



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Markus Rinnasto

AUTOMAATIO-OSAKOKOONPANON KEHITTÄMINEN

Tekniikka
2019

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Markus Rinnasto
Opinnäytetyön nimi	Automaatio-osakokoonpanon kehittäminen
Vuosi	2019
Kieli	Suomi
Sivumäärä	47
Ohjaaja	Timo Männistö

Tämä opinnäytetyö tehtiin Wärtsilä Finland Oy:n Vaasan toimitusyksikön moduulitehtaalle. Työn tarkoituksena oli tutkia käytössä olevia automaatioprosesseja ja etsiä niistä kehitettäviä kohteita sekä tutkia niihin parannusehdotuksia. Työ rajattiin koskemaan turbo- sekä voiteluöljymoduulin automaatioprosesseja.

Työn teoreettinen osuus pohjautuu Wärtsilän sisäisessä käytössä oleviin työohjeisiin ja opasteisiin häiriönsuojauksen, maadoituksen ja kaapeloinnin kannalta. Prosesseissa ilmeneviä ongelmia tutkittiin käymällä läpi vanhoja vikailmoituksia SAP-järjestelmässä sekä haastattelemalla asentajia ja työnjohtoa.

Turbomoduulin automaatioprosessin osalta havaittiin, että yhtä yksiselitteistä ongelmaa ei ole vaan ongelmat ovat projektikohtaisia työohjevirheitä ja yleisimmät syyt vikailmoituksille olivat anturikylttien, kaapelimerkkien ja maadoitusliuskojen puuttuminen.

Työohjevirheiden korjaamiseksi asentajille toimitettiin ohjeistus kuinka toimia työohjevirheiden kohdalla ja yleisimpien vikailmoituksista ilmenneiden vikojen korjaamiseksi otettiin käyttöön tarkastuslista unohdusten estämiseksi. Voiteluöljymoduulin automaatioprosessista ei ollut olemassa työopastetta, joten moduulitehtaan käyttöön luotiin tarkka työopaste kytkentäkotelon valmistuksesta.

ABSTRACT

Author	Markus Rinnasto
Title	Development of Automation Sub-assembly
Year	2019
Language	Finnish
Pages	47
Name of Supervisor	Timo Männistö

This thesis was done at the Wärtsilä Finland Oy's Vaasa delivery unit module factory. The purpose of the work was to study the automation processes in use and to search for the objects to be developed and to suggest improvements. The thesis was limited to automation processes in the turbo and lubrication oil module.

The theoretical part of the thesis is based on Wärtsilä's inhouse work instructions and guides for interference protection, earthing and cabling. Problems in process were investigated by reviewing old bug reports in SAP and interviewing assemblers and supervisors.

With regard to the automation process of the turbo module, it was discovered that there is no unambiguous problem, but the problems are project-specific work errors and the most common reasons for the fault reports were the lack of sensor signs, cable signs and earthing strips.

In order to correct work related errors, the assemblers were given instructions on how to deal with work related errors and introduced a checklist to prevent forgetting the most common thing in bug reports. There was no work guide for the automation process of the lubricating oil module, so a precise work guide was created for the module factory to manufacture the terminal box.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KUVALUETTELO

KÄYTETYT LYHENTEET JA MERKINNÄT

1	JOHDANTO.....	8
2	YRITYSESITTELY	9
	2.1 Wärtsilä Oyj Abp	9
	2.1.1 Marine Solutions	9
	2.1.2 Services	9
	2.1.3 Energy Solutions	10
	2.1.4 Toiminnot Vaasassa	10
3	MOOTTORITYYPIT	11
4	MOOTTORIN VALMISTUS	12
	4.1 Pääkokoontyö	12
	4.2 Pilottikokoontyö	12
5	MODUULIEN VALMISTUS	13
	5.1 Turbolinja.....	13
	5.2 Kotelopuoli	14
	5.3 AACH	14
6	MAADOITUS	16
	6.1 Yleistä	16
	6.2 Suojamaadoitus ja yhdistäminen.....	17
	6.3 Instrumenttimaadoitus.....	19
	6.4 Toiminnallinen maadoitus	20
	6.5 Kaapelireitit.....	20
7	SÄHKÖMAGNEETTINEN YHTEENSOPIVUUS, EMC.....	21
	7.1 Sähkömagneettiset häiriöt.....	21
	7.2 Häiriöiden lähteet.....	22
	7.3 Sähkömagneettiseen yhteensopivuuteen vaikuttavat tekijät.....	23

8	MOOTTORIN AUTOMAATIO EMC:N KANNALTA	24
8.1	Maadoittaminen	24
8.2	Kaapeleiden maadoittaminen.....	25
8.3	Kaapelisuoja.....	25
8.4	Kaapelit.....	26
8.4.1	Parikierrekaapeli	26
8.4.2	Toisesta päästä maadoitettu kaapeli.....	27
8.4.3	Molemmista päistä maadoitettu kaapeli.....	27
8.5	Kotelot.....	27
9	TURBON AUTOMAATIOPROSESSI	28
9.1	Nykyinen prosessi.....	28
9.2	Anturit.....	29
9.3	Havaittuja ongelmia	35
9.4	Parannusehdotukset.....	36
10	VOITELUÖLJYMODUULIN AUTOMAATIOPROSESSI.....	39
10.1	Nykyinen prosessi.....	39
10.2	Havaittuja ongelmia	43
10.3	Ratkaisuehdotukset	44
10.4	Korjaavat toimet.....	45
11	LOPPUTULOS.....	46
	LÄHTEET.....	47

KUVALUETTELO

Kuva 1. Wärtsilä L32-rivimoottori. /6/	11
Kuva 2. W6L34DFB-turbomoduuli.	14
Kuva 3. IEC60417-2 mukaiset maadoitusymbolit. /9/	16
Kuva 4. Moottorin maadoitus pääpiirteittäin. /9/	17
Kuva 5. Esimerkki keskuksen maadoituksesta. /9/	18
Kuva 6. Eri maadoituksia samassa keskuksessa. /9/	19
Kuva 7. Ylimääräisten johtimien liittäminen IE-terminaaliin. /9/.....	19
Kuva 8. Häiriöiden siirtymistavat. /9/	22
Kuva 9. Maadoitusliuskat. /9/.....	25
Kuva 10. PT100-vastuslämpötila-anturi.....	29
Kuva 11. Termoparianturi.	30
Kuva 12. Solenoidi.	31
Kuva 13. Solenoidi asennettuna.	31
Kuva 14. Nopeusanturi kiinnitettynä.....	32
Kuva 15. Panielähetin.....	32
Kuva 16. Panielähetin asennettuna. /7/.....	33
Kuva 17. Turbomoduulin sähkökeskus.	34
Kuva 18. Termoparianturien nykyinen saapumistapa.	38
Kuva 19. Uusi ehdotettu toimitustapa.	38
Kuva 20. Kytetty väyläkaapeli.	40
Kuva 21. Kaapelin läpivientiholkki. /8/	41
Kuva 22. Voiteluöljymoduulin valmis kytkentäkotelo.	42
Kuva 23. Kaapelimerkki. /8/	42
Kuva 24. Valmis voiteluöljymoduuli.	43

KÄYTETYT LYHENTEET JA MERKINNÄT

DCV	Delivery Centre Vaasa. Vaasan toimitusyksikkö.
ATU	Assembly & Testing Unit. Asennus- ja testausyksikkö. Osa Vaasan toimitusyksikköä
MF	Module Factory. Moduulitehdas. Osa asennus- ja testausyksikköä.
W31	Wärtsilä 31, Moottori, jonka sylinteriholkin halkaisija 310 mm.
W32	Wärtsilä 32, Moottori, jonka sylinteriholkin halkaisija 320 mm.
W34	Wärtsilä 34, Moottori, jonka sylinteriholkin halkaisija 340 mm.
LOM	Lubricating Oil Module. Voiteluöljymoduuli.
SAP	Wärtsilän käyttämä toiminnanohjausjärjestelmä.
MES	Manufacturing Execution System. Järjestelmä tuotannon operatiivisten toimintojen ohjaamiseen ja jäljittämiseen sekä tietojen välittämiseen järjestelmien ja tuotannon automaation välillä.

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö tehdään Wärtsilä Finland Oy:n Vaasa Delivery Centerin Assembly & Testing Unitin Module Factorylle. Opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia nykyisin käytössä olevia automaatioprosesseja moduulitehtaalla ja tutkia niissä ilmeneviä ongelmakohtia sekä kehittää niihin ratkaisuehtotuksia.

Tutkimuskohteiksi valitaan turbo- ja voiteluöljymoduulin automaatioprosessit. Prosesseista etsitään ongelmia tutkimalla vanhoja vikailmoituksia ja haastatteleamalla asentajia sekä työnjohtoa. Esiin tulleita ongelmia ovat mm. työohjeiden puutteellisuus, jonka seurauksena asennustavat eivät ole aina yksiselitteisiä, anturikylttien, kaapelimerkkien ja maadoitusjohtimien asentamatta jättäminen taas aiheuttaa sisäisen vikakorjausprosessin, joka kuluttaa paljon työaikaa.

2 YRITYSESITTELY

2.1 Wärtsilä Oyj Abp

Wärtsilä on kansainvälisesti johtava kokonaislinkaariratkaisujen ja älykkään teknologian toimittaja merenkulku- ja energiamarkkinoilla. Wärtsilä maksimoi asiakkaiden voimalaitosten ja alusten taloudellisuuden ja ympäristötehokkuuden keskittymällä kokonaisyhteyksiin, kestäviin innovaatioihin ja data-analytiikkaan. ”Vuonna 2017 Wärtsilän liikevaihto oli 4,9 miljardia euroa ja henkilöstömäärä noin 18.000.”/1/ Yrityksellä on yli 200 toimipistettä yli 80 maassa ympäri maailmaa. /1/

Wärtsilän liiketoiminta on jaettu kolmeen osaan: Marine Solutions, Services ja Energy Solutions.

2.1.1 Marine Solutions

Wärtsilä Marine Solutionsilla on vahva asema öljy-, meri- ja kaasuteollisuudessa. Wärtsilän optimoidut, taloudellisesti järkevät ja ympäristömyötäiset ratkaisut parantavat merenkulun kannattavuutta ja kilpailukykyä sekä luovat edellytyksiä yhteiskunnan kestäväälle kehitykselle. Wärtsilä tunnetaan asiakkaidensa liiketoiminnan perusteellisesta ymmärtämyksestä, laajasta tuotevalikoimasta, suunnitteluosaamisesta sekä teknologiajohtajuudesta. Organisaatio rakentuu itsenäisistä liiketoimintalinjoista, joilla on täysi vastuu myynnistä, suunnittelusta, tutkimus- ja kehitystyöstä, hankintatoimesta sekä valmistuksesta. /2/ ”Tämä antaa edellytykset joustavaan toimintaan, nopeisiin päätöksiin ja resurssien optimaaliseen hyödyntämiseen erinomaisen asiakaspalvelun varmistamiseksi.” /2/

2.1.2 Services

Wärtsilä Services tukee asiakkaitaan koko järjestelmän elinkaaren ajan optimoimalla laitteiston suorituskykyä ja hyötysuhdetta. Noin 11 000 ammattilaista 160 paikassa eri puolilla maailmaa käsittävä palveluverkosto on toimialan laajin ja palvelee vuosittain yli 12 000 asiakasta. Varaosahuollosta kattaviin käyttö-, hallinnointi- ja optimointipalveluihin ulottuvaa palveluvalikoimaa kehitetään

jatkuvasti. Tavoitteena on asiakkaiden laitosten käytettävyyden parantamisen ohella myös heidän liiketoimintansa kasvun tukeminen. Wärtsilä on sitoutunut korkeaan laatuun, asiantuntevaan tukeen, palveluiden varmaan saatavuuteen sekä mahdollisimman ympäristöystävälliseen toimintaan. Wärtsilä huoltaa ja kunnostaa sekä voimaloita että laivojen koneistoja. Perinteisen huoltotoiminnan rinnalla Wärtsilä on laajentanut palvelujaan innovatiivisiin asiakkaan liiketoimintaa tukeviin palveluihin. Näitä ovat esimerkiksi merkkiriippumaton huolto maailman pääsatamissa sekä ennakoiva ja moottorien kuntoon perustuva huolto ja koulutus. /1/

2.1.3 Energy Solutions

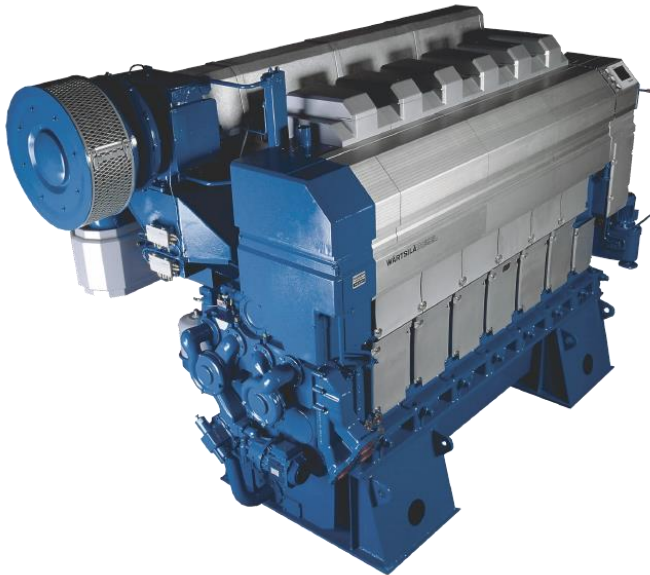
Wärtsilä Energy Solutions on johtava kansainvälinen järjestelmäintegraattori, jonka tarjonta sisältää erittäin monipuolisia polttomoottorikäyttöisiä voimalaitoksia, energian varastointijärjestelmiä ja laitosmittakaavan aurinkovoimaloita sekä nesteytetyn maakaasun terminaali- ja jakelujärjestelmiä. Nämä ratkaisut tarjoavat asiakkaille ylivoimaista lisäarvoa ja tuovat käyttöön kestävämpiä ja modernimpia tulevaisuuden energijärjestelmiä. Vuoden 2017 lopussa Wärtsilän maailmanlaajuisesti 177:ään eri maahan toimittamien voimalaitosten asennettu kapasiteetti on 65 gigawattia. /3/

2.1.4 Toiminnot Vaasassa

Keskustassa sijaitsee Vaasan toimitusyksikkö, joka on vastuussa Marine- ja Energy- liiketoimintojen myynnistä sekä W20- W31- ja W32/34-moottorien toimituksesta. Tähän sisältyvät avainkomponenttien koneistus sekä moottorien ja generaattorilaitteistojen asennus. Keskustassa sijaitsee myös nelitahtimoottorien tutkimuksen ja tuotekehityksen pääkeskus, sekä moottorilaboratorio. Vaskiluodossa sijaitsee Waskiluoto Validation Center -moottorilaboratorio, jossa kehitetään ja testataan moottorien ja komponenttien suoritusarvoja. Opistokadulla sijaitsee Energy Solutionsin polttoainelaboratorio. Runsorista löytyvät Marine Solutions- yksikön myynti-, projektinhallinta- ja tukitoimet, tekninen tuki sekä kenttähuolto. /4/

3 MOOTTORITYYPIT

Wärtsilän tuotevalikoimaan kuuluu diesel-, kaas-, sekä kaksoispolttainemoottoreita. Moottoreita valmistetaan laivoihin sekä voimalaitosten tarpeisiin. Dieselmoottorivalikoimaan kuuluvat tyypit W20, W26, W31, W32 ja W46F. Kaksoispolttainemoottorivalikoimaan kuuluu W20DF, W31DF, 34DF, 46DF ja 50DF. /5/ Kaasumoottorivalikoimaan kuuluu W31SG, W34SG ja W50SG. Numero W kirjaimen perässä tarkoittaa sylinterin halkaisijaa senttimetreinä. Moottoreita on saatavilla L-eli rivimallisina, missä sylinterit ovat yhdessä rivissä ja V-mallisina, jossa sylinterit ovat viistosti vierekkäin v:n mukaisesti. Numero ennen L/V-merkintää tarkoittaa sylintereiden lukumäärää. W32-rivimoottoreita on saatavilla 6- 7- 8- ja 9-sylinterisinä, V-moottoreita 12- 16- 18- ja 20-sylinterisinä. W34-rivimoottoreita on saatavilla 6- 8- ja 9-sylinterisinä, V-moottoreita 12- 16- ja 20-sylinterisinä. Esimerkiksi W9L34 tarkoittaa Wärtsilän yhdekänsylinteristä rivimoottoria, jonka sylinterien halkaisijat ovat 340 mm ja W12V32 tarkoittaa Wärtsilän 12 sylinteristä V-moottoria, jonka sylinterien halkaisijat ovat 320 mm. Kuvassa 1 Wärtsilä L32-rivimoottori.



Kuva 1. Wärtsilä L32-rivimoottori. /6/

4 MOOTTORIN VALMISTUS

W32/34- ja W31-moottoreita valmistetaan Vaasassa linjakokoonpanona pääkokoonpanossa ja solukokoonpanona pilottikokoonpanossa.

4.1 Pääkokoonpano

Pääkokoonpanossa on kaksi tuotantolinjaa, joissa kummassakin on seitsemän työvaihetta. Moottorit kootaan pääkokoonpanolinjalla liikuteltavien ilmatyynylautojen päälle, joilla moottorit siirretään vaiheelta toiselle.

Vaiheilla 1-4 tehdään pääosin mekaanisia asennustöitä, kuten kampiakselin, öljyaltaan, mäntien sekä muiden esikasattujen moduulien asennustöitä. Vaiheilla 5-7 tehdään mekaanisten asennustöiden lisäksi sähköitä, kuten anturien liittämisiä ja kytkemisiä moduulien välillä. Automaatiojärjestelmä ladataan ja testataan vaiheella 7.

Kun moottori on kulkenut linjan läpi, se nostetaan generaattoriasennuspaikalle, jossa moottori, kytkin ja generaattori liitetään toisiinsa yhteisen alustan päälle.

4.2 Pilottikokoonpano

Pilottikokoonpanossa moottorien valmistus tapahtuu solukokoonpanona. Pilottikokoonpanon tarkoitus on nimensä mukaan pilotoida uusia moottorimalleja sekä valmistaa erikoismoottoreita, jotka eivät vielä sovellu linjakokoonpanoon.

5 MODUULIEN VALMISTUS

Moduulitehtaalla valmistetaan alikokoonpanona moduuleita pääkokoonpanon ja pilottikokoonpanon tarpeisiin. Moduulitehdas koostuu kolmesta erillisestä osastosta, turbolinjasta, kotelopuolesta ja kansikokoonpanolinjasta. Moduulitehtaan alaisuuteen kuuluu myös turbopilotti ja kansipilotti. Turbo- ja kansipilotti sijaitsevat eri rakennuksessa kuin turbo- ja kansilinja ja niissä valmistetaan moduuleita solukokoonpanona pilottikokoonpanon tarpeisiin.

Moduulitehtaalla valmistettavissa moduuleissa automaatiotöitä tehdään turbolinjalla valmistettaviin W32/34-turbomoduuleihin, turbopilotissa valmistettaviin W31-turbomoduuleihin, kotelopuolella tehtäviin W32/34-dieselmootoreiden voiteluöljymoduuleihin ja W31-voiteluölymoduuleihin.

5.1 Turbolinja

Turbolinjalla valmistetaan W32/34-turbomoduuleita kuusivaiheisessa linjassa pääkokoonpanon ja pilottikokoonpanon tarpeisiin. Turbomoduulit rakennetaan liikuteltaville alustoille, joilla moduuleita liikutetaan vaiheelta toiselle.

Vaiheet 1-4 koostuvat pääosin mekaanisista asennustöistä, kuten turbohyllyn, jäähdyttimen, ilma- ja öljyjärjestelmien, turboahtimien ja eristepeltien asennuksesta.

Vaiheet 5-6 koostuvat automaation esivalmistelu- ja johdotustöistä sekä kylttien ja merkkien asennustöistä. Kuvassa 2 valmis rivimoottorin turbomoduuli.



Kuva 2. W6L34DFB-turbomoduuli.

5.2 Kotelopuoli

Kotelopuolella valmistettavia moduuleita ovat pumppukotelo, multimoduuli, polttoainemoduuli, starttijärjestelmä, ryntösäiliö, säätimen käyttölaite, voiteluöljymoduuli, ahtoilmamoduuli, hukkaportti, paineenalennuslaite, kaasuventtiili sekä pilottipumppu. Moduulit valmistetaan kotelopuolella solutuotantona erilaisiin nostopöytiin ja asennuspukkeihin.

5.3 AACH

Automaattisella sylinterikansiosakoonpanolinjalla valmistetaan kaikki W32/W34- ja W20-sylinterikannet. AACH-linjaan kuuluu pesuasema, kaksi koeponnistussolua, seitsemän välivarastoa ja neljä automaattista asemaa.

Automaattiasemia ovat maalausasema, tulppausasema ja kaksi venttiiliasemaa. Kansien kokoonpano on W20-kansien osalta jaettu seitsemään asemaan ja W32/34-kansien osalta kahdeksaan asemaan. W20-kansissa manuaalisia työvaiheita on kaksi ja automaattivaiheita viisi, W32/34-kansissa manuaalivaiheita on kolme ja automaattivaiheita viisi.

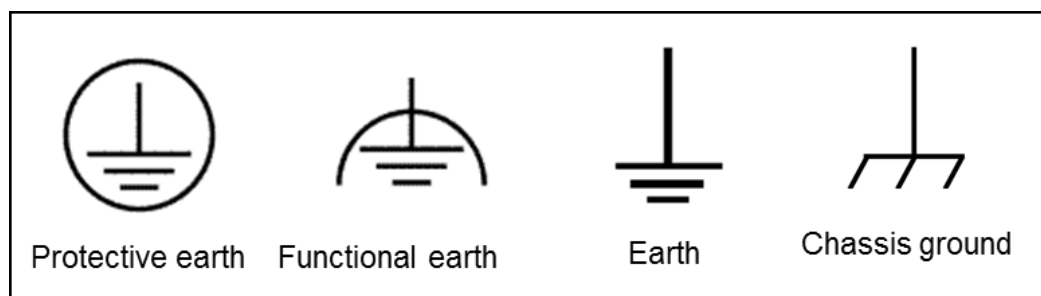
6 MAADOITUS

6.1 Yleistä

Maadoituksen tarkoituksena on vikatilanteessa toimia virran paluureittinä, joka sulkee virtasilmukan, jotta vikavirta ei ohjaudu maahan. Jos vikavirralla ei ole maadoituksen kautta reittiä takaisin lähteeseensä, se kulkeutuu johtavia rakenteita pitkin palatakseen takaisin lähteeseensä. /9/

Kaikki metalliset osat, jotka ovat alttiita sähkövirroille vikavirtojen, sähkö- ja sähkömagneettisten häiriöiden tai salamoiden vuoksi on maadoitettava. Kun laitteet on maadoitettu, potentiaaliero on pieni ja ylivirroille syntyy matala-impedanssinen reitti takaisin niiden lähteeseen. /9/

Sähkömagneettisella häiriöllä tarkoitetaan sähkömagneettista ilmiötä, joka voi heikentää laitteiston toimintaa. Sähkömagneettinen häiriö voi olla sähkömagneettinen kohina, muu kuin toivottu signaali tai muutos itse etenemisympäristössä. Sähkömagneettiset häiriöt vaihtelevat mikroampeereista ampeereihin ja taajuudet tasavirrasta satoihin GHz:eihin. Häiriöiden kestot vaihtelevat nanosekunneista vuosiin. Kuvassa 3 esitetyt käytettävät maadoitussymbolit. /9/



Kuva 3. IEC60417-2 mukaiset maadoitussymbolit. /9/

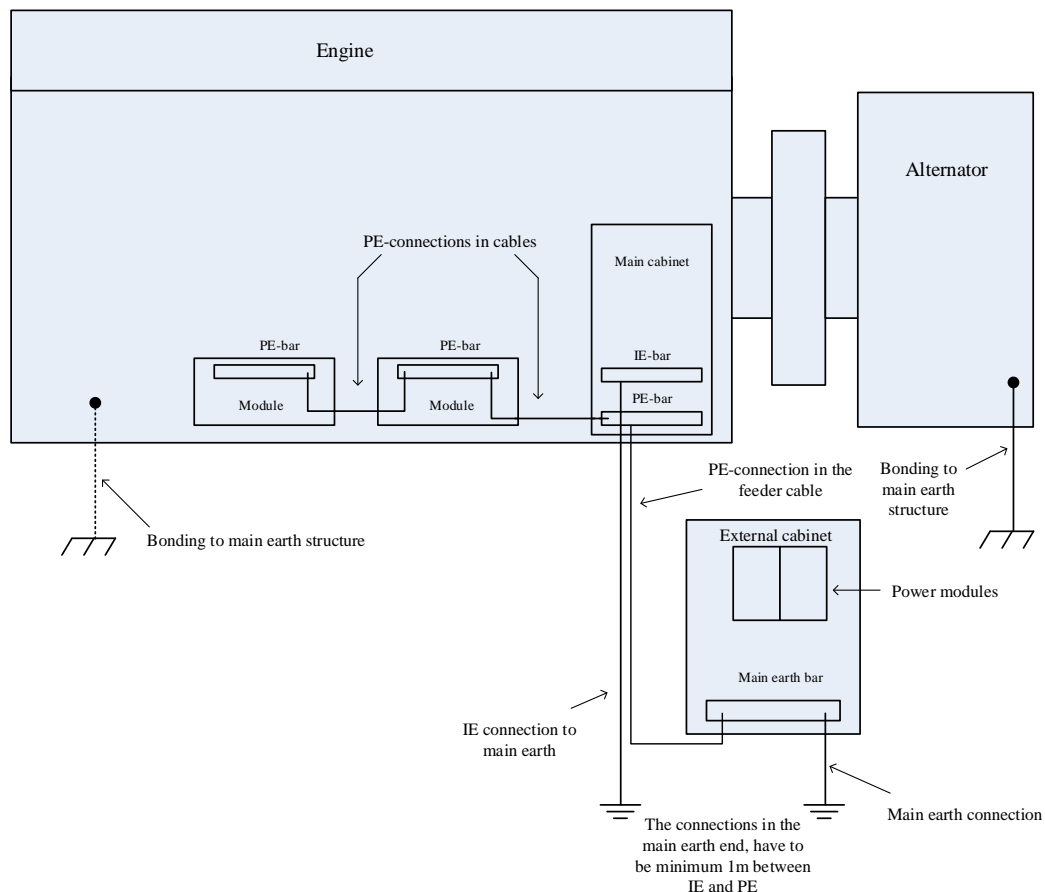
-Main Earth (päämaadoitus): Suuri johtava massa, jonka sähköpotentiaalina pidetään nollaa, esimerkiksi todellinen maa tai laivan runko. /9/

-Protective Earth (suojamaadoitus): Maadoitus ihmisten ja laitteiden suojaamiseksi sähköisiltä vaaroilta. /9/

-Instrumental Earth (instrumenttimaadoitus): Maadoituspotentiaalinvarmistamiseksi tehtävä maadoitus ja reitti mahdollisille meluvirroille. /9/

-Bonding (yhdistäminen): yhteys johtavien osien välillä, jotta kaikilla osilla sama potentiaali. /9/

Kuvasta 4 ilmenee erilaisten maadoitusten käyttö moottorissa.



Kuva 4. Moottorin maadoitus pääpiirteittäin. /9/

6.2 Suojamaadoitus ja yhdistäminen

Suojamaa eli PE toimitetaan aina syöttökaapelissa keltavihreän johtimen kautta. Kaikissa sähkölaitteissa, joiden jännite on vähintään 50 VAC tai 75 VDC, on oltava PE-liitäntä. Kytchentäkoteloidissa ja kaapeissa on oma PE-kisko, johon kaikki kotelon tai kaapin PE-johtimet yhdistetään. PE-kiskon on oltava suorassa metallikontaktissa kaapin kanssa, se on merkittävä PE-merkinnällä ja sijoitettava

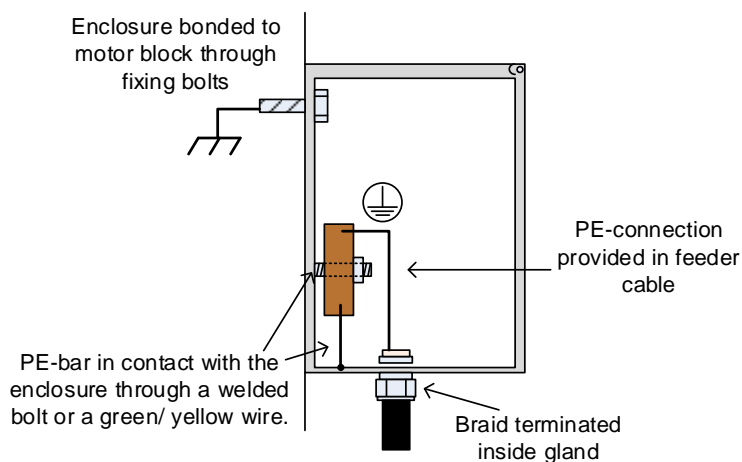
lähelle kotelon aukkoa. Kiskon on myös oltava hyvin näkyvässä, siinä on oltava liitin jokaiselle johtimelle ja siihen on päästävä käsiksi myös johtimien liittämisen jälkeen. Kuvassa 5 esimerkki keskuksen maadoituksesta. /9/

Suojamaadoitusta käytetään luokan 1 laitteiden kosketeltavien pintojen maadoittamiseen, vaikka nämä osat eivät normaalisti ole jännitteisiä, ne voivat muodostaa vaaran eristysvirheen seurauksena. /9/

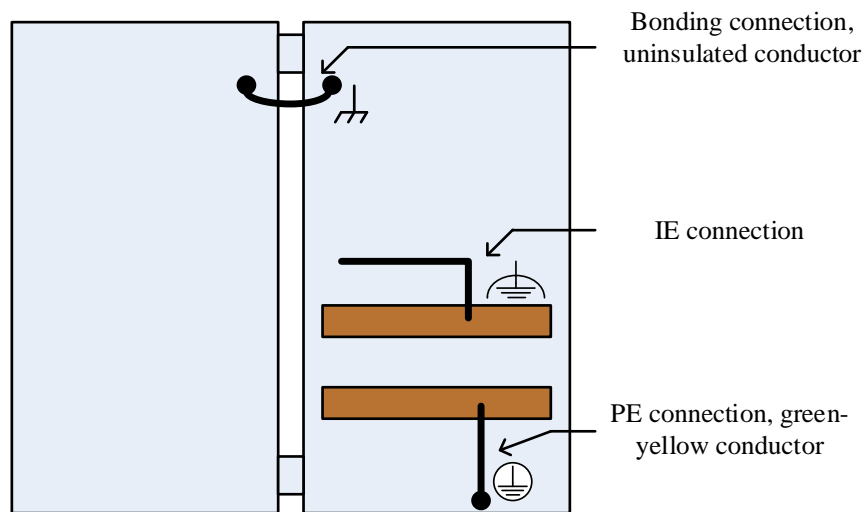
Maan ja rungon maadoitus luo lyhyen impedanssivapaan reitin häiriövirralle, joka virtaa suoraan alustasta takaisin häiriölähteeseen. /9/

Kaapelien punokset ja panssaroinnit liitetään kaapeliläpivientien sisälle kaapelin molemmissa päissä. /9/

Keskuksen ovi liitetään keskuksen runkoon eristämättömällä maadoitusliuskalla kuvan 6 mukaisesti. Liuskan tulee olla mahdollisimman lyhyt ja sen pituus-/leveysuhde saa olla korkeintaan 5:1. /9/



Kuva 5. Esimerkki keskuksen maadoituksesta. /9/

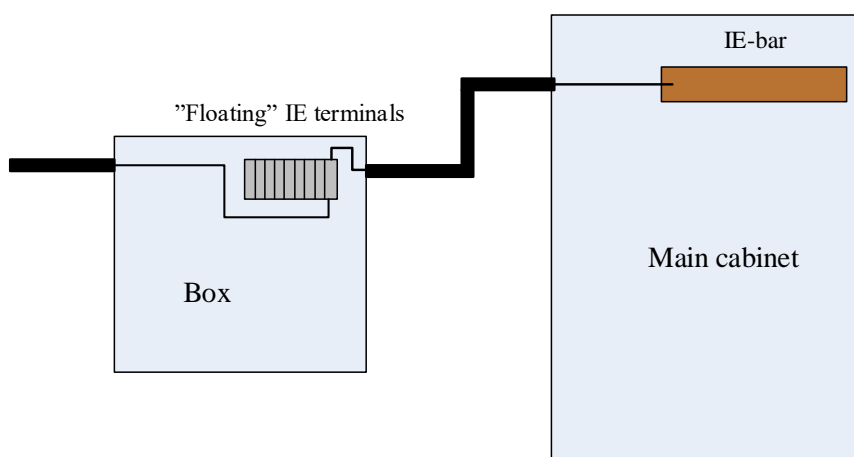


Kuva 6. Eri maadoituksia samassa keskuksessa. /9/

6.3 Instrumenttimaadoitus

Moottorin pääkeskuksessa on IE-kisko, joka on tarkoitettu instrumentti- ja tietoliikennekaapeleiden ylimääräisten johtimien päättämiseksi. /9/

Pääkeskukselta kytkentäkoteloiden läpi kulkevat kaapelit yhdistetään kytkentäkotelossa sijaitsevaan IE-terminaaliin kuvan 7 mukaisesti. IE-kisko tulee olla sijoitettuna lähelle kotelon aukkoa, se tulee olla hyvin näkyvillä ja siihen on päästävä helposti käskiksi kaapeleiden liittämisen jälkeen. /9/



Kuva 7. Ylimääräisten johtimien liittäminen IE-terminaaliin. /9/

Päämaadoituksen päässä PE- ja IE-liitosten väli tulee olla vähintään metri, jotta PE-järjestelmän viat eivät aiheuta jännitepiikkejä IE-järjestelmässä. /9/

6.4 Toiminnallinen maadoitus

Toiminnallista maadoitusta käytetään varmistamaan piirien ja järjestelmien oikea toiminta, tämä tarkoittaa jännitelähteiden yhteistä nollavolttitasoa. Toiminnallista maadoitusta ei saa käyttää suojamaadoituksena. Elektroniikalle tarkoitettu jännitelähteiden nollavolttitaso on galvaanisesti kelluva suhteessa suojamaadoitukseen tai moottorin runkoon. /9/

6.5 Kaapelireitit

Kaapelireittejä, kuten kaapelitikkaita, ei tarvitse erikseen suojamaadoittaa, jos ne ovat suorassa kiinteässä metallisessa yhteydessä moottorin runkoon. Jos kaapelitikas on eristettynä moottorin rungosta, esimerkiksi maalilla, tulee tikkaan molempien päiden ja rungon väliin asentaa erillinen yhdistysliuska. /9/

Signaalikaapelit tulee asentaa mahdollisimman lähelle moottorin runkoa ja mahdollisimman kauas laitteista, jotka luovat voimakkaan magneettikentän. Tällaisia laitteita ovat esimerkiksi voimalinjat, moottorit ja muuntajat. /9/

7 SÄHKÖMAGNEETTINEN YHTEENSOPIVUUS, EMC

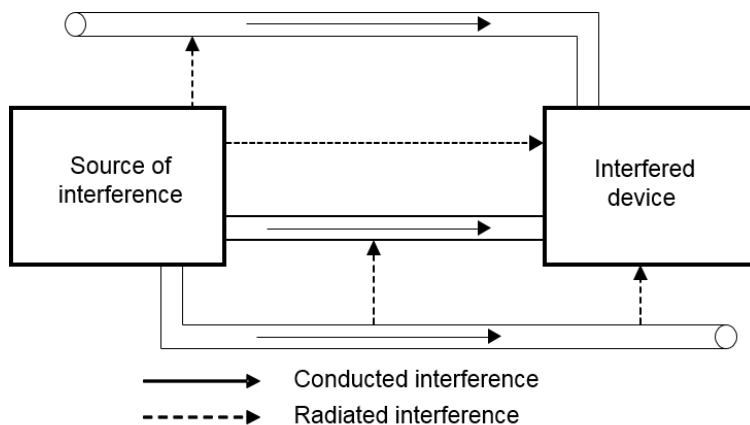
EMC eli sähkömagneettinen yhteensopivuus kattaa järjestelmän päästöt sekä immunitetin häiriöitä vastaan. Sähkömagneettinen yhteensopivuus määritellään seuraavasti, ”laitteen, instrumenin tai järjestelmän kapasiteetti toimia sähkömagneettisessa ympäristössään tyydyttävässä määrin ja ilman, että se itse tuottaa sähkömagneettista häiriötä lähistössä olevalle laitteelle tai elementille” . /10/ Toisin sanoen, järjestelmä on sähkömagneettisesti yhteensopiva, mikäli se täyttää seuraavat kolme kriteeriä:

- Se ei aiheuta häiriöitä muihin järjestelmiin
- Se ei ole alttiina muiden järjestelmien häiriöille
- Se ei aiheuta häiriöitä itselleen. /9/

7.1 Sähkömagneettiset häiriöt

Mitä tahansa sähkömagneettista toimintaa, mikä häiritsee sähköjärjestelmän normaalia toimintaa voidaan kutsua häiriöksi. Häiriöt voivat olla esimerkiksi sähkömagneettista kohinaa, digitaalisten tietojen korruptoitumista tai virtapiirien tuhoutumista. Jos häiriö on olemassa se tarkoittaa, että seuraavat kolme asiaa ovat olemassa; häiriön lähde, lähetysväline ja vastaanotin. /9/

Häiriö voi siirtyä esimerkiksi ohjaus-, tiedonsiirto- ja maadoituskaapeleiden, koteloiden tai loiskapasitanssin välityksellä tai säteilemällä ilman läpi. Kuvassa 8 esitettynä häiriöiden siirtymistavat. /9/



Kuva 8. Häiriöiden siirtymistavat. /9/

Sähkömagneettinen häiriö muodostuu potentiaalieron tuottamasta sähkökentästä ja magneettikenttä johtuu virran kulusta johtimissa. Mitä suurempi taajuus häiriöllä on, sitä helpommin se säteilee. EMC-standardeissa energian oletetaan johtuvan järjestelmästä toiseen alle 30 MHz taajuuksilla ja yli 30 MHz taajuuksilla siirtotavan oletetaan olevan säteily. /9/

Kaksi säteilevien päästöjen perustyyppiä on differentiaalitila (DM) ja yhteinen tila (CM). Yhteisen tilan säteily johtuu virran kulusta johtimessa. Säteilyn suuruutta säätelee virran taso, johtimen pituus sekä taajuus. Päästöjä voidaan vähentää minimoimalla kaapelin virta, pituus ja taajuus. Yhteisen tilan virrat aiheutuvat usein huonosta maadoituksesta tai ristikytkennästä. Differentiaalitilan säteily johtuu vaihtovirran kulusta pienen silmukan läpi. Silmukan säteily vaihtelee suhteessa virtaan. Sähkökentän suuruuden vuoksi yhteisen tilan säteily on suurempi ongelma kuin differentiaalitilan säteily. /9/

7.2 Häiriöiden lähteet

Sähkömagneettisten häiriöiden lähteet voidaan jakaa toiminnallisiksi ja ei-toiminnallisiksi, jotka periaatteessa viittaavat tahalliseen ja tahattomaan siirtoon. /9/

Toiminnallisia lähteitä ovat viestinlähettimet, generaattorit, matkapuhelimet, tutkan lähteet ja valmistusprosessit. /9/

Ei-toiminnallisia lähteitä ovat releet, kontaktorikelat, koskettimet liittimissä, autosytytys, loisteputket, hitsauslaitteet, sähköstaattiset purkaukset, staattiset muuntimet, kytkentätoiminnot suurjänniteverkossa, laitteet, joissa on kellotaajuusgeneraattori ja laitteet, jotka aiheuttavat äkillisiä jännite,- ja virtamuutoksia. /9/

7.3 Sähkömagneettiseen yhteensopivuuteen vaikuttavat tekijät

Tekijät, jotka vaikuttavat sähkömagneettiseen yhteensopivuuteen ovat jännite, taajuus ja maadoitus. /9/

Suurempi syöttöjännite luo suurempia jännitevaihteiluita ja päästöjä /9/.

Suurempi taajuus ja ajoittaiset signaalit tuottavat enemmän päästöjä. Korkeataajuiset digitaalijärjestelmät luovat virtapiikkejä, kun transistorit kytketään päälle tai pois. Analogiset järjestelmät luovat virtapiikkejä kuormitusvirtojen muuttuessa. /9/

Suurin osa sähkömagneettisen yhteensopivuuden ongelmista, riippumatta siitä, johtuvatko ne päästöistä tai herkkydestä, johtuvat huonosto tai vajaasta maadoituksesta. /9/

8 MOOTTORIN AUTOMAATIO EMC:N KANNALTA

8.1 Maadoittaminen

Kaikki jännitteettömät metalliosat tulee maadoittaa ja yhdistää toisiinsa automaatiolaitteita maadoitettaessa, jolloin kaikilla laitteilla on yhteinen maapotentiaali ja sähkömagneettisten häiriöiden vaikutus pienenee. /9/

Laitteiden maadoittaminen on välttämätöntä turvallisuuden varmistamiseksi, häiriöiden minimoimiseksi ja sähköstaattisten varauksien välttämiseksi. Matalataajuiset maadoitusjohtimet varmistavat yhtenäisen potentiaalilaitteilla, tämä lisää henkilöstön ja laitteiden turvallisuutta. 50/60 Hz maadoitusjohtimen impedanssi on pääosin resistiivinen, mutta korkeilla taajuuksilla induktanssi alkaa hallita ja radiotaajuudella jopa lyhyen johtimen induktiivinen impedanssi aiheuttaa ongelmia. /9/

Moottorissa käytetään monipiste-maadoitusjärjestelmää. Liitosten on oltava jäykkiä, jotta vältetään potentiaalierot järjestelmän maadoituspisteissä. Liitoksissa on käytettävä mahdollisimman lyhyitä matalaimpedanssisia maadoitusliuskoja, joiden leveys-/pituussuhteen on oltava mahdollisimman suuri. Kuvassa 9 esitettynä erilaisia maadoitusliuskoja. /9/

Maadoituksessa on otettava huomioon seuraavat asiat:

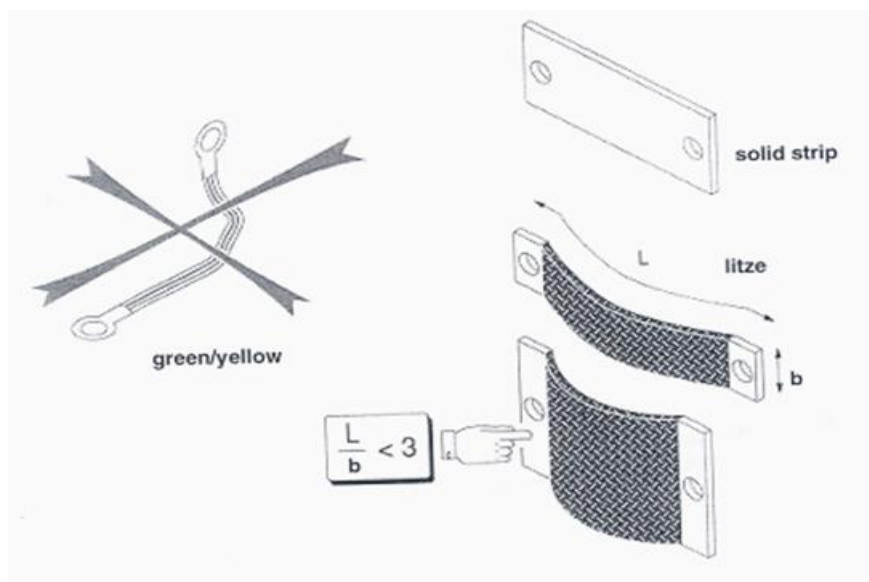
-Kaikki metallikomponentit tulee maadoittaa matalaimpedanssisilla maadoitusliuskoilla /9/

-Maalatuista ja anodisoiduista komponenteista tulee poistaa eristävä kerros maadoitusliitoksen kohdalta /9/

-Liitoskohdat on suojattava korroosiolta /9/

-Liikuteltavat komponentit, kuten keskusten ovet, liitetään käyttäen joustavia maadoitushihnoja /9/

-Toisistaan erillään olevat maadoituskomponentit yhdistetään suojajohdinjärjestelmään tähdessä, jotta vältetään maadoitussilmukoiden muodostuminen. /9/



Kuva 9. Maadoitusliuskat. /9/

8.2 Kaapeleiden maadoittaminen

Moottorissa kaapeloinnit suunnitellaan siten, että liitosten määrä on minimaalinen. Jos mahdollista, signaalien siirtämiseksi käytetään kaapeleita, joissa on punottu kaapelisuoja ja suuri peittoaste. Kaapelit ovat parikierrekaapeleita, jonka vuoksi induktiiviset häiriöt vähenevät merkittävästi, jolloin häiritsevien ja herkkien kaapeleiden käyttö samassa kaapelikanavassa on mahdollista. Kaapelirakenteen on mahdollistettava kaapelisuojien punosten oikeaoppinen päättäminen. /9/

Kaapelit tulee kiinnittää nippuihin kaapeliarinoiden tai kaapelikiinnikkeiden avulla ja ne voidaan jakaa ryhmiin signaalista riippuen. /9/

8.3 Kaapelisuojat

Kaikkien kaapeleiden vaipat tulee lähtökohtaisesti maadoittaa molemmista päistä 360 asteen maadoituksella paikallisiin EMC-maihin. Jos kaapelisuoja on maadoitettu vain toisesta päästä, saattaa maadoittamattomaan päähän syntyä suuri potentiaaliero. Toisesta päästä maadoittamaton kaapelin suojuus on myös hyödytön

ulkoisia korkean taajuuden häiriöitä vastaan. Molemmista päistä maadoitetut kaapelit ovat paremmin suojattuna sähkömagneettisia häiriöitä vastaan. /9/

Maadoitus kaapelin molemmista päistä toteutetaan käyttämällä 360 asteen EMC-läpivientejä. Herkkien signaalikaapelien paikallinen EMC-maa on yleensä siihen liittyvän sähkölaitteen suojattu kytkentäkotelo. /9/

8.4 Kaapelit

Kaapelit jaetaan neljään ryhmään:

- Erittäin alttiit häiriöille: analogiset signaalit, mittauskaapelit
- Alttiit häiriöille: Digitaaliset/kommunikaatiosignaalit, anturikaapelit
- Häiriön lähde: Ohjauskaapelit induktiivisille kuormille, kytkemättömät voimalinjat/sähköjohdot, yhdistämiset/liitokset
- Voimakas häiriön lähde: Muuntimien lähtökaapelit ja kytketyt virtapiirit

Tehokkain tapa välttää häiriöt herkissä kaapeleissa on pitää ne erillään toisistaan ja varmistaa kaapeleiden oikeaoppinen suojaus. /9/

Yleisesti kaapelit voivat olla pääsyy sähkömagneettisten häiriöiden siirtymiseen niin lähettäjänä kuin vastaanottajana. Molemmista päistä maadoitettu kaapeli on suojattu molemmissa tapauksissa. Suojatun kaapelin punottu vaippa suojaa myös kaapelia mekaaniselta hankaukselta, ympäristön kosteudelta ja roiskeilta. /9/

8.4.1 Parikierrekaapeli

Suojaamattoman kaapelin sähkömagneettisen yhteensopivuuden ominaisuuksia voidaan parantaa käyttämällä kierrettyä parikaapelia. Parikierretyssä kaapelissa johtimen paikka suhteessa häiriölähteeseen vaihtelee vuorotellen ja indusoitunut häiriö kumoutuu osittain. Kierretyt parit eivät anna suojaa sähkökenttiä vastaan. /9/

8.4.2 Toisesta päästä maadoitettu kaapeli

Toisesta päästä maadoitetun kaapelin häiriövirta johdetaan vain kaapelin maadoitetun pään kaapelisuojan kautta maahan. Toispuoleinen suojaus on tehokas ainoastaan lyhyissä kaapeleissa matalilla taajuuksilla. /9/

8.4.3 Molemmista päistä maadoitettu kaapeli

Molemmista päistä maadoitettu kaapeli on tehokkaampi suoja korkeilla taajuuksilla ja silloin kun sähkö- ja magneettikenttiä ilmenee samaan aikaan. On tärkeää minimoida johtimen ja maadoituksen välinen etäisyys. Mikäli maadoitus molemmista päistä ei ole mahdollista, voidaan kaapelin toinen pää maadoittaa kapasitaattorin kautta. Suojatut kaapelit ovat tehokas suoja magneetti- ja sähkökenttiä vastaan. /9/

8.5 Kotelot

Metalliset kytkentäkotelot antavat suojaa säteilemällä tapahtuvia häiriöitä vastaan. Oikein suunnitellulla keskuksella voidaan saavuttaa korkea vaimennustaso koko taajuusalueella. Kotelo, joka on täysin direktiivien mukainen, voidaan pitää Faradayn häkkinä säteilyä vastaan. Kaikki kotelon osat tulee liittää toisiinsa yhdistysliuskoilla. /9/

Koteloon asennettavat komponentit on jaoteltava niiden häiritsevyyden ja herkkyiden perusteella ja jos mahdollista, samassa kotelossa on vain saman tyyppisiä komponentteja. /9/

Suojattuja kaapeleita, jotka liitetään koteloon, pidetään osana Faradayn häkkiä, joten ne on maadoitettava 360 asteen yhteyden tarjoavilla EMC-kaapeliläpivienneillä. /9/

9 TURBON AUTOMAATIOPROSESSI

9.1 Nykyinen prosessi

Automaatiovalmistelu alkaa, kun turbomoduuli on tehty mekaanisesti valmiiksi, jonka jälkeen se siirretään työlinjalla sähköasennuspisteelle.

Aluksi MES-järjestelmästä aloitetaan työvaihe 5, automaatiöjärjestelmien esivalmistelu. Järjestelmästä avataan kyseisen vaiheen asennuskuvat, joista ilmenee mm. mitä kiinnikkeitä kyseisessä turbossa tulee käyttää ja mitä reittiä anturit tulee johdottaa.

Aluksi moduulin runkoon asennetaan kaapelikiinnikkeet anturointia varten, kiinnikevaihtoehtoina ovat joko kaapeliankkuri, kaapelipidike tai kaapelikisko. Kaapeliankkuria käytetään paikoissa, joissa samaan paikkaan kiinnitetään useampi kaapeli tai paikka on liian kuuma, että kaapeli voisi kulkea moduulin runkoa pitkin. Kaapelit kiinnitetään kaapeliankkuriin käyttäen metallisia nippusiteitä. Kuumissa paikoissa moduulin rungon ja kaapeliankkurin väliin lisätään holkki, joka irrottaa kaapelin rungosta. Kaapelipidikkeitä käytetään kiinnitettäessä yksittäisiä kaapeleita paikoissa, jotka eivät ole liian kuumia kaapelille. Kaapelipidikettä käyttäessä ei tarvita erillisiä siteitä, sillä kaapeli kiinnitetään moduulin rungon ja kaapelipidikkeen väliin. Kaapelikiskoja käytetään paikoissa, missä kaapeleita menee suuria määriä. Kaapelit kiinnitetään kiskoon käyttäen metallisia nippusiteitä.

Sähkökeskuksen kiinnitystä varten turbomoduulin pohjaan asennetaan keskuksen kannatin. Keskus kiinnitetään kannattimeen tärinänvaimennintassujen välityksellä. Turbomoduulin sähkökeskus on suurelta osin ennalta kytketty, minkä ansiosta kytkentätöitä on melko vähän. Kun keskus on kiinnitetty, se täytyy maadoittaa käyttäen erillistä maadoitusliuskaa. kannakkeesta tulee hioa maali pois ennen liuskan kiinnittämistä kannakkeeseen.

Keskuksessa valmiiksi kiinni olevat anturit on kiinnitetty rullalle nippusiteillä ja niiden päälle on laitettu muoviset pussit suojaamaan antureita kuljetuksessa. Kun keskus on kiinnitetty kannattimeen, suojapussit ja nippusiteet poistetaan ja kaapelit

suoristetaan. Seuraavaksi tarkastetaan työohjeesta mihin mikäkin anturi tulee asentaa ja mitä reittiä kaapeleiden tulee kulkea. Aluksi kaapeleita lähdetään viemään kohti niiden määränpäättä siisteissä nipuissa käyttäen muovisia nippusiteitä, sillä niitä käyttäen on helpompi luonnostella kaapeliniput ja niiden reitit. Kun kaikki anturien kaapelit on kiinnitetty työohjeen mukaisille paikoille, tulee anturit asentaa moduuliin työohjeen mukaisille paikoille, anturien kiinnitystapa vaihtelee anturikohtaisesti.

9.2 Anturit

Turbomodulissa käytettävät TE-lämpötila-anturit ovat joko PT100-vastuslämpötila-antureita tai termopareja.

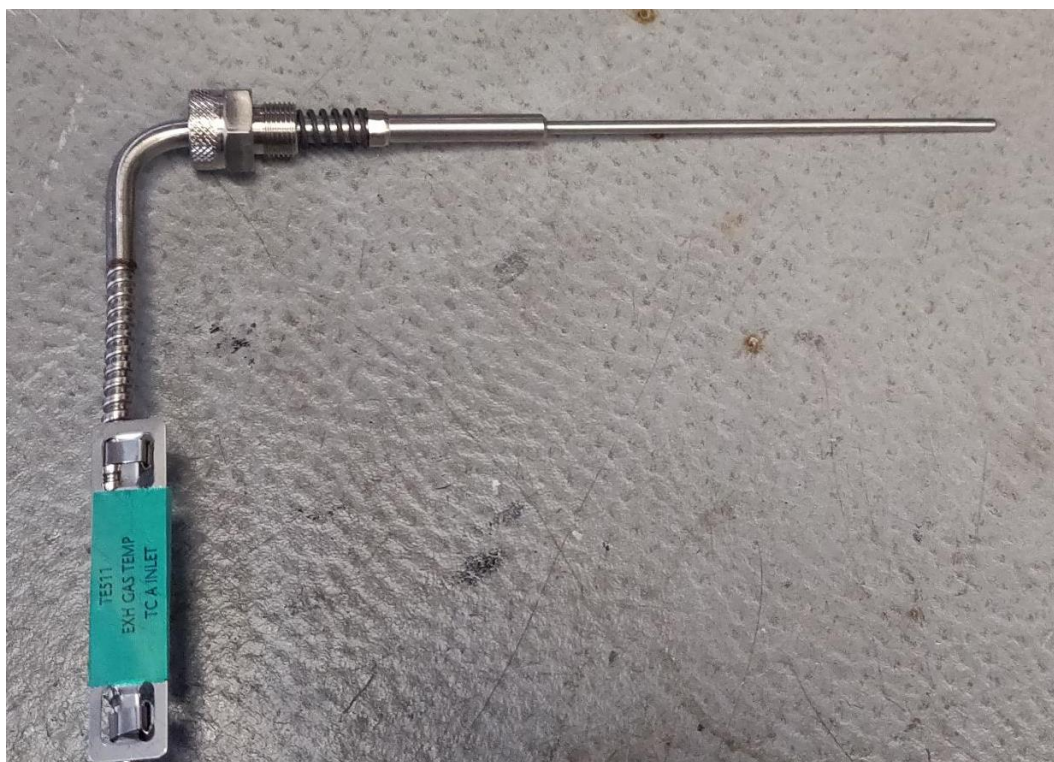
Vastuslämpötila-anturin toiminta perustuu siihen, että anturin mittauspää koskettaa mitattavaa materiaalia ja mittapään resistanssi muuttuu lämpötilan muutoksen seurauksena. PT100-anturit on tarkoitettu käytettäväksi $-40\text{ °C} \dots +150\text{ °C}$ lämpötiloissa ja niillä mitataan veden sekä öljyn lämpötiloja. Anturia ei liitetä suoraan mitattavaan pisteeseen, vaan mittapisteen välille täytyy asentaa teräksinen suojatasku, johon anturi kiristetään /7/. Kuvassa 10 esitettynä PT100-anturi.



Kuva 10. PT100-vastuslämpötila-anturi.

Termopari on kahden eri metallin liitoksessa syntyvään, lämpötilasta riippuvaan jännitteeseen perustuva lämpötila-anturi. Sitä käytetään mitattaessa pakokaasujen

lämpötiloja, sillä se soveltuu käytettäväksi huomattavasti korkeammissa lämpötiloissa kuin PT100-anturi. Anturia ei liitetä suoraan mitattavaan pisteeseen vaan mittapisteen välille täytyy asentaa teräksinen suojatasku, johon anturi kiristetään /7/. Kuvassa 11 esitettynä termoparianturi.



Kuva 11. Termoparianturi.

CV:t eli solenoidit ohjaavat venttiilejä. Anturit kiinnitetään moduulissa valmiiksi olevaan anturipohjaan, jossa on 70 mm pituinen ja halkaisijaltaan 20 mm paksuinen tappi, jonka päädyssä on kierteet. Anturi asetetaan tappiin siten, että tappi menee anturin reiän läpi. Seuraavaksi anturi kiristetään mutterilla, joka ruuvataan tapin ylijäävään osaan, jonka jälkeen tapin päähän asetetaan muovinen ”suojahattu”. Kuvassa 12 esitettynä solenoidi irrallisena ja kuvassa 13 asennettuna.



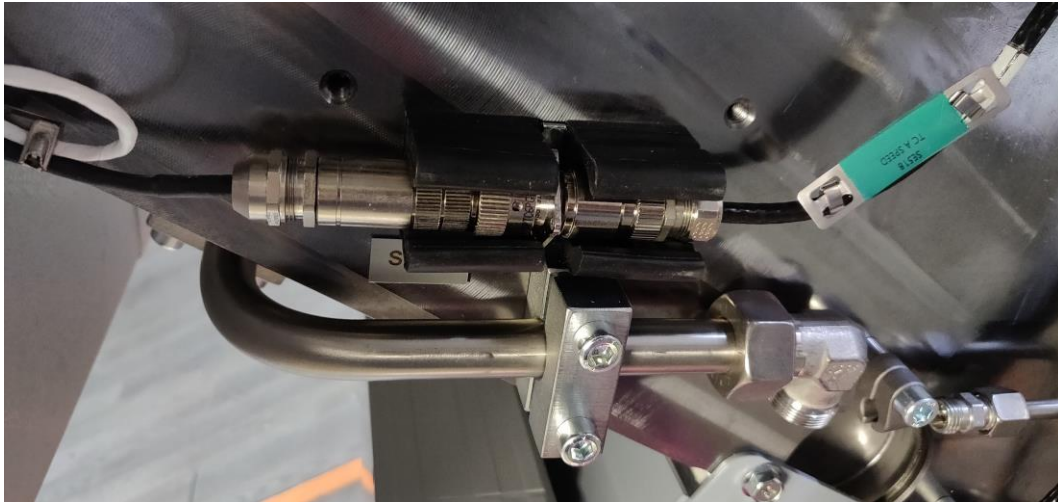
Kuva 12. Solenoidi.



Kuva 13. Solenoidi asennettuna.

SE- eli nopeusanturit ovat kaksiosaisia, lieriön muotoisia uros- ja naaraskappaleita, jotka kierretään kiinni toisiinsa. Kuvassa 14 nopeusanturin kappaleet kiinnitettynä toisiinsa. Naaraskappale on valmiiksi kytkettynä ahtimeen. Kun anturin molemmat päät on kiinnitetty toisiinsa, se asetetaan kumisen alustan sisälle. Kuminen alusta

kiinnitetään moduuliin. Alustan päälle asetetaan metallinen kansi, joka kiinnitetään metallisella nippusiteellä.

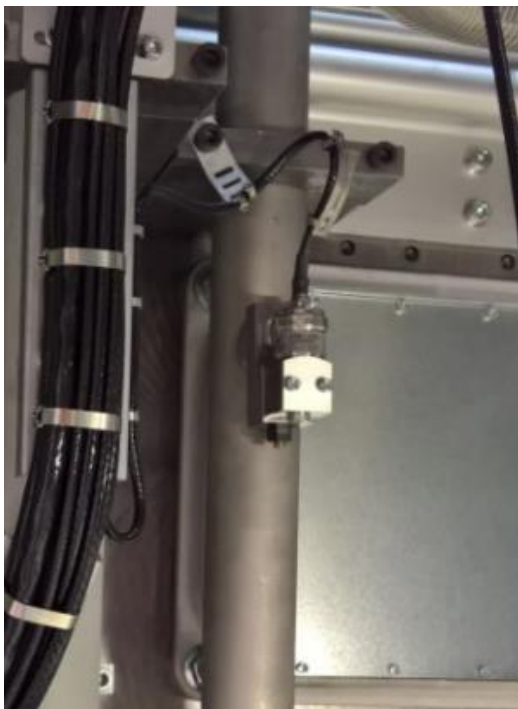


Kuva 14. Nopeusanturi kiinnitettynä.

PT-eli painelähetin toimii siten, että mitattava paine koskettaa lähettimen ulkoista mittauskalvoa, jonka seurauksena kalvo pullistuu paineen vaikutuksesta. Lähettimen sisällä oleva öljy siirtää paineen sisäiselle mittauskalvolle, jolloin mittauskalvon pinnalla olevat venymäliuskat venyvät kalvon pullistuessa. Venymä aiheuttaa resistanssin muutoksen, joka muunnetaan virtaviestiksi. /7/ Kuvassa 15 painelähetin ja kuvassa 16 painelähetin asennettuna.



Kuva 15. Painelähetin.



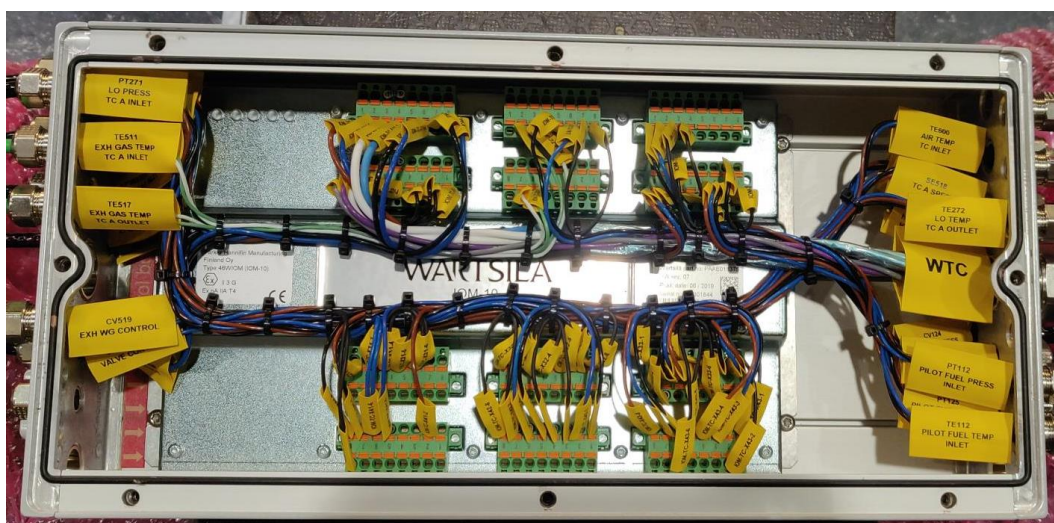
Kuva 16. Painelähetin asennettuna. /7/

Kun kaikki turbon sähkökeskuksesta lähtevät anturit ja niiden kaapelit on kiinnitetty, täytyy kaapelinippuihin liittää anturien kaapelit, jotka kiinnitetään turbomoduuliin, mutta joita ei ole valmiiksi kytketty sähkökeskukseen tai niitä ei kytketä turbon sähkökeskukseen. Kyseiset anturit ja niiden kaapelireitit tarkastetaan työohjeesta. Uudet kaapelit lisätään johtonippuihin metallisilla nippusiteillä, samalla korvaten muoviset nippusiteet. Jos anturi jätetään kytkemättä turbomoduulin sähkökeskukseen, se kääritään rullalle ja siihen merkitään mikä anturi on kyseessä.

Turbomoduulin sähkökeskuksessa on 12 numeroitua riviliitinpakkaa, joista jokaisessa on 8 numeroitua jousikiristeistä riviliitintä. Kytkettävät anturit tarkastetaan työohjeesta, jonka jälkeen kaapelit viedään keskuksen sisälle läpivientiholkin kautta. Kaapeleiden tarvittava pituus mitataan sen perusteella, mihin liittimiin johtimet kytketään jonka jälkeen ylimääräinen osa kaapelista leikataan pois. Kaapelin ulkovaippaan merkitään kohta, josta kaapelin ulkovaippa tulee kuoria. Kaapeli vedetään pois keskuksesta, jonka jälkeen kaapelin ympärille pujotetaan läpivientiholkin korkki ja kaapelin vaippa kuoritaan merkin kohdasta. Johtimien ympärillä on punottu metallinen suojakuori, joka katkaistaan 2 cm

pitäiseksi ja levitetään läpivientiholkin ympärille, jonka jälkeen ylimääräinen osuus suojakuoresta katkaistaan. Läpivienti yhdistää keskuksen ja kaapelin maadoituksen.

Seuraavaksi johtimien ympärille asetetaan pala kutistesukkaa, joka kutistetaan. Kutistesukka suojaa johtimia läpivientikohdan reunoilta. Johtimet pujotetaan keskuksen sisälle ja läpivientiholkki kiristetään keskukseen. Seuraavaksi johtimien ympärille pujotetaan kaapelimerkki, josta selviää mikä anturi on kyseessä. Yksittäisten johtimien päälle pujotetaan riviliitintunnus, josta ilmenee kyseisen johtimen määränpää. Johtimien päät kuoritaan ja holkitetaan. Johtimet kiinnitetään riviliittimiin painamalla. Kun kaikki johtimet on kytketty, kiinnitetään johdot keskuksen sisällä kulkeviin metallikiskoihin nippusiteillä. Kuvassa 17 tubomoduulin sähkökeskus.



Kuva 17. Turbomoduulin sähkökeskus.

Kun kaikki kytkennät on tehty, täytyy antureiden kaapelit merkata metallisilla kaapelimerkeillä mistä selviää anturin tunnus. Kaapelimerkit kiinnitetään metallisilla nippusiteillä 40 ± 10 mm päähän varsinaisesta anturista. Kaapelimerkkien lisäksi anturien asennuspaikkojen viereen täytyy asettaa kyltti, josta ilmenee anturin tunnus. Kylttien paikat ilmenevät työohjeesta.

9.3 Havaittuja ongelmia

Erilaisia turbopaketteja ja malleja on paljon ja niissä käytettävät anturit ja niiden reitit vaihtelevat. Työohjeet on usein piirretty jonkin tietyn turbomallin pohjalta, johon on lisätty muuttuvia lisävarusteita, jonka seurauksena dokumentit eivät usein vastaa todellisuutta. Anturoinnin yhteydessä asentaja joutuu usein miettimään mitä reittiä kaapelit kulkevat ja miten ne kiinnitetään. Tässä on ongelmana, että esimerkiksi saman projektin eri moottoreista ei välttämättä tule samanlaisia, sillä jokainen asentaja soveltaa oman näkemyksenä mukaan parhaalla tavalla. Tällöin asiakkaalle toimitettavat dokumentit eivät välttämättä vastaa todellisuutta, mikä saattaa muodostua ongelmaksi, esimerkiksi huoltotöitä tehtäessä.

Vanhoja vikailmoituksia tutkittaessa ilmeni, että yleisimmät ongelmat turbomoduulin sähköistykseen liittyen ovat anturikylttien, kaapelimerkkien sekä maadoitusliuskojen puuttuminen. Näiden komponenttien puuttuminen aiheuttaa seuraavan prosessin. Puutteen huomattuaan tarkastaja valokuvaa ongelmakohdan, etsii työohjeesta puuttuvan komponentin materiaalinumeron, selvittää puutteesta vastuullisen osaston työnjohtajan sekä luo SAP-järjestelmässä vikailmoituksen hänelle. Vikailmoituksen saatuaan työnjohtaja antaa puuttuvan komponentin materiaalinumeron logistiikan materiaalkoordinaattorille, joka etsii materiaalin varastopaikan, hakee komponentin varastosta sekä kuluttaa materiaalin SAPissa vikailmoitukselle. Kun materiaali on saatavilla, työnjohto selvittää missä moottori sijaitsee ja antaa materiaalin asentajalle, joka käy lisäämässä puuttuvan komponentin moottoriin. Lopuksi työnjohtaja kirjaa käytetyt työtunnit vikailmoitukselle ja kuittaa ongelman ratkaistuksi. Ongelmana prosessissa on, että nopean työvaiheen unohtuminen turbolinjalla saattaa aiheuttaa yhteensä jopa useiden tuntien työn eri osastojen välillä.

Asentajia haastateltaessa ilmeni ongelma myös valmiiksi kytkettyjen termoparianturien saapumistavassa. Alihankkija toimittaa turbomoduulin sähkökeskuksen pahvilaatikossa valmiiksi kytkettynä Wärtsilälle. Anturit on suojattu kuljetuksen ajaksi vaahtomuovilla, mutta termoparianturien herkan

rakenteen vuoksi vaahtomuovi ei anna juurikaan suojaa ja anturit pääsevät vääntymään helposti kuljetuksen aikana tai pakkausta purettaessa.

9.4 Parannusehdotukset

Työohjeiden korjaamiseksi ei ole yksiselitteistä tapaa, sillä työohjeissa ei ole johdonmukaisesti yhtä tiettyä ongelmaa, joka toistuisi aina. Parannusehdotuksena asentajille toimitetaan opaste poikkeamien tekemisestä MES-järjestelmään ja ohjeistetaan tekemään poikkeama aina havaittaessa virhe työohjeessa. Poikkeamien pohjalta prosessikehittäjät saavat tiedon ongelmista ja pystyvät tekemään yksittäisistä työohjevirheistä kuvamuutosehdotuksen suunnitteluosastolle.

Anturikylttien asentamisesta on jo käynnissä pilotointi projekti, jonka tarkoituksena on testata koko moottorin kaikkien liimattavien kylttien asentamista kootusti maalauksen jälkeen. Jos uusi toimintatapa todetaan toimivaksi, otetaan se käyttöön sarjatuotannossa, jolloin anturikylttejä ei enää asenneta turbolinjalla ja viat kylttipuutteiden osalta häviävät.

Uusien toimintatapojen käyttöönotto on kuitenkin hidas prosessi, joten ennen uuden toimintatavan käyttöönottoa turbolinjalla otetaan käyttöön tarkastuslista, jonka perusteella asentaja kiertää turbomoduulin ja merkitsee listaan siihen asennetut kyltit. Kylttien lisäksi samaan tarkastuslistaan lisätään kohta myös kaapelimerkkien sekä maadoitusliuskojen tarkastamiselle. Asentaja allekirjoittaa listan ja toimittaa sen osaston työnjohdolle. Ongelmana tarkastuslistassa on laaja valikoima erilaisia moottorimalleja, joiden anturivaihtoehdot vaihtelevat suuresti.

Erilaisia tarkastuslistavaihtoehtoja on kaksi, yleispätevä lista, jossa on eriteltyinä kaikki erilaiset anturivaihtoehdot ja niiden merkit sekä kyltit, toisena vaihtoehtona on projektikohtainen lista, joka luodaan erikseen työohjeen mukaisesti jokaiselle projektille.

Yleispätevän listan hyvänä puolena on sen luomisen ja ylläpitämisen vähäinen työ määrä, sillä lista täytyy tehdä vain kerran, jonka jälkeen se on käyttökelpoinen kaikissa projekteissa. Ongelmana kyseisessä listassa on, että siitä itsestään ei selviä

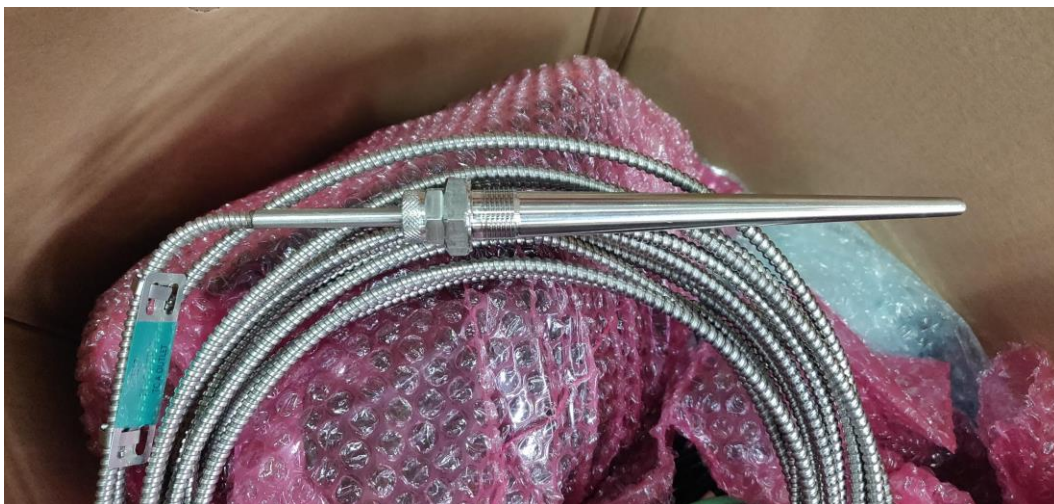
mitkä kyltit ja merkit moduuliin täytyy asentaa. Tällöin on olemassa mahdollisuus, että jonkin merkin tai kyltin puuttumista ei huomata.

Projektikohtaisen listan hyvänä puolena on sen helppokäyttöisyys asentajan näkökulmasta, sillä listalta löytyy ainostaan kyseisessä projektissa tarvittavat anturit, jolloin puutteiden huomioimatta jättäminen on epätodennäköisempää. Listan huonona puolena on sen tuottama ennakoivan työn määrä, sillä jokaisen moduulin tarkastuslista joudutaan luomaan erikseen projektikohtaisen työohjeen perusteella.

Termoparianturien ehjänä pysymisen varmistamiseksi ehdotetaan prosessinkehittäjälle, että anturitaskut kiinnitettäisiin jo sähkökeskuksen toimittajalla, jolloin anturit eivät pääsisi vääntymään kuljetuksessa tai pakkausta purettaessa. Kuvasta 18 ilmenee anturien nykyinen toimitustapa ja kuvasta 19 ehdotettu uusi toimitustapa.



Kuva 18. Termoparianturien nykyinen saapumistapa.



Kuva 19. Uusi ehdotettu toimitustapa.

10 VOITELUÖLJYMODUULIN AUTOMAATIOPROSESSI

10.1. Nykyinen prosessi

Voiteluöljymoduuli valmistetaan Wärtsilän tuotantotiloissa moduulitehtaalla kotelopuolella, sähkötyöt aloitetaan kun moduulin mekaaninen osuus on valmis. Nykyisen prosessin mukaan sähkötyöt aloitetaan hakemalla moduulin kaapelointi- ja kytkentäkuvat MES-järjestelmästä.

Aluksi kiinnitetään kytkentäkotelo moduulin runkoon käyttäen kumisia tärinänvaimennintassuja. Seuraavaksi kiinnitetään kaapeliankkurit kuvassa merkityille paikoille. Ankkureiden kiinnitysreiät on valmiiksi koneistettu moduulin runkoon.

Asennettavat paineanturit tarkastetaan kuvasta ja kiinnitetään painemittariventtiileihin kuusiokoloruuveilla. Seuraavaksi tarkastetaan kuvasta lämpöanturien paikat. Antureita ei asenneta suoraan moduulin vaan ne asennetaan anturitaskuihin. Tasku kiristetään mittapaikassa valmiiksi olevaan koneistettuun reikään, jonka jälkeen anturi kiristetään taskun sisäkierteisiin.

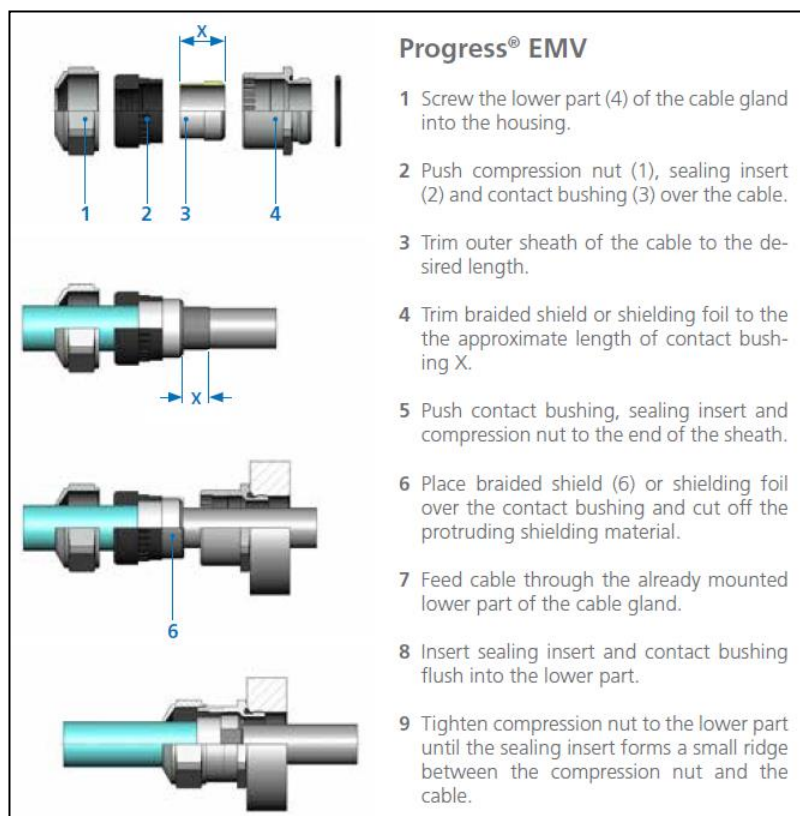
Seuraavaksi väyläkaapelin pituus tarkistetaan kuvasta ja leikataan kaapeli oikean mittaiseksi. Läpivientiholkin alaosa kiinnitetään kytkentäkoteloon ja muut läpivientiholkin osat pujotetaan kaapelin ympärille, kaapeli kuoritaan haluttuun mittaan ja kaapelia ympäröivä punottu metallinen suoja katkaistaan noin kahden sentin mittaan. Kuvassa 21 läpivientiholkin osat sekä käyttöohje. Punokset avataan ja levitetään läpivientihokin metallisen osan päälle siten, että punos yhdistää mahdollisimman hyvin metalliseen osaan, jonka jälkeen ylimääräiset säikeet katkaistaan. Punoksen alla oleva suojamuovi katkaistaan mahdollisimman lyhyeksi. Johdinparien ympärillä oleva folio katkaistaan kaapelin juuresta. maadoitusjohtimien ympärille asennetaan kutistesukkaa siten, että jokaisen kutistesukan sisälle tulee kolmen johdinparin maadoitusjohtimet, kutistesukat kutistetaan lämmittämällä. Seuraavaksi kaikkien johdinparien ja sukittettujen maadoitusjohtimien ympärille pujotetaan 8 cm pala kutistesukkaa, joka kutistetaan johtimien ympärille. Kuorittu kaapeli pujotetaan läpiviennin alaosan läpi ja

läpivientiholkin ”hattu” kiristetään sen ympärille. Kun kaapeli on kiinnitetty kytkentäkoteloon, merkitään kaapeli kaapelimerkillä, josta ilmenee kaapelin tunnus. Kytkentäkotelon sisällä on riviliitinpakka, johon johtimet kytketään. Maadoitusjohtimet katkaistaan oikeaan mittaan, holkitetaan ja kytketään maadoitusriviliittimiin. Väyläkaapelin numeroituihin johtimiin pujotetaan kytkentäkuvan mukaan riviliitintunnukset, johtimet katkaistaan oikeaan mittaan, holkitetaan ja kytketään kytkentäkuvan mukaan riviliittimiin. Johtimet kiinnitetään nippusiteillä kytkentäkotelon sisällä olevaan kiskoon. Kuvassa 18 väyläkaapeli kytkettynä voiteluöljymoduulin kytkentäkoteloon.



Kuva 20. Kytketty väyläkaapeli.

Kytkevät johtimet täytyy aina holkittaa, sillä johdinten kytkeminen ilman holkkia saattaa johtaa löysiin ja epävarmoihin liitoksiin.



Kuva 21. Kaapelin läpivientiholkki. /8/

Kuvista tarkastetaan väyläkaapelin suunniteltu reitti ja se kiinnitetään kaapeliankkureihin nippusiteillä. Kaapelin kytkemätön pää kääritään rullalle ja kaapeliin merkataan mikä kaapeli on kyseessä.

Seuraavaksi paine- ja lämpötila-antureiden kaapelit kiinnitetään nippusiteillä kaapeliankkureihin ja reititetään ne kytkentäkotelolle. Kun kaikki kaapelit on niputettu yhteen, korvataan muoviset nippusiteet metallisilla nippusiteillä.

Anturien kaapelit katkaistaan siten, että jokaiseen kaapeliin jää noin 30 cm kytkentävara, kuoritaan ja viedään kytkentäkotelon sisälle käyttäen metallisia läpivientiholkkeja, kaapeleiden punottu metallinen suojakuori katkaistaan ja levitetään läpivientiholkin päälle. Johtimien päälle pujotetaan noin kahden sentin pala kutistesukkaa, joka kutistetaan kuumentamalla. Seuraavaksi kaapeleihin ja

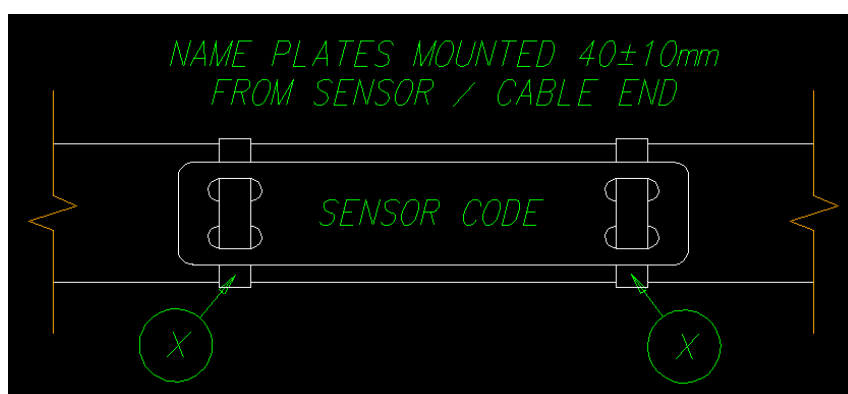
johtimiin asetetaan kaapeli- ja johdinmerkinnät, joista selviää anturien tunnukset sekä johtimien riviliitintunnukset.

Johtimet mitataan yksitellen oikean mittaisiksi, katkaistaan, kuoritaan, holkitetaan ja kytketään riviliittimiin. Lopuksi johdinreitit kytkentäkotelon sisällä siistitään nippusiteillä joko kiinnittämällä johtimet toisiinsa tai kytkentäkotelon sisällä olevaan kiskoon. Kuvassa 22 valmis voiteluöljymoduulin kytkentäkotelo.



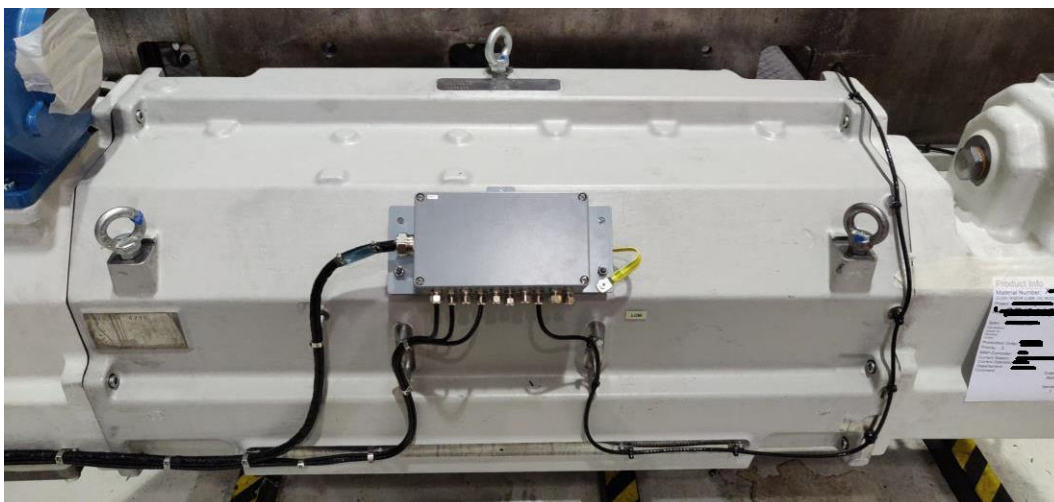
Kuva 22. Voiteluöljymoduulin valmis kytkentäkotelo.

Kun kaikki kaapelit ja anturit on kytketty ja reititetty, antureiden molempiin päihin ja väyläkaapelin kytkettyyn päähän asennetaan metallinen kaapelimerkki, josta selviää kyseisen anturin tai kaapelin tunnus. Kaapelimerkki asennetaan käyttäen metallisia nippusiteitä. Kuvassa 23 havainnoillistava kuva kaapelimerkistä.



Kuva 23. Kaapelimerkki. /8/

Lopuksi voiteluöljymoduulin runkoon kiinnitetään kaapelimerkit, joista ilmenee anturin tunnuksset. Merkkien paikat ilmenevät kaapelointikuvasta. Kuvassa 24 valmis voiteluöljymoduuli.



Kuva 24. Valmis voiteluöljymoduuli.

10.2 Havaittuja ongelmia

Voiteluöljymoduulin automaatioprosessia tutkittaessa ilmeni seuraavia ongelmia: Anturointikuvassa on ilmoitettuna anturien kaapeleiden pituuksiksi 6 metriä, mikä on kaapelin pituus, jolla anturi ostetaan alihankkijalta. Todellisuudessa kaapeli kytketään eri pituisena voiteluöljymoduulin kytkentäkoteloon. Koska kaapelien todellisia asennuspituuksia ei ole ilmoitettu, joudutaan kaikki kaapelit mittaamaan erikseen aina voiteluöljymoduulin anturointia tehdessä. Tämä on turha aikaavievä prosessi, jonka seurauksena myöskään valmis tuote ei ole aina samanlainen, tekijästä riippuen.

Kytchentäkotelosta ei myöskään löydy selkeää kaapelointikuvaa, jossa ilmoitettaisiin mistä läpiviennistä mikäkin anturi tulisi viedä kytkentäkotelolle. Tämän seurauksena myös järjestys, missä kaapelit menevät kytkentäkotelon sisälle vaihtelee, jolloin myös anturien kaapelien todelliset pituudet vaihtelevat.

Lämpötila-anturi TE482:n kaapelireitti on piirretty toisin kuin se todellisuudessa tehdään, joten myös sen pituus vaihtelee tekijästä riippumatta.

Väyläkaapelin pituudeksi on anturointikuvassa ilmoitettu seitsemän metriä, mutta pituus on todellisuudessa liian lyhyt eikä se riitä IOM-DE-keskukselle W9L-malleissa. Pääkokoonpanon ja moduulitehtaan sähköasentajat ovat sopineet keskenään, että väyläkaapeli leikataan kahdeksan metrin pituiseksi, mutta asiaa ei ole muutettu SAPIin, jonka seurauksena kaapelia kuluu varastosta todellisuudessa enemmän kuin järjestelmä näyttää, minkä seurauksena ostaja ei osaa tilata lisää kaapelia ajoissa. Jos kaapeli loppuu kesken, sen saaminen tuotantoon vie aikaa, mikä pysäyttää voiteluöljymoduulien valmistuksen ja pahimmassa tapauksessa viivästyttää koko moottorin valmistumista.

10.3 Ratkaisuehdotukset

Ongelmia lähdetään ratkaisemaan tekemällä suunnitteluosastolle kuvamuutosehdotus V2-voiteluöljymoduulin kaapelointikuvista. V2:ssa pyydetään anturin TE482 kaapelireitin muuttamista kuviin nykyisen toimintatavan mukaiseksi, myös WLOM-väyläkaapelin pituus pyydetään kahdeksaan metriin, jolloin saldoheittoja ei synny kyseisen materiaalin osalta.

Kun anturointikuva on saatu kuntoon, tehdään pyyntö saada voiteluöljymoduulin kytkentäkotelosta kytkentäkuva, josta ilmenee mistä läpivientireiästä mikäkin anturi tulee viedä kytkentäkotelolle.

Kun muutokset on saatu kuviin, valmistetaan yksi W9L-voiteluöljymoduuli nykyisen prosessin mukaan voiteluöljymoduulin runkoon. Kun moduuli on kaapeloitu ja kytketty, irrotetaan kytkentäkotelosta ja kaapelit moduulista ja mitataan kaapelien todelliset tarvittavat pituudet. Kun pituudet on mitattu, tehdään työopaste W9L-mallille. Työopasteesta ilmenee kunkin kaapelin todellinen pituus ja läpivienti, josta kaapeli tulee viedä kytkentäkotelon sisälle.

Kaapeleiden todellisia pituuksia ei voi merkata viralliseen työohjeeseen, sillä anturin kaapelin alkuperäinen pituus on sidoksissa materiaalinumeroon, jolla anturit ostetaan toimittajilta.

Seuraavaksi valmistetaan prototyyppi asennusjigistä, missä anturit pystytään kytkeä kytkentäkoteloon ennen sen liittämistä voiteluöljymoduulin runkoon. Jos kytkentäkotelon pystytään kytkemään ennen sen liittämistä moduuliin, voidaan projektikohtaisia valmiiksi kytkettyjä kytkentäkoteloita valmistaa etukäteen varastoon tasoittamaan vaihtelevaa kuormaa. Tällöin pienemmän kuorman aikana voidaan tehdä valmistettavaa työtä ja suuremman kuorman aikana aikaa säästyy valmiiksi kytketyn kytkentäkotelon ansiosta.

10.4 Korjaavat toimet

Suunnitteluosastolle tehtiin kuvamuutosehdotus anturin TE482 reitistä ja WLOM-väyläkaapelin pituudesta. Voiteluöljymoduulin kytkentäkotelon kytkennästä tehtiin työopaste, josta ilmenee kaapelien pituudet, kytkentäpituudet, kytkeminen, maadoittaminen ja läpivientien paikat.

Voiteluöljymoduulin kytkentäkuvasta eriteltiin materiaalit, joita tarvitaan sähköttöissä ja niille luotiin uusi aktiviteetti, joka mahdollistaa sähkökomponenttien vapauttamisen ja keräämisen tuotantoon irrallaan voiteluöljymoduulin muista komponenteista. Erillinen aktiviteetti mahdollistaa kytkentäkoteloiden valmistamisen etukäteen ennen varsinaista moduulin aloittamista.

Työopaste tehtiin ainoastaan W9L-mallille tuotanto-ohjelmasta johtuen, mutta valmiin pohjan avulla opaste on helppo tehdä myös muille malleille tulevaisuudessa.

11 LOPPUTULOS

Opinnäytetyön tavoitteena oli perehtyä moduulitehtaan nykyisiin automaatioprosesseihin, tutkia niissä ilmeneviä ongelmakohtia ja etsiä ratkaisuehdotuksia löydettyihin ongelmakohtiin. Työn rajaus oli haastavaa, sillä yksittäistä suurta ongelmakohtaa oli vaikea löytää, joten työ koostui muutamasta pienemmästä osasta. Erilaisten ohjeistusten ja ohjeiden löytäminen oli haastavaa, sillä ne eivät olleet koottuna saatavilla yhdestä paikasta, vaan kaikki dokumentit sijaitsivat eri järjestelmissä, joten materiaalin löytäminen oli aikaavievää ja työlästä.

Ongelmakohtia etsittiin tutkimalla vikailmoituksia SAP-järjestelmästä sekä haastatteleamalla asentajia ja työnjohtoa.

SAPilla ongelmia etsittäessä kävi ilmi, että ongelmat ovat hyvin yksilöllisiä ja projektikohtaisia. Tämän vuoksi oli haastavaa rajata yhtä tiettyä ongelmaa, jolle lähdetään etsimään ratkaisua. Ongelmat koskivat usein anturikaapeliin kulkureittejä, kaapeliin pituuksia, kylttien, merkkien tai maadoitusliuskojen puuttumista.

Asentajia haastatellessa todettiin ongelmien pääosin koskevan samoja asioita kuin vikailmoituksista löydettiin, mutta myös anturien saapumis- ja pakkaustavasta löydettiin puutteita. Työn aikana ilmeni myös, että voiteluöljymoduulin kytkennästä ei ollut olemassa työopastetta.

Työn tuloksena moduulitehtaalta saatiin käyttöön työopaste voiteluöljymoduulin kytkennästä, mikä mahdollistaa uuden prosessin, jossa kytkentätyöt voidaan tehdä irrallaan muusta moduulista. Uusi prosessi mahdollistaa ennakoivan työn tekemisen pienemmän kuorman aikana. Työhön vaadittava aika ei itsessään vähene, mutta se pystytään jakamaan tasaisemmin, jolloin ajankäyttö on tehokkaampaa. Turbolinjalla otettiin myös käyttöön tarkastuslista kylteille ja merkeille, mikä vähentää niistä syntyvien vikailmoitusten määrää, mikä puolestaan lisää tehokasta työaikaa uudistuotannossa.

LÄHTEET

/1/ Wärtsilä lyhyesti Viitattu 27.12.2018 <https://www.wartsila.com/fi/wartsila>

/2/ Wärtsilä vuosikertomus 2017 marine solutions Viitattu 27.12.2018
<http://www.wartsilareports.com/fi-FI/2017/ar/tama-on-wartsila/marine-solutions/>

/3/ Wärtsilä vuosikertomus 2017 energy solutions Viitattu 27.12.2018
<http://www.wartsilareports.com/fi-FI/2017/ar/tama-on-wartsila/energy-solutions/>

/4/ Wärtsilä Suomessa Viitattu 11.1.2019
https://wartsila.sharepoint.com/sites/compass-finland/finnish/wartsila_suomessa

/5/ Engines & Generating sets Viitattu 15.1.2019 <https://www.wartsila.com/products/marine-oil-gas/engines-generating-sets>

/6/ Wärtsilä 32 Viitattu 29.1.2019 <https://www.wartsila.com/products/marine-oil-gas/engines-generating-sets/diesel-engines/wartsila-32>

/7/ Automation design guide. Wärtsilä internal document

/8/ Electrical Installation Guide Engine Mounted Automation Systems. Wärtsilä internal document

/9/ EMC and Earthing guide. Wärtsilä internal document

/10/ EMC Directive 2014/30/EU