

Anu Arola

SÄHKÖKUNNOSSAPIDON PALVELUTARJONNAN
KEHITTÄMINEN LÄMPÖKUVAUSPALVELUN AVULLA

Sähkötekniikan koulutusohjelma
2016

SÄHKÖKUNNOSSAPIDON PALVELUTARJONNAN KEHITTÄMINEN LÄMPÖKUVAUSPALVELUN AVULLA

Arola, Anu
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Marraskuu 2016
Ohjaaja: Leino, Mirka
Sivumäärä: 34
Liitteitä: 1

Asiasanat: Sähkökunnossapito, Lämpökuvaus, Lämpökamera

Opinnäytetyön tavoitteena oli perehtyä lämpökuvaustekniikkaan ja sen hyödyntämiseen osana sähkökunnossapitopalvelua. Työ tehtiin Laitilassa toimivalle sähkökunnossapitoalan yritykselle JMT-Service Oy:lle. Yrityksen tavoitteena on ollut laajentaa sähkökunnossapidon osaamistaan lämpökuvaustekniikassa.

Lämpökuvaus on yksi sähkökunnossapidon muoto, joka on yleistymässä koko ajan enemmän. Tämä opinnäytetyö keskittyy lämpökameran perusasioihin, lämpökuvauksen erityisvaatimuksiin ja erityistä huomiota vaativiin seikkoihin, joita lämpökuvauksessa tulee huomioida sekä lämpökuvaustulosten analysointiin ja raportointiin.

Työn aikana kuvattiin ja perehdyttiin aiheeseen kuvaamalla keskuksia, sekä suorittamalla sähkölaitteistojen lämpökuvaajan kurssi. Lopuksi laadittiin lämpökuvausraportti omakotitalon sähkökeskuksesta.

IMPROVING THE ELECTRICAL MAINTENANCE SERVICE WITH THERMAL IMAGING SERVICE

Arola, Anu
Satakunta University of Applied Sciences
Degree Programme in Electrical Engineering
November 2016
Supervisor: Leino, Mirka
Number of pages: 34
Appendices: 1

Keywords: Electrical maintenance service, Thermal imaging, Thermal camera

The objective of the Thesis Work was to study thermal imaging technology and its utilization as a part of electrical maintenance service. The work was done for company named JMT-Service Oy. The company is based in Laitila, Western Finland. One of the company's targets have been to expand its competence in Electrical maintenance service with thermal imaging technology.

Thermal imaging will be more and more common part of electrical maintenance. This Thesis Work focused on basic technology of thermal camera, the specific requirements of thermal imaging, facts that need more attention as well as reporting and analysing the results of thermal imaging.

The practical engineering part of this Thesis Work consisted of thermal imaging of electric cabinets and the training course of thermal imager. Final work was to make a thermal imaging report of a house's electric cabinet.

ALKUSANAT

Kiitos JMT-Service Oy:lle mahdollisuudesta tehdä mielenkiintoinen opinnäytetyö, josta erityiskiitos kuulu Janille!

Haluan kiittää myös opinnäytetyöni ohjaajaa Mirka Leinoa tuesta ja avusta projektin aikana!

Perheeni ja ystäväni tuki oli korvaamaton voimavara opiskeluaikana ja opinnäytetyötä tehdessä, kiitos siitä!

Pyhärannassa 23.11.2016

Anu Arola

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	OPINNÄYTETYÖN TOIMEKSIANTAJA	7
3	KÄSITTEET	8
4	YLEISESTI	10
4.1	Periaate.....	10
4.2	Lämpökuvauksen hyödyt.....	11
4.3	Lämpökameran ominaisuudet.....	11
4.4	Käyttökohteet.....	11
5	LÄMPÖKUVAAJAN PÄTEVYYDET.....	13
5.1	Sähkölaitteistojen lämpökuvaajan pätevyys	14
6	KUNNOSSAPITO	15
6.1	Sähkökunnossapito	15
6.2	Ennakoiva kunnossapito	15
6.2.1	Lämpökuvaus ennakoivan kunnossapidon menetelmänä.....	16
7	SÄHKÖTURVALLISUUS	17
8	LÄMPÖKUVAUS KÄYTÄNNÖSSÄ	18
8.1	Lämpökuvauksen tilaus ja toimenpiteet ennen kuvausta.....	18
8.1.1	Tilaaajan vastuu.....	18
8.1.2	Lämpökuvaajan vastuu	19
8.2	Lämpökuvauksen yhteydessä huomioitavia asioita.....	19
8.2.1	Sähkölaitteistojen kuormitus	21
8.2.2	Emissiivisyys	21
8.2.3	Komponentit	22
8.3	Havainnot.....	22
8.3.1	Lämpötilat	22
8.3.2	Vialliset liitokset.....	24
9	LÄMPÖKUVAUSTULOKSET.....	25
9.1	Raportti	27
9.2	Lämpökuvien arkistointi	28
9.3	Lämpökuvauksen havaintojen korjaaminen ja raportointi.....	28
9.3.1	Esimerkkejä toimenpiteistä	29
10	KUVATTU KOHDE.....	30
11	YHTEENVETO	31
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aihe on peräisin JMT- Service Oy:ltä. Yritys tarjosi minulle tilaisuuden tutustua sähkölaitteistojen lämpökuvaukseen. Opinnäytetyön avulla on tarkoitus laajentaa palvelutarjontaa lämpökuvaukspalvelulla.

Kuvauksissa käytetty kamera on Fluke Ti10 ja käytetty ohjelmisto on kameran valmistajan Fluke SmartView- ohjelmisto. Työtä varten tehtiin raportti omakotitalon sähkökeskuksesta. Työssä käydään läpi sähkökeskusten lämpökuvauksen keskeisimmät asiat, kuvauksen erityisvaatimukset ja yleisimpiä vikoja.

Opinnäytetyössä käsitellään lämpökuvauksen ja lämpökameran perusasioita, sekä käydään läpi huomioon otettavia asioita lämpökuvauksen yhteydessä. Työssä käydään läpi lämpökuvauksesta saatuja tuloksia ja niiden analysointia, sekä yleisimmin havaittuja vikoja.

2 OPINNÄYTETYÖN TOIMEKSIANTAJA

Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja toimi JMT- Service Oy. JMT- Service Oy on vuonna 1994 perustettu yritys. Yrityksen päätoimipaikka sijaitsee Laitilassa, Länsi-Suomessa.

JMT- Service Oy tekee automatisointi- ja sähköistysprojekteja kaiken tyyppiselle teollisuudelle ja julkisille yhteisöille. Yrityksen palveluita ovat sähkö- ja automaatio suunnittelut, ohjaus- ja sähkökeskusten valmistus, asennustyöt sekä käyttöönotot ja asiakkaiden käyttö- ja huoltohenkilökunnan koulutus. Yritys tekee monipuolisesti automaatio- ja sähköasennustöitä sekä moottoritöitä teollisuudelle. Palveluihin kuuluu myös ohjelmoitavien logiikoiden ja antureiden ohjelmointi ja käyttöönotto, sekä tuotannon valvonta ja seurantajärjestelmien suunnittelu ja toteutus.

Yrityksellä on tällä hetkellä kymmenen työntekijää, kaksi suunnittelijaa ja yksi ohjelmoitsija. Erittäin ammattitaitoisen henkilökunnan vahvuus on laaja-alainen osaaminen koko sähköistyksen ja automaation saralta. (Lotta, Siivonen & Suominen, henkilökohtainen tiedonanto 15.11.2016)

3 KÄSITTEET

Emissiivisyys

Emissiivisyys eli emissiokerroin kertoo kappaleen säteilyn määrän verrattuna täysin mustan kappaleen säteilyn määrään. Arvo on aina 0-1, täysin heijastavan pinnan arvo on 0,0 ja täysin heijastamattoman pinnan arvo on 1,0.

Kalibrointi

Kalibrointi tarkoittaa laitteiden tarkastamista ja säätämistä, jotta ne antavat oikean tuloksen.

Lämpökamera

Lämpökamera on laite, joka vastaanottaa kappaleen pinnasta lähtevän lämpösäteilyn ja muodostaa kappaleesta kuvan, jossa näkyy sen lämpötilajakauma.

Lämpökuvaus

Lämpökuvaus eli termografia on kuvausmenetelmä, jolla määritetään kappaleen pinnasta lähtevän säteilyn määrä.

Lämpösäteily	Lämpösäteily, yksi osa infrapunäsäteilyä, on sähkömagneettista säteilyä, jonka aallonpituus on suurempi kuin näkyvän valon aallonpituus. Lämpösäteilyn aallonpituuksiksi määritellään n. 7500-14000 nm. Infrapunäsäteilyn aallonpituus on yli 700nm.
NDT- menetelmä	NDT on lyhenne englanninkielisistä sanoista ”Non Destructive Testing”. NDT-menetelmillä tarkoitetaan ainetta rikkomattomia tarkastusmenetelmiä, joita käytetään muun muassa kunnossapidossa.
Optiikka	Optiikka tarkoittaa valo-oppia, joka kuvaa sähkömagneettisen säteilyn ominaisuuksia. Valon ja aineen vuorovaikutusta tutkiva osa-alue.
Resoluutio	Resoluutio tarkoittaa kuvankäsittelyn yhteydessä tarkkuutta tai erottelukykyä. Yksikkönä käytetään pikseleitä.
Valokaari	Valokaari tarkoittaa ilmiötä, jossa kahden elektrodin välinen sähkökenttä nousee niin suureksi, että virta purkautuu sähköä huonosti johtavan materiaalin läpi, kuten esimerkiksi ilman läpi.

4 YLEISESTI

Lämpökamerakuvaus on ainetta rikkomaton testausmenetelmä eli NDT- menetelmä, minkä vuoksi se on saavuttanut suuren suosion. Käyttösovelluksia löytyy tällä hetkellä enemmän ja useammilta aloilta kuin koskaan ennen. Sen vuoksi on vain ajan kysymys, milloin lämpökamera eri sovelluksineen on perusväline jokapäiväisessä kunnossapidossa. Yksi lämpökameran kunnossapitosovelluksista on sähkökunnossapito. Helppokäyttöisyytensä vuoksi kameraa käytetään myös muussa kunnossapidossa, muun muassa kiinteistöjen kunnossapidossa. Lämpökameran pitkäkestoinen kehitysprosessi painavasta ja hankalakäyttöisestä laitteesta on ilmaisinteknologian kehityksen ja elektroniikan miniatyrisoinnin vuoksi muokannut kamerasta pienen ja helppokäyttöisen videokameraa muistuttavan laitteen. Iso osa lämpökameran kehitystyörahoista on lähtöisin armeijoiden budjeteista. Ensimmäinen lämpökamera kehitettiin Ruotsissa vuonna 1958 sotilaallisiin tarkoituksiin. Lämpökamera, toiselta nimeltään pitkäaaltoinen infrapunakamera, ei tarvitse valoa, vaan se pystyy havaitsemaan lämpötilaerot ja pienimmätkin yksityiskohdat pimeässä. Kuvaushetkellä lämpökamera voi ottaa myös digikuvan, joka taas tarvitsee valoa, aivan kuin normaali kamerakin. Vuonna 1965 kehitettiin ensimmäinen lämpökamera kaupalliseen levikkiin. (Flir)

Nykyään lämpökuvaaja ei tarvitse insinöörikoulutusta, vaan kunnossapidon henkilökunnasta kuka tahansa voidaan kouluttaa käyttämään lämpökameraa. (Stjernberg 2000)

4.1 Periaate

Lämpökuvaus perustuu pintojen luonnostaan lähettämän lämpösäteilyn mittaamiseen. Kamera mittaa tarkasteltavan pinnan infrapuna-alueen kokonaissäteilyä, siihen kuuluvat pinnasta lähtevä säteily mutta myös läpi tuleva säteily. Kaikki kappaleet, joiden lämpötila on yli absoluuttisen nollapisteen (-273,15 astetta), lähettävät lämpösäteilyä. Säteilyn voimakkuus riippuu kohteen pintalämpötilasta sekä

emissiokertoimesta. Lämpösäteily aiheuttaa kameran kennon ilmaisimiin resistiivisen muutoksen, jonka perusteella muodostetaan kohteen lämpökuva. (Paloniitty 2015)

4.2 Lämpökuvauksen hyödyt

Lämpökuvauksen tärkeimpiä ominaisuuksia ovat reaaliaikainen ja nopea tapa kuvata sähkölaitteistoja. Kameran avulla päästää tutkimaan ja kuvaamaan sellaisiakin paikkoja joihin muuten on lähes mahdoton tai vaikea päästä. Lämpökuvauksen avulla voidaan havaita asioita joita ei paljaalla silmällä näe, kuten esimerkiksi komponenttien kyteminen pystytään havaitsemaan aikaisessa vaiheessa, ennen kuin se etenee sähköpaloksi. Työskentely tapahtuu turvalliselta etäisyydeltä. Tästä syystä tuotantoa ei tarvitse pysäyttää lämpökuvauksen vuoksi, vaan voidaan kuvata tuotantoa häiritsemättä. Teollisuudessa lämpökuvauksen avulla saadaan nopeasti selville sulakkeiden, kaapeleiden ja korkeajännitelaitteiden kuten muuntajien sekä voimajohtojen kunto. (Flir)

4.3 Lämpökameran ominaisuudet

Lämpökamerat toimivat valmiiksi asennetulla spesifoidulla mittauskaistalla, joka on pitkäaaltoista infrapunasäteilyä. Lämpötila-alue on noin -40... +1500 astetta, mutta kameran ominaisuudet vaikuttavat siihen, mitä lämpötiloja kameralla voidaan havaita.

Sähkölaitteita kuvattaessa kuvauslaitteiston tulee olla mittaava eli näyttöruudulta pitää käydä ilmi ainakin yhden pisteen suora lämpötila. Lämpötilaa mitattaessa 100 asteeseen asti on tarkkuuden oltava ± 2 °C, kun taas yli 100 asteen tarkkuus on ± 2 prosenttia. Lämpötilaerot tulee kuitenkin pystyä ilmoittamaan vähintään 0,1 asteen välein. (ST 53.62 2014, 6)

4.4 Käyttökohteet

Lämpökamera on kunnossapidon työkalu, siksi lämpökamerakuvaukset ovat yhä laajemmin osana kunnossapitoa. Kunnossapitosovelluksista vanhimmasta ja

tunnetuimmasta päästä on sähkökunnossapito. Muita sovelluksia ovat esimerkiksi mekaaninen kunnossapito, jossa lämpökameran avulla tarkastetaan esimerkiksi laakerien kunto. Lämpökameralla on laaja tehtävä kiinteistöjen kuntotutkimuksessa. Kiinteistöistä on havaittavissa lämpö- ja ilmavuodot, rakenteiden paikat sekä kosteusvauriot. (Opetushallitus)

Huolimatta lämpökuvauksen yleistymisestä vielä yli 90% lämpökameroista on sotilaallisessa käytössä. Ne toimivat kaikkien tähtäinjärjestelmien ydinkomponentteina, mutta niitä käytetään myös ihmishenkien pelastamiseen. Lämpökameran avulla voidaan havaita esimerkiksi jäätyneitä elintarvikkeita tuotantohihnalta, ja siten poistaa ne, eli se voi toimia prosessien osana. Kaukolämpöverkkojen vuotokohtia paikannetaan lämpökuvauksen avulla, kuten myös putkistojen tukkeutumia sekä säiliöiden pinnankorkeuksia. Lääketieteessä muun muassa plastiikkakirurgiassa käytetään lämpökuvausta esimerkiksi ihosiirron verenkierto-ongelmien yhteydessä. Rasitusvammat, esimerkiksi hevosella, voidaan löytää lämpökuvauksen avulla. (Infradex Oy)

5 LÄMPÖKUVAAJAN PÄTEVYYDET

Henkilö- ja yritysarviointi Seti Oy toteuttaa lämpökuvaajien pätevyymiskokeita sekä ylläpitää rekisteriä sähkölaitteiston lämpökuvaajista. Jotta mittaustulokset olisivat luotettavia, pätevyymistä hakevan henkilön tulee osata lämpökuvauslaitteiston toiminta sekä käsitellä laitteistoa oikein. Keskeisiä osaamisalueita ovat laitteiston tekniset valmiudet, kalibroinnin oikeellisuuden arviointi sekä tulosten potentiaalisten vaihtelujen diagnosointi ja tulkinta.

Sähkölaitteistojen lämpökuvaajille on kaksi pätevyymislakkaa, LK 1 ja LK 2. Molempiin luokkiin sisältyy hyväksytysti suoritettu kirjallinen koe ja näyttöosuus sekä yhden oikeissa olosuhteissa tehdyn lämpökuvauskohteen raportti. Näyttökoe suoritetaan SETI Oy:n valvonnassa, laboratoriossa. LK 1 -luokan pätevyystodistuksen omaava henkilö on sähköalan ammattilainen, ja pystyy itsenäiseen työskentelyyn sähköalalla. LK 2 -luokan pätevyystodistuksen omaava henkilö on oikeutettu tekemään kuvauksia vain sähköalan ammattilaisen kanssa, sillä kuvaaja itse ei ole sähköalan ammattilainen, eikä näin ollen saa ylettyä jännitetyöalueelle, mutta hänellä on riittävä osaaminen lämpökuvauksesta.

Pätevyystodistus on voimassa 5 vuotta. Se uusitaan, kun hakija on täyttänyt ylläpidon vaatimukset. Kirjallista koetta ei suoriteta uusimisen yhteydessä, riittää kun toimittaa todistuksen voimassa olevista SFS 6002 -koulutuksesta ja hätäensiapukoulutuksesta sekä raportoi vähintään kaksi vuoden aikana tekemäänsä lämpökuvausta SETI Oy:lle.

Yritykset, joissa lämpökuvaukset tekee pätevyymen saanut henkilö, rekisteröidään Henkilö- ja yritysarviointi Seti Oy:n toimesta. (ST 53.62)

5.1 Sähkölaitteistojen lämpökuvaajan pätevyys

Tämän opinnäytetyön osana käyty Sähköinfo Oy:n Sähkölaitteistojen lämpökuvaajan koulutus järjestettiin Espoossa 1.11.2016. Kurssi on tarkoitettu henkilöille, jotka suorittavat tai aikovat suorittaa sähkölaitteistojen lämpökuvauksia. Kurssille osallistui noin 20 henkilöä. Päivän kestäväällä kurssi käytiin läpi lämpökuvauksen perusteita sekä lämpökuvauslaitteita ja niiden toimintaa (Hietanen 2016). Kurssi painottui sähkölaitteiston lämpenemiseen liittyviin asioihin, kuten komponentteihin ja niiden lämpötilarajoihin sekä lämpökuvauksen erityispiirteisiin. Kurssilla painotettiin lämpökuvien tulkinnan tärkeyttä, sekä lämpökuvausraportin oikeaa laadinta tapaa (Rousku 2016). Yhtenä aiheena oli lämpökuvauspätevyys. Pätevyyksistä kerrottiin lyhyesti perusasiat, sekä pätevyyksien vaatimukset. Lämpökuvauspätevyyksiä valvoo Henkilö- ja Yritysarviointi SETI Oy (Kari 2016).

6 KUNNOSSAPITO

Kunnossapito koostuu hallinnollisista, taloudellisista ja teknillisistä toiminnoista. Näiden pyrkimys on säilyttää koneiden, laitteiden ja rakennusten toimintakelpoisuus. Kunnossapito voidaan jakaa ennakoivaan ja korjaavaan kunnossapitoon. Ennakoivassa kunnossapidossa pyritään havaitsemaan vikatilanteet ennen niiden syntymistä, kun taas korjaavassa kunnossa pidossa korjataan jo syntynyt vika. (Opetushallitus)

6.1 Sähkökunnossapito

Sähkökunnossapidon tehtävä on pitää sähkölaitteisto toimintakunnossa laitteiston koko elinkaaren ajan. Sähkölaitteistolla tarkoitetaan sähkölaitteista, sähkökeskuksista, johdoista ja asennustarvikkeista muodostunutta kokonaisuutta, esimerkiksi kiinteät sähköasennukset rakennuksissa. Sähkölaitteistojen turvallisuutta, asentamista, käyttöä ja tarkastamista koskevat asiat ovat Turvallisuus- ja kemikaalivarasto Tukesin valvonnassa. (Turvallisuus- ja kemikaaliviraston www-sivut 2016)

6.2 Ennakoiva kunnossapito

Ennakoivan kunnossapidon tavoitteena on ehkäistä komponenttien toiminnan pysähtyminen vikojen seurauksena. Ennakoivaa kunnossapitoa tulee tehdä tasaisin väliajoin sekä annettujen kriteerien puitteissa. Näin pyritään ehkäisemään vikojen ja vaurioiden syntyminen, pidetään yllä laitteiden käyttöominaisuuksia sekä pystytään palauttamaan heikentynyt toimintakyky ennen vikaantumista. (Mikkonen 2009, 96)

6.2.1 Lämpökuvaus ennakoivan kunnossapidon menetelmänä

Sähkölaitteiston haltijan tulee vastata laitteiston kunnosta ja turvallisuudesta, sekä poistaa viat ja puutteet laitteistoista. Sähkölaitteistoille luodaan kunnossapito-ohjelma. Määräaikaistarkastuksia on tehtävä 5, 10 ja 15 vuoden välein. Lämpökuvaukset on tehtävä säännöllisesti. Kuvausväli vaihtelee laitteistojen mukaan. Huolto- ja kunnossapito-ohjelmasta tulee käydä ilmi kohteet ja kuvausvälit. (Sähköalan www-sivut)

Ensimmäinen kuvaus suoritetaan käyttöönoton yhteydessä, laitteiston ollessa kuormitettuna. Ilman kuormaa kuvaus on hyödytön. Käyttöönoton jälkeen kuvauksia tehdään kolmen vuoden välein säännöllisesti. Vaativissa ympäristöolosuhteissa kuvauksia voidaan tehdä 6 kuukauden välein. Tällaisia kohteita ovat esimerkiksi suurivirtaiset keskuskeskukset ja lähdöt, pääkytkimet ja kompensointiparistot. (ST 53.62)

7 SÄHKÖTURVALLISUUS

Sätköturvallisuuslaki (410/96) on laadittu sätkölaitteiden- ja laitteistojen huoltoa ja käyttöä varten. Lakia voidaan soveltaa kaikkiin sätköalan töihin, joissa on mahdollisuus vahinkoihin tai häiriöihin. Tärkeimmille turvallisuusvaatimuksille on viranomaismääräykset, jotka kaikkien sätkön parissa työskentelevien tulisi osata. Turvallisuusvaatimukset on esitetty sätkötyöturvallisuusstandardissa SFS 6002.

Sätkötöihin liittyvät lait ja säädökset löytyvät Turvallisuus- ja kemikaaliviraston Tukesin www-sivulta. (Turvallisuus- ja kemikaaliviraston www-sivut 2016)

Sätkölaitteistojen lämpökuvaukset suoritetaan aina virrallisiin järjestelmiin. Kuvaukset tulee suorittaa aina riittävän etäisyyden päästä. Kuvaajan tulee ottaa huomioon sätköiskun ja valoakaan riski. Vain sätköalan ammattilainen saa poistaa jännitteisten osien suojat, mutta silloinkin on käytettävä suojavälineitä. (Sätkölaitteiston lämpökuvaajan kurssi 2015)

8 LÄMPÖKUVAUS KÄYTÄNNÖSSÄ

8.1 Lämpökuvauksen tilaus ja toimenpiteet ennen kuvausta

Lämpökuvauksen tilaaja määrittelee kuvauksen kohteen ja laajuuden, sisällön sekä raportointitavan, mutta myös alustavan aikataulun kuvauksen tekemiseen. Tilaajan tulee myös esittää syyt, joiden vuoksi lämpökuvaus halutaan suoritettavan.

Kuvauksen suorittamisesta on suositeltavaa tehdä etukäteen kirjallinen sopimus. Sopimuksesta tulee käydä ilmi tilaajan asettamat ehdot sekä haluttu raportointiajankohta. Lämpökuvauksen yksityiskohdista tulee sopia erikseen, jotta kuvaus on mahdollista suorittaa halutulla tavalla. Lämpökuvauksen sopimus pohjana voi käyttää esimerkiksi ST-kortistosta löytyvää ST 53.62.01 Sähkölaitteiston lämpökuvauksopimusta. (Paloniitty 2004, 87)

8.1.1 Tilaajan vastuu

Tilaajan tulee tiedottaa kuvauskohteessa kuvauksen ajankohdasta sekä sen tuomista mahdollisista toimenpiteistä. Lämpökuvaajalle tulee toimittaa tarvittavat tiedot kohteesta ennen kuvauksen suorittamista, sekä informoida mahdollisista erityisvalmisteluista. Lämpökuvauksen alkaessa sähkölaitteistojen pitää olla käytössä puoli tuntia enne kuvausta ja kuormitettuna vähintään 40% nimelliskuormasta. Tilaajan velvollisuuteen kuuluu järjestää kohteen tunteva henkilö kuvaajan mukaan. (Paloniitty 2004, 88)

8.1.2 Lämpökuvaajan vastuu

Lämpökuvaajan tulee suorittaa kuvaus ja raportointi sovitulla tavalla ja sovittuna ajankohtana. Kuvaajan vastuulla on, että kuvattavan kohteen ympäristö ei vaurioidu tai vahingoitu mitenkään kuvausta tehtäessä. Kuvaaja tallentaa kohteesta otetut kuvat. Kuvien tulee olla sellaisessa muodossa, että niitä voi muokata ja käsitellä tarvittaessa myöhemmin. Lämpökuvaaja on vastuussa laitteiston oikeasta toiminnasta ja kameran kalibroinnista. (Paloniitty 2004, 88)

8.1.2.1 Kalibrointi

Lämpökamerat, kuten myös muut mittalaitteet, pitää kalibroida virheiden minimoimiseksi. Kalibroinnin tarkkuus tulee tarkistaa kahden vuoden välein kalibrointeja tekevässä yrityksessä. Kalibrointi suoritetaan vertailulaitteiston avulla valmistajan ohjeiden mukaan. Lämpökameran kalibrointia voi yrittää tarkkailla itse, joskin se on vaikeaa sillä kameran tarkkuus on ± 2 astetta.

8.2 Lämpökuvauksen yhteydessä huomioitavia asioita

Jotta lämpökuvien tuloksista tulisi luotettavia, tulee ottaa huomioon seuraavia asioita:

- ◆ kuvausetäisyys
- ◆ kuvausolosuhteet
- ◆ komponenttien ominaisuudet
- ◆ laitteiston kuormitus
- ◆ emissiivisyyskerroin.

Lämpökuvaus tulee tehdä mahdollisimman läheltä, jotta tuloksista saadaan mahdollisimman luotettavia ja tarkkoja. Kuvausetäisyys vaikuttaa myös kameran näkökentän laajuuteen. Kuvaajan ei tule koskaan kuvata kohtisuoraan sähkölaitteistoja, silloin kuvaajan oma lämpöheijastuma saattaa tulla keskuksen taustalevystä. Suositeltu kuvauskulma on 15- 45 astetta. Mikäli kuvauskulma ylittää

60 asteen myös emissiokerroin alkaa muuttua. 90 asteen kulmassa kerroin on nolla. (Sähkölaitteiston lämpökuvaajan kurssi 1.11.2016)

Kuvausolosuhteet voivat vaikuttaa radikaalisti kuvauksen tuloksiin. Muuttunut lämpötila voi vääristää tarkasteltavan kohteen lämpötilaa. Myös lämpötilaerot, kuten vierekkäin sijaitsevat kuuma ja kylmä komponentti voivat heijastaa vääristymiä kuten vääranlaisia lämpöheijastuksia. Mikäli sähkölaitteistoja kuvataan sisätiloissa, tulee ottaa huomioon vain sisälämpötila. Ulkona suoritettavaa kuvausta varten tulee etukäteen perehtyä säätietoihin, kuten lämpötilaan sekä tuulen nopeuteen ja suuntaan. (Fluke Corporation 2008)

Lämpökuvaajan tulee kiinnittää huomiota kuvattavien kohteiden ympäristöön ja yleiskuntoon. Läpiviennit ovat yksi tarkkailtava kohde. Pieneläimet pääsevät keskuksiin sisälle puutteellisista läpivienneistä, ja aiheuttavat palovaaran. Pieneläimet, kuten hiiret, saattavat myös tuhota keskuksen rakenteita ja eristeitä. Puutteelliset läpiviennit myös vaikuttavat keskuksen tiiviyteen, jolloin pöly ja lika pääsevät kertymään sisälle keskukseen. Pöly estää komponenttien jäähtymisen ja kasvattaa palojen riskiä. (Sähkölaitteiston lämpökuvaajan kurssi 2015)

8.2.1 Sähkölaitteistojen kuormitus

Sähkölaitteistojen komponenttien lämpötilat ovat yhteydessä laitteistojen kuormitusvirtaan. Tästä syystä kuormituksen tila tulee tietää kuvausta suoritettaessa. Kuvaushetkellä kuormituksen pitää olla, mikäli mahdollista, korkein mahdollinen tai vähintään 40 % maksimikuormituksesta. Kuormituksen ollessa alle 20 %, mittauksia ei kannata tehdä ollenkaan, sillä lämpötila ei nouse riittävän korkeaksi. Havaintoja vioista on aina helpompi tehdä, mitä suurempi kuormitus on. Lisäksi laitteistoa pitää käyttää vähintään puolen tunnin ajan ennen kuvausta. (Sähkölaitteiston lämpökuvaajan kurssi 2015)

8.2.2 Emissiivisyys

Emissiokerroin kertoo, kuinka suuren osan kokonaissäteilyyn verrattuna kappale itse säteilee. Esimerkiksi jos kappaleen kerroin on 0,8, siitä 80% on kappaleen omaa lämpötilaa ja 20% säteilystä tulee kohteeseen jostain muualta, esimerkiksi heijastumana. Termodynamiikan lain mukaan $r + a + t = 1$, kun infrapunasäteily tavoittaa kappaleen pinnan. Osa voi heijastua (r), osa imeytyä lämpönä (a) ja osa kulkeutua kappaleen läpi (t).

Kaikille materiaaleille on emissiivisyyskerroin. Mikäli kerroin on alle 0,6, tulokset ovat epäluotettavia. Suositeltu kerroin on vähintään 0,95. Kameroissa voidaan valita emissiokerroin sekä kuvattavan kohteen taustalämpötila oikeaksi, mutta siltikin matalilla kertoimilla tulee epäluotettavia tuloksia. Kumi, posliini, useimmat eristeet ja maalatut pinnat ovat heijastamattomia pintoja, joten niistä saa parhaimmat mittaustulokset. Sähköteipillä ja voimakkaalla hapettumisella on suuri emissiivisyyskerroin, joten tulokset ovat kuvattaessa luotettavia. Huonoja kuvauspintoja heijastuvuuden vuoksi ovat esimerkiksi alumiinikisko ja kupari sekä ruostumaton teräs. Seuraavassa taulukossa (taulukko 1) on esimerkkejä erilaisten aineiden emissiokertoimista.

Taulukko 1. Esimerkkejä muutamista emissiokertoimista. (ST- kortti 53.62)

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

8.2.3 Komponentit

Komponenttien tunnistaminen ja niiden toiminta sekä ominaisuudet tulee tuntea luotettavan lopputuloksen saamiseksi. Standardeissa on kerrottu komponenttien sallittu lämpenemä ympäröivän ilman lämpötilaan verrattuna. Laitestandardit käyttävät yksikkönä Kelviniä (K). Asteikkojako on sama celsiusasteissa, joten lämpötilat voi tulkita celsiusasteina tai kelvineinä.

8.3 Havainnot

Sähkölaitteistojen kuvauksessa kohteet käydään järjestelmällisesti läpi ja etsitään vikoja. Kuvia ei tarvitse tallentaa kameraan, mikäli mitään poikkeavaa ei havaita.

Yleisimmin havaittavia asioita ovat:

- ◆ lämpötilat
- ◆ liitokset
- ◆ komponentti, eristys- ja johdotusviat.

8.3.1 Lämpötilat

Kaikki lämpötiloihin liittyvät havainnot on syytä analysoida ja selvittää tapauskohtaisesti. Pienikin lämpötilaero saattaa kertoa ongelmasta, kun taas jossakin

toisessa tapauksessa ongelmaa ei ole. Kohonnut lämpötila ei aina kerro laitteiston viasta, vaan nousu voi johtua jostakin muusta viasta, joka heijastuu kuvattavaan kappaleeseen. Toisaalta se voi olla täysin normaalia käytöstä tietyltä komponentilta, kun se on kuormitettuna, esimerkiksi lämpöreleen ominaisuuksiin kuuluu lämpeneminen. Kuvassa (kuva 1) olevien kontaktorien lämpötilaerot johtuvat kuormituksen jakautumisesta. Kuvaushetkellä lämpimämpi kontaktori oli enemmän kuormitettuna. Virrat tulee mitata kuvauksen yhteydessä, jotta pystytään selvittämään paremmin kohonneen lämpötilan syy. Vian voi havaita myös kylmyydestä. Se voi esimerkiksi tarkoittaa virrattomuutta.

Lämpötilojen nousun syitä voivat olla esimerkiksi:

- ◆ ylikuormitus tai epäsymmetrinen kuormitus
- ◆ harmoniset yliaallot
- ◆ eristysviat.



Kuva 1. Komponenttien lämpötilaero on noin 3 °C.

8.3.2 Vialliset liitokset

Löystyneet ja hapettuneet liitokset ovat yleisimpiä liitoksiin liittyviä vikoja. Löystynyt liitos nostaa sen resistanssia. Liitoksen lämpötila nousee kuormitusvirran takia. Mitä enemmän on kuormitusta, sen tärkeämmäksi liitoksen kireys tulee.

Hapettunut liitos johtuu ympäristötekijöistä tai yhteen sopimattomista liitosmateriaaleista. Lämpenemisen lisäksi liitokset voivat murentua hapettumisen ja syöpmisen seurauksena. Esimerkiksi kupari hapettuu ilmassa hapen kanssa herkästi.

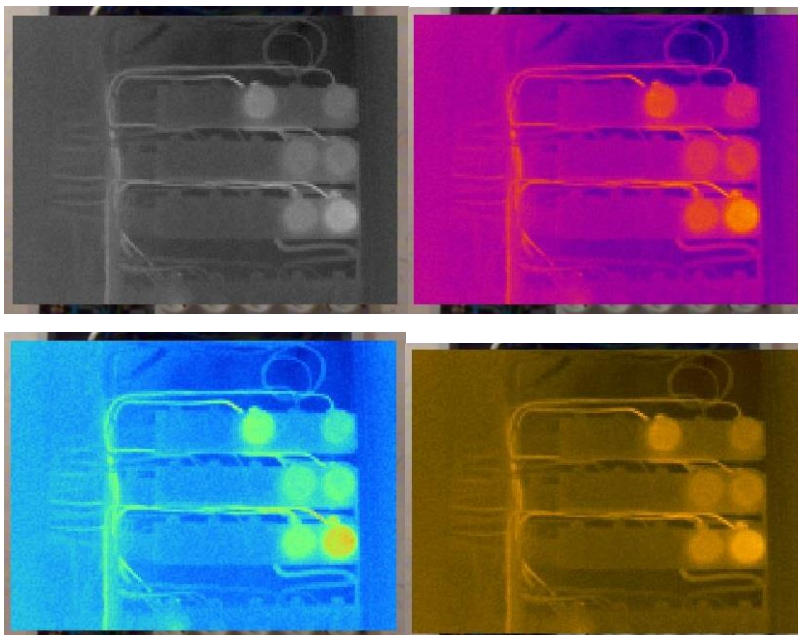
Vikaantunut liitos voi olla myös hehkuva. Tällöin liitoksessa on kuumentumisen jälkiä, pinnat ovat tummuneet ja liitos tai sen eriste on hiiltynyt pintojen kosketuskohdasta. Jotta hehkuva liitoksesta syttyy tulipalo, liitoksen ympärillä pitää olla palavaa materiaalia ja piirin tulee olla kuormitettuna.

9 LÄMPÖKUVAUSTULOKSET

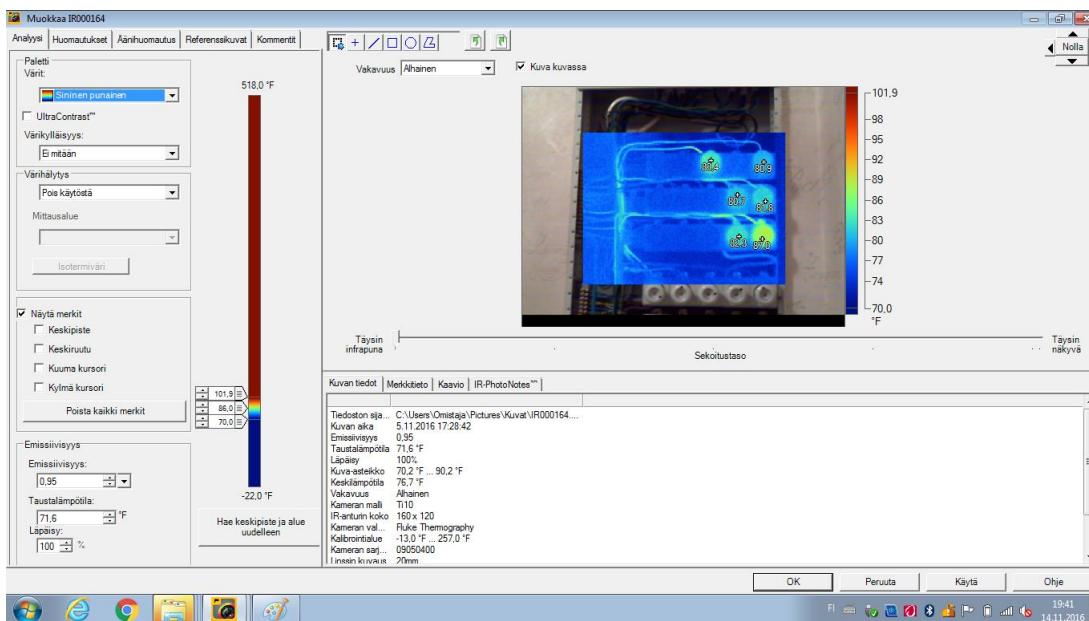
Lämpökuvauksen tärkein vaihe on kuvien analysointi ja tulkinta. Koska lämpökuvaaja on sähköalan osaaja, hän ymmärtää havaitsemansa poikkeamat ja niiden vakavuuden sekä sen, onko kyseessä vika vai ominaisuus.

Lämpökuvauksen jälkeen kuvat siirretään tietokoneelle, tulkitaan ja käsitellään ohjelman avulla. Ohjelman avulla saadaan muokattua kuvien emissiokerrointa, lämpötila- aluetta ja näkyvissä olevia pistelämpötiloja. Ohjelmat sisältävät myös erilaisia väripaletteja (kuva 2) joita voi valita. Tämän vuoksi kuvien värit eivät kerro mitään. Väreillä havainnoidaan ainoastaan lämpötilaeroja. Raportin luomisen jälkeen kuvia ei voi enää muokata. Huomautukset ja kommentit tulee myös lisätä ennen raportin tekoa. Kuvien muokkauksen jälkeen kuvista muodostetaan raportti. Ohjelmissa on valmis raporttipohja joka pitää vain tulostaa. Toinen mahdollisuus on liittää muokatut kuvat raporttiin, esimerkiksi word- tiedoston avulla. Fluke SmartView- ohjelma (kuva 3) on esimerkki lämpökuvien muokkausohjelmasta. Fluken mobiilisovelluksen avulla kuvia on mahdollisuus tarkastella jo kuvauspaikalla.

Lämpökuvien väärin lukeminen on yleisin virhe, joka tehdään kuvien analysoinnin ja tulkitsemisen yhteydessä. Jokainen komponentti ja viallinen liitos tulee analysoida tapauskohtaisesti. Huomioita tulee myös kiinnittää johdineristeisiin jotta säästyttäisiin tarpeettomilta komponenttien vaihdolta. (Sähkölaitteistojen lämpökuvaajan kurssi)



Kuva2. Esimerkkejä väripaaleista; harmaasävy, rautasävy, sinipunainen ja keltainen.



Kuva 3. Näkymä Fluke SmartView-ohjelmasta.

9.1 Raportti

Lämpökuvaaja tekee tilaajalle raportin tekemästään lämpökuvauksesta. Lämpökuvausraportti on asiakirja kuvauksesta ja saaduista tuloksista. Raportin tulee sisältää seuraavat asiat

- ◆ lämpökuvauksen tehneen yrityksen nimi yhteystietoineen
- ◆ lämpökuvaajan ja raportin laatijan nimi sekä pätevyystodistuksen numero
- ◆ kuvauksen tilaajan yhteystiedot ja yhteyshenkilö
- ◆ kuvauksen ajankohta
- ◆ sisällysluettelo kohteista
- ◆ kameran valmistaja, malli ja sarjanumero
- ◆ etäisyys ja tietoja kuvauskohteesta, kuten kuormitus, lämpötila ja emissiokertoimet
- ◆ lämpötila- asteikko ja käytetty väripaletti.

Useimmat lämpökamerat ottavat kohteesta lämpökuvan lisäksi digitaalisen kuvan, joka pitää liittää raporttiin. Jos lämpökamerassa ei ole kyseistä toimintoa, pitää digikuva ottaa tavallisella kameralla ja liittää raportin yhteyteen. Mikäli kuvaus on suoritettu ulkona, raportin tulee sisältää tietoa säätilasta, ulkolämpötilasta sekä tuulen nopeudesta ja suunnasta. Raportin lopussa on yhteenveto-osio jossa selvitetään toimenpiteitä vaativat kohteet ja niiden korjausehdotukset, mahdollisesti myös korjauksen aikataulu sekä tilaajan kanssa sovittu uusintakuvausajan ajankohta.

Lämpökuvausraportti tehdään aina niistäkin kohteista joista ei havaittu vikoja. Näissä tapauksissa kirjataan tiedot mitatuista virroista ja todennetaan että kuormitus oli riittävä kuormitushetkellä.

9.2 Lämpökuvien arkistointi

Lämpökuvausraportti luovutetaan tilaajalle tulostettuna versiona tai sähköisessä muodossa. Lämpökuvaajan tulee säilyttää kuvat ja raportit sähköisessä muodossa viiden vuoden ajan. Raporttia tai yksittäisiä osia raportista, kuten kuvia ei saa luovuttaa ulkopuolisille ilman tilaajan suostumista. Tilaaja voi halutessaan antaa luvan käyttää materiaalia esimerkiksi koulutustarkoitukseen, mutta muuten lämpökuvaajalla on salassapitovelvollisuus.

9.3 Lämpökuvauksen havaintojen korjaaminen ja raportointi

Tilaajalle toimitetaan lämpökuvausraportin liitteenä vikalista, josta käy ilmi suoritettavat toimenpiteet tehtyjen havaintojen ja puutteiden perusteella, sekä mahdolliset syyt. Listaan pitää kirjata toimenpiteiden ajankohta ja tehtävien suorittaja. Aikataulutuksessa on suositeltavaa käyttää apuna kokemusta aikaisemmin suoritetuista samantapaisista töistä. Toimenpiteet tulee myös kirjata kunnossapito-ohjelmistoon. Ohjelmisto pitää olla ajan tasalla, ja sitä on päivitettävä sitä mukaan kun sovitut korjaustyöt on suoritettu.

Kuvaaja voi suositella lisätoimenpiteitä, kuten esimerkiksi sähkönlaadun tarkistamista, sekä antaa kehotuksia liittyen sähkölaitteiston ja sen ympäristön siisteyteen. Kehotukset voivat olla esimerkiksi keskuksen eristys tai pölyn poisto keskukselta. (Lotta henkilökohtainen tiedonanto 9.11.2016)

Toimenpiteet voidaan jaotella prioriteetteihin niiden vakavuuden perusteella

- ◆ prioriteetti 1 tarkoittaa välittömiä toimenpiteitä
- ◆ prioriteetin 2 omaavat havainnot tulee hoitaa kahden kuukauden aikana kuvauksesta
- ◆ prioriteetti 3 kehottaa tarkkailemaan kohdetta poikkeamien varalta. (Sähkölaitteiston lämpökuvaajan kurssi 2015)

9.3.1 Esimerkkejä toimenpiteistä

Vialliset johdineristeet ja komponentit, sekä vialliset liitokset on aina vaihdettava uuteen mahdollisimman pian paloturvallisuuden vuoksi. Viallisten liitosten kohdalla voidaan myös suorittaa uudelleenasetus. Jos liitos on löystynyt, tulee löystymisen syy selvittää aina tapauskohtaisesti, kiristää liitoksia ja mitata virtoja.

Kahvalähdöissä pitää aina olla samansuuruiset sulakkeet. Esimerkiksi (kuva 4) L2-lähdössä on 125A sulake, kun muissa vaiheissa on 100A sulake. Tällaisessa tapauksessa sulakkeet tulee vaihtaa kuvien mukaisesti 3* 100 A mahdollisimman pian.



Kuva 4. Kahvasulakelähdöt.

10 KUVATTU KOHDE

Tämän opinnäytetyön käytännön osuudessa käytetty lämpökamera oli Fluke Ti10 (kuva 5). Kameran tarkkuus on ± 2 °C ja lämpökuvan resoluutio on 160*120. Emissiokerrointa pystyy säätämään kameran valikosta. Tässä kuvauksessa käytettiin kertoimena 0,95. Kuvaus suoritettiin automaattisella lämpötilan mittausalueella.



Kuva 5. Fluke Ti10- kamera.

Kuvatusta kohteesta tehtiin raportti, josta havainnot on liitetty opinnäytetyön liitteeksi (Liite 1). Kuvien analysoinnissa käytettiin harmaasävyäpalettia. Raportti sisältää lämpökuvan lisäksi myös näkyvän valon kuvan, eli tavallisen digikuvan, joka otettiin lämpökameralla. Kuvauskohde oli omakotitalon keskus. Keskuksen avaaminen ei vaatinut jännitteen poiskytkentää. Kuvaushetkellä keskuksen kuormitus oli noin 65% maksimikuormasta.

11 YHTEENVETO

Ennen opinnäytetyön aloittamista aiheeseen piti perehtyä kunnolla. Lähdemateriaalia löytyi monipuolisesti, kirjoista ja internetistä, jopa liikaa. Mahdollisuus osallistua Sähkölaitteiston lämpökuvaajan kurssille, osoittautui hyväksi ja hyödylliseksi tilaisuudeksi oppia aiheesta lisää.

Opinnäytetyötä varten kuvattiin muun muassa omakotitalon sähkökeskus. Lämpökuvauksessa löytyi pieniä lämpötilaeroja komponenttien välillä ja epätasainen kuorma ulkorakennuksen syötön vaiheista. Kuvaukset osoittivat lämpökuvauksen olevan hyödyllinen menetelmä sähkölaitteistojen kunnossapidossa, sillä sen avulla havaitaan asioita, joita ei paljaalla silmällä näe. Menetelmän avulla ehkäistään laiterikkoja, tuotantokatkoja ja sähköpaloja. Kuvauksen yhteydessä pitää huomioida riittävän valaistuksen määrä digikuvan vuoksi.

Työssä käytiin läpi lämpökuvauksen perusasioita yleisellä tasolla, lämpökameran- ja kuvauksen tekniikkaa sekä huomioitavia asioita lämpökuvauksen yhteydessä. Työn tekeminen oli hyödyllinen ja mieluisa prosessi, sillä tietoni sähkölaitteistoista ja lämpökuvauksesta karttuivat työn aikana.

KUVAT

Kuva 1 Kuvattuna keskuksen kontaktorit, s.21

Kuva 2 Esimerkkejä väripaaleista, Fluke SmartView-ohjelmasta, s.23

Kuva 3 Fluke SmartView-ohjelma, s.23

Kuva 4 Kahvasulakelähdöt, s. 29

Kuva 5 Fluke Ti10, s. 30

TAULUKOT

Taulukko 1 Emissiokerrointaulukko (ST- kortti 53.62), s.19

LÄHTEET

Flir Commercial vision systems: Thermal imaging http://www.flir.com/uploaded-files/Eurasia/MMC/Applications/Stories/AS_0007_EN.pdf (Luettu 13.11.2016)

Fluke Corporation 2008. Solving electrical problems with thermal imaging http://support.fluke.com/find-sales/Download/Asset/3359026_6251_ENG_A_W.PDF (Luettu 25.10.2016)

Hietanen, M. 2016. Kurssi Sähköinfo Oy:n Sähkölaitteistojen lämpökuvaajan koulutuksessa 1.11.2016.

Infradex Oy <http://www.infradex.com/sovellusesimerkit/> (Luettu 03.10.2016)

Kari, A. 2016. Kurssi Sähköinfo Oy:n Sähkölaitteistojen lämpökuvaajan koulutuksessa 1.11.2016.

Lotta, J. 2016. Toimitusjohtaja, JMT- Service Oy. Laitila. Henkilökohtainen tiedonanto 9.11.2016.

Lotta, J., Siivonen, T. & Suominen, M. Laitila. 2016. Henkilökohtainen tiedonanto 15.11.2016.

Mikkonen, H. 2009. Kunnossapitolajit. Teoksessa Mikkonen, H. (toim.) Kuntoon perustuva kunnossapito – käsikirja. Helsinki: KP- Media Oy.

Opetushallitus. EDU.fi <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/index.html> (Luettu 03.10.2016)

Opetushallitus EDU.fi. 2.1 kunnossapidon käsitteet ja määritelmät http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_2-1_kunnossapidon_kasitteet_ja_maaritelmät.html (Luettu 08.10.2016)

Paloniitty, S. 2015. Rakennuksen lämpökuvaus, uudet ohjeet. Paloniitty Oy. <http://paloniitty.fi> (Luettu 28.09.2016)

Paloniitty, S. 2004. Rakennuksen lämpökuvaus. PUBLISHER: Hämeen ammattikorkeakoulu.

Rousku, H. 2016. Kurssi Sähköinfo Oy:n Sähkölaitteistojen lämpökuvaajan koulutuksessa 1.11.2016.

ST 53.62. Sähkölaitteistojen lämpökuvaus. 2014. Sähkötieto ry. (Luettu 29.09.2016)

Stjernberg T. 2000. Lämpökamera kunnossapidon työkaluna. Kunnossapito- lehden erikoisliite 2000. <http://docplayer.fi/4705763-Lampokamera-kunnossapidon.html> (Luettu 28.09.2016)

Sähköalan www-sivut. www.sahkoala.fi (Luettu 20.10.2016)

Sähkölaitteiston lämpökuvaajan kurssi 2015. Kurssi Sähköinfo Oy:n Sähkölaitteistojen lämpökuvaajan koulutuksessa 1.11.2016.

Turvallisuus- ja kemikaaliviraston www- sivut. (Luettu 21.10.2016)
<http://www.tukes.fi/>

LÄMPÖKUVAUSRAPORTTI

Kuvauksen tiedot

Kuvausaika:	5.11.2016 17:28:42		
Ympäristön ilmanlämpötila:	22,0 °C	Kuvausetäisyys:	1 m
Kuormitus (%)	65%	Nimelliskuorma enintään:	63A/ 380V
Emissiokerroin:	0,95	Heijastunut lämpötila:	22,0 °C
Kameran valmistaja	Fluke Thermography	Kamera:	09050400

Kuvan tiedot

Läpäisy	1,00
Kuva-asteikko	21,4°C ... 36,9°C
Kameramalli	Ti10
IR-anturin koko	160 x 120
OCA-versio	1.2.9
Linssin kuvaus	20mm
Kuvan aika	5.11.2016 17:26:42
Kalibrintialue	-25,0°C ... 125,0°C

Pääkeskus



IR000161.IS2

K1 ja K2 lämpötilaero noin 3 astetta.
Kuormitus tasainen.



Näkyvän valon kuva

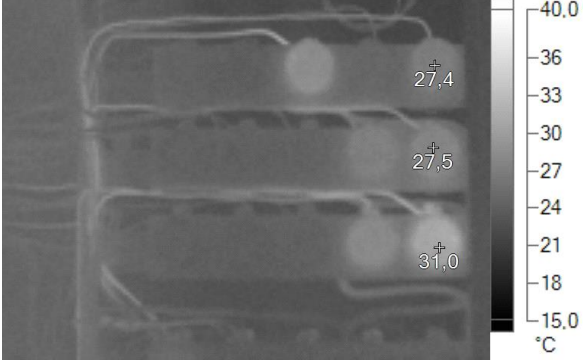

Mahdollinen ongelma:	Viallinen komponentti.
Korjausprioriteetti:	2.
Suosittelut toimenpide:	Kontaktori tulee vaihtaa uuteen, mikäli ongelmia ilmenee.

Pääkuvan merkit

Nimi	Lämpötila	Emissiivisyys	Tausta
K2	30,7°C	0,95	22,0°C
K1	27,1°C	0,95	22,0°C

Kuvan tiedot

Läpäisy	1,00
Kuva-asteikko	21,2°C ... 32,3°C
Kameramalli	Ti10
IR-anturin koko	160 x 120
OCA-versio	1.2.9
Linssin kuvaus	20mm
Kuvan aika	5.11.2016 17:28:42
Kalibrointialue	-25,0°C ... 125,0°C

Pääkeskus		
 <p>IR000164.IS2 F5 3* 10A, ulkorakennuksen syöttö L1- 7,2 A L2- 7,5 A L3- 9,1 A L3- vaihe lämpimämpi kuin L1 ja L2 noin 3 °C.</p>	 <p>Näkyvän valon kuva</p>	
Mahdollinen ongelma:	Epätasainen kuorma.	
Korjausprioriteetti:	2.	
Suosittelut toimenpiteet:	Kuormitukset tasattava.	

Pääkuvan merkit

Nimi	Lämpötila	Emissiivisyys	Tausta
F5 L3	31,0°C	0,95	22,0°C
F5 L2	27,5°C	0,95	22,0°C
F5 L1	27,4°C	0,95	22,0°C