

Ossi Ojansivu

HUOLTOKORJAAMON TYÖOHJEISTUKSEN LAATIMINEN

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
2018

HUOLTOKORJAAMON TYÖOHJEISTUKSEN LAATIMINEN

Ojansivu, Ossi
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Toukokuu 2018
Ohjaaja: Pulkkinen, Petteri
Sivumäärä: 38
Liitteitä: 5

Asiasanat: huolto, korjaus, kunnossapito, käämintä, työohje

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä työohjeistus, koskien sähkömoottoreiden huoltoa ja käämintää, Flowplus Osakeyhtiön Tampereen toimipisteeseen. Työohjeistusta ei aiemmin ollut olemassa kirjallisessa muodossa. Tarkoitus oli tehdä lyhyet ja selkeät ohjeet jokapäiväiseen käyttöön ja uusien työntekijöiden perehdytykseen sekä mahdollisten työssäoppijoiden tietopaketti.

Vierailamalla Flowplus Osakeyhtiön kolmessa toimipisteessä syksyllä 2017, saatiin selvitettyä näissä käytettäviä toimintatapoja ja toimintahistoriaa. Vierailulla käydyissä keskusteluissa asentajien ja työnjohdon kanssa selvitettiin työtapoja ko. kohteissa.

Työohjeistuksen tekeminen oli tekijälleen mielekästä ja aihe oli kiinnostava. Oma työtausta sähkömoottoreiden korjauksessa ja kunnossapidossa loi pohjaa tutkielmalle ja tehdyille ohjeistukselle.

Työohjeistuksesta saatiin melko kattava ohjeistus moottorihuollon ja kääminnän osalta.

MAKING WORKING INSTRUCTION FOR SERVICE AND WINDING OF ELECTRICAL MOTORS

Ojansivu, Ossi

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

May 2018

Supervisor: Pulkkinen, Petteri

Number of pages: 38

Appendices: 5

Keywords: service, maintenance, repairing, winding, working instruction

The purpose of this thesis was to declare and make working instruction for maintenance, repair and re-winding of electrical motors for Flowplus Oy in Tampere. There was no written documents of working instruction before available. This thesis aim was to make short and clear guidelines for everyday use and familiarisation with new employees as well as information packs for potential jobseeker.

By visiting three sites of Flowplus Oy in autumn 2017, the operating methods and operating history used were explained. During the visit there were discussions with the employees and host, the working methods were studied.

Making the instructions was meaningful to the author and the topic was interesting. My own work in repairing and maintaining of electric motors created the foundation for this thesis and guidance.

The work report was quite comprehensive, with guidance, covering electric motors maintenance and winding.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	FLOWPLUS OY	7
3	TYÖN VASTAANOTTO	8
3.1	Asiakastiedot työmääräimeen	8
3.2	Työn yksilöintitiedot.....	8
3.3	Työn ennakkotiedot	9
4	TYÖOHJEISTUS.....	9
4.1	Alkutarkastus	10
4.1.1	Silmämääräinen tarkastus	10
4.1.2	Sähkömittaukset	10
4.1.3	Alkukoestus ja koekäyttö tarvittaessa	11
4.2	Moottorihuollon työvaiheet	12
4.2.1	Ulkoinen puhdistus	12
4.2.2	Osien merkitseminen	13
4.2.3	Laitteen purkaminen.....	13
4.2.4	Laitteen kunnan selvittäminen ja dokumentointi	14
4.2.5	Huolto vai korjaus	14
4.3	Huoltotoimenpiteet ja osien koneistus	15
4.3.1	Staattorin pesu huollon yhteydessä	15
4.3.2	Staattorin kuivaus pesun jälkeen	15
4.3.3	Uusittavat osat	16
4.4	Staattorin käämintä	17
4.4.1	Kytkenän ja käämiarvojen selvittäminen	17
4.4.2	Käämin purkaminen, kakun leikkaaminen	18
4.4.3	Käämin purkaminen, staattorin polttaminen	19
4.4.4	Staattorin urien puhdistaminen.....	21
4.4.5	Staattorin pesu kääminpurkamisen jälkeen	21
4.4.6	Mahdollisen peltipakettivaurion selvittäminen	22
4.4.7	Käämintä	24
4.4.8	Kytkeminen, eristys ja sidonta	25
4.5	Hartsaus/lakkaus	29
4.6	Uunitus	29
4.7	Moottorin kasaaminen huollon tai kääminnän jälkeen	30
4.7.1	Roottorin laakerointi.....	30
4.7.2	Moottorin kasaaminen	31

4.7.3 Loppukoestus	33
4.7.4 Koekäyttö	33
4.7.5 Maalaus	34
4.8 Työdokumenttien hallinta	34
5 LAINSÄÄDÄNTÖ	35
5.1 Sähkötyöturvallisuus.....	35
5.2 Työturvallisuus	35
5.3 Laitteiston tarkastukset	36
5.4 Tulityöt.....	36
6 YHTEENVETO	36
LÄHTEET.....	38
LIITTEET	

1 JOHDANTO

Tämän työn tavoitteena oli laatia työohjeistus koskien sähkömoottoreiden huoltoa, korjausta ja käämintää, kirjalliseen muotoon Flowplus Oy:n Tampereen toimipisteen käyttöön. Työohjeistus oli näihin päiviin saakka kulkeutunut seuraaville asentajasukupolville oppipoika-kisällä periaatteella, pääosin vierestä seuraamalla ja aina tekemällä oppimalla. Näin tapahtui aikaanaan myös itselleni. Ohjeistuksella pyrittiin yhtenäistämään työntekijöiden toimintatavat samanlaisiksi työ- ja toimintavirheiden minimoimiseksi.

Työn aihe varmistui keskusteluissa toimitusjohtaja Jarmo Piipon kanssa elokuussa 2107.

Työohjeistuksen pohjaa lähdettiin selvittämään vierailemalla syksyllä 2017 Flowplus Oy:n kolmen eri yksikön: Kotkan, Seinäjoen ja Tampereen korjaamoilla. Aluksi vierailin Kotkassa (7.9.-8.9.2017) tuotantopäällikkö Jani Niemisen vieraana. Hän kertoi Flowplus Oy:n Kotkan toimipisteen historiasta, työntekijöiden perehdytyksestä, toimintatavoista eri töissä ja heidän laatujärjestelmästä. Vierailulla haastateltiin myös asentajia. (vierailu kohteessa: 7.9.-8.9.2017)

Toinen vierailu suuntautui Seinäjoen toimipisteelle. Seinäjoella toimia johti tuotantopäällikkö Marko Lätti. Hän kertoi sähkömoottorikorjaamon Seinäjoen yksikön taustastaja historiasta sekä tutustuimme Seinäjoen yksikön toimintatapoihin. (vierailu Seinäjoella 21.9.2017)

Viimeisenä tutustuin lokakuussa tarkemmin Flowplus Oy:n Tampereen toimipisteeseen. Paikka olikin pohjimmiltaan minulle tuttu entuudestaan. Työskentelin 1995-2013 vuosina Tampereen Sähkökonekorjaamo Oy:ssä. Tampereen Sähkökonekorjaamo tuli osaksi Flowplus Oy:tä vuonna 2013, lähtöni jälkeen. Tampereella keskustelin työnjohtaja Jukka Lehtosen kanssa toimitavoista nykyään vs. aiemmin työurani aikani. Jukka totesi, että tunnen toimintatavat varmasti paremmin kuin moni muu ko. kohteessa. (vierailu 2.10.2017)

Kaikissa edellä mainituissa toimipaikoissa toimitaan aiemman työkultuurin ohjeistuksella. Kirjallisia työkohtaisia ohjeita ei ollut käytettävissä. Näiden kolmen toimipisteen työohjeistus oli aika samankaltainen kaikkialla. Työohjeistukselle tuntui olevan tarve.

Tällä selvityksellä ja dokumentoinnilla on tarkoituksena saada yhtenäiset ja selkeät työ- ja toimintatavat Tampereen toimipisteeseen ja jatkossa mahdollisesti kaikille yksiköille, helpottamaan asentajavaihtoa sekä pohjaksi uusien työntekijöiden tueksi perehdytysvaiheeseen.

2 FLOWPLUS OY

Flowplus Oy on virtaustekniikan kunnossa- ja käynnissäpitoon erikoistunut yritys, jonka asiakkaina ovat teollisuus, energia- ja infra-asiakkaat. Flowplus Oy huoltaa ja korjaa pumput, venttiilit, sähkömoottorit, generaattorit, kompressorit ja vaihteet.

Ennakoivan kunnossapidon konseptilla heidän asiakkaansa säästävät kunnossapitokuluissa merkittävästi. Korjaamoilla tehdään niin mekaanista kuin sähkötekniistä kunnossapitoa, kuten Flowplus Oy:n internet-sivuilla kerrotaan. (Flowplus Oy:n www-sivut, 2017)

Flowplus Oy:n toimipisteitä on koko maan kattavasti Kotkasta Ouluun. Tarkastelun kohteena ollut Tampereen toimipiste tuli osaksi Flowplus Oy:tä keväällä 2013, Flowplus Oy:n ostettua Tampereen Sähkökonekorjaamo Oy:n liiketoiminnan. Tampereen Sähkökonekorjaamo Oy:llä oli vankka historia sähkömoottoreiden kunnossapidosta vuodesta 1960 lähtien. Flowplus Oy:n Tampereen toimipiste sijaitsee Nekalan kaupunginosassa, osoitteessa Vihiojantie 20.

Kaikissa vierailemissani Flowplus Oy:n toimipisteissä oli sähkömoottoreiden huoltoa, korjausta ja käämintää. Kotkan toimipisteessä oli suurena työllistäjänä myös venttiilit ja pumput. Myös näitä huolletaan ja korjataan varsin perusteellisesti. Seinäjoella oli myös venttiilihuoltoa ja erikoistumista rumpumoottoreiden korjaukseen ja huoltoon.

3 TYÖN VASTAANOTTO

3.1 Asiakastiedot työmääräimeen

Korjattava moottori saapuu asiakkaalta Flowplus Oy:n toimipisteeseen joko lähetettynä, asiakkaan itse tuomana tai Flowplus Oy:n noutamana. Mukana saattaa olla saatekirjeessä tietoa mahdollisesta viasta tai tarvittavasta huollosta.

Asiakkaan yksilöinti on aina tärkeä toimenpide työnvastaanotossa ja työtä vastaanotettaessa.

Työmääräimeen kirjataan asiakkaan täydellinen nimi, osoite ja laskutusosoite. Työmääräin tai työnnumero liitetään korjattavaan tai huollettavaan moottoriin.

3.2 Työn yksilöintitiedot

Työmääräimeen kirjataan edellä mainitut asiakastiedot, sekä lisäksi teknisiä tietoja moottorin arvokilvestä: moottorin merkki, malli, valmistenumero, teho (kW), käyttöjännite (V), käyttötaajuus (Hz), virta (A), moottorin pyörimisnopeus (kier./min) ja eristysluokka (yleensä F-luokka 150°C tai H-luokka 180°C). Lisäksi moottorissa mahdollisesti oleva asiakkaan oma yksilöinti tieto (sotu) merkitään. (Liitteenä työmääräin, LIITE 1)

LAITE	SYKLONIVAIHDEMOOTTORI
Valmistaja:	SM-CYCLO
Merkki	
Tyyppi	TC-F
Valmiste no	M81494231A
Teho KW	0,18
Jännite V	500
Virta A	0,48
Virta A	
Kierrosluku	1500
SOTU	5706
Eristysluokka	

Kuva 1. Yksilöntietoja työmääräimestä.

3.3 Työn ennakkotiedot

Mikäli saapuneesta moottorista tiedetään mahdollisia ennakkotietoja vioista, oireista tai korjauksen tarpeesta, myös nämä tulee kirjata työmääräimeen huomioksi. Ennakkoteitona voi olla esimerkiksi jokin moottorin käydessä kuuluva outo ääni tai heikko eristysvastus. Tämä nopeuttaa jatkossa asentajan työtä.

4 TYÖOHJEISTUS

Tässä luvussa käsitellään moottorihuollon ja -korjauksen eri työvaiheita yksityiskohtaisesti.

4.1 Alkutarkastus

Aluksi moottorille tehdään silmämääräinen ulkoinen tarkistus. Huomioitavat asiat kirjataan työmääräimeen. Seuraavaksi moottorille tehdään sähköisten osien mittaukset ja koestus.

4.1.1 Silmämääräinen tarkastus

Moottorille tehtävässä silmämääräisessä, ns. karkeassa katselmuksessa, huomioidaan esimerkiksi kytkentäkotelon paikka ja asento (huomioidaan käyttöpaikan kaapeleiden tulosuunta), kirjataan mahdolliset mukaan tulleet varusteet, kuten esimerkiksi hihnapyörä tai mekaaninen kytkin. Myös selkeät turvallisuuspuutteet (puuttuvat tai vialliset suojat) tulee kirjata työmääräimeen korjattavaksi. Moottorin akselia/roottoria voi koettaa pyörittää käsin. Mikäli akseli pyörii hyvin, kaikki lienee kunnossa koekäyttöä ajatellen. Mutta mikäli akseli tuntuu jäykältä tai ahdistaa pyöritettäessä niin jokin mekaaninen osa, esim. laakeri, saattaa olla vioittunut.

4.1.2 Sähkömittaukset

Aluksi mitataan moottorin käämien eristysvastus, joko eristysvastusmittarilla tai erityisellä moottorianalysointilaitteella. Eristysvastus mitataan käämien ja maadoituksen välillä. Tällä voidaan todeta mahdollinen kosteus moottorissa, eristyksen kunto tai maasulku. Myös vaiheiden väliset eristysvastukset selvitetään. Lisäksi moottorissa olevat lämpöanturit mitataan yleismittarilla (vastus-mittaus ohmimittarilla). Mittauksista saadut arvot tulee merkitä työmääräimeen lähtötilanteeksi.

Eristysvastusmittaus suoritetaan normaalisti tarkastettaville moottoreille 500V:n jännitteellä. Riittävä eristysvastus alle 1000V:n koneelle on 10 M Ω . Kriittinen arvo käytössä olleelle koneelle on 0.5 M Ω /kV. (TSK Laatukäsikirjaluonnos. 1993)

Eristysvastusmittausten jälkeen on hyvä muistaa purkaa mittauksessa latautunut varaus käämeistä maata vasten.

Moottorianalysaattorilla mitattaessa, mittalaite kertoo loppuraportissa kaiken tarvittavan tallennettavilla mittaustuloksilla. Analyysistä selviää mahdollinen heikko eristysvastus, maavuoto tai esimerkiksi vaurio roottorin oikosulkusauvoissa.



Kuva 2. Moottorin alkumittausta Moottorianalysaattorilla.

4.1.3 Alkukoestus ja koekäyttö tarvittaessa

Alkukoestus suoritetaan, mikäli moottori on läpäissyt alkumittaukset. Koekäytössä moottoria pyöritetään sähköisesti nimellisjännitteellään (selviää moottorin arvoilvestä). Tämä koskee vain oikosulkumoottoreita.

Myös tasavirtamoottoreita voidaan koekäyttää, mutta ei täydellä ankkuripiirin nimellisjännitteellä. Tasavirtamoottorin magnetointijänniteen tulee koekäytössä aina olla arvokilvessä ilmoitettu jännite.

4.2 Moottorihuollon työvaiheet

Moottorin tullessa huoltoon laite puhdistetaan niin ulkoisesti kuin sisäisesti. Huollossa moottorin kuluvat osat, kuten mm. laakerointi ja tiivisteet uusitaan. Huollon jälkeen moottori on taas valmiina ja toimivana asiakkaalle käyttöön tai varastoon lähetettäväksi.

4.2.1 Ulkoinen puhdistus

Huoltoa aloitettaessa moottori puhdistetaan, alkuun ulkoisesti suurimmat liat käsin puhdistamalla. Puhdistaminen tapahtuu esim. metallista lastaa tai puukkoa käyttäen raaputtamalla. Moottorin jäädytyslamellit pitää puhdistaa huolellisesti pinttynestä ja tarttuneesta liasta. Moottorin voi karkean puhdistuksen jälkeen pestä pesupaikalla joko painepesurilla tai osienpesukoneessa mallia Teijo 1600 (mikäli mahtuu oviaukosta sisään).



Kuva 3. Osienpesukone Teijo 1600. Kuvassa vasemmalla lisäksi pesuallas rasvaisten osien esipesuun.

4.2.2 Osien merkitseminen

Puhdistettu moottori on valmis purettavaksi. Purettaessa on tärkeää huomioida osien selkeä merkitseminen. Moottorin akselinpuoleista päätyä, (jatkossa D-pääty) merkitään osiin seuraavasti: Laakerikilpeen ja moottorin runkoon merkitään samalle kohdalle lyömällä pistepuikolla yksi piste merkiksi molempiin. Vastaavasti tuulettimen puoleiseen päätyyn (jatkossa N-pääty) merkitään samoin lyömällä pistepuikolla kaksi pistettä niin laakerikilpeen kuin moottorin runkoonkin. Myös kaikkien ko. päädyissä olevien pienempien irroitettavien osien, kuten laakerin etulaippa, kannattaa merkitä samoin. Näin moottoria kasattaessa on helpompaa asentaa osat oikeaan asentoon ja paikkaan, vaikka kasaamisen hoitasi toinen työntekijä. Osat laitetaan huollon ajaksi ns. osalaatikkoon, jonka numero tai tunniste on myös hyvä merkitä työmääräimeen osien löytämisen helpottamiseksi.

4.2.3 Laitteen purkaminen

1. Moottorin purku huoltoa varten on hyvä aloittaa poistamalla akselilta mahdollinen kytkin tai hihnapyörä soveltuvin työkaluin esim. ulosvetolaittein. Kytkimen paikka (esim. kytkimen etureunan etäisyys akselin päästä) akselilla pitää mitata ja merkitä muistiin työmääräimeen, jotta kasattaessa kytkin olisi oikealla kohdalla, mikäli kytkin asennetaan moottoriin takaisin.
2. Purettaessa moottoria merkitään D- ja N- päätyjen osat pistepuikolla edellä annetun ohjeen mukaisesti.
3. Poistetaan moottorista kytkentäkotelon kansi
4. Poistetaan tuuletinsuoja
5. Avataan N-päädystä laakerin takalaipan kiinnitys
6. Avataan laakerikilven kiinnityspultit paineilmavälinein tai käsityökaluin
7. Poistetaan laakerikilpi joko käsin tai nostimella, koosta riippuen (muistetaan ergonomia ja säästetään selkää)
8. Käännetään moottori työpöydällä D-päädyn purkamista varten
9. Avataan laakerin etulaipan kiinnitykset
10. Avataan laakerikilven kiinnityspultit

11. Poistetaan laakerikilpi, kuten aiemmin N-päädystä
12. Nostetaan roottori tarvittavin apulaittein (nosturi ja putki) tai käsin (pienemmissä koneissa) staattorin sisältä
13. Poistetaan etulaipat ja laakerit sopivilla ulosvetimillä (käsikäyttöinen, paineilmatoiminen tai hydraulinen)
14. Merkitään työnnumero roottoriin merkkausliidulla tai tussilla
15. Nostetaan roottori telineeseen tai tarvittaen valmistellaan lähetettäväksi koneistukseen
16. Pestään ja puhdistetaan kaikki irroitettut osat

4.2.4 Laitteen kunnan selvittäminen ja dokumentointi

Purettaessa voidaan huomata niin mekaaniset kuin sähköisiäkin vikoja moottorista. Kaikki mahdolliset vauriot tai heikot eristeet tai tarvittavat koneistukset merkitään työmääräimeen. Mekaanisista vioista yleisimpiä ovat laakeripintojen kulumisen laakereiden kohdilta ja laakerikilpien kulumisen, jos laakerin ulkokehä on päässyt pyörähtämään. Nämä molemmat voidaan todeta sekä silmämääräisesti että tarvittaessa mittaamalla esim. työntömitalla.

4.2.5 Huolto vai korjaus

Moottori huolletaan, mikäli siinä ei alkutiedoissa, purettaessa tai mittauksissa löydy mitään vikoja. Muutoin palanut moottori käämittäneen ja/tai korjataan mekaanisesti. Huoltoon tulleen moottorin, joka onkin käämittävässä kunnossa, jatkosta tehdään päätös asiakkaan kanssa. Se kannattaako moottori käämiä, riippuu moottorin mahdollisesta erikoisrakenteesta tai korvaavan tuotteen saatavuudesta (esim. tietty käyttöjännite saattaa rajoittaa saatavuutta pikaisella toimitusajalla).

4.3 Huoltotoimenpiteet ja osien koneistus

Huolletava moottori puhdistetaan ulkoisesti, kuten aiemmin on ohjeistettu. Moottoria ei tosin pestä ennen alkumittauksia. Moottorille tehdään alkumittaukset ja koestukset annettujen ohjeiden mukaan. Tämän jälkeen moottori puretaan osiin ja osat pestään tarvittaviin suojarusteisiin pukeutuen, kuten perehdytyksessä on kerrottu. Tarvittaessa kuluneet laakerikilvet ja laakerikaulat koneistetaan. Mikäli osissa on jotain koneistettavaa, niin koneistettaviin osiin (väljä laakerikilpi tai roottorin laakerisovitteet) merkitään työnnumero työkortista ja tehdään lähete valmiiksi. Näin saadaan alihankkijalle lähetteeseen oikea viitenumero jatkoa varten.

Lopuksi moottori laakeroidaan ja kasataan tarvittavin uudistetuin osin ja voidellaan laakerit asiakkaan kanssa sovituilla voiteluaineilla. (FAG Finland Oy, Vierintälaakereiden voitelu. FAG Finland Oy, 34)

4.3.1 Staattorin pesu huollon yhteydessä

Mikäli staattoriosa on ulkoisesti vielä pinttyneessä liassa tai sisäisesti likainen, esimerkiksi staattoriin kulkeutuneesta voiteluaineesta, tulee staattori pestä osienpesukoneessa. Ennen pesua käämistä poistetaan ylimääräinen irtolika, kuten voiteluaineet varovasti käämiä vaurioittamatta.

4.3.2 Staattorin kuivaus pesun jälkeen

Pesty staattori on kuivattava uunitamalla. Kuivausuuni alla kuvassa nro 4. Staattorin uunitus kestää, koosta riippuen, neljästä tunnista jopa kymmeneen tuntiin. Uunin lämpötilan ollessa 120-130°C.

Uunituksen jälkeen staattorin eristysvastus on varmistettava mittaamalla. Muistettava tosin, että uunilämpimän käämin eristysvastus on pienempi kuin jäähtyneen. Mittauksen voikin suorittaa jäähtymisen jälkeen, jolloin tulos on varmasti luotettava.



Kuva 4. Kuivausuuni

4.3.3 Uusittavat osat

Moottoriin uusitaan huollossa mm. seuraavat osat:

1. V-renkaat laakerikilven ulkopuolelle
2. aksiaalitiivisteet (lue stefan) laakerikilpiin (mikäli sellaiset oli moottorissa alkuperäisenä) tai vaihteeseen
3. kaikki laakerit
4. laakereiden paikoillaan pitävät lukitusrenkaat (c-renkas) tarvittaessa, mikäli selvästi kuluneet
5. sekä purettaessa selvinneet kuluneet ja/tai vaurioituneet muut osat, kuten tuuletinsiipi
6. voiteluaineet voitelukanaviin ja laakereihin

4.4 Staattorin käämintä

Palanut moottori voidaan käämiä uudenveroiseksi alkuperäisin käämiarvoin. Tällöin käämiarvojen selvittely vaatii huolellista selvitystyötä.

Moottorille voidaan kääminnässä tehdä tarvittaessa jännite- tai taajuusmuutos, sisäistä käämintä muuttamalla.

4.4.1 Kytkennän ja käämiarvojen selvittäminen

Käämiarvojen selvittäminen tapahtuu seuraavasti:

- 1) Selvitetään moottorin kytkentä, joka on joko kolmio (D-kytkentä) tai tähti (Y-kytkentä) liitin-alustalla. (Napavaihtomoottorit/Dahlander-kytkentä selvittävää erikseen).
- 2) Liitinalustalle tulevien kaapeleiden/johtojen sidonta avataan kytkentäpäädyistä
- 3) Selvitetään kuinka moottorin sisäinen kytkentä on tehty. Kytkentä voi olla sarjaan- tai rinnankytketty. Esim. mikäli ulosottokaapelin liitoskohtaan tulee kaksi sukittua lankanippua, niin moottori on rinnankytketty (joko kaksois-tähti tai kaksois-kolmio). Tässä toki täytyy olla huolellinen, sillä on mahdollista, että moottorista tulee ulos vain kolme ulosottokaapelia ja moottorissa onkin esim. sisäinen kolmio-kytkentä (D-kytkentä) tai sisäinen tähti-kytkentä (Y-kytkentä). Jos sisäinen D-kytkentä, niin ulosottopäihin tulee myös kahdet langat. Mikäli kyseessä sisäinen Y-kytkentä, niin kytkentäpäästä löytyy jostain sisäinen tähtipiste.
- 4) Avataan kytkennän liitoskohta, mistä selviää kuinka monella langalla käämintä on tehty. Esim. liitoskohtaan tulevassa sukitetussa lankanipussa voi olla joko yksi tai usempia rinnakkaisia lankoja (jopa kymmeniä). Jokainen liitoskohtaan tulevan kuparilangan halkaisija mitataan poltettuna mikrometrillä. Mikrometri

alla kuvassa 5. Käämilangat kuumennetaan nestekaasulla polttamalla emalieristys poistaen. Mittauksessa oltava huolellinen ja arvot merkittävä muistiin joka langasta.

- 5) Selvitetään käämissä mahdollisesti olevien lämpöantureiden määrä, tyyppi ja lämpötila-arvo (selvinnee monesti myös erillisestä kilvestä moottorissa).
- 6) Mikäli käämintä on toteutettu ns. puoliurakäämityksenä, niin selvittävä vyyhtinipun askel (esim. jos neliosainen vyyhti, niin merkitään: neliosainen ja 14 uraa käytetty) .
- 7) Mikäli kyseessä on kaksinopeusmoottori ja käämit ovat erilliset, tulee selvittää ja merkitä kumpi nopeus on staattorissa ulompana. Joissain staattoreissa myös alemman käämin aloituskohta on merkittävä staattoriin.
- 8) Kääminnässä käytettävien käämilänkojen määrä selviää myöhemmin käämiä purettaessa.



Kuva 5. Mikrometri.

4.4.2 Käämin purkaminen, kakun leikkaaminen

Käämin purkamisessa huomioitavaa. Ennen purkaa pitää selvittää staattorin peltipaketin paikka moottorin rungossa sekä peltipaketin lukitus. Tietyissä tilanteissa myös käämin kytkentäpää tulee merkitä staattoriin. Tällöin selvittäneen jatkossa mahdollisilta ongelmilta, ettei kytkentää tehdä väärään päähän.

Moottorin käämin pääty (yleensä kytkentä-pääty) leikataan purkupaikalla käämileikkurilla (suuremmat koneet) tai pienissä moottoreissa vasaralla ja taltalla tai paineilmataltalla peltipaketin reunasta. Irroitettu kakku otetaan talteen osalaatikkoon myöhemmin tarvittaen tehtävää jatkoselvitystä varten.

4.4.3 Käämin purkaminen, staattorin polttaminen

Kun käämin sisäinen kytkentä on saatu selvitettyä edellämainttujen ohjeiden mukaisesti, voidaan staattorissa olevia käämejä alkaa polttamaan purkupaikalla nestekaasupolttimella. Ennen polttoa pitää purkupaikan savukaasuimuri käynnistää. Eristeet poltetaan nestekaasupolttimella, jolloin jäljelle jää vain palaneet käämilangat moottorin staattorin uriin. Huomiona: paloturvallisuus huomioitava (tulityökortti) sekä tarvittava suojavaatetus ja suojaimet, kuten perehdytyksessä on esitetty. (Flowplus perehdytys)



Kuva 6. Purku- ja polttopaikka.

Polton jälkeen käämit poistetaan urallinen kerrallaan käsin tai hydraulisesti koneellisesti vetäen. Staattori kiinnitetään lankojen ulosvetoa varten purkupöydän kiinnikkeisiin.

Staattorista otetaan talteen kahden viereisen vyyhdin käämit, lankojen laskemista varten. Molempien vyyhtien kaikki uralliset lasketaan erikseen. (Mikäli käämintä on tehty kokourin aiemmin, niin yhden vyyhdin urien lankamäärä riittää arvojen laskemiseen). (Kajander, R. 1987, s 20)

Mikäli kysessä ns. puoliurakäämitys, niin silloin on hyvä ottaa kaikki yhden vyyhdin viereisissä urissa olevat niput talteen ja laskentaan, mahdollisten kierroserojen vuoksi. Osassa uria saattaa olla erilaisia määriä lankakierroksia.

Lopuksi lasketaan urassa olleiden käämilankojen määrä ja jaetaan tuo määrä aiemmin selvitetyn tiedon mukaan (kohdassa 4.4.1 kohta neljä) käytettyjen lankojen määrällä. Tästä laskusta selviää kääminnässä käytettävä kierrosmäärä per ura.

Esimerkki käytetyistä käämilangoista:

Kyseessä Strömbergin teholtaa 200 kW oikosulkumoottori, malliltaan HXUR 638G2. Moottorin kierrosnopeus, 1500 kierrosta/minuutissa, selviää tuosta tyyppin lopusta G2. G2 tarkoittaa kahta napaparia eli kyseessä nelinapainen-käämitys. Kyseisessä staattorissa on 60 uraa. Käämivyyhtejä on yhteensä kuusi kappaletta, joka vaiheessa kaksi.

Käämin mallinnus aloitetaan seuraavsti:

$$\frac{60 \text{ uraa}}{3 \text{ vaihetta}} = 20 \text{ uraa/vaihe käytettävissä}$$

Kun tiedetään, että kyseessä on 4-napainen (1500 rpm) moottori, niin:

$$\frac{20 \text{ uraa}}{4 \text{ napaa}} = 5 \text{ uraa/napa käytettävissä}$$

Vyyhdistä tehdään 5-osainen, jolloin mittalangan väliin jää (5+5+4) uraa.

Staattoria purettaessa selvisi että ulosottokaapeleihin tuli kahdesta käämivyyhdistä lankoja, kahdessa erillisessä suojaputkessa. Kyseessä oli siis rinnankytkentä, 2D.

Yhdessä putkessa oli 11 kuparilankaa rinnakkain. Lankoja urista poistettaessa, yhden uran lankamäärä oli 66 kappaletta. Tästä pikaisesti laskemalla:

$$\frac{66 \text{ lankaa}}{11 \text{ kpl}} = 6 \text{ kierrosta /ura}$$

Staattoria käänivyhtiä tehtäessä käytettiin yhtätoista halkaisijalta 1.80 mm olevaa rinnakkaista kuparilankaa. Lopulta kuparin määräksi tuli 83,9 kg käytettyä kuparilankaa. (Ossi Ojansivu oma arkisto).

4.4.4 Staattorin urien puhdistaminen

Lankojen poistamisen jälkeen jokainen staattorin ura on puhdistettava huolellisesti purkupaikalla. Puhdistamiseen käytetään aluksi uranpuhdistustaltoa palaneiden eristeiden poistamiseen. Lopuksi staattorin urat viimeistellään uraan sopivilla uraharjoilla. Myös puhdistusvaihe on käsityötä alusta loppuun.

4.4.5 Staattorin pesu kääninpurkamisen jälkeen

Staattori pestään purkamisen jälkeen pesukoneessa, mikäli mahtuu pesukoneeseen, joilloin purkuvaiheen hiilipöly ja irtolika saada positettua staattorista ennen käänintää. Tässä vaiheessa staattoria ei tarvitse kuivata uunitamalla. Pesussa tuleva kosteus haihtuu/poistuu viimeistään uunituksessa hartsauksen jälkeen.

4.4.6 Mahdollisen peltipakettivaurion selvittäminen

Mikäli staattorissa on merkkejä maaoskulosuista ts. ampumista esimerkiksi laakerivaurioiden jälkeen, tulee staattorin peltipaketti testata ja kuormittaa rengaskokeella. Tällä selvitetään voidaanko staattoria enää käyttää lainkaan. Mahdolliset ampumakohdat lämpenisivät käytössä muutoin niin, että oikosulkukohdat kuumentaisivat ja sulattaisivat eristeet staattorin urista aiheuttaen maasulun ja käämin vaurioitumisen. Eristyksen vaurioituttua on syntynyt valokaari, joka on sulattanut peltipakettia. Rengaskokeessa staattorin peltipaketin lämpötilaa seurataan infrapunalämpömittarilla tai lämpökameralla.

Rengaskokeen toteutus:

1. Staattori, josta on poistettu kaikki käämit viedään koestuspaikalle
2. Staattoripakettiin tehdään ensiökäämi kiertämällä esim. 10-16 mm² ulosottokaapelia 10-15 kierrosta staattoripaketin läpi, niin että peltipaketti jää tehdyn lenkin sisäpuolelle. Tällä saadaan aikaiseksi vaihteleva magneettikenttä peltipakettiin
3. Tehdään toisiokäämi vastakkaiselle puolelle staattoripakettia ohuemmasta kaapelista tai eristetystä kuparilangasta. Tähän riittää kaksi kierrosta (toisiokäämi toimii mittakääminä)
4. Asennetaan jännitemittari tehdyn toisiokäämin päihin
5. Syötetään koestuspaikan (PLK 100 K) laitteella vaihtojännitettä (AC) tehtyyn ensiökäämiin. Syöttöjännitteen kanssa on oltava tarkkana. Liian suuri jännite kasvattaa virtaa ja kuumentaa tarpeettomasti koko kentän ja silloin ei saavuteta haluttua tulosta.
6. Seurataan toisiokäämissä olevan jännitemittarin jännitettä.
7. Tietyssä vaiheessa ensiöjännitteen nosto ei enään kasvata toisiojännitettä. Tässä kynnysvaiheessa ollaan testijännitteessä
8. Enää jännitettä ei nosteta vaan pidetään noin 10 minuuttia samana
9. Seurataan lämpökameralla, miten staattorin peltipaketti lämpenee. Tarkoitus etsiä kuumia, huomattavasti ylesitä staattorin lämpötilaa kuumempia kohtia, joissa ampumien aiheuttamat pyörrevirrat aiheuttavat lämpenemisen.

Ohessa ohjeellinen testikäämin laskentakaava:

$$\text{Käämikierrosluku} = \frac{U}{D * L * 0,00032}$$

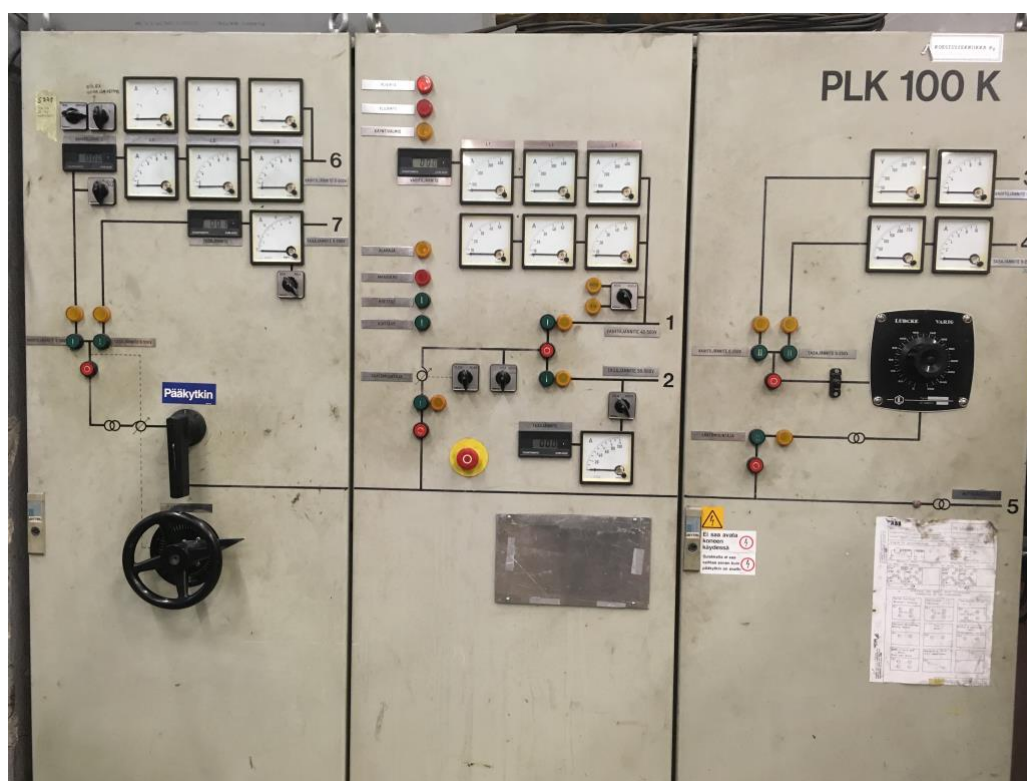
D = ilmaväliahkaisu, millimetreinä (roottoriaukko)

L = Peltipaketin pituus, mm

U = jännite

0,00032 = kerroin

Parhaan tuloksen saavuttamiseksi tulee eri suuruisille moottoreille tehdä koestustiedot tehtyjen kokeiden perusteella. (Koestustekniikka Ky, Mittaukset ja koestukset sähkökonekorjaamossa)



Kuva 7. PLK 100 K koekäyttökeskus

Mikäli rengaskokeessa löytyy lämpökuvauksella selvästi muita kuumempia kohtia, pitää päättää, kannattaako konetta korjata. Mikäli kuumenevia kohtia on vain yksi tai kaksi ja nämä voidaan avata mekaanisesti irrottamalla, niin silloin kone kannattanee vielä käämiä. Asiakasta on tosin hyvä informoida asian tiimoilta ja tehdä päätös

yhdessä. Riskinä on aina tulevaisuudessa vian toistuminen, joten käämintä ilman takuuta voi olla vaihtoehto esim. kiireisissä tapauksissa.

4.4.7 Käämintä

Purettu ja puhdistettu staattori käämitään aiemmin mitatuilla ja lasketuilla arvoilla. Staattorin urat eristetään. Käytettävän eristeen vahvuus riippuu moottorin koosta. Pienissä alle 0.5 kW staattoreissa käytetään 0.16 mm vahvaa uraeristepaperia.

Alle 11 kW moottoreissa eristeen vahvuus on 0.24 mm. Tästä alle 50 kW kokoluokkaan 0.30 mm on riittävä eristevahvuus. Tätä suuremmissa staattoreissa käytetään kerrottuja eristeitä, jotta saadaan riittävä eristys aikaiseksi. Uristeiden tietoja liitteenä. (liite 2)

Uraeristeiden pitää olla riittävän suuret, jotta uran reunat tulee ylös asti eristettyä kunnolla. Uraeristeen pituus on hyvä olla, moottorin koosta riippuen, vähintään 5 millimetriä, mutta mieluumasti 7-12 mm levypakettia pidempi. Näin varmistetaan riittävä eritys staattoripakettia vasten. (Kajander, R. 1987, s.30)

Käämivyyhdin mitoitus tehdään käsin mallilangalla seuraavasti:

Yksi kierros (esim. 1.60 mm vahvuista) kuparilankaa laitetaan käämiaskeleen osoittamiin uriin. Vyyhdin päädyt taivutetaan käsin muotoillen sopiviksi. Mallilanka suljetaan lenkiksi.

Käämivyyhdit valmistetaan käämikoneella (käytössä kolme erikokoista laitetta, valitaan vyyhdin koon mukaan).

Valitaan mittalangan koon mukaan käämimalli, joka kiinnitetään käämikoneeseen. Asetetaan kierroslaskuriin käytettävät käämikierrokset ja valitaan käytettävä/käytettävät kuparilanka/-langat. Kuparilangat ohjataan ohjureiden läpi käämikoneelle. Tehdään mallin mukainen vyyhti.

Vyyhtien käämintä ahtamalla suoritetaan käsityönä käyttäen muovista lusaa. Uriin lankoja ahdettaessa on hyvä eristää suojamuoveilla staattorin sisäosa, jolla estetään käämilangan emaloinnin vaurioituminen. Kun langat on saatu sisään uraan, ura suljetaan lasikuitu-urakannella, joka on yhtä pitkä kuin uraeriste.

Kun vyyhdin ensimmäisen osan molemmat puolet on ahdettu valittuihin uriin, taivutetaan päätyjen vyyhtiosa käsin taivuttamalla, ja mahdollisesti kumivasaralla muotoillen sopivaksi. Tämä edellinen toistetaan vyyhdin seuraaville osille. Tämä toistetaan kaikilla käytettävillä vyyhdeillä.



Kuva 8. Sähkömoottorin käämintää.

4.4.8 Kytkeminen, eristys ja sidonta

Kun staattoriin on saatu käämittyä kuparilangat uriin, on kytkennän ja päätyjen eristyksen ja sidonnan aika. Aluksi nostetaan nostimella staattori pystyyn N-pää (yleensä ei-kytkentäpää) ylöspäin pöydälle tai lattialle telineeseen.

Muotoillaan kääminpääty lopulliseen muotoonsa lusalla ja kumivasaralla.

Mallinnetaan ja leikataan tarvittavat eristeet viereisten vyyhtien väliin. Eristeenä käytetään välieristettä, jonka vahvuus on 0,30 mm. Kokoluokassa alle 75kw käytetään kyseistä eristettä kaksinkertaisena. Välieristettä mallinnettaessa on huomioitava riittävä suojaetäisyys kahden vaiheen väliin. (Kajander, R. Moottori- ja Muuntajakäämitykset, 42)

Suuremmissa moottoreissa välieristettä käytetään kolminkertaisena. Kun kaikki välieristeet ovat paikoillaan, voidaan kääminpäätys sitoa sidontalangalla tiukaksi paketiksi. Näin kääminpäädystä tulee tiivis hartsausta varten.

Nostetaan staattori ja käännetään D-pääty (yleensä kytkentäpääty) ylöspäin eristettäväksi, kytkettäväksi ja sidottavaksi. Eristys kuten edellä N-päädystä.

Vyyhtien avoimet käämilankojen päät mitoitetaan sopivaksi tehtävää kytkentää varten ja katkaistaan merkitystä kohdasta. Vyyhdistä tuleva lankanippu sukitetaan sopivankokoisella suojasukalla (Stenbacka nettiviite).

Vyyhdin kuparikäämilankojen päät kuoritaan erityisellä kuorimakoneella huolellisesti. Kaikki emalit poistetaan kuparilankojen pinnalta, jotta kytkentään saataisiin paras mahdollinen lopputulos. Kytkennän liitokset tehdään pienissä koneissa tinalla juottamalla ja suuremmissa moottoreissa kuparisin jatkoholkein hydraulipuristimella. Jatkossa selvitetään muitakin tapoja liittämiseen.

Liitoskohta on eristettävä huolellisesti sekä eristepaperilla että lämpöäkestävällä suojasukalla. Liitokset sijoitellaan siististi kytkentäpäädyn ulkokehälle tai päälle.

Tarvittavat lämpöanturit asennetaan kytkentäpäättyyn kytkennän tekemisen jälkeen.

Sidonta tehdään lopuksi käsityönä siististi ja tiiviiksi sitoen samalla kumivasaralla muotoillen. Sidonnassa käytetään tähän tarkoitettua erikoislankaa.

Sidonnan jälkeen asentaja tarkastaa, että urakannet ovat hyvin paikoillaan ja riittävän alhaalla. Tarvittaessa urakansia voi painaa alemmas erikoistyökaluin.

Tämän jälkeen käämitulle staattorille tehdään välikoestukset jännitetesterillä seuraavasti:

Koestusjännite IEC-34-1 normin mukaan:

10. Uudet käämitykset: $2 \times U_N + 1000V$

11. Vanhat käämitykset: $(2 \times U_N + 1000V) \times 0.75$

(Muistio, PLK Koestustekniikka. 2001.)



Kuva 9. Vanha jännitetesteri, Prüfrex H18-5000V.

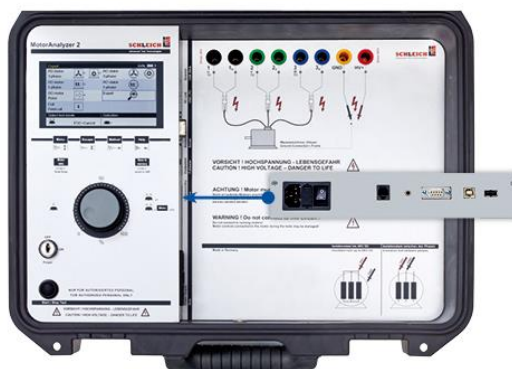
Jännitetesterillä syötetään jännitettä käämien ja staattorin rungon (maadotus) väleihin. Myös vaiheiden välinen eristys testataan. Koestusjännitteenä 1800V käämityille staattoreille. Mikäli kuparilangoissa on eristevaurioita, tai eristeissä on vaurioita, nämä paljastuvat varmasti testauksessa. Tässä jännitekokeessa liitinalustan kytkentäliuskat on kytkemättä vaiheiden väleillä.

Jännitestauksen jälkeen käämille voidaan tehdä syöksyaaltokoe PLK 4000-mittalaitteella, jolla voi tehdä myös em. jännitetestauksen. PLK 4000-laitteella kahteen vaiheeseen syötetään jännitettä kuten aiemmin jännitetestissä. Laitteen oskilloskoopin ruudulta näkee maavuodot, vyyhtioikosulut ja eristevauriot. Myös tällä laitteella tehdyt testaukset tehdään liitinalustan liuskat avonaisina.



Kuva 10. Syöksyaaltotestauslaite PLK 4000

Staattori voidaan testata myös moottorianalysaattorilla. Tämä laite tekee testin muutamassa minuutissa ja antaa tarvittaen tallennettavan tai tulostettavan raportin. Raportti kolme sivuisena liitteenä (liite 4)



Kuva 11. Moottorianalysaattori. Kuva laitevalmistajan verkkosivuilta

4.5 Hartsaus/lakkaus

Valmis käämitty staattori hartsataan välikoestuksen jälkeen. Hartsaus vaiheessa on käytettävä sopivaa suojavaatetusta (käsineet, hengityssuojaimet, suojalasit).

Ennen hartsausta kohdepoistoimuri on käynnistettävä. Hartsaus tehdään imurin vieressä hartsausaltaalla. Nostimien käytössä noudatettava perehdytyksessä annettuja nosto-ohjeita. (Flowplus Oy Intra, perehdytys)

Hartsaus tehdään valuttamalla tai upottamalla, koneen mallista ja koosta riippuen.

Vaativiin käyttöolosuhteisiin menevät staattorit voidaan tarvittaessa kyllästää hartsilla kahteen kertaan, välillä uunitaen. Mikäli hartsaus toistetaan uunituksen jälkeen, on muistettava jäähdyttää staattori huoneenlämpöön ennen tätä. Muutoin hartsikaasuuntuu hallitilaan ja siitä on haittaa terveydelle.

4.6 Uunitus

Hartsauksen jälkeen staattori nostetaan nostimella kuivausuunin ritiläkelkalle hieman kaltevaan asentoon tai pystyyn, tarvittaessa tukia käyttäen, jotta staattoriin jäisi mahdollisimman vähän puhdistettavaa kuivunutta hartsia, staattoripaketin sisäpintaan, uunituksen jälkeen.

Uunitus kestää moottorin koosta riippuen kolmesta kymmeneen tuntia. Uunin lämpötila on 120-130°C . Kun hartsattu ja valutettu staattori on asetettu ritilälle uunin kelkkaan. Lasketaan uunin luukku alas ja suljetaan huolella. Muutoin avonaisesta luukusta saattaisi päästä hallin sisäilmaan hengitykselle haitallisia aineita. Uuni sädetään valitulle ajalle ohjauspaneelista.

Aamulla uuni sammutetaan. Uuninluukku avattava varoen, sillä sisällä on kuumaa ilmaa. Varustauduttava kuumankestävin suojakäsinein ja noudatettava perehdytyksen toimintatapaa. (Flowplus Oy. Intra, perehdytys)

Hartsattu ja kuivattu staattori nostetaan nostimella työpöydälle jatkotoimia varten. Staattorin päätykilpien ohjausovitteet on puhdistettava hartsista puukolla raapimalla. Myös staattorin sisäpinnasta on raaputettava mahdollisesti siihen jäänyt hartsi, jotta roottori mahtuisi paikalleen. Lisäksi on hyvä avata kaikki sisäkierteet kierretapeilla mahdollisesta hartsista, jotta kasaamisessa pääsisi helpommalla. Myös tassujen alapinnan puhtaus pitää varmistaa.

4.7 Moottorin kasaaminen huollon tai kääminnän jälkeen

Uudelleen kokoaminen tapahtuu kasaamalla moottori purkua päinvastaissa järjestyksessä. Pestyt ja mahdollisesti korjatut/uusitut osat kasataan roottoriin ja staattorin ympärille.

4.7.1 Roottorin laakerointi

Moottoria kasattaessa roottoriin asennetaan uudet laakerit. Laakereiden valinnassa tulee huomioida mahdollinen jälkivoitelu ja väljyysluokka. Mikäli moottorissa on jälkivoitelu, niin laakerit ovat avonaista mallia (esimerkkinä 6310.C3). C3 tarkoittaa laakerin väljyysluokkaa.

Jos moottorissa ei ole jälkivoitelu mahdollisuutta tai laakerikilvissä ei ole takalaippoja, silloin laakereiksi valitaan, joko muovisuojatut 2RS-laakerit (esimerkkinä 6204.2RSR) tai peltisellä suojalla olevat ZZ-laakerit (esimerkkinä 6204.ZZ). 2RS- ja ZZ-mallien laakerit ovat kestopoideltuja laakereita. Mikäli moottorissa on takalaippa, mutta ei jälkivoitelumahdollisuutta, niin suojatusta laakerista voidaan poistaa etupuolelle jäävä suoja. Tällöin laakeriin voidaan lisätä rasvaa etupuolelle.

Laakeroinnissa on muistettava erityinen puhtaus uusia laakereita asennettaessa.

Laakereiden asennus:

1. Aluksi asennetaan akselille siinä mahdollisesti olleet takalaipat.

2. Laakeri otetaan pakkauksestaan ja lisätään suojaamattomaan laakeriin voiteluainetta (tyyppi ja laatu sovittu asiakkaan kanssa).
3. Laakeri laitetaan induktiiviseen laakerilämmittimeen, kunnes sisäkehän lämpötila on asetetussa lämpötilassa (tyypillisesti 90-100 Celcius-astetta). Lämmittimen ilmoittama laakerin olevan riittävän lämmin, laakerin sisäosan halkaisija on laajentunut riittävästi asennusta varten.
4. Laakeri otetaan suojahanskoin laakerilämmittimestä ja asennetaan kertaliikkeellä paikoilleen akselille. Varottava etenkin suuremmissa laakereissa, ettei laakeri ponnahta pois omalta loppupaikaltaan.
5. Asennetaan mahdolliset imulaipat laakerin etupuolelle.
6. Roottorin molemmat päädyt työstetään samoin ohjein.



Kuva 12. Induktiivinen laakerilämmitin.

4.7.2 Moottorin kasaaminen

1. Moottorin kasaaminen aloitetaan nostamalla moottorin runko asennuspöydälle aloittaen D-päädystä

2. Varmistetaan käämitystä moottorista, että peltipaketti on riittävän siisti ja ettei peltipaketissa ole hartsauskesta jääneitä kuivuneita tippoja, jotka ottaisivat kiinni asennettavaan roottoriin
3. Kytetään tarvittaessa kaapelit liitinalustalle, mikäli ei ole käämittäessä näin tehty
4. Nostetaan roottori sopivin nostovälinein staattorin sisälle, käämien vaurioitumista samalla varoen
5. Kierretään kierretangon pätkä takalaipan kierteeseen ohjaamaan takalaippa oikeaan paikkaan päätykilpeä asennettaessa
6. Laitetaan tiivisteainetta (esimerkiksi Würth DP300 tai vastaava) laakerikilven ohjauksiin sovitepinnoille
7. Pestään D-laakerikilpi, joko pesukoneessa tai lämmitetään nestekaasulla, jotta asennus olisi helpompaa, kun lämpö laajentaa laakeripesää
8. Pyyhitään laakerin ulkokehän mahdollinen rasva/öljy puhdistusaineella
9. Nostetaan laakerikilpi paikalleen ja ohjataan takalaipasta tuleva kierretangon pätkä oikeasta kiinnitysreiästä ulos
10. Kiinniteään laakerikilpi omilla pulteillaan paikalle oikeaan asentoon. Asento tärkeä huomioitava, mikäli kilvessä on vesi/rasvanpoistoaukko
11. Kiinnitetään etulaippa laakerille yhdestä reiästä kurkistavaa kierretankoa hyödyntäen. Kiristetään etulaipan ruuvit käsin
12. Käännetään moottori työpöydällä N-päädyn laakerikilven asennusta varten
13. Asennetaan takalaippaan taas kierretangon pätkä helpottamaan takalaipan kiinnittämistä
14. Laitetaan tiivisteainetta (esimerkiksi Würth DP300 tai vastaava) laakerikilven ohjauksiin sovitepinnoille
15. Lämmitetään N-päädyn laakerikilpi joko pesukoneessa tai nestekaasulla
16. Pyyhitään laakerin ulkokehän mahdollinen rasva/öljy puhdistusaineella
17. Asennetaan mahdollinen toleranssirengas/aaltojousi laakerin etupuolelle, mikäli laakerikilvessä ei ole irtonaista etulaippaa
18. Nostetaan laakerikilpi paikoilleen, tarvittaen asento huomioiden
19. Asennetaan aaltojousi/toleranssirengas laakerin eteen
20. Asennetaan laakerikilven mahdollinen etulaippa, kuten aiemmin D-päädystä
21. Asennetaan tuuletinsiipi paikoilleen, mahdollinen lukitus muistettava
22. Nyt moottori on valmis koestukseen ja koekäyttöön

4.7.3 Loppukoestus

Loppukoestus tehdään kaikille niin huolletuille kuin käämityillekin koneille. Loppukoestuksessa käytetään eristysvastusmittaria ja moottorianalysointia tai vaihtoehtoisesti syöksyaaltomittalaitetta. Myös lämpöantureiden toimivuus varmistetaan yleismittarilla. Myös anturit tulee mitata yleismittarilla vielä käämejä vasten.

Antureiden mittaus:

1. Bi-metalliantureiden rakenne vastaa kosketinta, jolloin niiden resistanssi on alle 1 ohmia (Ω).
2. PTC-anturi on puolijohdekomponentti ja sen vastusarvo on 50 – 250 ohmia toimintalämpötilastaan riippuen.
3. PT 100-anturin vastusarvo on noin 100 ohmia +20°C lämpötilassa.

Kaikki saadut mittaarvot merkitään työmääräimeen kohtaan loppukoestus.

4.7.4 Koekäyttö

Mittausten jälkeen oikosulkumoottoreille tehdään loppukoekäyttö nimellisjännitteellä (selviää moottorin arvokilvestä). Koekäyttö tehdään koestuspaikalla. Koekäytön mitta-arvot (jännite U ja tyhjäkäyntivirta I) merkitään työmääräimeen. Myös tärinämittaus tehdään koekäytön yhteydessä. Roottorin tasapainotus huomioitava. Osa roottoreista on tasapainotettu kiilan kanssa ja osa ilman kiilaa.

4.7.5 Maalaus

Moottori ruiskumaalataan huollon jälkeen, mikäli asiakkaan kanssa näin on sovittu. Kääminnän jälkeen moottori tulee aina maalata staattorirungon suojaamiseksi. Maalaus suoritetaan maalauspaikalla tarvittavan pintojen puhdistuksen jälkeen. Ennen maalausta suojataan avonaiset akselinpäätt rasvalla ja suojamuovilla. Maalauksessa on huomioitava poistoilmaimurin käyttö. Suojavaatetus perehdytyksen mukaisesti. Maalauksen jälkeen kiinnitetään moottoriin maalattu tuuletinsuoja paikoilleen. Moottori on valmiina asiakkaalle.



Kuva 13. Valmis, maalattu moottori.

4.8 Työdokumenttien hallinta

Työn valmistuttua työ kirjataan sähköiseen järjestelmään valmistuneeksi ja kirjataan käytetyt tunnit ja tarvikkeet laskutusta varten. Myös mittausraportit (alku- ja loppukoestuksista) kirjataan koneelle. Tarvittaessa tulostetaan raportti moottorille liitteeksi, tai lähetetään raportti sähköisesti asiakkaalle.

5 LAINSÄÄDÄNTÖ

Sähkökonekorjaamon toimintaa valvoo Turvatekniikakeskus (TUKES). Korjaamo on varustettava lain sähkölain vaatimalla varustuksella. Korjaamolla on oltava nimetty sähkötöidenjohtaja. Flowplus Oy:n Tampereen toimipisteen nimettynä sähkötöidenjohtajana toimii Jani Nieminen. (Tukes, Urakoitsijarekisteri www-sivut 2018)

Sähkötöitä saa tehdä koulutettu ammattihenkilöstö ja tietyin kohdin myös opastettu henkilö. Sähkötöitä tekevillä työntekijöillä tulee olla voimassaoleva sähkötyöturvallisuuskoulutus käytynä määräajoin.

5.1 Sähkötyöturvallisuus

Mittaus-, koestus ja koekäyttötyöt saa suorittaa vain koulutettu tai erikseen perehdytetty henkilö. Mikäli laite on irroitus tai korjaustilanteessa vielä asiakkaan tiloissa ja kiinni sähköverkossa, laite on erotettava sähköverkosta esierikiksi turvakytkimellä ja/tai sulakkeet poistamalla. Turvakytkin tai käyttökytkin on lukittava ja merkittävä lukitsija ja päivämäärä. Lukituksen Tämän jälkeen sähköasentaja toteaa mittalaittein kohteen jännitteettömyyden. (Sähköturvaslusuuslaki 738/2002)

5.2 Työturvallisuus

Töitä korjaamolla tehdessä on hyvä muistaa työn turvallinen tekeminen ja siisteys. Kaikilla työntekijöillä tulisi olla jokin ensiapukurssi käytynä, joko hätäensiapukurssi, EA1 tai EA2. Nostoissa sähkönostimilla tulee toimia annetun perehdytyksen mukaisesti. Nostoja ennen on mm. nostolenkin kiinnitys tarkastettava. (Nieminen & Tuppurainen. Toimintakäsikirja, 9)

5.3 Laitteiston tarkastukset

Korjaamossa olevat kalibroittavat mittalaitteet tulee kalibroida valmistajan ohjeiden mukaisesti määräajoin, tai mikäli mahdollista, aina ennen käyttöä. Mikäli käytettävissä laitteistossa ilmenee huomautettavaa, on asiasta ilmoitettava työnjohdolle välittömästi ja laite on tarvittaessa asetettava toistaiseksi käyttökieltoon.

5.4 Tulityöt

Tulitöitä saa toimitiloissa tehdä sisäisen ohjeen mukaan. Pääasiallisena tulityöpaikkana on purkupaikka. Tarvittaessa on lupa tehdä tulitöitä myös työpisteissä, poislukien maalauspaikka. Sammutuskaluston sijainti pitää selvittää kaikille työntekijöille perehdytyksessä. (Liitteenä perehdytyskaavake, liite 5). Kaikilla tulitöitä tekeillä, myös tulityövahdilla, pitää olla suoritettuna tulityökortti. (Pelastuslaki, Töturvallisuuslaki)

6 YHTEENVETO

Työohjeistuksen saaminen kirjalliseen muotoon oli tarpeellinen yrityksen Tampereen toimipisteessä. Ohjeistus saatiin käytettäväksi niin perehdytykseen uusille työntekijöille kuin muistin virkistykseksi yrityksessä jo työskenteleville asentajille. Haastatteluilla selvinneitä virhetilanteita, voitaneen jatkossa vähentää huolellisuutta, toimintatapoja korostamalla sekä ohjeistusta noudattamalla.

Tämä työ antoi tekijälleen mahdollisuuden siirtää ns. hiljaista tietoa työtavoista eteenpäin kohdeyrityksessä toimiville asentajille. Jo oman työurani aikana (noin 18 vuotta) koetin saada työohjeistuksen tekemistä sähkömoottorikorjaamolla eteenpäin, edellisen yrityksen aikana laadun varmistamiseksi. Tämän johdosta lähteenä onkin käytetty useita omia arkistoja monissa kohdin. Päälähteenä oli entuudestaan itselleni

tuttu teos, Moottori- ja muuntajakäämitykset. Teos oli aikanaan avuksi, kun perehdyin sähkömoottoreiden erilaisiin käämintätapoihin.

Opinnäytetyön aloittamisen aikaan tehdyt tutustumisvierailut avasivat näkemystäni omista ja vierailukohteiden toimintatavoista. Tavoitteena opinnäytetyötä tehdessä oli saada ohjeistus kirjalliseen muotoon kuin myös se, että jokainen Flowplus Oy:n asentaja olisi jatkossa ylpeästi kehittämässä työpaikkaansa ja työnsä tekotapaa. Jatkuva tietojen päivittäminen ja toimintatapojen yhtenäistäminen näkynnee jatkossakin toimipisteen kannattavuudessa.

LÄHTEET

Vierailu Kotkassa 7.9.-8.9.2017

Vierailu Seinäjoella 21.9.2017

Vierailu Tampereella 2.10.2017

Flowplus Oy Internet-sivut, <http://www.flowplus.fi>

TSK. 1993. Laatukäsikirjaluonnos. 1993.

FAG Finland Oy, Vierintälaakereiden voitelu. Julkaisu no. WL 81 115/4F1b

Flowplus Oy. Perehdytys. Intra

Kajander, R. 1987. Moottori- ja muuntajakäämitykset. Suomen Sähköurakoitsijaliiton Koulutus ja Kustannus Oy. Espoo: Gummerus Oy.

Ojansivu, O. 1995-2013. Omat muistiot.

Lehtinen, P. 1999. Mittaukset ja koestukset sähkökonekorjaamossa. Koestustekniikka Ky.

Stenbacka Oy, <http://stenbacka.fi/tuotteet/raaka-aineet/>

Urakoitsijarekisteri TUKES,
<http://rekisterit.tukes.fi/fi/Urakoitsijat/Toiminnanharjoittajat/>

Raportti 23.5.2001. Koestukset ja Mittaukset. 2001. Mäntsälä. Koestustekniikka Ky.

Nieminen & Tuppurainen, 2016. Toimintakäsikirja Flowplus Oy.

Sähköturvallisuuslaki. 2016. 1135/16.12.2016 muutoksineen.

Pelastuslaki. 2011. 379/2011 muutoksineen.

Työturvallisuuslaki. 2002. 738/2002 muutoksineen.

Flowplus Oy. Työturvallisuus. Intra.

FLOWPLUS

TYÖMÄÄRÄIN

No 205955

Sivu 1

Käsittelijä: JUKKA LEHTONEN.11.2017

Asiakas METSÄ BOARD OYJ METSÄ BOARD TAKO KARTONKI PL 1045 02020 METSÄ	Toimitusosoite METSÄ BOARD OYJ METSÄ BOARD TAKO PL 208 / HALLITUSKATU 1 33101 TAMPERE
Asiakasnumero 3920 Tilaus no NIEMI Viite Tilaaaja	Toimitusaika 22.11.2017 Toimitustapa: Maksuehto 60 PV NETTO Yht.henkilö

TILAUS
VIKASELOSTE

LAITE SYKLONIVAIHDEMOOTTORI Valmistaja: SM-CYCLO Merkki Tyyppi TC-F Valmiste no M81494231A Teho KW 0,18 Jännite V 500 Virta A 0,48 Kierrosluku 1500 SOTU 5706 Eristysluokka	VARUSTEET <input type="checkbox"/> Akselikilla <input type="checkbox"/> Hihnapyörä <input type="checkbox"/> Mek. kytky <input type="checkbox"/> Vaihde <input type="checkbox"/> Takogener. <input type="checkbox"/> Ulosottokotelo <input type="checkbox"/> Käynnistin <input type="checkbox"/> Kuljetuslaatikko <input type="checkbox"/> Liitäntäjohto	TODETUT VIAT Ylilyönti vaihe/vaihe Kierroslukko Katkos <input type="checkbox"/> Staattori <input type="checkbox"/> Roottori <input type="checkbox"/> Staattori <input type="checkbox"/> Roottori <input type="checkbox"/> Staattori <input type="checkbox"/> Roottori
	LIITINKOTELO Suunta 	Sijainti  Ylilyönti vaihe/runko Mekaaninen vika <input type="checkbox"/> Staattori <input type="checkbox"/> Roottori

TEKN.TIEDOT	Nykyiset	Muutettu/uusittu	TEHDYT TYÖT	Päiväys	Asentaja	Alkoi	Päättyi	Aika/h	50 %	100 %
Napaluku										
Jännite V										
Kytkenä										
Cu-lanka										
Kierr.urassa										
Uraluku										
Lankapaino kg										

SUORITETUT TOIMENPITEET

STAATTORI JA RUNKO	ROOTTORI JA LAAKERointi	MOOTTORI
<input type="checkbox"/> Käämintä	<input type="checkbox"/> Käämintä	<input type="checkbox"/> Koekäyttö/koestus
<input type="checkbox"/> Oikaisu	<input type="checkbox"/> Akselin korjaus	<input type="checkbox"/> Pesu/kuivaus
<input type="checkbox"/> Hartsaus	<input type="checkbox"/> Tasapainotus	<input type="checkbox"/> Maalaus
<input type="checkbox"/> Mittaus	<input type="checkbox"/> Laakerin D-pää	<input type="checkbox"/> Laakerin N-pää
<input type="checkbox"/> Hiiliharjat	<input type="checkbox"/> Laakerin N-pää	<input type="checkbox"/> Laakerin N-pää
<input type="checkbox"/> Liitinkotelo	<input type="checkbox"/> Kommut. korjaus	<input type="checkbox"/> Tuuletin
<input type="checkbox"/> Liitinalusta	<input type="checkbox"/> Liukurenkaisto	<input type="checkbox"/> Tuuletinsuoja

Muut korjaukset

VARAOSAT JA TARVIKKEET

Tuotenumero	Tuotenimi	Tilattu	Toimitettu
MH	SYKLONIVAIHDEMOOTTORIN HUOLTO	1,00	
	SM-CYCLO 0,18kW/1500r		

KOESTUS	ALKUKOESTUS			LOPPUKOESTUS		
	Staattori	Roottori	Tekijä	Staattori	Roottori	Tekijä
Eristysvastusmittaus						
Vastusmittaus						
Toistoaalto						
Jännitekoe						

Tyhjäkäyntimittaus r/min _____ I₀ A _____
Tacho V/kierros _____ V/kierros _____
U_a V _____ I_a A _____ U_m V _____ I_m A _____



Sivu 1/2

TUOTEINFO

Luettelo 1 / B 10 c

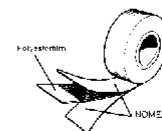
**ISONOM NMN 0881 ja ISONOM NMN8 0883 -ERISTEKALVOT**

Rakenne: NMN-kalvot valmistetaan polyesterikalvosta, joka on päällystetty molemmin puolin kalenteroidulla NOMEX® 410 -aramidipaperilla. Kalvoilla on korkea lämmönkesto ja hyvät sähköiset ja mekaaniset ominaisuudet, kuten veto- ja reunarepäisylujuus. NMN 0881:ssä aramidipaperin paksuus on 50µ ja NMN 0883:ssä 80µ. Polyesterikalvon paksuus vaihtelee kalvojen kokonaispaksuuden mukaan.

Käyttö: ISONOM NMN -eristekalvoja käytetään mm. sähkömoottoreiden ura- ja uransulkija-eristeenä alle 1000 V moottoreissa, sekä muuntajien kierros-, väli- ja pinta-eristeenä.

Lämpöluokka: 155°C ... 180°C

Väri: Luonnonvärinen

**Vakiorullat, likimääräiset painot ja leveydet:**

Paksuus / mm	0,15	0,20	0,22	0,24	0,30	0,36	0,42	0,48
NMN 0881 osavahvunnudet	50/36/50	50/75/50	50/100/50	50/125/50	50/190/50	50/250/50	20/300/50	50/350/50
Rullaleveys n. 450 mm								
m/rulla	200 m	200 m	200 m	200 m	100 m	100 m	100 m	100 m
n. kg/rulla	15 kg	19 kg	23 kg	26 kg	17 kg	22 kg	24 kg	27 kg
Rullaleveys n. 900 mm								
m/rulla	100 m	100 m	100 m	100 m	50 m	50 m	50 m	50 m
n. kg/rulla	15 kg	19 kg	23 kg	26 kg	17 kg	22 kg	24 kg	27 kg
Paksuus / mm	0,20	0,22	0,24	0,26	0,30	0,36	0,42	0,48
NMN8 0883 osavahvunnudet	80/36/80	80/50/80	80/75/80	80/100/80	80/125/80	80/190/80	80/250/80	80/350/80
Rullaleveys n. 450 mm								
m/rulla	100 m	100 m	100 m	100 m	100 m	100 m	100 m	100 m
n. kg/rulla	9 kg	10 kg	12 kg	13 kg	15 kg	19 kg	23 kg	26 kg
Rullaleveys n. 900 mm								
m/rulla	50 m	50 m	50 m	50 m	50 m	50 m	50 m	50 m
n. kg/rulla	9 kg	10 kg	12 kg	13 kg	15 kg	19 kg	23 kg	26 kg

UL-HYVÄKSYNTÄ: E208136**Leikkauspalvelu:**

Kalvot voidaan toimittaa myös määrämittäihin leikattuina 10 mm:stä ylöspäin. Minimitoimituserä on yksi vakiorulla/paksuus. Samasta rullasta voidaan leikata useita eri leveyksiä. Tehdastoimituksena voidaan toimittaa eri leveyksiä, aina 10 mm:stä 900 mm:iin saakka. Leveystoleranssi leikatuille materiaaleille on ± 0,10mm.

Emalikatku 2 B

FIN-04440 JÄRVENPÄÄ
Finland

2 009-11-23

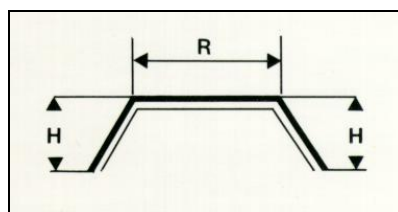
Puh. +358 (0)207 432 320
F ax. +358 (0)207 432 349www.stenbacka.fiinfo@stenbacka.fietunimi.sukunimi@stenbacka.fi

URANSULKIJAT

Uransulkijat valmistetaan automaattikoneella lämpömuovaamalla uraeristemateriaalinauha kuvan mukaiseen muotoon. Lämpömuovauksella saadaan hyvät reunataivutukset, jolloin kannen asettaminen uraan on helppoa.

Toimitamme valmiiksi taivutetut uransulkijakannet B-, F- ja H- lämpöluokan sähkömoottoreihin.

Kokonaisleveys H + R + H / mm	R / mm
10	3
12	3
14	3
16	4
18	5
20	5
22	7
24	8
26	9



TYYPPI	MYLAR		DMD		NMN		NOMEX	
Materiaali	polyesterikalvo		polyesterihuopa + polyesterikalvo + polyesterihuopa		Nomex + polyesterikalvo + Nomex		Nomex 410	
Lämpöluokka	B (130°)		F (155°)		F (155°)		H (180°)	
Mitat	leveys/ mm	paksuus/ mm	leveys/ mm	paksuus/ mm	leveys/ mm	paksuus/ mm	leveys/ mm	paksuus/ mm
	10	0,35	10	0,36	10	0,42	10	0,38
	12	0,35	12	0,36	12	0,42	12	0,38
	14	0,35	14	0,36	14	0,42	14	0,38
	16	0,35	16	0,36	16	0,42	16	0,38
	18	0,35	18	0,42	18	0,42	18	0,38
	20	0,35	20	0,42	20	0,42	20	0,38
	22	0,35	22	0,42	22	0,42	22	0,38
	24	0,35	24	0,42	24	0,42	24	0,38
26	0,35	26	0,42	26	0,42	26	0,38	
Pituus	1 m		1 m		1 m		1 m	
Pakkaus	100 kpl		100 kpl		100 kpl		100 kpl	

Emalikatku 2 B
FIN-04440 JÄRVENPÄÄ
info@stenbacka.fi
Finland

2017-11-22

Fax. +358 (0)207 432 349

www.stenbacka.fi
Puh.+358 (0)207 432 320
etunimi.sukunimi@stenbacka.fi

Test report

Flowplus Oy

Kotkan toimipiste

Marttilankatu 2

48600 Kotka

FLOWPLUS

Serialnumber Tester	14376 MotorAnalyzer 2
Serialnumber Test Object	Pumppu MIRANDAA
Total result	Pass
Test date	21 April 2017 08:34:00

Order data

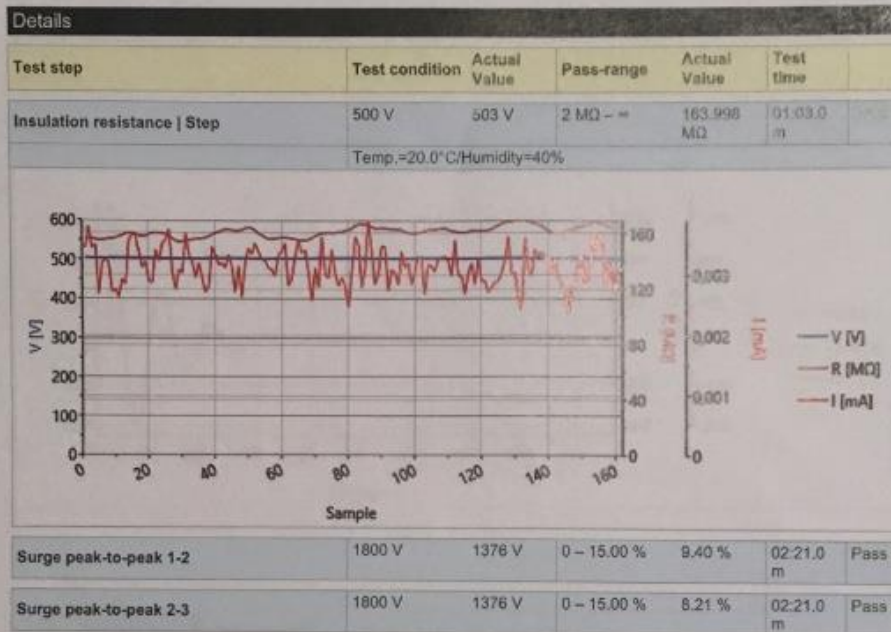
Job number/ID number	Pumppu MIRANDAA
Customer	Flowplus
Location	Kotka
Notes	

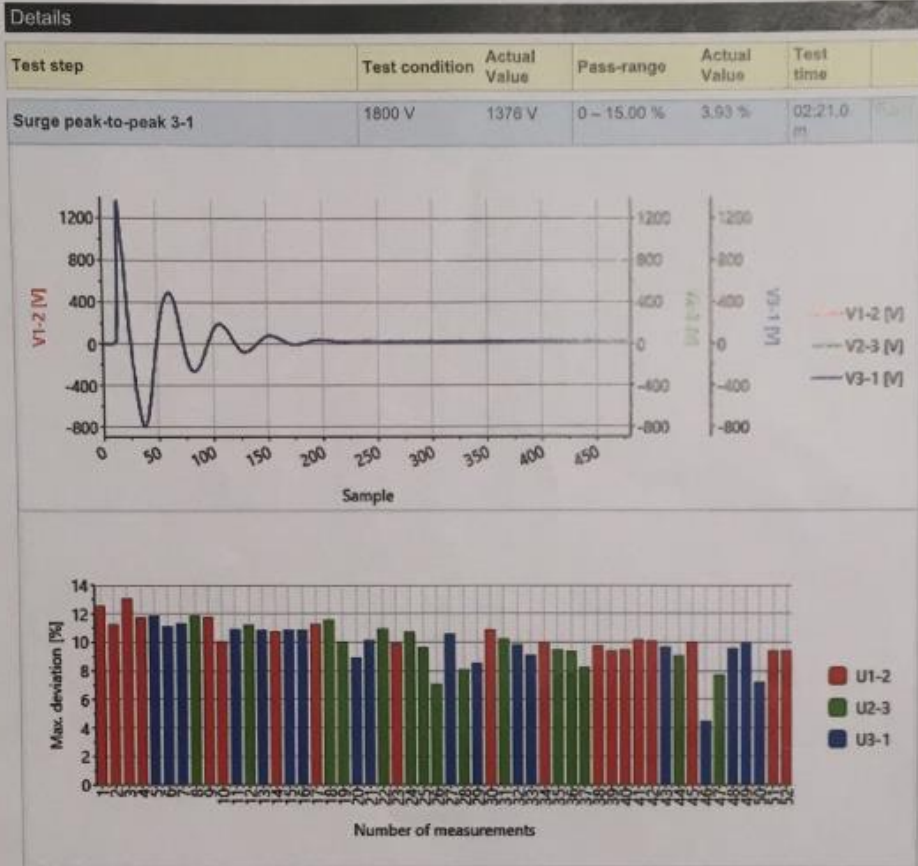
Summary


Resistance test 1-2	3.961 mΩ	Pass
Resistance test 3-1	3.873 mΩ	Pass
Resistance test 2-3	3.942 mΩ	Pass
Resistance test deviation	1.8 %	Pass
Insulation resistance Step	163.996 MΩ	Pass
Surge peak-to-peak 1-2	9.40 %	Pass
Surge peak-to-peak 2-3	8.21 %	Pass
Surge peak-to-peak 3-1	3.93 %	Pass

Details

Test step	Test condition	Actual Value	Pass-range	Actual Value	Test time	
Resistance test 1-2	20.0 °C	20.0 °C		3.961 mΩ	8.0 s	Pass
Resistance test 3-1	20.0 °C	20.0 °C		3.873 mΩ	8.0 s	Pass
Resistance test 2-3	20.0 °C	20.0 °C		3.942 mΩ	8.0 s	Pass
Resistance test deviation	20.0 °C	20.0 °C	0 - 10.0 %	1.8 %	8.0 s	Pass





		
PEREHDYTYSKAAVAKE		
Yritys:		Laatija:
Hyväksyjä		Hyv. pvm:

HENKILÖTIEDOT

Nimi:

Osoite:

Puhelinnumero:

Sähköposti:

Syntymäaika:

VOIMASSA OLEVAT KORTIT

Kortti	Voimassa	Kuittaus
Työturvallisuuskortti		
Hygieniapassi		
Tulityökortti		
Ensiapukortti		
Henkilökortti		
Muu		
Veronumero		

Koko yrityksen yhteiset:		Läpikäyty
	Työsopimus	
	Yhtiön yleisesittely	
	Johdon ja hallinnon esittely	
	Tunti-ilmoitukset ja niiden oikeaoppinen täyttö. Muut palkka-asiat.	
	Lomat, sairauspoissaolot, muut poissaolot ja niistä ilmoittaminen	
	Puhelimien ja tietokoneiden käyttö	
	Aloittoiminta	
	Työterveyshuolto	
	Tauot, tupakointi	
	Onnettomuus ja läheltä piti tilanteiden käsittely ja raportointi	
	Koulutukset	
	Matkustaminen	
	Ostotoiminta	
Esimiehen kanssa läpikäytävä	Toimintakäsikirja ja ohjeet	
	Lähimpien työtovereiden esittely	
	Materiaalivarastojen sijainti	
	Työvaatteet ja suojavausteet	
	Ruokailukäytännöt	
	Kaluston esittely ja käyttö	
	Asiakastöiden sijainti	
	Pelastussuunnitelman läpikäynti	
	Jätteiden lajittelu	
	Laitteiden esittely ja niihin liittyvät turvatoimet	
	Käyttöturvallisuustiedotteet	

Sitoudun toimimaan annettujen ohjeiden ja työturvallisuuslakien mukaan

Opastettavan allekirjoitus: _____

Opastajan allekirjoitus: _____

Henkilönumero / pvm: _____