli sähkötilassa ST09 ja se on kokoluokaltaan 10 kV, 1250 A. Kojeistossa on 14 kennoa. Kojeiston kennot sisältävät seuraavia lähtöjä:

- 5 kpl 10 kV / 0,4 kV jakelumuuntajalähtöjä
- 2 kpl 10 kV / 0,69 kV jakelumuuntajalähtöjä
- 1 kpl syöttöjä TE 4B01:lle
- 1 kpl takasyöttöjä voimalaitokselta
- 1 kpl takasyöttöjä valssaamolta
- 1 kpl mittauksia
- 1 kpl kiskokatkaisijoita
- 1 kpl varalla olevia kennoja.

TE 2C-kojeisto sijaitsee muuntoasema 3:lla eli sähkötilassa ST48:ssa ja se on kokoluokaltaan 500 MVA, 10 kV, 1600 A ja se on valokaarisuojattu. Kojeistossa on 15 kennoa, joiden kiskostot ovat materiaaliltaan 3 x (60 x 10) Al. Kojeiston kennot sisältävät seuraavia lähtöjä:

- 8 kpl 10 kV / 0,4 kV jakelumuuntajalähtöjä
- 2 kpl pitkittäiserottimia
- 1 kpl takasyöttöjä terässulatolta
- 1 kpl takasyöttöjä valssaamolta
- 2 kpl varalla olevia kennoja.

TE 3B-kojeisto sijaitsee sähkötilassa ST16:ssa ja on kokoluokaltaan 10 kV, 1500A. Kojeistossa on 3 kennoa. Kojeiston kennot sisältävät seuraavia lähtöjä:

- 1 kpl syöttöjä TE 01B2:lta
- 1 kpl mittauksia
- 1 kpl 10 kV / 0,375 kV tehomuuntajalähtöjä.

TE 3C-kojeisto sijaitsee tiilivaraston sähkötilassa ja on kokoluokaltaan 400 MVA, 10 kV, 1600A. Kojeistossa on 4 kennoa. Kojeiston kennot sisältävät seuraavia lähtöjä:

- 1 kpl 10 kV / 0,4 kV jakelumuuntajalähtöjä
- 1 kpl syöttöjä HA 1C02:sta
- 1 kpl syöttöjä RP C03:lle/sta
- 1 kpl syöttöjä TE 4C01:lle.

TE 4B-kojeisto sijaitsee sähkötilassa ST91:ssä ja on kokoluokaltaan 600 MVA, 10 kV, 1250A ja se on valokaarisuojattu. Kojeistossa on 8 kennoa. Kojeiston kennot sisältävät seuraavia lähtöjä:

- 3 kpl 10 kV / 0,725 kV jakelumuuntajalähtöjä taajuusmuuttajakäyttöille
- 1 kpl 10 kV / 0,4 kV jakelumuuntajalähtöjä
- 1 kpl syöttöjä TE 2B06:lta
- 1 kpl mittauksia
- 1 kpl varasyöttöjä voimalaitokselta
- 1 kpl varalla olevia kennoja.

TE 4C-kojeisto sijaitsee romunpolttolaitoksen sähkötilassa ja on kokoluokaltaan 400 MVA, 10 kV, 1600A. Kojeistossa on 4 kennoa. Kojeiston kennot sisältävät seuraavia lähtöjä:

- 1 kpl 10 kV / 0,4 kV jakelumuuntajalähtöjä
- 1 kpl syöttöjä TE 3C04:sta
- 1 kpl varalla olevia kennoja
- 1 kpl kennoja laajenemista varten.

Kojeistojen kennojen lähdöt on varusteltu katkaisijoilla, jotka ovat mitoitettu lähdöille sopiviksi. Lähdöistä riippuen lisäsuojauksina on portaittaisia ylivirtasuojauksia, maasulkusuojauksia, ylijännitesuojauksia, alijännitesuojauksia ja nollajännitesuojauksia. Lähdöt voivat sisältää wh-mittauksen, kvarh-mittauksen ja ampeerimittauksen.

8.2 Terässulaton pienjännitejakelu

690 V ja 400 V eli pienjännitteinen sähkönjakelu terässulaton tapahtuu jakelumuuntajilta tulevilta syötöiltä pienjännitepääkeskuksiin ja niiden alakeskuksiin. Pääkeskukset sijaitsevat muuntoasemilla 1, 2, 3, 4 eli sähkötiloissa ST80, ST35, ST09, ST48 ja sähkötiloissa ST46, ST62, ST91, ST01D sekä tiilivaraston sähkötilassa, romuterminaalien sähkötilassa ja romunpolttolaitoksen sähkötilassa.

8.2.1 Terässulaton pienjännitepääkeskukset

Terässulaton pienjännitepääkeskukset ovat tyypiltään kennomallisia ja niitä on 34 kappaletta. Pääkeskuksista on käytetty aiemmin nimikemääritelmänä ”Te EXX”. Nykyään käytetään määritelmää ”Te.xx.xxE”, joka otettiin käyttöön ALMA-tietojärjestelmän käyttöönoton yhteydessä. Vanhimmat pääkeskuksista on otettu käyttöön jo 70-luvulla ja uusimmat 2010-luvulla. Terässulaton pääkeskukset ovat koottu sijainneittain taulukoihin 4 – 11.

Taulukko 4. Muuntoasema 1 eli ST80 sijaitsevat pääkeskukset

Nimike	Sijainti	Koko	Käyttö- alue
Te E04	Muuntoasema 1 eli ST80	400V	Konvertterin Päävalaistus
Te E05	Muuntoasema 1 eli ST80	400V	Välipumppaamo
Te E06	Muuntoasema 1 eli ST80	400V	Välipumppaamo
Te E07	Muuntoasema 1 eli ST80	400V	Välipumppaamo
Te E08	Muuntoasema 1 eli ST80	400V	Välipumppaamo
Te E11	Muuntoasema 1 eli ST80	400V	Konvertteriosasto
Te E12	Muuntoasema 1 eli ST80	400V	Konvertteriosasto
Te E13	Muuntoasema 1 eli ST80	400V	Konvertteriosasto
+TE.14E	Muuntoasema 1 eli ST80	400V	Konvertteriosasto
Te E15	Muuntoasema 1 eli ST80	400V	Konvertteriosasto

Taulukko 5. Muuntoasema 2 eli ST35 sijaitsevat pääkeskukset

Nimike	Sijainti	Koko	Käyttöalue
Te E21	Muuntoasema 2 eli ST35	400V	JVK 1-2 Jäähdytyshalli
Te E22	Muuntoasema 2 eli ST35	400V	JVK 1-2
Te E23	Muuntoasema 2 eli ST35	400V	JVK 1-2
Te E24	Muuntoasema 2 eli ST35	400V	JVK 1-2
TE E31	Muuntoasema 2 eli ST35	690V	Konehöylä Savukaasupuhallin

Taulukko 6. Muuntoasema 3 eli ST48 sijaitsevat pääkeskukset

Nimike	Sijainti	Koko	Käyttöalue
+TE.51E	Muuntoasema 3 eli ST48	400V	JVK 4-5
Te E52	Muuntoasema 3 eli ST48	400V	JVK 4-5
Te E53	Muuntoasema 3 eli ST48	400V	JVK 4-5
Te E54	Muuntoasema 3 eli ST48	400V	4-5-6 Pumppaamo
Te E55	Muuntoasema 3 eli ST48	400V	4-5-6 Pumppaamo
Te E56	Muuntoasema 3 eli ST48	400V	4-5-6 Pumppaamo

Taulukko 7. Muuntoasema 4 eli ST9 sijaitsevat pääkeskukset

Nimike	Sijainti	Koko	Käyttöalue
Te E42	Muuntoasema 4 eli ST9	400V	Konv. Jaos
Te E43	Muuntoasema 4 eli ST9	690V	Konv. Jaos Sekund.pölynpoisto
Te E44	Muuntoasema 4 eli ST9	690V	Konv. Jaos Sekund.pölynpoisto

Taulukko 8. 1EMP eli ST46 sijaitsevat pääkeskukset

Nimike	Sijainti	Koko	Käyttöalue
Te E57	1EMP eli ST46	400V	JVK 4 ja 5 tyristörikäytöt
Te E58	1EMP eli ST46	400V	JVK 4 ja 5 tyristörikäytöt

Taulukko 9. ST62 sijaitsevat pääkeskukset

Nimike	Sijainti	Koko	Käyttöalue
Te E61	ST62	400V	JVK-6
Te E62	ST62	400V	JVK-6

Taulukko 10. +TE.ST01D sijaitsevat pääkeskukset

Nimike	Sijainti	Koko	Käyttöalue
TE.35.17E	+TE.ST01D	400V	Lietteenkäsittely
TE.35.18E	+TE.ST01D	400V	Lietteenkäsittely

Taulukko 11. Yksittäiset pääkeskukset omalla sijainnillaan

Nimike	Sijainti	Koko	Käyttöalue
TE.29.48E	+TE.ST91	400V	Sekundääri Pölynpoisto
TE E71	TIILIVARAST.ETELÄPÄÄ PK-HUONE	400V	Kuonanmurskaamon Pääkeskus
TE E81	MUUNTAMO TE M81	400V	Romuterminaali
TE E82	Romunpolttolaitoksen puistomuuntamo ST74	400V	Romunpolttolaitos

8.2.2 Terässlulun pienjännitepääkeskuksien kunnossapito

Terässlulun pienjännitepääkeskukset kuuluvat terässlulun kunnossapidon piiriin. Kunnossapito huolehtii niiden käyttövarmuudesta ja viankorjauksesta. SSAB Raahen korjaamon osasto suorittaa pääkeskuksien katkaisijoiden huollot.

9 VISUAALINEN TARKASTELU TERÄSSULATON PIENJÄNNITEPÄÄKESKUKSISTA

9.1 Kuvaus

Tutkimus aloitettiin tutustumalla terässulaton sähkötiloihin vanhemman sähkö- ja automaatiokunnossapidon asentajan kanssa. Tarkoituksena oli kartoittaa, kuinka monta pienjännitepääkeskusta terässulaton vastuualueeseen kuuluu, missä ne sijaitsevat ja minkälaisia ne ovat. Hyväksi käytettiin SSAB:n tietokantaa nimeltä ALMA, josta haettiin tiedot pääkeskusten lukumäärästä, käyttöalueesta ja sijainnista. Sen jälkeen vanhemman asentajan kanssa käytiin etsimässä pääkeskukset ja tutustumassa niihin.

Pääkeskukset löytyivät ja voitiin todeta, että kaikki olivat kojeistoltaan mallia MF-kenno. Kuitenkin pystyttiin päällepäin huomata, että pääkeskuksia oli monen ikäisiä ja vanhimmat oli otettu käyttöön jo vuosikymmeniä sitten. Keskuksien merkintätapa oli erilainen vuosien varrella. Pääkeskuksista luotiin listaus sähkötiloittain laittamalla ne järjestykseen sijainnin perusteella. Merkattiin myös jännite koko sekä alue, minne pääkeskus syöttää sähköä.

Tilaaajan kanssa sovittiin, että käydään kaikki pääkeskukset läpi, jonka pohjalta saadaan kartoitus siitä, missä kunnossa ne ovat. Tämän tarkoituksena on saada tilaajalle valmis tarkastelu tulevaisuutta ajatellen, johon he voisivat palata, kun uusia investointeja suunnitellaan.

9.2 Toimintaperiaate

Suoritettiin visuaalinen tarkastelu, jossa pääkeskukset käytiin läpi ja arvosteltiin perustellulla asteikolla hyväksi, tyydyttäväksi tai heikoksi sekä näiden väliltä. Tarkastelussa kiinnitettiin huomiota ulkoiseen ja sisäiseen olemukseen silmämääräisten havaintojen perusteella. Pääkeskukset tarkasteltiin sijainneittain ja merkittiin huomiot ja ehdotukset havaintojen ja tarpeellisuuden perusteella. (LIITE 1.)

9.3 Tutkimustulokset

Visuaalisen tarkastelun perusteella havaittiin, että suurin osa pääkeskuksista oli kuntansa puolesta tyydyttäviä tai hyviä tai siltä väliltä. Eniten heikompia keskuksia löytyi sähkötiloista 80, 48 ja 46. Heikoimmat keskuksset olivat vanhoja, joissa kosketussuojaus saattoi olla huonoa ja mittareita rikki. Näiden sähkötilojen pääkeskukset ovat tehtaan prosessin kannalta kriittisissä paikoissa, minkä vuoksi niiden päivitystä ja uusimista on jouduttu lykkäämään. Hyville ja tyydyttävälle pääkeskuksille ei ehdotettu vielä mitään päivityksien ja uusimisien kannalta, koska se ei ole ajankohtaista vielä kymmeneen vuoteen. Heikoimmille ehdotettiin, että niitä alettaisiin yksitellen uusimaan, yksi tai kaksi per vuosi, jotta niistä saataisiin varaosia jäljelle jääville, koska vanhimpiin keskuksiin ei löydy tämän päivän markkinoilta soveltuvia varaosia. (LIITE 1.)

10 KUNTOTUTKIMUS: PÄÄKESKUS TE E43

10.1 Kuvaus

Kun pääkeskukset oli käyty läpi ja kartoitettu, pidettiin tilaajan kanssa palaveri siitä, että mikä tai mitkä pääkeskukset otetaan tarkasteluun ja miten edetään. Sovittiin, että tarkastellaan pääkeskusta Te E43, koska siinä oli viimeisten vuosien aikana ollut eniten ongelmia. Siinä oli kompensointikondensaattori räjähtänyt, jonka vuoksi sille oli tehty sähkönlaadun tarkastelu ABB:n puolesta.

Samalla rakennettiin kuntotutkimussuunnitelmaa siitä, miten teollisuuslaitoksen pienjännitteiseen pääkeskukseen voidaan suorittaa kuntotutkimus, kun jatkuva prosessi on käynnissä ja jännitekatkoa ei saa tulla. Koska työ suoritettiin jännitteellisenä, päädyttiin tilaajan kanssa siihen lopputulokseen, että mittauksia ei suoriteta turvallisuuden takaamiseksi ja osaksi myös kaksoiskiskojärjestelmän vuoksi. Kuntotutkimuksen tavoitteena oli selvittää pääkeskuksen sen hetkinen tila ja missä vaiheessa kyseinen keskus olisi elinkaartaan. Näiden perusteella saataisiin arvio siitä, milloin uusiminen tulisi ajankohtaiseksi. Erityisenä tarkkailun kohteena oli se, onko kyseinen keskus turvallinen. (LIITE 2.)

10.2 Toimintaperiaate

Kuntotutkimuksessa hyödynnettiin ja sovellettiin STUL:n kuntotutkijan käsikirjaa sekä ST-kortiston ohjeita 97.20 ja 97.40. Näiden pohjalta luotiin viisivaiheinen työohje. Työohjeen ensimmäiset kaksi vaihetta keskittyvät kuntotutkimuksen suunnitteluun ja ennakkovalmisteluun. Vaiheet 3, 4 ja 5 ovat suoritteita, joita suoritetaan kohteessa. Vaiheet on nimetty seuraavasti:

1. Ennakkovalmistelut
2. Turvallisuustoimenpiteet
3. Ulkoinen arviointi ja silmämääräinen tarkistus
4. Perusmittaukset ja toiminnantestaus
5. Seurantamittaukset ja muut lisätetit.

Ennakkovalmistelussa tutustutaan kohteeseen teoreettiselta pohjalta, käymällä läpi siihen liittyviä dokumentteja. Tällöin saadaan ennakkokäsitys työkohteesta ja siihen liittyvistä tekijöistä. Tällä tavoin päästään ennakoimaan mahdolliset riskitekijät kuntotutkimusta tehdessä. Turvallisuustoimenpiteissä käydään läpi vaadittavat turvatoimet ja vaatimukset kuntotutkimukseen liittyen. Tässä vaiheessa ollaan jo teoreettisesti tietoisia kuntotutkimuksen luonteesta ja tehdään turvatoimet sen perusteella. Ennakkovalmistelut ja turvallisuustoimenpiteet pohjautuvat luvun 6 teoriaan.

Ulkoisessa arvioinnissa ja silmämääräisessä tarkistuksessa tutustutaan työkohteeseen paikan päällä. Tarkastelussa on kohteen ympäristö ja kohde sekä ulkoa että sisältä. Tässä kiinnitetään huomiota siihen, että kohde on päällisin puolin toimintakuntoinen ja turvallinen käyttää. Tämä vaihe pohjautuu kappaleen 7.2 teoriaan.

Perusmittauksissa ja toiminnantestauksissa suoritetaan kohteessa mittauksia ja testauksia, joilla pyritään selvittämään kohteen tilaa, jos koetaan että vaihe 3 ei anna riittävää todistusta tai selkeyttä kohteen kunnosta. Mittaukset ja testaukset tehdään yhteistyössä tilaajan kanssa ja huolehditaan tiedotuksesta jännitekatkoihin liittyen. Mittaukset ja testaukset ovat hetkellisarvoja. Tämä vaihe pohjautuu kappaleiden 7.3 ja 7.4 teoriaan.

Seurantamittauksissa ja muissa lisätesteissä seurataan kohdetta ennalta sovitun ajanjakson ajan. Tähän vaiheeseen siirrytään vain, jos edellinen vaihe ei ole antanut vastuksia tilanteeseen. Tarkoituksena on seurata kohdetta käytön aikana ja etsiä kohdat, jolloin toiminnassa näkyy normaalista poikkeavaa toimintaa ja pyrkiä paikantamaan ongelmakohdat esim. sähkönlaadun seurannalla yhdistettynä lämpenisseurantaan. Muita mahdollisia testauksia ovat kohteen mekaanisiin toimintoihin liittyvät rasitustestit. Tämä vaihe pohjautuu kappaleen 7.5 teoriaan.

Työhön liittyvien rajoitusten vuoksi työssä pystyttiin etenemään vain vaiheeseen 3 asti. Näiden rajoitteiden vuoksi, syvemmän tutkimuksen tekeminen kohteeseen estyi ja sen vuoksi tutkimuksen lopputuloksissa jouduttiin tyytymään pintapuoliseen arvioon. Jos työ olisi voitu suorittaa välittämättä rajoitteista, olisi tarkoituksena

ollut suorittaa perusmittaukset, eristysresistanssin mittaukset ja sähkönlaadun seuranta. Näin olisi voitu saada tietoa jännitteisten osien riittävästä eristyksestä, hetkellisarvoista jännitteestä, virrasta ja tehoista käytön aikana sekä seuranta sähkölaadusta eri kuormitustilanteista, kun prosessituotanto olisi ollut käynnissä. Ja näiden mittausten tietojen pohjalta olisi voitu saada tarkempaa tutkimustulosta kohteesta, jonka pohjalta olisi voitu arvioida tarkemmin kohteen kuntoa ja jäljellä olevaa elinikää sekä mahdollisesti löytää kohteen kriittiset kohdat tulevaisuuden kannalta. (LIITE 2.)

10.3 Tutkimustulokset

Tämän kuntotutkimuksen perusteella päästiin sellaiseen lopputulemaan, jonka mukaan pääkeskus vaikuttaa hyväkuntoiselta ja turvalliselta käyttää, minkä puolesta käyttöikä on vielä hyvin jäljellä. Ulkoisessa arvioinnissa ja silmämääräisessä tarkistuksessa huomattiin seuraavia puutteita (LIITE 2.):

- lieviä puutteita dokumenttien paikkaansa pitävyyksissä
- huoltopistorasia oli laputettu käytöstä poistetuksi
- lieviä puutteita katkaisijoiden muovisuojauksissa, mutta kuitenkin riittäviä
- PE-merkinnät oli tehty tussilla, kaapeleiden ja johtimien merkinnät vajaita
- keskuksen sisältä löydettiin johtimet paljaana oleva kaapeli.

Puutteet kehoitettiin korjaamaan päivittämällä dokumentit ajan tasalle, irtonainen kaapeli poistamaan tai kytkemään niin, ettei se aiheuta vaaratilanteita ja lisäämään johdinmerkintöjä, varsinkin PE-johtimiin. (LIITE 2.)

Havaintoina tämän kuntotutkimusohjeen toimivuudesta huomattiin, että ensimmäiset kaksi vaihetta, joissa keskitytään kohteen teoreettiseen tutkimiseen ja tutkimuksen suunnitteluun, ovat toimivia ja ne käytännöt toimisivat kohteelle kuin kohteelle. On ensiluokkaisen tärkeää tiedostaa kohteen vaativuus etukäteen ja siihen päästään, kun noudatetaan vaiheiden 1. ja 2. toimintamenetelmiä. Toteutus eli vaiheet 3, 4 ja 5 ovat muunneltavissa ja niitä kannattaa soveltaa tapauskohtaisesti, eli muokata kuntotutkimuksen kohteelle soveltuvaksi. Kuntotutkimuksessa itsessään toteutetta-

vat tarkastelut ja mittaukset sovitaan aina etukäteen tilaajan kanssa ja ovat näin ollen sovellettavissa tapauskohtaisesti. Kuitenkin voidaan todeta, että kuntotutkimus tämän runkoisena, mutta vapaasti oman harkinnan mukaan sovellettuna, on toimiva ratkaisu jatkoa ajatellen. Tärkeintä on, että kaikki tarvittava huomioidaan, jotta työ saataisiin tehtyä mahdollisimman turvallisesti ja aiheuttamatta lisäkustannuksia tilaajalle.

11 POHDINTA

Työ antoi minulle hyvää näkemystä teollisuuden sähköteknisestä ympäristöstä ja sen vaatimuksista sekä siitä, miten vanhempaan laitteistoon lähdetään tekemään kuntotutkimusta ja mitä sen tekeminen vaatii. Pidinkin tätä itselleni myös oppimisprosessina insinööriyön yhteydessä. Varsinkin, kun kohteena on SSAB:n Raahan tehtaan kaltainen kokonaisuus, mikä on otettu käyttöön 60- ja 70-luvuilla, niin pääsee näkemään monenlaisia sähkötekniisiä ratkaisuja eri vuosikymmenien vaiheilta. Työtä tehdessäni sain aika vapaat kädet toteutuksen suunnitteluun ja toteuttamiseen. Tilaajan ja valvojan kanssa mietittiin raamit työlle ja työohjeiden hyväksynnät varmistin tilaajalta. Koen onnistuneeni tavoitteessa, mikä työlle annettiin, vaikka joitakin haluamiani testauksia ei voitu suorittaa rajoitteista johtuen.

Itsessään jo kuntokartoituksen suorittaminen oli kokemus, mistä ei ole ollut aikaisempaa kokemusta, ja teollinen ympäristö teki siitä vielä haastavamman, johtuen siihen liittyvistä ominaispiirteistä, joita pitää muistaa ottaa huomioon. Tästä johtuen koin, että asioihin pitää paneutua maltilla ja rauhassa, että välttyttäisiin epämieluisilta yllätyksiltä.

Mielestäni on hyvä, että tällaisiin vanhempiin teollisuussähkölaitoksiin tehtäisiin aika ajoin kuntotutkimus tai vähintään sähkönlaadun seuranta, sillä SSAB:n Raahan tehtaan sähkö- ja automaatiotekninen ympäristö vastaa tilkkutäkkiä, jossa on laitteita, komponentteja ja järjestelmiä eri vuosikymmeniltä ja eri valmistajilta liitettyinä yhteen. SSAB:lla Raahessa on käytössään kriittisyysluokittelu prosesseille, jonka vuoksi osa sähkölaitteista on merkittävämmässä asemassa kuin toiset. Tämän perusteella kriittisimpiin laitteisiin voitaisiin tehdä tiheämmin kuntotutkimuksen tapaista seuranta kuin vähemmän merkityksellisiin laitteisiin, vaikka määräaikaistarkastuksen tai suunnitellun ennakoivan huollon yhteyteen. Kattava kuntotutkimus kannatta tehdä kuitenkin vain tapauskohtaisesti, esimerkiksi uusintojen yhteydessä, jolloin varmistetaan, että uudet komponentit eivät aiheuta vanhoille haittaa ja päinvastoin sekä silloin, kun laitteisto antaa sille syyn, esimerkiksi oireilemalla tiheämmin. Sen sijaan ennakoivassa kunnossapidossa tulee ottaa sähkönjakeluun liittyvät

laitteistot säännölliseen seurantaan, jossa käydään pää- ja alakeskusten käyttöturvallisuus läpi, esimerkiksi katkaisijahuoltojen yhteyteen. Myös mekaanisten laitteiden jälkikäteen toteutettu automatisointi on lisännyt alueen monipuolisuutta entisestään. Jotta tällainen kompleksi saadaan toimintakykyiseksi ja pidettyä hyvinvoinavana sekä kunnossa, vaatii se sen, että laitteet eivät aiheuta toisilleen häiriöitä ja sitä kautta heikennä laitteistojen elinkaarta ja aiheuta turhia tappioita. Kunnossapitotoiminnan kannalta ehdottaisin sulatolle kunnossapitotoiminnan jatkuvuuden takaamiseksi sitä, että dokumentoitaisiin tarkasti kunnossapitotyöt asentajien toimesta sekä mekaaniselta että sähköiseltä puolelta, jotta saataisiin uudet asentajat paremmin sisälle laiteasiantuntemukseen vanhojen jäädessä eläkkeelle.

Erilaisia tapoja elinkaaren mitoitukselle mietittäessä, tuli vastaan tehdä kuvaaja, jossa laitetaan vikojen määrä kohteessa aikajanelle. Tällä tavoin olisi ollut selkeä hahmottaa onko vikojen määrässä ollut kasvua ja sitä kautta huomata, että laitteisto alkaa olemaan päivityksen tai uusinnan tarpeessa. Tästä kuitenkin jouduttiin luopumaan, koska SSAB:lla ei ole pääkeskuksiin kohdistuvaa vikojen seurantatietokantaa. Tätä havaintoa voitaisiin yrittää hyödyntää rakentamalla toimivaa raportointia, jolla saataisiin pitkällä tähtäimellä tarkempaa informaatiota prosessien sähkölaitteiden heikoista lenkeistä. Se voitaisiin toteuttaa esimerkiksi I/O-koodauksella seuraavasti. Kun prosessin sähkölaitteeseen tulee vika ja siitä tulee vikailmoitus prosessijärjestelmään, niin samalla tulee työilmoitus ARTTU-järjestelmään, johon on koodattu ja kohdistettu valmis ARTTU-työ kyseiselle sähkölaitteelle. Näin ollen voitaisiin välttyä asentajan erikseen tekemältä ARTTU-työn perkaukselta, kun on jo valmis työ kohdistettuna, ajastettuna, jonka asentaja käy vain kuittaamassa valmiiksi, kun työ on tehty ja pystyy merkkamaan työtunnit ylös. Tämä toki vaatii sen, että toimivana jokaisella sähkölaitteella on oma kohdistettu ARTTU-työ ja sitä kautta työnnumero. Mutta pitkällä tähtäimellä se helpottaisi vian seuranta kohteessa, kun olisi selkeä aikajana valmiina ja pelkästään yhden ARTTU-työn aukaisemalla saataisiin laitteen tai laitteiston koko vikahistoria auki. Tämän avulla saataisiin luotua kuvaaja, jolle saadaan sähkölaitteen elinkaari, jossa nähdään vikamäärän kasvu aikajanelle. Kasvusta voitaisiin päätellä se, että onko tarvetta uusilla ja kuinka kiireisesti, niin myöskin saadaan seurantaan se, että kuinka paljon rahallista

häviötä on tullut kunnossapitokustannuksista kohteessa. Näin ollen ARTTU-järjestelmään jäisivät valmiiden töiden lisäksi enää vain ne satunnaiset työt, joille ei ole olemassa omaa valmista työtä.

Toimintatapana kuntotutkimus muodostuu mielestäni käyttöönottotarkastuksena tai sovellettuna määräaikaistarkastuksena, joka suoritetaan olemassa olevaan laitteistoon. Kyseinen laitteisto voi olla eri aikakaudelta, jolloin oli myös eri turvallisuusvaatimukset. Tämä tuo sen luonteen työhön, että pitää olla enemmän varuillaan mahdollisten vaaratilanteiden poissulkemiseksi, koska välttämättä kohde ei näytä siltä mihin on tottunut. Vuosien saatossa kehitystä on kuitenkin tapahtunut kosketussuojauksien, ilmvälien, turva- ja suojalaitteiden saralla. Tämä voisi toimia aiheena jatkotutkimukselle, jossa käydään läpi ja määritellään eri aikakausien laitteiden ominaisuuksia. Se hyödyttäisi kuntotutkijaa valmistautuessa työhön sekä siitä saatua informaatiota voitaisiin hyödyntää laitteiden kehitystyössä, kun on jo tiedossa mihin suuntaan kehitys on mennyt vuosikymmenien aikana, mistä voitaisiin sitten huomioida kehityksen positiiviset ja negatiiviset asiat sekä onko jotain kehityskelpoista jäänyt mahdollisesti huomioimatta, johon tämän päivän teknologia voisi antaa vastauksen.

Kuntotutkimuksessa halusin panostaa turvallisiin työmenetelmiin, koska mielestäni asiat pitää hoitaa turvallisesti loppuun asti ja muutenkin työturvallisuus edellyttää sitä. Myös SSAB Raahessa arvostetaan turvallista työskentelykulttuuria viimeiseen asti.

Harmittamaan jäi, että ei pystytty tekemään mittauksia sähkönlaadun suhteen teollisuusverkosta, johtuen ympärivuorokautisten prosessien tuomista rajoitteista. Sen lisäksi, että se olisi tuonut lisäarvoa kuntotutkimukselle ja näyttänyt todellisen kuvan teollisuusverkon sähkönlaadun tilasta, olisi se myös ollut mielenkiintoinen, kokemusta ja suoritusvarmuutta lisäävä tekijä itselleni päästä tekemään kyseinen toimenpide ja analysoimaan sekä miettimään tuloksia. Nyt kun sekä visuaalisessa tarkastelussa että kuntotutkimuksessa Te E43:een jäätiin silmämääräiseen arviointiin, joskin kuntotutkimuksessa tarkempaan, niin niistä ei pystytä kuitenkaan havaitse-

maan sähköverkossa olevia ongelmia ja mahdollisesti nurkan takana piileviä ongelmatilanteita. Mahdollisia ongelmatilanteita, joita mittauksilla voidaan havaita, ovat galvaanisia häiriöitä ja sähkömagneettisia häiriöitä. Galvaanisia häiriöitä ovat pitkittäiset- ja poikittaiset transientit, maadoitusviat, yliaaltovirrat ja –jännitteet, jännitekatkot, jännitetason vaihtelut ja epäsymmetria. Sähkömagneettisia häiriöitä taas ovat virtojen aiheuttamat magneettikentät, jännitteiden aiheuttamat sähkökentät ja radiotaajuiset häiriöt.

12 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää SSAB Raahen terässulaton pienjännitepääkeskusten sen hetkinen kunto ja milloin niiden uusiminen tulisi ajankohdattaiseksi. Näiden asioiden selvittämiseksi piti selvittää, miten pääkeskusten kuntoa voitaisiin mitata. Tavoitteena oli saada selkeä listaus pääkeskuksista, johon voitaisiin palata, kun uusia investointeja mietitään. Työ rajattiin niin, että jokaiseen pääkeskukseen pyritään tekemään visuaalinen tarkastelu ja yhteen tarkempi kuntotutkimus.

Raahessa terässulatolla kierrettiin ja etsittiin sähköasentajan avustamana kaikki pääkeskukset läpi ja tutustuttiin olemassa olevaan ympäristöön. Näin saatiin luotua ennakkokäsitys ja hahmotelma, minkälaisen ympäristön ja laitteiston kanssa oltiin tekemisissä. Etsintään hyödynnettiin tehtaan omaa arkistointia. Tämän perusteella luotiin listaus pääkeskuksista sijainneittain.

Teollisuuden pienjännitepääkeskusten visuaaliseen tarkasteluun ja tarkemman kuntotutkimuksen suunnitteluun hyödynnettiin Sähkö- ja teleurakoitsijaliiton STUL:n julkaisemaa Sähkö- ja tietojärjestelmien KUNTOTUTKIMUS-käsikirjaa sekä ST-kortiston kortteja 97.20 ja 97.40. Vaikka kyseinen käsikirja onkin enemmän soveltuva yleiseen sähköjakeluun, pystyi siitä kuitenkin ammentamaan tietoa teollisen sähköjakelun visuaaliseen tarkasteluun ja kuntotutkimuksen suunnitelman tekemiseen. Tärkeimmät sieltä löytyvät asiat liittyivät turvallisuustoimiin kuntotutkimusta suorittaessa ja toimintatapoihin erilaisissa tilanteissa.

Materiaalien pohjalta luotiin toimintasuunnitelma visuaalisen tarkastelun toteutukseen ja arviointiin. Tarkastelussa arvioidaan silmämääräisesti kohteiden mahdollisesti jäljellä olevaa käyttöikä, kotelointia, kosketussuojauksia, kalustusta ja mittareita sekä sisäisiä kaapelointeja. Arvioinnin perusteella annettiin arvioksi hyvä, tyydyttävä, heikko tai niiden väliltä. Työn suorittamisvaiheessa visuaalinen tarkastelu toteutettiin kaikkiin keskuksiin.

Tarkemman kuntotutkimuksen työhöjeesta tehtiin viisivaiheinen, jossa jokaisella askelmalla oli oma tarkoituksensa. Ensimmäiset kaksi askelta olivat työn valmisteluun liittyviä vaiheita, joissa käytiin läpi dokumentaatiota, mahdollisia vaaratilanteita ja turvallisuustoimenpiteitä. Viimeiset kolme vaihetta on kohteessa tehtäviä tarkasteluja, joka etenevät vaihe vaiheelta kohteen tarpeiden mukaan. Kohteeksi valikoitui tilaajan päättämänä pääkeskus Te E43. Prosessituotannosta johtuvien rajoitteiden vuoksi, kuntotutkimusta ei voitu suorittaa jännitteettömänä ja jännitekatkoa ei saanut tulla. Näiden seikkojen vuoksi kuntotutkimus jäi tarkastelultaan vaatimattomaksi.

Molempien sekä visuaalisen tarkastelun että tarkemman kuntotutkimuksen tulokset analysoitiin ja niistä kirjoitettiin omat raporttinsa, joissa käydään läpi arviot pääkeskuksista. Tilaaja osoitti tyytyväisyytensä raportteihin ja varsinkin visuaalinen tarkastelu onnistui niin kuin he olivat halunneet, eli toimien listauksena, jossa on pääkeskukset eritelty kunnan mukaan. Kuntotutkimuksen vaatimattomuutta harmittelivat, mutta tiedostivat prosessiteollisuuden luomat rajoitteet, jotka eivät olleet kierrettävissä.

LÄHTEET

- /1./ SSAB AB. Tietoja SSAB:stä. Viitattu 6.4.2017.
[<http://www.ssab.fi/ssab-konserni/tietoja-ssabsta>]
- /2./ SSAB Raahе. Raahen tehtaan esittelyaineisto 2016
- /3./ Holappa, T. 2011. Terässulaton sähköjakelu ja kunnossapito. Sähkötekniikan opinnäytetyö. Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu.
- /4./ SSAB Raahе, Terästuotanto
- /5./ Mäkinen M. & Kallio R. 2004. Teollisuuden sähköasennukset. Helsinki. OTAVA.
- /6./ Mäkinen M. & Kallio R. & Tantarimäki R. 2009. Prosessiteollisuuden sähkö- ja automaatioasennukset. Helsinki. OTAVA.
- /7./ Jokinen K. Teollisuuden ja voimalaitosten sähköjärjestelmät. Vaasan ammattikorkeakoulu. Vaasa. Luentomateriaali.
- /8./ Raahen Tehtaan Organisaatio-Materiaali
- /9./ Karppinen A. 2017. Maintenance Manager. SSAB Europe. Haastattelumateriaali.
- /10./ Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry. 2005. Sähkö- ja tietojärjestelmien KUNTOTUTKIMUS käsikirja. Sähköinfo Oy.
- /11./ Lampinen, J. 2016. Kunnossapidon mittaukset kolmivaihehoanalyysoitsijan avulla, Sähkötekniikan opinnäytetyö. Vaasan ammattikorkeakoulu.

LIITE 1

Pääkeskusten visuaalinen tarkastelu

SSAB Raahe / Terässulatto

Tekijä: Mikko Ojala

Sisällys

<u>JOHDANTO</u>	3
<u>MUUNTOASEMA 1 ELI ST80 SIJAITSEVAT PÄÄKESKUKSET</u>	4
<u>HUOMIOT:</u>	13
<u>EHDOTUKSET:</u>	14
<u>MUUNTOASEMA 2 ELI ST35 SIJAITSEVAT PÄÄKESKUKSET</u>	15
<u>HUOMIOT:</u>	20
<u>EHDOTUKSET:</u>	20
<u>MUUNTOASEMA 3 ELI ST48 SIJAITSEVAT PÄÄKESKUKSET</u>	21
<u>HUOMIOT:</u>	27
<u>EHDOTUKSET:</u>	27
<u>MUUNTOASEMA 4 ELI ST9 SIJAITSEVAT PÄÄKESKUKSET</u>	28
<u>HUOMIOT:</u>	31
<u>EHDOTUKSET:</u>	31
<u>1EMP ELI ST46 SIJAITSEVAT PÄÄKESKUKSET</u>	32
<u>HUOMIOT:</u>	34
<u>EHDOTUKSET:</u>	34
<u>ST62 SIJAITSEVAT PÄÄKESKUKSET</u>	35
<u>HUOMIOT:</u>	37
<u>EHDOTUKSET:</u>	37
<u>+TE.ST01D SIJAITSEVAT PÄÄKESKUKSET</u>	38
<u>HUOMIOT:</u>	40
<u>EHDOTUKSET:</u>	40
<u>YKSITTÄISET PÄÄKESKUKSET OMALLA SIJAINNILLAAN</u>	41
<u>HUOMIOT:</u>	45
<u>EHDOTUKSET:</u>	45


- **Johdanto**

Tässä raportissa käydään läpi terässulaton pääkeskuksille tehty visuaalinen arviointi. Arviointi asteikko on hyvä, tyydyttävä ja heikko.

Arviointiasteikko	Perustelu
Hyvä:	<ul style="list-style-type: none"> • Käyttöikää jäljellä 20 - 40 vuotta. • Kohteen koteloointi ja kosketussuojaus on hyvä. • Kalustus ja mittarit ovat ajan tasalla ja toimivat. • Keskuksen sisäiset kosketussuojaukset ovat hyvät. • Kaapeloinnit kunnossa.
Tyydyttävä:	<ul style="list-style-type: none"> • Käyttöikää on jäljellä 10 - 20 vuotta. • Kohteen koteloinnissa ja kosketussuojauksessa on lieviä ja satunnaisia puutteita. • Kalustus ja mittarit ovat ajan tasalla ja toimivat. • Keskuksen sisäisissä kosketussuojauksissa on lieviä ja satunnaisia puutteita. • Kaapeloinneissa on lieviä ja satunnaisia puutteita.
Heikko:	<ul style="list-style-type: none"> • Käyttöikää on jäljellä 0 - 10 vuotta. • Kohteen koteloinnissa ja kosketussuojauksessa on huomattavia puutteita. • Kalustuksessa ja mittareiden toiminnassa on puutteita. • Keskuksen sisäisissä kosketussuojauksissa on huomattavia puutteita. • Kaapeloinneissa on huomattavia puutteita.

- **Muuntoasema 1 eli ST80 sijaitsevat pääkeskukset**


Nimike	Sijainti	Koko	Käyttöalue
Te E04	Muuntoasema 1 eli ST80	400V	Konvertterin Päävalaistus



Arvio:	Tyydyttävä
--------	------------

Nimike	Sijainti	Koko	Käyttöalue
Te E05	Muuntoasema 1 eli ST80	400V	Välipumppaamo
			
Arvio:		Tyydyttävä/heikko	

Nimike	Sijainti	Koko	Käyttöalue
Te E06	Muuntoasema 1 eli ST80	400V	Välipumppaamo



Arvio:	Heikko
---------------	--------

Nimike	Sijainti	Koko	Käyttöalue
Te E07	Muuntoasema 1 eli ST80	400V	Välipumppaamo



Arvio:

Tyydyttävä/heikko

Nimike	Sijainti	Koko	Käyttöalue
Te E08	Muuntoasema 1 eli ST80	400V	Välipumppaamo

Arvio: Tyydyttävä/heikko

Nimike	Sijainti	Koko	Käyttöalue
Te E11	Muuntoasema 1 eli ST80	400V	Konverterriosasto



Arvio:

Tyydyttävä/hyvä

Nimike	Sijainti	Koko	Käyttöalue
Te E12	Muuntoasema 1 eli ST80	400V	Konvertteriosasto



Arvio:	Tyydyttävä/hyvä
---------------	-----------------

Nimike	Sijainti	Koko	Käyttöalue
Te E13	Muuntoasema 1 eli ST80	400V	Konvertteriosasto

Arvio:	Tyydyttävä/hyvä
---------------	-----------------

Nimike	Sijainti	Koko	Käyttöalue
+TE.14E	Muuntoasema 1 eli ST80	400V	Konvertteriosasto



Arvio:

Hyvä

Nimike	Sijainti	Koko	Käyttöalue
Te E15	Muuntoasema 1 eli ST80	400V	Konvertteriosasto
			
Arvio:		Heikko	

- **Huomiot:**


-Te E04-08 keskuksissa on kosketussuojaus heikko kennojen sisällä, rikkinäisiä mittareita, keskukset pölyttyneitä ja vanhahkoja. Huomattavasti on myös tyhjillään olevia kennoja.

-Te E15 on heikoin tämän tilan keskuksista.


- **Ehdotukset:**

-Te E15 keskus kannattaa päivittää tämän tilan keskuksista ensimmäisenä. Te E04-08 keskusten uusimisien kannalta kannattaa tarkistaa voidaanko keskuksien lähtöjä laittaa muihin keskuksiin ja samalla yrittää supistaa keskuksien lukumäärää jolla saataisiin lisätilaa ja mahdollisia säästöjä.

- **Muuntoasema 2 eli ST35 sijaitsevat pääkeskukset**

Nimike	Sijainti	Koko	Käyttöalue
Te E21	Muuntoasema 2 eli ST35	400V	JVK 1-2 Jäähdytyshalli
			
Arvio:		Tyydyttävä/hyvä	

Nimike	Sijainti	Koko	Käyttöalue
Te E22	Muuntoasema 2 eli ST35	400V	JVK 1-2
			
Arvio:		Tyydyttävä/heikko	

Nimike	Sijainti	Koko	Käyttöalue
Te E23	Muuntoasema 2 eli ST35	400V	JVK 1-2
			
Arvio:		Tyydyttävä/heikko	

Nimike	Sijainti	Koko	Käyttöalue
Te E24	Muuntoasema 2 eli ST35	400V	JVK 1-2
			
Arvio:		Tyydyttävä	

Nimike	Sijainti	Koko	Käyttöalue
TE E31	Muuntoasema 2 eli ST35	690V	Konehöylä Savukaasupuhallin
			
Arvio:		Hyvä	

- **Huomiot:**

-Te E22 ja E23 keskukset tilan huonokuntoisimmat.

- **Ehdotukset:**


-

- Muuntoasema 3 eli ST48 sijaitsevat pääkeskukset


Nimike	Sijainti	Koko	Käyttöalue
+TE.51E	Muuntoasema 3 eli ST48	400V	JVK 4-5




Arvio:	Hyvä
--------	------


Nimike	Sijainti	Koko	Käyttöalue
Te E52	Muuntoasema 3 eli ST48	400V	JVK 4-5
			
Arvio:		Heikko	


Nimike	Sijainti	Koko	Käyttöalue
Te E53	Muuntoasema 3 eli ST48	400V	JVK 4-5





Arvio:	Heikko
---------------	--------

Nimike	Sijainti	Koko	Käyttöalue
Te E54	Muuntoasema 3 eli ST48	400V	4-5-6 Pumppaamo
			
Arvio:		Tyydyttävä	

Nimike	Sijainti	Koko	Käyttöalue
Te E55	Muuntoasema 3 eli ST48	400V	4-5-6 Pumppaamo
			
Arvio:		Heikko	

Nimike	Sijainti	Koko	Käyttöalue
Te E56	Muuntoasema 3 eli ST48	400V	4-5-6 Pumppaamo



Arvio:

Heikko

- **Huomiot:**

-Te E52, E53, E55 ja E56 eli Urho Tuomiset ovat vanhoja ja tämän tilan huonoimmat. Varaosa-tilanne niihin on heikko. Kyseiset keskukset voivat iäkkyydellään aiheuttaa vaaratilanteita nykyisen sukupolven asentajille, jotka eivät ole tietoisia kyseisten keskusten toiminnoista.

- **Ehdotukset:**


-Urho Tuomiset kannattaa uusien yksitellen tarpeen mukaan, jotta saadaan vanhoista varaosia niihin, jotka ovat pitempään käytössä.

- Muuntoasema 4 eli ST9 sijaitsevat pääkeskukset

Nimike	Sijainti	Koko	Käyttöalue
Te E42	Muuntoasema 4 eli ST9	400V	Konv. Jaos
			
Arvio:		Hyvä	

Nimike	Sijainti	Koko	Käyttöalue
Te E43	Muuntoasema 4 eli ST9	690V	Konv. Jaos Sekund.pölynpoisto
			
Arvio:		Hyvä	

Nimike	Sijainti	Koko	Käyttöalue
Te E44	Muuntoasema 4 eli ST9	690V	Konv. Jaos Sekund.pölynpoisto



Arvio:	Hyvä
---------------	------

- **Huomiot:**

-

- **Ehdotukset:**

-

- **1EMP eli ST46 sijaitsevat pääkeskukset**


Nimike	Sijainti	Koko	Käyttöalue
Te E57	1EMP eli ST46	400V	JVK 4 ja 5 tyristörikäytöt



Arvio:

Tyydyttävä/heikko

Nimike	Sijainti	Koko	Käyttöalue
Te E58	1EMP eli ST46	400V	JVK 4 ja 5 tyristörikäytöt



Arvio:	Tyydyttävä/heikko
---------------	-------------------

- **Huomiot:**

-Tilan pääkeskukset ovat vanhahkoja Urho Tuomisia, joihin varaosatilanne on heikko.

- **Ehdotukset:**

-Toinen vähitellen uusintaan, josta saataisiin toiselle vielä varaosia.

- **ST62 sijaitsevat pääkeskukset**

Nimike	Sijainti	Koko	Käyttöalue
Te E61	ST62	400V	JVK-6
			
Arvio:		Hyvä	

Nimike	Sijainti	Koko	Käyttöalue
Te E62	ST62	400V	JVK-6
			
Arvio:		Hyvä	

- **Huomiot:**

-

- **Ehdotukset:**

-

- **+TE.ST01D** sijaitsevat pääkeskukset


Nimike	Sijainti	Koko	Käyttöalue
TE.35.17E	+TE.ST01D	400V	Lietteenkäsittely



Arvio:

Hyvä

Nimike	Sijainti	Koko	Käyttöalue
TE.35.18E	+TE.ST01D	400V	Lietteenkäsittely



Arvio: Hyvä


- **Huomiot:**

-

- **Ehdotukset:**


-

- **Yksittäiset pääkeskukset omalla sijainnillaan**

Nimike	Sijainti	Koko	Käyttöalue
TE.29.48E	+TE.ST91	400V	Sekundääri Pölynpoisto
			
Arvio:		Hyvä	

Nimike	Sijainti	Koko	Käyttöalue
TE E71	TIILIVARAST.ETELÄPÄÄ PK-HUONE	400V	Kuonanmurskaamon Pääkeskus
Arvio:		Tyydyttävä/heikko	

Nimike	Sijainti	Koko	Käyttöalue
TE E81	MUUNTAMO TE M81	400V	Romuterminaali

	
Arvio:	Tyydyttävä

Nimike	Sijainti	Koko	Käyttöalue
TE E82	Romunpolttolaitoksen puistomuuntamo ST74	400V	Romunpolttolaitos
Arvio:		Tyydyttävä/heikko	

- **Huomiot:**

-

- **Ehdotukset:**

-



LIITE 2

Kuntotutkimusra- portti Te E43

SSAB RAAHE / TERÄSSULATTO
MIKKO OJALA

Sisällys

1. Tiivistelmä	2
2. Kohteen tunnistetiedot ja yleiset tiedot	3
3. Kuntotutkimukselle sovitut rajat ja tavoitteet	5
4. Käytetyt kuntotutkimusmenetelmät ja niiden tavoitteet	6
Toimintaperiaate	6
Vaihe 1: Ennakovalmistelut	6
Vaihe 2: Turvallisuustoimenpiteet	6
Vaihe 3: Ulkoinen arviointi ja silmämääräinen tarkistus	7
Vaihe 4: Perusmittaukset ja toiminnantestaus	7
Vaihe 5: Seurantamittaukset ja muut lisätestetit	8
5. Tehdyt havainnot ja saadut mittaus- ja laboratoriotutkimukset	9
6. Johtopäätökset	31

1. Tiivistelmä

Kohteeseen Te E43 suoritettiin kuntotutkimus toimintaperiaatteen mukaisesti, ottaen huomioon tilaajan kanssa sovitut toiveet sekä rajoitteet.

2. Kohteen tunniste- ja yleistiedot

- Kuntotutkimuksen tekijä: Mikko Ojala
- Kuntotutkimuksen tilaaja: SSAB, Aki Karppinen

Kohteen tiedot:

- Nimi: Te E43
- Kohde: Prosessiteollisuuslaitoksen pienjännitepääkeskus
- Käyttöönoton ajankohta:
- Sijainti: SSAB Raahe, Terässulatto, Sähkötila 9
- Malli: Kennokeskus
- Toimittaja: ABB INDUSTRY OY
- Alkup.Nro: 4004 YA 4YS11
- Kotelointi: IP21
- Käyttöalue: Konvertterijaos, Sekundääripölynpoisto
- Tekniset tiedot:
 - Un: 690 V
 - In: 3150 A
 - f : 50 Hz
 - I1s: 50 kA
 - Idyn: 110 kA
 - I5s: 7056 A
 - I0,4s: 10,08 A
 - Im: 4x
 - Ir: 0,8
- Jakelujärjestelmä: L1, L2, L3, PE
- Maadoitus:
- Syöttö: TE M43 Kuivamuuntaja 10,5 / 0,69 kV, 3,15 MW

- Lähdöt:
 1. RIAB- JÄNNITTEENJAKELU
 2. VARA
 3. PÄÄPUHALLIN 1
 4. JÄÄHDYTYSVESIPUMPPU TE26053-P
 5. MOOTTORILÄHTÖ
 6. PROSESSIKESKUS TE E4306
 7. PROSESSIKESKUS VARASYÖTTÖ MIKSER. KUONAKUOKAT JA PEI-TOSA. TE E4307
 8. PROSESSIKESKUS PÄÄSYÖTTÖ SENKKAUUNI (LF) TE E4308
 9. PROSESSIKESKUS VARASYÖTTÖ VAKUUMI (VD) TE E4408
 10. KOMPRESSORI TE 44690M
 11. KOMPRESSORI TE 44691M
 12. PUHALLIN 3
 13. VARA
 14. KOMPENSOINTIPARISTO KENTTÄ 04 SYÖTTÖ
 15. KOMPENSOINTIPARISTO KENTTÄ 01 SYÖTTÖ
 16. RIKINPOISTO PÄÄSYÖTTÖ TE E4416
 17. MIKSERI 1 KÄÄNTÖKÄYTTÖ MOOTTORI 1
 18. MIKSERI 2 KÄÄNTÖKÄYTTÖ MOOTTORI 1
 19. VARA
 20. VARA
 21. KOMPENSOINTIPARISTO KENTTÄ 02 SYÖTTÖ
 22. VARA
 23. KOMPENSOINTIPARISTO KENTTÄ 03 SYÖTTÖ
- Kiskot (keskuksessa) :
 - Materiaali: Al
 - Pituus: 6,6m
 - Lukumäärä: 8 kpl
 - koko: 400mm2
 - Pinnoitus: kirkas
- Kiskot (syötössä) :
 - Materiaali: Al (osa kuparia)
 - Pituus; 3,5m
 - lukumäärä: 6kpl
 - koko: 400mm2
 - Pinnoitus: muovi

3. Kuntotutkimukselle sovitut rajat ja tavoitteet

Kuntotutkimuksen tavoitteena on selvittää TE E43 pienjännitepääkeskuksen sen hetkinen tila, turvallisuustilanne ja missä vaiheessa kyseinen keskus on elinkaartaan. Näiden perusteella saadaan arvio siitä, milloin uusiminen tulisi ajankohtaiseksi. Erityisenä tarkkailun kohteena on se, että onko kyseinen pääkeskus turvallinen.

Rajoitteena kuntotutkimukselle on jatkuva prosessituotanto, jonka takia työ suoritetaan jännitteellisenä, koska jännitekatkoja ei saa tulla. Työn jännitteellisyyden vuoksi mittaukset jätetään toteuttamatta.

4. Käytetyt kuntotutkimusmenetelmät ja niiden tavoitteet

Toimintaperiaate

Kuntotutkimuksessa hyödynnettiin ja sovellettiin STUL:n kuntotutkijan käsikirjaa sekä ST-kortiston ohjeita 97.20 ja 97.40. Näiden pohjalta luotiin viisivaiheinen työohje. Työohjeen ensimmäiset kaksi vaihetta keskittyvät kuntotutkimuksen suunnitteluun ja ennakovalmisteluun. Vaiheet 3, 4 ja 5 ovat suoritteita, joita suoritetaan kohteessa. Näissä viimeisessä kolmessa vaiheessa siirrytään seuraavaan vaiheeseen vain jos kohteen kunto sitä vaatii.

Vaihe 1: Ennakovalmistelut

Ensimmäisessä vaiheessa työkohteeseen tutustutaan teoreettisesti käymällä läpi siihen liittyviä dokumentteja. Niitä tutkimalla saadaan oletus työkohteen vaativuudesta ja mahdollisista vaaratilanteiden aiheuttajista. Sen lisäksi, että käydään läpi kohteen valmistaja- ja sähkötekniset tiedot, kuten syöttö, lähdöt, materiaalit ja kalustus, selvitetään myös työkohteen ikä, ympäristö, sijainti, lähtöjen käyttöalue prosessien takia ja mahdollinen takajännite. Nämä asiat selvittämällä saadaan hahmotelma kohteesta ja voidaan jo etukäteen realisoida tulevat haasteet ja riskit. Sillä jos kohde on iäkkäämpi, voidaan päätellä että sen käyttöönottovaiheessa on ollut löyhemmät vaatimukset mitä tänä päivänä ja se tuo mahdollisia vaaratilanteita olemattomien kosketussuojien, maadoittamattomuuden ja niukkojen ilmavälien kanssa. Jos taas kohde on osa prosessia, voidaan päätellä, että työ pitää mahdollisesti suorittaa jännitteellisenä. Myös prosessien muissa keskuksissa olevat varalähdöt pitää huomioida, sillä ne voivat tuoda takajännitteen riskin.

Vaihe 2: Turvallisuustoimenpiteet

Toisessa vaiheessa käydään läpi turvallisuustoimet kuntotutkimuksen suorittamiseen. Tässä vaiheessa tiedetään jo kohteen vaatimukset teoreettisesti ja se jos suoritus pitää tehdä jännitteellisenä. Selvitetään, että suorituksen tekijä(t) ovat sähköalan ammattilaisia, joilla on sähköturvallisuuskortti voimassa ja tuntee eri työskentelytavat. Jos työ joudutaan suorittamaan jännitteellisenä, niin työssä käytetään virallisia jännitetyömenetteilyjä. Työntekijän henkilökohtainen varustus on seuraava:

- valokaari- ja palosuojattu vaatetus
- kasvosuojain
- jännitetyökäsineet
- jännitetyökengät
- jännitetyöhön soveltuvat työkalut
- varoituskilvet
- riippulukot
- mittalaitteet vähintään CAT III-suojauksella.

Vaihe 3: Ulkoinen arviointi ja silmämääräinen tarkistus

Työvaiheessa kolme siirrytään kohteeseen ja tästä eteenpäin siirrytään seuraavaan vaiheeseen vain jos sille nähdään tarvetta.

Tässä vaiheessa tarkastellaan silmämääräisesti kohteen ympäristö sekä kohde ulkoa että sisältä. Kohteen ympäristöstä katsotaan siisteys ja onko siellä mahdollisesti jotain sinne kuulumatonta roinaa.

Ulkoisesti kohdetta tarkastellaan seuraavasti:

- koteloinnin kunto ja kosketussuojaus
- ulkoisen kalustuksen tila sekä mittareiden toimivuus
- keskusmerkinnät, joissa erityishuomiota kiinnitetään turvallisuusmerkintöihin.

Sisäisesti eli keskuksen sisältä kohdetta tarkastellaan seuraavasti:

- kosketussuojauksien kunto
- keskusmerkinnät, joissa erityishuomiota kiinnitetään turvallisuusmerkintöihin
- liitosten kunnan toteaminen
- maadoitusten kunto ja merkinnät
- kaapelointien kunto.

Samalla, kun kohdetta tarkastellaan ulkoisesti ja sisäisesti, vertaillaan sitä olemassa oleviin dokumentteihin ja tarkastetaan ovatko dokumentit ajan tasalla.

Vaihe 4: Perusmittaukset ja toiminnantestaus

Tähän vaiheeseen siirrytään vain jos edellisen vaiheen jälkeen sille nähdään tarvetta.

Tässä vaiheessa tulee mittauksesta ja testauksesta riippuen jännitekatkoja ja niiden suorittamisesta sovitaan erikseen tilaajan kanssa ja tehdään asianmukainen tiedotus suoritushetkestä ja jännitekatkosta. Vaiheessa neljä suoritetaan perusmittauksia, turvallisuusmittauksia ja testataan toimintaa:

- Perusmittauksissa mitataan keskuksen pääpiireistä vaihevirratt ja vaihejännitteet. Mittauksissa käytetään yleismittaria ja pihtiampeerimittaria, joissa on True RMS-toiminto. Mittauspöytäkirjaan merkitään mukaan päivämäärä ja kellonaika.
- Turvallisuusmittauksissa ja –testauksissa tehdään oikosulkuvirtamittaus, joka mitataan pääkeskuksen syöttökohdan kiskostolta tai pääkytkimeltä, suojajohtimien jatkuvuustestaus pistokoemenetelmällä eri puolilta keskusta ja eristysvastusmittaus, joka suoritetaan jos epäillä eristeaurioita.
- Toiminnantestauksessa testataan pääkeskuksen toimintoja ja laiteohjauksia, kuten suojalaitteiden toimivuutta, jos sille nähdään aihetta.

Vaihe 5: Seurantamittaukset ja muut lisätestit

Tähän vaiheeseen siirrytään vain jos edellinen vaihe antaa sille aiheutta ja jos työkohteen luonne sitä sisällöltään vaatii.

Mikäli kohteella on kuormana paljon säätökäyttöjä, valaistusta, moottoreita, epäillään ylikuormittumista ja ylikäynnemää tai kyseisessä sähköverkossa on häiriöitä, jotka vaikuttavat laitteiden toimivuuteen ja aiheuttavat käyttökatkoja, niin voi olla perusteltua suorittaa myös pitempikestoisia sähkölaadun seurantamittauksia. Seurantamittaukset suoritetaan siihen soveltuvalla verkkoanalysointilaitteella, kuten tehoanalysointilaitteella, jolla saadaan kattava hahmotella sähköverkon suureista määrättyllä ajanjaksolla. Samassa yhteydessä voidaan suorittaa lämpötilan seuranta lämpötilaloggerilla, jolloin saadaan selville onko sähköverkossa tapahtuvilla ilmiöillä syy lämpenemisiin. Toinen vaihtoehto lämpötilan selvityksille on lämpökamera tai infrapunatermometri, joilla mitataan hetkellislämpötila kuormitushetkellä.

Kohteen häiriöistä riippuen voidaan suorittaa magneettikentänarvonmittaukset magneettikenttämittarilla ja mekaanisia testauksia, kuten ruuviliitosten kireyden tarkastus, johtimien haurauden kokeilu kärkipihdeillä, komponenttien kiinnityksen testaus, kansien kiinnityksen ja saranoiden testaus sekä kytkimien ja toimilaitteiden ohjauksien testaus.

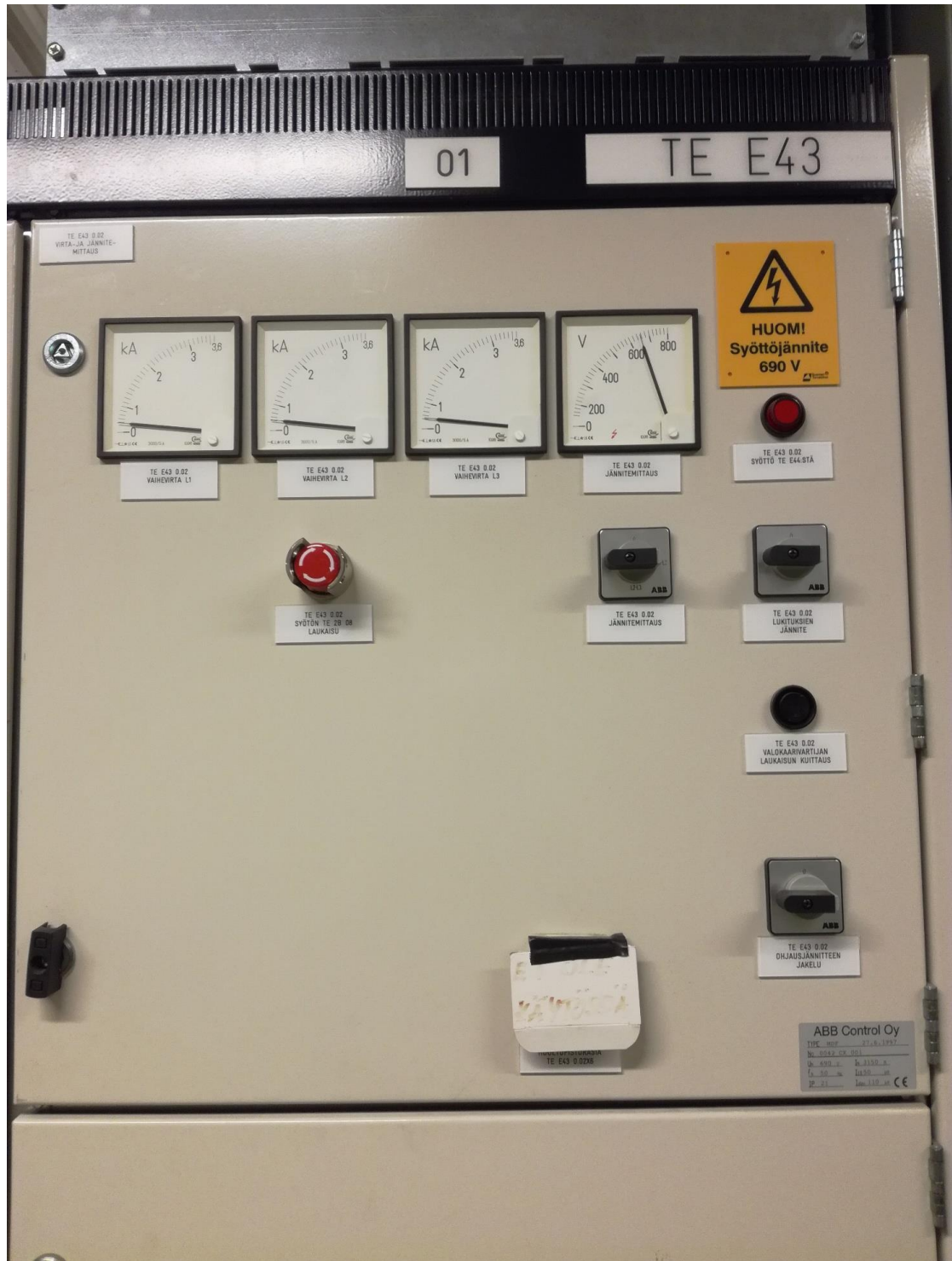
5. Tehdyt havainnot ja saadut mittaus- ja laboratoriotutkimukset

Ulkoisen arviointi ja silmämääräinen tarkistus:

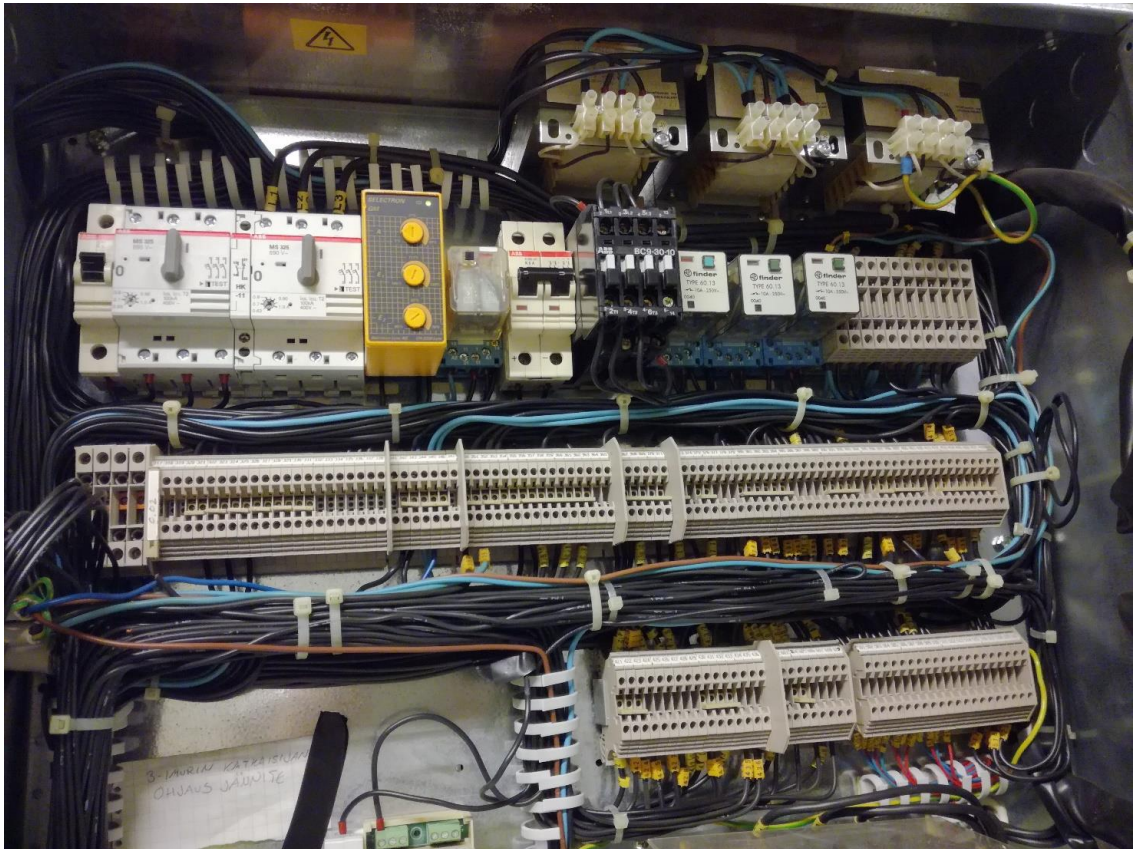
Ympäristön tila:	Siisti. Sähkötilat lukkojen takana.
Kohteen koteloinnin kunto ja kosketussuojaus:	Kunnossa. Kosketussuojattu. Turvallinen.
Ulkoisen kalustuksen tila sekä mittareiden toimivuus:	Mittarit reagoivat ja toimivat. Katkaisijoiden huollot ajan tasalla. Huoltopistorasia paikoillaan, mutta laputettu käytöstä poistetuksi.
Ulkoiset keskusmerkinnät:	Löytyy, voisi olla tarkemmin kohdistettuja.
Sisäisten kosketussuojien kunto:	Sähköavaimilla suojattu. Katkaisijoiden kytkentöjen pleksisuo- jissa puutteita.
Sisäiset keskusmerkinnät:	PE-merkinnät on kiskoihin tehty tussilla. Kaapeleista löytyy johtolähtöjen merkinnät. Johtimissa ei juuri merkintöjä.
Liitosten kunto:	Päällisin puolin kunnossa.
Maadoitusten kunto ja merkinnät:	Maadoitusten johtavuus pistotarkastettiin mittaamalla ilman jännitettä. Kunnossa. Merkinnät ainoastaan tussilla tehtyjä. Ei kaapeli, eikä johdinmerkintöjä.
Kaapelointien kunto:	Kunnossa. Keskuksen sisällä yksi kaapeli irti, josta johtimien päitä ei ole suojattu.
Vertailu dokumentteihin:	Muuten OK, mutta 05-kenno varana (kuvissa katkoviivoitettu moottorilähtö), 10- ja 11-kennojen lähdöt kuvissa väärinpäin, 23-kenno tyhjä (kuvissa kompensointiparisto).



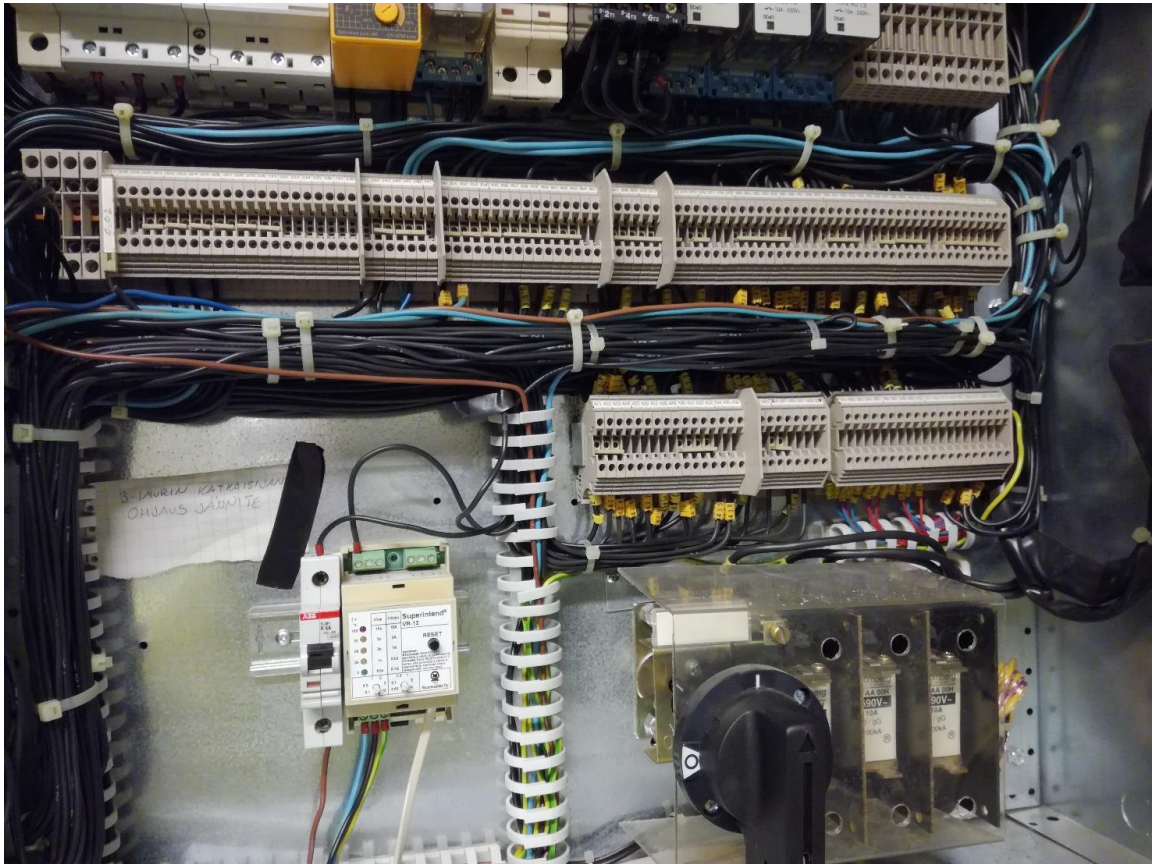
Kuvio 1. Kohde Te E43



Kuvio 2. Mittarit sekä käytöstä poistettu huoltopistorasia, jonka voisi poistaa kokonaan tai huoltaa kuntoon.



Kuvio 3. Mittareiden kaapelointeja, joissa johdinmerkinnät voisi olla tarkemmin.



Kuvio 4. Mittareiden kaapelointeja, joissa johdinmerkinnät voisi olla tarkemmin.



Kuvio 5. Pääkytkimen katkaisija, Huolto ajan tasalla



Kuvio 6. Varasyötön katkaisija, huolto ajan tasalla



Kuvio 7. Toinen kuva varasytön katkaisijasta



Kuvio 8. Varalla oleva katkaisija, huolto ajan tasalla



Kuvio 9. Pääpuhallin 1 katkaisija, huolto ajan tasalla



Kuvio 10. Puhallin 3 katkaisija, huolto ajan tasalla



Kuvio 11. Varalla oleva katkaisija, huolto ajan tasalla



Kuvio 12. Katkaisijan kaapelointeja ja kosketussuojauksia, jotka voisivat olla keskuksen juureen asti.



Kuvio 13. Varakatkaisija ilman kaapelointeja ja kosketussuojauksia



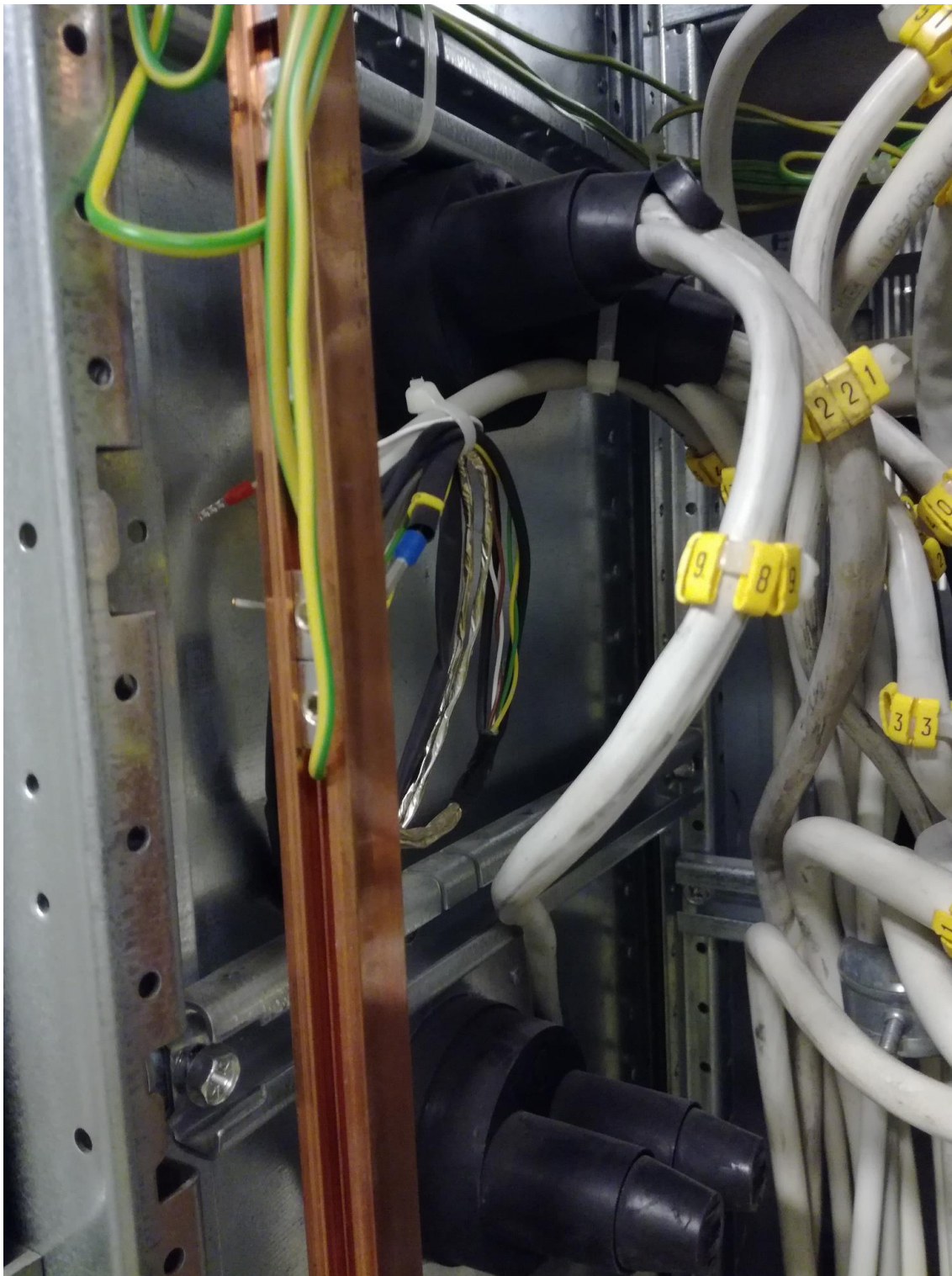
Kuvio 14. Katkaisijan kosketussuojaukset



Kuvio 15. Katkaisijan kosketussuojaukset



Kuvio 16. Keskuksen sisäisiä kaapelointeja. PE-merkinnät voisi olla muullakin tavalla kuin tussilla tehtyjä.



Kuvio 17. Pääkeskuksen sisältä löytyi kaapeli, jonka johtimien päät olivat paljaana ja lähellä maadoitusko-
koa.



Kuvio 18. Kompensointikondensaattorin räjähdysten aiheuttamat mustumat. Nimikyltti on jäänyt paikoilleen, vaikka lähtöä ei enää ole. Myös dokumenteista unohtunut poistaa.

Perusmittaukset ja toiminnan testaus:

Ei voitu suorittaa työn rajoitusten vuoksi.

Seurantamittaukset ja muut lisätestit:

Ei voitu suorittaa työn rajoitusten vuoksi.

Lisäselvityksiä:

Katkaisijoiden varaosatilanne:	
---------------------------------------	--

6. Johtopäätökset

Tämän kuntotutkimuksen perusteella pääkeskus vaikuttaa hyväkuntoiselta ja turvalliselta käyttää sekä käyttöikää sillä pitäisi olla vielä runsaasti, minkä vuoksi sen uusiminen ei ole vielä ajankohtaista. Katkaisijoiden huollot ovat ajan tasalla ja niiden kosketussuojaus on riittävällä tasolla. Dokumentit pitää päivittää ajan tasalle ja irtonainen kaapeli pitää poistaa tai kytkeä niin ettei se pääse aiheuttamaan vaaratilanteita. Johdinmerkintöjä voisi olla tarkemmin laitettuna varsinkin PE-puolella.