

Harri Koivisto

AMI 500 -moottorin valmistuskustannusten muodostuminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Insinöörityö

10.5.2013

Tekijä Otsikko	Harri Koivisto AMI 500 -moottorin valmistuskustannusten muodostuminen
Sivumäärä Aika	28 sivua + 4 liitettä 10.5.2013
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Kone- ja tuotantotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Tuotantotekniikka
Ohjaajat	Business Controller Jaana Gröhn, ABB Oy KTM Harri Hiljanen, Metropolia Ammattikorkeakoulu
<p>Tässä insinööriyössä tutkittiin valmistuskustannusten muodostumista AMI 500 -konetyypin induktiokoneille ABB Oy:n Pitäjänmäen Moottorit ja Generaattorit -yksikössä. Työn aihe annettiin yrityksestä, sillä ABB halusi päivittää käyttämäänsä ohjelmistoa, jonka avulla arvioitiin valmistuskustannuksia myyntitarjousten tekoa varten. Ohjelmiston käyttämää laskentamallia muutettiin projektin aikana, jotta siitä saatiin helpommin päivitettävä.</p> <p>Työssä tutkittiin valmistettujen koneiden kirjautuneita kustannuksia, ja niitä verrattiin aikaisemmin käytetyn mallin antamaan arvioon. Tulokset eivät vielä olleet vertailukelpoisia keskenään, koska malli antaa arvon ns. peruskoneelle, jolla tarkoitetaan konetta ilman varusteluja. Kirjautuneista kustannuksista piti manuaalisesti erotella kustannukset, jotka eivät kuuluneet peruskoneeseen. Tämä työvaihe oli vaativin, koska kaikki materiaalilistan osat piti käydä läpi käsin ja opetella sellaiset nimikkeet, jotka piti jättää huomiotta. Listojen valmistuessa saatiin hyvää vertailutietoa ja pystyttiin korjaamaan mallin arviota paremmin todellisuutta vastaavaksi. Tutkimuksesta selvisi, että kustannukset voitiin jaotella kolmeen pääryhmään materiaalien kilohinnan, jäähdytystyyppin ja laakerointityypin mukaan. Suurimmat muuttuvat kustannukset määräytyivät jäähdytyksen perusteella, koska muuttuvia komponentteja on useita ja kustannukset saattavat kohota suuriksi.</p> <p>Työssä havaittiin, että mallin ensimmäisen version ja viimeisen version kustannuslaskentatavoilla tulokset poikkeavat toisistaan. Uudella laskentamallilla laskettaessa kustannukset ovat pienemmät, kuin vanhan laskentamallin perusteella. Ero johtuu siitä, että laskentamallit laskevat hävikin eri tavoin: vanha laskentamalli lisää hävikin laskennallisella kertoimella, kun taas uusi laskentamalli huomioi hävikin käytetyn ahiokappaleen mukaan.</p>	
Avainsanat	ABB, sähkömoottori, kustannusmalli, valmistuskustannus

Author Title	Harri Koivisto The Consistence of Manufacturing Costs of the AMI 500 Motors
Number of Pages Date	28 pages + 4 appendices 10 May 2013
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical Engineering and Production Technology
Specialisation option	Production Technology
Instructors	Jaana Gröhn, Business Controller Harri Hiljanen, M. Sc., Metropolia University of Applied Sciences
<p>This Bachelor's thesis was carried out for ABB Pitäjänmäki machine factory. The objective of this thesis was to research the manufacturing costs of the most popular small motor models, less than 1 kV or 7,2 kV motors, at the Motors and Generators Unit. The study was commissioned by the company since the software used to estimate the manufacturing costs needed updating. This software was an important tool for the Sales department to make offers and send quotations to the potential customers. The calculation model of the software needed to be changed during the project, so it was easier to update.</p> <p>In this thesis the actual costs of the small motors were compared to the estimated values. The results were not yet comparable with one another, because the model gave the value of the so-called catalogue machine, which referred to the basic machine without options.</p> <p>From the accounted costs, we had to manually separate the costs, which were not a part of the basic machine. This phase of the research work was demanding, because all the material had to be examined manually in order to decide which parts had to be ignored. When the lists were completed and a good comparative data was gathered, we were able to make corrections and give the model a more realistic estimate.</p> <p>This study revealed that the costs could be divided into three main groups of materials price per kilogram, cooling method and bearing type. The largest variable costs depend on the cooling method, because there are lots of varying components, and therefore, the costs might rise high.</p> <p>The results revealed that there is a big difference in the manufacturing costs between the new calculation model and the old model. The new model will provide a lower cost estimate than the old model. The difference is due to the fact that the calculation models approach the problem from a different perspective: the old model adds the multiplier to the costs in order to compensate the material losses, while the new model uses the manufacturing information and statistics to calculate the actual costs.</p>	
Keywords	ABB, Electric motor, manufacturing costs

Sisällys

Lyhenteet ja käsitteet

1	Johdanto	1
1.1	Työn sisältö	1
1.2	Taustat	3
1.3	Perehdyttäminen	3
1.4	Käytetyt menetelmät	4
2	ABB Oy Motors and Generators	5
2.1	Yrityksen kehitys	5
2.2	Staattori	7
2.3	Roottori	8
2.4	Vyyhdet	9
3	Valmistuskustannusten teoria	10
3.1	Yleiskustannukset	11
3.2	Materiaalikustannukset	12
3.3	Kustannuslaskenta	13
4	Kustannusten selvittäminen	14
4.1	Tiedon hankinta	14
4.2	Kilohinnan mukaan määräytyvät kustannukset	19
4.3	Jäähdytyksen mukaan määräytyvät kustannukset	21
4.4	Laakeroinnin mukaan määräytyvät kustannukset	21
5	Lopputulos ja jatkokehitys	22
5.1	Lopputulos	22
5.2	Jatkokehitys	24
6	Yhteenveto	25
	Lähteet	27

Liitteet (vain tilaajan käyttöön)

Liite 1. SAP: Kustannusanalyysi. Analyysi koneen kustannuksista

Liite 2. SAP: Kustannusanalyysi. Analyysi staattorin sähköpeltien tuottamista kustannuksista

Liite 3. ADEPT: Kanta 500 mm:n akselikorkeudella olevalle moottorille

Liite 4. ADEPT: Laskenta 500 mm:n akselikorkeudella olevalle moottorille

Lyhenteet ja käsitteet

ABB	Asea Brown Boweri
ADEPT	suunnittelujärjestelmä
AMI	moduulikoneen tuotenimi
Cuusamo	ohjelmisto, jolla myynti laskee tarjoukset
DC	Direct Cost (välittömät kustannukset)
EBIT	Earnings Before Interest and Taxes (tulos ennen veroja ja korkoja, vastaa suomalaisittain liikevoittoa)
OH	overheads (yleiskustannukset)
PCOGS	Precalculated Cost of Goods Sold (valmistuskustannusten arvio)
Peruskone	kone, josta on eroteltu varusteet
SAP	toiminnanohjausjärjestelmä
T&K	tutkimus- ja kehitystoiminta
Transaktio	komento, jolla liikutaan toiminnanohjausjärjestelmässä

1 Johdanto

Tämän insinööriyön tarkoituksena on selvittää ABB Oy:n Pitäjänmäen toimipisteen toimeksiannosta, kuinka moottoreiden todelliset kustannukset muodostuvat. Yrityksessä on käytössä malli, joka arvioi myynnille koneen kustannukset. Tarkoituksena on rakentaa oma tietokanta SAP:n (yrityksen toiminnanohjausjärjestelmä) tuottamasta todellisesta tiedosta, jota käytetään uuden mallin laskennan perustana. Suurimpana haasteena on oppia tulkitsemaan SAP:n kustannusrakennetta ja eristää tästä saadusta tiedosta tarvittavat komponentit, joita simulointimalli hyödyntää.

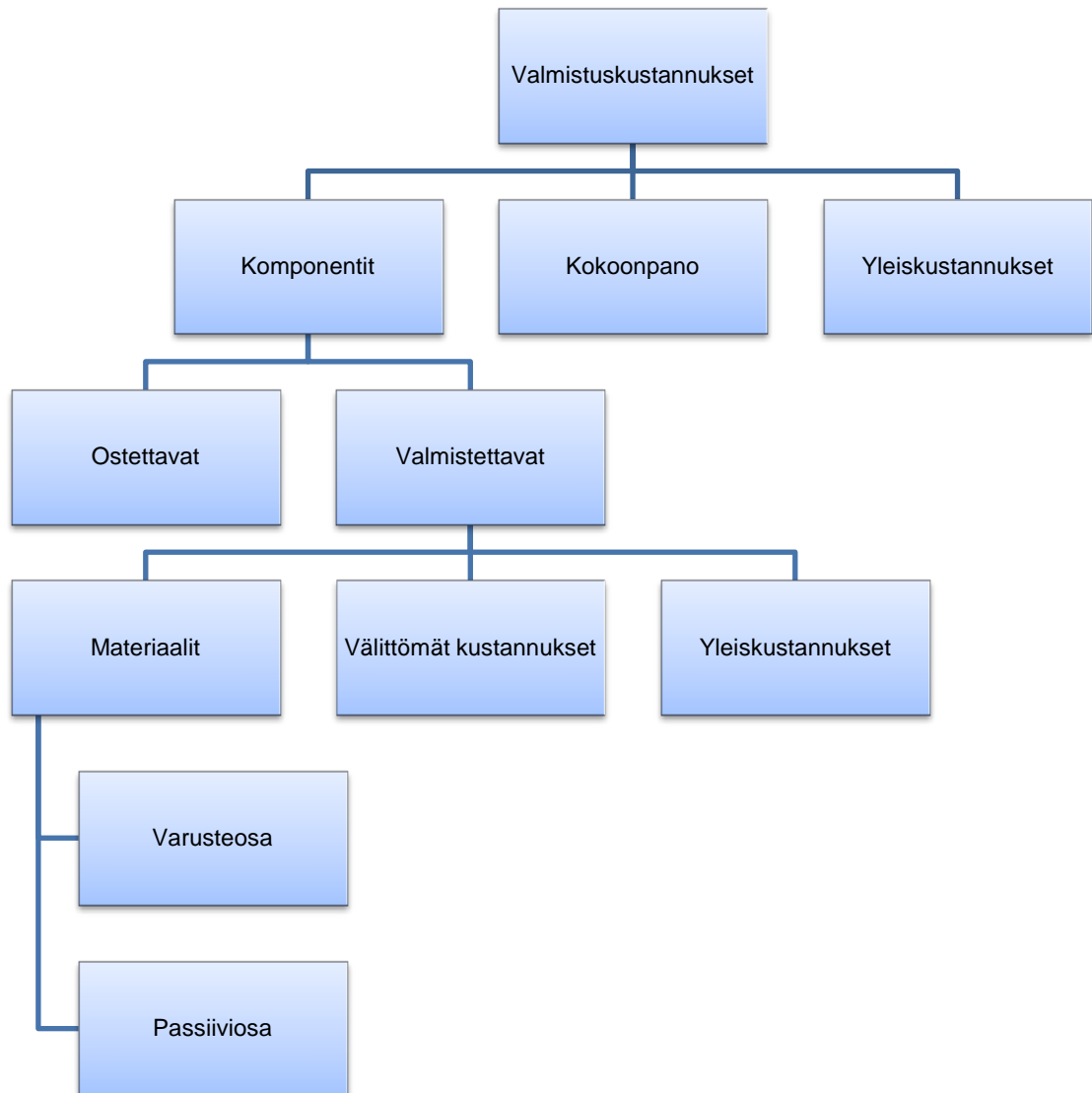
Opinnäytetyöhön on valittu akselikorkeudeltaan 500 mm:n AMI-moottorit. AMI-moottorit ovat moduulirakenteisia induktiokoneita. Näistä moottoreista on valittu ne, joissa varustetaso on pieni ja eristysluokka alle 1 kV tai 7 kV. Nämä kaksi eristysluokkaa vastaavat suurinta osaa kyseisen konetyypin toimitetuista koneista. Näillä rajauksilla SAP:n tuottamaa tietomäärää pystytään suodattamaan mahdollisimman lähelle nk. katalogikonetta. Laskentamallin mukaan katalogikone on jännitteeltään 7,2-kilovolttinen, vierintälakeroitu, läpijäähdytetty ja sääsuojattu moottori. Rajaus suodattaa tiedoista pois sellaiset koneet, joissa on käytetty erikoisosia, ja jättää sellaiset koneet, joissa standardiosien määrä on suuri. Tällöin myös kustannukset vastaavat katalogikonetta. Kustannusta muuttavia tekijöitä ovat koneen pituuden muutos, jäähdytystapa sekä laakerointitapa.

1.1 Työn sisältö

Työ koostuu kahdesta osasta. Ensimmäisessä osassa käsitellään valmistuskustannusten teoriaa: miten ne muodostuvat, mitä ne sisältävät ja kuinka ne kuuluu huomioida kustannuksia seurattaessa. Työssä pohditaan myös, millaisia ongelmia kustannusten havainnoinnissa ja seurannassa voi olla. Toisessa osiossa käsitellään tehtyä tutkimusta eli sitä, kuinka valmistuskustannukset muodostuvat ABB Oy:llä valmistettavissa AMI 500 -moottoreissa. Tutkimuksessa moottorin kustannuksia on tarkasteltu erityisesti materiaalikustannuksina. Tämä sen takia, että yleiskustannukset ja välittömät kustannukset saadaan selvitettyä suoraan valmistuskustannusten tietokannasta. Materiaalikustannukset täytyy erotella käsin muusta kannasta, koska nimikkeet eivät ole vakioita.

Materiaalikustannuksista haluttiin saada esille niin kutsuttu passiiviosa (ks. kuvio 1), joka muodostuu koneesta ilman varusteita. Passiiviosan saamisen jälkeen pystyttiin

laskennallisesti arvioimaan koneen varusteluista muodostuvia kustannuksia. Tämän työn aikana laskentamalliin liitettiin uudet yleiskustannusarvot. Arvot liittyivät välillisiin kustannuksiin ja olivat yksikkökohtaisia. Näiden arvojen selvittäminen ei kuulunut opinnäytetyöhön, joten arvot annettiin työhön valmiina.



Kuvio 1. Valmistuskustannusten sisältö.

1.2 Taustat

Tämä insinööryö on osa suurempaa PCOGS-projektia (Precalculated Cost of Goods Sold). PCOGS-projekti tukee myyntiä arvioimalla tuotantokustannuksia tarjousten tekoa varten. Tuotantokustannusarvo kertoo konekohtaisen arvion peruskoneen tuotantokustannuksille, joiden arvot lasketaan Cuusamo-järjestelmän laskentakannasta. Cuusamo on ohjelmisto, jolla myynti laskee tarjoukset. PCOGS-projektin parissa työskentelee noin 10 henkilöä Kiinasta, Intiasta ja Suomesta. Projektia johdetaan Helsingistä.

Tämä tutkimusprojekti tukee Cuusamo-järjestelmän laskentaa. SAP:sta saadut toteutuneet valmistuskustannukset muutetaan Cuusamo-järjestelmän käyttämään muotoon poistamalla erityiskomponenttien kustannusvaikutus. Pareto-analyysin perusteella valittiin AMI 500 -konetyypin koneista tutkittavaksi eniten myydyt, matalajännitteiset 0,66 kV:n sekä korkeajännitteiset ~6 kV:n koneet. Cuusamo-järjestelmä käyttää eristejännitetasoa, joka on todellista käyttöjännitetasoa korkeampi, joten vastaavat jännitetasot Cuusamo-järjestelmässä ovat 1 kV ja 7,2 kV. Tärkeimmäksi tehtäväksi tuli perehtyä ja selvittää kyseisten koneiden valmistuskustannuksia ja prosessoida niitä taulukossa Cuusamo-järjestelmän käyttämään muotoon. Tuotettujen konekohtaisten taulukoiden perusteella muodostetaan osia PCOGS-malliin.

1.3 Perehdyttäminen

Työ aloitettiin perehdytyksellä yrityksessä käytettyyn kustannustenhallintaohjelmistoon. Perehdytyksen tarkoituksena oli, että tietoa pystyttiin keräämään tietokannoista itsenäisesti. Tietokannoissa oli valmiina nimikkeet sekä niille kirjautuneet kustannukset ja kappalemäärät.

Perehdytyksen yhteydessä opiskeltiin ABB:n sisäisessä koulutuksessa käytettävää opintomateriaalia. Tämä materiaali oli erittäin tärkeää, koska sen avulla oppi tulkitsemaan kustannustenhallintaohjelmiston nimikkeitä sekä moottoreissa olleita merkintöjä. Merkinnöistä pystyi havaitsemaan nopeasti, millainen moottori oli kyseessä. Moottorin ollessa lähellä perusmoottoria, sen valmistettavuus oli A-tyyppiä eli se ei sisältänyt pitkän toimitusajan komponentteja. Merkinnöistä pystyi näkemään myös valmistuspaikan, joten muiden valmistuspaikkojen koneet oli helppo jättää huomiotta.

Tietokantojen ja taulukkojen jälkeen perehdytys jatkui ADEPT-ohjelmiston perusteisiin. ADEPT on tietokanta yrityksen valmistuskustannuksille. Opittiin muuttamaan valmis-

tuskustannusten arvoja ADEPT:ssa ja tämän avulla pystyttiin ajamaan koeajoja saaduilla uusilla valmistuskustannusarvoilla. Uusia ja vanhoja tuloksia pystyi vertaamaan keskenään samassa laskentaikkunassa, joten nopeat vertailut tulosten vaikutuksista kokonaiskustannusarvioon olivat mahdollisia.

1.4 Käytetyt menetelmät

Työssä käytettiin pääasiassa yrityksen sisällä vakiintuneita toimintatapoja. Kaikki käytetyt menetelmät pohjautuvat kuitenkin yleisesti käytössä oleviin valmistuskustannusten hallinta- ja seurantamenetelmiin.

Valmistuskustannuksia seurattiin ja laskettiin jälkilaskelmana. Jälkilaskelmassa kustannuksia seurataan valmistuksen loppupäästä alkupäähän. Jälkilaskenta soveltui parhaiten asetetun tehtävän vaatimuksiin, jossa piti saada selvitettyä tuotekohtainen tietokanta valmistuskustannuksista sekä selvittää, kuinka hyvin vanha tietokanta vastaa nykytilaa.

Tarkin tulos olisi saatu esille, jos olisi pystytty seuraamaan valmistuskustannuksia osastokohtaisesti, mutta tällainen projekti olisi vienyt kohtuuttoman paljon aikaa ja resursseja. Lisäksi oli mahdollista, että tulokset vääristyisivät, kun osastoilla muutettaisiin toimintatapoja hitsauksen tai muun aikaa vievän toimenpiteen kohdalla. Muutokset vaativat päivitykset urakka-aikoihin ja samalla uudet ajat pitäisi huomioida valmistuskustannuksissa. Jälkilaskentaa käytettäessä valmistuskustannukset pysyvät keskimääräisesti hyvässä kontrollissa.

2 ABB Oy Motors and Generators

2.1 Yrityksen kehitys

Teollisuus kuluttaa kaksi kolmasosaa kaikesta sähköenergiasta, ja kaksi kolmasosaa teollisuuden käyttämästä sähköenergiasta kuluu sähkömoottoreiden pyörittämiseen. Kaikesta maailmalla käytetystä sähköenergiasta sähkömoottorit kuluttavat noin 45 prosenttia.

ABB on edelläkävijä energiatehokkaiden moottoreiden kehittämisessä. Suomen ABB:n Motors and Generators -yksikkö panostaa vahvasti korkean hyötysuhteen moottoreiden ja generaattoreiden tutkimukseen ja tuotekehitykseen.

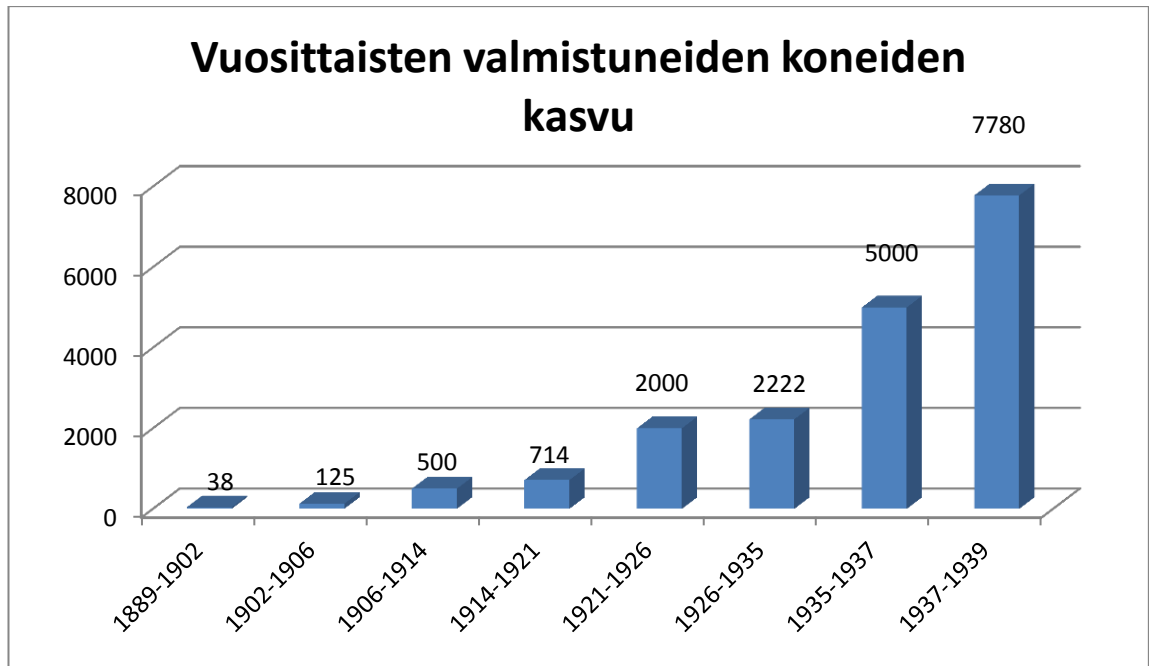
Yksikkö kehittää ja valmistaa moottoreita ja generaattoreita kaikille teollisuudenaloille ja sovelluksiin maailmanlaajuisesti. Tehtaat sijaitsevat Helsingissä ja Vaasassa.

ABB on maailman johtava moottorivalmistaja. Vaasan tehtaalla on maailmanlaajuinen vastuu yhtiön valmistamista räjähdysvaarallisten tilojen pienjännitemoottoreista.

Helsingin Pitäjänmäellä sijaitsevassa tehtaassa kehitetään ja valmistetaan muun muassa korkeajännitemoottoreita, tuuli- ja dieselgeneraattoreita sekä kestopagneettimoottoreita. ABB on maailman johtava tuuliturbiinigenaattorien toimittaja. (1.) (Taulukot 1 ja 2, kuvio 2.)

Taulukko 1. Yrityksen kehittyminen alkuvuosina (6, s. 253).

Koneiden lukumäärä	Valmistusvuosi	Koneiden lukumäärä	Valmistusvuosi
500	1902	20.000	1926
1.000	1906	40.000	1935
5.000	1914	50.000	1937
10.000	1921	65.559	1939



Kuvio 2. Taulukon 1 perusteella lasketut vuotuiset kehitykset koneiden valmistusmäärissä. (6, s.253)

Taulukko 2. Suomen ABB:n avainluvut 2011 (MEUR) (7).

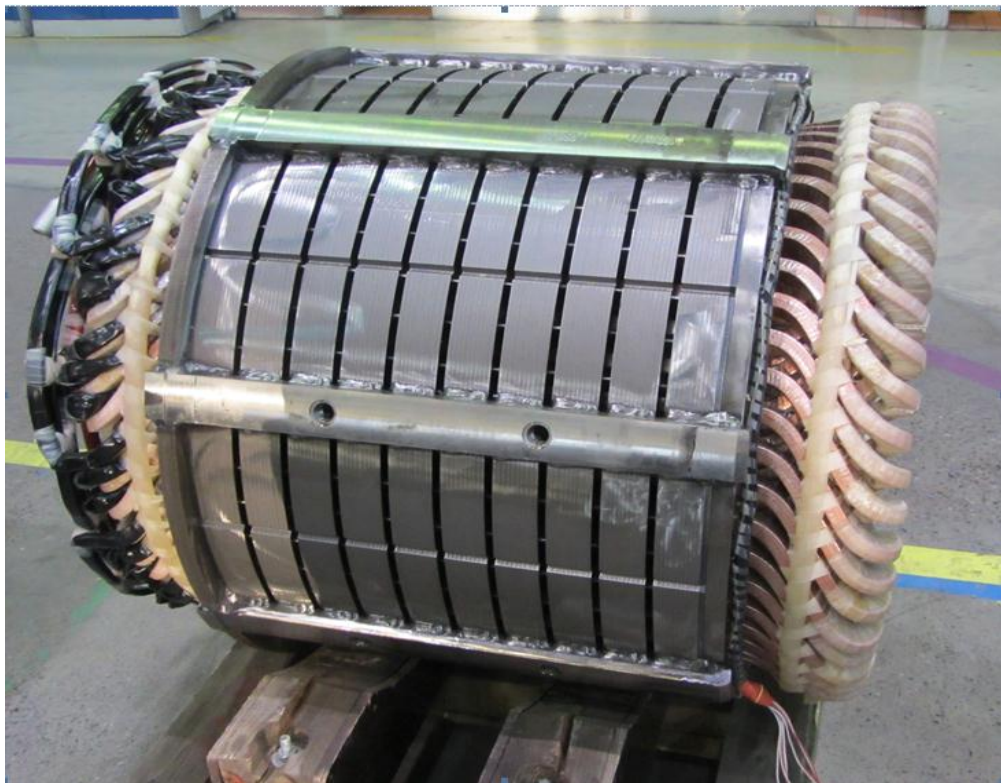
MEUR	2011	2010	Muutos %
Saadut tilaukset	2 335	2 225	+ 4,9
Liikevaihto	2 348	2 174	+ 8,0
Operatiivinen EBIT	342	310	+ 10,6
Tilaukanta	815	828	- 1,5
T&K	163	139	+ 17,0
Henkilöstö	6 762	6 881	- 1,7

2.2 Staattori

Staattori on sähkökoneen kiinteä osa, jonka sisällä roottori pyörii. Staattori koostuu sähköpellistä, rungosta sekä käämityksestä. Käämintätavalla voidaan vaikuttaa moottorin napalukuun. Nykyisin oikosulkumoottorit ovat yleisin teollisuudessa käytetty sähkömoottorityyppi.

Oikosulkumoottoreissa on sähkömagnetoitu staattori, joka muodostaa vaihtovirran avulla magneettikentän, joka pyörii ja indusoi virran oikosuljetun roottorin häkkikäämitykseen. Virta magnetoit roottorin ja saa näin aikaan roottorin pyörimisliikkeen. (5.)

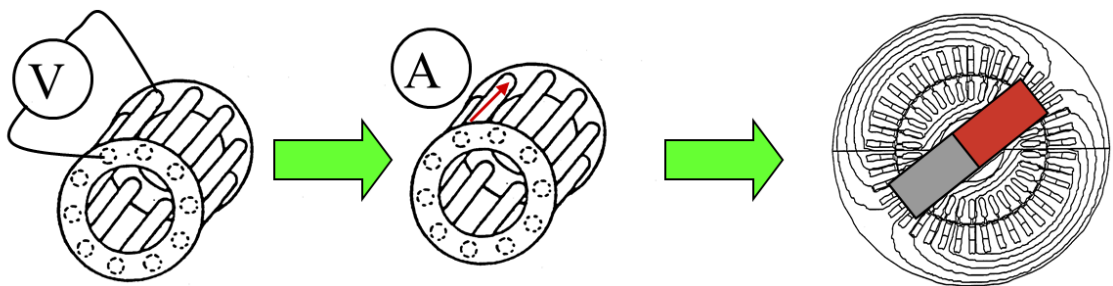
Käytettäessä tasavirtasovelluksia staattorin magneettikenttä pysyy muuttumattomana eikä sen napaisuus muutu koneen käydessä. Tällöin staattorista voidaan käyttää nimitystä kenttämagneetti. Tasavirtakoneissa ja tahtimoottoreissa roottorikäämitys muodostaa pyörivän magneettikentän virrankääntäjän avulla. (5.) (Kuvio 3.)



Kuvio 3. Moduulikoneen staattoripaketti käämittynä.

2.3 Roottori

Roottori on sähkömoottorin oleellinen komponentti. Roottori pyörii staattorin sisällä, kun sen johtimiin indusoituu jännite. Tällöin roottorikäämityksen muodostamaan suljettuun virtapiiriin syntyy virtoja. Virrat pyrkivät Lenzin lain mukaisesti vastustamaan magneettikentän pyörimistä roottoriin nähden. Indusoituneet virrat tekevät näin roottorista sähkömagneetin, jota pyörivä magneettikenttä alkaa vetää perässään. (3, s. 6 - 7.) (Kuviot 4 ja 5.)



Kuvio 4. Roottorin oikosulkuhäkin toimintaperiaatetta havainnollistava kuva.



Kuvio 5. Roottori

2.4 Vyyhdet

ABB:llä on käytössä muotokuparista valmistetut kaksikerroslimikäämitykset, jotka koostuvat samanlaisista vyyhdeistä. Yksi vyyhti kelataan useammasta kerroksesta muotokuparia ja jokainen kerros on eristetty toisistaan. Eristyksen tehtävänä on erottaa sähköisesti erijännitteiset, tai eri virtapiiriin kuuluvat, osat toisistaan sekä estää läpilyönnit virtapiirien välillä tai maahan. Eristys pitää kurissa vuotovirrat, johtaa piirissä syntyvää häviölämpöä pois sekä lujittaa käämitystä. (Kuvio 6.)

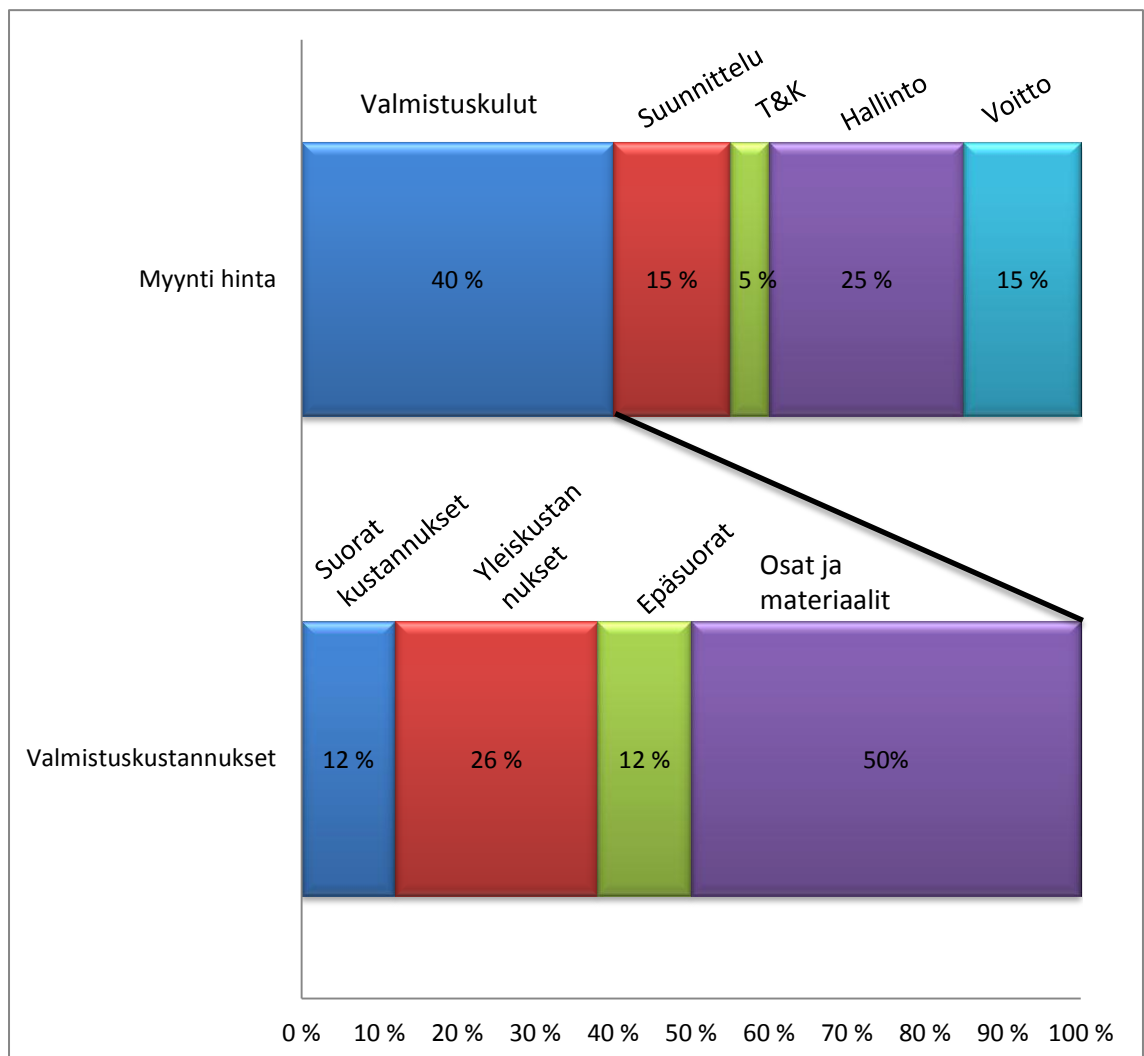


Kuvio 6. Muotokuparivyyhti eristettynä.

3 Valmistuskustannusten teoria

Valmistuskustannusten seurannassa kiinteiden ja muuttuvien kustannusten seuranta ei ole ainoa vaihtoehto. Kustannukset voidaan jakaa myös suoriin kustannuksiin, materiaalikustannuksiin ja yleiskustannuksiin. Tämä jako on usein käyttökelpoisin tapa seurata kustannuksia tuotannossa.

Valmistuskustannusten osuus on yleensä noin 40 % tuotteen myyntihinnasta. Materiaalikustannusten osuus valmistuskustannuksista on noin 50 %. Suorien kustannusten osuus valmistuskustannuksista on noin 12 % ja vain 5 % myyntihinnasta. (2, s. 74.) (Kuvio 7.)



Kuvio 7. Valmistuskustannusten jakautuminen komponentteihin (2, s. 75).

Tuotekohtainen kustannuslaskenta perustuu siihen, että yrityksen kustannukset muodostuvat lähes kokonaan yrityksen valmistamista tuotteista. Mikäli yrityksen tuotteet eivät ole kannattavia, ei yrityskään voi olla kannattava. Yksittäisten tuotteiden kustannuksia voidaan tutkia tuotekohtaisen laskennan avulla. Tuotekohtainen kustannuslaskenta toimii siten hinnoittelun perustana ja sitä käytetään tuotekohtaisen kannattavuuden seurantaan. (9, s. 161.)

Tuotekohtaista kustannuslaskentaa voidaan suorittaa etukäteislaskelmana ja jälkilaskelmana. Jälkilaskelmia käytetään tuotekohtaisen pohjatiedon rakentamiseksi tulevia tarjouskertoja varten. Niiden avulla voidaan tarkastaa myös etukäteislaskelmien oikeellisuutta ja tarjouslaskennassa tapahtuneet virheet. Laadukkaan jälkilaskennan avulla ennakkolaskenta pysyy paremmin kontrolloituna. (8, s. 91.)

Tarkin tapa valmistuskustannusten arviointiin on valmistusvaihtoehtojen tapauksittainen laskenta menetelmäkohtaisia kustannustekijöitä käyttäen. Vaikeutena kuitenkin on se, että laskentamenetelmät on suunniteltu laskentatoimen käyttöön, jolloin saadut tulokset eivät aina ole vertailukelpoisia keskenään. (11, s. 22.)

3.1 Yleiskustannukset

Yleiskustannukset sisältävät valmistusta tukevia toimia sekä erilaisia epäsuoria kustannuksia eli sellaisia kustannuksia, jotka eivät jakaudu suoriin kustannuksiin tai materiaalikustannuksiin.

Yleiskustannukset jaetaan kahteen ryhmään, tehtaan yleiskustannuksiin ja yrityksen yleiskustannuksiin. Tehtaan yleiskustannukset koostuvat muun muassa esimiehistä, vakuutuksista, toimituskuluista, lämmityksestä ja valaistuksesta. Yleiskustannuksia käsitellään kiinteinä kustannuksina. Yrityksen yleiskustannukset koostuvat muun muassa kirjanpidosta, toimistoista, tuotekehityksestä, myynnistä ja markkinoinnista. Monilla yrityksillä on useampi kuin yksi toimipiste ja näiden toimipisteiden yleiskustannukset saattavat erota toisistaan merkittävästi, jolloin on järkevää jakaa ne osiin. (2, s. 74.)

3.2 Materiaalikustannukset

Materiaalikustannuksia ovat kaikki raaka-ainekulut, jotka syntyvät tuotteen tekemisestä. Kokoonpanotehtaassa tähän ryhmään kuuluvat myös sellaiset komponentit, jotka alihankkija on valmistanut. Tämän vuoksi raaka-aine -termin sisältö on yrityskohtainen. Jonkin yrityksen valmis tuote saattaa olla toisen yrityksen raaka-aine. Kiinteiden ja muuttuvien kustannusten termistönä suorat kustannukset ja materiaalikustannukset sisältyvät muuttuviin kustannuksiin. (2, s. 74.)

Materiaalikustannuksista on yleisesti tiedossa se, että suomalaisessa konepajassa materiaalin osuus loppukustannuksista on keskimäärin 50 %. Kustannuksiin vaikuttaa materiaalin jalostusaste, laatu sekä markkinahinta. Lisäksi useissa yrityksissä materiaalikustannuksiin kuuluu materiaalisä. Se sisältää hankinta-, vastaanotto-, tarkastus-, kuljetus- ja varastointitoiminnoista sekä koroista, poistoista yms. aiheutuvat kulut (10, s. 5.)

Materiaalikustannuksissa tulisi verrata suunnitteluohjelmien antamaa nettopainoa valmiin tuotteen tai kokoonpanon punnittuun painoon. Näin saadaan selvitettyä laskentaohjelmien arvojen paikkansapitävyys. Levyosien, kuten sähköpeltien, yhteydessä voidaan tarvita hieman laskentaa optimaalisten levykokojen löytämiseksi. Tällä toimenpiteellä päästään vähäiseen materiaalihukkaan. (4, s. 187 - 188.)

3.3 Kustannuslaskenta

Kustannuslaskenta toimii yrityksen laskentatoimen perustana. Sen avulla pyritään tunnistamaan yrityksen tuotteista kannattavimmat, sekä mittaamaan miten tehokasta toiminta on eri osa-alueilla. Mitä tarkemmin kustannuslaskenta tehdään, sitä paremmat perustat päätöksentekijöillä on laadukkaisiin ratkaisuihin. (3, s. 135 – 136; 4, s. 5.)

Kustannuslaskentaa voidaan suorittaa ennustamalla toteutuvia kustannuksia etukäteen, todellisia kustannuksia selvittämällä jälkikäteen ja seuraamalla todellisia kustannuksia nykyhetkessä. Näistä kustannuslaskennan muodoista käytetään termejä kustannusten ennustaminen, jälkilaskenta sekä reaaliaikainen laskenta. Kustannusten ennustamista käytetään suunnittelussa, hinnoittelussa, päätöksenteossa ja budjetoinnissa. Toteutuneiden kustannusten seuranta reaaliajassa tai jälkilaskelmana tuottavat tietoa ennustamista varten. Reaaliaikaisen seurannan avulla voidaan ohjata kustannuksia tavoitteiden saavuttamiseksi ja jälkilaskennalla voidaan vertailla ennustettujen ja toteutuneiden kustannusten eroavaisuuksia. (7, s. 26 – 27; 4, s. 5.)

Kustannuslaskennalla on kolme keskeistä tehtävää: suoritekohtaisten kustannusten selvittäminen, toiminnan seurannan avustaminen sekä kustannusrakenteen selvittäminen. Suoritekohtaisia kustannuksia voidaan selvittää ennakkolaskelmalla suunnitteluvaiheessa tai jälkilaskelmalla valmiista tuotteesta. (5, s. 61; 4, s. 5.)

Coois-komennolla tiedot tulivat esille pienissä osissa ja niihin piti erikseen porautua sisään (kuvio 9).

Order Type	Order	Sales Order	SO Item	Actual finish	Material Number	Material description	Target qty	Unit	Bas. start date	Basic fin.	System Status	Actual finish	Frame
ZNC3	101855901		200	00:00:00			1	PC	05.01.2012	24.01.2012	REL. POF-PRC. MANC. INHAT SETC		
ZNC1	101867940		200	12:44:47	3AFP200141457	Stator core disc / A	1	PC	14.02.2012	16.02.2012	TECO PRT. CHF. DLV. PRC. GMP5 ILAS. INHOM*	14.02.2012	
ZNC1	101867941		200	06:38:10	3AFP200141463	Stator coil / A	1	PC	15.02.2012	20.02.2012	TECO PRT. CHF. DLV. PRC. GMP5 ILAS. INHOM*	15.02.2012	
ZNC1	101867942		200	06:49:29	3AFP200141458	Stator core / A	1	PC	16.02.2012	20.02.2012	TECO PRT. CHF. DLV. PRC. GMP5 ILAS. INHOM*	17.02.2012	
ZNC1	101867943		200	07:28:00	3AFP200141472	Rotor core discs / A	1	PC	20.02.2012	27.02.2012	TECO PRT. CHF. DLV. PRC. GMP5 ILAS. INHOM*	21.02.2012	
ZNC1	101867964		200	12:50:02	3AFP200141454	Stator winding, connected / A	1	PC	23.02.2012	27.02.2012	TECO PRT. CHF. DLV. PRC. GMP5 ILAS. INHOM*	23.02.2012	
ZNC1	101867965		200	07:45:50	3AFP200141469	ROTOR / A	1	PC	27.02.2012	29.02.2012	TECO MSPRT. PRT. CHF. DLV. PRC. GMP5 ILAS*	02.03.2012	
ZNC1	101867966		200	13:32:12	3AFP200141453	VACUUM PRESSURE IMPREGNATED STATOR / A	1	PC	27.02.2012	29.02.2012	TECO CHF. DLV. PRC. GMP5 ILAS. INHOM SETC	27.02.2012	
ZNC6	101911532		200	07:43:59			1	PC	14.03.2012	14.03.2012	REL. PRT. CHF. PRC. GMP5 MANC. OPON SETC		
ZNC1	101877026		200	14:44:12	3AFP200141447	Main assembly / A	1	PC	29.02.2012	19.03.2012	TECO PRT. CHF. DLV. PRC. GMP5 ILAS. INHOM*	27.03.2012	
ZNC1	101877027		200	14:09:37	3AFPAM221A1	AMC 400-500 motor, difficulty A1	1	PC	19.03.2012	28.03.2012	TECO CHF. DLV. PRC. GMP5 ILAS. INHOM MSPC*	23.03.2012	
ZNC2	101855925		200	12:25:46			1	PC	17.01.2012	30.03.2012	REL. CHF. PRC. MANC. INHAT SETC		

Kuvio 9. Coois-näkymä SAP:sta: Order-kohdasta poraudutaan haluttuun työvaiheeseen.

Ongelmaksi tuli tarkan taulukon ajaminen suoraan Excelliin eli yleisimmin käytettyyn taulukkolaskentaohjelmaan. Pohdittiin, olisiko va03-transaktiolla saatu taulu riittävän tarkka, sillä tästä taulusta pystyi tekemään suoraan Excel-taulukon. Taulukkoa oli helpompi käsitellä, kun siitä pystyi suodattamaan pois tälle projektille tarpeettoman datan.

Projekti laajeni työn aikana, kun PCOGS-mallia päätettiin uudistaa myös rakenteellisesti. Tulevassa mallissa kustannusalueet on jaettu useaan pienempään ryhmään. Kustannusten päivittäminen on siis jatkossa helpompaa ja tarkempaa. Mallin päivitys kuitenkin selkeytti tehtävää tutkimusta ja rajasi sen tarkasti materiaalikustannusten osioon.

Tutkimuksen edetessä SAP:sta saatu tieto va03-transaktiolla oli riittävä, ja se siirrettiin Excelliin. Taulujen siirto onnistui suoraan SAP:sta löytyvällä siirtotoiminnolla. Siirron

jälkeen saadusta taulukosta piti erotella peruskone. Erottelu tapahtui käsin, koska koneissa saattoi olla erilaisia jäähdytyksiä, laakerointeja sekä lisävarusteita, joita ei voida huomioida laskentaa tehdessä. Tämän vaiheen opetteleminen oli yksi työn haastavimmista, koska missään ei ollut ohjeita siitä, mikä on peruskonetta.

Varusteiden erotteluprosessissa kuvio 11:n mukainen taulukko siirrettiin Excelliin, jossa siitä eroteltiin ensin materiaalikustannukset, jotka voitiin laskea kilohinnan mukaan eli vihreät nimikkeet. Nämä nimikkeet eroteltiin omaan sarakkeeseensa, koska ne eivät saaneet summutua mukaan koko materiaalikokonaisuuteen. ADEPT osasi laskea tälle ryhmälle oman kustannuskentän, kuten liitteessä 1 voidaan havaita. Seuraavaksi listasta etsittiin ne nimikkeet, jotka ovat kytköksissä laakerointiin. Nämä nimikkeet ovat kuviossa 11 punaisella värillä. Nimikkeet lasketaan mukaan kokonaismateriaalikustannuksiin, mutta kustannukset korvataan tarvittaessa peruskoneen laakerointia vastaavilla kustannuksilla. Kuviossa sinisellä värillä olevat jäähdytystavan kustannukset toimivat laskennassa samoin kuin laakeroinnin kustannukset. Kustannukset lasketaan summaan, mutta korvataan tarvittaessa peruskoneen jäähdytyskustannuksilla.

Lopulliset passiivikustannukset saadaan, kun materiaalikustannukset (kuviossa 11 ilman korostusta oleva summakenttä) lasketaan yhteen peruskoneen laakerointikustannusten ja peruskoneen jäähdytyskustannusten kanssa. Tämän jälkeen lasketaan yhteen jäähdytys-, laakerointi- ja materiaalikustannukset. Useista koneista lasketun passiivikustannusten keskiarvon perusteella saatiin ADEPT-kantaan AMI 500 -moottoreille yleisarvo, jota käytetään ADEPT-laskennassa. Materiaalikustannuksia eroteltiin seuraavasti:

1. Kilohinnan mukaan
 - sähköpellit
 - staattorin kuparit
 - roottorin kuparit

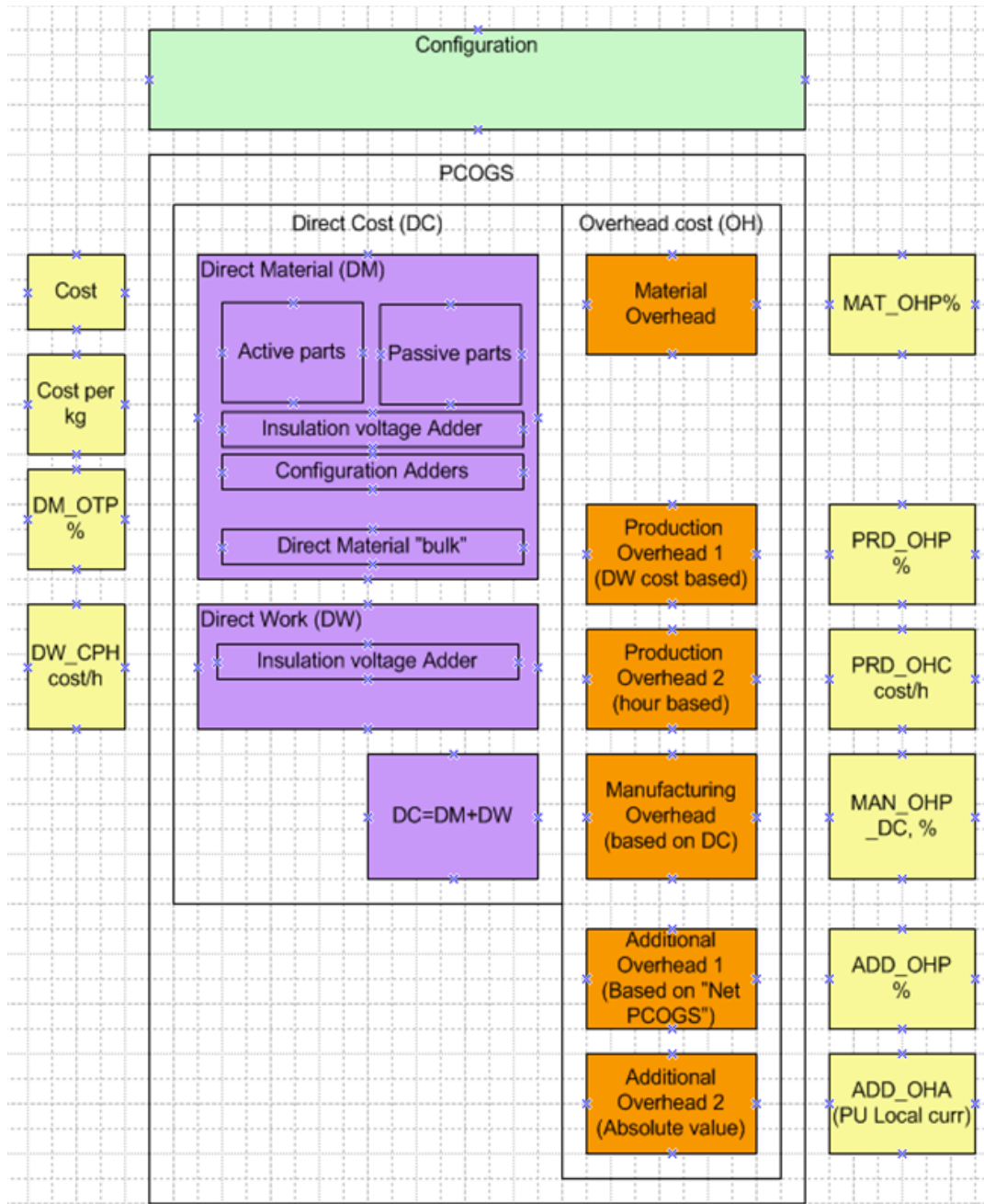
2. Jäähdytyksen mukaan

- erilaiset tuulettimet
- lämmönvaihtimet
- suojukset tuulettimille

3. Laakeroinnin mukaan

- laakerikilvet
- laakerit
- voitelu

Tutkimuksen loppupuolella haluttiin lisäksi selvittää, kuinka staattoripaketin pituus vaikuttaa kustannuksiin, jos jännite pysyy samana. Huomattiin heti, että muuttuvat kustannukset keskittyivät kilohinnalla korvautuviin kustannuksiin, joita oli helpoin hallita ja käsitellä. Projektin kannalta oli parasta, jos kustannukset sijoituivat tähän kategoriaan. Tällöin kustannuksia ei tarvinnut erotella listoista ja laskentamalli osasi ottaa sen huomioon. Kuviossa 10 on esitetty laskentamallin perusta.



Kuvio 10. PCOGS -mallin osa-alueet.

4.2 Kilohinnan mukaan määräytyvät kustannukset

Kustannukset eroteltiin taulukkoon eri värein. Vihreä väri kertoo nimikkeet, jotka liittyvät kilohinnan mukaan määräytyviin kustannuksiin. Näille kustannuksille oli mallinnusohjelmassa oma osionsa, joka laskee kilot koneen tietojen perusteella. Taulukossa nämä ovat eroteltuina vain siksi, että ne saadaan pois peruskoneen kustannuksista. Materiaalitulokon (kuviot 11) perusteella voitiin heti sanoa, että kilohinnan perusteella määräytyvät kustannukset olivat hyvin merkittäviä materiaalien kustannuksissa. Kilohinnan perusteella määräytyvät kustannukset ovat kuviossa vihreällä värillä.

Row Labels
RECTANGULAR COPPER WIRE, INSULATED / B
FRAME, MACHINING, C5-M / G
LAMINATION BLANK AHFH 5040 / C
AIR TO AIR HEAT EXCHANGER/B
Short circuit bar / A
Shaft fan, external air flow / A
Shaft fan, inner air flow / A
Shaft / A
MACHINING FOR SHIELD 6324 / D
Stator asseccory set / A
MACHINING FOR SHIELD 6330 / E
TOP COATING OF ELECTRICAL MACHINE/A
Fan cover, external / A
SHORT-CIRCUIT RING/
SOLDERING BAND/B
Air cooler, blower channel / A
TERMINAL BOARD PARTS/E
Slide packing / A
Slot wedge / A
DEEP GROOVE BALL BEARING/
FRAME WELDING 1KV (1800A) / B
Kyllästys
RESISTANCE TEMPERATURE DETECTOR/
CABLE, 1,1KV, 120 SQ MM/
MICA PAPER TAPE, FILM BACKED / B
Fan cover, external, housing cover / A
Translations/
BOLT/C
WARNING STICKER/A
,DEEP GROOVE BALL BEARING/
INTER BOX / D
BASE PLATE FOR 1 KV 1800 A TERMINAL / D
TERYLENE BAND / A
FLAT STEEL BAR, HOT WORKED / A
GREASE VALVE _330 LOCKED / E
OUTER BEARING COVER _330 / D
GASKET, 1KV 1800A / A
BALANCING WHEEL/C
RESISTANCE TEMPERATURE DETECTOR / A_001
OUTER BEARING COVER _324 / D
ALUMINIUM BOX / B
GREASE VALVE/B
Fill between coils / A
AIR GAP DISC/B
AIR GUIDE D-END/B
TERMINAL BAR DELTA CONNECTION / D
SPACE HEATER 220-266V / 430-630W / B_001
BEARING COVER, (_330) / A_002
SOLDERING WIRE / B
ASSEMBLY PLATE 1XZWA40 / E
BEARING COVER, (_324)/A
COVER WELDING 1KV (1800A) / A_002
COVER PLATE / D
BLIND FLANGE FL 33, ZINC-COATED/B
AIR DAMPING RING/B
COVERING CAP/C
POLYESTER HOSE, FILLED/
GREASE TUBE HOLDER/B
MICA TAPE WITH POLYESTER FILM/
FASTENING PLATE FOR HEATER/B

Kuvio 11. Materiaalien erottelu luettelosta

4.3 Jäähdytyksen mukaan määräytyvät kustannukset

Jäähdytyksen mukaan määräytyvät kustannukset on eroteltu kuviossa 11 sinisellä värillä. Nämä kustannukset olivat myös todella suuri kustannusryhmä. Erityisesti vesijäähdytteinen kokoonpano saattoi nostaa kustannuksia merkittävästi. Vesijäähdytyksen komponentit piti erotella, koska laskentamalli ymmärtää peruskoneeksi sääsuojatun moottorin. Laskennassa piti siis ottaa näistä kustannuksista syntyvä erotus ja laskea se peruskoneen passiiviosiin.

Asiakkailla jäähdytystyyppin valintaan vaikuttivat moottorin sijoituspaikka sekä moottorista vaadittavat tehot. Tarkastelussa olleet moottorit olivat 1400 - 2500 kW väliltä. Näistä moottoreista 2500 kW:n tehoiset olivat vesijäähdytyksellä varustettuja ja 1400 kW:n tehoiset ilmajäähdytteisiä. Monissa asennusympäristöissä ei ole mahdollisuutta saada jäähdytyslinjastoa, jolloin vaihtoehdot jäävät erilaisiin ilmajäähdytyssovelluksiin.

4.4 Laakeroinnin mukaan määräytyvät kustannukset

Laakeroinnin kustannukset ovat eroteltuna kuviossa 11 punaisella värillä. Laakeroinnin kustannukset pysyivät lähes vakiona eikä vaihtoehtoja ole kuin kaksi: liukurengaslaakeri ja vierintälaakeri. Näistä kahdesta vaihtoehdosta liukurengaslaakeri on huomattavasti kalliimpi.

Liukulaakereilla varustetuissa moottoreissa akseliin kohdistuvat voimat voivat olla suurempia kuin vierintälaakerilla varustetuissa moottoreissa. Liukulaakeroiduissa moottoreissa laakeroinnin kestoikä on merkittävästi korkeampi ja laakeri voidaan huoltaa helposti konetta purkamatta. Liukulaakeroinnin vuoksi akselin hinta kasvaa, koska laakerille pitää hioa peilikirkas pinta voitelun maksimoimiseksi.

5 Lopputulos ja jatkokehitys

5.1 Lopputulos

Tämän työn tavoitteena oli tuottaa uuteen kustannusmalliin tietoa tehtaan nykyisistä valmistuskustannuksista. Valmistuskustannuksissa keskityttiin lähinnä materiaalikustannuksiin. Mallia varten tiedoista piti erotella peruskoneen komponentit, jolloin tieto oli vertailukelpoista nykyisen mallin tietojen kanssa. Mallia päätettiin päivittää myös rakenteellisella tasolla, jolloin uudet päivitykset ovat helpompia tehdä.

Tietojärjestelmässä on materiaalinimikkeitä kaikkiaan 250 000 kpl, joista 65 000 on pysyviä nimikkeitä. Näistä nimikkeistä oli opittava ymmärtämään, mitkä kuuluivat mi-hinkin kategoriaan. Nimikkeistä monet olivat sellaisia, että niistä pystyi pääättelemään käyttökohteen. Monissa nimikkeissä piti ensin selvittää käytettävä osasto, ennen kuin pystyi pääättelemään nimikkeen alkuperän. Nimikkeissä oli myös sellaisia, joita ei pystytty selvittämään aikataulun puitteissa. Näiden nimikkeiden kustannusarvo oli kuitenkin erittäin pieni, alle 5 €, jolloin kokonaiskustannusvaikutus oli mitättömän pieni.

Kustannuksia selvitellessä havaittiin, että oli vaikeaa saada taloudellinen ja tekninen termien käyttö vastaamaan toisiaan. Teknisessä vertailussa vakiokomponentti tai peruskone tarkoittaa aivan toista, kuin taloudellisella puolella vastaavat käsitteet.

Työssä tutkittiin valmistettujen koneiden kirjautuneita kustannuksia, joita verrattiin mallin antamaan arvioon. Kun työ oli valmis, mallin arviota pystyttiin korjaamaan todellisuutta vastaavaksi. Tutkimuksesta selvisi, että kustannukset voitiin jaotella kolmeen pääryhmään materiaalien kilohinnan, jäähdystystyyppin ja laakerointityypin mukaan. Suurimmat muuttuvat kustannukset määräytyivät jäähdystystyyppin valinnan perusteella, koska muuttuvia komponentteja oli useita.

Työssä havaittiin lisäksi, että uudella mallilla lasketut materiaalikustannusarviot jäivät alhaisemmiksi kuin vanhalla mallilla laskettaessa. Tällä hetkellä nämä erot korvataan kertoimella, jotta uusi laskentamalli voidaan ottaa käyttöön asteittain. Kertoimia korjataan sitä mukaan, kun ne ensin varmistetaan oikeiksi perusteellisilla jatkotutkimuksilla. Kertoimen käytöllä pyritään estämään taloudelliset menetykset, jos mallissa paljastuu myöhemmin puutteita. Nämä erot antavat myynnille lisää liikkumavaraa, mikäli todelliset kustannukset toteutuvat uuden mallin mukaan. Marginaalin supistamisella voidaan

vähentää tilanteita, joissa tuotteet olisivat ylihinnoiteltuja. Hinnoittelun onnistuminen vaikuttaa suoraan yrityksen kilpailukykyyn.

ADEPT-kantaan sijoitettu AMI 500 -moottorin passiiviosien arvo antoi suoritettussa laskennassa liitteen 4 mukaisen laskennan. Laskennasta voidaan nähdä materiaalityyhmistä tuotetut arviot kustannuksille. Tässä kyseisessä moottorissa laskennan materiaalikustannukset ylittivät vanhan mallin arvion 0,59 %:lla. Tämä tulos on erittäin tarkka ja tähän päästiin ilman kompensoivia kertoimia. Kokonaiskustannukset kuitenkin ylittyivät 20,57 %:lla, koska overheads -kustannukset (yleiskustannukset) eivät vielä olleet tilastollisessa kontrollissa ja ylittivät vanhan mallin tuottaman laskennan 69,76 %:lla. Tutkittu moottori oli niukasti varusteltu, jolloin overheads kustannuksen virheen osuus kasvaa suureksi. Tämä johtui siitä, että lisätöiden osuus laski samassa suhteessa varusteiden vähentymisen kanssa.

Materiaalikustannusten havaintojen perusteella tehtiin muutoksia mallin materiaalinlaskentamenetelmään. Ennen materiaalikustannukset ympyrämäiselle aihioille laskettiin suoraan sen geometriasta ja hukka huomioitiin kertoimella. Uudessa mallissa aihion kustannukset lasketaan neliönmuotoisesta palasta, jossa hukka on jo huomioituna. Neliön halkaisijamitta saadaan suoraan ympyrän läpimitasta, jolloin kulmien hukkapalat tulevat huomioiduiksi.

5.2 Jatkokehitys

Saadut tulokset hyödynnetään suoraan uudessa mallissa, mutta ne korjataan toistaiseksi vielä vastaamaan vanhaa mallia. Kertoimia korjataan sitä mukaa kuin ne varmistetaan oikeiksi jatkotutkimuksissa. Mitä varhaisemmassa vaiheessa saadaan oikeat kertoimet kustannuksille, sitä kilpailukykyisemmäksi myynti muuttuu eikä tuotteita tarvitse tahattomasti hinnoitella ulos kilpailusta. Erojen selvittämisestä saisi myös hyvän aiheen jatkoprojektille. Uusi malli toimii tässä muodossa vain Helsingin tehtaan induktiokoneiden yksikössä, koska kustannukset ovat erilaisia eri yksiköissä. Tulevaisuudessa uutta mallia laajennetaan koskemaan yhä useampia konemalleja, jolloin mallista saadaan kaikki hyöty irti.

6 Yhteenveto

Tässä insinööriyössä tutkittiin valmistuskustannusten muodostumista AMI 500 -konetyypin induktiokoneille ABB Oy:n Pitäjänmäen Moottorit ja Generaattorit -yksikössä. Työn tavoitteena oli tuottaa uuteen kustannusmalliin tietoa tehtaan nykyisistä valmistuskustannuksista. Tutkimustyön aihe annettiin yrityksestä, sillä ABB halusi päivittää käyttämäänsä ohjelmistoa, jonka avulla arvioitiin valmistuskustannuksia myyntitarjousten tekoa varten. Ohjelmiston käyttämää laskentamallia muutettiin projektin aikana, jotta siitä saatiin helpommin päivitettävä.

Työssä tutkittiin valmistettujen koneiden kirjautuneita kustannuksia, joita verrattiin mallin antamaan arvioon. Tulokset eivät olleet vielä vertailukelpoisia keskenään, koska malli antaa arvon ns. peruskoneelle, jolla tarkoitetaan konetta ilman varusteluja. Kirjautuneista kustannuksista piti manuaalisesti erotella kustannukset, jotka eivät kuuluneet peruskoneeseen. Peruskoneen komponenttien erottelun jälkeen tieto oli vertailukelpoista nykyisen mallin tietojen kanssa. Erotteluvaihe oli työvaiheista vaativin, koska kaikki materiaalilistan osat piti käydä läpi käsin ja opetella sellaiset nimikkeet, jotka piti jättää huomiotta. Listojen valmistuessa saimme hyvää vertailutietoa ja pystyimme korjaamaan mallin arviota paremmin todellisuutta vastaavaksi. Tutkimuksesta selvisi, että kustannukset voitiin jaotella kolmeen pääryhmään materiaalien kilohinnan, jäähdytys-tyypin ja laakerointityypin mukaan. Suurimmat muuttuvat kustannukset määräytyivät jäähdytyksen perusteella, koska muuttuvia komponentteja on useita ja kustannukset saattavat kohota suuriksi.

Työssä havaittiin, että vanhan ja uuden mallin kustannuslaskentatavoilla, kustannukset poikkeavat toisistaan. Uudella laskentamallilla laskettaessa kustannukset ovat pienemmät kuin vanhan laskentamallin perusteella. Ero johtuu siitä, että laskentamallit laskevat hävikin eri tavoin: vanha laskentamalli lisää hävikin erikseen kertoimella, kun taas uusi laskentamalli huomioi hävikin isomman ahiokappaleen materiaalikustannuksessa, johon hävikki on jo sisällytetty.

Työn tuloksena saatiin yritykselle malli AMI 500 -konetyypin kustannuksista valmistuksessa. Nämä kustannukset olivat vertailukelpoisia vanhan mallin kanssa, koska uutta mallia oli muokattu käsin siten, että se vastasi vanhaa mallia.

Tämä kaikki opetti minulle paljon ja auttoi saamaan hyvän kokonaiskäsityksen siitä, mistä AMI 500 -moottorin valmistuskustannukset muodostuvat. Toimin osana isoa organisaatiota ja sain tehdä yhteistyötä eri osastojen kanssa. Sain perehtyä SAP-järjestelmään ja ADEPT-ohjelmaan, tietokantoihin ja tietokannoista tehtäviin laskelmiin. Näiden lisäksi sain tutustua perusteellisesti yrityksen materiaalivirtoihin, tuotantoprosessiin, kustannuslaskentamenetelmiin ja hinnoitteluun sekä eri osastojen välisiin vuorovaikutussuhteisiin. Työ opetti kuinka pienillä muutoksilla, oikeassa paikassa, voidaan saada mittavia säästöjä, joita ei tarvitse karsia mistään pois. Säästöillä saatua hyötyä voidaan käyttää suorana kilpailuetuna, kun tuotteiden hintaa pystytään alentamaan.

Lähteet

- 1 ABB Oy Motors and Generators. Verkkodokumentti.
<http://www.abb.fi/cawp/fiabb251/b8d1240c3f3bb2e1c1257961003ee4c9.aspx> Luettu 9.5.2013.
- 2 Groover, M. 2008. Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing. 3.painos. New Jersey, Pearson Education Inc.
- 3 Ikäheimo, S. Lounasmeri, S. Walden, R. 2005. Yrityksen laskentatoimi. Helsinki, Werner Söderström Osakeyhtiö
- 4 Jokinen, S. 2009. Tuotteen hinnoittelu- ja kannattavuuslaskenta sekä projektikohtaisen jälkilaskennan kehittäminen. Kokkola, Keski-Pohjanmaan Ammattikorkeakoulu.
- 5 Jyrkkiö, E. Riistama, V. 2006. Laskentatoimi päätöksenteon apuna. 18.–19. painos. Helsinki, Werner Söderström Osakeyhtiö.
- 6 Kinanen, J. 2001. ABB:n henkilöstön sähkökoulutusmateriaalina käytetty PowerPoint. Esitys 2001. Luettu 5.3.2013.
- 7 Laitinen, E. 2007. Kilpailukykyä hinnoittelulla. Helsinki: Talentum Media Oy
- 8 Saarni, R. 1996. Teräsrakentaminen. 3.painos. Espoo, Rakennustieto Oy.
- 9 Staattorin toiminta. Verkkodokumentti. <http://suomisanakirja.fi/staattori>. Luettu 5.3.2013.
- 10 Sukselainen, V. 1940. OY Strömberg AB 1889-1939 Puoli vuosisataa Suomen sähköteollisuuden historiaa. Helsinki, Frenckellin kirjapaino Oy.
- 11 Suomen ABB:n avainluvut. Verkkodokumentti.
<http://www.abb.fi/cawp/fiabb251/b23b1eb7a45bc7b3c2256b200045bd29.aspx>. Luettu 8.4.2013.
- 12 Uusi-Rauva, E. 1989. Tuotekohtaisen kustannuslaskennan kehittäminen modernissa tuotantolaitoksessa. 4.painos. Helsinki, Metalliteollisuuden keskusliitto, Tekninen tiedotus 10/89.
- 13 Uusi-Rauva, E. , Haverila, M. & Kouri, I. 1993. Teollisuustalous. Tampere, Infacs Johtamistekniikka Oy.

- 14 Valtanen, E. 1986. Tekninen tiedotus 6/86 Kustannussäästöt konstruointivaiheessa. Helsinki, Metalliteollisuuden Kustannus Oy.
- 15 Åhlström, L. 1986. Tekninen tiedotus 3/86 Uuden tuotteen kehittäminen – Uusi työskentelytapa. Helsinki, Metalliteollisuuden Kustannus O

