

Markus Rantanen

**ProMIL-360-hoitoalustan kustannustehokas ohjausjärjestelmä**

Opinnäytetyö

Kevät 2010

Tekniikan yksikkö

Automaatiotekniikka

Koneautomaatio



# SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## OPINNÄYTETYÖN TIIVISTELMÄ

Koulutusyksikkö: Seinäjoen Ammattikorkeakoulu, Tekniikka

Koulutusohjelma: Automaatiotekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Koneautomaatio

Tekijä: Markus Rantanen

Työn nimi: ProMIL-360-hoitonostimen kustannustehokas ohjausjärjestelmä

Ohjaaja: Martti Lehtonen

Vuosi: 2010

Sivumäärä: 57

Liitteiden lukumäärä:

---

Työssä käsitellään ProMIL-360-hoitonostimen ohjausjärjestelmän konfigurointia kahdelle asiakassegmentille. Ohjausjärjestelmän suunnittelussa otetaan huomioon asiakassegmenttien vaatimukset, kustannukset ja standardisointi. Työn toimeksiantaja on Frestems Oy, joka valmistaa ambulanssivarusteita siviili- ja sotilas sektorille. ProMIL on yrityksen tunnetuin tuotesarja, joka sisältää erilaisia alustoja potilaan kuljetukseen ja hoitoon ambulansseissa.

Työssä kartoitettiin ohjausjärjestelmä vaihtoehtoja ProMIL-360-tuotteeseen. Ohjausjärjestelmä, joka asennetaan osaksi ajoneuvoa, joutuu sietämään ympäristöolosuhteiden muutoksia sekä mekaanista rasitusta aiheuttavia tekijöitä. Teoriaosuudessa esitellään yksityiskohtia, joita tulee ottaa huomioon ohjausjärjestelmää suunniteltaessa. Teoria osuudessa esitellään myös ajoneuvoon asennettävien sähkölaitteiden tyyppihyväksyntä proseduuri, joka voitaisiin toteuttaa myös ProMIL-360-tuotteelle.

Työn tuloksena on kolme vaihtoehtoista ohjausjärjestelmäkokoontia, jotka voidaan helposti muokata asiakastarpeiden mukaan. Ohjausjärjestelmä on usein kalkein osa tuotetta, mutta ominaisuuksien optimoinnilla voidaan tehdä merkittäviä kustannussäästöjä. Yksi työn tärkeimmistä tavoitteista oli löytää kustannustehokas ohjausjärjestelmä ProMIL-360-tuotteelle.

Asiasanat: Automaatio, Ohjausjärjestelmä, Sähkömagneettinen yhteensopivuus

**Thesis abstract**

Faculty: School of Technology  
Degree programme: Automation technology  
Specialisation: Machine automation

Author/s: Markus Rantanen

Title of the thesis: Cost-effective Control System for ProMIL-360 Treatment Base

Supervisor(s): Martti Lehtonen

Year: 2010                      Number of pages: 57      Number of appendices:

---

This thesis examines common problems in automotive electronics. The main purpose of this thesis was to find a cost-effective control system to ProMIL-360 treatment base. It should meet the needs of two different customer segments. ProMIL-360 is an electrically controlled patient treatment base which is designed for military vehicles. The thesis was commissioned by Frestems Oy. The corporation produces different kinds of patient treatment solutions which are directed for military vehicles.

The data for this study were collected from different books, datasheets and manuals of electronics. The theory part deals with basic issues about automation. The theory part also defines problems that appears when electrical equipment is mounted to a vehicle. The actual research consists of three solutions for the control system of ProMIL-360 treatment base. The control systems were selected thereby that modifications can be easily done for two different customer segment's needs. The study was made with the help of Technion Oy and Epec Oy. The companies produce solutions for vehicle electronics. As a result of this study, three possible options for the control system were presented.

Based on the study of this thesis with the right selection of control system, costs and lead time of ProMIL-360 can be saved. In the future, the prototyping of control systems needs to be done and further examinations are required.

Keywords: automation, control system, electromagnetic compatibility.

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

## SISÄLLYS

## KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

## KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

<b>1 JOHDANTO .....</b>	<b>9</b>
1.1 Työn taustat .....	9
1.2 Työn tavoite.....	9
1.3 Työn rakenne .....	10
1.4 Frestems OY .....	10
<b>2 AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄT .....</b>	<b>11</b>
2.1 Ohjausjärjestelmän muodostuminen.....	11
2.2 Ohjelmoitavat logiikat.....	12
2.3 Ajoneuvo sähkölaitteiden ja komponenttien ympäristönä.....	14
2.4 Kaapelointi .....	19
2.5 CAN-väylätekniikka .....	20
<b>3 SÄHKÖMAGNEETTINEN YHTEENSOPIVUUS.....</b>	<b>24</b>
3.1 EU-komission direktiivi 2004/104/EY .....	25
<b>4 SOTILASSEKTORI JA STANDARDISOINTI .....</b>	<b>30</b>
4.1 Yleisohjeet sähkölaitteiden suunnitteluun.....	30
4.2 Muita tärkeitä standardeja.....	31
<b>5 PROMIL-360-HOITONOSTIN.....</b>	<b>33</b>
<b>6 NYKYINEN OHJAUSJÄRJESTELMÄ.....</b>	<b>34</b>
6.1 Parker Iqan MC2-logiikkayksikkö .....	35
6.2 Moottoriohjaimet.....	36
6.3 Kaapelointi .....	38

6.4 Sähköliitinrajapinta.....	39
6.5 EMC-suojaus.....	40
<b>7 VAIHTOEHTOISET OHJAUSJÄRJESTELMÄKOKOONPANOT.</b>	<b>42</b>
7.1 Ohjauskeskus ja häiriösuojaus.....	42
7.2 Logiikkayksikkö.....	42
7.3 Kaapelointi ja liitinrajapinta.....	45
<b>8 PROMIL-360-LOGIIKKAOHJELMA .....</b>	<b>48</b>
<b>9 TULOKSET .....</b>	<b>50</b>
9.1 Ohjausjärjestelmä Epec 2038-ohjausyksiköllä .....	50
9.2 Ohjausjärjestelmä Technion TCRC-ohjausyksiköllä.....	51
9.3 Ohjausjärjestelmä Technion Oy:n TCRC 16203H-ohjausyksiköllä.....	51
<b>10 YHTEENVETO .....</b>	<b>53</b>
<b>LIITTEET .....</b>	<b>57</b>

## KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

<b>CANopen</b>	CAN-väylän protokolla. CAN-väylä on kahden johtimen tiedonsiirtoväylä, joka on yleistynyt ajoneuvoissa ja työkooneissa.
<b>EMC</b>	(Electromagnetic compatibility). Tarkoittaa sähkömagneettista yhteensopivuutta. Sähkölaite ei saa häiritä muita sähkölaitteita liikaa, ja sen pitää pystyä vastaanottamaan häiriötä tietyn verran.
<b>RFI- suodin</b>	RFI-suodin on radiotaajuussuodin, jota käytetään sähkömagneettisten häiriöiden suodatukseen.
<b>SE-asennelma</b>	SE-asennelmalla tarkoitetaan direktiivin 2004/104 määrittämää osaksi ajoneuvoa asennettavaa sähkölaitetta tai laiteryhmää.

## KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuva 1. Logiikkayksikön toimintakaavio.....	13
Kuva 2. Kenttäväylän hierarkia .....	14
Kuva 3. IFM electronics:n ajoneuvologiikka.....	15
Kuva 4. IFM electronics:n kallistusanturi. ....	16
Kuva 5. Mobilehydrauliikan esiintyminen ajoneuvossa. ....	17
Kuva 6. IP-kotelointitunnuksen määrittäminen. ....	18
Kuva 7 CAN- väylän rakenne.....	22
Kuva 8 CAN-väylän sijainti ajoneuvossa. ....	23
Kuva 9. Tyyppi hyväksyntä prosessin eteneminen. ....	27
Kuva 10. Laajakaista säteilyn raja-arvot.....	28
Kuva 11. Kapeakaistaisen säteilyn raja-arvot. ....	29
Kuva 12. ProMIL-360-tuote. ....	33
Kuva 13. ProMIL- 360-hoitonostimen kytkentähierarkia.....	34
Kuva 14. Parker Iqan MC2 ohjausyksiköstä.....	36

Kuva 15. Electromen EM-180-moottoriohjainkortti.....	37
Kuva 16. Electromen EM-243-moottoriohjainkortti.....	38
Kuva 17. MIL-spesifikaation mukainen johtoliitin.....	40
Kuva 18. Epec 2038 yksikkö.....	43
Kuva 19. Technion Oy:n TCR I/O-ohjausyksikkö.....	44
Kuva 20. Suojaputken sisälle tehty johdotus.....	46
Kuva 21 AMP CPC -liitin. ....	47
Kuva 22 Logiikkaohjelman sekvenssikaavio.....	49



# 1 JOHDANTO

Johdannossa kerrotaan työn taustoista ja tavoitteista. Johdannon tarkoitus on antaa lukijalle tietoa opinnäytetyön sisällöstä ja aiheesta. Johdannon yritysesittelyssä kerrotaan tarkemmin Frestems Oy:stä, joka oli työn tilaaja.

## 1.1 Työn taustat

Työ tehdään Frestems Oy:lle. Työ aloitettiin kesällä 2008 ja sen kohteena on ProMIL-360-hoitonostin. Työn tarkoituksena on löytää kustannustehokas ohjausjärjestelmä ProMIL-360-tuotteelle, mikä pitää olla helposti muokattavissa kahden asiakassegmentin tarpeisiin. Työn teoriaosuudessa käydään läpi automaatio- ja sähköjärjestelmien ominaisuuksia ajoneuvoympäristössä. Lisäksi käsitellään myös sähkömagneettisten häiriöitä ja kerrotaan EY:n direktiiviin 2004/104 tyyppihyväksyntä proseduurista. Työosuus koostuu ProMIL-360-hoitonostimen ohjausjärjestelmä kokonaisuudesta. Komponenttivalintoja perustellaan argumentein, joita on selvennetty teoriaosuudessa.

## 1.2 Työn tavoite

Opinnäytetyön tavoitteena on rakentaa ProMIL-360-hoitonostimen ohjausjärjestelmän kokonaisuus siten, että nostin voidaan varustaa eri asiakasvaatimuksiin soveltuvilla ohjausjärjestelmillä. Laitteeseen halutaan ohjausjärjestelmiä kahdelle erilaiselle markkinasegmentille. Markkinasegmenttejä ovat sotilassektorin asiakkaat sekä siviilisektorin asiakkaat. Ohjausjärjestelmä sisältää logiikkaohjauksen, moottoriohjainten kartoittamisen, liitinrajapinnan sekä johdotukset. Työn tuloksena

on kolme vaihtoehtoista ohjausjärjestelmäkokonaisuutta, jotka voidaan muokata kahdelle eri asiakassegmentille

### **1.3 Työn rakenne**

Työ koostuu teoriaosuudesta ja varsinaisesta työosuudesta. Teoriaosuudessa käsitellään automaatio- ja sähköjärjestelmiä ajoneuvoissa sekä esitellään sähkömagneettisia häiriöitä ja sotilassektorin tuomia lisähaasteita sähköjärjestelmille. Työosuus aloitetaan ProMIL-360-hoitonostimen esittelyllä, jossa käydään läpi laitteen teknisiä vaatimuksia. Tuotteen esittelyn jälkeen siirrytään ohjausjärjestelmän komponenttien tarkasteluun sekä esitellään mahdolliset vaihtoehdot ohjausjärjestelmän logiikasta. Viimeisenä kerrotaan, mihin työssä päädyttiin. Tulosten yhteydessä on kustannusarviot kahden asiakassegmentin ohjausjärjestelmistä.

### **1.4 Frestems OY**

Opinnäytetyö tehdään Frestems Oy:lle. Frestems Oy valmistaa ambulanssivaratelua siviili- ja sotilassektorille. Frestems tekee pääosin erilaisia ratkaisuja potilaan kuljetukseen ja hoitoon. ProMIL-360 kuuluu ProMIL-tuoteryhmään, joka on suunniteltu vastamaan sotilassektorin vaatimuksia teknisyydeltään ja käytettävyydeltään. Tuotteet ovat pääosin mekaanisia. Frestems toteuttaa sarjatuotteiden lisäksi projektikohtaisia potilaankuljetusratkaisuja.(Frestems [Viitattu 20.04.2010].)

## **2 AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄT**

Automaatiojärjestelmä tarkoittaa jonkin prosessin valvonta ja ohjausjärjestelmää, jonka eri osia ovat varsinaiset toimilaitteet ja niiden ohjauslaitteet. Automaatiojärjestelmä toimii ylemmällä tasolla kuin varsinainen ohjausjärjestelmä. Automaatiojärjestelmä muodostuu varsinaisesta tuotannonohjausjärjestelmästä, joka on yhteydessä koko yrityksen toiminnanohjaukseen. Automaatiojärjestelmä kerää tietoa prosessien vaiheesta kenttäväylien avulla, jotka muodostavat yhteyden järjestelmän eri osien välille. (Keinänen, Kärkkäinen, Lähetkangas & Sumujärvi 2007, 210.)

### **2.1 Ohjausjärjestelmän muodostuminen**

Ohjausjärjestelmä tarkoittaa jonkin laitteen ohjausta. Ohjausjärjestelmä rakentuu toimintaa ohjaavien komponenttien, kuten erilaisten anturien ja kytkimien ympärille. Laitteen tai sovelluksen toimintoja ohjataan usein ohjelmoitavan logiikan avulla. Ohjelmoitava logiikka saa tietoja prosessinkulusta antureiden avulla. Anturit lähettävät logiikalle joko analogista tai digitaalista tietoa, minkä logiikka käsittelee. Antureiden lähettämän tiedon perusteella logiikka ohjaa varsinaisia toimilaitteita tai toimilaitteiden ohjaimia. Toimilaitteita ovat esimerkiksi erilaiset moottorit, venttiilit tai merkkivalot. (Keinänen, ym. 2007, 210)

Ohjausjärjestelmä voi olla avoin tai suljettu. Avoimessa ohjausjärjestelmässä ei tutkita toimilaitteen tilaa ohjauskäskyn jälkeen, vaan toimilaitteen ohjauskäsky pysyy koko prosessin ajan samana. Avointa ohjausjärjestelmää käytetään yksinker-  
taisissa laitteissa ja sovelluksissa, joissa prosessin vaiheet pysyvät stabiilina. Sul-

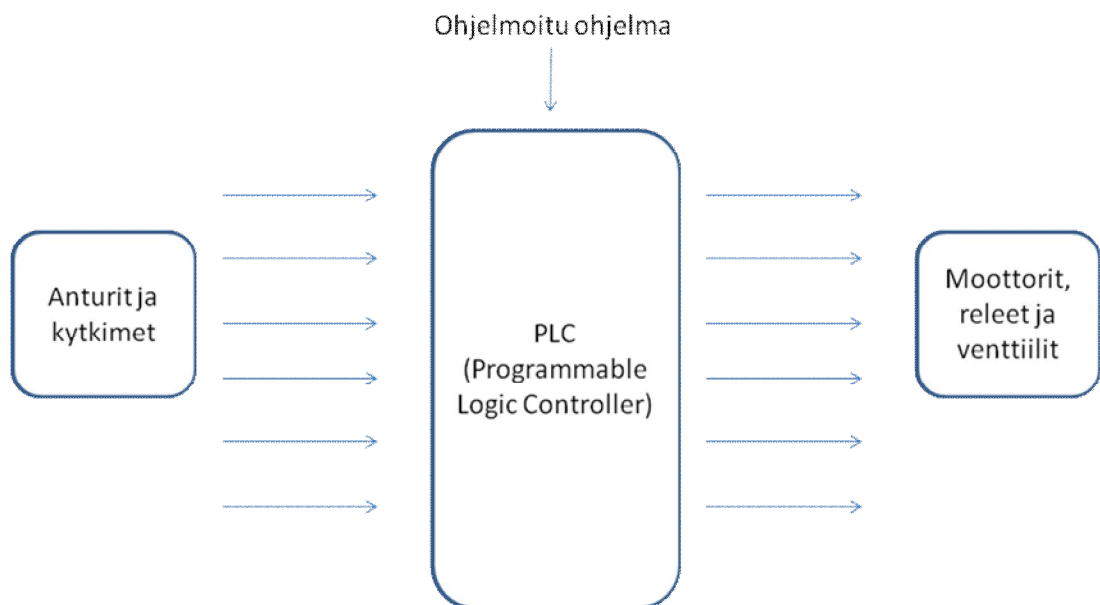
jetussa ohjausjärjestelmässä toimilaitteen tilasta saadaan tilatieto takaisin ohjaavalle logiikalle. Tämänkaltaisissa prosesseissa logiikka voi antaa uuden ohjauskäskyn, jos toimilaitteen tila jostakin syystä muuttuu. Suljetusta ohjausjärjestelmästä voidaan käyttää nimitystä säätöjärjestelmä. Säätö perustuu takaisinkytkentään logiikan ja toimilaitteen välillä. Takaisinkytkentä valvoo prosessia ja toimilaitteen ohjauskäskyä. Jos prosessissa tapahtuu esimerkiksi kuormituksen muutos, voidaan ohjauskäskyä muuttaa vastaamaan kuormitusta ja pitämään prosessi stabiilina. Ohjausjärjestelmä voidaan jakaa rakenteen mukaan erilaisiin järjestelmiin, joita ovat esimerkiksi relelogiikka, ohjelmoitava logiikka, sulautetut järjestelmät ja liikkeenohjausjärjestelmä. (Keinänen, ym. 2007, 210–214.)

## **2.2 Ohjelmoitavat logiikat**

Ohjelmoitavalla logiikalla tarkoitetaan uudelleen ohjelmoitavaa logiikkayksikköä. Logiikkayksikkö sisältää tietyn määrän lähtö- ja tuloliitäntöjä, joihin liitetään mahdolliset toimilaitteet ja anturit. Logiikkayksiköt voidaan rakenteen perusteella jakaa kahteen ryhmään kompakteihin ja modulaarisiin logiikoihin. Kompakti logiikka sisältää tietyn määrän lähtöjä ja tuloja, eikä sitä voida laajentaa. Modulaarista logiikkayksikköä voidaan muokata halutuksi erillisten laajennuskorttien avulla. Logiikan kytkentä tulee ottaa huomioon logiikkayksikköä valittaessa. Logiikat voidaan kytkeä, joko NPN- tai PNP-tyyppisesti. Nimitys tulee transistorin kytkennästä, jolloin kuorma voidaan kytkeä negatiivisesti tai positiivisesti. Kytkentä pitää ottaa huomioon ohjausjärjestelmän antureita valittaessa. (Keinänen, ym. 2007, 222-223.)

Ohjelmoitavaan logiikkaan ohjelmoidaan haluttu prosessi, jota valvotaan antureiden avulla. Prosessia ohjaavat ja valvovat komponentit sekä laitteet liitetään logiikan tuloliitäntään. Ohjattavat toimilaitteet liitetään vastaavasti logiikan lähtöliitäntään. Logiikan ohjelmakierron aikana logiikka tarkastaa jokaisen tulo- ja lähtöliitäntän, jonka jälkeen ohjelma luetaan rivi riviltä. Tämän jälkeen suoritetaan tarvittavat käskyt. Ohjelmakiertoon kuluu aikaa noin 0,0005 - 0,1 ms/ ohjelmarivi. Ohjelmoita-

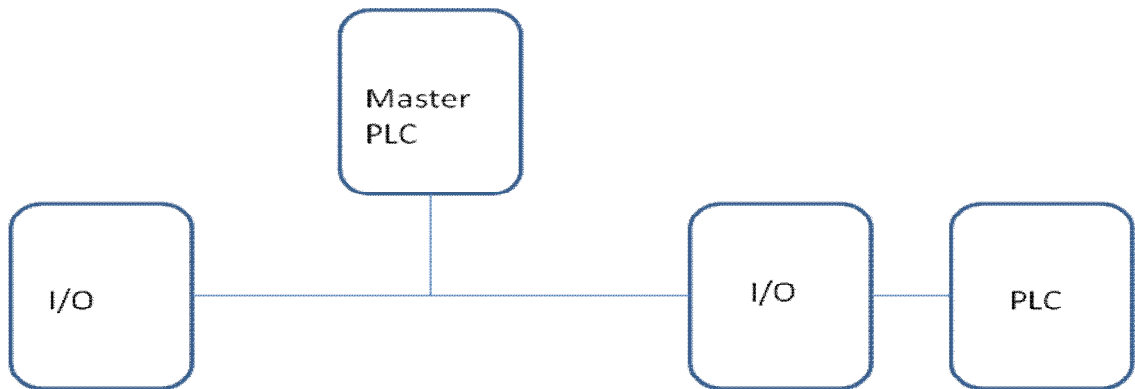
va logiikka toimii yleisesti kuten tietokone. Logiikkayksikkö sisältää tarvittavan määrän muistia, johon ohjelma voidaan tallentaa. Logiikkaa ohjaa mikroprosessori kuten tietokoneessakin. Logiikkayksiköt ohjelmoidaan käyttäen erilaisia ehtokäskyjä sekä toimintafunktioita, kuten ajastimia ja laskureita. Ohjelmointi suoritetaan tietokoneella. Logiikkayksikön valmistajalla saattaa olla oma ohjelmointiohjelma, mutta ohjelmointitapa on yleensä kaikilla valmistajilla samankaltainen. Logiikkaohjelmointitapoja on yhdistetty IEC 61131 -3 -standardilla, joka käsittää viisi erilaista ohjelmointikieltä. (Keinänen, ym. 2007, 223-225.)



Kuva 1. Logiikkayksikön toimintakaavio.

Logiikkayksiköitä voidaan hajauttaa kenttäväylien avulla. Kenttäväylä on tiedonsiirtoväylä, joka yhdistää hajautetut komponentit toisiinsa. Kenttäväylä mahdollistaa laajempien kokonaisuuksien yhdistämisen sekä reaaliaikaisen tiedonsiirron yksiköltä toiselle. Kenttäväylän tärkeimpiä ominaisuuksia on kaapelointikustannuksien vähentäminen. Logiikan jokaista lähtöä ja tuloa ei tarvitse johdottaa erikseen, vaan logiikat ja hajautusyksiköt voidaan liittää toisiinsa yhdellä kaapelilla. Väyläjärjestelmässä on Master-yksikkö, joka valvoo ja ohjaa muita yksiköitä, joita kutsutaan

Slave- yksiköiksi. Väyläprotokollia on useita, mutta niistä yleisimmät ovat Profibus ja Devicenet. (Keinänen, ym. 2007, 214.)



Kuva 2. Kenttäväylän hierarkia

### 2.3 Ajoneuvo sähkölaitteiden ja komponenttien ympäristönä

Liikkuvan ajoneuvon ympäristö, olosuhdemuutoksineen, asettaa haastavampia vaatimuksia automaatio- ja sähköjärjestelmiin kuin stabiili tehdasympäristö. Laitesuunnittelun jokaisessa vaiheessa tulee ottaa huomioon ajoneuvoympäristön muuttuvat tekijät. Näitä tekijöitä esitellään seuraavissa luvuissa ja samalla käydään läpi, kuinka niihin tulee varautua.

Tehdasympäristöön suunnitellussa koneessa tai laitteessa olosuhteet ja ympäristö pysyvät usein vakiona. Ajoneuvoissa sekä ajoneuvosovelluksissa ympäristö ja olosuhteet muuttuvat jatkuvasti, mikä asettaa elektroniikalle ja sähkölaitteille lisähaasteita. Ajoneuvojen johdotus on ollut ongelmana ajoneuvoissa pitkään ja siihen ratkaisuna on väylätekniikka. Väylätekniikan ansiosta laitteet voidaan asentaa toimilaitteiden lähelle, missä tahansa ne sijaitsevatkin. Tästä johtuen sähkölaitteet altistuvat muun muassa mekaanisille iskuille, värinälle, lämpötilan vaihteluille sekä sähköhäiriöille. Nämä olosuhteet aiheuttavat sähkölaitteiden suunniteluun ja sijoitteluun haasteita. Laitteet ovat usein suorassa kontaktissa liian, veden, pölyn ja öljyn kanssa, joten ainoa suojautumisvaihtoehto on hyvä kotelointi. Koteloinnin vahvistuessa lisääntyvät yleensä lämpöongelmat, jotka korostuvat silloin kun ajoneu-

voa käytetään lämpimissä olosuhteissa. Edellä mainitut muuttujat voidaan tehdasolosuhteissa ottaa helposti huomioon. (Brüss 2002, 2-4.)

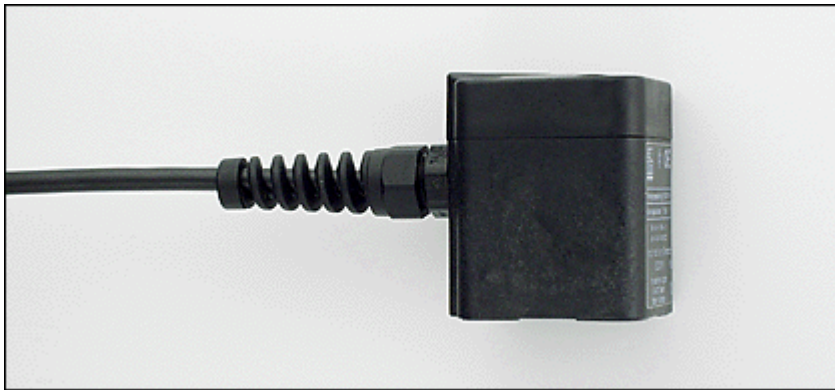
Ohjausjärjestelmää ja komponentteja suunniteltaessa pitää ottaa edellä mainitut olosuhdetekijät huomioon. Herkkien komponenttien suojaus kosteudelta ja värinäältä on välttämätöntä. Logiikkayksiköt ovat yleistyneet erikoisajoneuvoissa ja työkooneissa. Ohjauksen komponentit kytketään suoraan logiikkayksikköön kiinni ja niiden tietoa välitetään väylän kautta toiselle logiikkayksikölle. Ohjauksen komponentteja ovat erilaiset anturit, venttiilit, painonapit ja ohjaussauvat. Logiikkayksiköiden omilla pulssimoduloiduilla virtalähdöillä voidaan suoraan ohjata venttiilejä ilman erillisiä ohjainyksiköitä. (Brüss 2002, 2-4.)

Logiikkayksiköt ovat rakenteeltaan sulautettuja ja kompakteja I/O-moduuleita, jotka sisältävät tietyn määrän I/O-pinnejä. Logiikkayksiköille on tunnusomaista vahva kotelointi, koska niiden pitää kestää kuumia ja kylmiä lämpötiloja, mekaanista rasitusta, vettä ja likaisuutta. Vahva kotelointi antaa vapautta sijoittaa logiikkayksiköt juuri sinne missä tietoa tarvitaan. Logiikkayksikön liittimet ovat vesitiiviitä ja mekaanista rasitusta kestäviä. Logiikkayksiköt kommunikoivat keskenään CAN-väylän kautta, joka on yleistynyt erikoisajoneuvoissa ja työkooneissa viime vuosien aikana. Yleisin väyläprotokolla on CANopen, joka on yksinkertainen ja varmatoiminen. (Brüss 2002, 2-4.)



Kuva 3. IFM electronics:n ajoneuvologiikka. (IFM 2009)

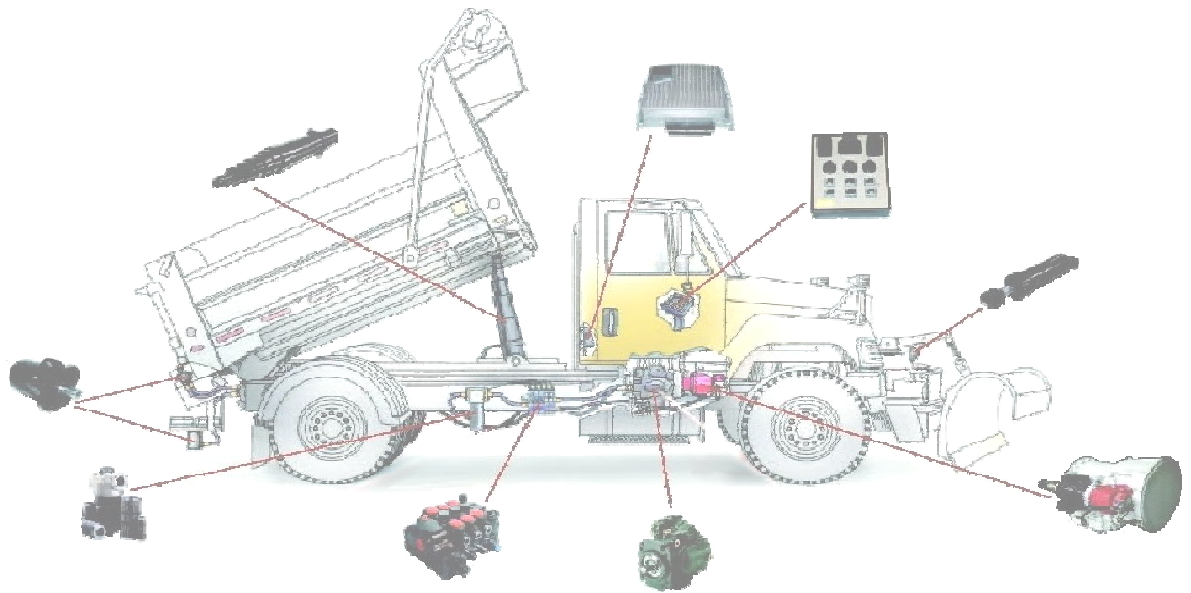
Anturoinnin merkitys ajoneuvoissa on kasvanut huomattavasti. Tavallinen ajoneuvo saattaa nykyään sisältää yli 150 anturia. Antureiden tärkeimpiä ominaisuuksia ovat luotettavuus, kestävyys, fyysinen koko ja edullisuus. Antureiden avulla saadaan tietoa kriittisistä ajoneuvon osista, kuten moottorista ja jarruista. Antureiden valmistuksessa käytetään hyviä ja kestäviä materiaaleja. Anturit ovat jatkuvasti alttiina aikaisemmin mainituille ympäristötekijöille. Antureiden herkimmin vioittuvat osat ovat anturin sisäiset liitokset, kuten anturin kaapelin ja anturin liittimen kytkentä. Nämä osat anturista pitää suojata huolellisesti. Tällä hetkellä antureiden koteloinnin kehityksessä otetaan huomioon liitoksien kestävyys, koteloinnin tiiveys, EMC-suojaus ja asennuksen merkitys kestävyuden kannalta. (Bosch 2007, 222–224.)



Kuva 4. IFM electronics:n kallistusanturi. (IFM 2009)

Erikoisajoneuvoissa tarvitaan usein hydraulikkaa voiman lähteenä. Ajoneuvojen osalta puhutaan mobilehydrauliikasta. Elektroniikkaa käytetään mobilehydrauliikassa venttiilien ohjauksessa ja anturoinnissa. Venttiilejä ohjataan joko suoraan logiikkayksiköllä tai vahvistinkortin avulla. Väyläteknikka helpottaa venttiilien ohjausta. Vahvistinkortti voi olla analoginen tai digitaalinen. Vahvistinkorteilla ohjataan ja säädellään venttiilin karanasentoa. (Parker 2008,1-5.)





Kuva 5. Mobilehydrauliikan esiintyminen ajoneuvossa. (Parker 2008.)

Mobilehydrauliikkaventtiilit eroavat hieman tavallisista venttiileistä. Niiden rakenne on kestävämpi ja välykset ovat pienemmät, joten ne ovat tarkempia ja venttiilien vuoto on pienempi. Venttiilejä voidaan ohjata mekaanisesti, hydraulisesti tai sähköisesti. Mobilehydrauliikassa käytettäviä venttiilityyppejä ovat yksilohkoventtiilit, monilohkoventtiilit ja hajautetut venttiilit. Venttiilityypeistä edistyneisimpiä ovat hajautetut venttiilit, jotka voidaan asentaa lähelle varsinaista toimilaitetta, jolloin hydrauliikkalinjat vähenevät. Hajautetut venttiilit ovat melko kalliita, mutta ajoneuvovälkien yleistyminen on lisännyt hajautettujen venttiilien käyttöä. Venttiilien väyläohjaus on yleistynyt mobilehydrauliikassa. (Paavilainen 2008,4-6, 20.)

Oikean koteloitiluokan valinta sähkökomponenteille on erittäin tärkeää. Koteloitiluokka koostuu IP-tunnuksesta ja kahdesta numerosta. Ensimmäinen numero ilmaisee vieraiden esineiden suojausta ja toinen numero ilmaisee veden haitallisen vaikutuksen suojausta. Ensimmäinen numero voi olla väliltä 0 - 6 ja toinen numero väliltä 0 - 8. IP-tunnuksen ja numeroiden lisäksi voidaan määrittellä vielä kaksi vapaaehtoista kirjainmerkkiä, jotka ovat täydentäviä tietoja. Kuvassa kuusi on esitelty EN-60529-standardin mukainen taulukko suojausluokista. (ABB 2000, 25.)

IP koodin osat	Numero tai kirjain	Merkitys laitesuojauksessa	Merkitys henkilösuojauksessa
Ensimmäinen tunnusnumero	0 1 2 3 4 5 6	Suojattu vieraiden esineiden ja pölyn sisäänkäymälästä: (suojaamaton) kun halkaisija $\geq 50$ mm kun halkaisija $\geq 12,5$ mm kun halkaisija $\geq 2,5$ mm kun halkaisija $\geq 1$ mm Pölysuojattu Pölytiivis	Vaaralliset osat kosketussuojattu: (suojaamaton) nyrkiltä sormelta työkalulta langalta langalta langalta
Toinen tunnusnumero	0 1 2 3 4 5 6 7 8	Suojattu veden sisäänkäymälän haitalliselta vaikutukselta (suojaamaton) pystysuoraan tippuvalta vedeltä tippuvalta vedeltä (laitt.kallistus 15°) satavalta vedeltä roiskuvalta vedeltä vesisuihkulta voimakkaalta vesisuihkulta lyhytaikaisesti upotettuna jatkuvasti upotettuna	–
Lisäkirjain (vapaaehtoinen)	A B C D	–	Vaaralliset osat kosketussuojattu: nyrkiltä sormelta työkalulta langalta
Täydentävä kirjain (vapaaehtoinen)	H M S W	Täydentävän tiedon merkitys: Suurjännite <sup>1)</sup> Vesisuojaus koestettu laitteen käydessä Vesisuojaus koestettu laitteen ollessa pysähdyksissä Laitte on koestettu erityisiin sääoloihin	

Kuva 6. IP-kotelointitunnuksen määrittäminen. (ABB 2000)

Ajoneuvoissa virta saadaan joko yhdestä 12 voltin lyijyakusta tai kahdesta sarjaan kytketystä akusta, jolloin jännite on 24 voltia. Sähköjärjestelmän peruskomponentit ovat akku, vaihtosähkögeneraattori sekä jännitteensäädin. Sähköjärjestelmän jännite ei ole koko ajan stabiili johtuen jännitesäätimen ja vaihtovirtageneraattorin toiminnasta. Mikäli ajoneuvon järjestelmän jännite on suurempi kuin vaihtovirtageneraattorin jännite, akku purkautuu. Jos tilanne on päinvastainen, akkua ladataan. Jännitteensäädin pyrkii pitämään jännitteen 12 voltin järjestelmissä noin 14 voltissa ja 24 voltin järjestelmissä noin 28 voltin tietämällä. Jännite kuitenkin vaihtelee, josta aiheutuu ongelmia herkille komponenteille. Moottorin käynnistäminen ajoneuvoissa rasittaa sähkölaitteita eniten. Käynnistinmoottori on erittäin tehokas

komponentti. Henkilöautoissa käynnistinmoottori voi olla jopa 2,6 KW:n luokkaa. Auton käynnistyksessä jännite laskee voimakkaasta käynnistinmoottorista johtuen. (Bosch 2007, 400–401.)

## 2.4 Kaapelointi

Ajoneuvojen kaapelointi on ollut ajoneuvovalmistajien ongelmana siitä asti, kun elektroniikkakomponenttien määrä ajoneuvoissa on lähtenyt kasvuun. Johdinsarjojen laajuus on kasvanut jopa siinä määrin, että ajoneuvoissa saattaa olla johdinsarjoja, jotka ovat useita kilometrejä pitkiä ja painavat noin 100 kiloa. Johdinsarjavalmistus on erittäin hankalaa ja se tekee niistä usein erittäin kalliita. Johdinsarjojen muita ongelmia ovat paino, lämpiäminen ja sähkömagneettiset häiriöt. Ajoneuvoissa maksimi sähkövirrat saattavat nousta useisiin kymmeniin ampeereihin. Ratkaisua johdinsarjojen tuomiin ongelmiin on lähdetty etsimään väylätekniikasta. Sarjamuotoiset väylät ovat vähentäneet kaapeleiden määrää, koska tieto siirtyy toimilaitteelta seuraavalle vain yhtä johdinparia käyttäen. ( Juhala, Lehtinen, Suominen & Tammi 2005, 124–125.)

Kaapeleiden suunnittelussa pitää ottaa huomioon ainakin seuraavat asiat: ympäristötekijät, EMC-vaatimukset ja reititys ajoneuvossa sekä mekaanista rasitusta aiheuttavat tekijät. Oikeanlaisilla kaapeleilla ja hyvällä suunnittelulla voidaan vähentää kaapelien määrää, mikä puolestaan johtaa kustannusten vähenemiseen ja laadun paranemiseen. Kaapelointia suunniteltaessa pitää ottaa huomioon toimilaitteiden sähköiset ominaisuudet, jolloin voidaan määrittää kaapelien paksuudet oikein. Yleissääntö ajoneuvojen kaapeloinnissa on, että pienempiä kuin 0,5 mm<sup>2</sup> johdinta ei käytetä. Kunnollista kaapelisuojaa käyttämällä voidaan sallia jopa 0,35 mm<sup>2</sup> johdin. Kaapeleiden johdinmateriaalina käytetään usein kuparisäikeitä. Eristemateriaaleja kaapeleihin löytyy monia erilaisia. Eristemateriaalit valitaan yleensä olosuhteiden mukaan. Tärkein ominaisuus kaapelieristeelle on lämpöeristys. Lämpötila, jossa kaapelia voidaan käyttää eristystä hajottamatta, riippuu toimilaitteen toiminnallisista ominaisuuksista. (Bosch 2007, 394- 395.)

Kaapeleissa voidaan käyttää seuraavia eristemateriaaleja: kestumuovit (esim. PVC), fluoripolymeerit (esim. EFTE) ja elastomeerit (esim. SIR). Varsinaisen eristemateriaalin lisäksi kaapeli voidaan suojata sähkömagneettisilta häiriöiltä. Sähkömagneettisten häiriöiden syntyyn voidaan kuitenkin vaikuttaa reitittämällä signaalikaapelit ja virtakaapelit erilleen sekä käyttämällä kierrettyjä parikaapeleita. Usein kaapelit vielä suojataan mekaanisilta vaurioilta. Mekaanisia kaapelisuoja-  
jaujia ovat muun muassa erilaiset teipit ja suojaputket. Suojaputkien käyttö on lisääntynyt, ja se on yleisin vaihtoehto kaapelien suojaukseen. Suojaputkien lisäksi oikeanlaisella kaapelien kiinnityksellä on iso merkitys kaapelien kulumisessa ja vaurioitumisessa. (Bosch 2007, 394-395.)

Koneturvallisuusstandardi EN 60204 antaa hyvät ohjeet oikeanlaiseen kaapelointiin sähkökoneissa. Standardissa on määritelty jokaiselle eristystyypille suurin lämpötila normaalikäytössä sekä oikosulkutilanteessa. Standardi määrittää kuormitettavuuden eri johtimien paksuuksille. Esimerkiksi yleinen 1,5 mm<sup>2</sup> johdin kestää standardin mukaan jatkuvaa kuormitusta asennusmenetelmästä riippuen noin 15 ampeeria. Edellä mainittujen määritysten lisäksi standardi antaa yleisopastuksen kaapelien johdotukseen ja liittämiseen. Myös johdinten suositusvärit on annettu standardissa. Dc-päävirtapiirissä suositellaan käytettäväksi mustaa johdinta ja dc-ohjausvirtapiirissä pitäisi käyttää sinistä johdinta. Nämä ovat kuitenkin vain suosituksia, joten muunkin värisillä johtimilla toteutettu kaapelointi on sallittua. (SFS-EN 60204-1 2006, 106-120.)

## **2.5 CAN-väylätekniikka**

CAN-väylätekniikka kehitettiin 1980-luvulla ajoneuvojen kasvavien sähköjärjestelmien tarpeisiin. CAN-väylätekniikan kehitti Robert Bosch. Hajautettujen ohjausjärjestelmien välille tarvittiin reaaliaikaista tiedonsiirtoa. Tämä oli alkuperäinen väyläliikenteen tarve, mutta nykyään markkinoilla on komponentteja ohjausyksiköistä antureihin, jotka välittävät väylän avulla tietoa. CAN-väylätekniikka on ajoneuvojen

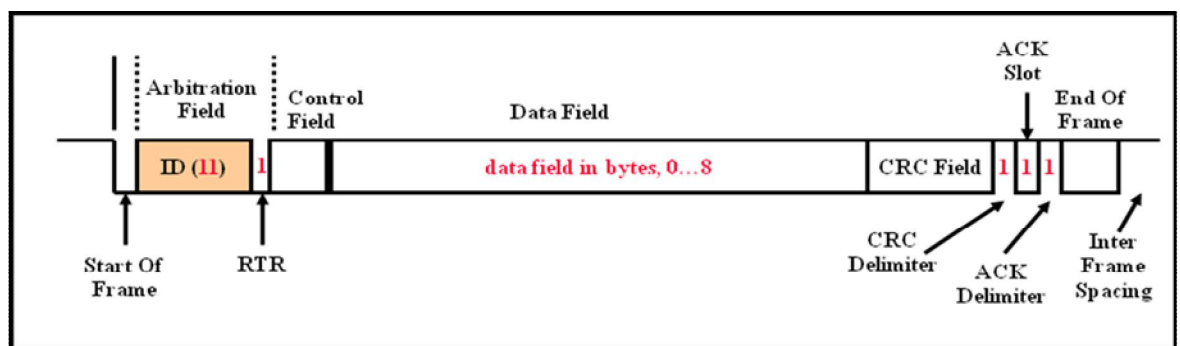
lisäksi käytössä myös tehdasautomaation puolella. Järjestö nimeltään CAN in Automation hyödyntää CAN-väylätekniikkaa automaatiosovelluksissa. (Juhala, ym. 2005, 128- 129.)

CAN-väylätekniikka sisältää useita eri protokollia. Niistä tunnetuin on CANopen. CANopen on käytössä niin ikään ajoneuvoissa, mutta on yleistynyt myös teollisuuteen. CANopen-protokollaan löytyy markkinoilta useita komponenttivalmistajia, kuten Parker. Toinen tunnettu protokolla on ”talvisota”-protokollaksi kutsuttu SAE J1939. SAE J1939 on merkittävä protokolla dieselmoottoreissa. Väylää käytetään moottoreissa anturisignaaleille, ohjaukskäskeille ja diagnostiikkaan. Mikäli protokollia halutaan sekoittaa samaan sovellukseen, ei tieto siirry protokollasta toiseen suoraan. Esimerkiksi tieto CANopen-väylästä ei siirry ilman erillistä muunninta SAE J 1939 -väylään. (Parker 2008, 8-9.)

Väylän rakenne on sarjamuotoinen. Väylällä voi olla useampi master-moduuli, mutta väylä toimii myös yhdellä master- moduulilla. Tällöin väylä on single master-tyyppinen. Väylä koostuu kahdesta johtimesta. Yleensä käytetään kierrettyä pari-kaapelia, joka voidaan eristää häiriösuojauksella. Väylä muodostuu master-moduulista ja solmuista, jotka ovat muita väylän laitteita. Parikaapelit on nimetty CAN-High- ja CAN-Low-nimisiksi johtimiksi. Bitin tila riippuu CAN-high- ja CAN-low- johtimien jännite-erosta. Mikäli jännite-ero on nolla, bitin tila on yksi. Kun jännite-ero on kaksi volttia, bitin tilaksi määräytyy nolla. Väylä päätetään 120 ohmin päätevastuksella. Päätevastus terminoi viestin ja estää sitä heijastumasta takaisin väylälle sekä vakavoi väylän jännitetasoa. (Parker 2008, 10-14.)

Väylän tiedonsiirtonopeus riippuu käytettävän väylän pituudesta. Lyhyellä alle 40 metrin väylällä päästään jopa nopeuteen 1 Mbits/s. Väylän kantama riittää jopa 1000 metriin asti. Tuolloin väylänopeus on 50 kb/s. Yleisesti käytetty väylänopeus on 250 kb/s, joka riittää 200 metrin väylälle. Tieto siirtyy väylälle viesteinä. Viestityyppejä on neljä erilaista. Data Frame on viesti, joka lähetetään väylälle toimintatilanteessa. Remote Frame- viesti esiintyy silloin kun tietoa siirretään solmulta toisel-

le. Overload Frame tarkoittaa solmun ylikuormitustilannetta. Error Frame lähetetään väylään kun viestissä syntyy virhe. Viestillä on aina oma tunnistekenttä, jonka mukaan solmu päättää itse miten viestin käsittelee. Jokaisella solmulla on oma identiteettinumeronsa Node ID. Identiteettinumerolla voidaan lähettää viestejä tietylle solmulle eivätkä muut solmut käsittele viestiä. Tunnistekenttä sisältää myös viestin prioriteetin. Viestit asetetaan väylällä prioriteetin mukaan. Prioriteetti annetaan lukuarvoina nolasta seitsemään. Pienin lukuarvo on prioriteetiltään tärkein. Muita viestin tietokehyksiä ovat Data Field, CRC ja ACK. Data Field pitää sisällään varsinaisen välitettävän tiedon. Data Field-kenttä voi olla 8 tavun pituinen. CRC- ja ACK-kentät tulevat Data Fieldin jälkeen ja ovat viestin tarkistusbittejä. (Parker 2008, 10-14.)



Kuva 7. CAN- väylän rakenne.(Parker 2008)

Väylän viestit koostuvat kahdeksasta eri osasta. Viesti alkaa aloituskentällä ja päättyy lopetuskenttään. Viestin prioriteetti on sisällytetty tunnistekenttään. Viesti sisältää tarkistusbittejä ja niin sanotun stuff-bitin. Stuff-bitti lähetetään väylään, kun bittijonossa on viisi samanlaista bittiä peräkkäin. Tunnistekentän jälkeen tulee RTR-bitti (Remote Transmission Request). Bitin avulla voidaan tietosanoma pyytää väylälle. Näiden jälkeen tulee ohjauskenttä, joka määrittelee tietokentän pituuden. Tietokentän pituus voi olla maksimissaan 64 bittiä. Tietokenttä lähetetään tyhjänä kyselytilanteessa. Tietokentän jälkeen tulee tarkistusbittejä, joiden avulla havaitaan mahdolliset virhetilanteet. Viestien muodostamisesta on standardi ISO

11898, joka sisältää siirtoyhteyskehysten ohjeistuksen ja vaatimukset. (Juhala, ym. 2005, 130-131.)



Kuva 8. CAN-väylän sijainti ajoneuvossa. (Parker 2009)

### 3 SÄHKÖMAGNEETTINEN YHTEENSOPIVUUS

Kirjainyhdistelmä EMC tulee sanoista electromagnetic compatibility. Suomeksi se tarkoittaa sähkömagneettista yhteensopivuutta. Sähkömagneettisella yhteensopivuudella tarkoitetaan sitä, että laite ei tuota ympäristölleen tiettyä määrää enempää häiriötä ja se pystyy vastaanottamaan tietyn määrän häiriötä. Sähkömagneettisilta häiriöiltä suojautumiseen on olemassa erilaisia vaihtoehtoja. Häiriöt voivat olla joko johtuvia tai säteileviä. Häiriöt etenevät ympäristössä monin eri tavoin, kuten esimerkiksi johtumalla eri materiaaleista. (Bosch 2007, 486–487.)

Johtuvien häiriöiden ehkäisyyn löytyy monenlaisia keinoja. Yksi vaihtoehto on käyttää radiotaajuussuodatinta. Virta kulkeutuu suodattimen lävitse, jossa häiriöt suodatetaan ja johdetaan maa-potentiaaliin. Muita tapoja suojautua johtuvilta häiriöiltä on vaimentaa kytkentätransientit kytkevistä komponenteista sekä asentaa teholiitäntöihin ferriittirenkaat. Kytkentätransienttien poistoa voidaan kutsua kipinähäiriöin poistoksi. 24 voltin tasasähköjärjestelmissä voidaan kytkentätransienttien poisto toteuttaa siten, että kytketään diodi kelan rinnalle. Diodin estosuunta kulkee kytkettyneen kelan puolelle, jolloin virta ei pääse tulemaan takaisin päin. Ferriittirenkaiden tehokkuus perustuu johtimen induktanssin kasvuun. Kiertämällä johdin ferriittirenkaan ympärille sen sisäinen induktanssi kasvaa ja samalla kasvaa keskinäisinduktanssi. Induktanssin kasvu aiheuttaa sen, että tietyn taajuuden yläpuoliset häiriöt saadaan suodatettua. (ABB 2000a, 15-20.)

Säteileviä häiriöitä saadaan vaimennettua panostamalla kotelointiin. Säteilevät häiriöt etenevät ilmassa ja siksi kaikkien komponenttien tulisi muodostaa säteilyä ehkäisevä suoja. Suojasta käytetään nimitystä Faraday-häkki. Monet eri tekijät muodostavat Faraday-häkin. Kotelointi tulisi tehdä niin, että kaikki kotelon pinnat, jotka ovat kosketuksissa, tulisi olla maalamattomia ja käsitelty syöpymisenkestäväksi. Mikäli kotelossa on metallisia komponentteja, kuten RFI-suodin, tulisi niiden ja kotelon pohjalevyn välinen pinta olla maalamaton. Pohjalevy tulisi olla maalamaton, ja se pitää maadoittaa kotelon kanssa samaan maadoituspisteeseen. Kote-



lon ovet, kannet ja luukut pitäisi suojata johtavalla tiivisteellä. Kotelon rei'itystarpeet pitäisi minimoida suunnitteluvaiheessa. (ABB 2000a, 16-20.)

Faraday- häkin muodostaminen ei onnistu pelkällä koteloinnilla, vaan kaapelointi ja johdotus pitää olla kunnossa. Kaapelointia suunniteltaessa tulisi kaapelivalinnoissa ottaa huomioon häiriösuojaus. Kaapeleiden häiriösuojaus toteutetaan tinatulla kuparisukalla, joka on vedetty kaapelin päälle tiiviisti. Kaapelin läpiviennit pitäisi toteuttaa johtavilla läpivienneillä, jotka ovat usein metallisia. Mikäli toimilaitteessa tai ympäristössä esiintyy yhteismuotoista häiriötä, tulisi käyttää kierrettyjä johdinpareja tai parikaapeleita. Yhteismuotoisia häiriöitä voidaan ehkäistä myös ferriittirenkaiden avulla. Johdotusta suunniteltaessa tulisi huomioida tehokaapeleiden ja ohjauskaapeleiden reititys. Teho- ja ohjauskaapeleita ei tulisi johdottaa samaa reittiä, vaan ne pitäisi eristää toisistaan. (ABB 2000a, 16-21.)

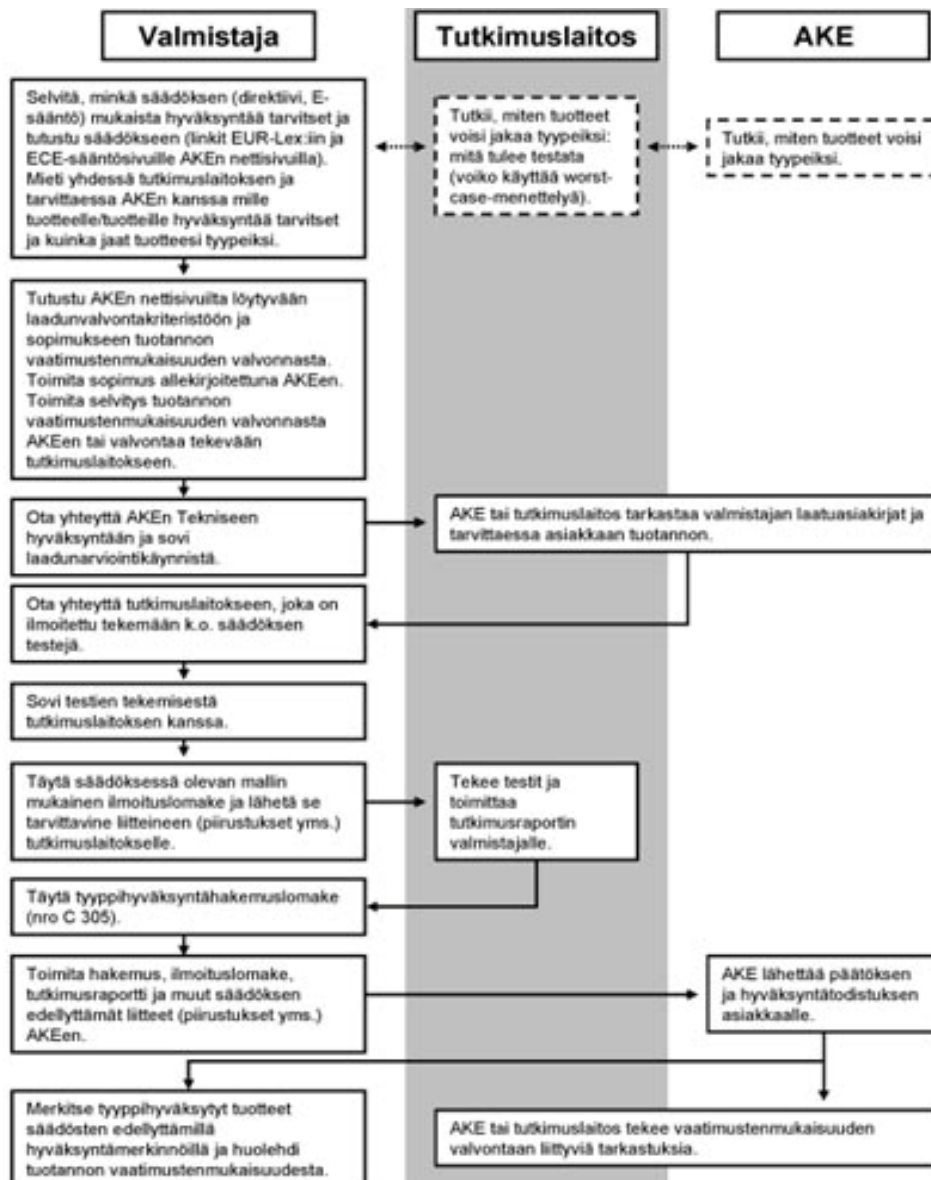
Kotelon sisäiseen kaapelointiin pätee samat keinot kuten edellä, mutta muutama lisähuomio tulee ottaa huomioon. Kierrettyjä johdinpareja pitäisi käyttää aina kun mahdollista. Johdinparien, jotka ovat eri signaalityyppiä kuten analoginen ja digitaalinen, tulisi olla erillä toisistaan. Johdinparit tulisi kuljettaa maalamatonta pohjalevyä pitkin, jos mahdollista, ja ne tulisi viedä toisiinsa kierrettyinä mahdollisimman lähelle käytettävää liitintä. Maadoitusjohtimien tulisi aina olla mahdollisimman lyhyitä. Johtimien tulisi olla sellaisia, missä radiotaajuinen impedanssi on mahdollisimman pieni. (ABB 2000a, 26-27.)

### **3.1 EU-komission direktiivi 2004/104/EY**

Direktiivi koskee moottoriajoneuvojen sähköhäiriöitä ja sähkömagneettista yhteensopivuutta. Direktiivi on laadittu vastaamaan tekniikan kehityksen tarpeita. Direktiivi antaa ohjeet ajoneuvojen ja niiden perävaunujen sähköjärjestelmien tyyppihyväksyntään. (2004/104/EY 2004, 13.)

Direktiiviä voidaan soveltaa sähkö- ja elektroniikka-asennelmiin. SE-asennelmalla tarkoitetaan sähkö- tai elektroniikkalaitetta tai laiteryhmää, joka on suunniteltu ajoneuvoon tai osaksi ajoneuvoa. SE-asennelma voidaan tyyppihyväksyttää joko yksittäiselle komponentille tai isommalle kokonaisuudelle. Valmistajan, joka haluaa tyyppihyväksynnän laitteelleen tai komponentilleen, on toimitettava hakemus ajoneuvohallintokeskukselle direktiivin mukaisesti. Hakemukseen valmistaja voi lisätä liitteitä, kuten sähkömagneettista yhteensopivuutta koskevat testiraportit, vaatimustenmukaisuusvakuutuksen ja muita laitteen toiminnan kannalta tärkeitä ohjeita. Laitte voidaan tyyppihyväksyttää, jos se on tarkoitettu ajoneuvoon asennettavaksi, eikä sitä voida purkaa ilman työkaluja. Varaosakomponentteja ei tarvitse tyyppihyväksyttää, jos ne ovat rakenteeltaan ja toiminnaltaan täysin samanlaisia kuin alkuperäiset tyyppihyväksytyt komponentit. (2004/104/EY 2004, 17.)

Suomessa tyyppihyväksynnästä vastaa Ajoneuvohallintokeskus. Tyyppihyväksyntämenettelyssä viranomainen varmistaa, että ajoneuvo tai komponentit vastaavat niiden teknisiä odotuksia. Tyyppihyväksyntää hakevalta yritykseltä vaaditaan tuotannon vaatimustenmukaisuuden valvontaa. Tyyppihyväksyntä voi olla kansainvälinen tai kansallinen. Kuvassa viisi on esitetty hakemuksen käsittelyn kulku. (Ajoneuvohallintokeskus [Viitattu 20.12.2009].)

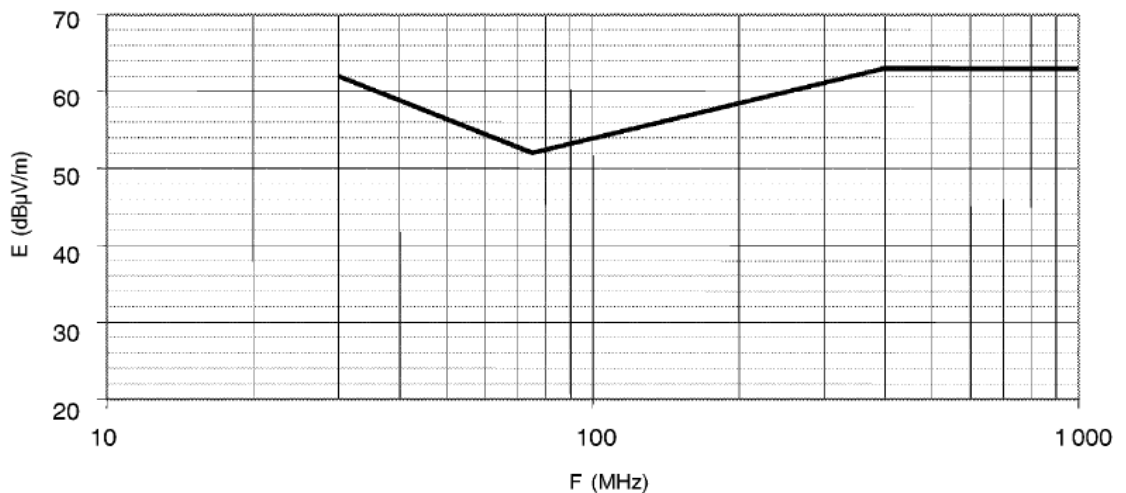


Kuva 9. Tyyppihyväksyntä prosessin eteneminen. (AKE 2009.)

Tyyppihyväksyntä merkitään suorakaiteen sisään ja sen tunnus on e-kirjain. Kirjaimen perään kirjoitetaan valtion numero, jossa tyyppihyväksyntä on tehty. Suomessa tyyppihyväksytty laite saa tunnuksen e17. Merkki on sijoitettava tyyppihyväksytyyn komponenttiin siten, että se on selkeästi nähtävissä. (2004/104/EY 2004, 21-22.)

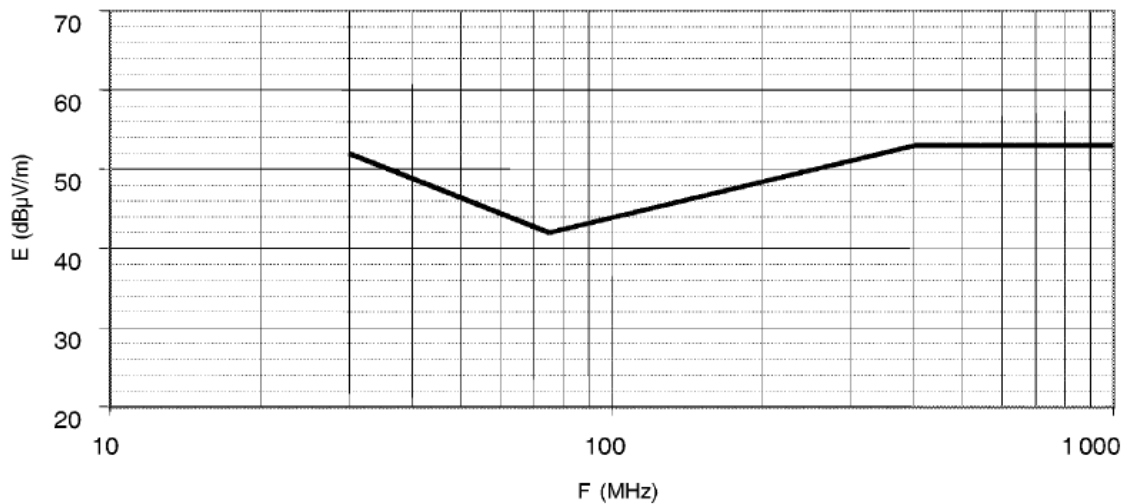
SE-asennelmasta testataan sähkömagneettisia häiriöitä, joita ovat laajakaistainen säteily, kapeakaistainen säteily, häiriönsieto ja syöttöjohtojen johtuvat häiriöt. Säteilyhäiriöt testataan taajuusalueella 30 MHz – 1000 MHz. Häiriönsieto voidaan testata erilaisilla menetelmillä valmistajan valinnan mukaan. Menetelmiä ovat liuskajohtomenetelmä, TEM-kammion menetelmä, BCI-menetelmä ja vapaakenttämenetelmä. Vapaakenttämenetelmällä taajuus alue on 20 – 2000 MHz. SE-asennelma ei saa ylittää direktiivissä annettuja raja-arvoja. (2004/104/EY 2004, 24.)

Mittatuloksen yksikkö on desibeli mikrovolttia/metri. Laajakaistainen säteily mitataan näennäishuippumittarilla, jonka kaistanleveys on 120 kHz. Raja-arvo, joka on logaritminen, muuttuu 30 – 400 MHz taajuudella. 400-1000 MHz taajuudella raja-arvo on vakio,  $E=63$ . Kuvassa 9 on esitetty kuvaaja laajakaistaisen säteilyn raja-arvoista. (2004/104/EY 2004, 32.)



Kuva 10. Laajakaista säteilyn raja-arvot. (EU komissio. 2004)

Kapeakaistainen säteily mitataan keskiarvomittarilla, jonka kaistan leveys on 120 kHz. Raja-arvot ovat niin ikään logaritmiset taajuuksilla 30 – 75 MHz ja 75 - 400 MHz. Taajuusalueella 400 - 1000 MHz raja-arvo E on vakio,  $E=53$ . Kuvassa 10 on esitetty kuvaaja kapeakaistaisen säteilyn raja-arvoista. (2004/104/EY 2004, 33.)



Kuva 11. Kapeakaistaisen säteilyn raja-arvot. (EU komissio 2004)

Ennen testausta tutkimuslaitos ja valmistaja laativat yhdessä testaussuunnitelman, jonka pitää sisältää toimintatapa, stimuloitujen toimintojen, tarkkailutoimintojen, hyväksymis- /hylkäämisperustelut ja tarkoituksellisen säteilyn. Testauksessa pitää käyttää todellisia kuormia ja toimilaitteita, jos se on mahdollista. (2004/104/EY 2004, 22-23.)

Direktiivi sisältää myös poikkeuksia. Mikäli SE-asennelma on rakenteeltaan sellainen, että siinä ei ole sähkö- tai elektroniikkajärjestelmiä, jotka voisivat aiheuttaa häiriönsietoon liittyviä toimintoja, niiden häiriön sietoa ei tarvitse testata. Toinen poikkeus koskee SE-asennelmien johtuvia häiriöitä. Jos SE-asennelmassa ei ole kytkimiä tai sitä ei kytketä tai joissa ei ole induktiivista kuormaa, ei sitä tarvitse testata johtuvien häiriöiden osalta. (2004/104/EY 2004, 26.)

## 4 SOTILASSEKTORI JA STANDARDISOINTI

Standardisoinnilla pyritään takaamaan laadunvalvonta sekä yhtenäistämään toimintatapoja. Sotilassektorilla standardisointi on tärkeä osa tuotekehitystä. Monikansallisia Stanag-sotilasstandardeja julkaisee Nato, mutta myös valtioilla on omia sotilasstandardeja. Tunnetuimpia sotilasstandardeja ovat Yhdysvaltain MIL-standardit ja Iso-Britannia Def-standardit. (Pääesikunta 2009, 1.)

### 4.1 Yleisohjeet sähkölaitteiden suunnitteluun

Sähkölaitteiden suunnitteluun ja tuotteistamiseen löytyy Yhdysvaltojen puolustusministeriön tekemä MIL-käsikirja. Käsikirja on julkinen dokumentti ja se löytyy Internet-sivuston [www.assistdocs.com](http://www.assistdocs.com) haun kautta. Hakupalvelu on täysin ilmainen ja dokumentit ovat sieltä ladattavissa. Käsikirjan nimike on MIL-HDBK-454. Käsikirja on kuitenkin vain yleisohje, eikä se edellytä tuotteen valmistajaa noudattamaan sitä. Yleisesti voidaan todeta, että käsikirja on hyvä tiedonhakuväline sähkölaitteita suunniteltaessa. Käsikirjan sisällysluetteloon on eritelty osa-alueet, joita kirja käsittelee. Kirja ei käsittele sähkölaitteita kokonaisuutena vaan sen osia, kuten kaapelit, johdot, releet ja kytkimet. Yleisempiä osa-alueita ovat ylikuormitus, kiinnitys, merkintä ja luotettavuus. (MIL-HDBK-454B 2007, 1.)

Käsikirjan osassa 28 on annettu yleisohje laitteen ohjaukseen. Aluksi osassa mainitaan MIL-standardit, joihin viitataan. Yleisesti laitteen ohjaus tulisi suunnitella ja toteuttaa siten, että kaikki toiminnot on hyvin identifioitu, ja ne ovat helposti ymmärrettävissä. Säädetävät toiminnot tulisi olla suojattuna. Ne voidaan sijoittaa esimerkiksi suojaluukun tai oven taakse, jonne ei ole tarpeellista päästä normaali-käytön aikana. Jos säätötoimintoa ei tehdä käsin, se tulee toteuttaa siten, että siihen tarvitaan jokin tavallinen työkalu, kuten ruuviväännin. Lukitustoimintojen tulee

olla helposti ja nopeasti käytettävissä, ja ne eivät saa vaikuttaa laitteen käyttöase-  
tuksiin. (MIL-HDBK-454B 2007, 28-1 – 28-2.)

Luvussa 57 käsitellään releiden ominaisuuksia ja valintaa. Releet jaetaan niiden kuormituksen mukaan neljään eri ryhmään. Pientasoreleiden virtakestoisuus on milliampeerien luokkaa, ja releissä ei tapahdu lämpenemistä eikä sähköisiä haitta-  
vaikutuksia. Keskitason releet on tarkoitettu sähkövirroille, jotka saattavat aiheut-  
taa haittailmiöitä, kuten valokaaria ja kipinäintiä, kun rele kytkeytyy. Tehoreleet on  
tarkoitettu sähkövirroille, jotka ovat yli 25 ampeeria. Käsikirjan mukaan tavallisia  
kaupallisia releitä ei tulisi käyttää sotilas sektorille suunnatuissa tuotteissa, vaan  
pitäisi käyttää MIL-hyväksytyjä tuotteita. (MIL-HDBK-454B 2007, 57-1 – 57-2.)

Käsikirjasta löytyy myös hyvät suunnitteluohjeet kaapeloinnille. Luvussa 66 käsitel-  
lään kaapeleiden ominaisuuksia ja valintakriteerejä. Alussa on mainittu tarkemmat  
standardit, jotka käsittelevät kaapelointia ja johdotusta. Kaapeloinnissa voidaan  
käyttää monisäikeisiä tai yksijohtimisia kaapeleita. Laitteisiin, jotka ovat liikkuvia,  
pitää käyttää monisäikeisiä johtimia. Alle 150 mm:in johdotuksia voidaan tehdä  
yksijohtimisella kaapelilla, mutta vain jos kaapeli tulee kiinteään asennukseen. Lu-  
vussa on esitetty taulukko, jossa on annettu spesifioitu standardi ja käyttötarkoitus  
sekä kaapelin ominaisuuksia. Taulukon mukaan voidaan valita sopiva kaapeli koh-  
teesta riippuen. (MIL-HDBK-454B 2007, 66-1 – 66-4.)

## **4.2 Muita tärkeitä standardeja**

Sotilasajoneuvo ympäristönä asettaa haasteita teknisille laitteille. Teknisiä haastei-  
ta vastaamaan on standardoitu yleinen suunnitteluohje sotilas sektorille MIL-STD-  
1472F Human Engineering. MIL-STD-1472F on Yhdysvaltojen sotilasstandardi,

mutta sitä käyttävät myös muut valtiot. Se ei ole suunniteltu erityisesti ajoneuvoihin vaan yleiseen tuotekehitykseen. Standardi sisältää yleisiä ohjeistuksia tuotekehitykseen, jossa huomioidaan tuotteen turvallisuustekijät, fyysiset tekijät ja suojaus. Standardissa painotetaan tuotteiden ergonomisuutta, yksinkertaisuutta ja turvallisuutta. ( MIL-STD-1472F 1999, 5.)

Stanag 2895 NATO-standardi on ohje äärimmäisille ilmasto-olosuhteille. Standardi on jakanut maapallon ilmastolohkoihin. Lohkoille on määritelty ääriämpötilat ja ilmankosteudet. Standardin tarkoituksena on määrittää maapallon ilmastollisia olosuhteita ja antaa ohjeita niihin varautumiseen Nato-joukkojen tarpeet huomioon ottaen. Standardi jakaa maapallon alueisiin A1-C4. A1-alue on kuumin ja alue C4 on kylmin. Ilman suhteellinen kosteus on suurimmillaan alueella A3 ja B2. M1 - M3 alueet ovat merialueita ja ne tulee ottaa huomioon, mikäli laitetta käytetään veneissä tai laivoissa. Standardi määrittää myös eri olosuhteet varastointiin ja kuljetukseen kuin ilmastolle. (STANAG 2895 1990, 4-11.)

Def-Stan 59-41-standardisarja määrittelee sotilassektorille suunnattujen sähkölaitteiden sähkömagneettista yhteensopivuutta. Sarja sisältää kaiken kaikkiaan viisi osaa. Standardin toinen osa sisältää yleisohjeita sähkömagneettisen yhteensopivuuden saavuttamiseksi sekä mainitsee yleisimpiä mahdollisia sähkömagneettisen häiriöiden ongelmia. Standardi käsittelee sähkömagneettisia häiriöitä aikatekijän osalta, jolloin pääosassa ovat ESD- ja EMP-ongelmat. (Def-Stan 59-41 2007, 5-10.)



## 5 PROMIL-360-HOITONOSTIN

ProMIL-360-hoitonostin on sähköhydraulinen sairaankuljetusalusta, joka on suunniteltu sotilasajoneuvoihin. Nostinta voidaan säätää kauko-ohjaimen avulla korkeus- ja vaakasuunnassa. Korkeutta säätelee hydraulikkasyylinteri, jonka avulla nostinta voidaan nostaa tarpeiden mukaan portaattomasti. Kallistuksen tarkoitus on helpottaa potilaan lastausta sekä mahdollistaa potilaan kallistuksen shokkihoitotilaan, jossa potilaan jalat ovat korkeammalla kuin ylävartalo. Liitteestä yksi löytyy ProMIL-360-nostimen tekninen spesifikaatio.

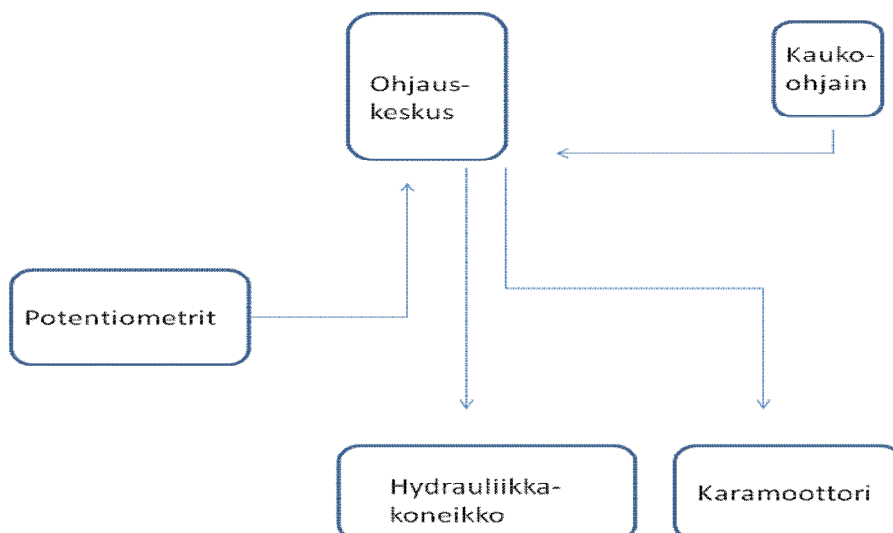


Kuva 12. ProMIL-360-tuote. (Frestems 2009)

## 6 NYKYINEN OHJAUSJÄRJESTELMÄ

Tuotekehitys ProMIL-360-hoitonostimen osalta aloitettiin kesällä 2008. Töiden edetessä kiinnostus opinnäytetyöstä kyseisestä projektista heräsi ja muutamien neuvotteluiden jälkeen työlle näytettiin vihreää valoa. ProMIL-360-tuotteesta oli aikaisemmin tehty ensimmäinen prototyypiversion, ja nyt oli tarkoitus jatkaa työtä eteenpäin.

Ensimmäinen prototyyppi ProMIL-360-hoitonostimen ohjauksesta valmistui kesällä 2008. Ohjausjärjestelmä rakennettiin tuolloin Parkerin Iqan MC-2-moduulin ympärille. ProMIL-360-hoitonostin tarvitsee vähintään seitsemän digitaalista tuloa ja kaksi analogista tuloa. Digitaalituloista viisi käytetään kauko-ohjaimien painonapeille. Kaksi analogiatuloa kytketään potentiometreihin, joista saadaan paikatieto nostimelle. Lisäanturoinnille varataan kaksi digitaalista tuloa. Lisäantureina voivat toimia magneettikytkimet, joilla voidaan tarkastella nostimen sivuttaissiirron tilaa. Lähdoilla ohjataan Electromen Oy:n moottoriohjainkorttien ohjauksia. Lähdöt toimivat ON/OFF-tyyppisesti, mutta moottoriohjainkortista voidaan säätää moottoreille käynnistysramppia ja hidastusta. Moottorin pyörintänopeutta voidaan myös säätää kortin kautta.



Kuva 13. ProMIL- 360-hoitonostimen kytkentähierarkia

## 6.1 Parker Iqan MC2-logiikkayksikkö

Logiikkaohjaus tehtiin ensimmäisessä versiossa Parkerin Iqan MC2-ohjausyksikölle. MC2-yksikkö voi toimia väylän Master-yksikkönä tai itsenäisenä ohjausyksikkönä. MC2 sisältää viisi analogia jännitetuloa, jotka voidaan konfiguroida ON/OFF-tyyppisiksi tai taajuustuloiksi. Lisäksi proportionaalilähtöjen takaisinkytkentäpinnit voidaan konfiguroida jännite- tai ON/OFF-tuloiksi, eli yhteensä vapaasti konfiguroituja tuloja on 13 kappaletta. MC2 sisältää yhteensä 24 lähtöä, joista kahdeksan on proportionaalilähtöjä, jotka tarkoitettu venttiilien ohjaukseen. Proportionaalilähdöistä saadaan virtaa maksimissaan 2A, jolloin lähtöä voidaan käyttää suoraan venttiilin ohjaukseen ilman erillistä venttiilinohjainta tai relettä. Digitaalisia ON/OFF-lähtöjä on 16 kappaletta.

Työkoneen ohjausyksiköksi alun perin suunniteltu Iqan MC2 on suojattu alumiini-kuorella, jonka IP-luokka on 6K9K. Virtaliittimenä MC2:ssa on AMP/Tyco power timer-liitin. MC2 kahdelle on suoritettu ISO-standardin mukaisia testejä kuten häiriöiden sieto, ESD- ja ympäristötestit.

Iqan MC2-ohjelmointityökalu on IqanDesign ohjelmisto. Se on maksullinen ohjelmisto, joka toimii 30 päivää testiversiona. Se ei perustu IEC-61131-3-standardiin, vaan Parker on luonut oman graafisen ohjelmointiympäristön. Ohjelmointiympäristö rakentuu funktioyhmien ympärille. Funktioyhmien sisälle tehdään varsinainen ohjelma. Ilman aikaisempaa kokemusta ohjelmoinnista onnistuu graafisen käyttöliittymän ohjelmointi helposti.

Parkerin Iqan-ohjausyksikkö on kuitenkin ominaisuuksiltaan liian monipuolinen ProMIL-360-hoitonostimeen. Tämän hetkinen ohjelma käyttää noin 15 % yksikön käyttömahdollisuuksista. Monipuolisuus näkyy myös hinnassa.



Kuva 14. Parker Iqan MC2 ohjausyksiköstä.

## 6.2 Moottoriohjaimet

Moottoriohjaimet ovat Electromen Oy:n tuotteita. Karamoottoria ohjaa Electromen EM-180-ohjainyksikkö ja hydraulikkakoneikkoa ohjaa Electromen EM-243-ohjainyksikkö. Moottoriohjaimet sisältävät paljon ominaisuuksia. EM-180-yksikössä on suunnanvaihto-ominaisuus, ramppiohjaus ja virtarajat, joko katkaisevana tai rajoittavana. Ohjain luovuttaa 10A:n jatkuvaa virtaa moottorille.





Kuva 15. Electromen EM-180-moottoriohjainkortti.

Electromen EM-243-ohjainyksikkö on ominaisuuksiltaan paljon laajempi. Yksikössä on 16 esiohjelmoitua parametria, jotka voidaan uudelleen ohjelmoida ohjelmointityökalun avulla. Kortti pystyy luovuttamaan 50 ampeerin jatkuvan virran sekä se kestää 120 ampeerin käynnistysvirran. Kortti sopii virtalähteenä akkua käytävään järjestelmään, koska kortin käynnistysjännite on 9 voltia ja kortin alasarjojännite on 8 voltia. Kortin stabiilikäyttöjännite tulisi kuitenkin olla 10 - 40 voltia.



Kuva 16. Electromen EM-243-moottoriohjainkortti.

Kortit ovat hinnaltaan melko edullisia toimintoihinsa nähden. Korttien kaikkia ominaisuuksia ei voitu sovelluksessa hyödyntämään, mutta muokattavuuden kannalta lisäominaisuudet ovat tarpeelliset. Suunnanvaihtokytkennän rakentaminen releohjauksen avulla tulisi kalliimmaksi kuin moottoriohjainyksiköt, puhumattakaan ramppiominaisuuden rakentamisesta releohjauksen rinnalle.

### 6.3 Kaapelointi

Kaapeloinnissa tulee ottaa huomioon isot sähkövirrat sekä ProMIL-360-hoitonostimen liikkuvuus. Ohjauskeskus on kiinnitetty nostimen ylärunkoon ja siitä johtuen kaapelit liikkuvat sovelluksen mukana. Kaapeleita valitessa tärkeimmät kriteerit ovat häiriösuojaus, käyttölämpötilat ja johdinkoot. Häiriösuojaus kaape-

leissa on toteutettu tinatulla kuparipunoksella. Kuparipunos suojaa etenkin johtuvilta häiriöiltä. Suojapunos on maadoitettu molemmista päistä, jolloin häiriöt maadotuvat laitteen runkoon. Kaapelien valinnassa on myös otettu huomioon MIL-standardivaatimukset sekä ympäristön lämpötilat, jotka on sotilassektorilla määritelty standardissa Stanag 2895.

Kaapelointi tehtiin tavallisilla autokaapeleilla. Autokaapelit ovat silikonikuorella suojattuja heikkovirtakaapeleita. Syöttövirtakaapeliksi valittiin 2x6,00 mm<sup>2</sup> kaapeli. Ohjausjärjestelmän virran kulutus on noin 25 ampeeria, mutta käynnistysvirta saattaa olla jopa 60 ampeeria. Johdinpaksuuden valintaa voidaan myös perustella sillä, että siihen kohdistuu jatkuvasti mekaanista rasitusta. Kaapelin reitti kulkee nostimen ylärungon kautta alarunkoon, josta se tulee nostimesta ulos ajoneuvon sähkösyöttöön. Karamoottori tulee tehtaalta valmiiksi kaapeloituna 2x0,75 mm<sup>2</sup>;n kaapelilla. Kaapeli voi olla tavallinen silikonikuorella varustettu tai häiriösuojalla varustettu kaapeli. Hydraulikkakoneikolle kaapeli on niin ikään 2x6,00 mm<sup>2</sup>. Hydraulikkakoneikko on nostimen tehokkain ja eniten virtaa kuluttavin laite. Hydraulikkakoneikon virran kulutus on noin 18 A, mutta käynnistysvirta on melko suuri.

Ohjausvirtakaapelit ovat tavallisia monisäikeisiä johtimia, joissa on otettu huomioon lämpötilat ja sähkövirrat. Ohjauskaapelit ovat kahta eri kokoa 0,32 mm<sup>2</sup> ja 0,5 mm<sup>2</sup>. Kaapelin paksuus riippuu sähköliittimen mallista ja kontaktin paksuudesta. Pääosin pyrittiin käyttämään ohjausjärjestelmässä vähintään 1,00 mm<sup>2</sup>;n johtimia. Ohjausjärjestelmän johtimiin laitettiin päätyholkit aina, kun se oli mahdollista. Päätyholkit estävät johdinta irtoamasta liitoksesta tärinästä.

#### **6.4 Sähköliitinrajapinta**

Sotilassektorille suunnatussa järjestelmässä käytettiin MIL-spesifikaation täyttäviä liittimiä. Liittimien runko on tehty kestäväksi ja runko-osa on suunniteltu, siten että

se ei aiheuta häiriövuotoja ohjauskeskuksen ja laitteen välillä. Liittimiin on myös suunniteltu maadoitusosa häiriösuojalle. MIL-liittimien lukitusmekanismina on käytetty Bayonet-lukitusta, joka kestää hyvin tärinää ja mekaanista rasitusta lisäksi liitin on tarvittaessa myös helppo irrottaa.



Kuva 17. MIL-spesifikaation mukainen johtoliitin. (Glenair 2007)

Liitintoimittajana käytettiin Glenair Oy:tä. Heillä on pitkä historia takana liitinvalmistajana. Tuoteryhmä, jota käytettiin oli VG95234. Kyseinen sarja sisältää liittimiä muutamasta napaluvusta aina yli 70 napaiseen liittimeen. Liitinsarjasta ei kuitenkaan löydy liitintä ohuille johdinpaksuuksille, esimerkiksi hoitonostimen kauko-ohjaimelle. Ohuille johdinpaksuuksille käytettiin Glenair Oy:n Mighty Mouse 800-sarjan liittimiä. Ne täyttävät myös MIL-spesifikaation täyttämiä ja niistä löytyy samat ominaisuudet kuin VG95234 sarjasta.

## 6.5 EMC-suojaus

EMC-suojaus ProMIL-360 nostimessa toteutettiin käyttämällä häiriösuojattuja kaapeleita, EMC-yhteensopivia MIL-standardin mukaisia liittimiä sekä EMC-kotelointia. Kaapeloinnissa käytettiin tavallisia autokaapeleita, mutta niiden päälle vedettiin tinatusta kuparipunoksesta valmistettu häiriösuojasukka. Suojasukka maadoitettiin kummastakin päästään faraday-häkin toimintaperiaatteen mukaisesti. MIL-liittimien rakenteessa on otettu huomioon häiriösuojatut kaapelit. Liitinrunko muodostuu varsinaisesta liitos-, runko- ja maadoitusosasta. Maadoitusosa on liitin-



rungon viimeisenä ja siihen kiinnitetään häiriösuojasukka metallisella kiristyspannalla tai johtavalla teipillä kuten nostimen kohdalla tehtiin. Toimilaitteiden runkoihin tehtiin paikat, mihin häiriösuojasukka saatiin asennettua. Kaapeloinnissa pyrittiin pitämään eri signaalityyppejä olevat johtimet erillään sekä käytettiin kierrettyjä johdinpareja aina kun mahdollista.

Koteloinnissa huomiota kiinnitettiin erityisesti EMC-ominaisuuksiin. Alumiinisen asennuskotelon sisäpinta on maalamaton, ja kotelon kannessa on korkeataajuustiiviste. Kotelon pohjalevy on alumiinia ja se on kiinnitetty kotelon runkoon. Kotelon ja pohjalevyn välinen pinta on maalamaton. Kotelossa on RFI-suodatin virransyötön puolella. Suodattimen lisäksi kotelossa on uloslähtevien johdinten ympärille ferriittisydämet, jotka vaimentavat johtuviahäiriöitä. Kotelossa ei ole suojaamattomia reikiä.

## **7 VAIHTOEHTOISET OHJAUSJÄRJESTELMÄKOKKOONPANOT**

Uusi ohjausjärjestelmä voidaan rakentaa sekä Epec Oy:n logiikkamoduulin että kahden erilaisen Technion Oy:n valmistaman ohjausyksikön ympärille. Technion Oy:n etuna on se, että heidän osaamisensa on keskittynyt kokonaisten ohjausjärjestelmien valmistukseen. He voivat tarjota koko ohjausjärjestelmän valmistuksen, jolloin ohjauskeskuksella ja kaapeloinnilla on omat tuotenumerot.

### **7.1 Ohjauskeskus ja häiriösuojaus**

Ohjauskeskuksen komponentit muuttuvat hieman eri asiakassegmenteillä. Siviilisektorille suunnatun ohjauskeskuksen kotelointi voi olla muovinen tai metallinen. Sotilassektorin tuotteessa kannattaa käyttää metallista EMC-suojauksella varustettua koteloa. Ohjauskeskuksen vakiokomponenttina pysyy logiikkayksikkö, jonka ympärille määritellään muut komponentit.

Häiriösuojauksessa tulee ohjausjärjestelmissä muutoksia. Sotilassektorilla arvostetaan hyviä EMC-ominaisuuksia ja siihen ollaan valmiita panostamaan. Tämän vuoksi ohjauskeskus voidaan varustaa RFI-suotimella, ferriiteillä ja EMC-suojatulla koteloinnilla. Häiriösuojakomponenttien vuoksi sotilassektorille suunnattu ohjauskeskus on kalliimpi kuin siviilisektorille suunnattu tuote. Siviilituotteen ohjauskeskukseen ei tarvita häiriösuojakomponentteja, paitsi jos tarkoituksena on että siviilituote läpäisee e-tyyppihyväksynnän 2004/104 direktiivin mukaisesti.

### **7.2 Logiikkayksikkö**

Logiikkayksikön valinnalla voidaan vähentää ohjausjärjestelmän kustannuksia merkittävästi. Ohjauksen yksinkertaisuus antaa vapautta logiikkayksikön valinnassa. Yksi mahdollisista vaihtoehdoista on Epec 2038 Mini Control Unit. Yksikössä

on 20 I/O-pinniä ja väyläliityntä. Yksikön I/O on vapaasti määriteltävissä. Osa pinneistä voidaan määrittää analogia tai digitaalituloksi. Lähtöpinnit voidaan myös määrittellä joko digitaalisiksi tai PWM-lähdöiksi. Yksikkö on 16 bittinen ja se on varustettu 256 Kb:n muistilla. Käyttöjännite alue on 9- 30 VDC. Yksikön käyttölämpötila alue on -40...+70 °C astetta ja IP- kotelointiluokitus on IP67. Yksikkö voi toimia itsenäisesti Master-yksikkönä tai Slave-yksikkönä laajemmassa järjestelmässä. Epec 2038-yksikkö voidaan varustaa kahdella CAN-väylällä tai yhdellä CAN-väylällä ja RS232-sarjaliitännällä.

Epec 2038-ohjausyksikön ohjelmointi perustuu Codesys-ohjelmointiympäristöön, jolloin lisenssin hinta on sisällytetty moduulin hintaan. Codesys-ohjelmointiympäristö on rakennettu IEC-61131-3-standardiin. Ohjelmointikieliä standardissa on viisi, ne ovat: ladder diagram (LD), structured text (ST), instruction list (IL), sequential function chart (SFC) ja function block diagram (FBD). Yksikkö on huomattavasti edullisempi kuin Parkerin Iqan MC2.



Kuva 18. Epec 2038 yksikkö.

Toisena vaihtoehtona logiikkaohjaukselle on Technion Oy:n valmistama TCRC I/O- ohjausyksikkö. Yksikkö on rakenteeltaan ja toiminnoiltaan vastaava kuin Par-

kerin ja Epecin tuote, mutta lisäksi yksikössä on sisäänrakennettu hätäseis-kytkentä ja radiosignaalilähetin, jolloin johdollisen kauko-ohjaimen voi halutessaan vaihtaa langattomaan versioon. Technion Oy osaamisalueeseen kuuluu ohjausjär-jestelmien suunnittelu ja valmistus.

Technion Oy:n I/O-ohjausyksikön ohjelmointi perustuu IEC-61131-3-standardiin ja ohjelmointiympäristö on Codesys. I/O-yksikkö sisältää maksimissaan 20 kappaletta lähtöjä, joiden virtakestoisuus on 3,5 ampeeria. Lähtöjen virta kestää suoran venttiilin ohjaamisen ilman releitä tai venttiiliohjaimia. Lähdöistä kuusi on pulssi-moduloituja lähtöjä. Tuloja moduulissa voi olla maksimissaan 20 kappaletta ja niistä analogisia kuusi kappaletta. Analogiatulot toimivat 0 - 10 voltin alueella. Muut tulot ovat digitaalisia ON/OFF-tuloja.

Logiikkayksikön mitat ovat 152 x 152 x 59 mm. Yksikön käyttölämpötila on -40 ja +85 astetta ja sen IP-kotelointiluokka on 67. Yksikkö toimii 8 - 32 voltin jännitealueella. Yksikkö sisältää CAN-väylän sekä sisäänrakennetun radiovastaanottimen, jonka avulla sitä voidaan ohjata radio-ohjaimen kautta.



Kuva 19. Technion Oy:n TCR I/O-ohjausyksikkö. (Technion 2009)

Kolmas vaihtoehto on Technion Oy:n uusi tuote, joka sisältää kolme kappaletta integroitua moottoriohjaimia. TCRC 16203H on monipuolinen ja erittäin kompakti ohjausyksikkö, joka on tarkoitettu liikkuvan työkaluston ohjaukseen. Muihin aikai-

semmin esiteltyihin ohjausyksiköihin verrattuna TCRC 16203H eroaa rakenteeltaan huomattavasti. Yksikköön on rakennettu kolme moottorilähtöä, jotka sopivat noin 300 watin moottoreille. Moottorilähtöjä ohjataan PWM-ohjauksella, jossa on valittavana kaksi nopeusaluetta, joita voidaan säätää ohjauspulssin leveydellä.

Muilta ominaisuuksiltaan ohjausyksikkö on samanlainen kuin aikaisemmin esitelty. Yksikkö sisältää 16 kappaletta digitaalituloja ja lähtöjä, jotka antavat 3,5 ampeerin sähkövirran. Analogiatuloja yksikkö sisältää neljä kappaletta. Analogiatulot toimivat 0...10 voltin jännitealueella. Väyläliitäntöjä yksikössä on kaksi. Tässäkin TCRC-yksikössä on radio-ohjaus, joka mahdollistaa langattoman kauko-ohjauksen.

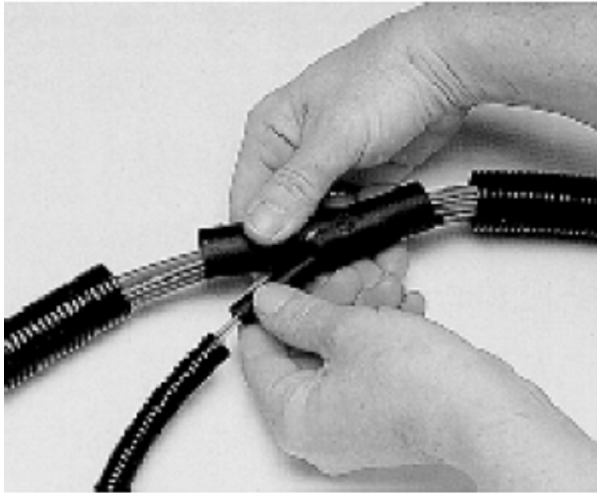
TCRC 16203H-ohjausyksikkö on koottu alumiinikoteloon, jonka IP-luokka on 65. Tuotetta voidaan käyttää laajalla lämpötila-alueella, joka alkaa -40 °C ja loppuu +85 °C asteeseen. TCRC 16203H on tuotekehitysvaiheessa, joten tuotteen ominaisuuksiin saattaa tulla vielä muutoksia.

### **7.3 Kaapelointi ja liitinrajapinta**

Kaapelointi voidaan toteuttaa eri tavoin siviilisektorille suunnatussa tuotteessa kuin sotilassektorille suunnatussa tuotteessa. Siviiliambulanssin käyttöjännite on 12 voltia, kun taas sotilasajoneuvojen käyttöjännite on 24 voltia. Pienempi jännitetaso aiheuttaa sähkövirtojen kasvun ja kaapelipaksuuksia pitää mahdollisesti kasvattaa tarpeen mukaan.

Tällä hetkellä kaapelointi on tehty käyttäen valmiita markkinoilla olevia kaapeleita. Edullisempänä ja kestävämpänä ratkaisuna voitaisiin kaapelointi muuttaa siten, että kaapelointi tehtäisiin yksittäisillä johtimilla, jotka asennetaan muoviputken sisään. Etuna tämän kaltaisella johdotuksella on parempi kestävyys, siisteys, muokattavuus ja häiriönsietokyky. Sopivien valmiskaapeleiden saatavuus ja hinta ovat tekijöitä, joita yksittäisillä johtimilla kootussa järjestelmässä ei esiinny. Häiriösuoja-

us on myös helpompi toteuttaa yksittäisillä kaapeleilla. Eritasoiset signaalit voidaan erottaa toisistaan helposti. Kierrettyjen parikaapeleiden käyttö häiriösuojauksessa on helppo ja tehokas tapa. Käyttämällä yksittäisiä johtimia voidaan parikaapelointi tehdä helposti. Kuvassa 19 esitellään, miten johdotus voidaan toteuttaa. Markkinoilla on suojaputkien lisäksi saatavilla erilaisia muotokappeleita, joilla johdotus voidaan tehdä vaikeankin paikkaan.



Kuva 20. Suojaputken sisälle tehty johdotus. (Tampereen Sähköpalvelu 2010)

Kaapelointi ja johdotus voidaan myös tehdä normaaleilla ajoneuvokäyttöön suunnitelluilla kaapeleilla. Kaapeleiden materiaalina on hienosäikeinen kupari. Eristeenä kaapeleissa on tavallinen PVC-seos. Jos tarvitaan pakkasen kesto, voidaan valita PVC-seos TM4. Autokaapeleiden nimellisjännite on 100 voltia ja johtimet ovat yleensä värikoodattuja. Sotilassektorille suunnatussa järjestelmässä pitää käyttää häiriösuojattuja kaapeleita. Häiriösuojana toimii tinattu kuparipunos, jonka päällä on tavallinen eristemateriaali. Häiriösuojatut johtimet ovat kalliimpia, koska niissä kuparin määrä nousee korkeammaksi kuin tavallisissa autokaapeleissa. Kaapeleiden valinnassa tulee ottaa huomioon myös laitteen käyttöympäristö. Kylmät olosuhteet rasittavat johtimia merkittävästi. Johtimien reititystä ja lisäeristystä kannattaa harkita kylmissä olosuhteissa.

Sähköliitinrajapinnassa syntyy suurin ero eri asiakassegmenttien ohjausjärjestelmissä. Jos tuote tehdään sotilassektorille, kannattaa ohjauskeskuksessa käyttää MIL-standardin mukaan spesifioituja liittimiä. MIL-liittimien runko on metallia ja ne on suunniteltu MIL- standardin mukaisiksi ja ne on varustettu bayonet-lukituksella. MIL-liittimet ovat erittäin kalliita ja ne tuovat suurimman säästön verrattuna tavalliseen ohjausjärjestelmään. Liittimien lukumäärä pysyy asiakassegmentistä riippumatta samana. Mikäli käytetään TCRC 16203H-ohjausyksikkö, ei tarvita erillisiä liittimiä, vaan johdotus tehdään suoraan yksikön omiin liittimiin.

Siviilituotteen liitinrajapinta voidaan toteuttaa muovirunkoisilla liittimillä. Markkinoilla on monia valmistajia, mutta liitinrunkoa valittaessa kannattaa kiinnittää huomiota lukitusmekanismiin ja kontaktien virrankestoisuuteen. Tyco Electronicsin valikoimasta löytyy CPC-liitinmalli, joka sopii ominaisuuksiltaan ProMIL-360-hoitonostimen liittimeksi. Liitin on muovirunkoinen ja lukitusmekanismi on kierteinen. Liitinmallistosta löytyy eri kokoluokkia, joista suurin sopii päävirtaliittimeksi.



Kuva 21 AMP CPC -liitin. (Tampereen Sähköpalvelu 2010)

## 8 PROMIL-360-LOGIIKKAOHJELMA

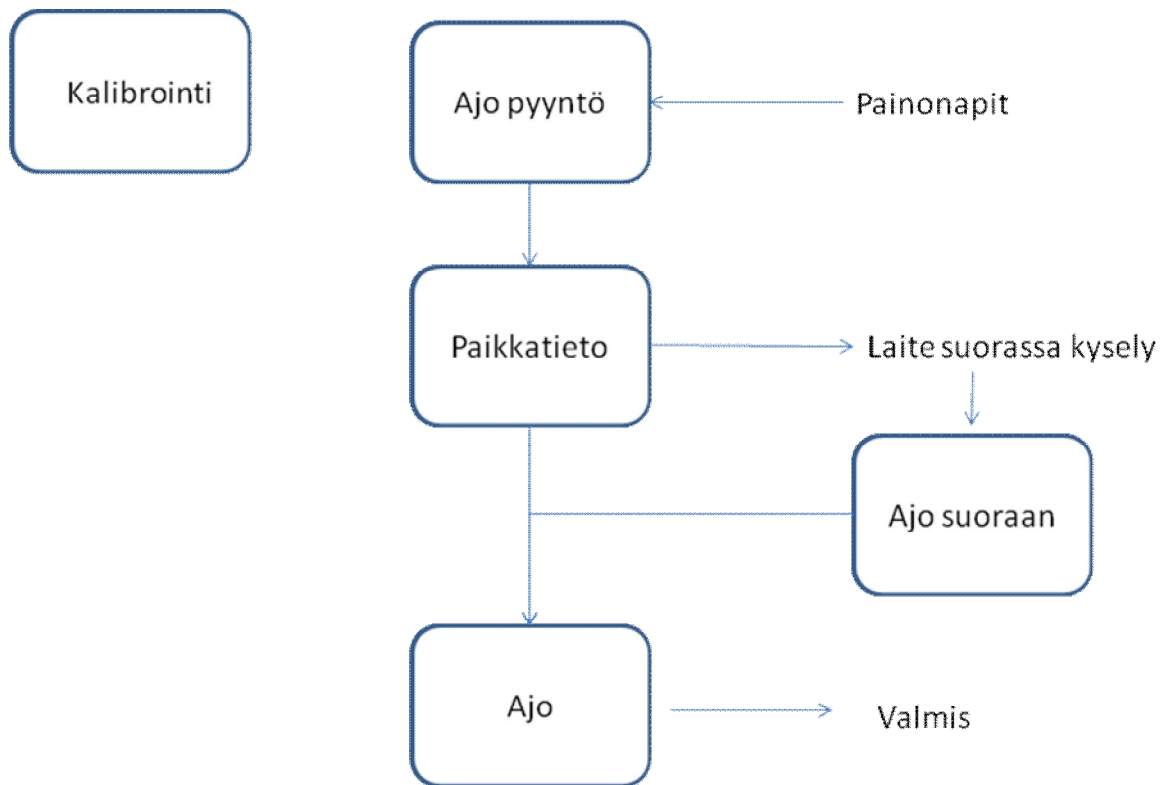
ProMIL-360-logiikkaohjelma koostuu viidestä eri aliohjelmasta. Nostimen ohjelmassa ei ole automaattisesti toimivia liikkeitä, vaan kaikki liikkeet pysähtyvät, jos liikettä vastaava painonappi irrotetaan.

Ensimmäinen ohjelma on nostimen kalibrointi. Kalibrointiohjelmassa nostimelle haetaan raja-arvot, joiden avulla ohjelma rajoittaa liikkeitä haluttuun paikkaan. Kalibrointi tapahtuu painamalla kauko-ohjaimen tietty numerosarjan, jonka jälkeen ohjelma tallentaa tiedon logiikan Flash-muistiin. Paikkatieto säilyy logiikan Flash-muistissa virtakatkon ylitse. Kallistuksia kalibroidessa tulee ottaa huomioon karamoottorin iskunpituus. Con50-karamoottorissa ei ole sisäisiä rajakytkimiä. Tästä johtuen karamoottori voidaan rikkoa ajamalla sitä päätyihin. Muiden asentojen kalibrointi noudattaa samaa kaavaa kuin suoranasennon kalibroinnissa.

Varsinaiset toiminnallisuudet on sisällytetty neljään aliohjelmaan. Ne ovat alasajo, ylösajo, shokkiajo ja lastausajo. Jokainen ajo noudattaa tiettyä proseduuria, joka selviää kuvasta 21. Nostimen asennosta riippumatta ohjelma tarkastaa nostimen kaltevuuden. Nostimen pitää olla suorassa asennossa ennen kuin varsinainen liike haluttuun paikkaan voi tapahtua. Nostin ei suorita automaattisia liikkeitä vaan liike jatkuu niin kauan kun painonappia painetaan tai nostin saavuttaa raja-arvon.

Shokkiajossa nostin ajetaan noin puoliväliin maksimikorkeudesta, jonka jälkeen nostimen etupää kallistuu siten, että potilaan ylävartalo on kallistuneena alaspäin. Asentoa tarvitaan, kun potilas menee shokkiin, jolloin halutaan varmistaa hyvä verenkierto yläruumiissa. Lastausajo tapahtuu samankaltaisesti. Nostin ajetaan alimpaan mahdolliseen korkeuteen, jonka jälkeen nostimen takapää kallistuu alas. Tällöin nostimen päällä oleva lavetti voidaan vetää ulosajoneuvosta potilaan lastauksen helpottamiseksi.





Kuva 22 Logiikkaohjelman sekvenssikaavio

## 9 TULOKSET

Työn aikana selvitettiin ProMIL-360-hoitonostimen ohjausjärjestelmän muokkaamista kahdelle eri asiakassegmentille. Ohjausjärjestelmä tulee rakentua saman logiikkayksikön ympärille sotilassektorin ja siviilisektorin asiakassegmenteissä. Työn tuloksiin on kartoitettu kolme mahdollista logiikkayksikköä. Ensimmäisessä versiossa ohjausjärjestelmä rakentuu Epec Oy:n 2038-moduulin ympärille. Toinen versio ohjausjärjestelmästä on tehty TCRC-ohjausyksikön mukaan, joka on Technion Oy:n valmistama. Kolmantena on niin ikään Technion Oy:n moduuli, joka on kompakti ohjausyksikkö, joka sisältää valmiit moottoriohjaimet.

Työn tavoitteena oli kartoittaa ohjausjärjestelmä, joka voidaan muokata kahden asiakassegmentin tarpeiden mukaan. Lisäksi tavoitteena oli vähentää ohjausjärjestelmän kustannuksia. Aikaisemmin esiteltyjen ohjausyksiköiden ympärille voidaan rakentaa helposti muokattava ohjausjärjestelmä. Technion Oy:n valmistamien ohjausjärjestelmien etuna on se, että he vastaavat ohjauskeskusten kokoonpanosta. Tämä tekee myös ohjausjärjestelmistä edullisemmat kuin Epec 2038-logiikan ympärille rakennetusta ohjausjärjestelmästä.

Eroja eri asiakassegmenttien ohjausjärjestelmissä syntyy, kun määritetään sähkömagneettistenhäiriöiden sieto-ominaisuuksia. Mikäli ProMIL-360 halutaan täyttävän jokin EMC- standardi, pitää häiriönsuodatuskomponentteja lisätä.

### 9.1 Ohjausjärjestelmä Epec 2038-ohjausyksiköllä

Ohjausyksikkönä järjestelmässä voi toimia Epec 2038-ohjausyksikkö. Yksikkö on kompakti kooltaan ja I/O-ominaisuuksiltaan sopiva ProMIL-360-hoitonostimen ohjaukseen. Muiden komponenttien osalta ohjausjärjestelmän rakenne ei muutu. Kustannussäästö verrattuna nykyiseen ohjausjärjestelmään on kuitenkin merkittävä. Ohjausjärjestelmän kokoonpano on kuitenkin tehtävä itse, mikä lisää kustan-

nuksia. Hyvänä puolena itse kootussa järjestelmässä on kuitenkin muokattavuus. Järjestelmään on helppo tehdä hienosäätöä sekä tarvittavia muutoksia.

## **9.2 Ohjausjärjestelmä Technion TCRC-ohjausyksiköllä**

Ohjausjärjestelmä tehdään Technionin TCRC-ohjausyksikön ympärille. Yksikössä on sisäinen radiovastaanotin, joten nostimen ohjaukseen voidaan käyttää myös langatonta kauko-ohjainta. Technion Oy:n ohjausjärjestelmän etuna on se, että ohjauskeskuksen ja kaapeloinnin kokoonpano voidaan tilata Technion Oy:ltä. Tällöin ohjauskeskuksesta tulee yksi tuote, jonka toiminta on varmennettu testauksella. Tällöin ProMIL-360-nostimen kokoonpanoon jää vain ohjauskeskuksen kiinnitys ja kaapeleiden kiinnitys toimilaitteisiin.

Ohjausjärjestelmän hinta riippuu asiakassegmentistä. Suojaamattoman järjestelmän hinta on halvempi ja suojatun ohjausjärjestelmän hinta on kalliimpi, koska komponenttien määrä kasvaa ja työn osuus samassa suhteessa. Ohjausjärjestelmän komponentit ovat muilta osiltaan samat kuin ohjausjärjestelmä Epec 2038-ohjausyksiköllä, lukuun ottamatta logiikkayksikköä.

## **9.3 Ohjausjärjestelmä Technion Oy:n TCRC 16203H-ohjausyksiköllä**

Kolmas vaihtoehto oli fyysisiltä ominaisuuksiltaan kompaktein ja edullisin. Technion Oy on tehnyt uuden moottorinohjausyksikön, joka sisältää moottoriohjaimet, CAN-väylän, tarvittavat tulot ja lähdöt sekä radio-ohjauksen. Yhdellä ohjausyksiköllä voidaan toteuttaa koko laitteen ohjaus ilman erillisiä komponentteja.

Yksikköä ei tarvitse koteloida erillisellä kotelolla. Ohjausyksikkö on koteloitu alumiinikoteloon, jonka kansi on PC-muovia. IP65-määrityksen mukaan ohjausyksik-

kö kestää vesisuihkun ja on pölytiivis. Ohjausyksikön rungossa on kiinnityspisteet, joiden avulla se voidaan kiinnittää tukevasti.

Kaapelointi helpottuu myös huomattavasti. Ohjausyksikössä on yksi I/O-liitin, jonka perään voidaan koko laitteen ohjaus toteuttaa. Johdotus voidaan tehdä yksittäisillä johtimilla, jotka suojataan muoviputkella. Johtojen kunnolliseen kiinnitykseen pitää kiinnittää huomiota. Katkenneet johdot voivat aiheuttaa oikosulkuja tai signaalin kulkeutumisen väärään I/O-paikkaan, jolloin vaaratilanne riski on merkittävä.

Ohjausjärjestelmän rakentaminen tällä kokoonpanolla on myös kaikista edullisin. Siviilimallin tuotteeseen moduuli sopii sinällään, mutta sotilassektorille pitää moduulia mahdollisesti koteloida. Jos lisäkotelointia tarvitaan, pitää kotelointiin lisätä vielä suojatut liittimet tai läpiviennit. Tällöin kustannukset nousevat hieman johtuen ylimääräisistä komponenteista, joita ovat lisäkoteloiden ja liitinrajapintojen välille.

## 10 YHTEENVETO

Työssä tutkittiin ohjausjärjestelmän ominaisuuksia ajoneuvoympäristössä sekä kartoitettiin erilaisia ja kustannustehokkaita vaihtoehtoja ohjausjärjestelmistä. Teoriaosuudessa käsiteltiin mitä tulee ottaa huomioon, kun suunnitellaan ohjausjärjestelmää ajoneuvoympäristöön. Ajoneuvoympäristössä pitää ottaa huomioon muuttuvat ympäristöolosuhteet, kuten lämpötila, kosteus ja likaisuus. Ympäristöolosuhteiden ohessa pitää ohjausjärjestelmän vastata ajoneuvoympäristön sähköisiin vaatimuksiin, joita selvitettiin EU-direktiivin 2004/104 kautta.

Työosuudessa määriteltiin aluksi lähtökohdat ProMIL-360-hoitonostimen ohjausjärjestelmälle. Hoitonostin on rakenteeltaan ja toiminnaltaan yksinkertainen, mutta laitteen toiminnallisuus ja suunniteltu ympäristö asettavat ohjausjärjestelmän komponenteille haasteita. Työosuuden tarkoituksena oli kartoittaa kustannustehokas ohjausjärjestelmä ProMIL-360-tuotteelle. Kustannustehokas ohjausjärjestelmä löytyi Technion Oy:n kompaktista moduulista. Ohjausjärjestelmän kustannuksien muutos nykyiseen ohjausjärjestelmään on merkittävä. Muita saatavia etuja on fyysinen koko, testattu järjestelmä ja laatu. Moduuli tekee järjestelmästä yksinkertaisen ja vähentää tarvittavien komponenttien määrää huomattavasti.

Ongelmia työssä aiheutti teoriaosuuden rakentaminen. Teoriaosuuteen yritettiin löytää olennaisimmat asiat, jotka auttavat Frestmes Oy:tä tuotekehityksessä. Teoriaosuudessa on asioita, joita tulee ottaa huomioon tuotekehityksessä, kun suunnitellaan sähkölaite ajoneuvoon. Teoriaosuutta täydennettiin sotilassektorin vaatimuksilla, koska Frestems Oy:n tärkeimmät asiakkaat löytyvät sotilassektorilla toimivista tahoista. Varsinaisessa työosuudessa ongelmia aiheutti sopivien komponenttien löytyminen, jotka on suunniteltu ajoneuvokäyttöihin. Ongelmia aiheuttaa käyttökohde. Ajoneuvokäyttöön tarkoitettuja komponentteja markkinoilta löytyy, mutta komponenttivalikoima on silti melko pieni. Vaihtoehtoisen moottoriohjainten löytäminen oli vaikeinta, eikä korvaavaa tuotetta löytynyt.

Työn lopputuloksena saatiin kolme kustannustehokasta vaihtoehtoa, joilla ProMIL-360-hoitonostimen ohjausjärjestelmä voidaan toteuttaa. Kolmesta vaihtoehdosta edullisin ja kompaktein on Technion Oy:n valmistama ohjausyksikkö, joka sisältää kaikki tarvittavat toiminnot, eikä erillisiä komponentteja tarvita. Kustannusten osalta muutos nykyiseen on erittäin positiivinen. Ohjausyksiköt ovat aina testattuja kokonaisuuksia, joten viallisen yksilön pääseminen tuotteeseen on epätodennäköistä, mutta kuitenkin mahdollista.

Kehitettävääkin varmasti vielä jäi. Tulevaisuudessa, kun tuotteita on kentällä enemmän, huoltotoimenpiteiden kysyntä kasvaa. ProMIL-360 nostimen sähkökytkentä ja toimivuus on yksinkertainen, mutta kuitenkin nykyaikainen. Huoltotyökalun suunnittelu tuotteeseen, jolla pystytään tarkastamaan I/O-rajapinnan toimivuus, voisi olla hyvä apu tulevaisuudessa.

CAN-väylän käyttöönottoa kannattaa myös harkita. CAN-väylän avulla saataisiin ProMIL-360-tuotteen tilatieto välitettyä osaksi ajoneuvon tietojärjestelmää. Väylälle voitaisiin lähettää mahdolliset virheviestit sekä antaa tietoa huoltoajankohdista. Huoltonäyttö voisi myös hyödyntää CAN-väylää. Antureiden muuttaminen väylää tukeviksi antureiksi vähentäisi johdotusta. Tuotteen toimintaan on tulossa tulevaisuudessa muutoksia ja tuotteen toiminnallisuus rakennetaan kokonaan hydraulikan varaan, jolloin jousto-ominaisuus saadaan lisättyä halutessa. CAN-väylä antaisi vapautta myös siihen. Jouston tilatieto voitaisiin välittää kuljettajalle, joka voisi säätää joustoa edessä olevan maaston mukaan. Tämänkaltaiset muutokset toki lisäävät kustannuksia, mutta tekevät nostimesta osan koko ajoneuvoa. Lisätoimintojen tarpeellisuutta kannattaa kuitenkin tarkasti harkita.

## LÄHTEET

ABB. 2000a. PDS-käyttöjen asennus ja kokoonpano EMC- vaatimusten mukaan. ABB Automation group Ltd.

ABB. 2000b. TTT-käsikirja: Luku 3 Yleistä sähkötekniikkaa.

Ajoneuvohallintokeskus. Ei päiväystä. Tyyppihyväksyntä. [WWW-dokumentti]. Ajoneuvohallintokeskus.[Viitattu 10.12.2009]. Saatavilla:  
[http://www.ake.fi/AKE/Katsastus\\_ja\\_ajoneuvotekniikka/Tyyppihyväksyntä/](http://www.ake.fi/AKE/Katsastus_ja_ajoneuvotekniikka/Tyyppihyväksyntä/)

Bosch, R Gmbh. 2007. Automotive electrics and automotive electronics. 5th edition. Chichester : John Wiley [distributor].

Brüss, D. 2002. Machines on wheels. Praxis Profiline- CANopen, 2-4.

Control systems for use in mobile machines: Electronic requirement. Ei päiväystä. [WWW-dokumentti]. IFM electronic. [Viitattu 10.12.2009]. Saatavilla: [http://www.ifm-electronic.com/ifmfin/web/pinfo3\\_2\\_2.htm](http://www.ifm-electronic.com/ifmfin/web/pinfo3_2_2.htm)

DEF-STAN 59-41. 2007. Electromagnetic compatibility part 2 : The electric, magnetic & electromagnetic environment. Ministry of defense.

SFS-EN 60204-1. 2006. Koneturvallisuus: Koneiden sähkölaitteistot. Osa 1: Yleiset vaatimukset. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto.

EPEC. 2009. Product catalogue. Seinäjoki

Frestems. Ei päiväystä. [WWW-dokumentti]. PROMIL Military Ambulance Solutions. [Viitattu 20.04.2010]. Saatavilla: <http://www.frestems.fi/joomla/en/company.html>

Juhala, M., Lehtonen, A., Suominen, M. & Tammi, K. 2005. Moottorialan sähköoppi. 8. uud. p. Jyväskylä: Gummerus.

Keinänen, T., Kärkkäinen, P., Lähetkangas, M. & Sumujärvi, M. 2007. Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat. 1.p. Helsinki: WSOY Oppimateriaalit Oy.

Komission direktiivi 2004/104/EY. 2004. Moottoriajoneuvojen radiohäiriöitä (sähkömagneettista yhteensopivuutta) koskevan neuvoston direktiivin 72/245/ETY mukauttamisesta tekniikan kehitykseen ja moottoriajoneuvojen ja niiden perävaunujen tyyppihyväksyntää koskevan jäsenvaltioiden lainsäädännön lähentämisestä annetun direktiivin 70/156/ETY muuttamisesta. Bryssel: EU komissio.

MIL-HDBK-454B. 2007. Handbook: General guidelines for electronic equipment. Department of Defense.

MIL-STD-1472F.1999. Human engineering. Department of defense.

Paavilainen, H. 2008. Mobiletekniikka/ Hydrauliiikka. Helsinki: Metropolia.

Parker sisäinen koulutus. 2008. Väylätekniikkaa ja elektroniikkaa mobilehydrauliikassa. Koulutusmateriaali.

Pääesikunta.2009. Standardisointi. [WWW-dokumentti]. Suomen puolustusvoimien pääesikunta. [Viitattu 10.12.2009]. Saatavilla: <http://www.mil.fi/paaesikunta/materiaaliosasto/organisaatio/hankesektori/standardisointi/>

STANAG 2895. 1990. Extreme climatic conditions and derived conditions for use in defining design / test criteria for NATO forces materiel. Military agency for standardization.



## LIITTEET