

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Sähkötekniikan koulutusohjelma

Matti Hakkarainen

MATERIAALINKÄSITTELYKONEEN SÄHKÖJÄRJESTELMÄN
LÄMPÖKUVAUS JA DOKUMENTOINTI

Opinnäytetyö
Marraskuu 2015



OPINNÄYTETYÖ
Marraskuu 2015
Sähkötekniikka

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
013 260600

Tekijä
Matti Hakkarainen

Nimeke
Materiaalinkäsittelykoneen sähköjärjestelmän lämpökuvaus ja dokumentointi

Toimeksiantaja
Mantsinen Group Ltd Oy

Tiivistelmä

Tässä opinnäytetyössä käsitellään lämpökuvausta sähkölaitteistojen kunnossapidon välineenä.

Lämpökuvausta voidaan hyödyntää lukuisissa eri käyttötarkoituksissa. Lämpökameroita on saatavilla niin yksityiskäyttöön kuin sotilaallisiin sovelluksiinkin. Lämpökamera havaitsee kappaleen lähettämää infrapunasäteilyä ja luo siitä kuvan kameran näytölle.

Opinnäytetyössä tarkoituksena oli suorittaa tarvittavat lämpökuvat materiaalinkäsittelykoneen 500 V:n sähköjärjestelmästä sekä laatia tuloksista tarvittavat dokumentit.

Lämpökuvausprosessi täytti opinnäytetyölle asetetut tavoitteet. Lämpökuvausta käytetään jatkossa osana koneiden lopputarkastusta.

Kieli
suomi

Sivuja 30
Liitteet 1
Liitesivumäärä 10

Asiasanat
Lämpökuvaus, Lämpökamera, Sähkökunnossapito



THESIS
March 2015
Electrical engineering

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
FINLAND
013 260600

Author
Matti Hakkarainen

Title
Thermal imaging of material handling machines electrical system

Commissioned by
Mantsinen Group Ltd Oy

Abstract

This thesis focuses to thermal imaging in electrical maintenance.

Thermal imaging can be used in various applications. Thermal cameras can vary from personal use to military class applications. Thermal camera detects infrared radiation and transforms it to visible image at camera screen.

Purpose of this thesis is to perform necessary thermal imaging for 500V electrical system of material handling machine. I also created thermal imaging documents after analyzing the results.

Thermal imaging process filled the targets set. It is now used as part of material handling machines final inspection.

Language
Finnish

Pages 30
Appendices 1
Pages of Appendices 10

Keywords

Thermal imaging, Thermal camera, Electrical maintenance

Sisältö

1	Johdanto	5
2	Mantsinen Group	6
3	Lämpökuvauus	7
3.1	Lämpökameran toiminta	7
3.2	Lämpö- ja infrapunasäteily	8
3.3	Säteily	8
3.4	Konduktio ja konvektio	9
3.5	Emissiivisyys	9
3.6	Resistanssi	11
3.7	Optiikka	12
4	Sähkölaitteiston kunnossapito	13
4.1	Sähkölaitteiston lämpökuvauus	14
4.2	Sähkölaitteistojen lämpökuvauksen vaatimuksia	14
4.3	Vianetsintä	18
4.4	Lämpökuvauksen raportointi	19
5	Työvälineet	20
	Fluke Ti125	20
6	Lämpökuvauksen toteutus ja raportointi	21
6.1	Kuvauksen valmistelu	22
6.2	Lämpökuvauksen toteutus	23
7	Yhteenveto	28
8	Liite 1	30

1 Johdanto

Opinnäytetyön aiheena oli Mantsinen Groupin valmistamien materiaalinkäsittelykoneiden sähköjärjestelmien lämpökuvaus ja siihen liittyvän dokumentoinnin laatiminen. Koneiden sähköjärjestelmiä ei aikaisemmin järjestelmällisesti tarkastettu lämpökuvausta apuna käyttäen, joten minulle tarjoutui mahdollisuus suorittaa aiheesta opinnäytetyö.

Aluksi perehdytään lämpösäteilyn perusominaisuuksiin sekä tutustutaan lämpökameran toimintaan. Edellä mainituista asioissa käsitellään lähinnä lämpökuvaukseen vaikuttavia tekijöitä, kuten mm. lämpösäteilyn heijastumista. Lämpökameran toiminnasta käydään läpi perusasiat.

Sähkölaitteistojen lämpökuvaukseen sekä kunnossapitoon tutustutaan ST-kortiston standardien ja ohjeiden avulla. Minulla ei ollut aikaisempaa kokemusta sähkölaitteistojen kunnossapidosta, joten minun täytyi perehtyä kyseisiin asioihin kirjallisuuden sekä internetistä löytyvän materiaalin avulla.

Lopuksi käydään läpi lämpökuvausprosessia ja sen valmistelua. Kyseisessä osiossa esittelen kuvattavan kohteen sekä kuvauksissa käytetyn lämpökameran. Lisäksi esillä on lämpökuvausraportista poimittuja huomionarvoisia kohtia, joita olen kommentoinut muutamilla lauseilla.

2 Mantsinen Group

Mantsinen on paikallinen yritys, jolla on vahvat paikalliset juuret. Toiminta on jakautunut kahteen liiketoimintayksikköön: materiaalinkäsittelykoneiden ja lisälaitteiden valmistukseen sekä logistiikkapalveluihin. Materiaalinkäsittelykoneet valmistetaan Pohjois-Karjalassa, Ylämyllyllä ja toimitetaan maailmanlaajuisesti kumppaniverkoston kautta. Mantsinen aloitti toimintansa 1963 tarjoamalla logistiikkapalveluita metsäteollisuudelle Suomessa ja Venäjällä. Yritys käsittelee vuosittain noin 25miljoonaa tonnia pyöreää puuta ja muuta irtotavaraa. Mantsinen aloitti hydraulisten materiaalinkäsittelykoneiden valmistuksen 1990-luvun lopussa. Kyseisiä koneita löytyy muun muassa satamista, tehdasympäristöistä sekä terminaaleista.

Materiaalinkäsittelykoneilla puretaan ja lastataan hiiltä ja muuta irtotavaraa, romumetallia sekä terästeollisuuden lopputuotteita, pyöreää puuta sekä metsäteollisuuden lopputuotteita sekä muita kappaletavaroita. (Mantsinen Group.)

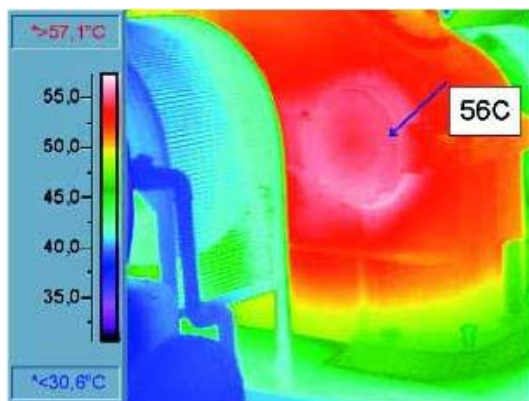
3 Lämpökuvaus

Lämpökuvausta voidaan käyttää monissa eri sovelluksissa. Nykypäivänä lämpökameroiden käyttö on lisääntynyt nopeasti kunnossapidon työkaluna. Lämpökuvausta voidaan hyödyntää esimerkiksi ylikuormituksen etsintään sähköasennuksissa, laakerivikojen etsintään teollisuudessa, lämpövuotojen etsintään rakennuksissa tai kaukolämpöverkkojen vuotokohtien paikantamiseen. (Opetushallitus, 5.11.2015)

Lämpökameralla vikojen etsintä käy nopeasti, koska sen avulla voidaan käyttää NDT-menetelmää (non destructive testing). Tarkastettavaa komponenttia ei tarvitse purkaa, vaan vika voidaan paikantaa lämpökameran kuvan perusteella. (Opetushallitus.)

3.1 Lämpökameran toiminta

Lämpökameran toiminta perustuu lämpösäteilyn havaitsemiseen. Lämpökamera mittaa kuvattavan kohteen pinnasta lähtevän lämpösäteilyn, infrapunasäteilyn, voimakkuutta. Lämpökamera muuttaa lämpösäteilyvoimakkuuden lämpötilatiedoksi, josta muodostetaan lämpökuva digitaalisesti kamerasäädin näytölle. Kuvassa 1 on esitettyä lämpökameran näytöllä näkyvä kuva. Näytön grafiikassa on eroja kamerasäädin valmistajasta riippuen. (Paloniitty Oy, 5.11.2015.)



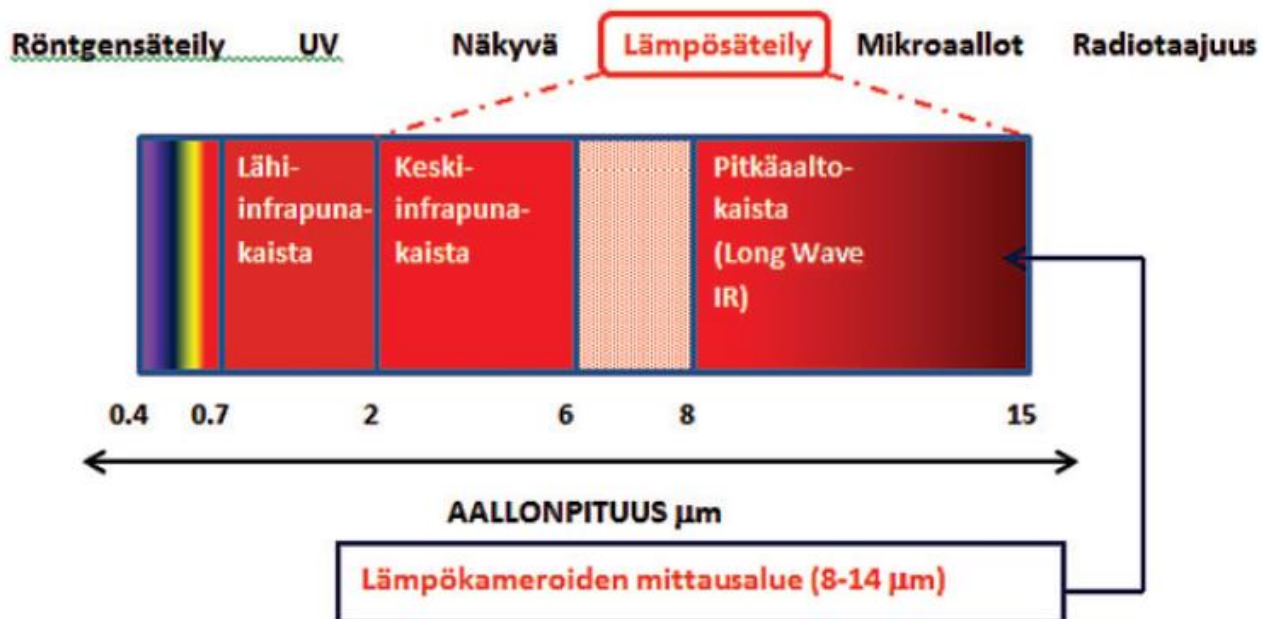
Kuva 1. Lämpökameran kuva

3.2 Lämpö- ja infrapunasäteily

Lämmön siirtyminen perustuu termodynamiikan lakiin ja se voi tapahtua kolmella eri tavalla.

3.3 Säteily

Ensimmäiseksi käsitellään säteilyä. Se tarkoittaa elektromagneettisten säteiden siirtymistä ilmassa. Jokainen materiaali säteilee infrapunaenergiaa, mikäli sen lämpötila on absoluuttisen nolapisteen eli -273°C :n yläpuolella. Lämpökamera mittaa juuri tätä kyseistä säteilyenergiaa, eikä suoraan lämpötilaa. Kamera käsittelee IR-säteilyä Kelvin-asteikon avulla, jonka jälkeen lämpötilatieto muunnetaan käyttäjän valinnan mukaan celsiusasteiksi tai fahrenheitasteiksi. Pitkäaaltoinen infrapunasäteily ei läpäise esteitä, jonka vuoksi kuvaus on suoritettava esteettömästä kohteesta. Esteet, suojat, yms. on poistettava asianmukaisia suojavälineitä käyttäen ennen kuvausten aloittamista. Poikkeuksena on infrapunaikkuna, jonka läpi voidaan mitata infrapunasäteilyä. (ST 53.62, Sähkölaitteistojen lämpökuvaus, s. 5)



Kuva 2. Säteilyn aallonpituudet (ST 53.62, Sähkölaitteistojen lämpökuvaus)

3.4 Konduktio ja konvektio

Konduktiolla ja konvektiolla määritellään lämpöenergian tapaa siirtyä aineessa. Konduktiolla tarkoitetaan lämmön siirtymistä kiinteän kappaleen sisällä kun taas konvektiolla tarkoitetaan lämmön virtausta kaasussa tai nesteessä. Lämpö liikkuu kaasussa sekä nesteessä ylöspäin. (ST 53.62, Sähkölaitteistojen lämpökuvaus, s. 6)

3.5 Emissiivisyys

Emissiivisyydellä mitataan aineen kykyä heijastaa lämpösäteilyä. Jos materiaali ei heijasta lainkaan lämpösäteilyä, arvo on 1. Materiaali, joka heijastaa täydellisesti lämpösäteilyä saa arvon 0. Asteikon ääriarvot 0-1 ovat vain teoreettisia, koska millään materiaalilla ei ole kyseisiä ääriominaisuuksia. Todellisuudessa arvot ovat asteikon ääriarvojen välillä. Emissiokerroin tarkoittaa kappaleen kokonaissäteilyn suhdetta sen oman säteilyn määrään. Esimerkiksi jos $\varepsilon = 0,75$, 75% on omaa lämpötilaa ja 25% säteilystä tulee jostain muualta. Kappaleen pintaan saapuva IR- säteily käyttäytyy seuraavasti: osa heijastuu (r), osa imeytyy eli absorboituu lämpönä (a) ja osa kulkee kohteen läpi (t). (ST 53.62, Sähkölaitteistojen lämpökuvaus, s. 5)

Tähän pätee termodynamiikan 1. lain mukainen kaava:

$$\rho + \alpha + \tau = 1 \quad (\text{Kaava 1})$$

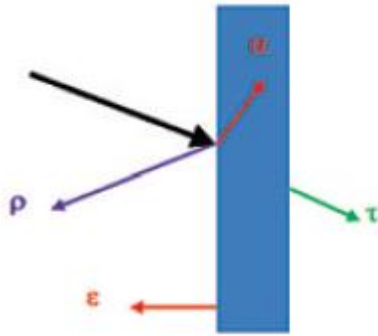
Kirchoffin lain mukaan emissiivisyys on yhtä suuri kuin absorptio tietyllä aallonpituudella, josta seuraa:

$$\rho + \varepsilon + \tau = 1 \quad (\text{Kaava 2})$$

Läpinäkymättömille kohteille käytetään kaavaa:

$$\tau = 0 \quad (\text{Kaava 3})$$

$$\rho = 1 - \varepsilon \quad (\text{Kaava 4})$$



Kuva 3, Säteilyn käyttäytyminen kappaleen pinnalla

Mikäli emissiivisyyskerroin laskee alle 0,6, on syytä harkita tarkoin, kannattaako kohteeseen tehdä lämpökuvausta ilman valmistelevia toimenpiteitä. Kuvauskoh- teeseen voidaan esimerkiksi laittaa pala sähköteippiä, jonka emissiokerroin on 0,95. Kameroissa on kalibrointimahdollisuus, jolla voi asettaa emissiokertoimen ja taustalämpötilan vastaamaan kuvattavaa laitteistoa. Mittaustulokset eivät ole kalibroinnista huolimatta luotettavia, jos mitattavan kohteen emissiivisyyskerroin on alle 0,6. (ST 53.62, Sähkölaitteistojen lämpökuvaus, s. 5)

Ihmisen iho	0,98
Vesi	0,98
Sähköteippi	0,95
Maali	0,90
Paperi	0,90
Posliini, lasitettu	0,92
Posliini, kiiltävä valkoinen	0,70–0,75
Kupari (hapettunut)	0,68
Kupari (kiilloitettu)	0,02
Alumiini (kiilloitettu)	0,05
Alumiini, voimakkaasti hapettunut	0,20–0,30
Alumiini, karkeistettu	0,18
Volframi, hehkulanka	0,39

Kuva 4, Materiaalien emissiivisyyskertoimia

3.6 Resistanssi

Resistanssilla tarkoitetaan voimaa, joka vastustaa sähkövirran kulkua. Tämä ilmiö selitetään Ohmin lain avulla, joka kuuluu seuraavasti: Johtimen jännite on verrannollinen johtimessa kulkevaan virtaan. Kyseisten arvojen suhdetta kutsutaan resistanssiksi ja sen tunnus on R . (Tasasähköpiirit 2015, Karelia-AMK oppimateriaali.)

Johde-elektronit kulkevat johtimessa atomien lomitse, jonka seurauksena niihin kohdistuu kitkan kaltainen voima. Tätä elektronien liikettä vastustavaa voimaa kutsutaan vastukseksi tai resistanssiksi. Resistanssin suuruus on suoraan verrannollinen johtimen pituuteen ja kääntäen verrannollinen johtimen poikkipinta-alaan. Linearisessa virtapiirissä resistanssi lasketaan kaavalla

$$\frac{U}{I} = R$$

. (Tasasähköpiirit 2015, Karelia-AMK oppimateriaali.)

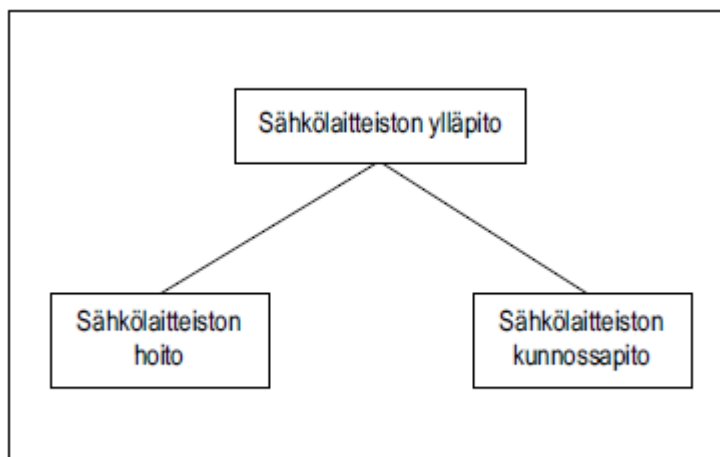
Lämmitysvastusten toiminta perustuu resistanssin aiheuttamaan lämpenemiseen. Kyseisessä käyttötarkoituksessa johtimen lämpeneminen on hallittua ja suunniteltu käyttötarkoitusta varten. Resistanssin aiheuttamaa lämpenemistä esiintyy herkästi vikatilanteissa. Huonosti kiristetty tai vioittunut liitin on hyvä esimerkki. Löysässä liitoksessa kosketuspinta-alat ovat pienet ja tästä syystä resistanssi kasvaa, kuten aikaisemmin mainitsin. (Tasasähköpiirit 2015, Karelia-AMK oppimateriaali.)

3.7 Optiikka

Lämpökameroihin on valittavana erilaisia optiikoita käyttötarkoituksesta riippuen. Yleisimmin käytetään hiilipinnoitettua germaniumia. Kyseisen materiaalin avulla saavutetaan hyvät läpäisy- ja taitto-ominaisuudet lämpösäteilylle. Optiikkavalinnoilla voidaan vaikuttaa lämpökameran erotuskykyyn, joka tarkoittaa pienintä pinta-alaa, jonka kuvausjärjestelmä pystyy erottamaan. (infradex oy, Lämpösäteily ja infrapuna)

4 Sähkölaitteiston kunnossapito

Sähkölaitteiston haltijalla on velvollisuus huolehtia sähkölaitteiston kunnosta. Tärkeimmät valvottavat osa-alueet ovat sähköiskun mahdollisuuden estäminen, laitteiston häiriöttömän toiminnan varmistaminen sekä tulipaloriskin minimointi. Valvontaa suoritetaan jatkuvilla silmämääräisillä tarkistuksilla sekä aika-ajoin suoritettavilla laajemmilla tarkistuksilla. Lisätarkistuksia voidaan suorittaa milloin tahansa tilanteen niin vaatiessa. (ST 96.01. Sähkölaitteiston hoito ja kunnossapito.)



Kuva 5, Ylläpidon jakautuminen

Sähkölaitteiston ylläpito sisältää laitteiston hoidon ja kunnossapidon. Ylläpidolla varmistetaan laitteiston säilyminen turvallisessa ja tuottavassa kunnossa. Sähkölaitteiston hoito on ylläpitoon kuuluvaa säännöllistä toimintaa, jolla sähkölaitteiston turvallisuus ja toiminta pidetään halutulla tasolla. Tähän kuuluvia toimenpiteitä ovat mm. edellä mainittu valvonta, ennaltaehkäisevät huoltotoimenpiteet, laitteiston määräaikaistarkistukset, kulutuksen seuranta sekä laitteiston puhtaanapito. (ST 96.01. Sähkölaitteiston hoito ja kunnossapito.)

Sähkölaitteiston kunnossapito on myös ylläpitoon kuuluvaa toimintaa. Kunnossapito sisältää pääasiassa laitteiston uusimista sekä vikojen korjausta. Tarkoituksena on pitää laitteiston toiminta samanlaisena kuin käyttöönottohetkellä. Toetusmuotona voi olla esimerkiksi laitteiston säännölliset vuosihuollot. Tällöin tehtäviä toimenpiteitä ovat mm. laitteiston kunnan tutkiminen, huoltokirja sekä kunnossapitosuunnitelman laatiminen. (ST 96.01. Sähkölaitteiston hoito ja kunnossapito.)

4.1 Sähkölaitteiston lämpökuvaus

Lämpökuvausta voidaan käyttää apuna lähes kaikessa sähkölaitteistoa koskevassa kunnossapito- ja huoltotoiminnassa. Lämpökuvaus soveltuu erittäin hyvin vikojen syntyminen ennaltaehkäisyyn. Laitteistoon olisi hyvä suorittaa lämpökuvaus heti käyttöönoton jälkeen. Laitteistolle voidaan laatia suunnitelma, jonka mukaa lämpökuvauksia suoritetaan määräajoin. Kuvausten aikaväli määritellään laitteiston tyyppin mukaan, enemmän valvontaa vaativat kohteet kuvataan useammin (suuret virrat ja kuormitukset) ja vähemmän valvontaa vaativat harvemmin. Lämpökuvauksista tehdään merkinnät huolto- ja kunnossapito-ohjelmaan. (ST 53.62, Sähkölaitteistojen lämpökuvaus.)

4.2 Sähkölaitteistojen lämpökuvauksen vaatimuksia

Sähkölaitteistojen lämpökuvauksessa on omat vaatimuksensa mittalaitteiden suhteen. Lämpökameran on oltava mittaava eli ainakin yhden pisteen suora lämpötila pitää olla nähtävissä näyttöruudulta. Myös lämpötila-arvot on mahdollista mitata koko kuvan alueelta tietokoneohjelmistoa apuna käyttäen (jälkikäteen). (ST 53.62, Sähkölaitteistojen lämpökuvaus.)

Lämpötilan mittaamisessa tarkkuuden on oltava ± 2 Celsiusastetta 100°C lämpötilaan saakka ja yli 100°C lämpötilassa $\pm 2\%$ tarkkuudella. Lämpötilaerojen pitää olla mitattavissa vähintään $0,1^{\circ}\text{C}$ portain. Kamerassa tulee olla mahdollisuus emissiivisyyden ja heijastuneen taustasäteilyn mukaisten korjausten tekemiseen esim. kuvausten jälkeen tietokoneella. Lämpökameran kuvan pikselimäärän on oltava vähintään 19.200 (esim. 160×120). (ST 53.62, Sähkölaitteistojen lämpökuvaus.)

Ennen lämpökuvauksen aloittamista on syytä ilmoittaa laitteiston käytöstä vastaavalle henkilölle tai muulle vastaavalle taholle. Kuvaaja tekee lämpökuvasopimuksen, johon kirjataan tiedot kuvauksen tekijästä, asiakkaasta, työn tavoitteista sekä laskutustiedot. (ST 53.62, Sähkölaitteistojen lämpökuvaus.)

Sähkölaitteiston lämpökuvausta suorittava henkilö saa toimia itsenäisesti jos hän on sähköalan ammattihenkilö. Maallikko saa tehdä itsenäisesti lämpökuvauksen laitteistoon, mikäli laitteisto on asianmukaisesti kosketussuojattu. Lisäksi maallikko ei saa ulottua missään vaiheessa jännitetyöalueelle. Jos kuvattava kohde vaatii luotettavien mittaustulosten saamiseksi jännitteisten osien suojauksen poistamista, kuvaukset on tehtävä yhteistyössä sähköalan ammattihenkilön kanssa (KTM 516/96 11§). (ST 53.62, Sähkölaitteistojen lämpökuvaus.)

Kuvattavien kohteiden valmistelussa huomioitavia asioita:

- Mittausnäkyvän on oltava esteetön eli esim. kuvattavien keskusten, kytkentäkoteloiden ym. kannet on avattava ja kosketussuojat poistettava edestä. Lämpösäteily ei läpäise suojia, vaikka silmä niistä läpi näkisikin!
- Virranmittausten valmistelut: Sähkölaitteiston lämpökuvaukseen kuuluu aina todellisten virtojen mittaus kuvattavista kohteista.
- Kuormituksen tulee olla normaalikäytöllään (tai vähintään 40% maksimivirrasta) vähintään puolen tunnin ajan jo ennen kuvausta sekä kuvauksen aikana.
- Kuvauskulmat, lämpöheijastumat, taustalämpö yms.

(Lämpökuvaus sähkölaitteistossa, ST 53.62, s.7)

Sähkölaitteistojen lämpökuvaukset tehdään virrallisina, joten kosketuksesta syntyvän sähköiskun tai valokaaren vaara on ilmeinen. Sähkötyöturvallisuudesta on huolehdittava koko työn aikana henkilö- ja laitteistovahinkojen välttämiseksi. Kuvaus tulee suorittaa turvallisen etäisyyden päässä jännitteisistä osista. Jos kuvausta ei ole mahdollista suorittaa ilman jännitteisten osien suojien poistoa, vain sähköalan ammattihenkilö saa suorittaa poistotoimenpiteen käyttäen tarvittavia suojavälineitä. Kuvattaviin kohteisiin on mahdollista lisätä lämpösäteilyä läpäiseviä suojaikkunoita, joilla estetään kosketuksesta syntyvän sähköiskun vaaraa. Jos lämpökuvaustoimenpide ulottuu jännitetyöalueelle, kuvaajan on käytettävä asianmukaisia suojavälineitä. Jännitetyökoulutuksen suorittaminen on suositeltavaa, koska kuvaaja voi joutua käyttämään jännitetyövälineitä koskettaessaan jännitteisiä osia kuvausten suorittamiseksi. Kyseistä toimenpidettä ei lasketa jännitetyöksi. (ST 53.62, Sähkölaitteistojen lämpökuvaus.)

Ympäristön olosuhteet on otettava huomioon kuvausta suunniteltaessa. Ulkona kuvattaessa esimerkiksi tuuli ja lämpötila voivat vaikuttaa mittaustulosten tarkkuuteen. Sisätiloissa ulkoilman olosuhteet voivat vaikuttaa joidenkin komponenttien kuormitukseen. Tällaisia ovat esimerkiksi lämmitysjärjestelmät. (ST 53.62, Sähkölaitteistojen lämpökuvaus.)

Sähkölaitteistojen lämpökuvaus tehdään laitteiston normaalin käytön aikana. Kuvausta ei voi tehdä, jos laitteisto on juuri käynnistetty. Laitteistoa on kuormitettava vähintään 40% maksimikuormituksesta puolen tunnin ajan ennen kuvausten aloittamista. Lämpökuvausten yhteydessä on aina mitattava kuormitusvirrat asianmukaisella mittalaitteella, esimerkiksi virtapihdillä. Kuormitusvirran vaikutus on neliöllinen lämmittävään tehoon, pienetkin lämpötilaerot ovat merkittäviä. (ST 53.62, Sähkölaitteistojen lämpökuvaus.)

Paras mittaustulos saadaan mittaamalla heijastamattomasta pinnasta. Jos pinta heijastaa tehokkaasti lämpösäteilyä, kannattaa mittauspisteeseen liimata esimerkiksi pala teippiä. Sähköteippi käy mainiosti, koska sen emissiokerroin on 0,95. Arvo on luotettava mittausten kannalta. Muitakin materiaaleja voidaan käyttää, kunhan niiden emissiokerroin on tarpeeksi korkea ja tunnettu. Materiaalin värillä ei ole vaikutusta infrapunasäteilyn kannalta. Kuva 9. taulukkoon on

listattu joidenkin materiaalien arvoja. Jos laitteistoon lisätään mittausta helpottavia apuvälineitä, on järkevää suorittaa toimenpiteet jännitteettömänä. Näin vältetään taas turhaa toimintaa jännitteisten osien läheisyydessä ja ehkäistään henkilö- ja laitavahinkoja. (ST 53.62, Sähkölaitteistojen lämpökuvaus.)

Heijastumat voivat vääristää mittaustuloksia. Heijastuman löytää helposti kuvaamalla samaa kohdetta hieman eri suunnista. Jos lämpötila pysyy kuvassa samassa paikassa, kyseessä ei ole heijastuma. Esimerkiksi kuvattavan kohteen lähellä oleva tehokas lämmönlähde voi lämpösäteilyllään aiheuttaa kuvaan heijastuman. Lämpökuvaaja voi aiheuttaa heijastuman omalla lämpösäteilyllään, jos kuvattava kohde on 90 asteen kulmassa kuvaussuuntaan. Tämä vältetään kuvaamalla 15-45 asteen kulmassa. (ST 53.62, Sähkölaitteistojen lämpökuvaus.)

4.3 Vianetsintä

Lämpökuvauksella pyritään paikantamaan sähkölaitteiston vikoja joita ei voi silmämääräisellä tarkastelulla löytää. Usein kohonnut lämpötila kertoo laitteen viasta, mutta osien kylmyyskin voi kertoa virheellisestä toiminnasta. Joidenkin komponenttien normaaliin toimintaan liittyy suurempi lämpeneminen, joka ei tällöin kerro viasta. Tämä on syytä muistaa laitteistoja kuvattaessa turhien vikailmoitusten välttämiseksi. Komponentin kohonnut lämpötila voi myös johtua jonkin muun laitteen viasta. Tästä syystä on hyvä ottaa selvää esimerkiksi laitteistoa syöttävästä järjestelmästä, joka on hyvä käydä tarkastamassa erikseen. (ST 53.62, Sähkölaitteistojen lämpökuvauus.)

Sähkölaitteistojen yleisimpiin vikoihin kuuluu löystynyt liitos. Tämä nostaa liitoksen resistanssia, joka aiheuttaa lämpenemistä liitoksessa ja johtimessa. Liitokset voivat myös hapettua, joka voi pahimmassa tapauksessa rikkoa liitoksen. Liitoksen hapettuminen ei välttämättä kuumenna niin paljoa liitosta itseään, vaan se näkyy johtuneena lämpönä johtimissa. Liitokset eivät suinkaan ole ainoita lämpökuvauksella etsittäviä vikapaikkoja. Alimitoitettut johtimet ja komponentit kuumenevat kuormituksessa, jäähtymisen puutteellisuus aiheuttaa lämpenemistä sekä komponenttien epäsymmetrinen kuormitus näkyy lämpötilaeroina. (ST 96.01.Sähkölaitteiston hoito ja kunnossapito.)



Kuva 6, Kuormituksen näkyminen lämpökuvassa

4.4 Lämpökuvauksen raportointi

Lämpökuvauksesta laaditaan asianmukainen dokumentti.

Raportti sisältää:

- Kansilehden, jossa tiedot tilaajasta, tekijästä ja ajankohdasta
- sisällysluettelon
- lämpökuvat, joiden yhteydessä mainitaan seuraavat asiat:
 - o kuvaajan tiedot
 - o kameran tiedot
 - o kuvauskohteen tiedot
 - o kuvauspäivä sekä kellonaika
 - o mitatut kuormitusvirrat
 - o olosuhteet, kuten lämpötila
 - o kuvausetaisyys metrin tarkkuudella
 - o emissiokertoimet ja taustalämpötilat
 - o lämpötila-asteikot ja väriskaala
 - o digitaalinen kuva ja lämpökuva havaituista poikkeamista, säilytetään viiden vuoden ajan
 - o vikojen analysointi ja korjausehdotus.

Jos lämpökuvauksessa ilmenee toimenpiteitä vaativia vikoja, niistä tehdään selvitys tarpeeksi selkeästi raportin loppuosaan. Lisäksi voidaan sopia uusi mitausajankohta, joka kirjataan raporttiin. (ST 53.62, Sähkölaitteistojen lämpökuvauus.)

Lämpökuvaajalla on vastuu kuvauslaitteiston asianmukaisesta kalibroinnista ja toiminnasta. Kuvat on säilytettävä digitaalisessa muodossa ainakin viiden vuoden ajan. Lämpökuvaaja ei saa toimittaa kuvausmateriaaleja muille ilman tilaajan suostumusta. (ST 53.62, Sähkölaitteistojen lämpökuvauus.)

5 Työvälineet

Fluke Ti125

Mittaukset suoritetaan Fluke Ti125 infrapunakameralla.

Fluke Ti125 on moneen eri käyttötarkoitukseen sopiva infrapunakamera. Ti125 on tarkoitettu teolliseen ja kaupalliseen käyttöön. Kameran erottelukyky on 160x120 (19200 pikseliä). Näyttönä toimii 3,5 tuuman LCD-näyttö. Tallennusvälineenä kamerassa on SD-muistikortti. Kameran näkökenttä on 22,5 vaaka ja 31 pysty (astetta). Fluke Ti125 sisältää IR-Fusion® -tekniikkaa, joka mahdollistaa infrapunakuvan ja näkyvän kuvan esittämisen rinnakkain. Kamera ottaa automaattisesti IR-kuvan rinnalle näkyvän kuvan, jonka avulla voi tarkastella todellista tilannetta. Näkyvää kuvaa varten kamerassa on 2 megapikselin teollisuuskäyttöön tarkoitettu kamera.

IR-OptiFlex- tarkennusjärjestelmällä saavutetaan tarkka lähikuva jopa 15 cm:n etäisyydeltä. Kun kuvausetäisyys kasvaa yli 1,2m:n, kamera käyttää automaattitarkennusta.

Kameran lämpöherkkyys (NETD) on $\leq 0,10^{\circ}\text{C}$ kohdelämpötilassa 30°C (100mK). Mittausalue on $-20\dots+350^{\circ}\text{C}$, mutta se ei ole kalibroitu alle -10°C lämpötiloissa. Kameran tarkkuus on $\pm 2^{\circ}\text{C}$ tai 2% 25°C :n nimellislämpötilassa sen mukaan kumpi on suurempi. Infrapunasäteilyn spektrivaste on 7,5-15 μm , joka tarkoittaa pitkäaaltoista IR-säteilyä eli lämpösäteilyä. (support.fluke.com)

6 Lämpökuvauksen toteutus ja raportointi

Tässä osiossa käyn läpi kuvausprosessin ja siihen olennaisesti liittyvät asiat.



Kuva 7, Mantsinen 120ER

Kohteena minulla oli Mantsinen 120ER sähkökäyttöinen materiaalinkäsittelykone. Koneen syöttöjännite on 500V. Koeajossa tehdasalueella jännitesyöttö toteutetaan dieselgeneraattorilla. Voimalinjan rakenne on seuraava: jännite syötetään generaattorilla/asiakkaan syöttöpisteestä kaapelia pitkin sähkötoimiselle kaapelikelalle. Kaapelikelan liukurenkaalta jännite kulkee kaapelia pitkin portaalilin keskellä sijaitsevaan liukurenkaaseen, jonka läpi jännite saadaan ylävaunuun. Ylävaunussa on apujännitemuuntaja, joka pudottaa 500 V:n syöttöjännitteen 400 V:n. Kyseistä 400V:n jännitettä käytetään koneen sähköisiin toimintoihin, kuten lämmitykseen ja moottorin ohjaukseen. Koneen ohjausjärjestelmää varten 400V:n jännite pudotetaan vielä 24VDC:n. Tähän käytetään kahta 400VAC/24VDC muuntajaa. Koneen voimanlähteenä on 250kW pehmökäynnistimellä varustettu sähkömoottori, jonka käyttöjännite on 500V.

Vahvasähköjärjestelmän lisäksi otin lämpökuvat myös 24V järjestelmän sulakerasioista sekä releistä.

6.1 Kuvauksen valmistelu

Huolellisella valmistelulla varmistetaan mittausten onnistuminen ja tulosten luotettavuus. Ensiksi on tärkeää säätää lämpökameran asetukset, sekä ottaa selvää kuvauskohteen olosuhteista. Kuvaushetkellä ulkolämpötila oli noin 17°C ja tuulen nopeus 3m/s. Kone käännettiin siten, että aurinko ei päässyt paistamaan suoraan kuvattaviin kohteisiin. Auringon heijastus saa aikaan suuret virheet lämpökuvassa.

Seuraavaksi valmisteltiin kuvattavat kohteet. Sähkökeskuksiin on asennettu kosketussuojat estämään tahaton pääsy virrallisiin osiin. Suojien poiston jälkeen on huolehdittava, ettei kukaan pääse vahingossa tai tietämättään kosketuksiin jännitteisten osien kanssa. Suojien poiston jälkeen kuparisiin virtakiskoihin laitettiin palat mustaa sähköteippiä (emissiokerroin 0,95), koska kupari heijastaa huonosti lämpösäteilyä. Kuvassa 8 näkyy liitosten edessä olevat kosketussuojat. Lämpösäteily ei läpäise kyseistä materiaalia.

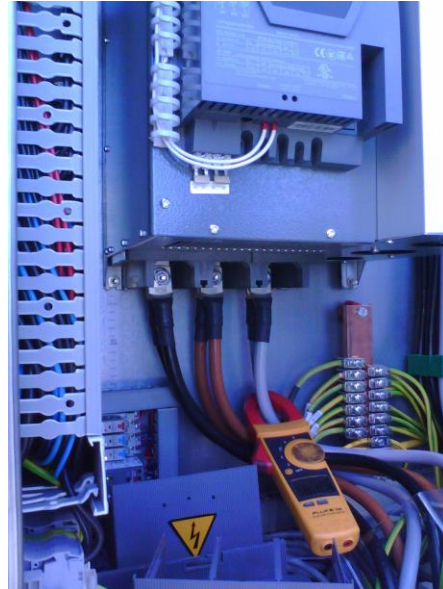


Kuva 8, Kosketussuojat

Kuvauskohteiden valmistelun jälkeen konetta kuormitettiin ajamalla puolen tunnin ajan ennen kuvausten aloittamista.

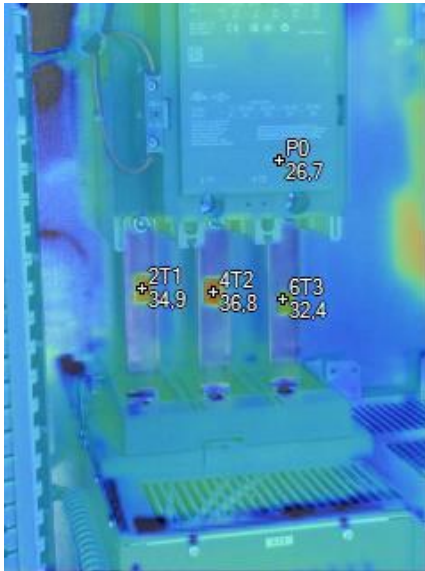
6.2 Lämpökuvauksen toteutus

Kuvausten aikana kuljettaja kuormitti konetta puomin ylös- alas liikkeellä. Lämpökuvien tarkemmat tiedot löytyvät liitteenä olevasta lämpökuvauraportista. Tässä osiossa käyn läpi muutamia kuvattuja kohteita ja kommentoin niitä sanallisesti.



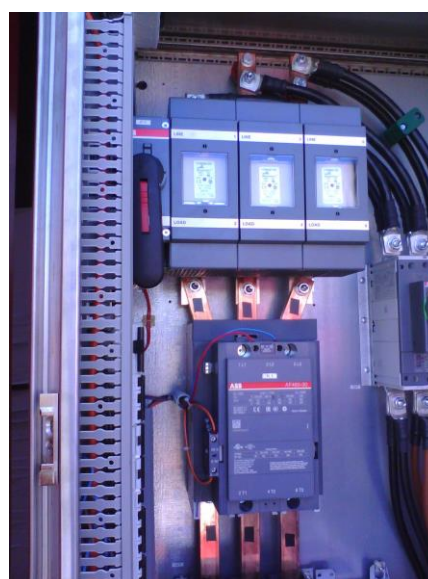
Kuva 9, Moottorin syöttö

Kuvassa 9 on kuvattuna pehmokäynnistimeltä moottorille menevät syöttökaapelit. Kuten lämpökuvasta voidaan todeta, kaapelien lämpötila kuormituksen alaisena on normaali. Mittasimme samalla moottorin ottamaa virtaa pihtimittarilla.



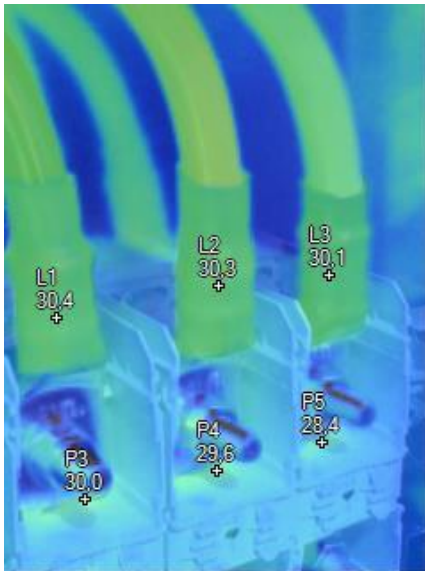
Kuva 10, Virtakiskot

Kuvassa 10 on esillä kontaktorin ja pehmökäynnistimen väliset virtakiskot. Lämpötilat mitattiin sähköteippien kohdalta, koska kuparin emissiokerroin on liian pieni luotettavan tuloksen saamiseen, kuten jo aikaisemmin mainitsin. Vaiheissa on havaittavissa lämpötilaeroja. Syynä voi olla hetkellinen epätasainen kuormitus tai kaapelikelan liukurenkailta löydetty vika, joka on tarkastelussa myöhemmin.



Kuva 11, Virtakiskot

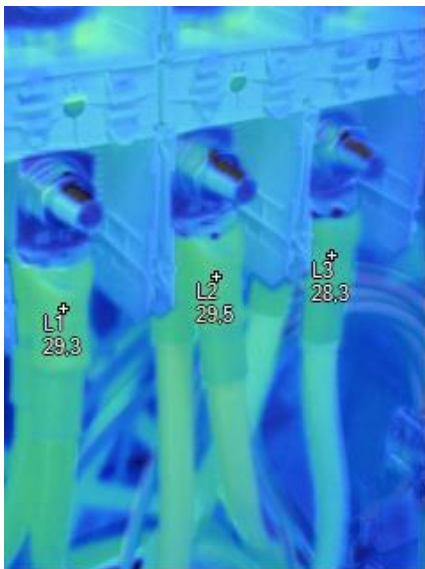
Kuvassa 11 on päävarokkeiden ja kontaktorin välinen kytkentä. Kuten edellisessä tapauksessa, tässäkin on nähtävissä lämpötilaero vaiheiden välillä.



Kuva 12, Kytentäkaappi



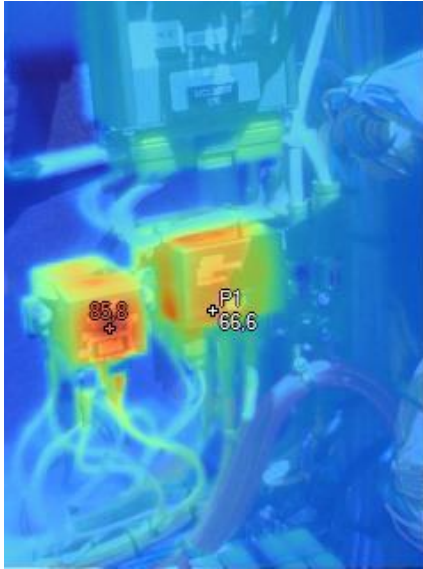
Kuvassa 12 on kuvattuna ylävaunuun tulevan syötön liittimet. Vaiheiden lämpötilat ovat normaalit.



Kuva 13, Kytentäkaappi

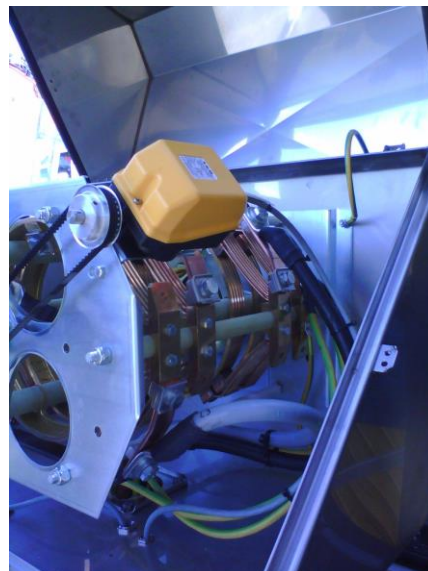
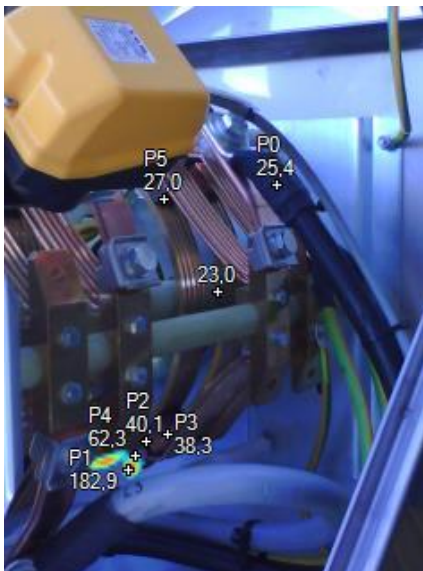
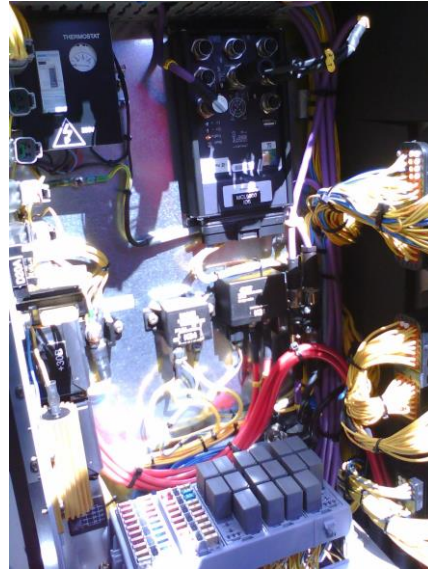


Kuvassa 13 näkyy moottorin pääkytkimelle menevät kaapelit, joiden lämpötilat ovat normaalit.



Kuva 14, Ohjauskeskus

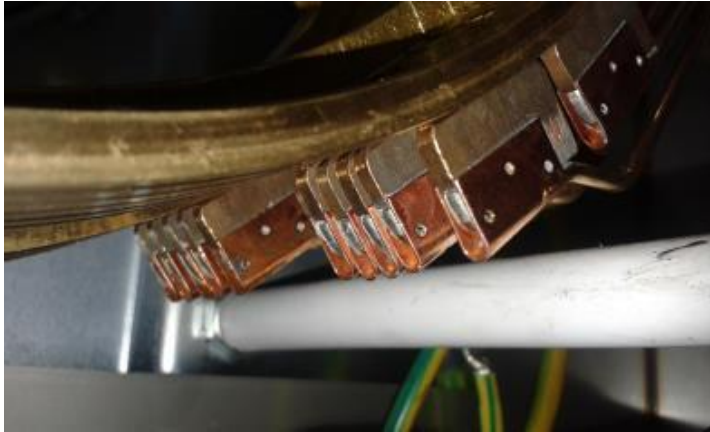
Kuvassa 14 näkyy koneen ohjauskeskus. Kuten näkyvän valon kuvasta käy ilmi, aurinko paistaa suoraan kuvattavaan kohteeseen. Lämpökuvassa näkyvä 85°C asteen lämpenemä 24V releessä johtuu osittain keskuksen lämmitysvas-
tuksesta sekä auringon paisteen heijastumisesta. Mittaustulos ei ole näissä olo-
suhteissa luotettava.



Kuva 15, Kaapelikelan liukurengas

Kuvassa 15 on kuvattuna kaapelikelan liukurenkaan kytkentä. Vasemmanpuo-
leisessa lämpökuvassa väreinä näkyy pelkästään 60°C-180°C:n välinen alue.
Kuvaan on lisätty pistekohtaisia lämpöarvoja helpottamaan tulkintaa. Kuvasta

näkee selvästi, että kyseinen hiiliharja on lämmennyt erittäin kuumaksi. Tein kuvaushetkellä silmämääräisen tarkistuksen, mutta kohteen jännitteisyydestä johtuen lähempi tarkastelu ei ollut mahdollista ilman sähköiskun vaaraa. Tarkistin liukurenkaan asentajan kanssa jännitteettömänä ja totesimme kyseisen hiiliharjan vialliseksi.



Kuva 16, Hiiliharja



Kuva 17, Hiiliharja

Normaalissa tilanteessa hiiliharjat kulkevat liukurenkaan urissa kuten takimmaisesta hiiliharjasta näkyy. Kuumentuneessa harjassa näin ei kuitenkaan ollut, vaan harjat olivat kiinni toisissaan ja kulkivat urien reunojen päällä. Yhden harjapaketin viallisuudesta ei koitunut koneen käytössä näkyvää haittaa, koska liukurenkaalla on kaksi kymmenen harjan pakettia yhtä vaihetta kohti. Harjalle ei ollut aiheutunut vahinkoa, joten korjaustoimenpiteenä jokainen harja asetettiin omalle uralleen.

7 Yhteenveto

Tehtävänantona oli suorittaa materiaalinkäsittelykoneeseen lämpökuvaukset sekä laatia niiden pohjalta lämpökuvausraportti. Suoritin lämpökuvaukset ja laadin asianmukaiset dokumentit, jotka vastasivat työlle asetettuja vaatimuksia.

Opinnäytetyötä tehdessä suurin osa ajasta kului aiheeseen perehtymiseen ja uusien asioiden opiskeluun. Minulla ei ollut aikaisempaa kokemusta lämpökuvauksesta tai sähkölaitteiden kunnossapidosta. Aiheeseen liittyvää materiaalia löytyi verkosta erittäin paljon, varsinkin ST- kortiston ohjeista ja standardeista oli paljon apua.

Koneen sähköjärjestelmien tuntemus nopeutti kuvausprosessia. Kuvattavat kohteet olivat selvästi esillä ja niiden valmistelu ei vaatinut suurempia toimenpiteitä. Syöttöjännite saatiin katkaistua pääkytkimestä tai suoraan generaattorilta, joten valmistelu saatiin tehtyä jännitteettömänä. Kuvauksia tehdessä oli kuitenkin pidettävä riittävä etäisyys jännitteisiin osiin suurten virtojen takia koneen työskennellessä. Koneesta ei löytynyt muuta vikaa kuin edellä mainitun kaapelikelan liukurenkaan hiiliharja, joka olisi silmämääräisesti tarkastettuna voinut jäädä huomaamatta.

Lämpökuvausta käytetään jatkossa osana materiaalinkäsittelykoneiden loppu-tarkastusta. Näin vähennetään turhia huoltotoimenpiteitä sekä varmistetaan laadukkaan koneen toimitus asiakkaalle.

Lähteet

1. Mantsinen Group 2015, yrityksen www-sivut:
<http://www.mantsinen.com/fi/>
5.11.2015.
2. ST 53.62, Sähkölaitteistojen lämpökuvaus, Sähkötieto ry, 24.9.2014.
3. ST 96.01.Sähkölaitteiston hoito ja kunnossapito, Sähkötieto ry, 15.2.2003.
4. Opetushallitus, Kunnossapidon oppimateriaali:
<http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/index.html>
5.11.2015.
5. Paloniitty Oy 2015, Lämpökuvaus, ohjeet ja määräykset:
<http://paloniitty.fi/files/RLK%20L%C3%A4mp%C3%B6kuvaus%20OHJEET%20JA%20M%C3%84%C3%84R%C3%84YKSET%20LIITE.pdf>
5.11.2015.
6. Infradex oy2015, Lämpösäteily ja infrapuna:
<http://www.infradex.com/teoria.html>
5.11.2015.
7. Turvatekniikan Keskus 2015, Sähkölaitteistot ja käytön johtajat:
http://plus.edilex.fi/tukes/fi/lainsaadanto/pdf/tukesohje_S4-2004.pdf
5.11.2015.
8. Turvatekniikan Keskus 2015, Sähkturvallisuuslaki:
<http://plus.edilex.fi/tukes/fi/lainsaadanto/19960410>
5.11.2015.
9. Tasasähköpiirit 2015:
<http://moodle2.karelia.fi/mod/folder/view.php?id=75279>
5.11.2015.

8 Liite 1

Lämpökuvausraportti

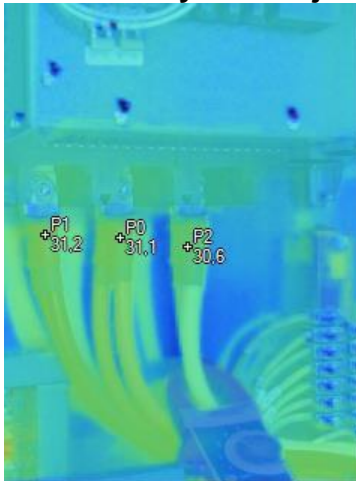
120ER263313



Tarkastaja:

Tarkastuspäivämäärä:	22.5.2015 13:07:48	Sijainti	+MCC2
Laitteet	ABB PSTB	Laitteiston nimi:	U1
Ympäristön ilmanlämpötila:	17°C	Tuulen nopeus	-
Kuormitus (%)	~100%	Nimelliskuorma enintään:	-
Poikkeava lämpötila:	-	Mahdollinen ongelma	-
Suosittelutoimenpide	-	Korjausprioriteetti:	-
Emissiokerroin:	0,95	Heijastunut lämpötila:	25,0 °C
Kameran valmistaja	Fluke Thermography	Kamera:	Ti125-12030291

Mootorin syöttö taajuusmuuttajalta



IR000276.IS2

Mootorin syöttö pehmokäynnistimeltä, OK.



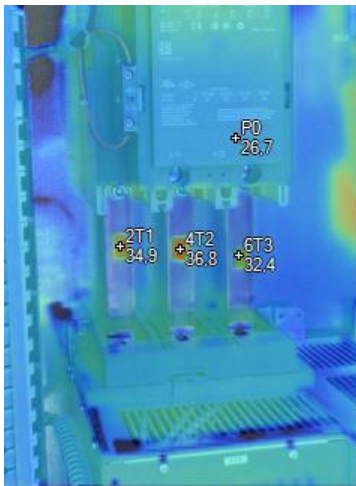
Näkyvän valon kuva

Kuvan tiedot

Läpäisy	1,00
Kuva-asteikko	8,7°C ... 35,1°C
Kameramalli	Ti125
IR-anturin koko	120 x 160
Kuvan aika	22.5.2015 13:07:48
Kalibrointialue	-10,0°C ... 350,0°C

Tarkastaja:

Tarkastuspäivämäärä:	22.5.2015 13:08:19	Sijainti	+MCC2
Laitteet	ABB AF 460	Laitteiston nimi:	K1
Ympäristön ilmanlämpötila:	17°C	Tuulen nopeus	-
Kuormitus (%)	~100%	Nimelliskuorma enintään:	-
Poikkeava lämpötila:	36,8°C	Mahdollinen ongelma	Epätasainen kuormitus, vikaantuneet liittimet.
Suositeltu toimenpide	Mitataan virrat ja tarkistetaan liittimet.	Korjausprioriteetti:	Ei kiireellinen.
Emissiokerroin:	0,95	Heijastunut lämpötila:	25,0 °C
Kameran valmistaja	Fluke Thermography	Kamera:	Ti125-12030291



IR000279.IS2



Näkyvän valon kuva

Moottorin kontaktorin virtakiskot, suoritetaan em. toimenpiteet.

Kuvan tiedot

Läpäisy	1,00
Kuva-asteikko	-0,5°C ... 36,8°C
Kameramalli	Ti125
IR-anturin koko	120 x 160
Kuvan aika	22.5.2015 13:08:19
Kalibrointialue	-10,0°C ... 350,0°C

Tarkastaja:

Tarkastuspäivämäärä:	22.5.2015 13:09:18	Sijainti	+MCC2
Laitteet	ABB OS630D3PL	Laitteiston nimi:	F1
Ympäristön ilmanlämpötila:	17°C	Tuulen nopeus	-
Kuormitus (%)	~100%	Nimelliskuorma enintään:	-
Poikkeava lämpötila:	38,3°C	Mahdollinen ongelma	Epätasainen kuormitus, vikaantuneet liittimet.
Suositeltu toimenpide	Virtojen mittaus, tarkistetaan liittimet.	Korjausprioriteetti:	Ei kiireellinen.
Emissiokerroin:	0,95	Heijastunut lämpötila:	25,0 °C
Kameran valmistaja	Fluke Thermography	Kamera:	Ti125-12030291



IR000282.IS2

Pääsulakkeet, suoritetaan em. toimenpiteet.



Näkyvän valon kuva

Kuvan tiedot

Läpäisy	1,00
Kuva-asteikko	-2,8°C ... 38,7°C
Kameramalli	Ti125
IR-anturin koko	120 x 160
Kuvan aika	22.5.2015 13:09:18
Kalibrointialue	-10,0°C ... 350,0°C

Tarkastaja:

Tarkastuspäivämäärä:	22.5.2015 13:11:21	Sijainti	+MCC2
Laitteet	ABB TMAX	Laitteiston nimi:	Q0
Ympäristön ilmanlämpötila:	17°C	Tuulen nopeus	-
Kuormitus (%)	~100%	Nimelliskuorma enintään:	-
Poikkeava lämpötila:	-	Mahdollinen ongelma	-
Suosittelutoimenpide	-	Korjausprioriteetti:	-
Emissiokerroin:	0,95	Heijastunut lämpötila:	25,0 °C
Kameran valmistaja	Fluke Thermography	Kamera:	Ti125-12030291



IR000292.IS2

Pääkytkin, OK.



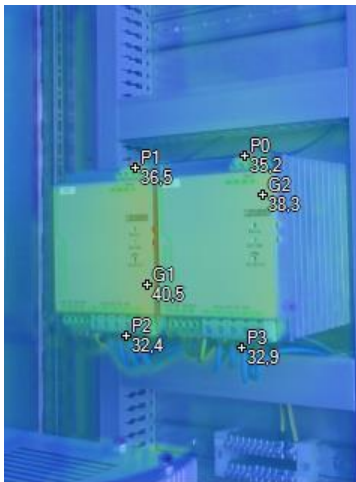
Näkyvän valon kuva

Kuvan tiedot

Läpäisy	1,00
Kuva-asteikko	7,8°C ... 39,3°C
Kameramalli	Ti125
IR-anturin koko	120 x 160
Kuvan aika	22.5.2015 13:11:21
Kalibrointialue	-10,0°C ... 350,0°C

Tarkastaja:

Tarkastuspäivämäärä:	22.5.2015 13:12:50	Sijainti	+MCC2
Laitteet	QUINT-PS	Laitteiston nimi:	G1, G2
Ympäristön ilmanlämpötila:	17°C	Tuulen nopeus	-
Kuormitus (%)	~100%	Nimelliskuorma enintään:	-
Poikkeava lämpötila:	-	Mahdollinen ongelma	-
Suosittelutoimenpide	-	Korjausprioriteetti:	-
Emissiokerroin:	0,95	Heijastunut lämpötila:	25,0 °C
Kameran valmistaja	Fluke Thermography	Kamera:	Ti125-12030291



IR000296.IS2

400VAC/24VDC muuntajat, OK.



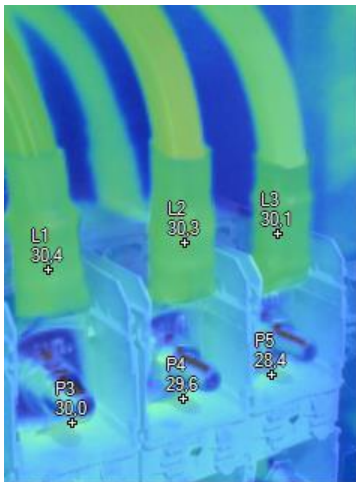
Näkyvän valon kuva

Kuvan tiedot

Läpäisy	1,00
Kuva-asteikko	16,5°C ... 46,3°C
Kameramalli	Ti125
IR-anturin koko	120 x 160
Kuvan aika	22.5.2015 13:12:50
Kalibrointialue	-10,0°C ... 350,0°C

Tarkastaja:

Tarkastuspäivämäärä:	22.5.2015 13:18:12	Sijainti	JS-5160
Laitteet	ABB D185	Laitteiston nimi:	
Ympäristön ilmanlämpötila:	17°C	Tuulen nopeus	-
Kuormitus (%)	~100%	Nimelliskuorma enintään:	-
Poikkeava lämpötila:	-	Mahdollinen ongelma	-
Suosittelun toimenpide	-	Korjausprioriteetti:	-
Emissiokerroin:	0,95	Heijastunut lämpötila:	25,0 °C
Kameran valmistaja	Fluke Thermography	Kamera:	Ti125-12030291



IR000306.IS2

Teholiittimen tulot, OK.



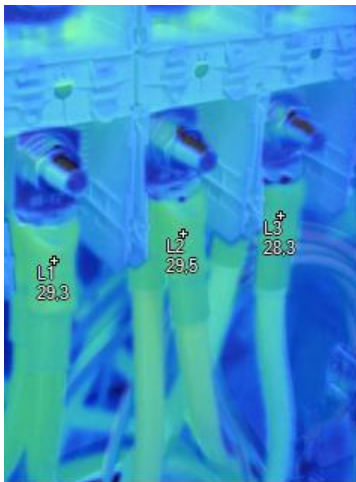
Näkyvän valon kuva

Kuvan tiedot

Läpäisy	1,00
Kuva-asteikko	4,5°C ... 31,4°C
Kameramalli	Ti125
IR-anturin koko	120 x 160
Kuvan aika	22.5.2015 13:18:12
Kalibrointialue	-10,0°C ... 350,0°C

Tarkastaja:

Tarkastuspäivämäärä:	22.5.2015 13:18:33	Sijainti	JS-5160
Laitteet	ABB D185	Laitteiston nimi:	-
Ympäristön ilmanlämpötila:	17°C	Tuulen nopeus	-
Kuormitus (%)	~100%	Nimelliskuorma enintään:	-
Poikkeava lämpötila:	-	Mahdollinen ongelma	-
Suosittelut toimenpide	-	Korjausprioriteetti:	-
Emissiokerroin:	0,95	Heijastunut lämpötila:	25,0 °C
Kameran valmistaja	Fluke Thermography	Kamera:	Ti125-12030291



IR000309.IS2

Teholiittimen lähdöt, OK.



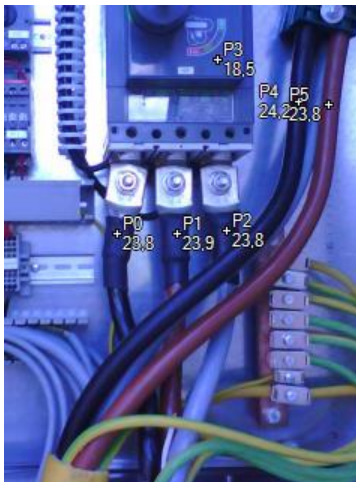
Näkyvän valon kuva

Kuvan tiedot

Läpäisy	1,00
Kuva-asteikko	4,0°C ... 30,1°C
Kameramalli	Ti125
IR-anturin koko	120 x 160
Kuvan aika	22.5.2015 13:18:33
Kalibrointialue	-10,0°C ... 350,0°C

Tarkastaja:

Tarkastuspäivämäärä:	22.5.2015 13:34:16	Sijainti	+MCC1 (alavaunu)
Laitteet	ABB TMAX	Laitteiston nimi:	Q0
Ympäristön ilmanlämpötila:	17°C	Tuulen nopeus	-
Kuormitus (%)	~100%	Nimelliskuorma enintään:	-
Poikkeava lämpötila:	-	Mahdollinen ongelma	-
Suosittelutoimenpide	-	Korjausprioriteetti:	-
Emissiokerroin:	0,95	Heijastunut lämpötila:	25,0 °C
Kameran valmistaja	Fluke Thermography	Kamera:	Ti125-12030291



IR000333.IS2

Kaapelikelan pääkytkin, OK.



Näkyvän valon kuva

Kuvan tiedot

Läpäisy	1,00
Kuva-asteikko	~-27,6°C ... 27,4°C
Kameramalli	Ti125
IR-anturin koko	120 x 160
Kuvan aika	22.5.2015 13:34:16
Kalibrointialue	-10,0°C ... 350,0°C

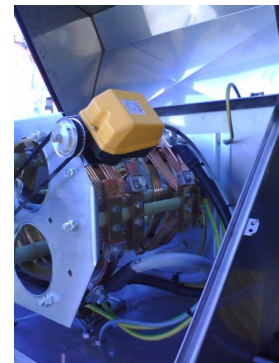
Tarkastaja:

Tarkastuspäivämäärä:	22.5.2015 13:42:18	Sijainti	+MCC1
Laitteet	CAVOTEC K1421	Laitteiston nimi:	-
Ympäristön ilmanlämpötila:	17°C	Tuulen nopeus	-
Kuormitus (%)	~100%	Nimelliskuorma enintään:	-
Poikkeava lämpötila:	182,9°C	Mahdollinen ongelma	Vika hiiliharjassa.
Suosittelutoimenpide	Korjataan!	Korjausprioriteetti:	Kiireellinen!
Emissiokerroin:	0,95	Heijastunut lämpötila:	25,0 °C
Kameran valmistaja	Fluke Thermography	Kamera:	Ti125-12030291

Kaapelikelan liukurengas



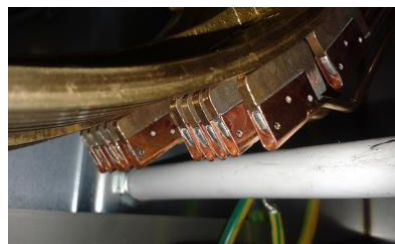
IR000343.IS2



Näkyvän valon kuva



20150527_122901.JPG



20150527_122833.JPG

Kaapelikelan liukurengas, VIKKA.

Hiiliharja kulki urien päällä, huono kontakti aiheutti kuumenemisen. Hiiliharjoissa ei silminnähtävää vahinkoa. Korjattu laittamalla harjat paikoilleen 27.05.2015.



IR000345.IS2



IR000346.IS2

Kuvan tiedot

Läpäisy	1,00
Kuva-asteikko	--28,2°C ... 182,9°C
Kameramalli	Ti125
IR-anturin koko	120 x 160
Kuvan aika	22.5.2015 13:42:18
Kalibrointialue	-10,0°C ... 350,0°C