



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Jukka Karsikas

Koestuspaikan suunnittelu tuotantoti- loihin

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkövoimatekniikka

Insinöörityö

24.2.2020

Tekijä Otsikko	Jukka Karsikas Koestuspaikan suunnittelu tuotantotiloihin
Sivumäärä Aika	31 sivua + 2 liitettä 24.02.2020
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine	Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	Lehtori Jukka Karppinen Sähkötöiden johtaja Janne Miettinen Työnjohtaja Mika Holanti
<p>Insinööriyössä suunniteltiin ilmalämmönvaihtimien testauspaikka Fincoil LU-VE Oy:lle. Lisäksi testaukseen liittyvät työohjeet päivitettiin liittyvien standardien ja uusien laitteistojen mukaisiksi. Tavoitteena oli ensisijaisesti parantaa työturvallisuutta pohtimalla nykyisten käytäntöjen standardinmukaisuutta ja mahdollisia epäkohtia testauksessa.</p> <p>Testauspaikkaa suunniteltaessa käytettiin apuna eurooppalaista standardia EN50191:2010 "Erection and operation of electrical test equipment", joka on hyväksytty kansalliseksi standardiksi kyseisenlaisen testauspaikan vaatimuksiin. Standardi käytiin läpi kohta kohdalta ja sovellettiin sitä työkohteeseen. Työohjeita laadittaessa käytettiin apuna standardia SFS 6002, joka määrittelee turvalliset työskentelykäytännöt.</p> <p>Työn aikana havaittiin useita puutteita nykyisissä käytännöissä. Näihin puutteisiin tartuttiin ja suunniteltiin valmis toteuttamiskelpoinen ratkaisu. Uusista laitteistoista ja johdotuksista laadittiin tasopiirustukset ja piirikaaviot Cads Planner -ohjelmalla. Työohjeita laadittaessa käytettiin pohjana yrityksen aikaisempaa työohjetta, jota päivitettiin ja lisättiin kohtia tarpeen mukaan.</p> <p>Tuloksena saatiin suunnitelma, joka myös aiotaan toteuttaa. Uusi testauspaikka parantaa merkittävästi sähkötyöturvallisuutta ja helpottaa alueen valvomista testauksen aikana. Työohjeet olivat myös melko vanhat, joten niiden päivittäminen tuli tarpeeseen.</p>	
Avainsanat	Ilmalämmönvaihdin, koekäyttö, radiaattori, testauslaboratorio

Author Title Number of Pages Date	Jukka Karsikas Planning a Testing Place for Production Facilities 31 pages + 2 appendices 24 February 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical and automation engineering
Professional Major	Electrical engineering
Instructors	Janne Miettinen, Electrical Jukka Karppinen, Senior Lecturer
<p>The purpose of this work was to plan electrical testing place for air heat exchangers. The work was commissioned by Fincoil LU-VE Oy. In addition the working instructions related to testing was updated. The target was primarily to improve electrical working safety by considering current practices and their compliance with the standard, and also possible problems in the testing.</p> <p>When planning the testing place, the European standard EN50191:2010 "Erection and operation of electrical test equipment" was used. This is accepted as national standard for similar testing places. The standard was checked point by point and was applied to the work area. When updating the working instructions, the standard SFS 6002, which defines the safe electrical practices, was used.</p> <p>During the work, many defects in the current practices were detected. In the plan, these defects were fixed and a viable solution was planned. Cads Planner -program was used to create level drawings and circuit diagrams of the new installations and wiring. When making the working instructions, the previous job description was used as a starting point. The previous description was updated and points were added as needed.</p> <p>The result is a plan that will be implemented. The new testing place will significantly improve occupational safety and facilitate monitoring of the area during testing. The work instructions were also quite old, so updating them was necessary.</p>	
Keywords	Air heat exchanger, electrical test, radiator, testing laboratory

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Nestejäähdyttimet	2
2.1	Nestejäähdyttimien toiminta	2
2.2	Ilmalämmönvaihtimet Fincoil LU-VE Oy:ssa	3
2.2.1	Alfa Solar -nestejäähdyttimet	3
2.2.2	Fincoil Solar Max -nestejäähdyttimet	7
2.2.3	FBL-nestejäähdyttimet	8
2.3	Tuotannon virtaus	10
3	Nykyiset käytännöt	11
3.1	Lähtökohdat	11
3.2	Koekäyttö nykytilanteessa	11
3.3	Standardien hyödyntäminen työssä	14
4	Uuden koekäyttöpaikan suunnittelu	14
4.1	Testauslaitteistojen vaatimukset	15
4.2	Työkalujen sijoittelu	16
4.3	Alueen rajaaminen ja merkitseminen	16
4.4	Pistorasioiden sijoittelu	18
4.5	Hätäkytkentälaitteet ja varoitusvalot	19
4.6	Lisättävät johdotukset	22
4.7	Yhteenveto	23
5	Sähkötyöturvallisuus	24
5.1	Turvallisuusmittaukset	25
5.2	Koekäyttöä suorittava henkilöstö	25
5.3	Henkilöstön vastuut	26
5.4	Henkilöstön koulutus	26
5.5	Koekäyttöohjeet tuotannolle	27

6	Johtopäätökset	29
	Lähteet	31
	Liitteet	
	Liite 1. Koekäyttöohjeet tuotannolle	
	Liite 2. Tarvittavat komponentit	

Lyhenteet

HVAC	Heating, Ventilation, and Air Conditioning. Teknologia, jonka tavoitteena on luoda edellytyksiä mukavaan ja hyvään sisäilmaan.
EC	Electronic Commutated. Hiiliharjaton tekniikka, jota käytetään mm. sähkömoottoreissa.
IEC	The International Electrotechnical Commission. Kansainvälinen kaikkeen sähkötekniikkaan ja elektroniikkaan keskittyvä standardeja luova komissio.
EMC	ElectroMagnetic Compatibility. Elektromagneettisten häiriöiden suodatus.
ATEX	ATmosphere EXplosive. Räjähdyksenvaarallisiin tiloihin liittyvien laitteiden vaatimukset.
FBL	Tuotekoodin alku, jossa F viittaa yritykseen Fincoil, B on tuotesarja ja L viittaa tuotteessa käytettävään nesteeseen (liuos).

1 Johdanto

Tämän insinööriyön tavoitteena on suunnitella koekäyttöpaikka ilmalämmönvaihtimien tuotannossa Fincoil LU-VE Oy:ssa sen yhteen tuotantosoluun. Lisäksi päivitetään koekäytön työohjeet uusia käytäntöjä vastaaviksi. Fincoil LU-VE Oy valmistaa Vantaalla suurikokoisia ilmalämmönvaihtimia teollisuuden tarpeisiin. Insinööriyön kohteena olevassa solussa suoritetaan lämmönvaihtimien loppukokoonpano ja lopputarkastukset, johon kuuluvat sähköturvallisuusmittaukset ja jokaisen puhaltimen koekäyttö yleensä taajuusmuuttajan avulla.

Insinööriyö voidaan jakaa kahteen osaan. Ensin keskitytään koekäyttöpaikan suunnitteluun hyödyntäen alan standardeja. Toisessa osassa keskitytään työohjeiden laatimiseen ja työturvallisuuden parantamiseen. Nykytilanteessa koekäytölle ei ole määritelty varsinaista kiinteää paikkaa, vaan se suoritetaan lopuksi työntekijän harkinnan mukaan. Tämä voi aiheuttaa vaaratilanteita, kun koekäyttöjohdot vedetään pitkiäkin matkoja pitkin lattiaa. Lisäksi alueen valvonta koekäytön aikana helpottuu huomattavasti, kun sille on määritelty selkeä hyvin merkitty alue.

Suunnittelussa alue rakennetaan kiinteästi sijoitetun taajuusmuuttajan ympärille, alue maalataan ja työkalujen ja pistorasioiden sijoittelu mietitään uudelleen. Lisäksi hankitaan tarkoitukseen sopivia siirrettäviä varoituskylttejä ja alueen aitaamiseen sopivia sulkunauhoja.

Fincoil LU-VE Oy valmistaa Vantaalla ilmalämmönsiirtimiä kaupalliseen jäähdytykseen, LVI-ratkaisuihin ja teolliseen jäähdytykseen. Yritys on alalla yksi Euroopan suurimmista. Vantaan toimipisteellä on n. 130 työntekijää ja liikevaihto on noin 40 miljoonaa euroa. Yritys on osa italialaista LU-VE Groupia, joka on alalla maailman kolmanneksi suurin [1].

Vantaalla sijaitsevan Fincoil LU-VE Oy:n historia alkaa vuodesta 1956, jolloin Aulis Pakula perusti yrityksen nimellä Pakula & CO. Yritys valmisti alkuun HILE-pattereita. Puolimatka osti yrityksen Pakulalta vuonna 1975, jolloin yhtiön nimeksi tuli Fincoil-teollisuus. Tällöin myös nykyinen Vantaan tehdas rakennettiin Ansatielle. Ansatiellä on sekä ilmalämmönvaihtimien tuotanto että tuotekehitys [2].

Carrier, joka on yksi maailman suurimmista jäähdytysalan konserneista, osti vuonna 1996 Fincoil-teollisuuden. Carrier myi vuonna 2007 yrityksen ruotsalaiselle Alfa Lavalille, joka on suuri toimija lämpö-, erotus-, ja virtaustekniikassa [2]. Vuonna 2019 LU-VE group osti yrityksen, jolloin sen nimeksi tuli nykyinen Fincoil LU-VE Oy. Fincoil-tuotenimi on säilynyt läpi yrityksen historian sen tuotteissa.

2 Nestejäähdyttimet

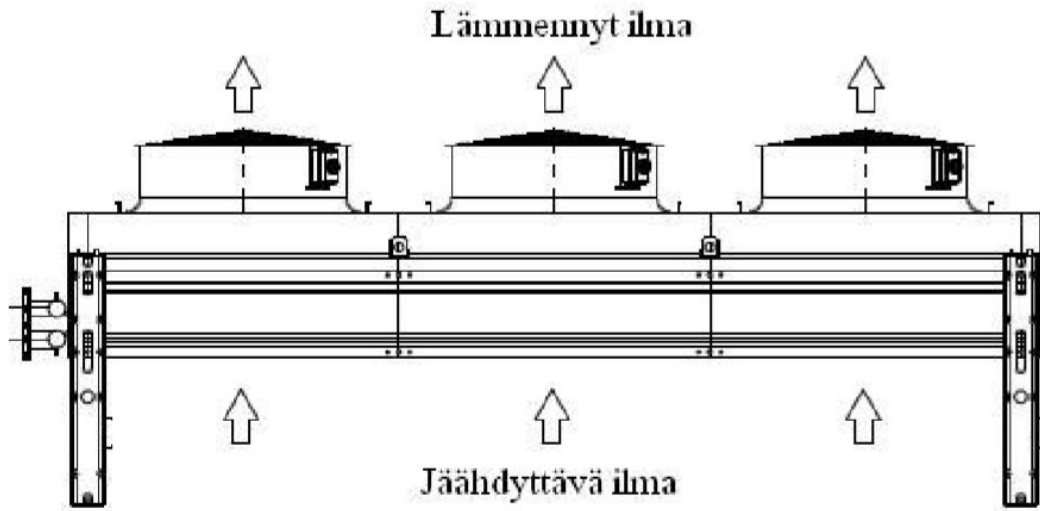
2.1 Nestejäähdyttimien toiminta

Fincoil LU-VE Oy:ssa valmistetaan ilmajäähdytteisiä nestejäähdyttimiä teollisuuden tarpeisiin. Käyttökohteita ovat esimerkiksi voimalaitosprosessien jäähdytys, ilmastointi ja kaupan kylmä. Jäähdyttimet valmistetaan lamellilevytekniikalla, jossa jäähdytinelementtinä toimivat useimmiten alumiinista valmistetut ohuet rei'itetyt levyt, joiden läpi kulkevat kupariputket. Näistä muodostuu laitteen lohko (kuva 1). Neste kulkee kupariputkissa laitteen sisällä.



Kuva 1. Lohkon rakenne.

Laitteisiin kiinnitettävät puhaltimet imevät ilmaa lohkon läpi, jolloin neste luovuttaa lämpöenergiaa ilmalle (kuva 2).



Kuva 2. Nestejäähdyttimen toiminta.

2.2 Ilmalämmönvaihtimet Fincoil LU-VE Oy:ssa

Fincoil LU-VE Oy:ssa valmistetaan usean tyyppisiä ilmalämmönvaihtimia pienemmistä laivapattereista suuriin teollisissa prosesseissa käytettäviin jäähdyttimiin ja lauhduttimiin. Tässä opinnäytetyössä keskitytään suurempiin ilmajäähdytteisiin nestejäähdyttimiin, joita valmistetaan opinnäytetyön kohteena olevassa solussa.

2.2.1 Alfa Solar -nestejäähdyttimet

Alfa Solar -tuotevalikoimasta löytyy laaja valikoima haastaviin ulko-olosuhteisiin sopivia laitteita. Ne ovat sopivia kaikkeen HVAC:hen ja teollisen jäähdytyksen sovelluksiin. Tuotteet ovat hyvin räätälöitävissä asiakkaan toiveiden mukaan. Peruskokoonpanoon kuuluu lohko puhallinpaketteineen. Optiona asiakas voi valita laitteeseen ohjauskeskuksen, johon kuuluvat sähkökytkennät ja johdotukset puhaltimilta laitteen päähän sijoitettavaan keskuksen/riviliitinkoteloon asti. Keskuksen voidaan sijoittaa moottorien ohjaukseen käytettäviä komponentteja esim. johdonsuojakatkaisijoineen, ohjauspiireineen sekä hälytys- ja tilatietokomponentteineen. Keskuksen yhteyteen voidaan liittää myös taajuusmuuttaja, joka on etenkin suuremmilla sähkötehoilla järkevä ja energiaa säästävä vaihtoehto. Asiakkaan valitseman kokonaisuuden perusteella syntyy tuotteelle oma koodi,

joka on luettavissa jokaiseen laitteeseen kiinnitettävästä laitekilvestä (Kuva 3). Tuotevalikoima voidaan jaotella kolmeen eri laitetyyppiin. Solar-mallien pituudet vaihtelevat noin kahdesta metristä kolmeentoista metriin ja puhaltimia voi olla 1-14. [3.]

Code description

SR	D	6	B	09	T	N5	D	42	H	GS	P	B	-	AL	2.3	CU	132	1	x	DN65	+	66	1	x	DN80	ET
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		14	15	16	17	18		19		20	21		22	23

1 Alfa Laval Solar customized radiator
 2 Unit width (M=narrow, D=wide)
 3 No. of modules
 4 Module length (A=1400 mm, B=1800 mm, C= 2100 mm)
 5 Fan diameter (09=910 mm, 12=1240 mm)
 6 Fan speed & type (IEC / EC: T/TE = 950/1000, S/SE = 720/781, L/LE = 560/612, Q/QE = 470/511, -/RE = -/364)
 7 Power supply (N5 = 3/380-420/50 Hz, N6 = 3/440-480/60, N7 = 3/230/50, N8 = 3/690/50, NE = Special)
 8 Fan motor connection (D=delta, Y=star)
 9 Tube rows in air direction (LT=circuit HT=circuit)
 10 Air flow (H=vertical, V=horizontal)
 11 Casing material/coating (GS=unpainted, GPU=MU, GP1=M1, GP2=M2, GP3=M3)
 12 Packaging (P=Pallet, PP=P+protection frame on top,
 PH= PP+hard board, PT=PH+tarpaulin, CN=Container, WB=wooden box)
 13 Options (electrical/fan)
 14 Fin Material (AL = standard Al, IF = industrial Al, Ep = precoated epoxy Al, CU = copper, SWR = AlMg2.5)
 15 Fin spacing (mm)
 16 Tube material (CU = copper, CT = Copper with internal turbulators)
 17 No. of LT circuits
 18 Number of connections (1 = one inlet/outlet, 2 = two inlets/outlets)
 19 LT connection size (e.g. DN65 or AN2.5* for ANSI dimensions)
 20 Number of HT circuits (if 2-circuit application)
 21 Number of HT connections (1 = one in/out, 2 = two in/out)
 22 HT connection size (e.g. DN80 or AN3* for ANSI dimensions)
 23 Options (mechanical)

Kuva 3. Alfa Solar -tuotekoodi [5].

Alfa Solar S -mallit (Kuva 4) sopivat pienemmille tehoille ja olosuhteisiin, jotka vaativat pienempiä äänitasoja. Ne ovat muita Solar-malleja hieman kevytrakenteisempia. Puhaltimet toimivat korkean hyötysuhteen EC-moottoreilla, joita ohjataan Modbus-väylän avulla. Puhaltimien halkaisija on 914 mm. Yksittäisen puhaltimen sähköteho on enimmäkseen 2,88 kW. Peruskonstruktioon kuuluu lohko ja puhaltimet, mutta usein asiakas valitsee laitteeseen ainakin johdonsuoja-automaattikeskuksen, johon kuuluvat johdonsuojat jokaiselle puhaltimelle, tilatietojohdotukset moottoreilta keskuksen riviliittimelle, väyläjohdotukset keskuksen ja puhaltimien esiohjelmointi. Muita optioita laitteelle on epoksi-pinnoitetut lamellit, tärinänvaimentimet, vesisuutinputkisto jäähdytyksen tehostamiseen, milliampeeriohjaus puhaltimille ja anturiohjaus puhallinnopeuden automaattiseen säätämiseen, jossa lämpötila-anturi antaa signaalin puhaltimille jäähdytystä varten [4].



Kuva 4. Alfa Solar S [4].

Alfa Solar SR -mallit (kuva 5) on varioitavissa monenlaisiin olosuhteisiin ja vaatimuksiin erityisesti raskaan teollisuuden jäähdytyssovelluksiin prosessien erilaisille nesteille. Laitteet suunnitellaan asiakkaan toiveiden mukaan. Lohkorakenne voi olla yksi tai kaksipiirinen, jossa eri lämpötilaisille nesteille on omat piirit. Runko on raskasrakenteisempi ja hieman S-mallia suurempi. Ne myös sopivat paremmin haastavampiin olosuhteisiin. Peruskokoonpanoon kuuluvat alumiinilamellit 2,3 mm:n jaolla sekä puhaltiminen johdotukset moottorilta puhallinkohtaiselle huoltokytkimelle. [5.]



Kuva 5. Alfa Solar SR.

SR-malleihin on valittavissa joko EC-moottoreilla toimivat puhaltimet tai IEC-standardin mukaiset oikosulkumoottorit. IEC-moottoreilla toimivat puhaltimet voivat olla halkaisijaltaan joko 914 mm tai 1240 mm. Moottoreilla on F-luokan eristys ja IP55-luokitus ja kaikki puhaltimien osat ovat korroosiosuojattuja. IEC-puhaltimet sopivat käytettäviksi

taajuusmuuttajien kanssa. Tällöin täytyy huolehtia EMC-häiriösuojauksesta harmonisten yliaaltojen suodatuksineen. [5.]

Asiakas voi valita mieleisensä optiot suuresta määrästä erilaisia vaihtoehtoja. Näitä ovat korroosiosuojaukset lamelleille, kuten epoksinnoitus tai lamellimateriaalin muuttaminen kupariksi tai merialumiiniksi. Lamellijakoa voidaan muuttaa maksimissaan 4 mm:iin asti. Laitteeseen voidaan asentaa vesisuutinputkisto, jaloille tärinävaimentimet, joustavat yhteydet, laippa ANSI-mitoituksin, pidemmät jalat, paisuntasäiliö ja ulkonäkö- tai suoja-maalaukset laitteeseen. Puhallinmoottoreille on valittavissa ylikuumentumisen varalta Kli-xon-katkaisijat, ja ne voidaan varustaa lämmittimillä kondensaation estämiseksi. Niihin voi myös valita korkeamman H-eristysluokan. EMC-kaapelit holkkeineen ja huoltokytkimineen kannattaa valita, jos puhaltimia käytetään taajuusmuuttajan kautta. Laitteet voidaan myös valmistaa arktisten olosuhteiden vaatimusten mukaisiksi [5].

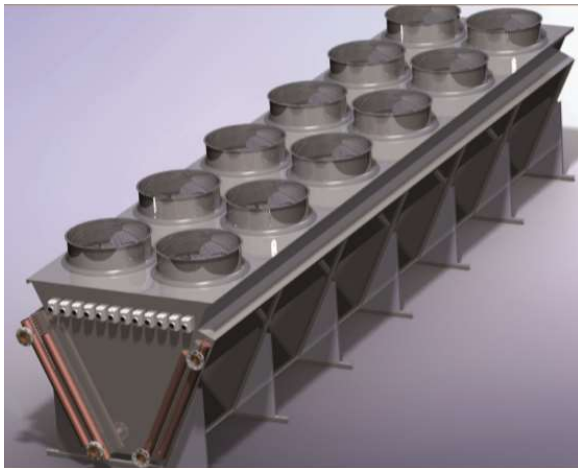
Solar SE -mallit (kuva 6) on suunniteltu räjähdysvaarallisiin tiloihin ja ne suunnitellaan EX-vaatimusten mukaisiksi. Yrityksellä on ATEX-sertifiointi koko laitekokonaisuudelle. Tällöin kaikki osat ja moottorit on suojattu kipinöintiä vastaan. Käyttöasento on EX-laitteissa ylösalaisin verrattuna muihin Solar-tuotteisiin. [3;5.]



Kuva 6. Alfa Solar SE

2.2.2 Fincoil Solar Max -nestejäähdyttimet

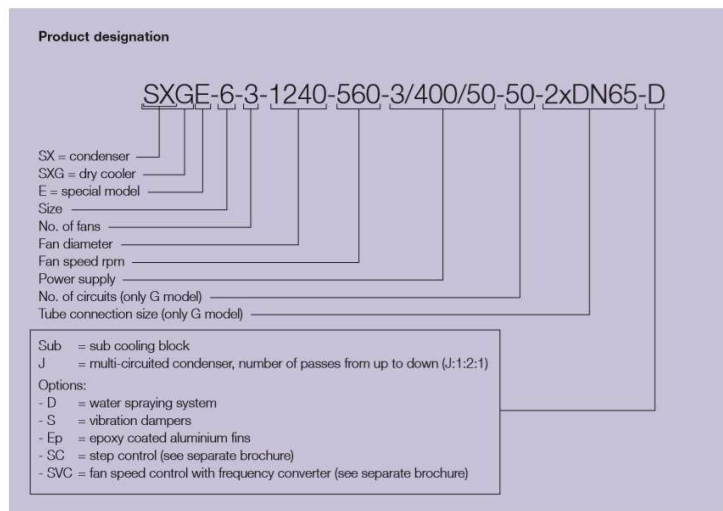
Solar Max (kuva 7) -nestejäähdyttimet ja lauhduttimet on suunniteltu muiden mallien tavoin kaupalliseen ja teollisuuden jäähdytyksen tarpeisiin. Lohkot ovat v-muodossa, joten ne soveltuvat erinomaisesti tarpeisiin, jossa tilaa halutaan säästää. Ne tarjoavat suuren jäähdytystehon suhteessa siihen, kuinka paljon lattiapinta-alaa kuluu [6].



Kuva 7. Fincoil Solar Max [6].

Solar Max-malleja löytyy kolmea eri kokoa kahdella eri puhallinkoolla (914 mm ja 1240 mm). Pienemmillä puhaltimilla varustetut ovat hieman korkeampia ja soveltuvat olosuhteisiin, joissa vaaditaan pienempiä äänitasoja. Uusimpana mallina on tarjolla EC-puhaltimilla varustetut mallit, joissa on saatu yhä enemmän jäähdytettävää pinta-alaa suhteessa tilantarpeeseen.

Optioita Solar Max -malleihin saa valittua kuten Alfa Solarin malleihinkin (kuva 7).



Kuva 7. Fincoil Solar Max-tuotekoodi [6].

2.2.3 FBL-nestejäähdyttimet

FBL-nestejäähdyttimet (kuva 8) ovat ilmajäähdytteisiä ilmalämmönvaihtimia, joita voidaan käyttää veden tai synteettisten öljyjen jäähdyttämiseen. Ne on suunniteltu erityisesti voimalaitoksiin sekä massa- ja paperitehtaisiin. Rakenteeltaan ne ovat suurempia ja raskastekoisempia kuin Solar-mallit. Lohkoissa käytetään samaa alumiinista tai kuparista lamellirakennetta kupariputkineen. Kuten Solareissa, kupariputket laajennetaan lamelleja vasten, jolloin ne sovittuvat paikalleen tiukasti ja parantavat myös jäähdytystehoa [7].



Kuva 8. FBL-nestejäähdytin [7].

Puhaltimia on kahta leveyttä: 1,2-metrisiä (kuvassa) ja suurempi 1,8-metrinen. Peruspakettiin kuuluu IEC-standardin mukaiset moottorit, mutta myös muunlaiset projektikohtaiset moottorit ovat mahdollisia [7].

Puhaltimia voidaan ohjata taajuusmuuttajalla tarkan jäähdytystehon aikaansaamiseksi tai erillisellä step control -paneelilla, jossa voidaan kulloisenkin jäähdytystarpeen mukaan sammuttaa osa tai kaikki moottorit. Laitteet voidaan myös varustaa moottorinsuojakytkinkeskuksella [7].

Laitteen vakiokokoonpanoon kuuluvat lyhyet lattajalat, joiden päälle voidaan asentaa pitemmät jalat. Myös kaiteet voidaan toimittaa laitteen mukana varsinkin turvallisia huolto-toimenpiteitä varten (kuva 9).



Kuva 9. Tyypillinen FBL-jäähdyttimen kokoonpano metallikehikoineen ja kaiteineen [7].

2.3 Tuotannon virtaus

Insinööriyön kohteena olevassa solussa valmistetaan kaikkia edellä mainittuja ilmalämmönvaihdintyyppejä. Tuotannon alkupäässä valmistetaan lamellit koneellisesti hydraulisesti toimivan prässin avulla lamellinauhasta. Prässissä on erikokoisia työkaluja eri lamellikokoihin ja eri lamellileveyksiin.

Prässiltä lamelliniput kootaan lavoihin, joista ne siirretään lohkonvalmistukseen. Lohkonvalmistuksessa niput nostetaan lamellipäätyineen lohkopöydälle. Tässä vaiheessa lohkon työnnetään kupariputket ja kiinnitetään lohkon sivupellit. Lopuksi kupariputket laajennetaan, jolloin ne soveltuvat tiukasti lamelleja ja lohkon päätylevyjä vasten.

Kun lohko on valmis, se siirretään kokoonpanoon, jossa laitteen lopullinen valmistus tapahtuu. Kokoonpano voidaan jakaa kahteen osaan, jossa ensin laitteeseen juotetaan kupariset jakoputket kaarineen ja kiinnitetään ylemmät kammiopäädtyt ja sivulevyt. Tämän jälkeen laite koeponnistetaan koeponnistusaltaassa vuotojen havaitsemiseksi. Lopukokoonpanossa laitteeseen kiinnitetään kansilevyt. Kansilevyjen varaan lasketaan

puhallinpaketit, jotka on koottu erillisessä tuotanto-osastossa. Tämän jälkeen tehdään mahdolliset sähkötyöt keskuksen asennuksineen, kaapelin vetoineen ja kytkentöineen. Ennen laitteen koekäyttöä tehdään ainakin suojajohtimien jatkuvuusmittaukset ja eristysresistanssien mittaukset. Koekäyttö suoritetaan joko taajuusmuuttajan avulla, koekäyttövaunulla tai suoralla sähköllä 400 V:n pistokkeesta.

Lopuksi laite siirretään pakkaamoon, jossa se pakataan projektikohtaisten vaatimusten mukaan.

3 Nykyiset käytännöt

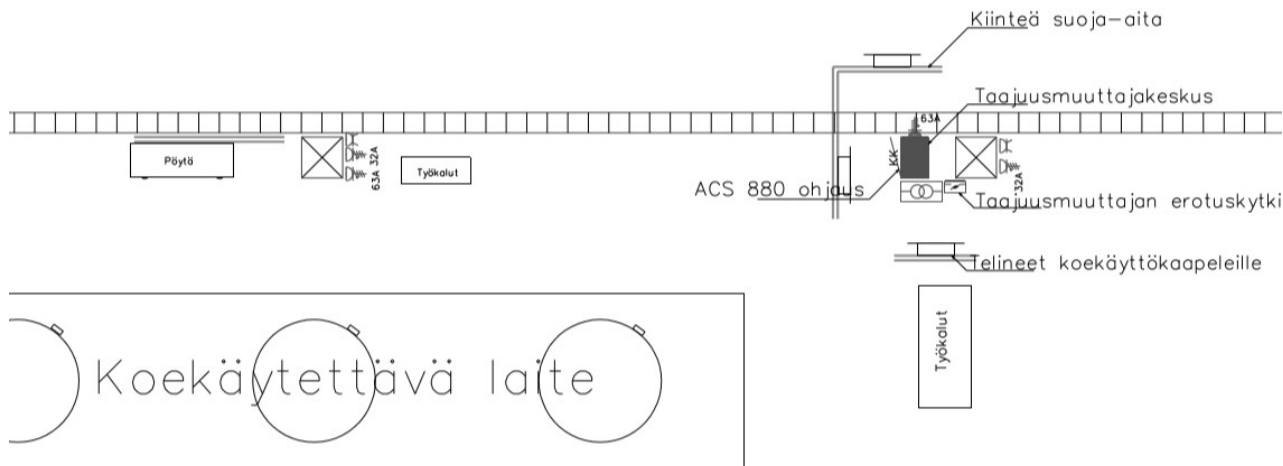
Työn tavoitteena on suunnitella tuotantosoluun eli halliin 3 uusi koekäyttöpaikka hyödyntäen alan standardeja ja laatia sekä päivittää työohjeet tuotannolle koekäyttöä varten kaikille keskustyypeille ja yksittäisille moottoreille. Samaa suunnitelmaa voidaan hyödyntää myös viereisen hallin 2 koekäyttöpaikan suunnittelussa.

3.1 Lähtökohdat

Kaikki valmistettavat laitteet, joihin tulee puhaltimet, koekäytetään tehtaalla. Tämä tarkoittaa, että puhaltimiin kytketään asiakkaan sähköverkkoa ja laitteen tulevaa käyttöä vastaava jännite. Laitteita menee ympäri maailmaa erilaisiin kohteisiin, joten myös käytettävä jännite ja taajuus muuttuvat.

3.2 Koekäyttö nykytilanteessa

Nykytilanteessa koekäyttöön ei ole määritelty varsinaista kiinteää paikkaa, vaan laitteet käytetään loppukokoonpanossa työntekijöiden itse kulloiseenkin tilanteeseen harkitsemalla paikalla koekäyttölaitteistojen läheisyydessä (kuva 10). Esimerkiksi aitaukset ja hätäseis-painikkeet puuttuvat.



Kuva 10. Koekäyttölaitteistot ennen suunnittelua.

Tähän on olemassa ohjeistus, jossa muun muassa veloitetaan aitaamaan alue koekäytön ajaksi. Tämä on koettu melko vaivalloiseksi toteuttaa nykytilanteessa. Koekäyttö tapahtuu kiinteästi asennetun taajuusmuuttajan avulla, koekäyttövaunulla tai suoraan seinästä kaapelin avulla (kuva 11). Koekäyttökaapeleja vedetään joskus pitkiäkin matkoja pitkin lattiaa, joka lisää aina vaaraelementtejä. Koekäyttökaapeleiden vedonpoistona koekäyttötilanteessa on käytetty yleensä nippusidettä. Puhaltimien tehot vaihtelevat, joten niiden ottama virta myös vaihtelee paljon. Tämä aiheuttaa haasteen ylivirtasuojan toimivuudelle vikatilanteessa, kun sähkö otetaan suoraan seinästä tai taajuusmuuttajasta. Koekäyttövaunussa ja jos laite koekäytetään sen oman keskuksen kautta, on moottoreille yleensä omat johdonsuojakatkaisijat.



Kuva 11. Erilaiset koekäyttötavat.

Ohjeita noudatetaan välillä hyvin ja välillä huonommin. Turvallisuuden takaamiseksi olisi kuitenkin tärkeää, että aina toimittaisiin mahdollisimman turvallisesti noudattaen ohjeita. Uuden koekäyttöpaikan suunnittelussa on tavoitteena luoda olosuhteet, joissa ohjeita on helppo noudattaa.

3.3 Standardien hyödyntäminen työssä

Standardeissa määritellään tiettyjä asioita vastaaviin testauksiin ja vaadittavista laitteistoista. Eurooppalainen standardi EN50191:2010 ”Erection and operation of electrical test equipment” määrittelee sähköisten testauslaitteistojen asennusta ja käyttöä, ja se on vahvistettu suomalaiseksi kansalliseksi standardiksi ja soveltuu siten erinomaisesti tämän työn toteuttamisen avuksi.

Työohjeita laadittaessa sovelletaan myös standardia SFS 6002 Työturvallisuus turvallisen toiminnan takaamiseksi.

Opinnäytetyössä käydään läpi kaikki koekäytössä vaadittavat laitteistot ja niiden vaatimukset standardista kohta kohdalta. Kaikki puutteet tulevat tätä kautta hyvin ilmi, ja ne korjataan suunnittelussa, jotta saadaan standardinmukainen koekäyttöpaikka rakennettua.

4 Uuden koekäyttöpaikan suunnittelu

Uusi koekäyttöpaikka suunnitellaan kiinteästi sijoitetun taajuusmuuttajan ympärille. Koekäytölle varataan oma alue maalaamalla lattia koko koekäyttöalueen alalta sopivalla värillä. Tämä selkeyttää tuotannon toimintamalleja, kun tietyt työvaiheet tehdään samassa paikassa. Lisäksi työturvallisuus paranee ja koekäyttö on helpompi toteuttaa työohjeiden ja standardien mukaisesti. Alue myös siivotaan kaikesta ylimääräisestä tavarasta.

Nykyisessä toimintamallissa havaittiin myös muutamia puutteita ja tarvittavat muutokset toteutetaan suunnittelun yhteydessä. Hätäseis-painikkeita ei ole nykyisellään taajuusmuuttajan eikä voimavirtapistorasioiden yhteydessä. Tämä olisi hyvä toteuttaa hätäseis-painikkeilla, jotka katkaisevat jännitteen kaikista koekäyttöön tarkoitetuista piireistä. Painikkeet myös sijoitetaan näkyvälle paikalle. Laitteiden sähkönsyöttö tapahtuu yleensä samasta päädyistä, joten kaikki pistorasiat olisi tarkoitus sijoitella samaan paikkaan lähelle toisiaan.

Testauspaikka on mahdollista suunnitella standardin EN50191:2010 mukaan kolmella eri tavalla: testauspaikkana, tilapäisenä testauslaitteistona ja vielä erikseen on vaatimukset testauslaboratioille ja tutkimuslaitoksille. Kyseisessä työkohteessa sovelletaan testauslaboratorioiden ja tutkimuslaitosten vaatimuksia [8, s.11].

4.1 Testauslaitteistojen vaatimukset

Koekäytössä käytettävät laitteistot täytyy rakentaa suojauksella koskettamiselta jännitteisten osien eristämällä tai muilla sopivilla tavoilla. Näitä tapoja on turvaetäisyydet, kannet, koteloinnit, puomit ja kahden käden käyttöä vaativat testauslaitteet [8, s.8].

Insinööriyön kohteena olevassa tapauksessa käytännöllisintä on käyttää turvaetäisyyksiä ja mahdollisesti koteloiteja. Kahden käden käyttöä vaativat ohjaimet eivät tule kyseeseen, sillä ne tekisivät koekäytön ja vaadittavien arvojen mittaamisen liki mahdottomaksi.

Vikasuojaus täytyy toteuttaa standardin HD 60364-4-42 kohdan 411.3 mukaisesti. Tämä on toteutettu sulakkein ja johdonsuojakatkaisijoin.

Testausrakennelma on oltava toteutettu niin, että jännitteen siirtyminen muihin johtaviin osiin on estetty. Tämä toteutetaan käytännössä niin, että testattavan laitteen jalkojen alle laitetaan koekäytön ajaksi eristävä kumimatto. Koekäytössä käytettävät pöydät myös päällystetään kumieristeellä (kuva 12). [8, s. 9.]



Kuva 12. Koekäytössä käytettävä pöytä.

Myös ensiapuhjeita antavia tauluja on sijoitettava SFS 6002 sähköturvallisuustandardin mukaan sähkölaboratoriotiloihin [10, s.53].

4.2 Työkalujen sijoittelu

Koekäytölle ja sähkötoille tarkoitetut työkalut sijaitsevat nykyisellään vetolaatikoissa suunnitellun koekäyttöalueen laidalla. Paikka on hyvä, eikä sitä ole tarvetta muuttaa. Työkaluja varten teetetään kuitenkin uusi avoin työkalukärry, josta työkalut on helppo ottaa käyttöön ja ne pysyvät järjestyksessä. Kärry teetetään yhtiön sisällä metallilevyjen työstöosastolla.

4.3 Alueen rajaaminen ja merkitseminen

Vaatuksina alueen rajaamiselle on, että sen on oltava erotettu muista työskentelyalueista ja kulkuteistä. Muiden kuin testaus henkilöiden pääsy ja ulottuminen alueelle on es-tettävä aitauksin. Aitausten on myös oltava sijoitettu niin, että ulkopuolella olevat henkilöt eivät ulotu testauslaitteistojen käyttölaitteisiin. Näihin on määritelty tarkat mitat. [8, s. 9.]

Käytännössä tämän alueen vaarakohta on koekäytön aikana testattavan laitteen huolto-
kytkin tai keskus, joihin koekäyttökaapeli kytketään. Tällöin vaarakohta on laitteen huol-
tokytkimillä käytännössä 1500-2200 mm korkeudella lattiasta. Aitauksen korkeuden ol-
lessa 1000 mm, koekäytettävän laitteen täytyy olla 1300 mm:n etäisyydellä aidasta. Lait-
teen keskuksen kautta koekäytettäessä vaarakohta voi olla 600 mm korkeudella latti-
asta, jolloin aidan täytyy olla 1200 mm:n etäisyydellä vaarakohdasta. [8, s. 18.]

Aitaukset voidaan toteuttaa seinämillä, verkkoaidoilla köysillä, ketjuilla tai puomeilla.
Tässä tapauksessa, kun jännitteet ovat aina alle 1000 V, voidaan käyttää köysiä, ketjuja
tai puomeja, jotka on kiinnitetty 1000-1400 mm:n korkeudelle lattiasta. Tässä kohteessa
ne on käytännöllisintä ja järkevintä toteuttaa köysi-tyyppisellä ratkaisulla eli käytännössä
siirrettävillä sulkupylväillä, joissa ovat valmiina lippusiimat (kuva 13). Lippusiima saa roik-
kia korkeintaan 800 mm:n etäisyydellä lattiasta. Sulkupylväät on helppo purkaa, kun
alueella ei suoriteta koekäyttöä. Vaatimus, että käyttäjän on oltava koko ajan nähtävillä
alueen ulkopuolelta, täytyy myös. Tälle alueelle niitä tarvitaan 14 kpl. [8, s. 11, 18.]



Kuva 13. Alueen rajaamiseen sopiva sulkupylväs.

Alue on myös tarkoitus maalata koko alalta sopivalla huomiovärillä. Tämä selkeyttää alueen aitaamista koekäytön ajaksi.

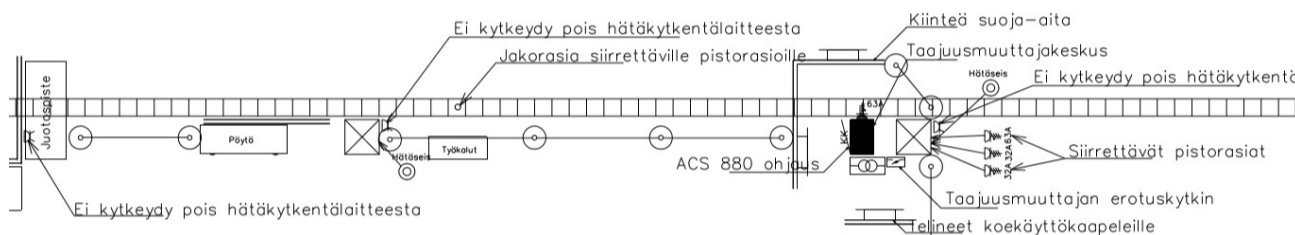
Alueelle hankitaan myös riittävä määrä siirrettäviä varoituskylttejä (kuva 14). Myös ”Pääsy ilman lupaa kielletty” -kyltti vaaditaan alueen sisäänkäynnin kohdalle [8, s.11].



Kuva 14. Esimerkki varoituskilvestä [9].

4.4 Pistorasioiden sijoittelu

Kaikki koekäytössä käytettävät pistorasiat siirretään samaan paikkaan sujuvuuden varmistamiseksi (kuva 15). Siirrettäviä pistorasioita on kaksi: 32 A:n ja 63 A: pistorasiat. Ne siirretään samalle tolपालle taajuusmuuttajan kanssa. Alueella on useita pistorasioita, jotka eivät kytkeydy pois hätäkatkaisijasta. Nämä tullaan merkitsemään.

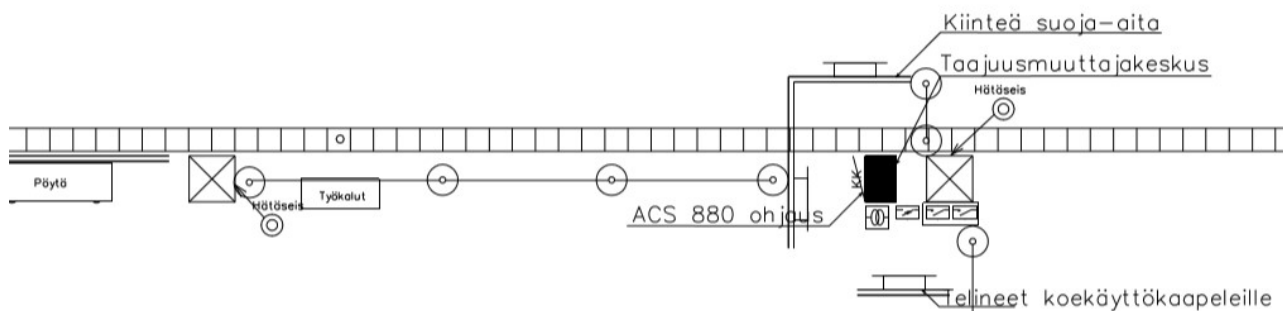


Kuva 15. Pistorasioiden sijoittelu. Pistorasiat, jotka eivät kytkeydy pois hätäkytkentälaitteistosta täytyy merkitä.

4.5 Hätäkytkentälaitteet ja varoitusvalot

Testauslaitteistossa täytyy olla hätäkytkentälaitteita, joilla voidaan katkaista kaikki vaara aiheuttava sähköenergia. Hätäkytkentälaitteiden täytyy olla EN ISO 13850:2008 vaatimusten mukaisia. Alueen laajuudesta ja laitteiston monimutkaisuudesta riippuen täytyy olla riittävästi käsikäyttöisiä ohjaimia. Kaikki pistorasiat testausalueen sisäpuolella, jotka eivät kytkeydy pois hätäkytkentälaitteilla, on myös merkittävä selvästi. [8, s. 9.]

Käytännössä tässä kohteessa, kun testaus tapahtuu taajuusmuuttajan kautta, hätäkytkentälaitteet tulee sijoittaa taajuusmuuttajan testausjännitettä syöttävään päähän myös varastoituneen jännitteen katkaisemiseksi. Hätäkytkimiä lisätään yhteensä kaksi: yksi alueen sisäpuolelle ja toinen alueen ulkopuolelle tolppaan (kuva 16). Huomioitavaa myös on, että hätäseis-kytkimien edustat täytyy pitää vapaana ylimääräisestä tavarasta, että ne ovat aina valmiina käytettäväksi. Tätä varten lattia maalataan kytkimien edustalta ja lisätään kieltotekstit.

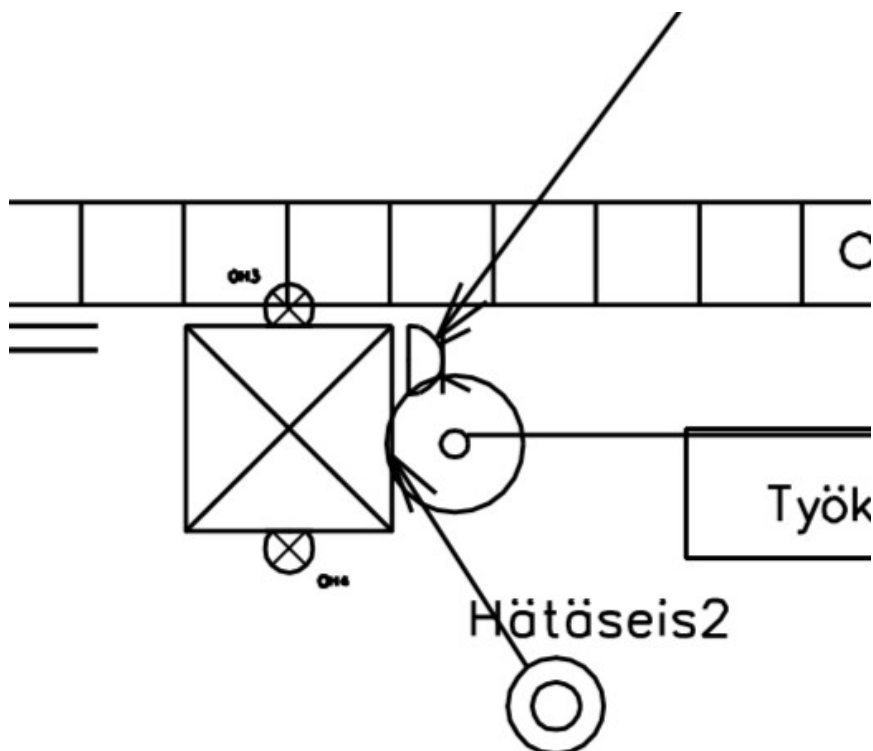


Kuva 16. Hätäseis-kytkimien sijoittelu.

Testauslaitteistossa täytyy myös olla esimerkiksi merkkivaloilla toteutettu toimintatilanteen ilmaisin. Tämä on hyvä olla erityisesti testaushenkilöstöä varten. Lisäksi tulee olla käyttötilanteen ilmoittava varoitusvalo, joka ilmaisee erityisesti ulkopuolella oleville henkilöille mahdollisen vaaran. Testausalue on myös merkittävä selkeästi näkyvillä varoituskilvillä. [8, s. 9.]

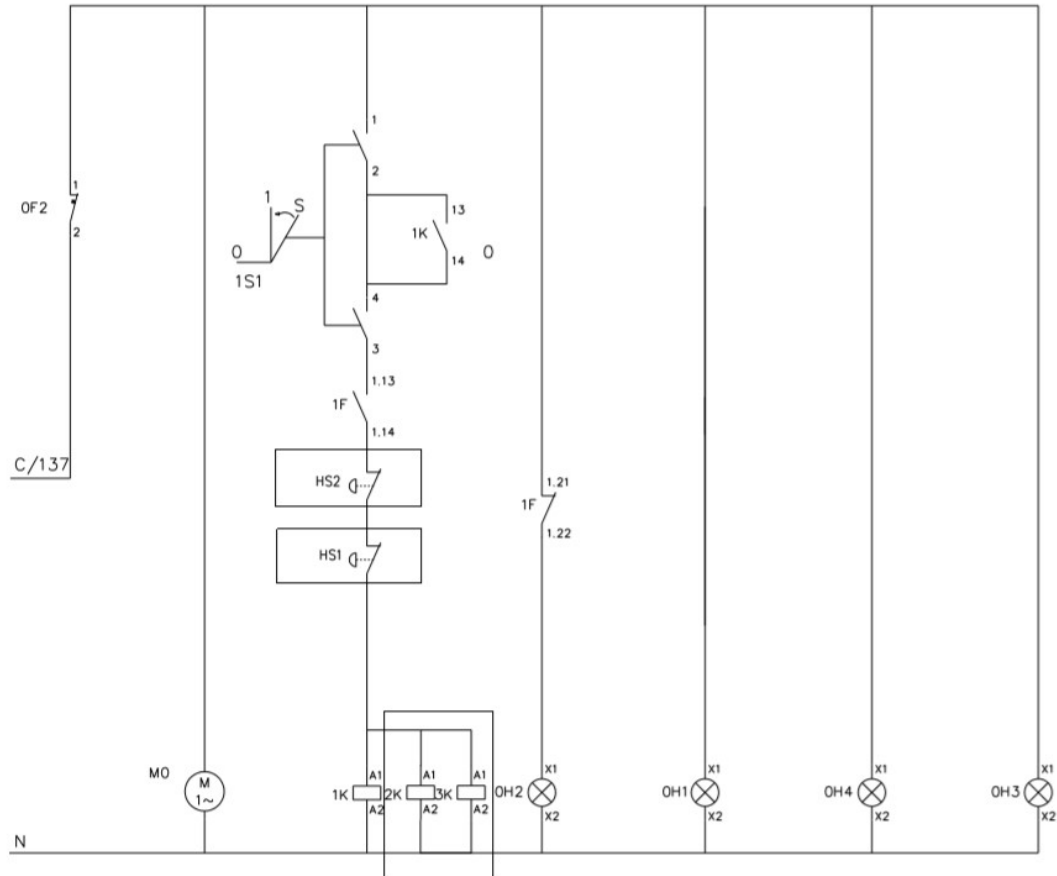
Käyttötilanteen ilmaiseva merkkivalo löytyy jo nykyisellään laitteistosta. Varoitusvalona on toiminut taajuusmuuttajakeskuksen päällä oleva oranssi merkkivalo. Tämä kuitenkin

peittyy näkyvistä helposti, kun koekäytetään isoja laitteita. Tämän takia alueen keskimäiseen tolppaan lisätään riittävän korkealle punaiset merkkivalot tolpan molemmin puolin (kuva 17). Varoitusvalot varustetaan vilkkutoiminnolla.



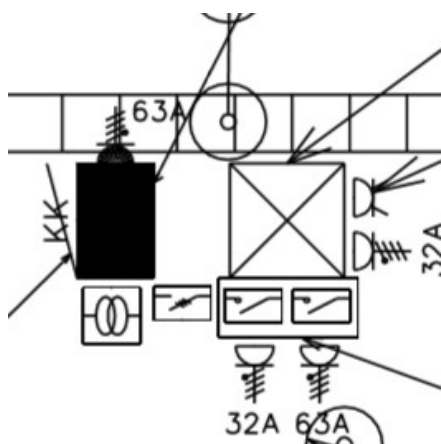
Kuva 17. Lisättävien varoitusvalojen sijoittelu.

Silloin kun testauksessa ei voida käyttää taajuusmuuttajaa, testattava laite testataan voimavirtapistorasian kautta. Jotta myös voimavirtapistorasioista voidaan katkaista virta hätäkytkentälaitteiden kautta, niitä varten on lisättävä kontaktorit, joita ohjataan samoilla hätäseis-painikkeilla. Taajuusmuuttajakeskuksen kytkentöjä muutetaan siten, että lisättävät hätäkytkimet HS1 ja HS2 katkaisevat virran kontaktorin 1K ja lisättävien kontaktorien 2K ja 3K ohjauspiiristä. Lisättävät varoitusvalot OH3 ja OH4 kytketään olemassa olevan varoitusvalon rinnalle. Sähkö kaikkien kontaktorien keloille ja varoitusvaloille saadaan samasta teholahteesta (kuva 18).



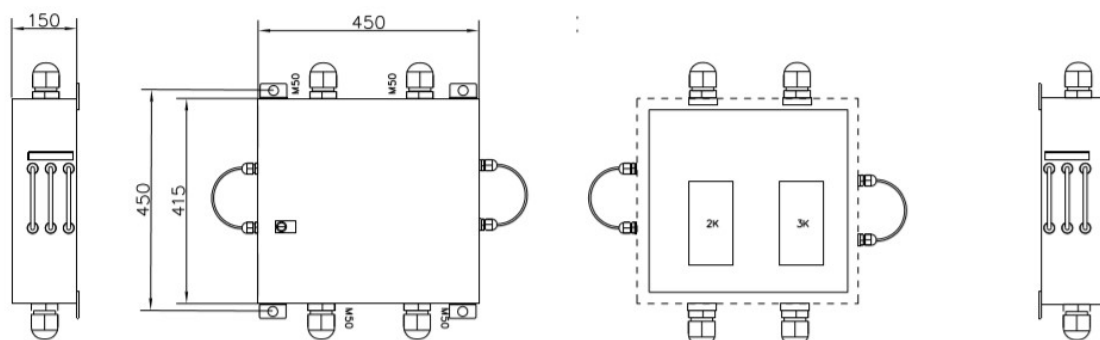
Kuva 18. Kontaktorien ohjauksen, hätäseis-kytkimien ja merkkivalojen kytkennät.

Lisättäville kontaktoreille varataan paikka siirrettävien pistorasioiden yhteydestä (Taa-juusmuuttajan vierestä). Kontaktorit koteloidaan ja kotelo asennetaan tolppaan (kuva 19). Tätä varten tolpasta täytyy poistaa ylimääräiset jo kauan pois käytöstä olleet happi-, propaani- ja typpiputket.



Kuva 19. Lisättävien kontaktorien sijainti.

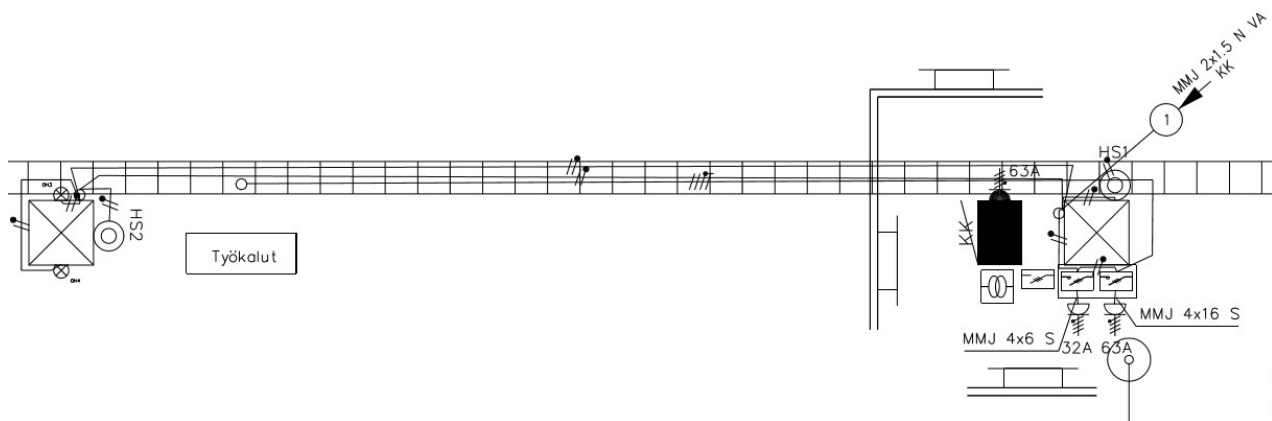
Koteloon sivuille suunniteltiin silmukat, joista on helppoa ja turvallista mitata tarvittavat virta-arvot koekäytön aikana (kuva 20).



Kuva 20. Kontaktorikotelo.

4.6 Lisättävät johdotukset

Käytännössä alueelle tarvitaan johdotukset koestuskeskuksen kontaktorien ohjauspiiriin, varoitusvaloille ja 63 A pistorasiaa varten. Kuvassa 21 näkyy johdotuksien reitit ja johtotyypit sekä lisättävät jakorasiat (3 kpl). Ne vedetään tolpissa pintavetona ja tolppien välillä kaapelihyllyä pitkin. MMJ 2x1,5:sta tarvitaan noin 22 m ja MMJ 4x16 S:ää noin 15 m.

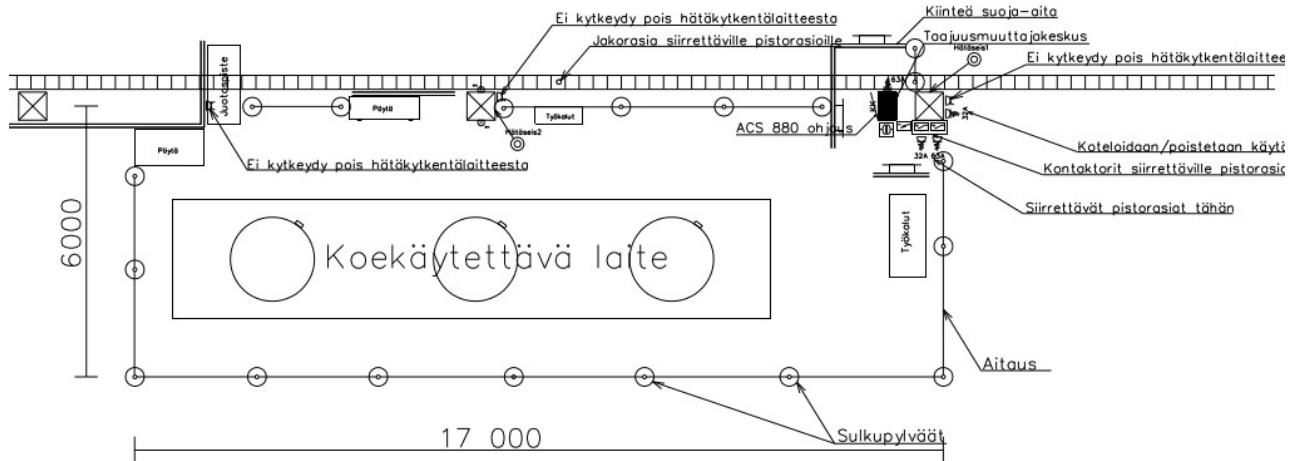


Kuva 21. Lisättävät johdotukset.

4.7 Yhteenveto

Suunnittelun lopputulemana saadaan standardinmukainen koekäyttöalue, jossa erityisesti työturvallisuus paranee alkutilanteeseen nähden huomattavasti. Alue on selkeästi ja yksiselitteisesti määritelty, jolloin alueen valvonta on myös helppoa testauksen aikana. Testauksessa käytettäviin pistorasioihin ja taajuusmuuttajaan kytketään jännite saman erotuskytkimen kautta ja niistä saadaan jännite myös pois jokaisen hätäkytkimen kautta toisin kuin ennen.

Kuvassa 22 on alueen tasopiirustus selityksineen ja muutoksineen. Kovin hintavista muutoksista ei ole kyse, komponentteja tulee lisää muutamia (häätäseis -kytkimet, varoitusvalot, kontaktorit ja kotelo, sulkupylväät, sulkunauhat ja varoituskyttilit) johdotuksineen. Liitteeseen 2 on listattu kaikki koekäyttöalueen toteuttamiseen tarvittavat komponentit.



Kuva 22. Paikka koekäytölle kokonaisuudessaan.

5 Sähkötyöturvallisuus

Sähkötyöturvallisuus on tärkein asia koekäytön aikana. Suunnitellulla koekäyttöalueella tulee noudattaa testauksen aikana standardia SFS 6002 [10, s. 49], sillä alueella suoritetaan testausta, jossa voi esiintyä sähköiskun vaara. Tässä luvussa käydään läpi huomioitavat asiat testausta ennen ja sen aikana. Uusi koekäyttöpaikka muuttaa hieman käytäntöjä, joten turvallisuusohjeet päivitetään uutta laitteistoa vastaavaksi. Myös standardin (SFS 6002) päivityttyä tulee joitain tarkennuksia.

5.1 Turvallisuusmittaukset

Turvallisuusmittaukset suoritetaan aina ennen varsinaisen jännitteen kytkemistä laitteeseen. Käytännössä siis jos kytkentöjä on tehty, ne pitää myös mitata (suojajohtimien jatkuvuus ja eristysvastus). Tähän on olemassa erillinen ohjeistus.

5.2 Koekäyttöä suorittava henkilöstö

Koekäyttöä ei saa suorittaa kuka tahansa henkilökuntaan kuuluva, vaan koekäyttöä suorittavien henkilöiden tulee olla sähköalan ammattihenkilöitä tai standardin mukaisia opastettuja henkilöitä. Lisäksi henkilöiden tulee olla testaukseen ja siihen liittyviin sähköturvallisuusvaatimuksiin perehtynyt tai opastettu. Maallikot eivät voi testausta suorittaa. [10, s. 51.]

Käytännössä suurin osa työkohteessa toimivista henkilöistä on opastettuja henkilöitä. Standardin mukainen opastettu henkilö on sähköalan ammattihenkilön tietämykseen laitteistoihin tehtäviin toimenpiteisiin opastama henkilö, eli tässä tapauksessa tehtävä toimenpide on laitevalmistukseen liittyvä testaus. Opastus suoritetaan samalla paikalla ja samoilla laitteilla tai vastaavalla tavalla, jolla toimenpide tehdään. Opastukseen kuuluu turvallinen toiminta periaatteineen, perusteet neuvotulle tavalle ja ohjeiden laiminlyönnistä aiheutuvien vaarojen selittäminen. Myös toimintaohjeet poikkeaviin tilanteisiin tulee kertoa. Toimenpidettä tulee harjoitella riittävästi. [10, s. 51.] Kun uusi koekäyttöalue saadaan toimintaan, myös opastus täytyy suorittaa uudelleen henkilöstölle.

Jokaiseen koekäyttöön täytyy määritellä työnaikaisen sähköturvallisuuden valvoja. Sähköiden johtaja huolehtii henkilön nimeämisestä. Nimeäminen tehdään työkohtaisesti tai pysyvästi esim. työtehtävään liittyvällä määräyksellä. Pysyvää määräystä on järkevin koekäytössä käytettävä tapa, ja se tehdään käytännössä erillisellä koekäyttöohjeella, jossa sovitaan käytäntö työnaikaisen sähköturvallisuuden valvojan nimeämisestä. Sähköiden johtaja on vastuussa nimettävien henkilöiden sopivuudesta tehtävään. Tämä henkilö vastaa koekäytöstä ja sen turvallisuudesta sekä estää muiden kuin koekäyttöä suorittavan henkilöstön saapumista alueelle. [10, s. 51.]

Kaikkien koekäyttöä suorittavien henkilöiden täytyy tietää, kuka työnaikaisen sähköturvallisuuden valvoja on. Kuitenkin kuka tahansa koekäyttöä suorittava henkilö voi keskeyttää vaaraa aiheuttavan työn [10, s.51].

5.3 Henkilöstön vastuut

Työturvallisuuslaki (14 §) velvoittaa työnantajan huolehtimaan riittävästä opetuksesta ja ohjauksesta. Sähkötöiden johtaja vastaa siitä, että sähkötöitä tekevä henkilöstö on ammattitaitoinen ja riittävästi koulutettu tehtäviinsä. Työnaikaisen sähköturvallisuuden valvoja on veloitettu olemaan työpisteessä, jossa sähkötöitä tehdään. Hän huolehtii, että käyttötoimenpiteet tehdään turvallisesti ja että jännitteetön työskentely sujuu turvallisesti. Käytännössä hän siis huolehtii, että jännite on poissa työkohteesta työskenneltäessä. [10, s. 52.]

Myös työntekijälle kuuluu vastuita: työnantajan ohjeita ja määräyksiä on noudatettava ja muutenkin oltava huolellinen ja varovainen. Kokemuksensa mukaan työntekijän on huolehdittava myös muiden turvallisuudesta. Työntekijä voi myös kieltäytyä työn tekemisestä, jos siitä aiheutuu vaaraa henkilöiden hengelle tai terveydelle. Kieltäytymisestä täytyy ilmoittaa mahdollisimman pian. Työntekijän täytyy ilmoittaa viipymättä kaikista vioista ja puutteista, joista voi aiheutua tapaturmien tai sairastumisen vaara. [10, s. 52.]

5.4 Henkilöstön koulutus

Kaikki sähköalan töitä tekevät henkilöt, myös työnjohtajat ja asiantuntijat, täytyy kouluttaa sähkön aiheuttamiin vaaroihin ja niiltä suojautumiseen. Koulutukseen pitää sisältyä sähkötyöturvallisuuteen liittyvien säädösten periaatteet, vastuuhenkilöiden tehtävät ja standardin SFS 6002 asema sekä sisältö niiltä osin, kun on oleellista. Käytännössä tämä toteutetaan SFS 6002:n mukaisella sähkötyöturvallisuuskorttikoulutuksella. [10, s. 53.]

Koulutuksen sisältö ja laajuus riippuvat niistä tehtävistä, jota koulutettava henkilöstö tekee, ja henkilöstön tiedon tasosta. Testaukseen liittyvissä tehtävissä on tietyt omat painopisteensä ja niihin keskitytään perustietojen lisäksi. Koulutuksen päätteeksi tietojen

ymmärtäminen täytyy varmistaa esim. kirjallisella kokeella. Koulutuksesta täytyy saada kirjallinen todistus tai vastaava dokumentti (kortti tai paperi). [10, s. 53.]

Minimikoulutusväli määräväleihin tapahtuvalle koulutukselle on viisi vuotta. Henkilöstöä täytyy kuitenkin opastaa tai koulutus uusia aina tarpeen vaatiessa. Näitä tilanteita on sähkötyöturvallisuutta koskevat ja niihin vaikuttavat muutokset sekä jos tehdään poikkeavia töitä. Jos tulee olennaisia muutoksia tai jos havaitaan sähkötyöturvallisuuden heikentymistä, täytyy koko koulutus uusia. Työntekijöillä täytyy olla pääsy standardiin SFS 6002 koulutusten välillä. Tiedot koulutuksista täytyy löytyä työnantajalta. [10, s. 53.]

Työturvallisuuslain 46 § antaa yleisohjeet ensiapuun liittyvästä ohjeistuksesta. Sen mukaan työnantajan täytyy työn luonteen ja olosuhteiden mukaan huolehtia ensiavun järjestämisestä työpaikalla. Työntekijöille pitää antaa ensiapuun tarvittavat ohjeet tapaturman varalle [11]. Standardi SFS 6002 ei suoraan velvoita sähkölaitteistojen testauksessa toimivia opastettuja henkilöitä suorittamaan ensiapukoulutusta, mutta se on kuitenkin suositeltavaa kaikille koekäytössä ja työnjohdossa toimiville henkilöille. [10, s. 53.]

5.5 Koekäyttöohjeet tuotannolle

Päivitetyt koekäyttöohjeet ovat liitteessä 1. Ohjeissa esiintyvä koekäytöstä vastaava henkilö on sama kuin valtioneuvoston asetuksessa sähkötyöstä ja käyttötyöstä määritelty työnaikaisen sähköturvallisuuden valvoja.

Ohjeisiin on lisätty kohdat 7, 19 ja 20. Lisäksi kohtia 4, 10, 13, 14 ja 18 on muokattu:

Kohta 4:

Muutettu sana ”johdotuskaaviotarran” sanoihin ”pöytäkirjan kaavion”. Tämä siksi, että johdotuskaaviotarroja ei enää käytetä, vaan kaavio, josta eri puhaltimien merkintätavat näkyvät, on lisättyä pöytäkirjapohjaan.

Kohta 7:

Lisätty: Laitteen on oltava eristetty maasta. Käytännössä laitteen jalkojen alle laitetaan riittävän kestävä kumitassut.

Kohta 10:

Lisätty teksti:” Tämä henkilö on myös standardin SFS 6002 mukainen työnaikaisen sähkötyöturvallisuuden valvoja.”

Kohta 13:

Korjattu virhe sanajärjestyksessä.

Kohta 14:

Lisätty: Koekäyttöä saa suorittaa vain sille varatulla alueella. 2 ja 3 halliin on määriteltävä oma alueensa ja yhteiset koekäytössä käytettävät laitteistot. 5 hallin koekäyttöalue sijaitsee loppukokoonpanossa ennen pakkausaluetta. Aitaukset on suljettava ja varoituskyltit asennettava ennen koekäytön aloittamista.

Viimeinen lause ennallaan.

Kohta 18:

Muutettu muotoon: Laitetaan varoitusvalo/t päälle ilmoittamaan koekäytön tilasta ennen sähköjen kytkemistä koekäyttövaunuun tai laitteessa sijaitsevaan keskukseen. Varoitusvalot syttyvät, kun ennen koekäyttökeskusta (taajuusmuuttajakeskus) sijaitseva erotuskytkin kytketään päälle (kuva 1). Tämä ja kohdat 19-20 täytyy tehdä aina riippumatta siitä käytetäänkö koekäytössä taajuusmuuttajaa tai seinäpistorasioita.

Kohta 19:

Lisätty teksti ja kuva: 2 ja 3 hallin koekäyttöalueella käännetään tämän jälkeen koekäyttökeskuksen pääkytkin asentoon 1 (taajuusmuuttaja, kuva 2).

Kohta 20:

Lisätty teksti ja kuva: Kontaktorien ohjausjännite kytketään päälle vasemmanpuoleisesta kytkimestä. Kytkintä käytetään Start-asennossa (kuva 3). Kaikki koekäyttöön tarkoitetut pistorasiat ja taajuusmuuttajakeskukselta tuleva jännite kytkeytyy tällöin päälle.

6 Johtopäätökset

Suunnittelun tuloksena saatiin toimiva kokonaisuus, jossa työturvallisuus paranee alkutilanteeseen nähden huomattavasti. Suunnitelma on tehty tämäntyyppiseen testaukseen liittyvän standardin mukaan, jolloin se myös on hyvin suositeltavaa toteuttaa. Koekäyttö omana työvaiheena eriytyy myös selkeästi, jolloin alueen valvonta helpottuu huomattavasti.

Koekäyttöohjeet oli myös jo aika päivittää, ja myös niihin tuli parannuksia ja muutoksia automaattisesti uusien laitteiden käyttöohjeiden ja standardien muutoksien yhteydessä.

Suunnitelman mukaan kaikki koekäytössä käytettävät laitteet ja pistorasiat on määriteltävä tätä tarkoitusta varten, ja ne myös kytkeytyvät pois samoista hätäseis-painikkeista. Koekäyttö työvaiheena eriytetään muusta tuotannosta selkeästi. Suunnitelma ei kuitenkaan vähennä muuta tuotantotilaa, sillä koekäyttöalueella voidaan tehdä myös kokoonpanotyötä silloin, kun koekäyttölaitteisto ei ole käytössä.

Koekäyttöohjeet käytiin läpi ja niitä päivitettiin tulevien ja nykyisten käytäntöjen mukaisiksi. Vanhat ohjeet olivat ajalta, jonka jälkeen oli tullut muutoksia myös olemassa oleviin laitteistoihin. Myös joihinkin kohtiin oli tullut muutoksia standardin SFS 6002 uusimman version mukaan.

Suunnitelmassa on mietitty käytännön toteutusta niin, että se on myös helppo toteuttaa. Tarvittavat laitteet on myös helppo purkaa muun tuotannon tieltä. Kulut ovat myös hyvin maltilliset ja toteutukseen tarvittavat komponentit ovat kaikki hyvin saatavilla. Suunnitelma tullaan toteuttamaan myöhemmin ja sen valmistuttua selviää lopullisesti

koekäyttöpaikan käytännöllisyys ja sujuvuus uudella laitteistolla. Muutoksia voidaan tehdä myöhemmin, mutta silloin pitää myös huomioida muutosten standardinmukaisuus.

Lähteet

- 1 Alfa Laval Suomessa. Viitattu 11/2019. Verkkoaineisto. <<https://www.alfalaval.fi/tietoa-alfa-lavalista/our-company/alfa-laval-suomessa/fincoil-lu-ve-oy/>>.
- 2 Fincoil Oy, yritysesite 2000, viitattu 11/2011 <www.fincoil.fi> Tietoa yrityksestä.
- 3 Alfa Laval Solar brochure. Viitattu 11/2019. Verkkoaineisto. <<https://www.alfalaval.com/globalassets/documents/products/heat-transfer/finned-coil-air-heat-exchangers/product-brochures/100000831-alfa-laval-solar-brochure-en.pdf>>.
- 4 Ilmajäähdysteiset nestejäähdyttimet. Viitattu 11/2019. Verkkoaineisto. <<https://www.alfalaval.fi/tuotteet-ja-jarjestelmat/lammonsiirto/lamelli-ilmalammonvaihtimet/ilmajaahdytteiset-nestejaahdyttimet/alfasolar-sd/>>.
- 5 Ilmajäähdysteiset nestejäähdyttimet. Viitattu 11/2019. Verkkoaineisto. <<https://www.alfalaval.fi/tuotteet-ja-jarjestelmat/lammonsiirto/lamelli-ilmalammonvaihtimet/ilmajaahdytteiset-nestejaahdyttimet/alfasolar-sr/>>.
- 6 Ilmalauhduttimet. Viitattu 12/2019. Verkkoaineisto. <https://www.alfalaval.fi/tuotteet-ja-jarjestelmat/lammonsiirto/lamelli-ilmalammonvaihtimet/ilmalauhduttimet/fincoil-solar-max-sx/>.
- 7 Ilmajäähdysteiset nestejäähdyttimet. Viitattu 12/2019. Verkkoaineisto. <<https://www.alfalaval.fi/tuotteet-ja-jarjestelmat/lammonsiirto/lamelli-ilmalammonvaihtimet/ilmajaahdytteiset-nestejaahdyttimet/fincoil-fblg/>>.
- 8 2018. SFS-käsikirja 600-2. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS ry.
- 9 Viitattu 1/2020. Verkkoaineisto. <<https://www.turvakauppa.com/koestus-kynniss-tk-081-118>>.
- 10 2017. SFS-käsikirja 600-2. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS ry.
- 11 Finlex. Viitattu 1/2020. Verkkoaineisto. <<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738#L5P46>>.

KOEKÄYTTÖOHJEET TUOTANNOSSA

1. Epäselvissä tapauksissa aina yhteys sähkösuunnitteluun aina ennen koestuksen aloittamista.
2. Fincoil LU-VEn tuotteille suoritetaan koekäyttö ja virta-, värinä- yms. arvojen mittausta, jos toimituksen valmistusdokumentissa sitä vaaditaan joko asiakkaan tai Fincoil LU-VEn (osto, myynti, tuotekehitys tai tuotanto) toimesta. Laitteelle, jossa on erikoinen moottori, siipi tai puhallin tulee aina suorittaa virta-arvojen mittausta. Kaikki laitteet, jotka on varustettu ohjausjärjestelmällä, koekäytetään aina, vaikka koekäyttöä ei valmistusdokumentissa olisi vaadittu. Kaikki laitteet, joissa huoltokytkimet sijaitsevat laitteen päädyssä tulee koekäyttää.
3. Rakenteellisen tarkastuksen kannalta on pyöritettävä samanaikaisesti niin monta puhallinta kuin on mahdollista.
4. Tarkastukseen opastetut henkilöt suorittavat koekäytön. Virta-arvoja mitattaessa merkitään mittaustulokset pöytäkirjaan pöytäkirjan kaavion mukaisessa järjestyksessä eli laitteissa, joissa puhaltimia on yhdessä rivissä, järjestyksessä 1M1, 2M1, jne. Laitteissa, joissa puhaltimet ovat kahdessa rivissä, koekäytetään kaikki moottorit ja tulokset merkitään pöytäkirjaan kaavion mukaisessa järjestyksessä 1M1, 1M2; 2M1, 2M2; jne. Aina on myös merkittävä jännitealue, jolla koestus on tehty (esim. 690 V, 400 V tai 230V).
5. Luotettavan mittaustuloksen saamiseksi (**katso liite: Virta-arvojen analysointi SOP-2121**) on laitteen oltava puokeilla, puhaltimen sormisuojan (ritilän) oltava paikoillaan, otsapinnan oltava vähintään 1 m:n korkeudella lattiasta, eikä otsapinnan edessä saa olla esteitä.
6. Sovittujen laitteiden pyöritys on mahdollista ilman pukkeja. Laitteet joissa on 1WL siipi voi koekäyttää lattialla. Samalla tavalla kuten puokeilla olevat laitteet, paitsi lattialla. Ei tarvitse nostaa laitetta puokeille.
7. Laitteen on oltava eristetty maasta. Käytännössä laitteen jalkojen alle laitetaan riittävän kestävä kumitassut.
8. Merkitään tarvittavat mittaustulokset ylös pöytäkirjaan.
9. Pöytäkirjan tuotesarakeeseen merkitään laitteen tyyppimerkintä täydellisenä. Tuotekilvessä oleva numerosarja, joka ilmaisee toimitusvahvistenumeron, tuotantotilausnumeron ja samalla tilausrivillä olevien laitteen järjestysnumeron (tarvittaessa), merkitään tilausvahviste no-sarakeeseen. Samaan pöytäkirjaan saa kirjata vain yhden laitteen mittaustulokset.
10. Moottorin tyyppi ja leimausarvot merkitään pöytäkirjaan tarkoin moottorin kilpiarvojen mukaisesti. Koekäytöstä vastaava henkilö kirjoittaa koekäyttö-pöytäkirjaan nimensä siten, että se on tunnistettavissa. Tämä henkilö on myös standardin SFS 6002 mukainen työnaikaisen sähkötyöturvallisuuden valvoja.

11. Lähettämöön menevissä laitteissa tulee olla mukana moottorivalmistajan oma huolto-ohje.
12. Koestuskaapeleiden suojamaa (KeVi) johtimien pituus tulee olla >10 cm pidempi kuin vaihejohtimien pituus. Jokaisen kaapelin suojamaa (KeVi) johtimen on oltava luotettavasti kytkettynä.
13. Ennen kuin koekäytön saa aloittaa, laitteelle tulee olla suoritettuna eristysresistanssi- sekä suojajohtimen jatkuvuusmittaukset hyväksyttävien tuloksin.
14. Koekäyttöä saa suorittaa vain sille varatulla alueella. 2 ja 3 halliin on määritelty oma alueensa ja yhteiset koekäytössä käytettävät laitteistot. 5 hallin koekäyttöalue sijaitsee lopukokoonpanossa ennen pakkausaluetta. Aitaukset on suljettava ja varoituskyltit asennettava ennen koekäytön aloittamista. Koekäytössä tulee olla kaksi henkilöä, joista toinen on koekäytöstä vastaava ja tämä tulee merkitä lopputarkastuspöytäkirjaan.
15. Koekäytöstä vastaava henkilö on se, joka kytkee koepyörityksessä käytettävän kaapelin johtimet keskukseen, koteloon tai huoltokyttimeen. Koekäytöstä vastaava henkilö saa ainoastaan sähköistää laitteen ja hänen tulee vielä tarkastaa seuraavat kohdat ennen laitteen sähköistämistä:
 - a. Kukaan ei työskentele koekäytettävällä laitteella
 - b. kukaan ei nojaile koekäytettävään laitteeseen
 - c. koekäytön aloittamisesta on ilmoitettava selkeästi
 - d. Ennen koekäytön aloittamista laitteelle on tehty turvallisuusmittaukset (eristysvastus- ja suojajohtimenjatkuvuusmittaus) hyväksyttävien tuloksin
 - e. kaikki kaapelit sekä johtimet ovat kytkettyinä eikä laitteessa ole ylimääräisiä kaapeleiden päitä
16. Mikäli koekäytössä käytetään koekäyttövaunua, tulee ensimmäiseksi tarkistaa vaunun kunto, vähintään visuaalinen tarkastus.
17. Mikäli koekäytettävässä laitteessa ei ole keskusta tai koteloa, on puhallinmoottoreiden syöttöjohtojen vedonpoisto varmistettava, ettei jännitteellinen johto pääse irtoamaan huoltokyttimeistä koepyörityksen aikana. Avoimet johdonpääet huoltokytkimellä on suojattava näppisuojauskella koekäytön ajaksi.
18. Laitetaan varoitusvalo/t päälle ilmoittamaan koekäytön tilasta ennen sähköjen kytkemistä koekäyttövaunuun tai laitteessa sijaitsevaan keskukseen. Varoitusvalot syttyvät, kun ennen koekäyttökeskusta (taajuusmuuttajakeskus) sijaitseva erotuskytkin kytketään päälle (kuva 1). Tämä ja kohdat 19-20 täytyy tehdä aina riippumatta siitä käytetäänkö koekäytössä taajuusmuuttajaa tai seinäpistorasioita.





Kuva 1. Erotuskytkin.

19. 2 ja 3 hallin koekäyttöalueella käännetään tämän jälkeen koekäyttökeskuksen pääkytkin asentoon 1 (taajuusmuuttaja, kuva 2).



Kuva 2. Pääkytkin.

20. Kontaktorien ohjausjännite kytketään päälle vasemmanpuoleisesta kytkimestä. Kytkintä käytetään Start -asennossa (kuva 3). Kaikki koekäyttöön tarkoitetut pistorasiat ja taajuusmuuttajakeskuksesta tuleva jännite kytkeytyy tällöin päälle.



Kuva 3. Kontaktorien ohjauskytkin.

21. Puhallinmoottoreiden syöttöjohdot liitetään koekäyttövaunuun, mikäli se on käytössä.
22. Laitteissa olevien keskusten tai koteloiden kansien tulee olla paikalleen kiinnitettynä, mikäli mahdollista ennen jännitteen kytkemistä.
23. Liitetään koekäyttövaunu tai laitteessa oleva keskus/kotelo vikavirtasuojalla suojattuun pistorasiaan mikäli mahdollista, ja varmistetaan koekäyttövaunun osalta, että jännitealue on oikea.

24. Kytkentöjen purkaminen alkaa keskuksen tai kotelon syöttöjohdon irrottamisella pisto-rasiasta ja tuomalla se laitteen viereen. Koekäyttövaunussa kytkentöjen purkaminen al-kaa puhallinkohtaisten syöttöjohtojen irrottamisella koekäyttövaunusta ja tuomalla ne huoltokytkimien viereen. Näin varmistetaan turvallinen koestuksen lopetus.

25. EC- puhaltimilla on huomioitava 5 minuutin varoaika, joka tulee odottaa ennen johtimien irrottamista keskukselta/kotelosta/puhaltimesta



26. Taajuusmuuttajalla huomioitava 15 minuutin varoaika, joka tulee odottaa ennen johti-mien irrottamista keskukselta.



27. Huoltokytkimien ollessa laitteen päädysssä tulee laitteiden toiminta tarkastaa puhallin-kohtaisesti seuraavan järjestyksen mukaisesti:

- Liitetään sähkönsyöttökaapeli huoltokytkimelle
- Huoltokytkin kiinni (asento 1)
- Sähkönsyöttö kiinni
- Tarkastetaan, että merkintöjen mukainen puhallin lähti pyörimään
- Sähkönsyöttö auki, tarkistetaan että puhallin pysähtyi.
- Huoltokytkin auki (asento 0)
- Puretaan sähkönsyöttökaapeli huoltokytkimeltä

28. Kun koekäyttö on suoritettu ja kytkennät purettu, tulee kaikki koekäytössä käytetyt va-rusteet/laitteet palauttaa niille varattuun tilaan.

Tarvittavat komponentit

Sulkupylyvät + köydet (vähintään 1 m korkuiset) 14 kpl

Varoituskyltti ”Pääsy ilman lupaa kielletty” 1 kpl

Varoituskyltti ”Koestus käynnissä” 2 kpl

Merkintäkilvet ”Ei kytkeydy pois hätäkytkentälaitteesta” 3 kpl

Hätäseis -kytkimet 2 kpl

Vilkkuvat punaiset varoitusvalot 2 kpl

Kontaktori 400V 32 A 1 kpl

Kontaktori 400V 63 A 1 kpl

Kontaktorikotelo (kuva) 1 kpl

Kaapeli ohjauspiiriin esim. 2x1,5 15 m

Jakorasiat 3 kpl