

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Sähkötekniikan koulutusohjelma

Sakari Piironen

LÄMPÖKAMERAN KÄYTTÖ TEOLLISUUDEN
SÄHKÖKUNNOSSAPIDOSSA

Opinnäytetyö
Toukokuu 2016



OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2016
Sähkötekniikan koulutusohjelma

Tikkarinne 9
80220 JOENSUU
013 260 600

Tekijä(t)

Sakari Piironen

Nimeke

Lämpökameran käyttö teollisuuden sähkökunnossapidossa

Toimeksiantaja

Outotec Turula OY

Tiivistelmä

Sähköturvallisuuslaki velvoittaa sähkölaitteen haltijaa huolehtimaan laitteiston kunnosta. Lämpökuvaus on yksi keinoista ylläpitää laitteistojen kuntoa. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on perehtyä kunnossapitoon ja sen historiaan, sekä sen eri kunnossapitotajeihin. Työn tavoitteena oli tarkastella teollisuuden sähkökunnossapitoa lämpökamera-kuvausten avulla sekä tutustua lämpökameran ominaisuuksiin ja käyttöön. Työssä tarkasteltiin myös lämpökamerasta saatuja tietoja ja kuinka niitä sovelletaan sähköjärjestelmien kunnan ja kunnossapidon parantamiseksi.

Työn toteutus tapahtui Outokummussa Outotec Turula Oy:n tehtaalla, jossa lämpökuvattiin sähkökeskuksia. Teoriaosuus käsittelee kunnossapitoa ja sen historiaa, lämpökuvausta sekä lämpökameran käyttöä osana teollisuuden sähkökunnossapitoa. Kuvien tulinta tapahtui teoriaosuudessa selvitettyjen tietojen perusteella.

Sähkökeskusten lämpökuvaamisen ongelmaksi osoittautuivat vikatilanteiden puuttuminen sekä pienet kuormitusvirrat johtuen kesäsesongista, jolloin keskusten kuormitukset ovat pieniä. Keskukset olivat hyväkuntoisia, siistejä eikä niissä kuvausten perusteella löytynyt vikoja tai suuria huomautuksia. Parhaan mahdollisen luotettavuuden kuvauksille saisi niin, että kuormitusvirrat olisivat suurimmat mahdolliset, jolloin saataisiin todenmukaisimmat mittaustulokset.

Kieli

suomi

Sivuja 32

Liitteet 2

Asiasanat

kunnossapito, lämpökamera, sähkö, lämpökuvaus



THESIS
May 2016
Degree Programme in Electrical Engineering

Tikkarinne 9
80220 JOENSUU
FINLAND
013 260 600

Author(s)
Sakari Piironen

Title
The Use of Thermographic Camera in the Electric Maintenance of Manufacturing

Commissioned by
Outotec Turula Oy

Abstract

Electrical Safety Act obligates the possessor of the electronic device to maintain the condition of the device. Thermography is one way maintain the condition of devices. The purpose of this thesis was study maintenance, it's history and the different types of maintenance as well as to examine electric maintenance of manufacturing with the help of thermography and to get to know about the features and the use of a thermographic camera another goal was the examine the information gotten from the thermographic camera and how to adapt that information to improve the condition and maintenance of electric systems.

The execution of the took place project at the factory of Outotec Turula Oy in Outokumpu where switchboards were therminal imaging off the swichboard was made.The theory deals with on maintenance and its history, thermography and the use of thermographic camera as a part of electric maintenance of manufacturing. The Interpreation of the images was based on the information examined in the theory part.

The problems of thermal imaging the switchboards turned out to be the lack of errors and small load current due to of the summer season when the loads of the switchboards are small. The switchboards were in good condition, clean and based on their thermal imaging no flaws or notable remarks were found. The best possible reliability for thermal imaging would be received if the load currents were big as possible to get the most realistic measurerent.

Language

Finnish

Pages

Appendices 32

Keywords

maintenance, thermal camera, electric, thermography

Sisältö

1	Johdanto	2
2	Kunnossapito	3
2.1	Kunnossapidon yleinen määritelmä	4
2.2	Kunnossapidon historia	5
2.3	Kunnossapidon eri lajit.....	6
2.4	Sähkökunnossapito	7
2.5	Sähkölaitteiden lämpeneminen.....	8
2.6	Sähköpalot.....	9
3	Lämpökuvauus	9
3.1	Lämpökuvauksen perusteet.....	10
3.2	Emissiivisyys.....	10
3.3	Lämpösäteily.....	12
3.4	Lämpökameran hyödyt	12
3.5	Lämpökameran ominaisuudet.....	12
4	Lämpökameran käyttö	13
4.1	Lämpökameran asetukset.....	13
4.2	Kuvien analysointi.....	14
4.2.1	FLIRTools	14
4.2.2	Kuvien tulkinta	14
5	Huomioitavaa sähkölaitteistojen lämpökuvauksessa	15
5.1	Kuormitus.....	15
5.2	Turvallisuus.....	15
5.3	Yleisiä vikakohteita	16
6	Kuvatut keskukset.....	17
6.1	Lämpökamera Flir8 ja asetukset.....	17
6.2	Alakeskukset 2,3,11,13,15.....	18
6.3	Ryhmäkeskukset 2,3,5	18
6.4	Turvakytkimet	18
7	Mahdolliset vikakohteet.....	19
7.1	Alakeskus 5	19
7.2	Alakeskus 6	20
7.3	Alakeskus 7	23
7.4	Alakeskus 10	24
8	Pohdinta.....	26
	Lähteet.....	28

Liitteet

Liite 1 Mittausraportti 1

Liite 2 Mittausraportti 2

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön aihe lähti työstymään harjoittelupaikassani Outotec Turula Oy:ssä, jossa opinnäytetyön tekemiseen sain ehdotuksen esimieheltäni. Tehtaan ryhmä- ja alakeskukset tulisi lämpökuvata lämpökameralla mahdollisten vikojen varalta. Ensiksi täytyi tutustua kunnossapitoon ja sen eri osa-alueisiin lähdemateriaalien avulla ja perehtyä lämpökameran käyttöön ennen työn aloittamista. Saatuani jonkunlaisen käsityksen teollisuuden sähkö kunnossapidosta ja perehdyttyäni käytössäni olleeseen lämpökameraan oli minulla valmius aloittaa varsinainen työ.

Käytössäni minulla oli FLIR80 lämpökamera jolla suoritin lämpökuvaukset tehtaan sähkökeskuksista. Kuvien analysointi ja raporttien teko tapahtui valmistajan omalla ohjelmistolla FLIRtools:lla. Työssä käydään läpi kuvatut keskukset ja turvakytkimet sekä analysoidaan lämpökameran kuvia. Raportissa on selvitetty niiden keskuksien poikkeamista joissa on kuvausten yhteydessä havaittu jotakin vikaantumiseen ilmenevää.

Eri lähteistä saaduista tiedoista sekä lainsäädännöstä olen koonnut teoriaosuiden kunnossapidosta yleisesti katsoen, kunnossapidosta teollisuus ympäristössä, sekä sähkökunnossapidosta. Lämpökameran käyttöä on perusteltu osana sähkökunnossapitoa, sekä käytössä olleeseen lämpökameraan FLIR80 on tutustuttu tarkemmin. Työssä esitetään lämpökuvia harjoittelupaikkani Outotec Turula Oy:n tehtaan sähkökeskuksista. Työ painottuu lämpökameran käyttöön apuna teollisuuden sähkökunnossapidossa, sekä kameran avulla havaittaviin vikakohtiin. Kunnossapito käytännön tasolla rajoittuu kuvattavien keskuksien

puhdistamiseen ja roskien keräämiseen. Mahdolliset vian korjaukset tai muut huoltotoimenpiteen on jätetty ulkopuolelle.

2 Kunnossapito

Kunnossapito on kaikkien niiden teknisten, hallinnollisten ja johtamiseen liittyvien toimenpiteiden kokonaisuus, jossa kohteen kuntoa pidetään yllä tai palautetaan se tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnan koko elinjaksonsa aikana (SFS-EN 13306 2001). Kunnossapito onkin nimensä mukaisesti käyttöomaisuuden tuottokyvyn ylläpitämistä ja sen säilyttämistä. Näiden määritelmien mukaan kuuluvat myös oleellisesti seuraavat asiat: Laitteen toimintakunto pyritään pitämään yllä eikä sen anneta hajota tai toimintakyvyn huonontua. Laitetta käytetään niissä olosuhteissa, joihin sen on tarkoitettu. Laite pyritään palauttamaan alkuperäiseen kuntoonsa, eli vastaamaan uutta laitetta. Pyritään korjaamaan ne heikkoudet joita suunnitteluvaiheessa koneeseen on päässyt. Henkilöstön käyttö- ja kunnossapitotaitojen jatkuva kehittäminen, sekä koneiden luotettavuuden ja käytettävyyden hallinta ovat tärkeitä teemoja kunnossapidon toimivuuden kannalta. [2, s.14.]

Tehokasta kunnossapitoa on se että koneen kunnossapitäjät osaavat laatia koneelle mahdollisimman järkevät kunnossapitostrategiat ja toteuttaa niitä siten että koneen kunto ja suorituskyky pysyy mahdollisimman kauan hyvänä. Kunnossapidon tärkein tavoite on optimoida valmistusprosessin tehokkuus. Tehokasta käyttöä on se että konetta käytetään mahdollisimman tehokkaasti, mutta asiakaankuuluvasti. Tehokas kunnossapito muodostaa tehokkaan käytön kanssa perustan koneen toiminnalliselle tehokkuudelle. Elinjaksosuunnitelma on koneen elinjakson kattava toimintasuunnitelma, jossa sen tuotannolliset tavoitteet sekä kunnossapidon päälinjaukset on esitetty. Näin koneelle voidaan laatia vuosittaiset tuotantotavoitteet sekä kunnossapito-ohjelma, tätä kutsutaan elinjaksojohtamiseksi. [2, s.12.]

Elinjaksosuunnitelmalla ja suorituskyvyn päivittämisellä voidaan vaikuttaa sen tehokkuuteen sen elinjakson aikana. Kone pyritään saamaan pidettynä jatku-

vasti tehokkaana ja kilpailukykyisenä ja varmistetaan koneen elinajan aikainen tehokkuus ja investoinnin tuottavuus. Kunnossapidolla on myös niin sanottuja ”asiakkaita” jotka on jaettu neljään tunnistettavaan osaan, jotka ovat: Tuotantovälineiden omistajat, koneen käyttäjät, yhteiskunta ja kunnossapitäjät itse. Omistajat ovat tyytyväisiä, kun koneet tuottavat tehokkaasti tuotteita ja tuotteille saadaan hyvä kate. Käyttäjät ovat tyytyväisiä kun koneet toimivat luotettavasti ja tehokkaasti ja täyttävät annetut vaatimukset. Yhteiskunta on tyytyväinen jos laitteet toimivat luotettavasti eivätkä aiheuta vaaraa yleiselle terveydelle tai yhteiskunnalle. Kunnossapitäjien on pystyttävä luomaan sellaiset arvot ja asiat jotka houkuttelevat alalle uusia ammattilaisia jotka pitävät työstään sekä edelleen kehittävät sitä. [2, s.13–14.]

2.1 Kunnossapidon yleinen määritelmä

Kunnossapito on erilaisten asioiden, kuten prosessien, koneiden, tai laitteiden toimintakunnossa pitämistä, siten että ne toimivat moitteitta, viat korjataan, turvallisuusriskit huomioidaan sekä ne ovat ympäristölle turvallisia. Standardin SFS-EN 13306 mukaan kunnossapito määritellään näin: “Kunnossapito koostuu kaikista kohteen elinajan aikaisista teknisistä, hallinnollisista ja liikkeenjohdollisista toimenpiteistä, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa kohteen toimintakyky sellaiseksi, että kohde pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon”. Standardi on kaiken kattava, mutta sen perusteella kohteen toimintasuunnitelmaa on vaikea laatia. [2, s.14.]

Maanläheisempi tapa kunnossapidon määritelmään on John Moubrayn esittämä kunnossapidon määritelmä. Sen tavoitteena tuotantovälineen toiminnan varmistamiseksi sen koko elinkaaren aikana on: Varmistua siitä, että omistaja, käyttäjät sekä yhteiskunta ovat tyytyväisiä toimintatapaan. Valita juuri oikea ja sopivin kunnossapidon toimintamalli kyseiseen kohteeseen, jolla hallitaan tuotantovälineiden vikaantumista ja sen seurauksia. Tavoitteena on saada jokaisen kunnossapitoon osallistuvan tuki kunnossapitotoimille. [2, s.14.]

Toimintatavat eivät ole jokaisella kunnossapidon alalla ole samat, vaikka toimintaperiaatteet ja tavoitteet olisivatkin aloilla samat. Käytännön tasolla toimet saattavat poiketa toisistaan huomattavasti. [2, s.15.]

2.2 Kunnossapidon historia

Kunnossapitoa on harjoitettu todennäköisesti yhtä kauan kun ihminen on rakentanut ja käyttänyt koneita. Varhaisin kunnossapito on ollut lähinnä kohteen redundantista valmistamista, joka tarkoittaa kaksinkertaistamista, jolloin vian esiintymisen jälkeistä korjausta ja huoltoa. Kunnossapidon historia voidaan jakaa neljään eri sukupolveen. [2, s.18.]

Ensimmäisen sukupolven kunnossapidolle ominaisia piirteitä olivat: Vikaantuneita koneita voitiin pitää seisokissa. Koneet olivat rakenteeltaan varsin yksinkertaisia ja tavanomaisin vikaantuminen oli ajan myötä tapahtuva kuluminen. Koneet olivat ylimitoitettuja tarkoitettuun työhön, jolloin ne myös kestivät enemmän. Ylimitoitus johtui suurista varmuuskertoimista jolla pystyttiin korjaamaan mitoituksessa tapahtunut laskennallinen epätarkkuus. Yleensä vian korjaaminen ja määrittäminen ei ollut vaikeaa, koska koneet olivat alkeellisia. Ennakoiva kunnossapito koostui yleensä vain kohteen pudistamisesta, säätämisestä sekä voitelusta. Tarvittava kunnossapidon osaaminen oli vielä hyvin pientä. [2, s.15–16.]

Toisen sukupolven katsotaan alkaneen toisen maailmansodan aikoihin, jolloin tuotantoa piti lisätä automaation avulla. Koneita yhdisteltiin pidemmiksi ketjuiksi. Tämä johti ongelmiin ja jouduttiin luomaan uusia laatuhankeita, jolla valmistettävien tuotteiden tasalaatuisuus pyrittiin pitämään yllä vaikka työvoiman määrä sekä laatu vaihtelivatkin. Lisääntynyt teknologia toi mukanaan joukon vikaantumisia sekä lastentauteja, jolloin kunnossapidolla oli entistä suurempi merkitys. Ehkäisevä kunnossapito katsotaan alkaneeksi toisen sukupolven aikana. Ennakoivaa kunnossapitoa tehtiin aluksi jaksotettuna huoltona, jolloin huolto tehtiin ennalta määritellyissä jaksoissa. Kustannusten kasvaessa kehittyi myös kun-

nossapidon suunnittelu ja johtaminen, joiden avulla pyrittiin resurssien käyttökustannuksien minimointiin. [2, s.16.]

Kolmas kunnossapidon sukupolvi katsottiin alkaneen 1970-luvulla. Muutoksen voidaan katsoa tulleen amerikkalaisten avaruusprojektien, konseptien sekä innovaatioiden myötä. Koneiden käyttövaatimukset pystyttiin asettamaan aivan uusille tasoille. Uudet tutkimukset loivat uusia lähestymistapoja, työkaluja ja tekniikoita. Tehokkuus ja luotettavuus kasvoivat seuraavista syistä: Tuotantokoneissa mekanismien määrä kasvoi ja automaatio lisääntyi, jolloin yritysten liiketoiminta tuli hyvin riippuvaiseksi koneista. Kilpailu oli maailmanlaajuista ja varsinkin Aasiasta tuli länsimaisille markkinoille yrityksiä, joiden tehokkuus länsimaisiin yrityksiin oli varsin ylivoimainen. Länsimaiset yritykset joutuivat tehostamaan toimintamalliansa. Tavaroiden varaston tekeminen vähentyi ja siirryttiin pääsääntöisesti tilauskauppaan, jolloin tilausajat lyhenivät merkittävästi. Koneisiin ja tuotantolaitoksiin sijoitettiin enemmän pääomaa. Mitä tehokkaammin laitokset pyörivät sitä vähemmän tarvittiin pääomaa, ja investoitu pääoma tuotti enemmän. [2, s.16.]

Neljännän sukupolven katsottiin syntyneen 1990-luvulla, jolloin mikroelektroniikka ja IT-teknologia tekivät läpimurtonsa. Tälle sukupolvelle tyypillisiä piirteitä olivat: Prosessien integraation ja automaation lisääntyminen nostivat koneiden hintoja, jolloin puutekustannukset nousivat suuremmiksi kuin kunnossapito ja korjauskustannukset. Uuden sukupolven teknologia kuten elektroniikka sekä pneumatiikka asettivat kunnossapidolle uusia osaamisvaatimuksia. Tuotteiden elinkaaret lyhenivät merkittävästi. Kunnonvalvonta helpottui erilaisten sensoreiden ja antureiden avulla, joka johti samalla kunnossapidon osaamisvaatimusten nousuun. Etävalvonnan avulla voitiin saada kunnossapitoa lähes mahdotomiinkin paikkoihin. [2, s.17–18.]

2.3 Kunnossapidon eri lajit

Kunnossapito toiminnassa on jaoteltuna viisi eri pääalajia, jotka ovat 1) huolto, 2) ehkäisevä kunnossapito, johon sisältyy jaksotettu kunnostaminen, kunnonvalvonta, kuntoon perustuva kunnossapito sekä ennustava kunnossapito, 3) Korjaava kunnossapito, johon sisältyy kunnostaminen ja korjaaminen, 4) Parantava kunnossapito, 5) vikojen ja vikaantumisen selvittäminen. Nämä viisi kunnossapidon pääalajia on jaoteltu luonteviksi kokonaisuuksiksi, joiden avulla halitaan tuotantolaitosten kunnossapitoa. [2, s.41–42.]

Huollon tavoitteena on pitää koneiden tuotantoympäristö ja sen edellytykset mahdollisimman hyvinä. Huolto on pääsääntöisesti jaksotettua huoltoa kuten käyttöaika- ja määräaikaishuoltoa. Ehkäisevä kunnossapito koostuu useasta joukosta eri tekniikoita, joiden avulla pyritään estämään vikaantuminen tai hallitsemaan sitä. Vikaantumisen estäminen perustuu kuluvien komponenttien vaihtamiseen ennen niiden vikaantumista. Vikaantumisen hallinnassa etsitään niitä vikoja, jotka eivät vielä ole seisauttaneet konetta. Toimenpiteet voivat olla joko jaksotettuja toimenpiteitä, jatkuvasti suoritettavia toimenpiteitä tai mahdollisesti sellaisia toimenpiteitä joita suoritetaan jatkuvasti. Korjaavassa kunnossapidossa korjataan havaitut viat yleensä välittömästi, tai silloin kun siihen on mahdollisuus. Parantavan kunnossapidon menetelmin koneiden kestävyyttä parannetaan koneiden kestävyuden ja luotettavuuden parantamiseksi sekä muutetaan kunnossapidon kannalta epäedulliset kohteet paremmiksi. Vikojen ja vikaantumisen selvittämisen menetelmillä pyritään parantamaan niitä epäkohtia jotka vaikuttavat tuotantoprosessiin epäsuotuisasti. Pyritään oikeanlaisiin toimintamalleihin ja laitteiden oikeaoppiseen käyttöön. [2, s.42.]

2.4 Sähkökunnossapito

Sähtöturvallisuuslain (410/96) pohjalle, ja sen annettuihin määräyksiin perustuvat sähkölaitteiden huolto ja kunnossapito. Sähkölaitteeksi luokitellaan lain mukaan sähkölaitteista, sähkökeskuksista, ja asennustarkkeista ja muista vastaavista osista koostunut kiinteä kokonaisuus. Sähkölaitteistot on jaoteltu eri luokkiin, jotka määrittävät sen mitkä tarkastukset ja ilmoitukset koskevat kyseessä olevia laitteistoja. Luokitukseen vaikuttavia tekijöitä on laitteistojen laa-

juus, sekä niiden erityisominaisuudet. Luokituksesta riippumatta laitteistoja on hoidettava niin, etteivät ne aiheuta vaaraa kenenkään hengelle, terveydelle tai omaisuudelle. Lakia ja määräyksiä noudattamatta jättäminen voi johtaa siihen, että sähköturvallisuusviranomainen voi määrätä korjaamaan puutteellisuudet, asettaa rajoituksia tai kieltää käytön kokonaan. [7.]

Sähköturvallisuuslain (410/96) nojalla on annettu kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteiden käyttöönotosta ja käytöstä (517/96), että sähkölaitteiston haltijan on huolehdittava siitä, että laitteiston kuntoa ja turvallisuutta tarkkaillaan ja että havaitut puutteet ja viat poistetaan riittävän nopeasti. [7.]

2.5 Sähkölaitteiden lämpeneminen

Sähkölaitteen lämpeneminen on yksi syy joka voi johtaa sähköpaloon. Virtapiiriin tai sähkölaitteen jonkin muun fyysisen osan lämpeneminen voi johtaa sähköpaloon. Se voi johtua suurista vuotovirroista, ylikuormituksesta tai oikosulun aiheuttamasta suuresta virtapiikistä. Virran kasvaessa syntyy tehohäviöitä joka ilmenee sähkölaitteiston osan ylikuumenemisena, joka voi pahimmillaan johtaa sähköpaloon. Elektroniikkaa sisältävät sähkölaitteet ovat hyvin herkkiä ylivirroille, eivätkä puolijohdekomponentit kestä suuria ylivirtoja. Kaikki kappaleet muodostavat kapasitanssivarauksen maahan nähden ja siihen voi kerääntyä sähkövarausta. Staattinen sähkövaraus voi helposti aiheuttaa sähköpurkauksia, ja jos varaus on riittävän suuri voi palava tai räjähtävä aine syttyä ja aiheuttaa sähköpalon. Myös ihminen voi aiheuttaa staattisen sähköpurkauksen joka voi johtaa sähköpaloon. Ihmiseen syntyy helposti staattinen sähkövaraus, jonka suuruus muodostuu ympärillä vallitsevien olosuhteiden mukaan. Ilman suhteellinen kosteus, lattian pintamateriaali, sekä jalkineiden ja vaatteiden materiaali vaikuttaa siihen minkälaisen varauksen ihminen muodostaa. Eristävällä alustalla ja eristävillä asusteilla ihmisen sähköstaattinen jännite voi nousta jopa (20-30kV) asti. [8.]

2.6 Sähköpalot

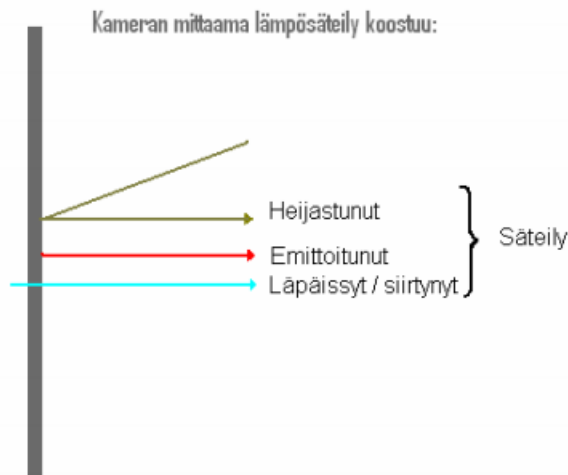
Sähköpalon syntymisen edellytykset ovat palava materiaali, happi sekä riittävä sytytysenergia. Palo jonka mahdollinen energian lähde on sähkö, kutsutaan yleisesti sähköpaloksi. Kiinteiden eristeiden tärkeitä ominaisuuksia on kestävä mekaanista, termistä ja sähköistä kulutusta. Eristeiden lämpeneminen, lämpövaihtelut, olosuhteiden muutokset, jännitysrasitukset yms. johdosta voi tapahtua niitä mekaanisia, kemikaalisia ja sähköisiä muutoksia jotka voivat aiheuttaa ylisuuria vuotovirtoja, ja näin ollen mahdollisen sähköpalon. Yleensä ensimmäisenä palamaan syttyy sähkölaitteen tai asennuksen vioittunut komponentti. Näin ei kuitenkaan aina tapahdu, sillä sähköinen vika voi tuottaa niin paljon lämpöä, että se sytyttää lähellään olevat palavat aineet tai mahdollisesti ensimmäisestä viasta voi kuoriutua tapahtumien ketju joka johtaa lopulta sähköpaloon. Sähköpaloon johtavia ilmiöitä ovat muun muassa: Vuoto, - oikosulku ja ylikuormitusvirrat, yliaaltojännitteet ja virrat, sähköpurkaukset ja kipinäinti, sekä valokaari-ilmiö. [8.]

3 Lämpökuvaus

Lämpökuvauksella tarkoitetaan tutkittavan kohteen pintalämpötilajakauman mittaamista kohteen lähettämän infrapunasäteilyyn perustuen. Laitteita jotka mittaavat lämpöjakaumaa kutsutaan lämpökameroiksi ja lämpökameran kuvaa lämpökuvaksi. Kaikki pinnat lähettävät infrapunasäteilyä, jonka intensiteetti eli voimakkuus riippuu kappaleen pintalämpötilasta. Lämpökuvaus on mahdollista suorittaa kahdella aallonpituusalueella. Lyhyt aallonpituus alue kattaa 2 μ m-5 μ m ja pitkä aallonpituusalue 8-14 μ m. Ilmakehä vaimentaa säteilyä alueiden ulkopuolella. Kohteen lähettämä infrapunasäteilyn määrä riippuu kohteen pintalämpötilasta sekä pinnan eri ominaisuuksista. [9.]

3.1 Lämpökuvauksen perusteet

Pintalämpötilojen mittaus lämpökuvauksella perustuu pintojen lähettämään eli emittoimaan lämpösäteilyyn. Kaikki pinnat lähettävät säteilyä, mutta sen voimakkuus riippuu pinnan lämpötilasta, pinnan emissiokertoimesta ja pinnan kyvystä lähettää lämpösäteilyä.



Kuva 1. Lämpösäteilyn koostumus [6.]

Lämpökamera mittaa pinnasta tulevaa infrapuna-alueelta tullutta kokonaissäteilyä. Materiaalin emissiivisyyskerroin on 0-1 välillä, luku tarkoittaa materiaalin kykyä säteillä infrapunaenergiaa suhteessa täydelliseen heijastajaan joka on mustakappale, jonka emissiivisyyskerroin on tasan 1. Emissiokertoimen ollessa pieni, luokkaa 0-0,5 heijastava pinta on tuolloin kiiltävä ja heijasta. Suuri osa pinnasta lähtevästä säteilystä tulee ulkopuolisista lämmönlähteistä ja heijastuksista. Tällaisen kohteen pintalämpötilaa on vaikea mitata lämpökameralla. Kun emissiokerroin lähentelee 1:tä, niin heijastuksen osuus pienenee ja suurin osa lämpökameralla vastaanotettavasta lämpösäteilystä on kohteen itsensä lähettämää. [1, s.16–18.]

3.2 Emissiivisyys

Lämpökamera mittaa kohteesta lähtevää kokonaissäteilyä. Emissiivyydellä tarkoitetaan pinnan kykyä lähettää lämpösäteilyä ja kuinka suuri osa kappaleen lähettämästä energiasta on sen pinnasta lähtevää omaa energiaa. Materiaalin pinnan emissiivisyys ilmoitetaan emissiivisyyskertoimella joka on 0-1 välillä. Emissiivisyys ilmoitetaan aina desimaalilukuna ja emissiokerroin on ilmoitettava mittausraportissa. Jotta lämpökameran mittaama todellinen arvo saadaan vastaamaan pinnan todellista lämpötilan arvoa pitää emissiokerroin valita mahdollisimman tarkasti vastaamaan kohteen pintamateriaalia. Kuvassa 2. on nähtävissä yleisimpien materiaalien emissiivisyyskertoimia. [1, s.16–17.]

Pinta	Emissiivisyys
alumiini, hapettunut	0,25
alumiini, kiillotettu	0,1
betoni	0,7
emali, kaikki värit	0,9
kumi	0,93
kupari, hapettunut	0,8
kupari, kiillotettu	0,05
lakka	0,9
lasi	0,95
muovi	0,8 - 0,95
paperi, pahvi	0,9
posliini, lasitettu	0,92
puu	0,8 - 0,9
rautalevy, ruosteinen	0,7 - 0,85
sähköteippi, musta muovi	0,95
teräs, galvanoitu	0,28
teräs, hapettunut	0,88
tiili, tavallinen	0,85
öljyväri, kaikki värit	0,95

Kuva 2. Emissiivisyyskertoimia [6.]

Pinnan emissiivisyyskertoimen ollessa lähellä yhtä, lämpökameralla kuvattaessa saadaan lähes todellisia pintalämpötila-arvoja. Suurin osa lämpösäteilystä tulee kohteesta, jolloin heijastuksen osuus on pieni. Kiiltävät pinnat, joiden emissiivisyys on 0,5 luokkaa tai sen alle, on suurin osa heijastuksia. Näistä kohteista on todella hankalaa, jopa mahdotonta saada todellisia lämpötila-arvoja. [1, s.16.]

3.3 Lämpösäteily

Lämpösäteily on ihmisen silmälle näkymätöntä sähkömagneettista säteilyä, jonka aallonpituus on infapuna-alueella. Ihminen tuntee ihollaan lämpösäteilyn. Lämpötilasäteily on yksi keskeisimmistä lämpöenergian levittämistavoista johtumisen ja kuljettamisen ohella. Lämpösäteily ei tarvitse liikkua kukaan väliaineita ja se kulkee valonnopeudella kuten muutkin sähkömagneettiset säteilyt. Kaikki absoluuttisen nolapisteen olevassa lämpötilassa olevat kappaleet lähettävät säteilyä ja säteilyn voimakkuus vastaa tuolloin sen todellista lämpötilaa. [3.]

3.4 Lämpökameran hyödyt

Lämpökamera on nopea ja helppo tapa kuvata sähkölaitteistoja koskematta niihin. Kokemusten perusteella lämpökuvaaminen on nopeaa, sillä pienessä ajassa mittaa useamman sähkökeskuksen. Pienen kokonsa ansiosta sitä voi säilyttää ja kuljettaa lähes missä tahansa. Jos kohteen pinnat ovat todella kuumia, niin lämpökameralla on silti helppoa ja yksinkertaista kuvata ne sopivan etäisyyden turvin eikä näin aiheudu vaaraa kuvaajalle tai ympäristölle. Lämpökamera on hyvä lisä osana teollisuuden kunnossapitoa sen helppokäyttöisyytensä ansiosta. Pitkässä juoksussa kunnossapidon raportointi ja arkistointi helpottuu lämpökameran avulla sekä tästä johtuen ajan säästyessä säästy myös rahaa.

3.5 Lämpökameran ominaisuudet

Lämpökamerat on jaettu kahteen eri päätyyppiin, mittaaviin ja ei-mittaaviin lämpökameroihin. Mittaava lämpökamera näyttää lämpötila-arvoja halutuista kohdista kuvaa. Tätä lämpökameratyyppiä käytetään pääsääntöisesti teollisuuden ennakoivassa kunnossapidossa, kiinteistöjen kuntotarkastuksissa

sekä lämpöprosessien tarkastuksissa. Ei-mittaavaa lämpökameraa käytetään lähinnä sellaisissa kohteissa jossa kohteen pintalämpötilatiedolla ei ole niin suurta merkitystä, esimerkiksi etsintä- ja valvontakohteissa. [4.]

Tärkeä ominaisuus mittaavassa lämpökamerassa on herkkyys, joka tarkoittaa myös lämpöerotus kykyä. Tällöin kamera osaa havainnollistaa vierekkäisten pisteiden pienimmätkin lämpötilaerot, jotka ovat noin muutaman sadasosa celsiusluokkaa. Lämpökameran mittausalue on tavallisesti noin. -40- +1500 °C. Lämpötilan mittaamisen lisäksi muita ominaisuuksia ovat muun muassa: valitun alueen minimi sekä maksimi arvot, keskilämpötila-arvot, sekä määritellyssä lämpötilassa näkyvä osa-alue. [4.]

Lämpökameran optiikkamateriaalina käytetään yleisesti usein hiilipinnoitettua germaniumia, koska tavallinen lasi läpäise eikä taita lämpösäteilyä. Optiikkamateriaali on kallista, eikä se kestä lämpötilahallittavuutta. Läpäisyprosentti heikkenisi oleellisesti, joten tästä syystä lämpökameraan ei yleensä ole saatavilla optista zoomausta. Lämpökameran kuvaa voi suurentaa digitaalisesti, mutta se ei muuta kuvan resoluutiota tai mittaustarkkuutta parantavasti. [4.]

4 Lämpökameran käyttö

4.1 Lämpökameran asetukset

Lämpökameran tärkein asetus on kuvan tarkentaminen. Lämpökuvauksessa tarkennus tehdään lämpötilaeroilla. Kuvan tulee olla tarkka, sillä kohteen tarkennusta ei voida tehdä jälkikäteen muokkaamalla. Emissiokerroin määräytyy kohteen pinnan ja materiaalin mukaan. Käyttämässämme FLir80 lämpökamerassa automaattitarkennus toimi hyvin, sekä lämpöalueskaalaus oli varsin toimiva. Kameran asetuksista pystyy muuttamaan väripalettia, väripalleteista valitaan se josta kohteen mahdolliset ongelmat ovat helpommin luettavissa.

4.2 Kuvien analysointi

Lämpökuvien analysointi tapahtuu kameran valmistajan omalla ohjelmalla. Käytössä ollut lämpökamera Flir80 käyttää valmistaja omaa ohjelmistoa FLIR-Toolssia, jossa lämpökameralla otettuja lämpökuvia pystyy siirtämään tietokoneelle analysoimaan sekä tekemään kuvausraportteja. [5.]

4.2.1 FLIRTools

Ohjelmiston avulla kuvat ovat suoraan saatavilla kamerasta tietokoneelle. Ohjelmisto mahdollistaa lämpövideon tuonnin suoraan tietokoneelle, sekä sen katsomisen. Automaattinen visuaalinen kuvan ryhmitys on mahdollista ohjelmistoa apuna käyttäen. Mittaustyökaluja pystyy siirtämään, muotoilemaan sekä määrittämään kuvakoon jokaiselle kuvalle erikseen. Mahdollistaa PDF- raportin laatimisen sekä kuvasivujen muodostamisen mahdollista haluamallaan kuvilla. Laajat kielivalikot saatavilla, sekä kuvakirjasto jonka avulla kuvien siirtäminen on helppoa. Ohjelmassa on selkeät ja monipuoliset valikot, joita helppo ja nopea käyttää raportteja laatiessa. [5.]

4.2.2 Kuvien tulkinta

Kuvien tulkinnassa on otettava huomioon emissiivisyys kerroin, sekä se että kuvassa voi olla useita eri pintoja ja pintojen emissiivisyys kertoimet voivat vaihdella kuvassa. Käytössä ollut lämpökamera muunsi automaattisesti emissiokerroimen kohteen pintamateriaalin mukaan. Kun automaattiset asetukset olivat

päällä tuli tarkasti katsoa, että lämpötila-asteikot, väripaletit sekä emissiivisyys kerroin vastasivat kohteen tietoja. Kuvatessa on tärkeä tiedostaa sen kuinka suuria lämpötiloja kuvattavassa kohteessa pitäisi olla, ja näin ollen osata tunnistaa mahdolliset viat kuvien perusteella. [5.]

5 Huomioitavaa sähkölaitteistojen lämpökuvauksessa

Lämpökamera on hyvä apuväline sähköjärjestelmiä kuvatessa, sillä se on nopea eikä laitteisiin tarvitse koskea fyysisesti. Laitteivioista jää yleensä selvä lämpöjälki. Kolmivaiheisessa järjestelmässä tarkkaileminen on yleensä helppoa, sillä se on yksinkertaisimmillaan suoraviivaista vaiheiden keskenään samanlaisien komponenttien seuraamista. Yleensä ei ole tarvetta tallentaa lämpökuvaa muista kuin havainnollistetuista vikakohteista. Tärkeimmät huomiot sähkölaitteistojen kuvaamisessa ovat turvallisuus, laitteen kuormitus sekä emissiivisyyskerroin. [6.]

5.1 Kuormitus

Kuormituksen tulisi olla mahdollisimman lähellä maksimia, tai ainakin vähintään 40 % maksimaalisesta kuormituksesta. Laitteen tai laitteistojen tulisi olla päällä vähintään puolen tunnin ajan ennen kuvaamista. Mikäli kuormitus jää alle 20 %:n ei kuvauksia tulisi tehdä lainkaan, sillä kohteen lämpötila ei tuolloin nouse riittävän suureksi jotta vika pystyttäisiin paikallistamaan.

5.2 Turvallisuus

Työskennellessä jännitteisten laitteistojen parissa tulee olla tietoinen työhön liittyvistä riskeistä ja vaaroista. Lämpökuvaukset kohdistuu aina virrallisiin laitteistoihin, jolloin on aina valokaaren tai sähköiskun vaara. Valokaaren riski on yleensä suurempi kuin sähköiskun, sillä kuvatessa ei olla fyysisesti kiinni kuvat-

tavassa kohteessa, muuten kuin vahingossa. Lämpökuvaukset tulee suorittaa tarpeeksi kaukana kuvattavasta kohteesta jossa on jännitteisiä osia. Kuvatessa on myös mahdollista asentaa ikkunoita jotka läpäisevät lämpösäteilyä, jolloin kuvaukset on mahdollista suorittaa vieläkin turvallisemmin. [6.]

5.3 Yleisiä vikakohteita

Yleisimmät havaitut viat jotka koskevat sähkölaitejärjestelmiä ovat korkeaan vastukseen tai liialliseen virtaan liittyvä kohteen kuumeneminen. Kohonneet lämpötilat nähdään kätevästi lämpökameran avulla. Jo pienetkin lämpötilaerot voivat kertoa mahdollisesta ongelmasta ennen vikatilannetta. Kahden samanlaisen ja samalla kuormituksella varustetulla komponentilla ei saisi olla yli 15°C lämpötilaeroa, eikä komponentteja ympäröivän ilman välillä yli 30°C eroa.

Löysä tai syöpynyt liitos nostaa kohteen resistanssia joka puolestaan aiheuttaa liitoskohdan lämpenemisen. Kaikki liitokset ja kontaktit voivat kuumua, mutta mitä suurempi virta liitoksissa kulkee, sitä tärkeämpi että liitosten resistanssi olisi mahdollisimman pieni. Myös kytkimet, releet ja katkaisijoiden koskettimien kontaktipinnat voivat olla huonoja jolloin resistanssi kasvaa samalla lämpötilan kanssa. [6.]

Epäsymmetrinen kuorma voi olla syy lämpötilaeroihin. Kyse voi olla järjestelmäviasta, jolloin kullekin vaiheelle tulee eri kuorma. Tämä voi johtua jonkun vaiheen alijännitteisyydestä tai jonkun moottorin käämityksen eristeen pettämisestä. Koska moni vikatilanne voi nostaa kohteen lämpötilaa, tulee silloin mitata kohteen piiristä mitattava virta vian selvittämiseksi. [6.]

Lämpötilapoikkeamia voi aiheutua myös muista vikatilanteista. Komponenttiviati, eristysviati, johdotusvirheet sekä harmoniset yliaallot voivat nostaa kuvattavan kohteen lämpötilaa. Kylmyys voi olla myös merkki vikatilanteesta, sillä palanut sulake tai muusta viasta johtuvan vaiheen virrattomuus voi aiheuttaa vikatilaa. Muuntajan osittainen kylmyys voi johtua siitä että jäähdytys öljy on vähissä tai sen virtaamista hidastaa jokin. [6.]

6 Kuvatut keskuksset

Kuvattiin Outotec Turula Oy:n Outokummun tehtaassa lähes kaikki alakeskukset, IV-huoneen turvakytkimet, sekä kolme suurempaa ryhmäkeskusta. Kuvaukset suoritettiin työkaverin avustuksella. Sähkökeskukset on kuvattu kesän 2015 aikana. Tämä oli ensimmäinen kosketus lämpökameran kanssa tuolloin, eli laitteet ja kuvausmenetelmä olivat minulle täysin uutta. Kuvattavia kohteita oli yhteensä kuusitoista kappaletta, joista kymmenen oli alakeskuksia, kolme ryhmäkeskusta sekä IV-huoneessa sijainneet kaksi turvakytkintä. Kaikista kuvatuista kohteista saatiin jonkinlaisen lämpökameran kuva aikaiseksi. Havaittavissa oli myös kunnossapitoa silmälläpitäen positiivinen ongelma, sillä suuria vikoja ei kuvausten perusteella löytynyt ja lämpötilaerot pysyivät pieninä. Pieniä havaittavia lämpötilan nousuja oli muutamissa riviliittimissä, tulppa- ja kahvasulakkeissa, sekä muutamissa johtimissa. Kuvausajankohta asetti tietynlaisen haasteen vikojen etsimiselle lämpökuvauksen avulla, sillä kuvaus suoritettiin kesäsesongin aikana, jolloin keskuksien kuormitukset eivät olleet todelliset verrattuna siihen kapasiteettiin ja kuormituksen mihinkään ne joutuvat silloin kun miehitys on täysi ja kaikki keskuksen alaiset koneet pyörivät. Pienistä kuormituksista huolimatta keskuksista löytyi muutamia edellä mainittuja lämpötilan nousuja jotka ovat mahdollisia vikapaikkoja.

6.1 Lämpökamera Flir8 ja asetukset

Kuvauksissa käytettiin Flir8-lämpökameraa. Emissiivisyyskerroin oli 0,95 mikä on yleisimmin käytössä oleva kerroin joka sopii monille keskuksen sisälle oleville materiaaleille. Heijastuksen näennäinen lämpötila oli 20°C, sekä etäisyys kohteeseen 1m. Linssinä käytettiin FOL 0,7mm, joka on kysessä olevan lämpökameran oletus linssi. Lämpökuvan tarkkuudeksi valikoitiin 320x240. Käy-

tössämme olleet asetukset ja parametrit sopivat mainiosti juuri kyseisten keskusten kuvaamiseen.

6.2 Alakeskukset 2,3,11,13,15

Alakeskuksissa AK-2,3,13,15 ei kuvattaessa havaittu mitään normaalista poikkeavaa. Keskusten sisältö oli kauttaaltaan saman lämpöinen. Sulakkeet, kontaktorit sekä johtimet olivat tasaisesti lähes saman lämpöisiä kun sisälämpötila. Pieniä lämpötilaero oli havaittavissa, mutta ne olivat vain muutaman asteen luokkaa. Keskukset olivat sisältä siistejä ja kaikin puolin kunnossa. Mitään viikaantumiseen ilmenevää ei kyseisissä keskuksissa ollut havaittavissa.

6.3 Ryhmäkeskukset 2,3,5

Ryhmäkeskuksissa RK-2,3,5 ei ollut mitään normaalista poikkeavaa, lämpötilat olivat j keskuksissa samat kuin ilman lämpötila. Kuormitukset olivat niin pieniä ettei lämpötilan nousuja ollut havaittavissa. Keskukset olivat sisältä ja ulkoa siistejä ja puhtaita, eikä muutakaan poikkeamaa ollut havaittavissa.

6.4 Turvakytkimet

IV-huoneessa sijaitsevat turvakytkimet olivat siistissä kunnossa niin ulkoa kuin sisältäkin, ja niiden kunnosta ei muutenkaan löytynyt mitään huomautettavaa. Kytkimien kuormitus vastasi normaalitilannetta, ja näin oli helppo todeta lämpökameralla kuvatessa kytkimien olevan kaikin puolin kunnossa.



Kuva 3. Turvakytkin

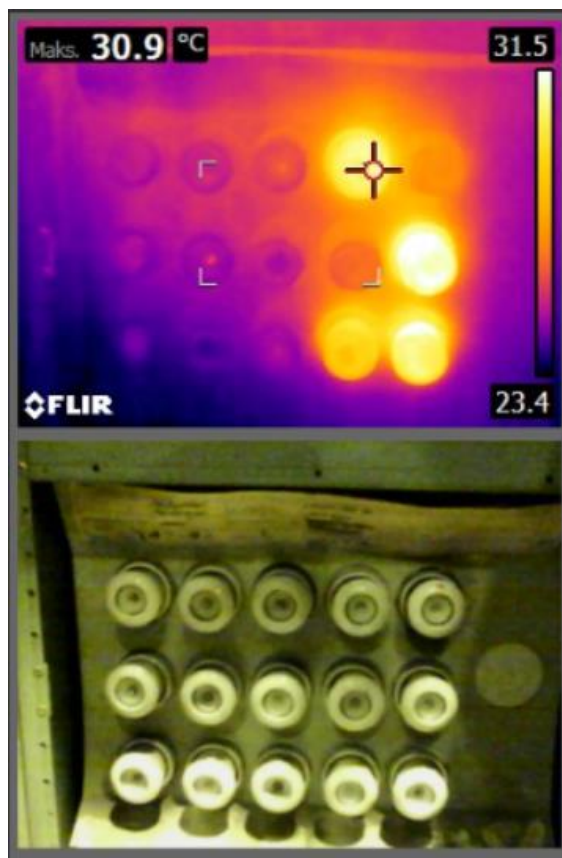
Lämpökameran Kuva 1. kertoo, ettei lämpötila juuri muutu kun turvakytkintä kuvataan ulko- ja sisäpuolelta. Johtimet ovat tasaisen lämpimiä eikä turvakytkimen sisällä lämpötilan vaihteluita juuri ole. Ulko- ja sisälämpötilan lämpötila ero on vain n. 2°C.

7 Mahdolliset vikakohteet

Joissakin keskuksissa oli havaittavissa lämpötilannousuja, kuumenneita sulakkeita, kuumenneita johtimia, kuumenneita riviliittimiä, kuumenneita kontaktoreita tai mahdollisia löysiä liitoksia. Lämpökameran avulla nämä mahdolliset vikapaikat oli helppo paikallistaa ja samalla helpottaa huomattavasti kunnossapitoa. Olen koonnut ne kohteet joissa havaitsin jotakin poikkeamaa tai mahdollisia vikapaikkoja, mutta tarkemmin tarkasteltuna mikään kohde ei yltänyt vikaantumisen tasolle. Lämpökamera näyttää pienimmätkin lämpötilaerot, joten lämpöasteikkoja seuraamalla näki todellisen tilanteen ja asteikkoa ja kuormituksia seuraamalla pystyy näkemään onko kohteessa vikaa. Lämpötilaerot olivat pääsääntöisesti vain muutaman Celsius asteen.

7.1 Alakeskus 5

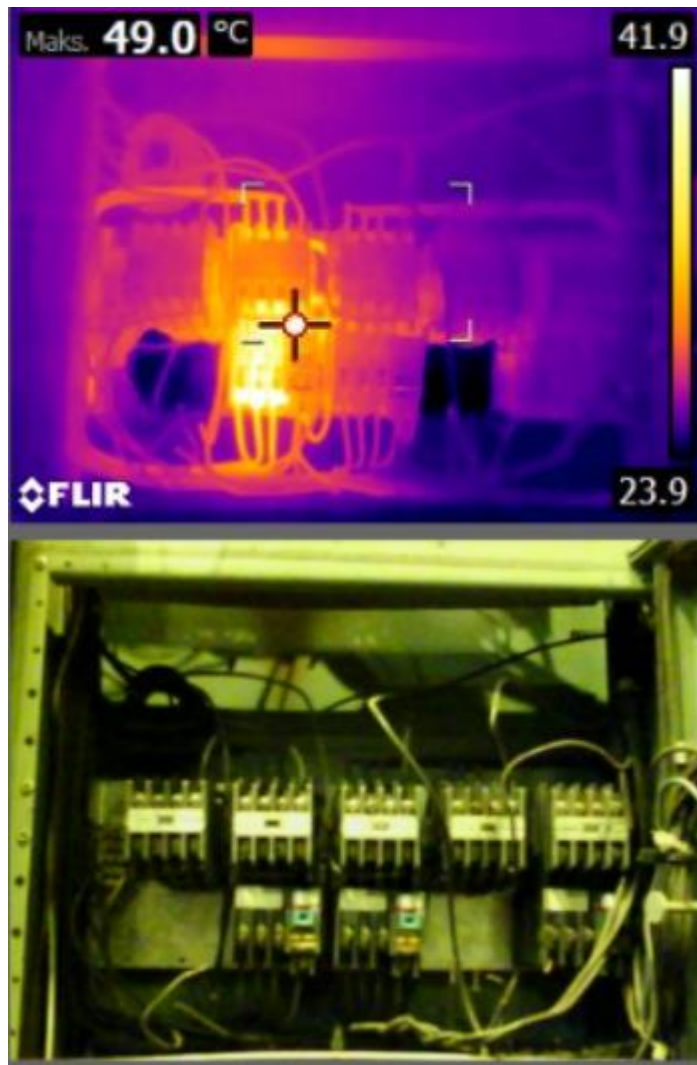
Alakeskusta 5 kuvatessa huomasin sulaketaulussa poikkeaman. Neljä tulppa-sulaketta näytti lämpökuvan mukaan kuumemmilta kuin taulun muut sulakkeet. Lämpimimmän sulakkeen lämpötila oli 31,5 °C ja sulaketaulun viilein sulake n. 23 °C. Tarkastellessani tilannetta tämä ei ollut vikatilanne, vaan johtui siitä että lämpötilaltaan suuremmissa sulakkeissa oli kuormaa, kun taas muut sulakkeet olivat kylmiä. Muutamien asteiden lämpötilaero johtui juurikin tästä. Sulaketaulusta otetusta lämpökuvasta huomaa, ettei lämpötilaeroa huomaa paljaalla silmällä, vaan ainoastaan lämpökameralla kuvattaessa. Sulaketaulussa tapahtuvan kuumenemisen huomaisi vai lämpökameralla kuvattaessa.



Kuva 4. Sulaketaulu

7.2 Alakeskus 6

Alakeskuksesta 6 otetuissa lämpökameran kuvissa huomattiin muutamia lämpötilapoikkeamia ja nämä vaativat lisäselvitystä. Havaittiin lämpötilapoikkeamia yhdessä kontaktorissa sekä sen johtimissa. Tutkiessa asiaa huomattiin että muut kontaktorit olivat kylmiä eli niissä ei ollut kuormaa.

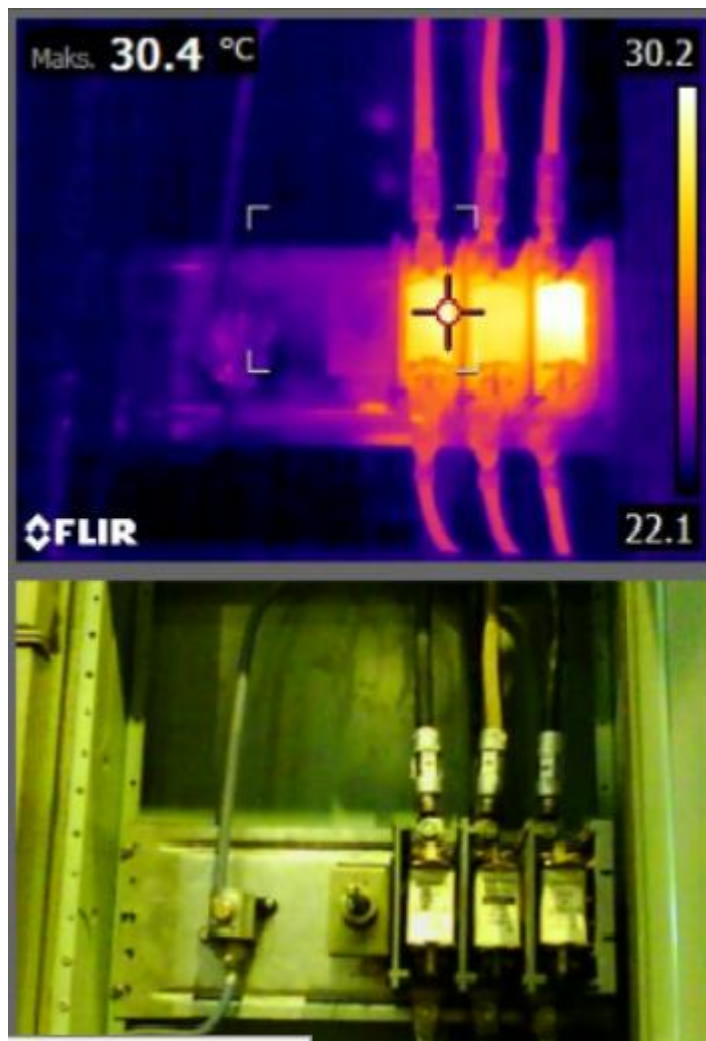


Kuva 5. Lämmennyt kontaktori

Lämpökuvasta huomaa että lämmenneen kontaktorin lämpötila on noussut puolella eli noin 50 °C:een, kun keskuksen lämpötila on keskimäärin noin: 25 °C.

Tämä on kuitenkin normaali tilanne, sillä kontaktoreiden kuormitukset saattavat olla suuria, ja tästä syystä lämpötilat nousevat korkeammalle.

Alakeskuksessa 6 huomattiin kuvatessa myös kahvasulakkeet, joiden lämpötila on kohonnut. Tässäkin tapauksessa kuormitus oli päällä ja sulakkeiden lämpötila ei ollut kuitenkaan noussut kuin muutaman asteen. Tämä ei missään tapauksessa ole vikapaikka, mutta vastaava tilanne voisi olla jos sulakkeiden lämpötilat olisivat huomattavasti suuremmat.

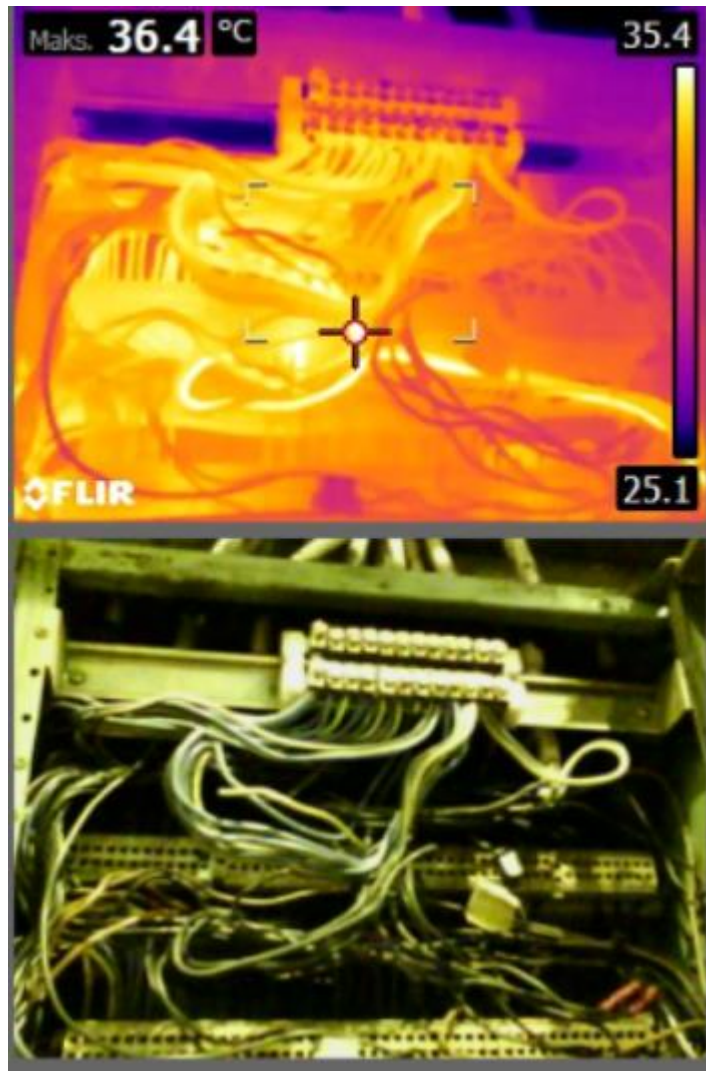


Kuva 6. Alakeskus 6 kahvasulakkeet

Vikatilannetta ei siis ollut syntynyt, kuormitettaessa sulakkeet lämpenevät ja näkyvät lämpökameran kuvassa keltaisella. Asteikosta huomaa että lämpötilaero on varsin pieni. Ei aihetta jatkotutkimuksille.

7.3 Alakeskus 7

Alakeskuksen 7 kuvissa huomasi lämpötilan nousuja riviliittimissä sekä johtimissa. Tila on melko ahdas, johon riviliittimet ovat asennettu ja tilassa on myös paljon johtimia. Johtimet ovat kuormitettuna ja siitä johtuu lämpötilan kasvaminen. Tila voisi olla avoimempi, jotta johtimilla olisi enemmän tilaa. Lämpötilan noususta huolimatta tässäkin esimerkissä ei ole kyse viasta vaan normaalista lämpötilan kasvusta johtimien ollessa kuormitettuna.



Kuva 7. Alakeskus 7 riviliittimet

Johtimet ovat n.10°C lämpimämmät kuin kuvattu alakeskus 7. Johtimet voisivat olla hiukan siistimmin sijoiteltuna keskukseen, mikä edesauttaisi keskuksen siistinä pitoa. Vikatilanteen sattuessa olisi helpompi paikallistaa vika jos kaapelit olisi selkeästi merkittyinä ja johdonmukaisesti asennettuna riviliittimille. Alakeskus 7 oli kylläkin siisti, pölyä yms. roskaa ei ollut havaittavissa.

7.4 Alakeskus 10

Alakeskuksesta 10 kuvatuissa kuvissa huomioni kiinnittyi lämmentyneeseen muuntajaan. Muuntajan pintalämpötila oli n.50°C mikä näkyi kameran kuvassa selkeänä lämpötilan poikkeamana. Muuntaja oli kuitenkin kuormitettuna, joten lämpötila oli täysin normaali eikä sähköpalon vaaraa ei täten ollut. Kuormitettaessa muuntajan lämpötila voi kasvaa useilla kymmenillä asteilla.



Kuva 8. Kuormitettu muuntaja

Muuntajalla virrat ja jännitteet voivat nousta yllättävänkin suuriksi, siksi muuntaja myös kuumenee ollessaan kuormitettuna.

8 Pohdinta

Ryhtyessäni työstämään opinnäytetyötä minulla ei juurikaan ollut kokemusta kunnossapidosta eikä myöskään lämpökameran käytöstä. Ensimmäinen kosketus lämpökameraan tapahtui alkaessani kuvata keskuksia. Kunnossapidosta löytyi materiaalia niin internetistä kun kirjallisuudestakin mielin määrin, jopa liikaakin. Lämpökamerasta löytyi tietoa lähinnä valmistajien sivuilta. Tietoa kuvaamiseen liittyvistä parametreista ja asetuksista löytyi hyvin. Lähdemateriaalin karsiminen opinnäytetyötä tehdessä oli opettavainen kokemus ja varsinkin kunnossapidosta löytyvää materiaalia pystyin hyödyntämään oppimisen kannalta merkittävästi. Opin lähdemateriaaleja selatessani paljon teollisuuden kunnossapidosta, sekä kunnossapidon organisaatiosta ja sen eri osista.

Itse työssä opin käyttämään lämpökameraa ja säätämään sen asetukset ja parametrit sopiviksi juuri keskuskuvauksille. Kuvattuja keskuksia oli runsaasi, sillä kaikki alakeskukset, ryhmäkeskukset, sekä IV-huoneen turvakytkimet yhteenlaskettuna kuvia tuli yli sata, jokaisesta keskuksista ja turvakytkimestä useita kuvia. Näin ollen kamerakin tuli tutuksi ja sen käyttö alkoi olla luontevaa. Mielestäni kattava otanta keskuksista oli hyväksi, sillä silloin näin eri erilaisten teollisuuden koneiden kuorman vaikutuksen keskuksien sisällä oleviin komponentteihin. Kuten jo aiemmin mainitsin, kuvauksissa ei ilmaantunut huomattavia vikakohtia johtuen kuormituksen pienuudesta, kuitenkin joistakin keskuksista löytyi pieniä lämpötilan nousuja tulppa- ja kahvasulakkeista, johtimista sekä rivi liittimistä. Merkittävämmät lämpötilan nousut näkyisivät kuvatessa jos kuormitus olisi suurempi ja lähempänä maksimi kuormaa. Vikakohtien lämpötilat suuremmilla virroilla nousisivat jopa hälyttävän suuriksi ja vaarana olisi sähköpalo. Sen takia on tärkeää pitää keskukset siistinä ja hoitaa kunnossapito jatkuvana, kuin ennakoivanakin niin välttyään mahdollisesti suuremmilta vioilta. Löysät liitokset ja ylikuumenneet komponentit eivät näy paljaalla silmällä, joten näissä vikatilanteissa lämpökamera on oiva apuväline osana teollisuuden kunnossapitoa. Kunnan valvontaan lämpökamera sopii erinomaisesti, se on helppokäyttöinen ja kuvaamaan oppii nopeasti, sillä kameran käyttöjärjestelmä on helppokäyttöinen ja selkeä.

Käyttämäni kamera Flir 8 lämpökamera sopii mainiosti teollisuudessa tapahtuvaan lämpökuvaukseen ja käyttäessäni kameraa en huomannut mitään moitittavaa. Kuvat olivat hyvälaatuisia ja lämpöasteikot selviä, myös Flir Tools kuvien muokkausohjelma saa minulta kiitosta. Ohjelmalla kuvia pystyy muokkaamaan mieleisekseen varsin kattavilla työkaluilla. Ohjelmalla sai tehtyä myös raportteja kuvista ja kuvan eri parametreista. Tämä on hyödyllinen työkalu esimerkiksi tilastointiin, turvaohjeisiin tai vaikkapa omaan kunnossapitopäiväkirjaan. Raportista saa todella selkeän ja se pitää sisällään lämpökuvan sekä digitaalisen kuvan, kohteen suurimman lämpötilan, sekä käytössä olleet parametrit. Kameraa voin lämpimästi suositella osana kunnonvalvontaa ja kunnossapitoa juuri sen antamien ominaisuuksiensa ansiosta. Lämpökameraan tutustuessani ja sillä kuvaillessani huomasin sen edut kunnossapitoon yhtenä osa-alueena. Lämpökameran hankintaa kannattaa harkita varsinkin silloin jos sähkökeskusten kunnon tarkastaminen kuuluu yrityksen sisäiseen kunnossapitoon.

Loppuyhteenvetona voin pitää työtä onnistuneena ja saavutin tavoitteet jotka asetin alkaessani suunnittelemaan työtä. Sain laajan käsityksen kunnossapidosta ja kunnonvalvonnasta perehtyessäni lähdemateriaaleihin ja aiheeseen. Kunnossapito oli minulle varsin uusi aihealue joten mielestäni juuri kunnossapitoon liittyvä opinnäytetyö oli oiva ratkaisu, näin pääsin syventymään aiheeseen. Kunnossapito on tärkeä osa organisaation toimivuuden kannalta ja sitä toteutetaan jatkuvasti, jotta tuotantolaitokset pyörisivät ja välttyttäisiin ikäviltä vikatilanteilta jolta oltaisi voitu ehkä välttyä kunnollisen kunnossapito-ohjelman avulla. Näin on tärkeää että tuntee kunnossapidon eri osat ja osaa työelämässä soveltaa näitä käytännössä.

Lähteet

1. Paloniitty, S. & Kauppinen, T. Rakennusten lämpökuvaus. 1.painos. Tampere: Tammerpoint Oy 2014.
2. Järviö, J. Kunnossapito. 3.painos. Hamina: Oy Kotkan kirjapaino 2006.
3. Infradex Oy. Lämpösäteily ja infrapuna 2016.
<http://www.infradex.com/yleistietoa/mita-on-lamposateily-ja-infrapuna/>
(Luettu 1.5.2016)
4. Infradex Oy. Lämpökameran toiminta 2016.
<http://www.infradex.com/yleistietoa/kuinka-lampokamera-toimii/> (Luettu 27.4.2016)
5. Infradex Oy. Ohjelmistot 2016.
<http://www.infradex.com/tuotteet/lampokamerat/oheistuotteet/ohjelmistot/>
(Luettu 28.4.2016)
6. Suomalainen, M. Lämpökuvaus sähkökunnossapidossa. Opinnäytetyö. Saimaan ammattikorkeakoulu, Sähkötekniikka 2011.
<http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2011061412061> (Luettu 25.5.2016)
7. Sähköturvallisuuslaki 410/1996
8. Turvatekniikan keskus: Sähköiset paloriskit ja niiden hallinta, Sähköpeto ohjelma 2016.

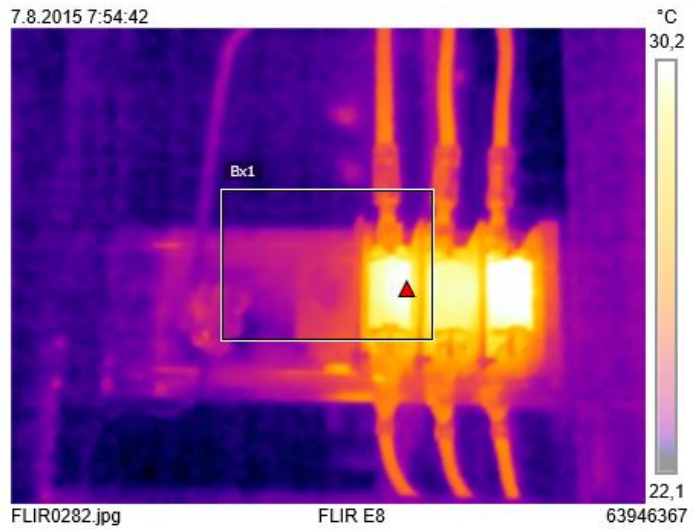
http://www.tukes.fi/tiedostot/sahko_ja_hissit/sahkopeto/s%C3%A4hkiset%20paloriskit%20ja%20niiden%20hallinta.pdf (Luettu 1.5.2016)
9. Rakennustieto 2016.
<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK120604.pdf> (Luettu 29.4.2016)



Alakeskus 7, kahvasulakkeet

Mittaukset		°C
Bx1	Max	30,3
Parametrit		
Emissiivisyys		0.95
Heij. näenn.lämp.		20 °C

Keskuskuvasta, pystyy tekemään raportin, johon on merkattu kamerassa käytössä olleet parametrit ja tässä tapauksessa mittaustulos kertoo kuvatus kohteen maksimaalisen lämpötilan. Raportissa näkyy lämpö, sekä digitaalinen kuva kohteesta. Raporttia voi käyttää hyödyksi osana kunnossapitoa ja kunnonvalvontaa, sekä osana omaa kirjanpitoa vaikkapa nyt kysessä olevista keskuksista.



7.8.2015 7:54:42



FLIR0282.jpg

FLIR E8

63946367

Mittaukset		°C
Bx1	Max	23,7
Parametrit		
Emissiivisyys		0,95
Heij. näenn.lämp.		20,0°C
Kaikki ▼		
Kuvatiedot		
Kameran malli		FLIR E8
Kameran sarja		63946367
Linssi		FOL 7 mm
IR-tarkkuus		320 x 240
Tiedoston koko		118,0 kt
Luomispäivä		6.8.2015 6:11:53
Muokattu viimeksi		27.4.2016 14:17:49



IV-huone, turvakytkin

Mittaukset °C

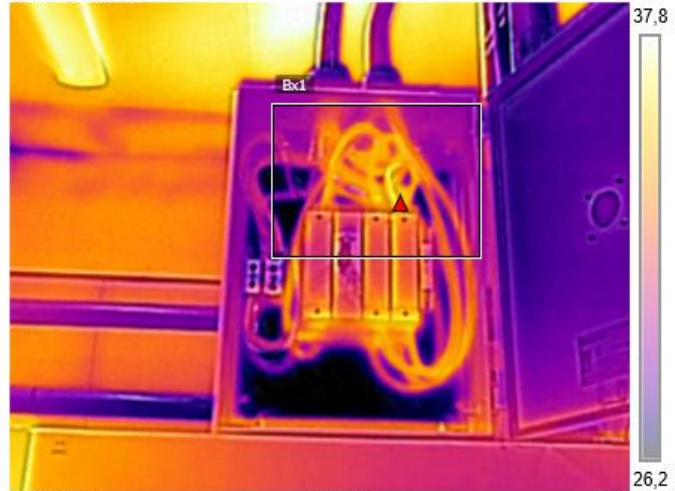
Bx1	Max	34,5
Dt1		34,5
Bx1.Max - Vert.lämpötila		

Parametrit

Emissiivisyys	0.95
Heij. näenn.lämp.	20 °C

Punainen kolmio osoittaa kohteen kuumimman pisteen.

4.8.2015 11:23:41



FLIR0155.jpg

FLIR E8

63946367

4.8.2015 11:23:41



FLIR0155.jpg

FLIR E8

63946367

Mittaukset		°C
Bx1	Max	34,5
Dt1		Muokkaa Poista
Bx1.Max - Vert.lämpötila		34,5
Parametrit		
Emissiivisyys		0,95
Heij. näenn.lämp.		20,0°C
Kaikki ▼		
Kuvatiedot		
Kameran malli		FLIR E8
Kameran sarja		63946367
Linssi		FOL 7 mm
IR-tarkkuus		320 x 240
Tiedoston koko		173,0 kt
Luomispäivä		4.8.2015 11:23:41
Muokattu viimeksi		27.4.2016 14:25:54