



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

ADWACONTROL-TUOTTEISTUS

Jan Koski

Opinnäytetyö
Tammikuu 2017
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Automaatiotekniikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikka
Automaatiotekniikka

KOSKI JAN:
AdwaControl-tuotteistus

Opinnäytetyö 31 sivua, joista liitteitä 2 sivua
Tammikuu 2017

Opinnäytetyö on tehty Adwatec oy:lle, ja työn tarkoituksena on tuotteistaa Erkki Lehdon Adwatecille kehittämä ja suunnittelema AdwaControl-logiikkaohjausjärjestelmä. AdwaControl on suunniteltu ohjaamaan pienempiä Adwatecin valmistamia vesijäähdytysjärjestelmiä. Logiikkaohjauksen on tarkoitus toimia Compact Cooling Station -vesijäähdytysjärjestelmien ohjauslaitteena.

Tässä opinnäytetyössä käsiteltävän tuotteistuksen tarkoituksena on selvittää, kuinka suuriin järjestelmiin AdwaControl soveltuu, miten edulliseksi sen hinta on mahdollista saada ja onko laite teknisesti ja taloudellisesti järkevä toteuttaa. Laitteen tuotteistuksen jälkeen opinnäytetyötä on tarkoitus hyödyntää laitteen sarja-valmistuksessa, mikäli laite todetaan teknisesti ja taloudellisesti järkeväksi.

Työ on sisältänyt paljon eri alojen ammattilaisten konsultoimista, jotta on saatu luotua tuotteistamista varten tarvittavia dokumentteja.

Asiasanat: tuotteistaminen, logiikkaohjaus, PLC, vesijäähdytysjärjestelmä, mikrokontrolleri

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Electrical Engineering
Automation Engineering

KOSKI JAN:
Productization of AdwaControl

Bachelor's thesis 31 pages, appendices 2 pages
Tammikuu 2017

This thesis work commissioned by Adwatec Ltd. The job was to productize a programmable logic control system that is called AdwaControl. Erkki Lehto has designed the product in cooperation with Adwatec and he has also done most of the research and development for the device. AdwaControl was designed to control smaller water cooling systems made by Adwatec. The water cooling systems to be used with AdwaControl are called Compact Cooling Stations.

The productization included investigating how large systems AdwaControl is capable of controlling, how low the costs can get, and whether there is a way to produce it that is both economically and technically feasible. After the productization of AdwaControl, it is planned to be mass produced at Adwatec.

Specialist of several fields were consulted in order to provide help in producing different kinds of productization documents for this thesis.

Key words: productization, programmable logic control, PLC, water cooling system, microcontroller

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
1.1	Adwatec oy	7
1.2	Vesijäähdytysjärjestelmät.....	8
2	TEORIA	10
2.1	Tuotekehitys.....	10
2.2	Tuotteistaminen.....	12
2.3	Piirikortin suunnittelu	14
2.4	Ohjelmointi	16
2.4.1	Ohjelman koostumus.....	17
2.4.2	C-kieli	18
2.5	CAN-väylä.....	19
3	ADWACONTROLIN YLEISKUVAUS	21
3.1	Rakenne.....	22
3.1.1	Kotelointi.....	22
3.1.2	Piirilevyt	23
3.1.3	Kokoonpano	23
3.2	Käyttö.....	24
3.2.1	Vihreät LED-valot	24
3.2.2	Keltaiset ja punaiset LED-valot.....	25
4	LAITTEEN LIITYNNÄT	26
5	POHDINTA	28
	LÄHTEET	29
	LIITTEET	30
	Liite 1. Tuotekehitysprosessi Adwatec	30
	Liite 2. AdwaControlin datalehti	31

ERITYISSANASTO

Aktuaattori	Toimilaitteen toimielintä käyttävä laite
BOM	Bill of Materials eli materiaalikustannukset
CAN	Controller Area Network, eräs automaatioväylä
CiA	CAN in Automation
Cold Plate	Vapaasti suomennettuna kylmä levy, jota käytetään muun muassa suurjännitejärjestelmissä keräämään tehoelektronikasta syntyvää lämpöä
D/A-tulo	Digitaalinen-/analogiatulo, eli digitaaliviestin tulo joka muunnetaan analogiseksi viestiksi
EMC	Electromagnetic Compatibility eli sähkömagneettinen yhteensopivuus
GND	Maataso (0 V)
HVDC	High Voltage Direct Current, eli korkeajännite tasavirta
M12-liitin	Prosessiteollisuudessa käytetty standardiliitin
Nollasarja	Ensimmäinen tuotesarja, joka menee tuotannon valmistukseen ja siitä hiotaan vielä tuotantokustannuksia. Tätä tuoteversiota voidaan myydä myös asiakkaille.
PCB	Printed Circuit Board eli piirilevy
SVC	Static Var Compensator eli loistehon kompensoija

1 JOHDANTO

Työn tarkoitus on toteuttaa tuotteistusprosessi Adwatec oy:n AdwaControl-nimiselle ohjausjärjestelmälle osana laitteen tuotekehitystä. Tuotekehityksen on pääasiassa toteuttanut Erkki Lehto, ja allekirjoittanut toimi hänen apunaan työskennellessään Adwatecilla kesällä 2016.

AdwaControlin tuotteistaminen on sisältänyt valmiin prototyypin testaamista ja testien perusteella kirjallisen datan luomista niin omaan käyttöön, kuin asiakkaitakin varten. Lisäksi prosessiin on kuulunut tuotteen kosmeettisen puolen kehittäminen, jotta tuotteesta saadaan ulkoisesti asiakkaalle kiinnostava. Tähän osuuteen on kuulunut myös suunnitella, miten erilaiset liittimet tulisi kotelointiin sijoittaa, sekä minkälaisia liittimiä kannattaa käyttää, jotta valmistus olisi mahdollisimman yksinkertaista. Projekti on sisältänyt paljon verkostoitumista eri alojen osajiin, ja heidän konsultoimistaan. Osa projektissa syntyneestä datasta on salaista, ja tarkoitettu vain yrityksen omaan käyttöön. Opinnäytetyössä julkaistaan vain julkinen osuus tuotteistusprojektin kirjallisesta datasta, ja työn liitteet ovat luottamuksellisia.

Adwatecin tarkoituksena on käyttää AdwaControl-ohjausjärjestelmää yrityksen Compact Cooling Station -jäähdytysjärjestelmien ohjauksessa. Compact Cooling Station -järjestelmien on tarkoitus nousta yrityksen myydyimmäksi tuotteeksi uuden ohjauksen myötä. Kilpailukykyiseksi järjestelmän tekee se, että markkinoilla ei ole vastaavaa tuotetta, varsinkaan Adwatecin tarjoamalla fyysisillä mitoilla koko järjestelmälle. Sovelluksia, joissa käytetään Compact Cooling Station -järjestelmiä, ovat muun muassa tuulivoimalat, sähköautojen latauspisteet ja erinäiset teollisuuden tarpeet.

Adwatec on markkinoilla yksi alansa johtajista, ja on tulevaisuuden kannalta erittäin hyvässä asemassa korkean osaamisensa vuoksi. Yrityksen järjestelmät toimivat ekologisen energian ehdoilla, mikä on yritykselle eduksi, sillä maailman energiapolitiikka suuntaa kohti vihreää, päästötöntä energiaa. Päästöttömyyden

lisääntyessä yrityksen markkinat kasvavat jatkuvasti. Lisäksi myös autojen siirtyminen fossiilisista polttoaineista sähkön käyttöön tulee lisäämään tulevaisuudessa sähkönkäyttöä valtavasti.

1.1 Adwatec oy

Adwatec oy on pääasiassa suursähköverkkoihin ja laivoihin jäähdytysjärjestelmiä rakentava tamperelainen yritys. Adwatec rakentaa jäähdytysjärjestelmiä myös tuulienergian, aurinkoenergian, raskaan teollisuuden ja junaliikenteen tarpeisiin. Yritys ei kuitenkaan ole rajoittanut laitetoimituksiaan pelkästään näihin tarpeisiin, vaan tekee myös erikoisprojekteja. Suursähköverkoissa jäähdytystarpeita on esimerkiksi SVC- ja HVDC-laitteistoissa, ja Adwatec tarjoaa jäähdytysjärjestelmiä 100-2000 kW:n järjestelmiin. Adwatecin suursähkölaitteistojen jäähdytykseen tarkoitettujen SVC-jäähdytysjärjestelmien valmistus on aloitettu 2007. Laivapuolella jäähdytyksessä käytetään Adwatecin Cabinet Cooling Station -järjestelmiä, jotka ovat yrityksen valmistetuin tuote. Kaikkia Adwatecin valmistamia jäähdytysjärjestelmiä ohjataan tällä hetkellä logiikkaohjauksella.

Adwatecin yritysstrategia on Euroopan laajuinen, mutta yritys pyrkii myymään tuotteitaan myös yli Euroopan rajojen. Adwatec on aloittanut toimintansa vuonna 2000 Hervannassa, ja nykyään sen päätoimipiste sijaitsee Kangasalan Suoramassa. Adwatec toimii suurilla kansainvälisillä markkinoilla, ja sen asiakkaita ovat muun muassa ABB, GE ja Wärtsilä. Adwatecin laatu politiikka on järkkymätön, mitä tukee se fakta, että sen yhteistyökumppanit ovat maailmanlaajuisesti tunnettuja laatuvaatimuksistaan.

Adwatecissa työskentelee tällä hetkellä 14 henkeä vakituisesti, ja yritys pyrkii vahvasti laajentumaan, joten henkilöstön määrä on kasvussa. Liikevaihto vuonna 2015 oli 655 000 euroa, ja vuoden 2016 liikevaihto on lähes kolminkertainen aiempaan vuoteen verrattuna. (Kauppalehti)

Jäähdytysjärjestelmien ohella Adwatec rakentaa myös vuodonhavitsemislaitteistoja. Nämä laitteet mittaavat paineen säilymistä sekä nesteenvirtausta taa-

juusmuuttajamoduuleissa ja taajuusmuuttajakokonaisuuksissa. Ennen jäähdytysjärjestelmiin erikoistumista yritys on rakentanut erilaisia vesihydrauliikan laitteita sekä ilmankostuttimia teolliseen käyttöön, esimerkiksi paperitehtaille, kirjapainoille ja leipomoille.

1.2 Vesijäähdytysjärjestelmät

Vesijäähdytysjärjestelmiä on alettu käyttää nykyajan laitteistoissa, joissa on jäähdytystarvetta. Vesijäähdytysjärjestelmiä on eri kokoisia. Pieniä laitteistoja voidaan käyttää esimerkiksi tietokoneen komponenttien jäähdyttämiseen, ja isoimmat ovat kooltaan sellaisia, että niillä voidaan jäähdyttää laivojen moottoreita tai suursähköverkkojen komponentteja. Vesijäähdytysjärjestelmä on lievästi harhaanjohtava termi, sillä jäähdytysjärjestelmissä käytetään lähes aina jonkin vahvuista glykoli- tai propyleeniglykoliseosta. Pelkkä vesi aiheuttaa järjestelmiin epäpuhtautta ollessaan kosketuksissa tiettyjen metallien, kuten alumiinin tai kuparin kanssa. Pelkän veden käyttäminen vesijäähdytysjärjestelmissä on mahdollista, mutta näissä tapauksissa tulee valita kaikki järjestelmässä käytettävät materiaalit veden kanssa yhteensopiviksi.

Vesijäähdytysjärjestelmän perustoiminta tapahtuu siten, että pumppu pumppaa vesiglykoliseosta cold plateen eli kylmälevyyn, joka on kosketuksissa jäähdytettävän komponentin kanssa. Kylmälevy voi olla myös sisäänrakennettu jäähdytettävään komponenttiin. Tämä osuus järjestelmästä on se puoli, jossa on jäähdytystarve. Itse jäähdytys voidaan hoitaa kahdella eri tavalla. Joko jäähdytys on vesi-ilma -toiminen, jolloin jäähdytysneste kiertää lauhduttimelle, jossa on puhallin, joka puhaltaa ilmaan ylimääräistä lämpöä nesteestä lauhduttimen läpi. Toinen toimintaperiaate on vesi-vesi -toiminen, jossa jäähdytysnestettä jäähdytetään lämmönvaihtimen kautta esimerkiksi meriveden avulla. On olemassa myös järjestelmiä, joissa hyödynnetään molempia toimintaperiaatteita. Syitä tähän voivat olla esimerkiksi todella suuret hetkelliset jäähdytystarpeet tai järjestelmän toiminnan varmentaminen. Useat ohjaukset jäähdytysjärjestelmissä toimivat vesiglykoliseoksen lämpötilan mukaan. Jäähdytystä voidaan tarpeen mukaan säätää esimerkiksi pumpun tehon tai, vesi-ilma -jäähdytyksessä, puhaltimien määrän avulla. Vesi-vesi -järjestelmät ovat yleisempiä vasta suuremmissa järjestelmissä.

Pienissä jäähdytystarpeissa, kuten tietokoneissa, vesijäähdytysjärjestelmät toimivat lähes poikkeuksetta vesi-ilma -toimintaperiaatteella.

Jokaisen vesijäähdytysjärjestelmän vähimmäisvaatimuksena on, että siinä on jonkinlainen pumppu, jolla järjestelmässä olevaa vesi-glykoliseosta saadaan kiertettyä. Lisäksi kylmälevy jäähdytystarpeessa olevassa komponentissa on välttämätön. Myös lauhdutin tai lämmönvaihdin glykoliseoksen jäähdytyspuolella on pakollinen. Muut komponentit piireissä ovat vaihtoehtoisia. Näihin komponentteihin kuuluvat esimerkiksi venttiilit, joiden avulla voidaan säätää nesteen kiertoa järjestelmässä. Järjestelmissä on usein tankki, mutta tämä ei ole kuitenkaan välttämätön riittävän pienissä vesijäähdytysjärjestelmissä. Adwatecin valmistamat vesijäähdytysjärjestelmät ovat sen verran suuria, että tankki tarvitaan jäähdytysnesteen lämpölaajenemisen vuoksi.

Vesijäähdytysjärjestelmiä voidaan käyttää ilman ohjausta niin sanotusti ”tyhminä” järjestelminä, eli niitä ajetaan jatkuvasti täydellä teholla. Tämän tyylinen järjestelmä sopii tilanteisiin, joissa on jatkuva, tasainen jäähdytystarve. Ohjauksia voidaan toteuttaa esimerkiksi mikropiireillä, logiikoilla tai manuaalisella ohjauksella. Erinäiset mittaukset, kuten paine, lämpötila ja tankin pinnankorkeus, ovat valinnaisia lisiä järjestelmään. Kaikki mittauksista ovat kuitenkin niin tärkeitä, että niitä suositellaan käyttämään. Varsinkin tankin pinnankorkeusmittaus on erityisen tärkeä. Mikäli pinnankorkeusmittausta ei ole järjestelmässä, on vuodon sattuessa riski, että pumppua käytetään kuivana.

Vesijäähdytysjärjestelmät ovat tällä hetkellä yleistymässä nopeasti yhä useampien erilaisten sovellusten muuttuessa sähkö- tai hybriditoimisiksi, sen sijaan että ne käyttäisivät fossiilisia polttoaineita. Lisäksi on huomattu, että on edullisempaa jäähdyttää tehoelektronikan komponentteja kuin mitoittaa niitä jatkuvasti suuremmiksi. Suurjänniteverkkojen jäähdytystarve on yleensä paikoissa, joissa pyritään saamaan sähkön laadusta parempaa, eli esimerkiksi kompensoidaan loistehoa. Vesijäähdytysjärjestelmät tukevat ekologisen energian käyttöä, ja se on myös yksi syy niiden yleistymiselle.

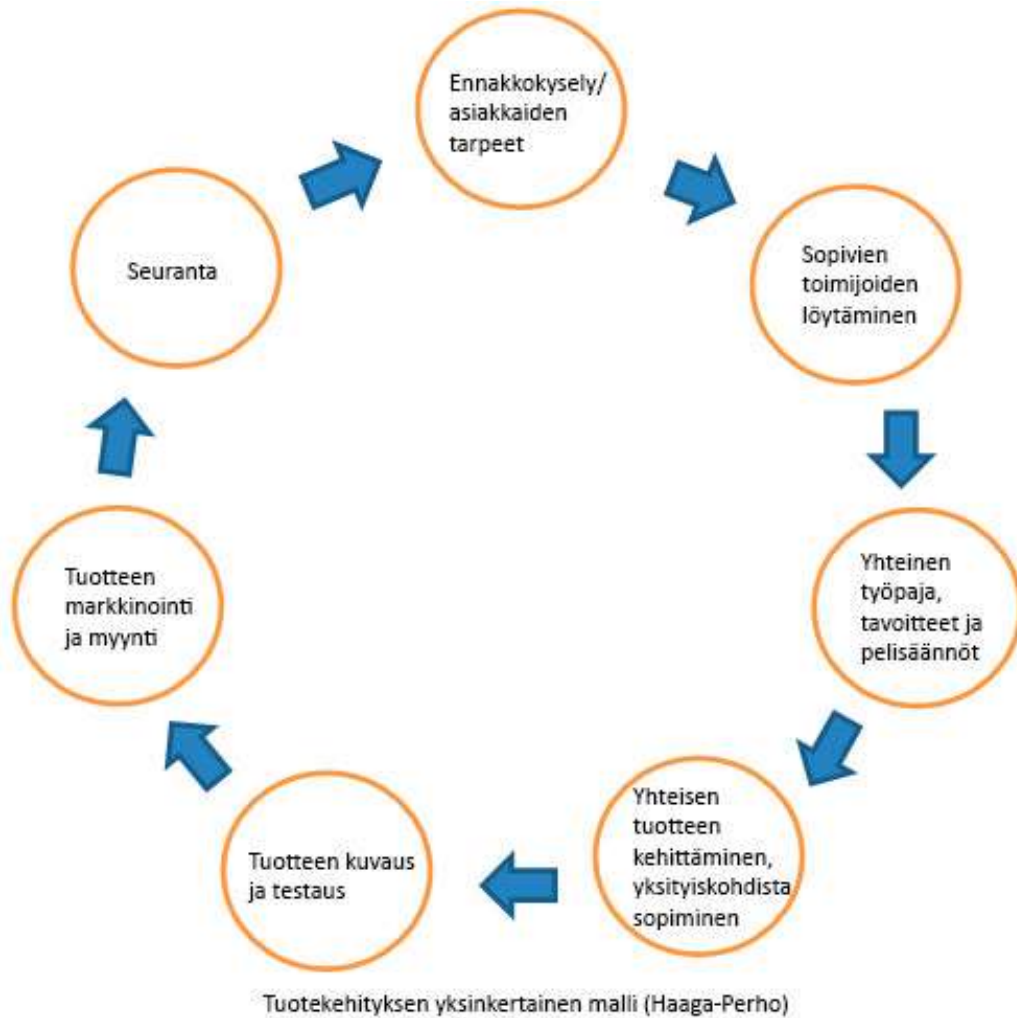
2 TEORIA

Tässä kappaleessa käydään läpi mitä on tuotteistaminen, miten tapahtuu piirikor-
tin suunnittelu, mitä C-ohjelmakoodi on ja miten sen rakentaminen tapahtuu.
Kaikki kappaleessa läpikäytävät aiheet ovat osia tämän projektin tuotekehityk-
sestä.

2.1 Tuotekehitys

Opinnäytetyön aihe, eli tuotteistaminen, kuuluu tuotekehityksen viimeisiin vaihei-
siin, tuotteen markkinoinnin aloittamisen ja nollasarjan myyntiin saattamisen yh-
teydessä. Tässä kappaleessa käsitellään lyhyesti mitä tuotekehitys, on ja miten
se etenee, jotta lukijalle saadaan kokonaiskuva siitä mitä opinnäytetyö sisältää.

Tuotekehitys lähtee useimmiten liikkeelle joko asiakkaan tarpeesta, tai yrityksen
halusta kehittää omaa jo olemassa olevaa tuotetta tai valmistaa yritykselle uusi
mielenkiintoinen tuote. Tuotekehitysprosessi voi lähteä liikkeelle jo olemassa ole-
vasta ideasta, tai pelkästä tarpeesta kehittää jotain uutta. Kun tuotekehitykseen
on päädytty, on useita eri tapoja edetä. Kuviossa 1 on esitetty yksi yksinkertainen
tuotekehitysmalli. Kuvan tuotekehitysmalli on Haaga-Perhon, joka on yksityinen
hotelli-, ravintola ja matkailualan aikuiskouluttaja, ja Kulttuurin ketju -hankkeen
yhteistyössä kehittämä näkemys aiheesta. (Haaga-Perho ja Kulttuurin ketju
2015)



KUVIO 1. Yksinkertaistettu tuotekehitysmalli (Haaga-Perho ja Kulttuurin ketju 2015)

On olemassa myös maailmanlaajuisesti tunnettuja tuotekehitysmalleja, kuten niin sanottu Stage-Gate™ malli. Tämän mallin on kehittänyt Tohtori RG Cooper, ja toimintamallin perusperiaate on, että ensin määritellään projekti, ja sen jälkeen rakennetaan liiketoimintasuunnitelma sitä varten. Tämän jälkeen voidaan alkaa kehittäminen, kehittämisestä siirrytään testaamiseen ja validointiin, ja lopulta tuote on valmis lanseerattavaksi. Kuviossa 2 on Stage-Gate™ mallin toiminnasta periaatekuva. (Product Development Institute Inc.)



KUVIO 2. Stage-Gate™ tuotekehitysmallin periaatekuva (Product Development Institute Inc.)

Yritys, jolle opinnäytetyö tehtiin omistaa myös oman näkemyksensä tuotekehitysprosessin kulusta. Tässä tuotekehitysprojektissa ollaan sovellettu liitteen 1 mukaista tuotekehitysprosessin toimintaperiaatetta.

2.2 Tuotteistaminen

Tuotekehityksessä valmistuu eri vaiheisia prototyyppejä. Tuotetta parannellaan korjaamalla virheitä näistä prototyypeistä. Kun prototyyppi koetaan tuotekehityksessä valmiiksi, aloitetaan tuotteistus. Tuotteistuksessa tehdään tuotteesta ostajalle houkutteleva, ja varmistetaan, että tuotteen valmistaminen on yritykselle kannattavaa.

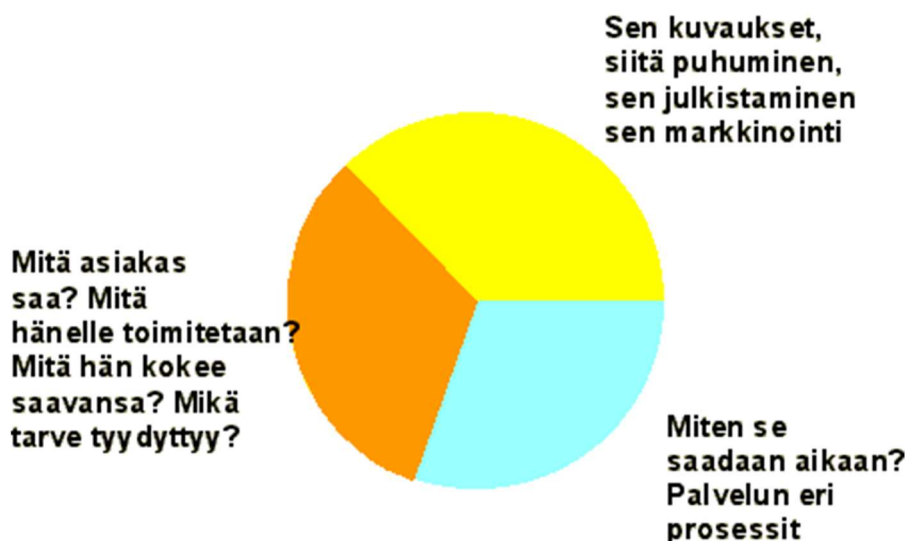
Tuotteistaminen voidaan nähdä usealla eri tavalla, riippuen siitä minkälainen tuote on kyseessä, ja missä vaiheessa tuotteen elinkaarta sitä aletaan tuotteistaa. Eräs tapa nähdä tuotteistaminen on, että on olemassa tuote, jonka tuotekehitysprosessi on meneillään; tällöin tuotteistaminen on yksi osa tuotekehitysprosessia. Tuotteistamiseen voi silloin kuulua esimerkiksi spesifikaatioiden määrittäminen ja tuotteen tekeminen asiakkaalle houkuttelevaksi. Tuotteistus voidaan tiettyissä tilanteissa nähdä myös omana projektinaan, sen olematta osa tuotekehitystä. Esimerkiksi jos yrityksellä on jo valmiiksi olemassa jokin palvelu tai tuote, jota on myyty hajanaisesti, kyseinen tuote voidaan haluta tuotteistaa, jotta se saadaan sarjavalmistaiseksi. (Kajaanin Ammattikorkeakoulu)

Yksi tuotteistuksen päätehtävistä on selvittää tuotteen tarkat spesifikaatiot ja profiloida tuotteen käyttötarkoitusta tarkemmin. Tämä tehtävä täyttyy osittain tuotekehitysvaiheessa, kuten komponentti- ja valmistuskustannusten listaaminenkin. Tässä tuotteistuksen vaiheessa saadaan tarkat tiedot siitä, mihin tuote kykenee. Tuotetta testataan niin sanotun nollasarjan tuotteilla. Testien perusteella on helppo tehdä asiakasta ja itseä varten datalehti tuotteesta. Tässä vaiheessa yleensä tiedetään, kuinka kilpailukykyinen tuote on jo markkinoilla oleviin tuotteisiin verrattuna. Testien jatkuessa saadaan materiaalia myös tuotteen pidempiaikaisesta käytöstä. Tätä tietoa voidaan hyödyntää, kun arvioidaan kuinka laadukas tuote on. Tuotteen laatua usein kehitetään vielä tuotteen lanseeraamisen jälkeenkin. (Vuori 2002)

Tuotekehitysprojekteissa tulisi luoda jatkuvasti kehittyvää hintalistaa tuotteen komponenteista. Tuotteistamisvaiheessa varmistetaan listan paikkansapitävyys, ja yritetään vielä pienentää tuotteen mahdollisia komponentti- ja valmistuskustannuksia. Tämä on osa tuotteistamista myös siksi, koska samalla yritetään suunnitella tuotteen hintaa sen mukaiseksi, että siitä jää jonkinlainen osuus valmistajalle myyntitilanteessa, tuotteen hintaa ylimitoittamatta. Tämä vaihe on erityisen tärkeä tuotteen valmistajan kannalta, sillä tässä kohtaa selvitetään tuotteen hinta/laatu -suhdetta. Mikäli hinnan suunnittelu on tehty oikein, voidaan tuotteesta saada maksimaalinen tuotto. Hintaa pystytään kuitenkin vielä hiomaan sen jälkeen, kun tuote on markkinoilla. Lisäksi, kuten aiemmin mainittiin, tuotteen laatua kehitetään lanseeraamisen jälkeenkin, joten sen hinta saattaa tästä syystä elinkaaren aikana muuttua. (Kajaanin Ammattikorkeakoulu)

Tuotteistaminen auttaa yritystä itseään ja sen asiakkaita saamaan kuvaa siitä, mitä yritys haluaa olla, tehdä ja miltä se haluaa näyttää. Lisäksi, mikäli tuotteistusprosessi lähtee käyntiin tai perustuu asiakkaan toiveisiin, se kertoo siitä, miten muut haluavat yrityksen nähdä. (Kajaanin Ammattikorkeakoulu)

Tuotteistuksen tuloksena syntyy palvelulle tai tuotteelle nimi ja kuvaukset tai spesifikaatiot. Markkinointi voidaan aloittaa tuotteistuksesta saatavien tietojen avulla. Tuote saa oman tiimin toimimaan sen ympärille, jotta tuotekehitys, markkinointi ja myynti saadaan toimivaksi. Tuotteelle kootaan hintatiedot ja mahdolliset luetelot, joiden mukaan tuotteeseen voidaan sen olemuksesta riippuen valita erilaisia variaatioita. Tuotteen ympärillä toimiva henkilökunta saa koulutuksen tuotteeseen. (Kajaanin Ammattikorkeakoulu)

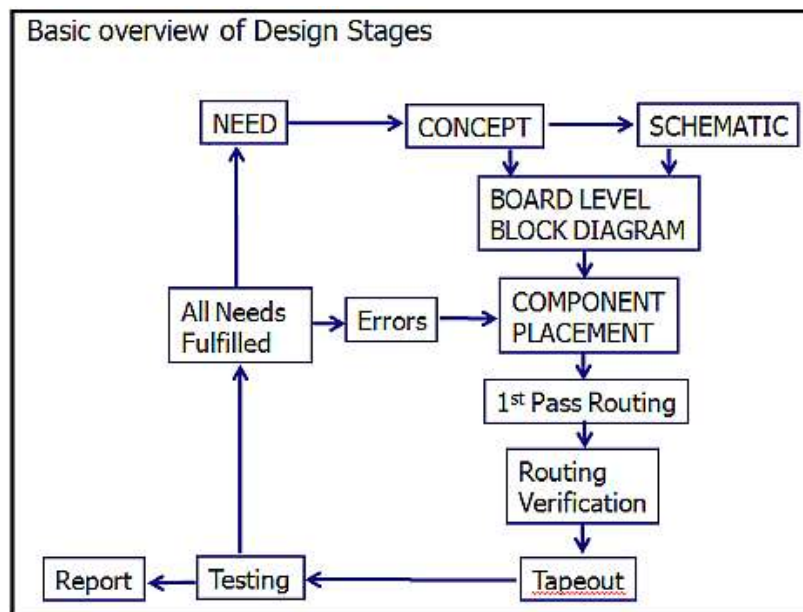


KUVIO 3. Tuotteistuksen peruseriaatteen jakautuminen (Vuori 2002)

Kuviossa 3 on esitetty peruseriaate tuotteistamisen jakaantumisesta. Matti Vuori yksinkertaistaa kuvaajaa kotisivuillaan seuraavin sanoin: ”Määrittely, mitä asiakkaalle toimitetaan? Miten tämä saadaan aikaan? Miten tästä viestitään?”. Jorma Sipilä kertoo teoksessa Asiantuntijapalveluiden tuotteistaminen, mistä tietää, että tuotteistaminen on valmis: ”Tuote on tuotteistettu, kun sen käyttöoikeus voidaan myydä edelleen – jos niin haluaisimme”. (Vuori 2002, Sipilä 1996)

2.3 Piirikortin suunnittelu

Piirikortin suunnittelu lähtee aina jonkinlaisesta tarpeesta. Yleensä piirikortin suunnittelu kuuluu tuotekehitysprosessiin. Kuviossa 4 on esitetty piirilevyn suunnittelun periaatteellinen eteneminen. (Elektroniikkalehti 2014)



KUVIO 4. Piirikorttisuunnittelun eteneminen (Elektroniikkalehti 2014)

Oikeaoppinen piirikortin suunnittelu alkaa kytkentäkaavion suunnittelusta. Kytkentäkaaviota suunnitellessa selvitetään, millaisia komponentteja piiri tarvitsee, niin sähköisiltä kuin muiltakin toiminnallisilta arvoiltaan. Lisäksi tässä vaiheessa suunnitellaan komponenttien väliset yhteydet ja kunkin komponentin määrä. Jokainen komponentti saa oman tunnuskirjaimen ja järjestysnumeron, kun ne asetetaan kytkentäkaavioon. Jokaiselle komponentille on olemassa omanlaisensa kansainvälisesti standardoitu merkki, tosin pieniä poikkeavuuksia on EU, GB ja USA:n standardimerkinnöissä. (Suutari 2012)

Kun kytkentäkaavio on suunniteltu, saadaan siitä suoraan data printtilayoutin suunnitteluun. Printtilayoutin suunnittelussa on oleellista, että piirilevy saadaan suunniteltua fyysisesti mahdollisimman pieneksi, jotta saadaan säästettyä kotelokustannuksissa. Suuremmissa tuotantomäärissä myös piirilevyn kulutetuilla materiaalikustannuksilla voi olla suurikin vaikutus. (Suutari 2012)

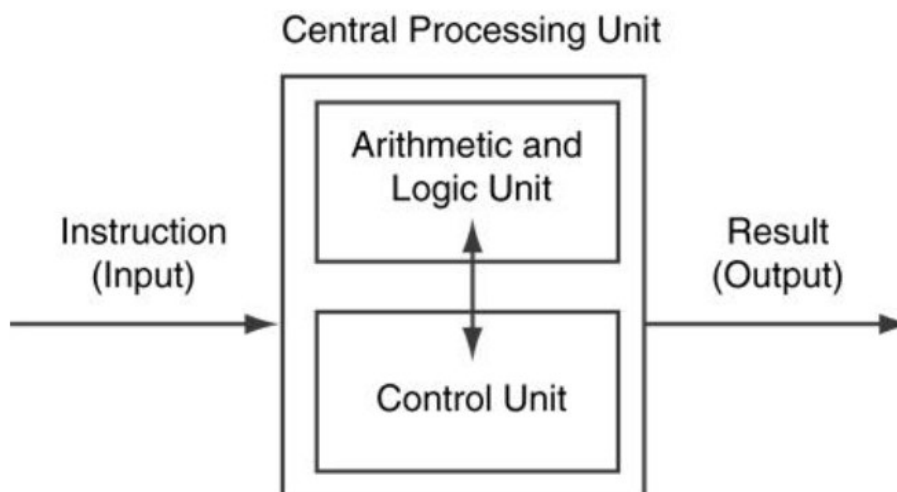
Suunnitteluohjelmat ovat todella moniulotteisia nykypäivänä, ja niiden avulla voi tehdä suunnittelun alusta loppuun. Suurella osalla suunnitteluohjelmista voi tehdä myös piirilevyn testausta virtuaalisesti. Testaus ei välttämättä takaa, että piirilevyn ensimmäinen fyysinen prototyyppi olisi täysin toimiva, mutta virtuaalinen testaus vähentää huomattavasti fyysisten prototyyppien määriä tuotekehityksessä. Piirilevysuunnitteluun on useita erilaisia ohjelmia, joista yksi on Ed-

Win. EdWiniä on käytetty tässä opinnäytetyössä käsiteltävien piirilevyjen suunnittelussa. Muita PCB-suunnitteluohjelmia ovat esimerkiksi PADS ja Eagle; molemmat ohjelmat ovat todella suosittuja. (Suutari 2012)

Suunnittelussa budjetti on yksi tärkeimmistä asioista toiminnallisuuden ohella. Yksi vahvasti molempiin vaikuttava suunnittelun osa on päätös siitä, millaisella kerrostekniikalla kortti valmistetaan. Kerrosmääriä lisätään aina pareittain valittaessa kerrostekniikka. Yleensä kortit ovat kaksi- tai nelikerroksisia, seuraavaksi hieman vertailua näiden välillä. Valmistuskustannus on noin kaksi kertaa korkeampi nelikerroskorteissa kuin kaksikerroskorteissa, mutta nelikerroskorteissa saadaan komponenttien väliset vedot tehtyä levyn sisällä. Tämän vuoksi nelikerroksisen kortin suunnittelu on helpompaa kuin kaksikerroksisen, ja suunnittelukustannukset pienenevät. Nelikerroksisessa kortissa tehdyt levyn sisäiset vedot ovat myös signaalien kannalta edullisia, koska se luo näille vedoille häiriösuojausta. Nelikerroksisen kortin koko voi fyysisesti olla pienempi, ja säästää tulee esimerkiksi pienemmän kotelon kautta. Lisäksi, mitä useampi kerros kortissa on, sitä parempi lämmönjohtavuus komponenteista on piirilevyyn. Tämä tieto on oleellista varsinkin silloin, kun piirikortilla on vahvasti lämpeneviä komponentteja. (Elektroniikkalehti 2014, Lehto 2016)

2.4 Ohjelmointi

Ohjelmointi on kehitetty, koska tietokone ei itsessään pysty toimimaan, vaan vaatii ohjelman ohjaamaan sen toimintaa. Pearson Education Incorporation yksinkertaistaa suunnilleen seuraavasti tietokoneen, ohjelman ja ohjelmoijan: Tietokone on ohjelmoitava kone, joka on suunniteltu seuraamaan ohjeita, eli ohjelmaa. Ohjelma on ohjeita tietokoneen muistille tehdä jotain. Ohjelmat toimivat syklisesti niihin kirjoitettujen ohjeiden mukaan. Ohjelmoija puolestaan on henkilö, joka kirjoittaa ohjelman. Eli tiivistettynä, ilman ohjelmoijia ei ole ohjelmia, ja ilman ohjelmia tietokone ei voi tehdä mitään. Kuviossa 5 on esitetty hyvin yksinkertaisesti tietokoneen toiminta. Instruction (input) tarkoittaa ohjelmaa, joka menee Central Processing Unitiin, eli tietokoneen prosessoriin, jossa tapahtuvat matematiikka- ja logiikkatoiminnot. Kun nämä on suoritettu, prosessorista tulee ulos Result (Output), joka on signaalikäsky tehdä jotakin. (Gaddis 2015)



KUVIO 5. Tietokoneen toimintaperiaate (Gaddis 2015)

Ohjelmakieliä on eritasoisia. Alatason ohjelmakielet on useimmiten kirjoitettu binäärikoodina, eli 1 tai 0:na. Korkean tason ohjelmakielet, esimerkiksi C, C++ tai Python, taas ovat ihmiselle luontaisempia. Korkean tason kielissäkin on suuria eroja keskenään, toinen voi olla laajakäyttöisempi ja toinen taas nopeampaa saada aikaseksi, mutta yksinkertaisuutensa vuoksi sillä on hidasta tai mahdollonta toteuttaa vaikeampia kokonaisuuksia. Korkean tason kieli on sitä, mitä ihmiset kirjoittavat ohjelmalle, ja niin sanottu kääntäjä kääntää kyseisen koodin konekielelle ja tietokoneelle ymmärrettävään muotoon.

2.4.1 Ohjelman koostumus

Yleisin ohjelmaelementti on "Key Words" eli avainsanat. Ne ovat ohjelman varaamia sanoja, jotka määrittelevät käskyn. Niitä voi käyttää vain määrittämään jonkin arvon muodon tai antamaan ohjelmalle käskyn. Esimerkkejä näistä ovat esimerkiksi integerit, tuplaintegerit tai paluu-käsky. Avainsanojen yhteydessä käytetään usein ohjelmoijan varaamia muuttujia, eli "Programmer-Defined Identifiers". Nämä eivät kuulu ohjelmakieleen ja niitä käytetään pääasiassa nimensä mukaisesti muuttujina. (Gaddis 2015)

”Operators”, eli operaattorit, kertovat ohjelmalle käskyjen toimintaa ja ne voivat olla aritmeettisiä tai ohjaavia. Aritmeettiset operaattorit ohjaavat ohjelman tekemään laskutoimituksia, ja ohjaavat operaattorit kertovat esimerkiksi jollekin muuttujalle arvon, joka saadaan laskettua aritmeettisten operaattoreiden avulla. ”Punctuations”, eli välimerkit, kertovat ohjelmalle esimerkiksi ohjelmarivin päätymisestä, tai mikäli jollain avainmuuttujalla on useita ohjelmoijan varaamia muuttujia, ne voidaan kaikki merkata yhden avainmuuttujan alle erottaen ne toisistaan käyttäen välimerkkejä. (Gaddis 2015)

”Syntax” eli syntaksi, tarkoittaa sääntöjä koskien sitä, miten ohjelmoijan tulee ohjelmakoodi kirjoittaa. Syntaksi ohjaa kaikkia yllämainituista ohjelman osista ja vaatii, että ohjelman rakenne on tehty oikein, jotta se toimii. Ohjelman syntaksi voidaan tarkastaa lähes kaikilla kyseiselle ohjelmakielelle tarkoitetuilla kääntäjillä. Mikäli syntaksissa on virheitä, ne tulee korjata ennen kuin ohjelman toimintaa voidaan testata. (Gaddis 2015)

2.4.2 C-kieli

C-kieli on yksi korkean tason ohjelmointikielistä, kuten kappaleessa 2.4 mainittiin. C-kieli on todella monipuolinen ja laaja ohjelmointikieli, ja se on melko yksinkertainen oppia. C-kielellä on useita sukulaiskieliä kuten C++ ja Java. Kun osaa C-kielen tai jonkun se sukulaiskielistä, on seuraavakin helppo opetella, sillä ne ovat keskenään todella saman tyyliä. C-kieli on kehitetty 1972 ja sen kehittäjä on Dennis M. Ritchie. C-kielessä on hyvin vähän itse kielen varaamia sanoja, mutta se on joustava, sillä C-kääntäjissä on funktiokirjastot. C-ohjelmoinnin rakenteellisenä ideana on, että rakennetaan pääohjelma, joka suorittaa erinäisiä aliohjelmiä. Pääohjelmaan ei välttämättä tarvitse ohjelman kehittyessä tehdä edes muutoksia, vaan voidaan rakentaa aina vain uusia aliohjelmiä, joita kutsutaan suorittamaan tarvittaessa. Esimerkki C-kielestä kuvassa 1. (Tutorialspoint 2017)

```
1  #include <stdio.h>
2
3  int main(void)
4  {
5      /*tulostetaan näytölle HelloWorld!*/
6      printf("Hello World!\n");
7
8      return 0;
9  }
```

KUVA 1. Esimerkki C-kielestä

Rivillä 1 oleva käsky liittää ohjelmaan mukaan tiedoston `stdio.h`; tämän tiedoston avulla voidaan käyttää `printf`-käskyä. Tiedosto `stdio.h` sekä useita muita tiedostoja tulee mukaan jokaisen C-kääntäjän kanssa, ja niissä määritellään tarvittavia funktioita. Nämä funktiot muodostavat niin sanotut standardikirjastot. Rivillä 3 aloitetaan varsinainen ohjelma. Ohjelma kirjoitetaan aaltosulkeiden sisälle, tämä on osa C:n syntaksia. C:n syntaksiin kuuluu myös, että jokainen ohjelmarivi päättyy puolipisteeseen, lukuun ottamatta kääntäjälle tarkoitettuja komentoja tai aaltosulkeita. Rivi 3 tarkoittaa käytännössä, että suoritetaan C-ohjelma, joka on nimetty `main`-nimiseksi. Vihreällä oleva teksti rivillä 5 on ohjelmoijan kirjoittamaa muistiinpanoa, joka ei tule näkymään varsinaisessa ohjelmassa, vaan pelkästään kääntäjässä. Hyvään ohjelmointitapaan kuuluu, että kommentteja käytetään selkeyttämään ohjelmaa, ja niitä tulee käyttää sen verran, että ulkopuolinenkin ohjelmoija ymmärtää, mitä ohjelmakoodilla on haettu. Rivi 6 sisältää käskyn `printf`, eli C-ohjelma tulostaa käyttäjälle tekstin "HelloWorld!". Rivin lopussa oleva `\n` tarkoittaa rivin vaihtoa, eli vastaavaa kuin tekstinkäsittelyn enter. Rivillä 8 on käsky `return 0`, joka tarkoittaa että ohjelma on suoritettu ja siinä ei tapahtunut virhettä, joten käyttöjärjestelmälle palautetaan arvo 0. (Laaksonen 2004)

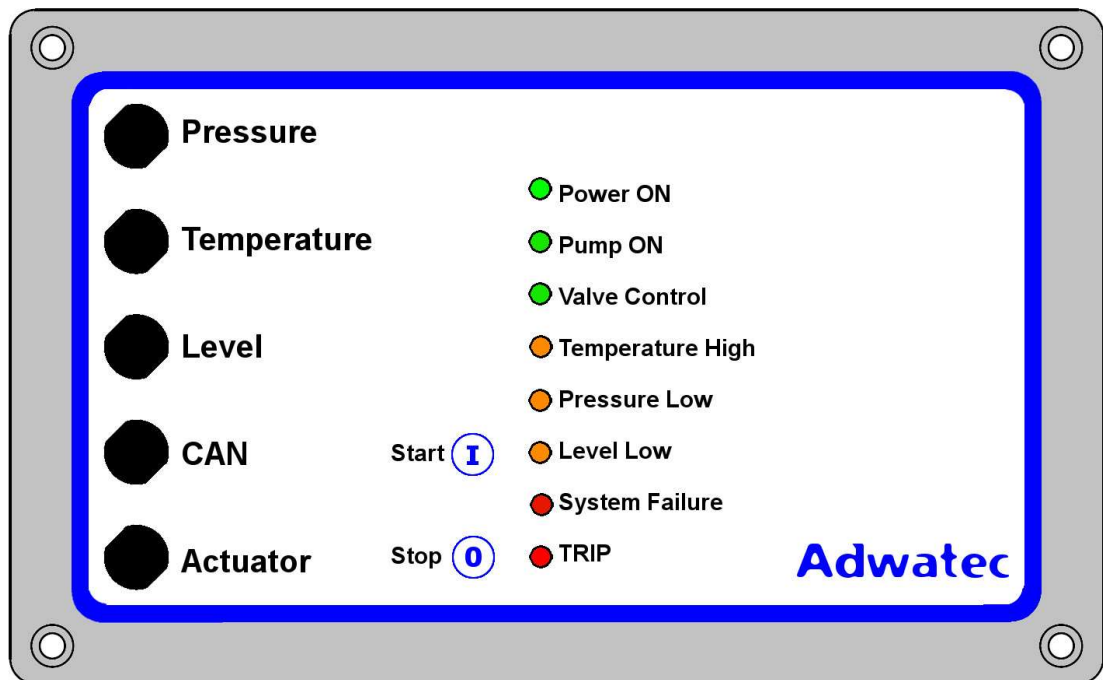
2.5 CAN-väylä

CAN eli Controller Area Network on erityisesti ajoneuvoteollisuudessa käytetty automaatioväylä. CAN-väylää käytetään mikrokontrollerin ja siihen kytkettyjen laitteiden väliseen keskusteluun. Se on kehitetty alun perin autoihin mutkikkaiden sähköjohdotusten tilalle ohjaamaan reaaliaikaista tiedonsiirtoa. Vaikka CAN-väylä on alun perin suunniteltu autoteollisuuteen, sitä käytetään nykyään myös

esimerkiksi robotiikan laitteissa, hisseissä ja ohjelmoitavissa logiikoissa. Väylää voidaan käyttää missä tahansa kohteessa, jossa on tarvetta reaaliaikaiselle tiedonsiirrolle, ja jossa etäisyys sekä viesti ovat lyhyitä. (Alanen 2000)

3 ADWACONTROLIN YLEISKUVAUS

AdwaControlin on tarkoitus toimia Adwatecin pienemmissä, niin sanotuissa Compact Cooling Station -jäähdytysjärjestelmissä, toteuttamassa ohjausta. Tuotteen hinnan on tarkoitus olla mahdollisimman edullinen, jotta sillä voidaan korvata tällä hetkellä ohjauksessa käytetyt logiikkaohjaukset, jotka ovat ylimitoitettuja tuloiltaan ja lähdöiltään sekä hinnaltaan, käytettävään järjestelmään. Tässä opinnäytetyössä käsiteltävän tuotteistuksen tarkoitus on selvittää, kuinka suuriin järjestelmiin AdwaControl soveltuu, miten alhaiseksi sen hinta on mahdollista saada ja onko laite teknisesti järkevä toteuttaa. Kuvassa 2 on esitettynä eräs versio AdwaControlin näppäinkalvosta. Kuvassa vasemmalla ovat M12-liittimet, keskellä painikkeet ja oikealla LED-valot.



Kuva 2. Yksi kolmesta toteutusmahdollisuudesta AdwaControlin näppäinkalvolle

Kuvassa 3 on esitettynä 3D-malli AdwaControlista. Malli on tehty yhteistyössä Adwatecin teknisen päällikön, Teemu Alajoen, kanssa. Malli tehtiin liitteessä 2 olevaa AdwaControlin datalehteä varten.



Kuva 3. 3D-malli AdwaControllista

3.1 Rakenne

AdwaControl on rakenteeltaan kaksiosainen mikropiiri-järjestelmä. Toinen piirikortti on tehokortti, jonka kautta tapahtuu laitteen tehosyöttö. Maksimi yksivaihe-teho on 1,5 kW, ja sen rajoittaa yksi piirikortin komponenteista. Toinen piirikortti on puolestaan logiikkakortti, joka hoitaa kaiken ohjauksen vesijäähdytysjärjestelmässä. Logiikkakortti on suunniteltu siten, että siihen on mahdollista kytkeä Adwatecin valmistama Compact Cooling Station -vesijäähdytysjärjestelmä.

3.1.1 Kotelointi

AdwaControl on suunniteltu kestäämään koviakin olosuhteita, mistä syystä kotelointiin on kiinnitetty erityistä huomiota. Alun perin laitetta suunniteltiin IP-luokitukseltaan saavuttamaan IP66-luokitus, mutta myöhemmin todettiin, että pienempikin IP-luokitus riittää. AdwaControlin testeissä todettiin, että laitteella päästään ainakin IP65-luokitukseen. Kotelointia suunniteltaessa otettiin huomioon, että mikäli kotelo on lämmönjohtokykyinen, voidaan sitä hyödyntää piirikorttien lämpenevien komponenttien jäähdytyksessä. Tarvittiin siis kotelo, joka on kestävä ja jonka avulla voidaan johtaa piirilevyn lämpöä ympäristöön. Näiden seikkojen perusteella muovikotelot saatiin suljettua pois valinnasta, ja materiaaliksi valittiin

alumiini. Alumiinikoteloissa on tärkeää, että kotelo on standardimittainen, joten mikäli kotelon valmistajalla on syystä tai toisesta toimitusongelmia, voidaan käyttää toista valmistajaa. Näillä tiedolla lähdettiin etsimään AdwaControlille koteloa. Useiden tarjouspyyntöjen ja laatuvertailujen jälkeen koteloille löydettiin järkevä valmistaja kotelolle

3.1.2 Piirilevyt

Piirilevysuunnittelu ja itse piirilevy toteutettiin kaksikerroksisena, vaikka tiedettiin että EMC-kestot piirissä eivät ole välttämättä riittävät. Kaksikerroksinen piirilevysuunnittelu haluttiin toteuttaa sen edullisuuden vuoksi, vaikka tiedettiin että jatkokehitys on lähes välttämätöntä. Piirilevyjen kohdalla tuotteistuksessa todettiin, että kaksikerroksisella tekniikalla rakennettu kortti ei ole teknisesti riittävä. Nelikerroskortti tullaan kuitenkin suunnittelemaan siten, että muuhun kokoonpanoon vaikuttavat komponentit pysyvät paikallaan.

3.1.3 Kokoonpano

AdwaControlin on tarkoitus olla asentajaystävällinen asennettaessa se kiinni Compact Cooling Station -järjestelmään, eli laite on suunniteltu siten, että sen asentaminen on helppoa ja nopeaa. Myös AdwaControlin kokoonpano on yksinkertainen, sillä tehokortti kiinnitetään vain neljällä ruuvilla, ja logiikkakortin kytkentä tapahtuu kahdella ruuvilla sekä M12-liittimissä olevilla muttereilla, eli yhteensä kahdella ruuvilla ja viidellä mutterilla. Kotelo kiinnitetään Compact Cooling Stationiin neljällä ruuvilla, ja kotelon kansi kiinnitetään neljällä ruuvilla koteloon. Piirikortit ovat yhteydessä toisiinsa 20-pinnisen lattakaapelin avulla. AdwaControlin ollessa asennettu jäähdytysjärjestelmään, siihen voidaan asentaa anturoinnit M12-kaapelien avulla. Myös CAN-väylään liittyminen tapahtuu M12-liittynnän avulla. Mikäli asiakkaalla on ylimääräisiä mittaustarpeita, ne saadaan johdettua kotelosta ulos läpiviennin avulla. Sekä tehokortin liityntä että pumpun lähtö tuodaan koteloon läpiviennin avulla, ja kotelon sisällä kaapelit kytketään pikaliittimien avulla, jotta ylimääräisistä sähkökytkennöistä päästäisiin eroon.

3.2 Käyttö

Suunniteltaessa AdwaControlia, se oli tarkoitus tehdä mahdollisimman yksinkertaiseksi käyttäjälle, joten siinä on vain kaksi painiketta: START ja STOP. Laite on suunniteltu siten, että siihen on siirretty kaikki halutut parametrit ennen käyttöönottoa, ja käyttöönottajän tarvitsee vain laittaa ohjain päälle. Laitteeseen haluttiin STOP-nappi mahdollisia huoltokatkoja varten. STOP-nappi toimii lisäksi ohjaimen havaitsemien vikojen kuittauspainikkeena.

Laitteessa on kahdeksan LED-valoa, jotka ilmoittavat erilaisia toimintoja laitteesta. Kuten kuvassa 2 näkyy, kolme ensimmäistä valoa ovat vihreitä, valot neljä, viisi ja kuusi ovat keltaisia ja valot seitsemän ja kahdeksan ovat punaisia. Valot on numeroitu ylhäältä alaspäin. Vihreät ledit ovat vain laitteen tilaa ilmoittavia valoja ja keltaiset valot ovat varoitusvaloja jotka ilmoittavat pienistä toimintahäiriöistä. Punaiset valot ilmoittavat vakavista toimintavirheistä, jolloin laitteen toiminta keskeytyy täysin. Keltaiset ja punaiset valot toimivat keskenään, ilmoittaen tarkemmin mistä vika löytyy.

3.2.1 Vihreät LED-valot

Kuten kappaleessa 3.2 mainittiin vihreät ledit ilmoittavat vain laitteen yleisestä toiminnasta. Ensimmäinen vihreä ledi on "Power ON", joka ilmoittaa, että laitteeseen on kytketty jännite. Toinen ledi on "Pump ON", ja se syttyy, kun ohjelma tunnistaa lämpöanturin avulla, että jäähdytystarvetta on ja pumppu on kytketty päälle. Kolmas vihreä valo tarkoittaa "Valve Control":ia eli miten jäähdytysjärjestelmässä oleva venttiili toimii. Valon toiminta on seuraava:

- Venttiilin aukeama 0 % - LED ei pala
- Venttiilin aukeama $0 < 50$ % - LED vilkuttaa 2 sekunnin välein
- Venttiilin aukeama $50 < 100$ % - LED vilkuttaa 1 sekunnin välein
- Venttiilin aukeama 100 % - LED palaa

3.2.2 Keltaiset ja punaiset LED-valot

Keltaiset ledit ovat "Temperature High", eli lämpötilan mittauksessa on havaittu liian korkea lämpötila, "Pressure Low" eli paine on matala, joka voi tarkoittaa sitä, että laitteessa on vuoto, ja viimeinen keltainen valo tarkoittaa "Level Low" eli tankista mitattu pinnankorkeus on alittanut ensimmäisen pinnankorkeusmittauksen. Compact Cooling Stationia on tarkoitettu myydä kahdella pinnankorkeusanturilla eli "Level Low" ja "Level LowLow". Keltaiset ledit tarkoittavat hälytystä järjestelmässä; hälytyksen tarkoitus on kertoa laitteen haltijalle, että laitteessa on mahdollisesti jotain vikaa ja haltijan tulee ottaa yhteyttä huoltoon ja kysyä, mitä jatko-toimenpiteitä tulee tehdä. Keltaiset valot palavat hälytystilassa pysyvästi.

Punaiset ledit puolestaan syttyvät, mikäli järjestelmässä on vakavia ongelmia. Ensimmäinen punainen valo ilmoittaa "System Failure":n eli itse ohjainkortissa olevan komponenttivian tai kytkennässä ilmenneen vian. Toinen punainen valo on "TRIP"-hälytys eli vakava hälytys. "TRIP"-hälytys toimii yhdessä keltaisten valojen kanssa, jotta tiedetään mistä hälytys aiheutuu. Eli mikäli matala paine aiheuttaa "TRIP"-hälytyksen, alkaa keltainen "Pressure Low" valo vilkkua ja punainen "TRIP"-valo palaa. Keltainen valo vilkkuu, jotta tiedetään mikä hälytys aiheuttaa "TRIP"-hälytyksen, mikäli järjestelmässä on useampia hälytyksiä samanaikaisesti.

4 LAITTEEN LIITYNNÄT

AdwaControl-logiikkakortissa perusliitynnät on rakennettu M12-prosessiliittimien avulla. Liitynnöissä on anturiliitynnät paineelle, lämpötilalle ja tankin pinnankorkeudelle, kyseisessä järjestyksessä. Lisäksi M12-liitynnän avulla on toteutettu CAN-liityntä, jolla voidaan siirtää ohjelma ohjainkortille. CAN-liitynnän avulla voidaan myös rakentaa jäähdytysjärjestelmä, jossa on kaksi AdwaControl-laitetta ja ne voivat keskustella keskenään CAN-väylän avulla. Kahden AdwaControl-laitteen tarve voi syntyä esimerkiksi järjestelmiin, joissa tarvitaan kaksi pumpua tai vaaditaan kahdennettu ohjaus. CAN-väylää voidaan hyödyntää myös, mikäli halutaan etäohjaus laitteelle, johon ei ole yksinkertaista päästä käsiksi sen asennuspaikan vuoksi. Tässä tapauksessa asiakkaalle toimitetaan erillinen etäohjainlaite, tai asiakas voi ohjelmoida valvomoonsa näytön, johon data saadaan siirrettyä CAN-väylän avulla. Viimeinen, eli viides M12-liitin, on aktuaattoria varten, eli sen avulla logiikkakortti tutkii kolmitieventtiilin asentoa sekä ohjaa sitä.

Yksi syy, miksi M12-liittimiin päädyttiin, oli niiden varma luotettavuus. Toinen syy liittimiin päätymisessä oli se, että Adwatec käytti jo valmiiksi niitä, joten esimerkiksi tilattaessa kaapeleita ohjauksen ja antureiden väliin tai tilattaessa itse antureita, ei ollut tarvetta lisätä varastoon uusia nimikkeitä vaan voitiin käyttää jo valmiiksi käytössä olevia tuotteita. Käytetyt M12-liittimet ovat myös sopivat ottaen huomioon suunnitelman laitteen toiminnasta vaikeissakin olosuhteissa, sillä käytettyjen M12-liittimien IP-luokitus on IP68.

M12-prosessiliittimiä käyttämällä erilaisia mittauksia on mahdollista saada useita. Painemittauksia on mahdollista saada kaksi. Lämpötilamittauksia on perustuotteessa kaksi kappaletta, mutta asiakkaan pyynnöstä voidaan valmistaa erikoiskaapeli, ja lämpötilamittauksia on tällöin mahdollista saada kolme. Pinnankorkeusmittauksia on mahdollista AdwaControlin Basic-malliin mahdollista saada kaksi, mutta lisäksi M12-liittimeen on mahdollista lisätä yksi ylimääräinen D/A-tulo, jos asiakas niin haluaa. Ylimääräisen D/A-tulon lisääminen vaatii erikoiskaapelin valmistusta, kuten kolmannessa lämpötilamittauksessakin.

Logiikkakortilla on lisäksi lisämahdollisuuksia liittynöille, mikäli asiakkaalla on tarvetta ylimääräisille mittauksille. Kortilla on neljäpinninen Mini-Fit -liitin, johon voidaan kytkeä kaksi ylimääräistä lämpötilamittausta. Toinen lämpötilamittauksista on tosin sama kuin M12-liittimen ylimääräinen lämpötilamittaus, eli Mini-Fit liittintä ei ole edullista käyttää, ellei projektissa ole vaatimuksena neljä lämpötilamittausta. Kaksi Mini-Fit -liittimen pinneistä on GND-tasoja.

Logiikkakortilta löytyy myös 20-pinninen Mini-Fit -liitin, jossa on kahdeksan GND-tasoa. Jännitesyöttöjä on kolme + 12 V ja yksi + 24 V, näiden lisäksi on yksi korkeajännitteen lähtö. Avoimia relelähtöjä, joista saa maksimissaan 0 - 300 mA ja 50 V ulos on yksi kappale. Kortille on tehty myös SPI-väylä, ja yksi liittimen pinneistä on SPI-väylän lähtö, jossa jännite on 0 - 10 V. Mini-Fit -liittimessä on myös viisi D/A-tuloa, mikäli asiakas haluaa erinäisiä lisämittauksia.

5 POHDINTA

Tuotteistuksessa suunniteltiin visuaalisia ja määriteltiin teknisiä ominaisuuksia AdwaControl-laitteelle. Lisäksi pyrittiin selvittämään, millainen lopullinen valmistushinta tuotteella tulee olemaan, mikäli sitä aletaan valmistaa sarjatuotannossa. Tuotteistuksessa saatiin suunniteltua visuaalinen olemus tuotteistetulle AdwaControl -laitteelle. Vaihtoehtoisia näppäinkalvoja on kolme kappaletta, ja kalvon valinta siirtyy markkinoinnin päätettäväksi.

Teknisiltä ominaisuuksiltaan laite saavutti lähes kaikki vaatimukset, jotka sille oli tuotekehityksen alkuvaiheessa asetettu. Valmiiseen laitteeseen saatiin enemmän liityntöjä kuin alustavasti ajateltiin. Teknisiä ominaisuuksia tarkasteltaessa kuitenkin todettiin kaksikerrostekniikka piirilevyssä riittämättömäksi, ja tuote tulee tästä syystä palaamaan takaisin tuotekehitykseen. Tämä mahdollisuus oli tiedossa projektin alusta asti.

Budjetillisesti projekti on yrityksen kannalta saatu sille tasolle, että sitä on kannattavaa valmistaa. Projektin budjetti oli kuitenkin suhteellisen vapaa, sillä alusta asti oli olemassa mahdollisuus, että AdwaControlia aletaan käyttää suuremmissa laitteissa, mikäli siitä tulee liian kallis pienille jäähdytyslaitteistoille. Suurempien jäähdytyslaitteistojen ohjaukset ovat huomattavasti kalliimpia, joten myös AdwaControlin hintaa olisi mahdollista korottaa.

Yksi iso osa tuotteistusprojektia oli kerätä yritykselle kaikki tarvittava ja saatavilla oleva tieto laitteesta itsestään, jotta yrityksellä on jatkossa mahdollisuus valmistaa tuotetta myös ilman muiden apua. Tiedon kerääminen osoittautui tuotteistusprosessissa suurimmaksi yksittäiseksi osaksi työtä. Pääosa tiedosta saatiin laitteen suunnittelijalta, Erkki Lehdolta. Tieto täytyi kuitenkin saada sellaiseen muotoon, että yrityksessä pystytään käsittelemään sitä.

LÄHTEET

- Alanen, J. 2000. CAN – ajoneuvojen ja koneiden sisäinen paikallisväylä. VTT Automaatio. Luettu 27.12.2016. http://www.oamk.fi/~eeroko/Opetus/Ohjausjarjestelmat/CAN/CAN-perusteet_AlasenMateriaalia.pdf
- Elektroniikkalehti. 2014. Opas laadukkaaseen PCB-suunnitteluun. Luettu 4.12.2016. http://etn.fi/index.php?option=com_content&view=article&id=1577:opas-laadukkaasen-pcb-suunnitteluun&catid=26&Itemid=140
- Gaddis, T. 2015. Starting Out with C++ From Control Structures Through Objects. Pearson.
- Haaga-Perho & Kulttuurin ketju. 2015. Tuotekehitys ja tuotteistaminen. Kulmat.fi. Luettu 29.11.2016. <http://www.kulmat.fi/laadun-kehittaminen/tyokaluja/tuotekehitys-ja-tuotteistaminen>
- Kajaanin Ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyöpakki. Tuotteistaminen. Luettu 1.12.2016. <https://www.kamk.fi/opari/Opinnaytetyopakki/Teoreettinen-materiaali/Tukimateriaali/Tuotteistaminen/Tuotteistaminen>
- Kauppalehti. Adwatec oy. Luettu 29.11.2016. <http://www.kauppalehti.fi/yritykset/yritys/adwatec+oy/15850999>
- Laaksonen, A. 2004. C-ohjelmointi: Osa 1 – Ensimmäinen ohjelma. Ohjelmointiputka. Luettu 5.12.2016. http://www.ohjelmointiputka.net/opaat/opas.php?tunnus=cohj_1
- Lehto.E. Asiantuntija.2016. Palaverit, puhelinpalaverit ja sähköpostikeskustelut 11.7. -31.12.2016
- Product Development Institute Inc. Stage-Gate® - Your Roadmap for New Product Development. Luettu 29.11.2016. <http://www.prod-dev.com/stage-gate.php>
- Sipilä, J. 1996 Asiantuntijapalveluiden tuotteistaminen Luettu 1.12.2016
- Suutari, P. 2012. AVR KIT -piirilevyn suunnittelu KiCad-ohjelmalla. Rovaniemen ammattikorkeakoulu. Tietotekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. Luettu 4.12.2016. <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/47518/AVR%20KIT%20-piirilevyn%20suunnittelu%20KiCad-ohjelmalla.pdf?sequence=1>
- Vuori, M. 2002. Tuotteistamisen perusajatus. Luettu 1.12.2016. <http://www.mattivuori.net/kehittaminen/asiantpalv-tuotteistus/index1.htm>
- Tutorialspoint. 2017. C Programming Tutorial. Luettu 15.1.2017 <https://www.tutorialspoint.com/cprogramming/>

LIITTEET

Liite 1. Tuotekehitysprosessi Adwatec

Liite 2. AdwaControlin datalehti