



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mikko Kurki

DIESELVOIMAYKSIKÖN
GENERAATTORIN
AUTOMAATIOASENNUSTEN
PARANTAMINEN JA
TYÖNTUTKIMINEN

Tekniikka ja liikenne
2009

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö on tehty Vaasan ammattikorkeakoulun sähkötekniikan koulutusohjelmassa. Työn toimeksiantaja oli Wärtsilä Finland Oy, Vaasan toimiyksiköstä.

Työni valvojana on toiminut Wärtsilä Finland Oy:n puolesta W20-tuotantotehtaan johtaja Tomi Vuollet. Ohjaajana on Vaasan ammattikorkeakoulusta toiminut lehtori Aarre Perälä, kiitokset heille.

Vaasassa 10.12.2009

Mikko Kurki

SISÄLLYS

ALKUSANAT	2
KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET.....	5
1 JOHDANTO	7
2 WÄRTSILÄ OYJ.....	8
2.1 Ship Power.....	9
2.2 Services.....	9
2.3 Power Plants	9
2.4 Wärtsilän arvot.....	10
2.5 Wärtsilä Finland Oy.....	10
3 TAVOITE JA TOTEUTUS	12
3.1 Opinnäytetyön tavoite.....	12
3.2 Opinnäytetyön toteutus.....	12
4 JÄRJESTELMÄ.....	13
4.1 Mittaukset ja IOM- elektroniikkayksikkö	13
4.1.1 Lämpötilan mittaus.....	13
4.1.2 Paikan ja asennon mittaus	14
4.1.3 CAN- paikallisväylä.....	14
4.2 UNIC-C2-järjestelmä.....	16
4.2.1 Järjestelmän rakenne	16
5 TYÖNTUTKIMUSMENETELMISTÄ.....	19
5.1 Yleistä työntutkimuksesta.....	19
5.1.1 Työntutkimus	19
5.2 Työmittausmenetelmät	20
5.2.1 Yleistä työmittausmenetelmistä	20

5.2.2 Mittaustehtävän rajaus ja tavoitteiden asettaminen	21
5.2.3 Työmittaustavan valinta.....	22
5.2.4 Työmittaustapahtuman vaiheet	22
5.2.5 Työajan jakaminen	23
5.2.6 Työmittausmenetelmät.....	24
6 GENERAATTORIN SÄHKÖISET ASENNUKSET	28
6.1 Yleistä generaattorin sähköisen asennuksen tutkimisesta	28
6.2 Sähköasennukset.....	28
6.2.1 Sähköasennukset liitteisiin 1-9 perustuvasta vaiheistuksesta.....	29
6.2.2 Työhön tarvittavat työkalut.....	30
6.3 Ongelmien kartoitus.....	30
6.3.1 Ratkaisut ja päätelmät	35
6.4 Työhön käytetyn ajan määrittäminen	36
6.5 Generaattorityypit joihin asennetaan IOM- moduuli.....	39
6.6 Varaus UNIC C1-automaatiojärjestelmässä IOM- moduulille	41
6.7 Jatkotutkimusehdotuksia.....	42
7 YHTEENVETO	43
LIITTEET	44
LÄHTEET.....	45

KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

A- sivu	moottorin vasen sivu vauhtipyörän päästä katsottuna
B- sivu	moottorin oikea sivu vauhtipyörän päästä katsottuna
CAN- väylä	controller Area Network, hajautettujen ohjausjärjestelmien reaaliaikaiseen tiedonsiirtoon suunniteltu tiedonsiirtoväylä.
Damper	kuminen tärinänvaimennin, jossa kummassakin päässä 8 mm:n kierteelliset tapit.
ESM	Engine Safety Module, UNIC-järjestelmissä käytetty turvamoduuli, joka valvoo moottorin tärkeimpiä lämpötila-, paine- ja nopeustietoja ja suorittaa pysäytystoiminnot tarvittaessa.
EMC	(Electromagnetic Compatibility) sähkömagneettinen yhteensopivuus
Generaattorisolu	työpiste jossa asennetaan generaattori moottorialustalle.
IOM	input/output module, UNIC C2- järjestelmissä mittaukset johdotetaan IOM- moduuleihin
Joutuisuus	on normaalityösuorituksen ja todellisen työsuorituksen välinen suhde. Jos suhde on 1,00 työskentelee henkilö tai henkilöt normaalisti.
Kellotus	työhön käytettävän ajanotto kellolla
LCP	Local Control Panel, UNIC- järjestelmien keskuksissa käytettävä paikallisohjauspaneeli.
LDU	Local Display Unit, UNIC- järjestelmien keskuksissa käytettävä paikallisnäyttö.
L- moottori	yhdessä rivissä olevat sylinterit

L1- vaihe	käämin 1- vaihe
L2- vaihe	käämin 2- vaihe
L3- vaihe	käämin 3- vaihe
MCM	Main Control Module, UNIC- järjestelmissä käytetty nopeudensäätömoduuli
P- clamp	johdinpidike, jossa kuminen liuska
PDM	Power Distribution Module, UNIC-järjestelmissä käytettävä virransyöttömoduuli
Product specification	moottorierittely, johon on koottu kaikki moottoriin sekä generaattoriin tarvittavat dokumentit
Terässideankkuri	johdinsiteille tarkoitettu ankkuri, johon terässide laitetaan kiinni
Työntutkimus	työntutkimuksen päämääränä on parantaa työn tuottavuutta. Työntutkimuksella voidaan tutkia yksittäisen työntekijän ajankäyttöä ja työn tekemistä.
UNIC	Wärtsilä Unified Controls, moottorin valvonta- ja ohjausjärjestelmä
V- moottori	Kahdessa rivissä olevat sylinterit muodostavat v-muotoisen kokonaisuuden.
W6L32	6- sylinterinen Wärtsilä L- moottori
W12V32	12- sylinterinen Wärtsilä V- moottori
W32	Wärtsilä 32- moottori

1 JOHDANTO

Tämä työ perustuu Wärtsilä Finland Oy:n Vaasan tuotetehtaassa valmistettavien W32- moottoreiden dieselvoimayksikön generaattorin automaatioasennuksen tutkimiseen. Aikaisemmin ei ole ollut kovin paljon tietoa generaattoreiden automaatioasennuksista kuin alihankkijalla. Alihankkijan työnkuvaan on tällä hetkellä kuulunut generaattoreiden sähköistäminen ja tämä työ antaa muille tarvittavan tiedon kyseisestä työnkuvasta.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli dieselvoimayksikön generaattorin automaatioasennusten parantaminen ja tutkiminen. Lisäksi tavoitteena oli saada työntutkimustuloksia seuraavia moottoriprojekteja varten.

Tämän työn alkuosassa on Wärtsilä Finland Oy:n yleisesittely, jonka jälkeen käsitellään tavoitteet ja työn toteutus. Keskiosassa käsitellään automaatiojärjestelmän ja työntutkimusmenetelmien teoriaosuutta. Työn lopussa tilastoidaan ja analysoidaan työntutkimusmenetelmät ja selvitetään tulokset. Lopussa selvitetään myös IOM-moduulille vaihtoehtoista paikkaa muissa automaatiojärjestelmissä ja esitetään muutamia jatkotutkimusehdotuksia.

2 WÄRTSILÄ OYJ

Wärtsilä on edelläkävijä merenkulun ja energia-alan laitteiden, ratkaisujen sekä palvelujen toimittajana. Wärtsilän ratkaisut tukevat asiakasyritysten liiketoimintaa tuotteen koko elinkaaren ajan. Wärtsilä kehittää teknisiä sovelluksia, joista hyötyvät sekä asiakkaat että ympäristö. Innovatiivisten tuotteiden ja palvelujen avulla Wärtsilä tavoittelee kaikkien asiakkaittensa arvostetuinta yhteistyökumppanuutta. Tämän tavoitteen saavuttamiseksi lähes 19.000 ammattilaista työskentelee 160 toimipisteessä lähes 70 maassa. Wärtsilä Oyj:n pääliiketoiminnan muodostavat, kuvan 1 mukaisesti, kolme Power-toimintaa, jotka ovat Ship Power, Service ja Power Plants. /1/

Konsernin avainlukuja vuodelta 2008 /1/

- liikevaihto 4612 milj. euroa, josta Service-liiketoiminnan osuus liikevaihdosta oli 40 %:a, Ship Powerin osuus 33 %:a ja Power Plants-liiketoiminnan osuus 27 %:a.
- tilauskanta kauden lopussa 6883 milj. euroa
- tilauskertymä 5573 milj. euroa.



Kuva 1. Wärtsilän strategia /2/

2.1 Ship Power

Wärtsilä on laivojen voimaratkaisujen, laivasuunnittelun, moottoreiden, aggregaattien, alennusvaihteiden, propulsiolaitteistojen, automaatio- ja voimansiirtojärjestelmien sekä tiivisratkaisujen toimittaja. Asiakkaina ovat maailmanlaajuisesti ja paikallisesti johtavia yrityksiä, jotka toimivat kauppaa-, offshore- ja risteilyalusten ja lauttojen, merivoimien sekä erikoisalusten segmenteillä. Wärtsilällä on vahva markkina-asema kaikilla merenkulun pääsegmenteillä arvostettuna koneistojen ja järjestelmien toimittajana. /1/

2.2 Services

Wärtsilä tukee asiakkaita toimitetun järjestelmän koko elinkaaren ajan optimoimalla laitteiston hyötysuhdetta ja suorituskykyä. Service tarjoaa alan laajimman valikoiman ja parhaat palvelut sekä laivoihin että voimaloihin. Kaikki asiakkaat hyötyvät asiantuntevasta, merkkiriippumattomasta palvelusta, jota on saatavana läheltä, nopeasti ja ympäristöystävällisesti. /1/

2.3 Power Plants

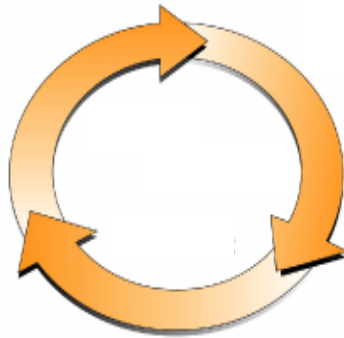
Wärtsilä on johtava voimalaratkaisujen toimittaja hajautetun energiantuotannon markkinoilla. Ratkaisut kattavat perusvoimantuotannon, sähköverkon vakaaseen toimintaan ja kuormitushuippujen tasaamiseen tarkoitettua voimalat, teollisuuden oman energiantuotannon sekä öljy- ja kaasuteollisuuden tarpeet. /1/

2.4 Wärtsilän arvot

Wärtsilän arvot on tehty kuvaamaan kuinka henkilöstön tulisi asennoitua työn tekemiseen. Arvot (energia, erinomaisuus ja innostus) on kuvattu jatkuvakiertoiseksi ympyräksi (Kuva 2).

ENERGIA

Tartu tilaisuuteen ja pane toimeksi



ERINOMAISUUS

Tee asiat paremmin kuin kukaan muu alalla

INNOSTUS

Tue avoimuutta, kunnioitusta ja luottamusta

Kuva 2. Wärtsilän arvot /3/

2.5 Wärtsilä Finland Oy

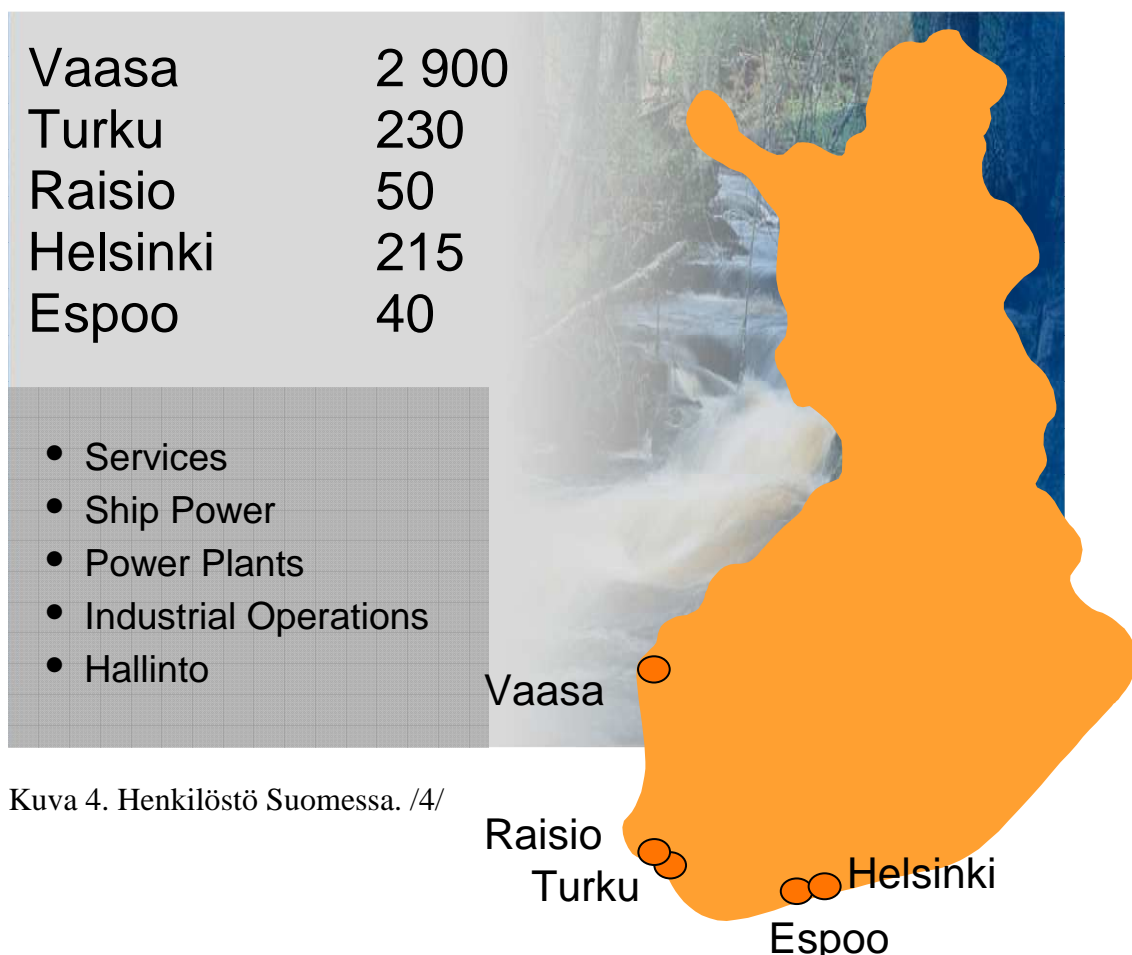
Wärtsilä Oyj Abp:n tytäryhtiö Wärtsilä Finland Oy on konsernin tuotantoyksikkö Suomessa. Yhtiöllä on toimintaa Vaasassa, Turussa, Raisiossa, Espoossa ja Helsingissä. Kuten alla olevasta kuvasta näkyy Wärtsilä Finland Oy:n päätuotteita ovat Vaasassa valmistettavat keskinopeat Wärtsilä 20-, Wärtsilä 32- ja Wärtsilä 34SG – moottorit (Kuva 3). /1/

	WÄRTSILÄ 20	WÄRTSILÄ 32	WÄRTSILÄ 32DF	WÄRTSILÄ 34SG
Cylinder bore	200 mm	320 mm	320 mm	340 mm
Piston stroke	280 mm	400 mm	350 mm	400 mm
Speed	900 - 1000 rpm	720 - 750 rpm	720 - 750 rpm	720 - 750 rpm
Mean eff. pressure	18.7 - 28.0 bar	23.3 - 22.9 bar	19.8 - 19.9 bar	20.0 - 19.8 bar
Piston speed	8.4 - 9.33 m/s	9.6 - 10.0 m/s	8.4 - 8.75 m/s	9.6 - 10.0 m/s
Output	548 - 1800 kW	2700 - 8280 kW	2010 - 6300 kW	6960 - 9000 kW
Fuel specification	Fuel oil	Fuel oil	Fuel oil, Natural gas	Natural gas

Kuva 3. Vaasassa valmistettavat moottorit. /1/

Wärtsilä Finland Oy:n palveluksessa oli 2008 vuoden lopussa lähes 3500 henkilöä, joista lähes puolet työskenteli moottorin valmistuksen parissa (Kuva 4).

/1/



Kuva 4. Henkilöstö Suomessa. /4/

3 TAVOITE JA TOTEUTUS

3.1 Opinnäytetyön tavoite

Opinnäytetyön tavoitteeksi asetettiin generaattorisolussa asennettavien sähköttöiden työajan pituuden mittaus käyttämällä työntutkimusmenetelmiä sekä alihankkijan työnmenetelmien selvittäminen. Työn tuloksena saadaan selville kuinka kauan tietyt työvaiheet kestävät eri osa-alueilla ja niiden pohjalta voidaan tehdä alustavat työntutkimusraportit valmiiksi tulevia projekteja varten. Tämän kautta pystytään kontrolloimaan alihankkijan laskutusta työstä ja informointi työajoista sujuisi varmemmin. Tämän pohjalta voidaan paremmin kehittää ja parantaa työtä joustavammaksi.

Eri valmistajalta tulevia generaattorityyppejä käytetään moottoreissa laajalti. Tämän työn aikana tuli kolmen valmistajan generaattorityyppejä, joista yhtä ehdittiin tutkia tarkemmin ja muita vertailtiin teoriassa. Näiden projektien aikana saatiin paljon materiaalia taltioitua ja tämä mahdollisti työntutkimuksen eri menetelmien pohtimisen.

3.2 Opinnäytetyön toteutus

Työn aloitusvaiheessa oli hankittava tietoa generaattorin jo olemassa olevista dokumenteista ja haastatella alihankkijoita, jotka tekevät kyseisen työn tällä hetkellä. Kaikki kyseiset kytkentä- ja asennuskuvat löytyvät Wärtsilän sisäisistä dokumenteista moottorierittelystä (product specification). Niistä tutkittiin kaikkien kytkentä ja asennuskuvien puutteet ja ajantasaisuus.

Opinnäytetyön yhtenä työvaiheena on työnmittausmenetelmien tutkiminen eli tässä yhteydessä on käytetty normaaliaikatutkimusmenetelmää ja jatkuvaa ajankäyttötutkimusta.

Työn aikana tutkitut moottorit olivat UNIC C2- automaatiojärjestelmiä joiden rakenne selviää kappaleessa 4.2. Opinnäytetyön loppuosassa käydään läpi IOM-moduulin varaus UNIC-C1:een ja lopuksi esitetään muutamia jatkotutkimusehdotuksia.

4 JÄRJESTELMÄ

Tässä osuudessa käsitellään generaattorin antureiden toiminnallisuutta. Anturit ovat yksi osa IOM- moduuliin kytkettävistä komponenteista. Generaattorissa antureiden määrä voi vaihdella kolmesta seitsemään anturiin. Tämän luvun lopussa käsitellään hieman UNIC-C2-järjestelmän rakennetta.

4.1 Mittaukset ja IOM- elektroniikkayksikkö

Seuraavassa käsitellään generaattorin B3A- ja B3B:n keskuksiin valmiiksi valmistajalta asennettuja antureita joihin tuodaan kaapelit IOM- moduulista.

4.1.1 Lämpötilan mittaus

Lämpötilan mittauksessa käytetään Pt100-vastusanturia. Teollisuudessa yleisimmin käytössä oleva vastusanturi on Pt100-platinavastusanturi. Vastusanturien kestävyyttä parantavana resistanssimateriaalina käytetään platinaa kemiallisten aineiden haitallisuuksia vastaan, hyvien sähköominaisuuksien ja helpon käsiteltävyyden takia. Pt100-anturin nimellisarvo on 100 Ω lämpötilan ollessa 0 °C (Taulukko 1). /5/

Taulukko 1. PT100-anturin resistanssi eri lämpötiloissa

Lämpötila °C	Resistanssi Ω
-50	80,31
0	100
50	119,4
100	138,5
150	157,31
200	175,84

4.1.2 Paikan ja asennon mittaus

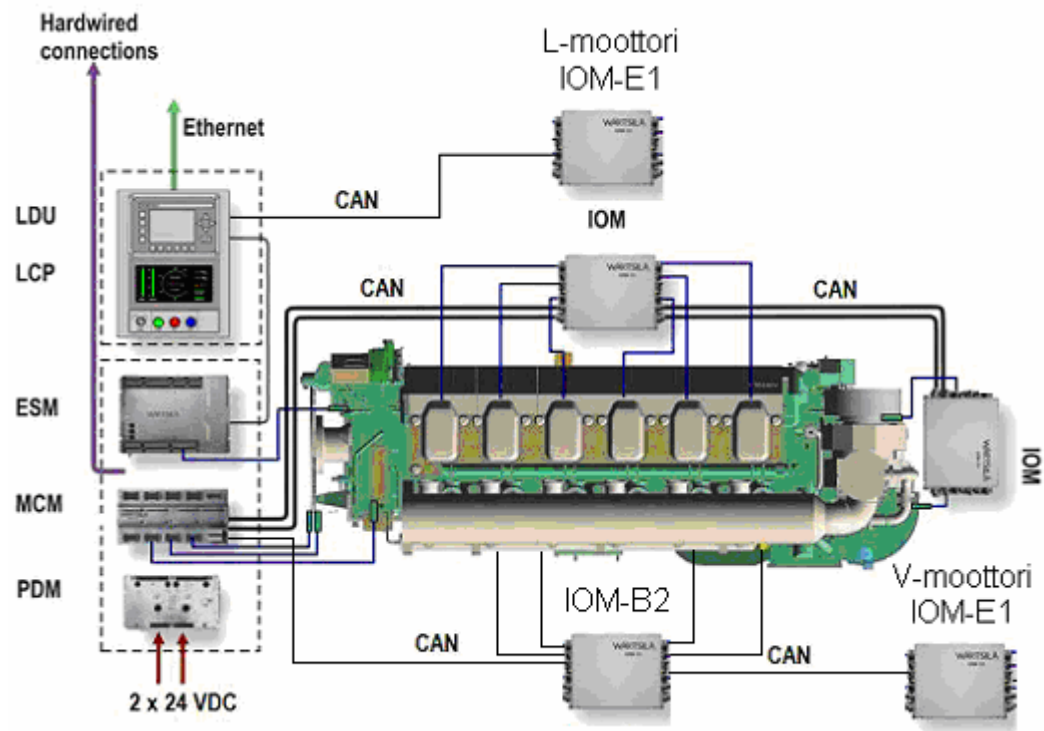
Pinnankorkeuden raja-arvojen mittauksissa käytetään kapasitiivista lähestymiskytkintä. Kapasitiivinen lähestymiskytkin soveltuu vaikeisiin olosuhteisiin paremmin kuin mekaaninen rajakytkin, koska se ei sisällä liikkuvia osia. Lähestymiskytkimet ovat transistorilähtöisiä ja niistä saadaan digitaalinen viestisignaali. Kytkimessä voi olla joko avautuva tai sulkeutuva toiminto. /6/

4.1.3 CAN- paikallisväylä

CAN- paikallisväyläkaapelia käytetään hajautetuissa järjestelmissä useista eri syistä esimerkiksi johdotuksen vähentämisen ja signaalin käsiteltävyyden takia. CAN- väylää (Controller Area Network) sovelletaan laajasti myös muissa koneissa ja järjestelmissä, joissa tiedonsiirtoetäisyydet ja sanoman pituudet ovat lyhyitä.

CAN- väylään kytketty moduuli voi lähettää mille tahansa väylälle viestejä aina, kun väylä on vapaa. Useamman moduulin yrittäessä lähettää sanomaa samanaikaisesti, vuoro jaetaan sanoman sisältämän tunnistenumeron perusteella. Pienimmän tunnistenumeron omaava viesti pääsee väylälle ensimmäisenä, joten kyseinen sanoma on prioriteetiltaan korkein. /7/

IOM- E1:lle CAN- väyläkaapeli tulee moottorityypistä riippuen keskukselta LDU:lta tai IOM- moduulista (Kuva 5). Rivikoneissa, esimerkiksi W6L32 CAN- väyläkaapeli tulee IOM- E1 moduulille keskukselta LDU- paikallisnäytöltä (Local Display Unit) ja V- koneissa, esimerkiksi W12V32 CAN- väyläkaapeli tulee B- sivun IOM-B2- moduulista.



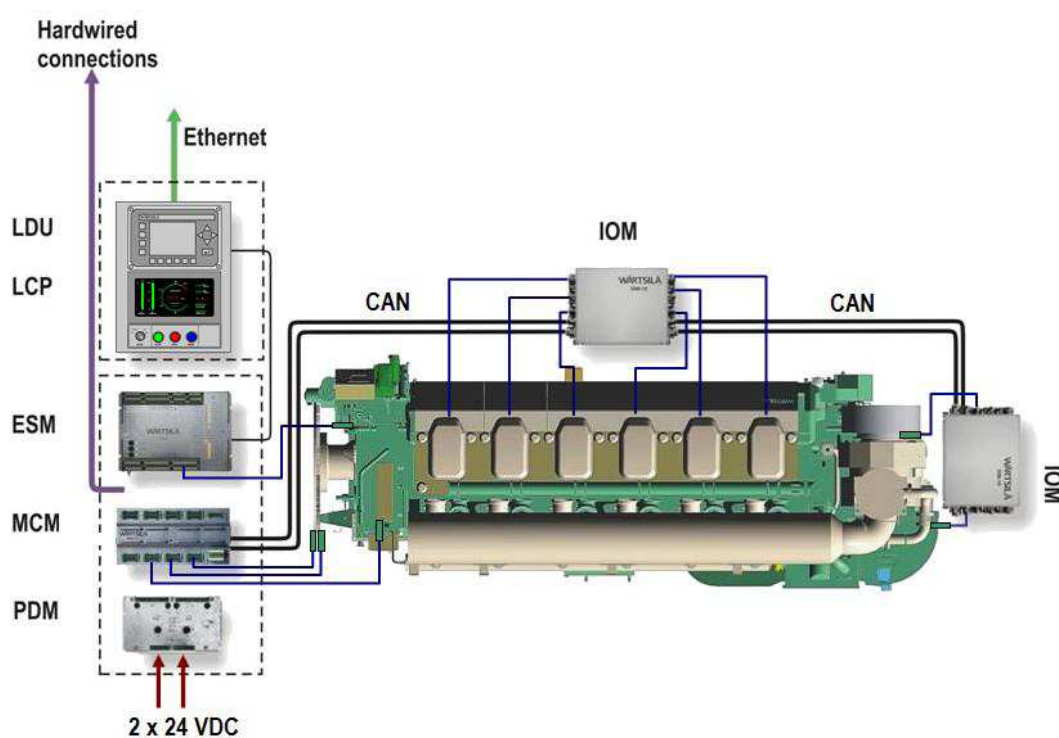
Kuva 5. CAN- väyläkaapelin johdotus L –ja V- moottoreissa.

4.2 UNIC-C2 järjestelmä

UNIC C2 -automaatiojärjestelmä on suunniteltu valvontaan ja ohjaukseen Wärtsilän dieselmootoreihin. Järjestelmä on suunniteltu siten, että se kestää korkeita lämpötiloja ja värinöitä, joten se voidaan asentaa suoraan moottorin päälle. Automaatiojärjestelmän asentaminen suoraan moottoriin mahdollistaa sen, että järjestelmä voidaan asentaa ja testata kokonaisuudessaan tehtaalla. Automaatiojärjestelmä hoitaa moottorin toimivuuden sekä kuormituksen ja kierrosnopeuden hallinnan, käynnistyksen ja pysäytyksen hallinnan. /8/

4.2.1 Järjestelmän rakenne

UNIC C2 -järjestelmä koostuu erilaisista moduuleista. Moottorin päälle sijoitettu pääkeskus sisältää MCM-pääohjainyksikön (Main Control Module), LCP-paikallisohjauspaneelin (Local Control Panel), ESM- turvamoduulin (Engine Safety Module), ja PDM- tehonsyöttömoduulin (Power Distribution Module). Lisäksi eri puolilla moottoria on WTB- koteloihin (Wärtsilä Terminal Box) sijoitettuja IOM-I/O -moduuleja (Input/Output Module) (Kuva 6). /8/



Kuva 6. UNIC C2 -järjestelmän rakenne /8/

LCP- paikallisohjauspaneeli on sijoitettu pääkeskukseen sivuun. Paneeli sisältää moottorin paikallishallintaan käytettävien painonapit ja lisäksi graafisen LDU- paikallisnäytön (Local Display Unit) moottorin tärkeimpien tietojen lukemista varten.

ESM- turvamoduuli hoitaa kaikki moottorin turvallisuustoiminnot ja kytkeytyy pysäytyslaitteistoon ja joihinkin paikallisiin instrumentteihin. Tärkeimpiin turvallisuuteen vaikuttavat signaalit kytkeytyvät analogisesti ulkoiseen järjestelmään.

MCM- pääohjainmoduuli suorittaa hallintafunktiot ja käsittelee moottorin signaalit. Moduuli kommunikoi IOM- moduulien kanssa CAN- väylän välityksellä. Mekaaninen kommunikointi tapahtuu ulkoisen järjestelmän kanssa johdotettujen signaalien ja väylän välityksellä. MCM sisältää I/O- kanavia, mikä mahdollistaa signaalien kytkemisen suoraan pääohjainmoduuliin.

PDM- tehonsyöttömoduuli syöttää järjestelmään 24 V:n tasajännitteen. Moduuli sisältää jännitteen suodatuksen ja sulakesuojauksen.

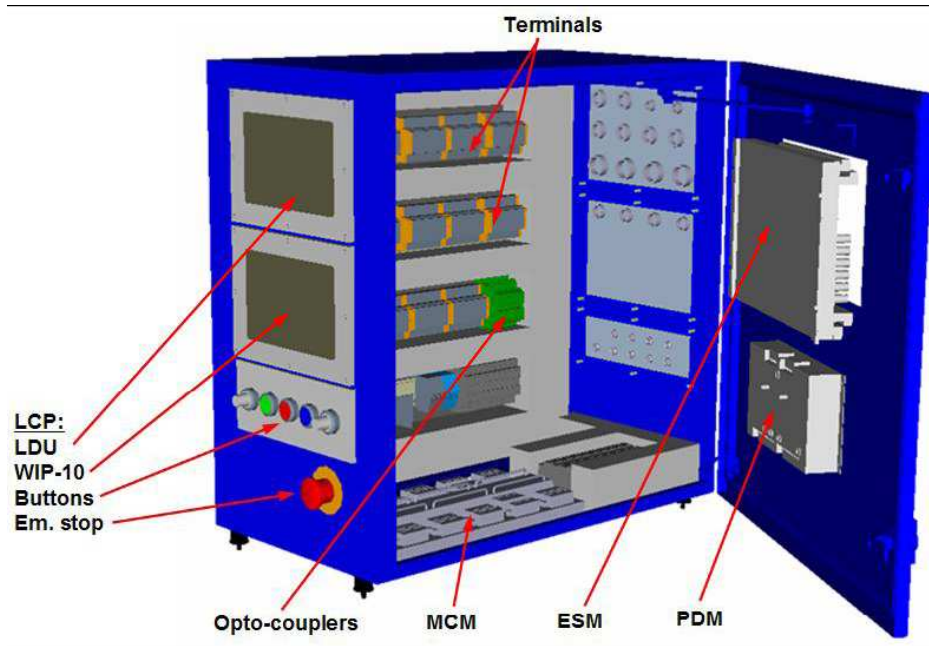
IOM-I/O -moduuli käsittelee ohjauksia ja mittauksia. Moduulit on sijoitettu eri puolille moottoria, mahdollisimman lähelle kytkettävien instrumenttien mekaanista sijaintia. IOM- moduulien lukumäärä riippuu moottorityypistä ja sylinteriluvusta. Moduulit kytkeytyvät CAN- väylään, jonka välityksellä MCM ohjaa IOM- yksiköiden toimintaa (Kuva 7). /8/

IOM-E1- moduuli, joka asennetaan generaattoriin, käsittelee myös mittauksia ja ohjauksia.

Seuraavissa kuvissa näemme tarkemmin IOM- moduulin ja moottorin pääyksikön eli keskuksen sisällä oleviin komponentteihin, jotka on edellä mainittu (Kuvat 7 ja 8).



Kuva 7. IOM- moduuli /8/



Kuva 8. Keskuksen rakenne ja komponenttien sijoitus /8/

5 TYÖNTUTKIMUSMENETELMISTÄ

5.1 Yleistä työntutkimisesta

Työntutkimuksen päämääränä on parantaa työn tuottavuutta. Työntutkimuksella voidaan tutkia yksittäisen työntekijän ajankäyttöä ja työn tekemistä. Samalla menetelmällä voidaan tutkia myös kaikkia työhön liittyviä asioita. Osaan työntutkimusta kuuluvat työnmittausmenetelmät, joita käsitellään vaiheessa 5.2.

Työntutkimuksella voidaan kehittää työn tuottavuuden lisäksi esimerkiksi tuotteen laatua, työoloja, työvälineiden käyttöä, työsuojelua jne. Ihmisten lisäksi työntutkimuksella voidaan mitata työhön käytettyä aikaa sekä työvälineiden tehokkuutta. Työntutkimuksen avulla työntekijät voivat paremmin ymmärtää olemassa olevia työkäytäntöjään ja voivat kehittää niitä tavoitteiden mukaisesti.

/9/

5.1.1 Työntutkimus

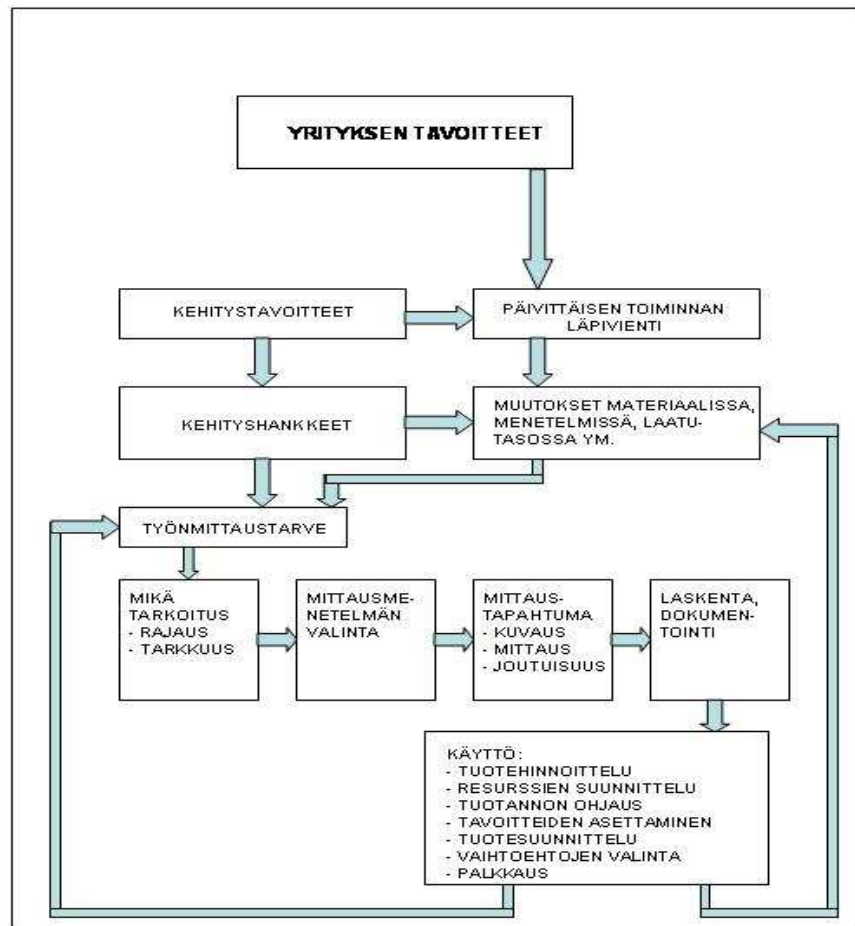
Opinnäytetyön yhtenä osana selvitettiin vuoden aikana tehdyt ja ensi vuonna tulevat moottorit, joihin asennetaan IOM- moduuli. Selvityksen pohjalta saatiin mielikuva työn määrästä ja pystyttiin miettimään parannuksia saatuihin tuloksiin. Moottoriprojekteja ei kovin monta vuoden aikana tullut, mikä tuli yllätyksenä tietoon kun tutkittiin tuotanto-ohjelmaa laajemmin. Näiden projektien pohjalta voitiin kuitenkin aloittaa työntutkimus käyttäen kelloaikatutkimusta, joka pohjautuu normaaliin ja jatkuvaan ajankäyttötutkimukseen.

Tähän mennessä sähköiset asennustyöt generaattorisolussa on tehnyt alihankkija, joka on tullut kytkemään IOM- moduulin aina kun on ollut tarvetta.

5.2 Työnmittausmenetelmät

5.2.1 Yleistä työnmittausmenetelmistä

Työntutkimuksen osa on yleisemmin tunnettu työtehtävään kuuluvan ajan määrittämisenä. Työnmittaukseksi kutsutaan riittävällä tarkkuudella suoritettuja ja sovittuja menettelytapoja noudattavaa työajan määrittämistä. Kuluvan ajan mittausta on työn tavoitteena. Työnmittauksen avulla mitataan aikoja eri työvaiheisiin ja kokonaisuuksiin. Yksittäiset kehityshankkeet ovat joko osia yrityksen kehitystavoitteita tai ne muodostuvat päivittäisessä toiminnassa esiintyvien tarpeiden ja ongelmien pohjalta (Kuva 9). /9/



Kuva 9. Työnmittaustarpeen muodostuminen /9/

Työmittaustuloksia käytetään seuraaviin tarkoituksiin:

1. resurssien suunnitteluun ja ohjaukseen
2. tavoitteiden asettamiseen
3. tuotteiden hinnoitteluun
4. tuotteiden suunnitteluun
5. menetelmien suunnitteluun ja vaihtoehtojen valintaan
6. suoritukseen perustuvaan palkkaukseen /9/

5.2.2 Mittaustehtävän rajausta ja tavoitteiden asettaminen

Mittaustapahtuman alkujaksolla lähdettiin selvittämään mittauksen tarkoitusta ja liittymistä laajempiin kokonaisuuksiin. Nämä määrittävät sekä käytettävän mittausmenetelmän että tuloksiin tarvittavan tarkkuuden.

Apuaikojen suunnittelua tehdessä on huomioitava aikajaottelu, jolla apuaikatutkimukset aikaisemmissa tutkimuksissa on tehty.

Kehitystyön peruskartoituksena on käytettävä tutkimuksen suorittamiseksi tarkoitukseen sopivaa eräjaottelua ja siihen liitettävää joutuisuuden määrittelyä. Turhilta tutkimuksilta säästytään kun mietitään tutkimuksen käyttötarkoitusta, saatua mittaustehtävää ja sen mahdollista jatkokäyttöä.

Mittauksen tarkkuus koostuu ajanmääritystarkkuudesta ja menetelmän kuvantarkkuudesta. Mittaustarkkuussuoritus nähdään kaksiosaisena, jolloin tuloksen tarkkuudeksi saadaan ajanmääritystarkkuus ja menetelmän kuvaustarkkuus. /9/

5.2.3 Työmittaustavan valinta

Mittausmenetelmän valintaan vaikuttaa melko paljon mittaustarkoitus eli onko mittaustulos kertakäyttöinen tai käytetäänkö sitä useisiin tarkoituksiin ja mahdollisesti pitkään.

Mikäli mittaustulos on kertakäyttöinen ja tarkkuusvaatimukseltaan pieni, on riittävää käyttää määrittelytapana erilaisten tilastojen käyttöä tai yksinkertaista arviointia. Aikaisemmin tehtyihin tai tulevaisuudessa tehtäviin tutkimustuloksiin voidaan vaikuttaa mittaustavan määrittelyllä. Muuttujien erottelu on pystyttävä tekemään samantasoisena eri tutkimuksissa. /9/

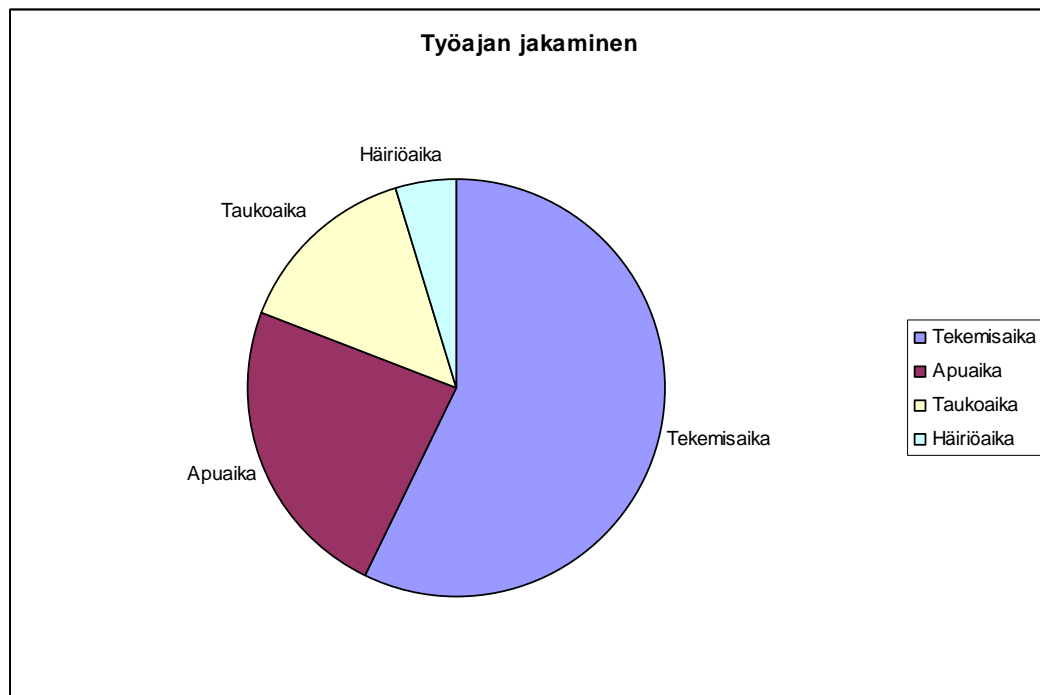
5.2.4 Työmittaustapahtuman vaiheet

1. informaatio
2. työnmenetelmien määrittäminen
3. työn osittelu ja kuvaus
4. erän ajan mittaaminen (joustavuuden määrittäminen tarvittaessa)
5. ajan laskeminen, tulosten esittäminen ja taltiointi.

Työpaikka- ja menetelmäkuvaus tulee laatia sellaisella tarkkuudella, että myöhemmin voidaan selvittää, millaisiin tilanteisiin tutkimus liittyy. Tutkimuksen tarkoitus määrittää kuvaustarkkuuden. Kielen ymmärrettävyyttä on käytettävä kuvauksia laadittaessa jaselkeitä piirroksia työpaikasta, tuotteesta tai tuotteen osasta, jotta jälkikäteen tunnistaminen on mahdollista. /9/

5.2.5 Työajan jakaminen

Tarvittaessa analysoidaan erillisinä kokonaisuuksina työaikaa ja siihen kuuluvia tapahtumia. Työnmittauksessa jaetaan työpäivä erilaisiin kokonaisuuksiin. Mittaustulosten jakamisella helpotetaan käsittelyä ja hyväksikäyttöä (Kuva 10).



Kuva 10. Työajan jakamista esittävä kaavio /9/

Tekemisaika

Varsinaisten työtehtävien suorittamiseen kuluvaa aikaa kutsutaan tekemisajaksi. Työtehtävät jotka kuuluvat tekemisaikaan voivat toistuvuudeltaan ja pituudeltaan vaihdella. Tuotteen kehittyminen ja työtehtävässä edistyminen on niille yhteistä valmistuksen kannalta.

Tekemisaika jaetaan kahteen osaan, valmistelu aikaan ja vaihe aikaan. Valmistelu ajaksi kutsutaan kaikkia sellaisia työnosia jotka esiintyvät vain kerran valmistuserää kohti. Valmistelu ajan osuudella on entistä suurempi merkittävyys valmistus ajan menetelmissä ja ajassa kun sarjasuus pienenee jatkuvasti. /9/

Apuaika

Työtapahtumia, jotka toistuvat eri työpäivinä samankaltaisesti kutsutaan apuajaksi. Tuntileimasimen käyttö on esimerkkinä tällaisesta tapahtumasta. Tällaisia aikatapahtumia kutsutaan päivävakioksi. Apu aikaan kuuluu päivävaktion lisäksi elpymisaika, johon sisältyy henkilökohtainen apuaika.

Wärtsilässä on käytössä apu aikaan 20 %:n lisäys, joka lisätään koko työn lopulliseen aikaan.

Tauko aika

Tauko aika on sellainen ylimääräinen taukoon käytetty aika, joka ylittää apuajan mukana olevat sovitut ajat.

Häiriö aika

Odottamattomat keskeytykset, aputyöt ja odotukset, joiden pituutta ja esiintymistiheyttä ei etukäteen tiedetä kuuluvat häiriö aikaan. Kestoajat häiriö ajassa ovat usein epämääräisiä, esimerkiksi lyhyet sähkökatkokset tai koneessa esiintyvät lyhyehköt toimintahäiriöt. /9/

5.2.6 Työnmittausmenetelmät

Työnmittaustapoja on useita ja kullakin menetelmällä on omat ominaisuutensa. Tässä työssä käydään kuitenkin vain oleellisemmat työnmittausmenetelmät läpi. Eri työnmittausmenetelmien käyttöalueet ovat osittain samat, joten monet työt tai työnosat voidaan mitata useammalla kuin yhdellä tavalla. Joitakin menettelytapaohteja voidaan antaa parhaan mittausmenetelmän valitsemiseksi.

Tämä työnmittausmenetelmä soveltuu parhaiten erilaisten normalisoidujen työtapahtumien aika-arvojen mittaamiseen. Työnmittausmenetelmää käsitellään seuraavaksi. /9/

Kelloaikatutkimus

Kelloaikatutkimus jakautuu kahteen tutkimukseen, normaaliaikatutkimukseen ja jatkuvaan ajankäyttötutkimukseen. Tämän tutkimusmenetelmän valintaan vaikutti tutkimuksen yksinkertaiset käyttömenetelmät.

Normaaliaikatutkimus on kellolla suoritettava työnmittaus, joka on vanhin käytetty mittaamenetelmä, jota käytetään edelleen hyvin paljon. Tätä tutkimustapaa voidaan sovittaa eri käyttötarkoituksiin ja mittaustilanteisiin. Normaaliaikatutkimuksella voidaan mittauttaa seuraavia vaiheita:

1. työmenetelmän ja informaation määrittäminen
2. työhön ja työpaikkaan vaikuttavien tekijöiden kuvaus
3. työn jakaminen osiin (eriin)
4. joutuisuuden ja työn erien aikojen määrittäminen
5. mittaustulosten laskeminen ja saattaminen käyttö- ja tallennuskuntoon.

Seuraavassa kuvataan työnmittaustehtävän eri vaiheet normaaliaikatutkimuksessa. Samalla esitetään siinä tarvittavat laitteet ja työmenetelmät. Opinnäytetyön aikana käytettiin normaaliaikatutkimusta ja jatkuvaa ajankäyttötutkimusta. Tässä selvitetään normaaliaikatutkimusta.

Työpaikan ja työhön vaikuttavien tekijöiden kuvaukset suoritetaan laatimalla työpaikkapiirros työpaikasta ja sanallinen kuvaus työmenetelmistä. Työn osittelu tapahtuu parhaiten muutamana, toisiaan seuraavana vaiheena. Seuraavassa esitetään työn jaottelu osiin:

1. erotetaan sähköistys- ja prosessiajat käsiajasta. Työn ositteluun vaikuttavat tekijät vaihtoehtoisesti, aika on tai ei ole riippuvainen joutuisuudesta. Jos joutuisuus on 1 tai 100 on se normaalityötä. Eikä sitä oteta huomioon tämänhetkessä työssä.

2. toisessa vaiheessa etsitään sellaisia työnosia käsiajasta, jonka joutuisuus riippuu pituudesta, mutta joutuisuuden vaihtelua ei voida silmin havaita.
3. osat ositellaan edelleen muuttujien mukaan. Osat koostuvat edellisistä vaiheista.
4. on tärkeää merkitä lomakkeen osan tai erän alkamis- ja päättymishetki.

Aikatutkimuksen näkyvin osa on työpaikalla tehtävät aikahavainnot. Tietynlaisia säännöksiä on noudatettava havaintoja tehtäessä. Jotta ympäristölle tai kohteena olevalle työntekijälle aiheutuisi mahdollisimman vähän haittaa, on mittauksia seurattava tarkasti. /9/

Varsinainen mittaus sisältää seuraavat vaiheet:

1. tarkistetaan menetelmäkuvaus. Tarkistetaan, että tehty määrittely vastaa käytettävää menetelmää.
2. samanaikainen joutuisuuden määrittely ja aikahavaintojen teko.

Normaaliaikamittauksen välineet

Kelloa, mittaria tai tietokonetta käytetään ajanmittausvälineenä normaaliaikatutkimuksessa. Tässä työssä käytettiin ajanmittausvälineenä kelloa, jolla on helppo saada ajankäyttö selville. Senttiminuuttia (cmin = 0,001 min) käytetään aikayksikkönä. /9/

Normaaliaikatutkimuksen ajanottotapa

Seuraavassa selvitetään normaaliaikatutkimuksessa käytettävä ajanottotapa:

Jatkuva menetelmä, Työn alkaessa kello käynnistetään ja annetaan käydä aina työn loppuun asti. Eri työvaiheiden välillä otetaan aika kellosta ja merkitään ylös. Kunkin osatyön kesto lasketaan vasta havaintojen teon päätyttyä vähennyslaskun avulla. /9/

Jatkuva ajankäyttötutkimus on tietyn työntekijän tai työn toimintojen seuraamista ja rekisteröintiä tietyn ajanjakson kuluessa. Tuloksena saadaan tietynlainen raportti siitä, mitä tutkimusaikana on tapahtunut.

Ajankäyttötutkimus soveltuu sellaisten töiden tutkimiseen, joissa työn osien järjestystä ei ennakkoon tiedetä. Tällaisia töitä ovat esimerkiksi erilaiset korjaustyöt, joissa työn eteneminen suunnitellaan työn aikana.

Ennen tutkimuksen aloittelua on muistettava informoida tutkimuskohteille niin kuin muissakin tutkimuksissa. Erityisesti jos muissa tutkimuskohteissa on työryhmä tai jokin laajempi alue, joka korostaa toteuttamisen merkitystä turhien epäluulojen välttämiseksi.

Tutkimusaikaiset tapahtumat kirjataan ylös työpaikalla, joista korostuu erityisesti etukäteissuunnittelu. Harkitaan tarkoin miten aikakokonaisuudet pidetään erillisinä. Peruslähtökohtana on tekemisajan, apuajan, taukoajan ja häiriöajan erottaminen omiksi ryhmikseen. Nämä pääaikalajit jaetaan edelleen pienempiin osakokonaisuuksiin siten jotta tutkimuksesta saadaan tarpeelliset asiat selvitettyä.

/9/

6 GENERAATTORIN SÄHKÖISET ASENNUKSET

6.1 Yleistä generaattorin sähköisen asennuksen tutkimisesta

Generaattorijärjestelmien sähköasennuksien laadun parantamiseksi määriteltiin havaitut ongelmat ja puutteellisuus nykyisessä toiminnassa. Aikaisemmat kokemukset sähköasennuksista käytiin läpi alihankkijan kanssa. Kokemusten avulla voitiin määrittellä, mitä sähköasennuksissa voitaisiin parantaa ja miten mahdollisesti lyhentää generaattorisolussa kuluva asennusaikaa.

Seuraavissa osioissa käydään läpi asennukset, pohditaan ongelmia ja tehtyjä ratkaisuja. Loppupuolella käydään läpi työntutkimustulokset.

6.2 Sähköasennukset

W32- tuotetehtaan ja alihankinnan sähköasentajilla täytyy olla kokemusta aikaisemmista sähköasennuksista.

Kun moottori on sähköistetty ja mekaanisesti asennettu valmiiksi se siirretään generaattorisoluun moottorialustalle. Moottorin paikoilleen kiinnittämisen jälkeen alustalle, aloitetaan generaattorin asentaminen vauhtipyörän päähän. Tämän jälkeen aloitetaan generaattorin sähköistäminen.

Tässä työssä käytyjen moottoriprojektien pääpainotteiset generaattorit tulevat kolmelta toimittajalta: ABB, AVK ja Siemens (Taulukko 5). Seuraavassa osiossa selvitetään yksityiskohtaisesti kaikki vaiheet (Liite 1-13).

6.2.1 Sähköasennukset liitteisiin 1-9 perustuvasta vaiheistuksesta

Ennen työn alkua tulostetaan tarvittavat sähkö- ja asennuskuvat moottorierittelystä (product specificationi) (Liite 10-13), jonka jälkeen otetaan tarvittavat työvälineet.

Tarvittavat työvälineet on listattu kappaleessa 6.2.2. Liitteissä 1-9 on esitetty jokainen työvaihe havainnollistamaan työn etenemistä. Seuraavassa käydään koko generaattorin työvaiheistus läpi, jota voidaan seurata liitteissä olevista kuvista. Sähköasennukset voidaan tehdä myös eri järjestyksessä.

Sähköistys

CAN- väyläkaapelin toinen pää kytketään jo linjalla moottorin IOM10- B2- moduuliin, sitten se syötetään putkea pitkin IOM- E1- moduulille. Eli, jo moottorin sähköistämisvaiheessa linjalla, väyläkaapeli tuodaan b- sivulta a- sivulle kaapelireittejä pitkin.

Generaattorille tarkoitettu IOM- moduuli tulee yleensä moottorin mukana, josta se on helppo ottaa ja kytkeä valmiiksi pöydällä. Moduuliin kytketään kuusi kaapelia valmiiksi jotta työ helpottuisi ja nopeuttaisi valmistusta. Valmis IOM- moduuli asennetaan moottorialustalle paikkaan johon on valmiiksi koneistetut reiät. IOM- moduuli kiinnitetään tärinää vaimentavilla dampereilla alustalle. Moduulin ja alustan välille laitetaan maadoitusliuska jossa on keltavihreä eriste päällä. Tämän jälkeen voidaan CAN-väyläkaapeli kytkeä moduuliin kiinni. Moduulin päälle laitetaan suojakansi estämään vaurioita ja lian kertymistä.

Generaattorissa ei ole valmiiksi porattuja reikiä terässiteiden ankkureita varten, joten ne on porattava itse. Ankkureille tarkoitettujen reikien porataan noin 15 cm välein paikasta riippuen. Reikien poraamisessa täytyy olla varovainen, koska joka paikassa ei ole niin paksuja kohtia joihin pystyttäisiin laittamaan ankkuri tai jokin kiinnike. Tämän jälkeen aloitetaan ankkureiden kiinnitys 6 x 10 kuusioruuveilla ja sen jälkeen voidaan aloittaa johtojen niputtaminen terässiteillä keskuksille. Terässiteiden kiinni laittamiseen käytetään kiristystyökalua. Kytkentäkuvista täytyy tarkistaa mille keskuksille kaapelit menevät.

Seuraavaksi voidaan aloittaa keskuksien kytkentä. Kaapelit katkaistaan sopivan mittaisiksi, siten että ne riittävät keskuksen riviliittimille asti. Yleensä hyvä mitta on kaksi kertaa keskuksen pituuden verran kaapelia. Kun kaikki kaapelit on kytketty sisään ja merkitty ruostumattomasta teräksestä tehdyillä kaapelimerkeillä, jotka löytyvät linjalla olevista kaapelimerkkihyllyistä, voidaan aloittaa kytkeminen riviliittimille kytkentäkuvia seuraten. Ennen riviliittimiin kytkemistä johtimiin laitetaan keltaiset numeroidut kaapelimerkit riviliittimien mukaan. Kun johtimet on numeroitu, voidaan laittaa holkit johtimien päihin ja puristaa ne johdinholkkien puristustyökalulla. Työn valmistuttua työpiste viimeistellään siivoamalla työtilat.

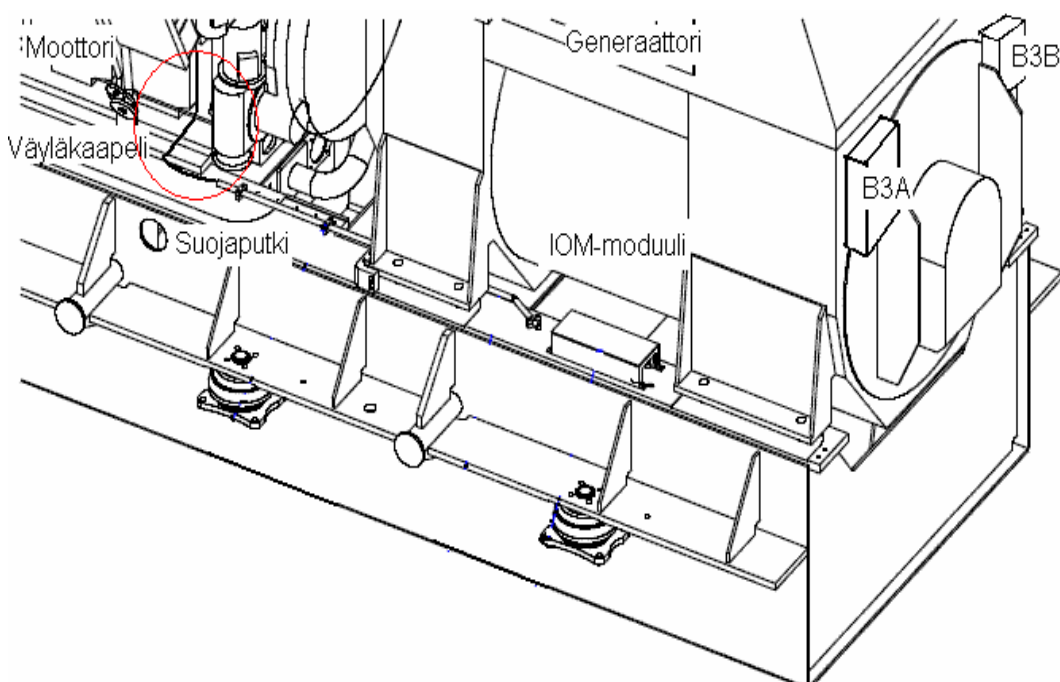
6.2.2 Työhön tarvittavat työkalut

Työtehtävässä käytetään seuraavia työkaluja:

- paineilmalla toimiva porakone 5.2 mm:n metalliporaterällä
- paineilmalla toimiva kierrekone 6 mm:n terällä
- paineilmalla toimiva imuri, metallilastuja varten
- kiintoavaimia: 10 mm, 13 mm, 15 mm, 17 mm, 18 mm, 30 mm
- sivuleikkurit, johtojen katkaisuun
- kaapelin kuorintatyökalu: 4-8 mm:ä ja 6-14 mm:ä
- johdinholkkien puristustyökalu
- riviliitinpuikko
- terässiteen kiristystyökalu, kaapelien niputtamiseen
- sytytin, käytetään kutistesukan pienentämiseen.

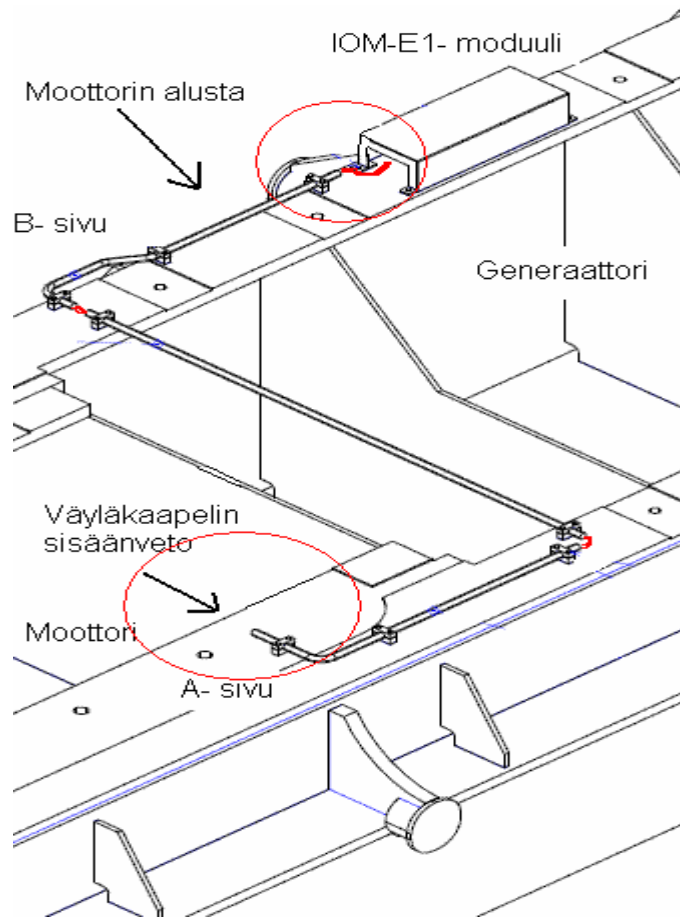
6.3 Ongelmien kartoitus

Tällä hetkellä kaapelireittien kuvat puuttuvat, mikä johtaa siihen, että kaapeleiden tuonti koneelta generaattorille on osoittautunut hankalaksi. IOM- moduuli ja CAN- väyläkaapeli on kytkentäkuviin piirretty. Tästä voidaan nähdä kaapelireititys. Generaattorin johdotuskuvat puuttuvat kuitenkin kokonaan (Kuva 11).



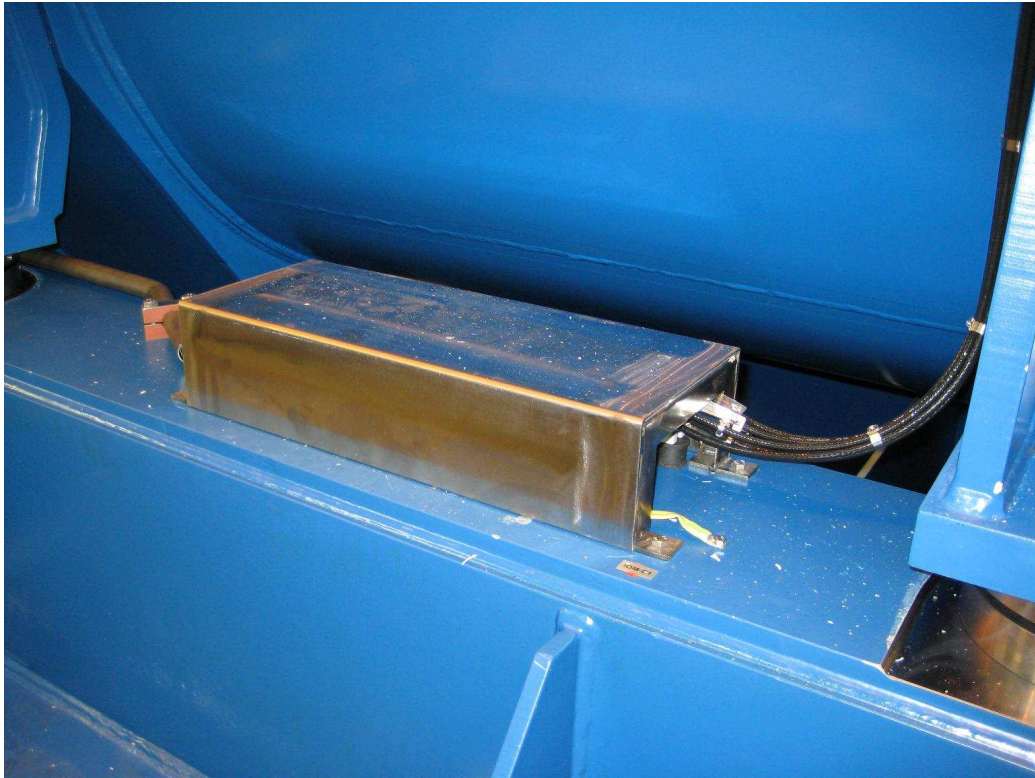
Kuva 11. Väyläkaapelin veto A-puolelta

CAN-väyläkaapelin veto moottorilta IOM-E1-moduulille on ollut ongelmana informaation ja ohjeistamisen puutteen takia. Esimerkiksi V-moottorilta tuleva kaapeli kytketään b- sivulle ja sieltä se vedetään generaattorityypistä riippuen, joko a- tai b- sivulta (Kuvat 11 ja 14). Sama menetelmä toteutetaan myös rivikoneissa. Aikaisemmin kaapeli on vedetty aina a-sivulta (Kuva 12) mikä on johtanut siihen, että väyläkaapeli täytyy asentaa putken avulla generaattorin edestä toiselle puolelle. Siitä johtuen on ollut ongelmana, että putki on liian ahdas ja 90°:een suojaputken kulmista ei väyläkaapeli mahdu menemään läpi.

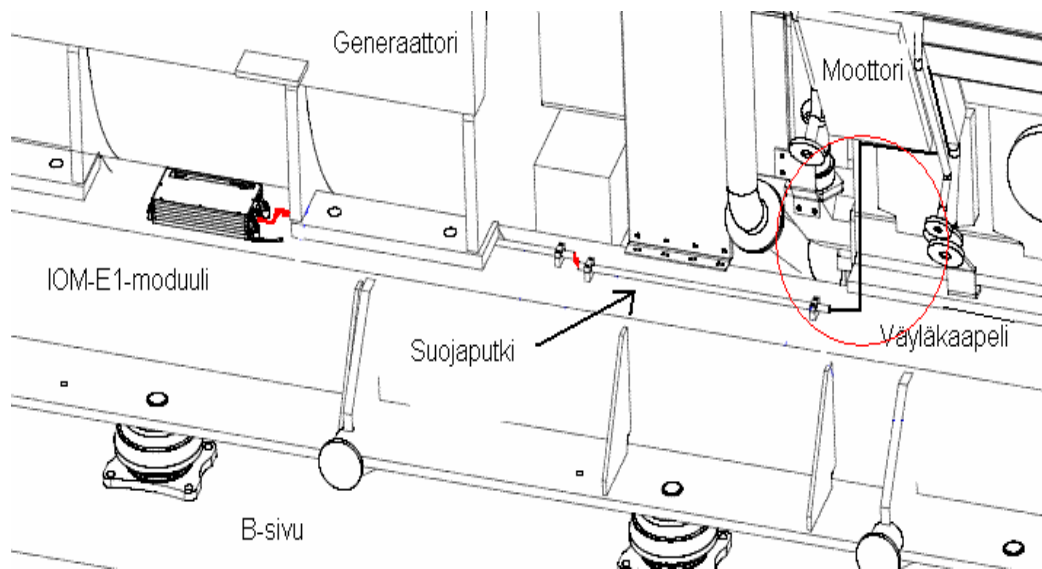


Kuva 12. A-puolelta tuotu CAN- väyläkaapeli IOM- moduulille

IOM-E1- moduulin asentaminen alustalle vaakatasoon tuli puheeksi kun tutkittiin vanhoja dokumentteja ja niistä huomattiin, että vaakatasoon asentaminen ei ole hyvä asennustapa. Tässä voisi olla yksi kehittämisen kohde, koska moduulit eivät välttämättä ole aivan tiiviitä. Öljy ja lika pääsevät kannen tiivistyksien läpi sisään. Metallinen suojakansi asennetaan IOM- moduulin päälle, joka on kestävä. Kuitenkin johtojen ollessa sivuilla suojaamatta, öljy ja lika voivat vahingoittaa moduulia (Kuva 13).



Kuva 13. IOM- E1 moduuli asennettuna vaakatasoon ja suojaipelti laitettuna



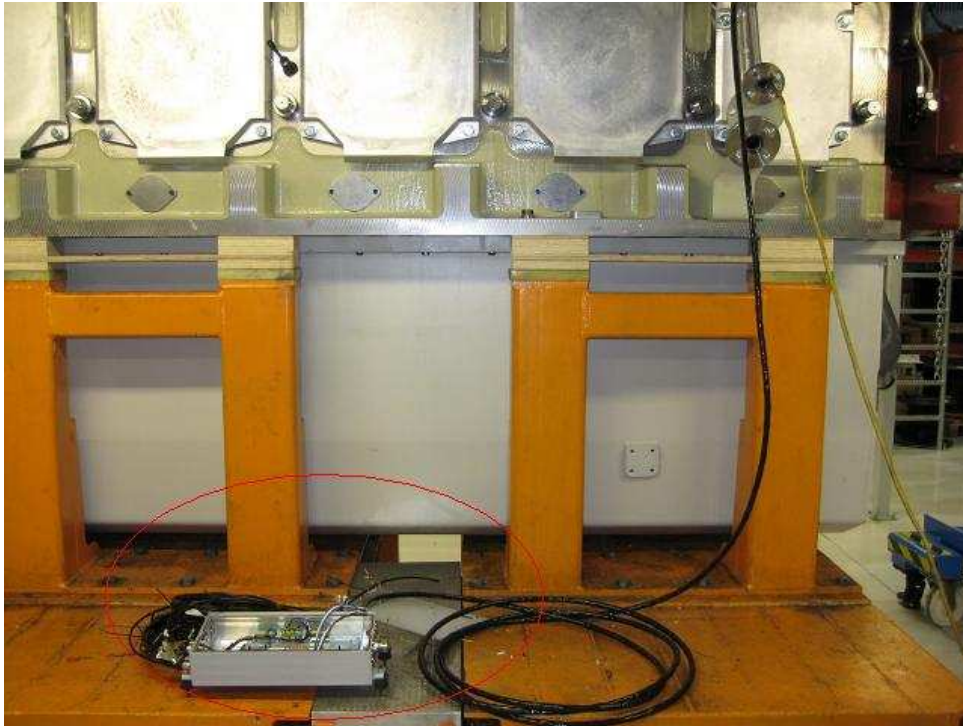
Kuva 14. CAN- väyläkaapeli vedettynä B-sivulta

Koeajossa generaattorille tuodut isot virtakaapelit menevät moduulin päältä, joista voi tulla mittausten kannalta häiriöitä, koska kaapeleissa kulkee vahvavirtaa ja voi olla haitaksi elektroniikalle moduulissa eli tätä aluetta on tutkittava ja haastateltava kokeneita osajia (Kuva 15).



Kuva 15. Koeajossa kaapelihylly menee moduulin päältä

IOM- moduulin kulkemisessa moottorin kanssa linjalta generaattorisoluun on havaittu ongelmia. Linjalla 7- vaiheessa, kun moottori on kytketty valmiiksi, aloitetaan moottorin testaaminen eli laitetaan ohjelmistot ja käydään läpi kytkennät. IOM-E1- moduuliin, joka tulee generaattoriin, joudutaan laittamaan ohjelmisto irrallisena (Kuva 16), koska tällä hetkellä ei pystytä tekemään generaattorisolussa testejä. Tästä johtuen on usein käynyt niin, että moduuli on jäänyt jostain syystä pöydälle eikä ole kulkeutunut oman moottorin kanssa generaattorisoluun, jossa se asennetaan kiinni. On hyvin tärkeää, että oikea moduuli menee omalle moottorille, koska moduulissa on sen moottorin ohjelmisto jolla se toimii, ja testausraportteihin on merkitty oikean moduulin sarjanumero.



Kuva 16. IOM-E1- moduulin ohjelmiston syöttö irrallisena.

6.3.1 Ratkaisut ja päätelmät

Kaapelireittikuvien puute

Tällä hetkellä ei ole mihinkään sähköistyskuviin vielä piirretty kaapelireittikuvia eikä näitä varmasti tule hetkeen, mutta asennuskuvista voidaan päätellä mille puolelle kaapelit tulee johdottaa.

Parannuksia väyläkaapelin suojaamiseen on tullut putkien koon halkaisijaa suurentamalla. Ylimääräiset kiertoreitit on poistettu generaattorin ja vauhtipyörän väliltä.

IOM- moduulin asennus alustalle

Tällä hetkellä moduuli asennetaan moottorialustalle vaakatasossa, mikä voi olla huono ratkaisu. Moduulin päälle asennetaan teräksinen suojapelti, joka suojaa kolhuilta ja lialta, mutta kondensoitavalta öljyltä ja kosteudelta se ei suojaa.

Koeajo

Dokumenttien mukaan IOM-E1 moduuli ei saa häiriöitä koeajossa. IOM-moduulit testataan SGS Fimkolla ja siellä käytetään samantyylistä tilannetta kuin koeajossa. Moduuleilta vaaditaan suurten jännite- ja magneettikenttien häiriönsietokykyä. EMC (Electromagnetic Compatibility) testi tehdään tällaisia tilanteita varten, jotta moduuli voitaisiin sijoittaa häiriöalttiisiin paikkoihin.

Moduulin siirtymisprosessi linjalta generaattorisoluun

Moottoritestien jälkeen väyläkaapeli otetaan irti IOM- moduulista ja laitetaan roikkumaan moottorin kylkeen, mutta moduulille ei varsinaisesti ole mitään sijoittamispaikkaa. Tällä hetkellä moduulin kanteen laitetaan teipillä siihen kuuluvan moottorin sarjanumero ja jätetään jollekin pöydälle. Tämä on ollut huono tapa ja moduuleja on mennyt sekaisin. Yksi ratkaisu olisi teettää hyllypaikka valmiille ja testatuille moduuleille, joihin on merkitty sen koneen numero, jonka generaattoriin moduuli laitetaan kiinni.

6.4 Työhön käytetyn ajan määrittäminen

Yksi opinnäytetyön päämääristä oli selvittää generaattorin sähköistämiseen kuluva aika, joka toteutettiin osittamalla työvaiheet pieniin osiin. Työssä käytettiin kelloaikatutkimusta, johon kuuluu normaali- ja jatkuva ajankäyttötutkimus (Taulukot 2 ja 3).

Generaattori sähköistetään Wärtsilän omalla järjestelmällä, jonka on suunnitellut tuotesuunnittelun automaatioryhmä.

Generaattorissa on valmiiksi asennettuna generaattoritehtaalla, kahteen keskukseen b3a ja b3b:lle, kolme käämiä (L1,L2,L3) mittaavaa lämpötila-anturia (TE7503- TE7505), kaksi ilmanvirtauksen kuumalla - ja kylmällä puolella olevaa lämpötila- anturia (TE7514, TE7513) ja yksi jäähdytysveden pinnanmittausanturi (LS7506) eli tason mittaus. Generaattorissa on valmiina kaksi keskusta B3A ja B3B joihin kytketään IOM-E1:ltä tuodut kaapelit (Liite 8, kuvat 15 ja 16).

Taulukko 2. Arvioitu ja alustava työajanmittaus, jota käytetään myöhäisemmässä vaiheessa työntutkimuksen pohjana, normaaliaikatutkimusta ja sekuntikelloa käyttäen.

TYÖVAIHE	Kesto aika/min
Väyläkaapelin ja suoja putken asennus	40
Kaapeleiden mittaus ja katkaisu	12
Kaapeleiden sisäänotto IOM- moduuliin ja kytkentä	57
Reikien poraus/ankkurointi alustalle ja generaattoriin	31
IOM-E1- moduulin asennus alustalle	10
Kaapeleiden kiinnitys teräsiteillä	30
CAN- väyläkaapelin sisäänotto ja kytkentä IOM- moduuliin	20
Kaapeleiden sisäänotto ja kytkentä generaattorin keskukseen	57
Arvio aika yhteensä	257,0
Aika apuajan kanssa +20%	308,4
Aika tunteina yhteensä	5,14

Yllä olevasta taulukosta nähdään eri työnosien vaiheaikoja, jotka ovat arvioituja ja laskelmoituja aikoja, mutta jotka vastaavat samaa aikaa, jos generaattori asennettaisiin käytännössä. Alustavan työajanmittauksen jälkeen jaotellaan työajan ositus vielä pienempiin osiin, jotta saadaan tarkka aika työstä (Taulukko 3). Myöhemmin näitä aikoja voidaan käyttää jatkotutkimuksissa ja pystytään aloittamaan jo valmiina olevista esitäytetyistä tutkimusraporteista.

Tämä projekti kattaa tutkimusmenetelmät, joista otettiin käyttöön jatkuva ajankäyttötutkimus. Jatkuva ajankäyttötutkimus perustuu kelloaikatutkimukseen, jossa käytetään digitaalista sekuntikelloa ajanottovälineenä. Tutkimuksessa hyödynnettiin myös normaaliaikatutkimusta, joka perustuu samaan tutkimusmenetelmään kuin jatkuva ajankäyttötutkimus.

Jatkuva ajankäyttötutkimus sopi tähän tutkielmaan hyvin, koska työ voidaan suorittaa eri työjärjestyksessä. Tässä voidaan poiketa eri osien työjärjestyksestä ja saadaan työntutkimuksen käyttötapa selville.

Taulukko 3. Arvioitu ja alustava työnmittaus, joka on jaoteltu taulukosta 2 pienempiin osiin.

JAOTELTU TYÖVAIHE	Kesto aika/ min
Reikien poraus, CAN- väyläkaapelia varten 7 kpl	5
Reikien kierteitys, CAN- väyläkaapelia varten 7 kpl	5
CAN- väyläkaapelin kiinnitys reikiin p-clampeilla	10
Suojaputken asennus CAN- väyläkaapelille	15
CAN- väyläkaapelin veto putken sisälle/läpi	4
Kaapelin TE7503 pituuden mittaus ja katkaisu	2
Kaapelin TE7504 pituuden mittaus ja katkaisu	2
Kaapelin TE7505 pituuden mittaus ja katkaisu	2
Kaapelin TE7514 pituuden mittaus ja katkaisu	2
Kaapelin TE7515 pituuden mittaus ja katkaisu	2
Kaapelin LS7515 pituuden mittaus ja katkaisu	2
Kaapelin TE7503 kuorinta, sisään veto, merkintä, numerointi ja kytkentä IOM:lle	9,5
Kaapelin TE7504 kuorinta, sisään veto, merkintä, numerointi ja kytkentä IOM:lle	9,5
Kaapelin TE7505 kuorinta, sisään veto, merkintä, numerointi ja kytkentä IOM:lle	9,5
Kaapelin TE7514 kuorinta, sisään veto, merkintä, numerointi ja kytkentä IOM:lle	9,5
Kaapelin TE7515 kuorinta, sisään veto, merkintä, numerointi ja kytkentä IOM:lle	9,5
Kaapelin LS7506 kuorinta, sisään veto, merkintä, numerointi ja kytkentä IOM:lle	9,5
IOM-E1 moduulin tärinän vaimentimien (danperien) asennus alustalle	5
IOM-E1 moduulin asennus alustalle	5
CAN- väyläkaapelin kuorinta, sisään veto, merkintä, numerointi ja kytkentä IOM:lle	20
Reikien poraus ja kierteitys alustalle ja generaattoriin 19 kpl	20
Teräsideankkureiden asentaminen reikiin 19 kpl	12
Kaapeleiden kiinnitys teräsiteillä 26 kpl	30
Kaapelin TE7503 kuorinta, sisään veto, merkintä, numerointi ja kytkentä B3B:lle	9,5
Kaapelin TE7504 kuorinta, sisään veto, merkintä, numerointi ja kytkentä B3B:lle	9,5
Kaapelin TE7505 kuorinta, sisään veto, merkintä, numerointi ja kytkentä B3B:lle	9,5

Kaapelin TE7514 kuorinta, sisään veto, merkintä, numerointi ja kytkentä B3B:lle	9,5
Kaapelin TE7515 kuorinta, sisään veto, merkintä, numerointi ja kytkentä B3B:lle	9,5
Kaapelin LS7506 kuorinta, sisään veto, merkintä, numerointi ja kytkentä B3A:lle	9,5
Arvioaika yhteensä	257,0
Apuajan kanssa yhteensä + 20 %	308,4
Aika tunteina yhteensä	5,14

Taulukosta nähdään kaikki pienimmätkin työvaiheiden osat ja niiden kestoajat. Tällaisella menetelmällä saadaan hyvä esitötetty työntutkimusraportti työstä tulevaisuutta ajatellen ja työhön käytetyn ajan käytöstä.

Jatkoanalyyseissä mukaan tulisi häiriöaika, tauko-aika ja joutuisuus. Häiriöaika tulee keskeytyksistä ja jonkinlaisista aputöistä, joilta ei yleensä vältytä kun tehdään tämänkaltaisia töitä. Tauko-aika tulee työpäivässä pidettävistä taukoajoista (ruoka- ja kahvi tauko). Joutuisuus tulee normaalityösuorituksen ja todellisen työsuorituksen välisestä suhteesta (Liite 14 ja 15).

6.5 Generaattorityypit joihin asennetaan IOM- moduuli

Taulukko 4. Moottoriprojektit joiden generaattoreihin asennetaan IOM-E1- moduuli W32-linjakokoonpanossa vuonna 2009. Projektien nimiä ei voitu mainita, joten ne nimettiin aakkosilla.

Aloitus	Moottorityyppi	Projekti	Automaatiojärjestelmä	Moottori/ Kpl
1.1- 15.1.2009	W9L32	A	UNIC C2	3
15.1- 9.2.2009	W12V32	B	UNIC C2	4
28.1 - 4.2.2009	W6L32	C	UNIC C2	4
4.6- 23.6.2009	W12V32	D	UNIC C2	8

Taulukosta 4 huomataan, että tälle vuodelle ei ollut monta moottoriprojektia, mikä yllätti kun käytiin tuotanto-ohjelmaa läpi. Aluksi oli arvio isommalle

moottorimäärälle tälle vuodelle, mutta kaikki ei toteutunut. Tästä syystä voitiin vain tehdä arvioiva työntutkimus projekteille. Kaikki vanhemmatkin projektit käytiin läpi ja etsittiin niiden pohjalta myös virheitä ja niihin jo tehtyjä parannuksia. Tuotanto-ohjelma käytiin läpi selvittämällä jokainen moottoriprojekti erikseen. Ensi vuoden alkupuolen moottorit käytiin läpi myös, jotta saataisiin jonkinlainen kuva siitä, milloin voidaan valmistautua paremmin seuraavaan tutkimustyöhön.

Ensi vuoden moottoriprojekteja aloitettiin tutkimaan jatkotutkimuksia silmällä pitäen, jotta pystyttäisiin ennakoimaan tulevat projektit kun on valmiiksi tehty alustavat pohjatyöntutkimukset generaattorisolun sähkötoille.

Taulukko 5. Generaattorivalmistaja eri projekteissa vuonna 2009

Projekti	Moottori tyyppi	Automaatiojärjestelmä	Generaattori valmistaja
A	W9L32	UNIC C2	ABB AMG 0900
B	W12V32	UNIC C2	SIEMENS 1DK
C	W6L32	UNIC C2	AVK DIG 156/10W
D	W12V32	UNIC C2	ABB AMG 0900

Generaattoreissa on eroavaisuuksia niiden keskuksien paikkojen suhteessa ja antureiden määrässä. Siitä syystä IOM- moduulin paikka voi vaihdella sijaiten joko A tai B puolella. Käytännössä kytkennät ovat samanlaiset joka moottorissa. Generaattoreiden yksityisempiin tietoihin ei tässä työssä puututa, koska sillä ei työn kannalta ole merkitystä.



Kuva 17. Moottori ja generaattori moottorialustalla

Generaattoreita toimittaa Wärtsilän moottoreihin pääasiassa ABB, AVK ja Siemens (Taulukko 5). Asiakkaan toiveiden mukaan valitaan oikea generaattorityyppi ja valmistaja, jonka mukaan suunnitellaan sähköjärjestelmä generaattorin omille antureille ja tarpeellisille komponenteille.

6.6 Varaus UNIC C1-automaatiojärjestelmässä IOM- moduulille

Päätötyön aikana keskusteltiin UNIC C1-automaatiojärjestelmästä ja siihen liittyvistä generaattorimoduuleista. Asiaa selvitettiin tarkemmin ja haastattelujen pohjalta saatiin tulosta. Tällä hetkellä ei ole ollut, eikä varmaan tulekaan, sellaisia moottoriprojekteja, joihin tulisi IOM E1 – moduuli UNIC C1-automaatiojärjestelmässä. Yhtenä syynä on CAN- väyläkaapelin puuttuminen, eli C1:ssä ei käytetä väyläkaapeleita vaan multikaapeleita, jotka ovat moninapaisia johtimia.

6.7 Jatkotutkimusehdotuksia

Tutkimuksessa selkeästi esille tulleet informaatio-ongelmat, jotka ovat niitä keskeisempiä asioita joita nykypäivänä käydään yrityksen ja alihankkijoiden välillä.

Jatkotutkimuksia varten olisi hyvä valmistella valmiit asennus- ja ajankäyttötutkimusmateriaalit etukäteen tuleville moottoriprojekteille (Liite 14 ja 15), jotta voitaisiin olla valmiita kun tulee moottoreita joiden generaattoreihin asennetaan IOM- moduuliyksikkö.

Tämän tutkimuksen kohderyhmät voidaan jakaa kolmeen kategoriaan kehittymisen perusteella. Jatkossa tulisi tutkia enemmän työn joustavuutta, jotta tuote saataisiin sujuvasti valmiiksi sovituksessa ajassa. Lisäksi tulisi selvittää, voitaisiinko hyödyntää sujuvammin alihankkijoita. Piirustusten muutoksiin kuluva aika voisi tarkastella lähemmin, jotta saataisiin paras mahdollinen tulos ja laatu.

Työntekijöiden toimintamallia voitaisiin jatkossa tutkia tämän työn pohjalta. Työkuorma on vuosien aikana muuttunut ja työtä pitäisi paremmin organisoida.

7 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli dieselvoimayksikön generaattorin automaatioasennuksien parantaminen ja työntutkiminen. Lisäksi tavoitteena oli löytää konkreettisia toimenpiteitä, joilla saadaan mielikuva työn kehityksestä.

Työn suunnitteluvaiheessa oli tarpeellista tutustua sen hetkisiin kytkentä- ja asennuskuviin. Niiden pohjalta saatiin mielikuva työn laajuudesta ja tarvittavista materiaaleista. Lisäksi oli tehtävä haastatteluja, joiden pohjalta saatiin käytännön kokemusta generaattorin sähköistämisestä.

Käytetyt tutkimusmenetelmät käytiin läpi ja päädyttiin yksinkertaiseen kelloaikatutkimukseen. Kelloaikatutkimukseen kuuluu normaali- ja jatkuva ajankäyttötutkimus, joissa käytetään mittalaitteena yksinkertaista sekuntikelloa. Generaattorin sähköistämistyön työntutkimus tehtiin teoreettisesti laskemalla työhön kuluva aika. Jokainen työvaihe jaoteltiin pieniin osiin ja saatiin yksilöllisempiä aikoja.

Opinnäytetyön aikana saadut tulokset ja käytetyt menetelmät olivat ihanteellisia, joista saatiin paljon materiaalia hyötykäyttöön. Tutkimustyön rakenne toteutettiin alusta lähtien siten, että se mahdollistaa muutoksien tekemisen ja uusien asioiden lisäämisen jatkotutkimuksia varten. Piirustuksien ja ohjeistamisen laatiminen olisi hyvä ratkaisu tulevaisuudessa myös generaattorisolussa tehtävissä sähkötöissä.

LIITTEET

LIITE 1-9 Kuvasarja sähkötoiden etenemisestä

LIITE 10-13 Asennusdokumentit

LIITE 14-15 Esitäytetty työntutkimusraportti

Liitteitä 10-13 ei voi näyttää työssä.

LÄHTEET

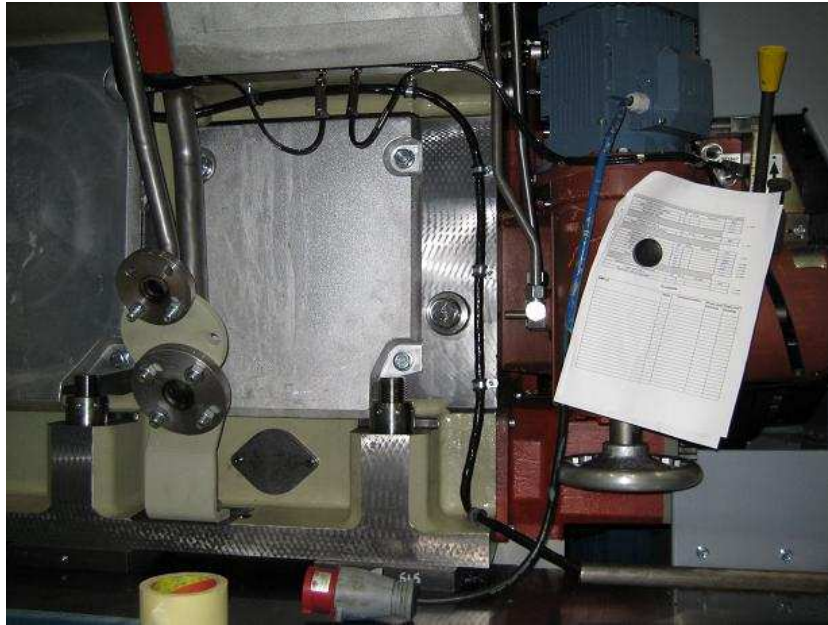
- /7/ Alanen, Jarmo 2003. CAN- ajoneuvojen ja koneiden sisäinen paikallisväylä VTT.
- /9/ Johtamistaidon opisto. Työnmittaus, luentomateriaali
- /5/ Kortesalo, Pentti 1999. Vinkkejä lämpötilan mittauksesta. Sarlin Automaatio.
- /6/ Ylivainio, Matti 28.9.2005. Paikan mittaus, luentomateriaali. Vaasan Ammattikorkeakoulu.
- /1/ Wärtsilä Finland intranet, vuosikertomus 2008
- /2/ Wärtsilä Finland intranet, konsernin esittely 2009
- /3/ Wärtsilä Finland intranet, Wärtsilän arvot
- /4/ Wärtsilä Finland intranet, WFI-su2009_short
- /8/ Wärtsilä Finland intranet, UNIC C2 system description [PDF-dokumentti].



Kuva 1. IOM-B2 moduuli B-sivu, josta väyläkaapeli lähtee generaattorille.



Kuva 2. Väyläkaapeli B-sivulta A-sivulle tuotuna.



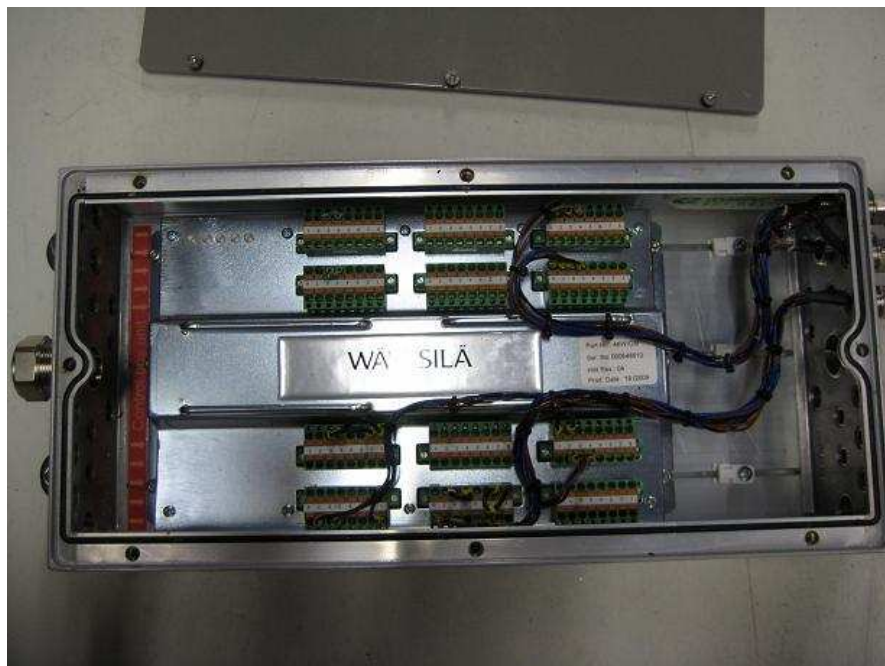
Kuva 3. Väyläkaapeli kiinnitettyä moottorin lohkoon ja alustaan.



Kuva 4. Väyläkaapeli suojaputkeen laitettuna moottorialustalle.



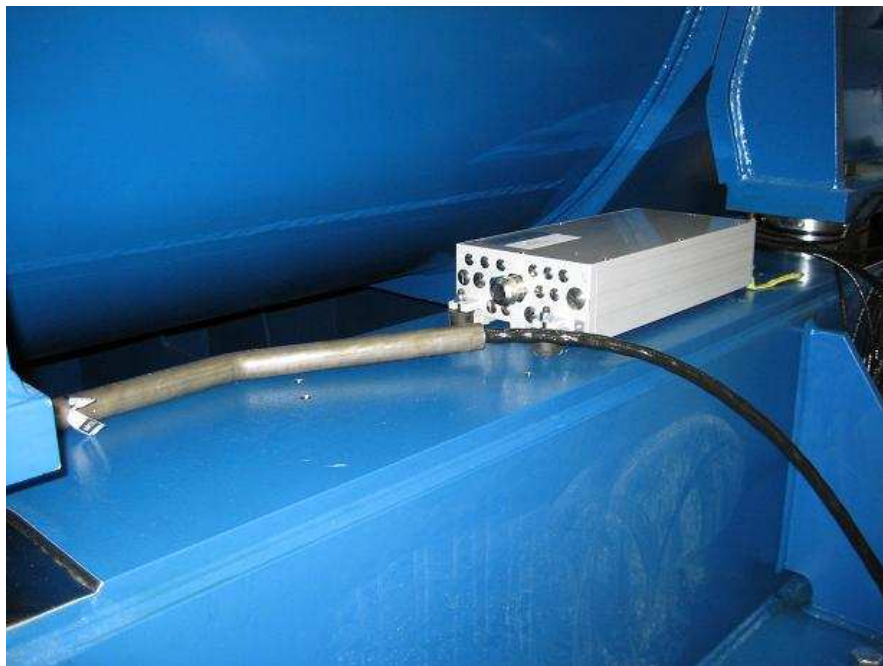
Kuva 5. IOM-E1 moduuli valmiiksi kytketty irrallisena.



Kuva 6. IOM-E1 moduulin sisäinen kytkentä ilman väyläkaapelia.



Kuva 7. Moduulille valmiiksi poratut reiät moottorialustalla.



Kuva 8. Väyläkaapeli tuotuna ja moduuli kiinnitettynä alustalle.



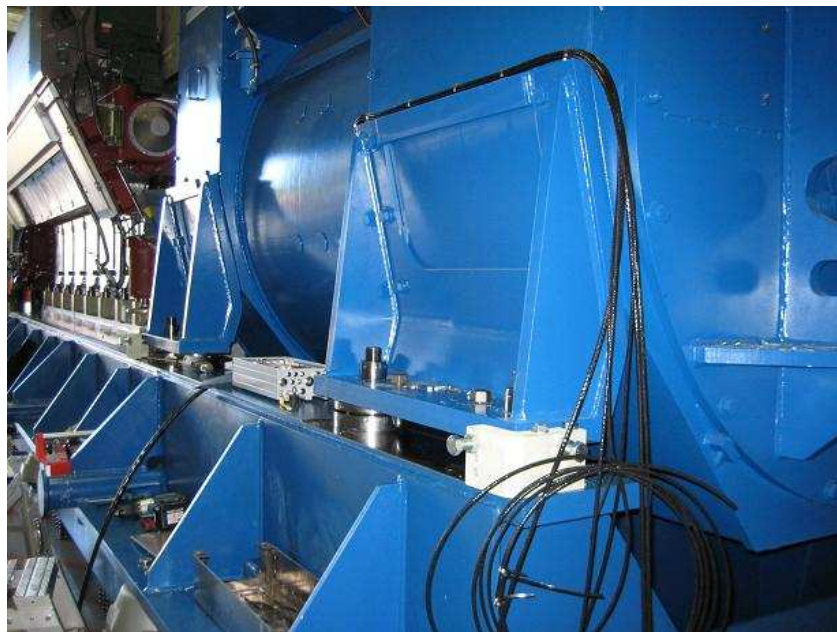
Kuva 9. Moduulin kaapeleiden sijoittelu.



Kuva 10. Moduulilta lähtevät kaapelit niputettuna generaattoriin.



Kuva 11. Moduulilta lähtevät kaapelit niputettuna generaattoriin.



Kuva 12. Moduulilta lähtevät kaapelit niputettuna generaattoriin.



Kuva 13. Teräsideankkurit laitettuna kiinni.



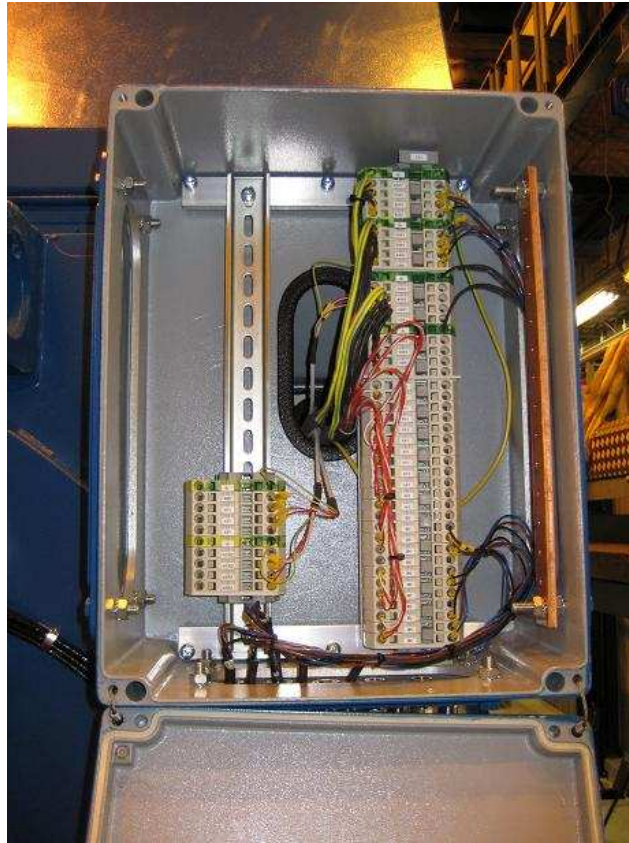
Kuva 14. B3A- ja B3B keskuksille menevät kaapelit kiinnitettynä teräsiteillä.



Kuva 15. Keskuksille menevät kaapelit niputettuna.



Kuva 16. Keskukselle menevät kaapelit sisäänvedettynä.



Kuva 17. Kaapelit kytkettynä keskukseseen.

Arvioiva työntutkimus generaattorin automaatioasennuksesta						
W32 linjakokoonpano/generaattorisolu		Aloitus				
W12V32 UNIC C2, projekti D		Lopetus				
N:o	Vaiheet	Tekemi- saika	Apuai- ka	Häiriö	Tauko	K j
1	Reikien poraus, CAN- väyläkaapelia varten 7 kpl					
2	Reikien kierteitys, CAN- väyläkaapelia varten 7 kpl					
3	CAN- väyläkaapelin kiinnitys reikiin p-clampeillä					
4	Suojaputken asennus CAN- väyläkaapelille					
5	CAN- väyläkaapelin veto putken sisälle/läpi					
6	Kaapelin TE7503 pituuden mittaus ja katkaisu					
7	Kaapelin TE7504 pituuden mittaus ja katkaisu					
8	Kaapelin TE7505 pituuden mittaus ja katkaisu					
9	Kaapelin TE7514 pituuden mittaus ja katkaisu					
10	Kaapelin TE7515 pituuden mittaus ja katkaisu					
15	Kaapelin LS7515 pituuden mittaus ja katkaisu					
11	Kaapelin TE7503 kuorinta, sisään veto, merkintä, numerointi ja kytkentä IOM:lle					
12	Kaapelin TE7504 kuorinta, sisään veto, merkintä, numerointi ja kytkentä IOM:lle					
13	Kaapelin TE7505 kuorinta, sisään veto, merkintä, numerointi ja kytkentä IOM:lle					
14	Kaapelin TE7514 kuorinta, sisään veto, merkintä, numerointi ja kytkentä IOM:lle					
15	Kaapelin TE7515 kuorinta, sisään veto, merkintä, numerointi ja kytkentä IOM:lle					
16	Kaapelin LS7506 kuorinta, sisään veto, merkintä, numerointi ja kytkentä IOM:lle					
17	IOM-E1 moduulin tärinän vaimentimien (dunperien) asennus alustalle					
18	IOM-E1 moduulin asennus alustalle					
19	CAN- väyläkaapelin kuorinta, sisään veto, merkintä, numerointi ja kytkentä IOM:lle					
20	Reikien poraus ja kierteitys alustalle ja generaattoriin 19 kpl					

21	Terässideankkureiden asentaminen reikiin 19 kpl					
22	Kaapeleiden kiinnitys terässiteillä 26 kpl					
23	Kaapelin TE7503 kuorinta, sisään veto, merkintä, numerointi ja kytkentä B3B:lle					
24	Kaapelin TE7504 kuorinta, sisään veto, merkintä, numerointi ja kytkentä B3B:lle					
25	Kaapelin TE7505 kuorinta, sisään veto, merkintä, numerointi ja kytkentä B3B:lle					
26	Kaapelin TE7514 kuorinta, sisään veto, merkintä, numerointi ja kytkentä B3B:lle					
27	Kaapelin TE7515 kuorinta, sisään veto, merkintä, numerointi ja kytkentä B3B:lle					
28	Kaapelin LS7506 kuorinta, sisään veto, merkintä, numerointi ja kytkentä B3A:lle					
		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Tekemisaika 100%	0,00				
	Keskijoutuisuus (Kj)	1,00				
	Normaaliaika	0,00				
	Apuaika 20%	0,00				
	Yhteensä	0,00				
	Tekemisaika tunteina	0,00	h			
	Apuaika	0,00	0,00			
	Häiriö aika	0,00	0,00			
	Tauko aika	0,00	0,00			
	Arvioivan tutkimuksen teki M.Kurki					
	Tutkittava					

Kuva 22. Esitötetty työntutkimusraportti.