

Joona Ehrnrooth

ECELICA-MUUNNOSSÄHKÖAUTO

Automatiikka ja käyttöliittymä

Opinnäytetyö
Sähkötekniikan koulutusohjelma


Maaliskuu 2014




MAMK

University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

	Opinnäytetyön päivämäärä 4.3.2014		
Tekijä(t) Joona Ehrnrooth	Koulutusohjelma ja suuntautuminen Sähkö- ja automaatiotekniikan ko.		
Nimeke eCelica -muunnossähköauto – Automatiikka ja käyttöliittymä			
Tiivistelmä <p>Työn tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa muunnossähköautoon logiikka, joka toimisi auton keskustietokoneena. Logiikka yhdistetään käyttöliittymään, jonka avulla kuljettaja voi seurata ja hallita auton eri järjestelmien tilaa. Tärkeimpänä tavoitteena oli saada sekä käyttöliittymä että ajotuntuma sellaiseksi, että maallikko pystyy ajamaan autolla ongelmitta. Tavoitteena oli myös tutkia manuaalivaihdelaatikon automatisoinnin vaikutusta kulutukseen.</p> <p>Automatiikalle asetettujen vaatimuksien pohjalta tutkittiin sopivaa keskusyksikköä automaation toteutukseen. Laitteiden valinnan jälkeen suunniteltiin komponenttien sijainnit ja johtoreitit, jonka jälkeen seurasi käytännön osuus.</p> <p>Työn tuloksena autoon saatiin rakennettua automatiikka ja käyttöliittymä. Vaihdelaatikon automatisoinnista rakennettiin ensimmäinen prototyyppi, joka vaatii vielä jatkokehittelyä. Tutkimustuloksia manuaalivaihdelaatikon automatisoinnin tuomista hyödyistä ei tämän johdosta saatu.</p>			
Asiasanat (avainsanat) sähköautot, automaatiojärjestelmät, elektroniikka, voimansiirto			
Sivumäärä 31	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Kieli Suomi</td> <td style="width: 50%;">URN</td> </tr> </table>	Kieli Suomi	URN
Kieli Suomi	URN		
Huomautus (huomautukset liitteistä)			
Ohjaavan opettajan nimi Teemu Manninen	Opinnäytetyön toimeksiantaja Mikkelin ammattikorkeakoulu		

DESCRIPTION

		Date of the bachelor's thesis 4.3.2014
Author(s) Joona Ehrnrooth	Degree programme and option Electrical engineering	
Name of the bachelor's thesis eCelica -Electric vehicle conversion - Automation and user interface		
Abstract <p>The purpose of this thesis was to design and build an automation system and a user interface to an electric vehicle conversion. The Automation was done with a programmable logic controller (PLC). The PLC gathers information from the sensors, then processes the data and sends it forward to the motor controller and to the touch panel. With the touch panel the driver can monitor and manage the variables located in the PLC.</p> <p>The first task was to do some research to understand what the minimum I/O -requirements of the automation were. The PLC was selected from the base of the research. After selecting the right PLC and UI for the automation, the planning of the positions and the wiring routes could be done. When the planning was ready, the designs could be put into action.</p> <p>The target of this thesis was achieved. As a result, the automation system is now functioning and installed to the conversion car.</p>		
Subject headings, (keywords) Electric car, automation systems, electronics		
Pages 31	Language Finnish	URN
Remarks, notes on appendices		
Tutor Teemu Manninen	Bachelor's thesis assigned by Mikkeli University of Applied Sciences	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	1
2	E-CELICA.....	2
2.1	Aihio	2
2.2	Tekniset tiedot.....	3
2.3	Budjetti.....	5
2.4	Sähkömoottori.....	5
2.5	Akusto.....	6
2.6	Yleistä auton uudistetusta sähköjärjestelmästä.....	6
3	AUTOMATIikka	7
3.1	Vaatimukset	7
3.2	Modicon M340 PLC	10
3.3	Telemaque Magelis –kosketusnäyttö.....	11
3.4	RaspberryPi.....	11
4	VAIHTEISTON OHJAAMINEN	12
4.1	Voimansiirto	12
4.1.1	Voimansiirron perusteet.....	12
4.1.2	Vaihdelaatikon toimintaperiaate	13
4.2	Mekaaniset vaatimukset.....	14
4.3	Ohjaavat moottorit	15
4.4	Asentotiedot	16
4.5	Pyörimisnopeuden tunnistimet	17
4.6	Ohjelmointi	20
5	KULUTUKSEN SEURANTA.....	21
5.1	Virranmittaus - LEM HAS –mittamuuntajat	21
5.2	Jännitemittaus	23
5.3	Mittaustietojen hyödyntäminen logiikassa	24
6	KAASU JA JARRU	24
7	KYTKIMET JA LISÄLAITTEET.....	26
7.1	Kytkimet	26
7.2	Pumput.....	26
8	KÄYTTÖLIITTYMÄ	29

8.1	Rakenne	29
8.2	Ulkoasu	29
8.3	Asentaminen	30
9	POHDINTA	31
	LÄHTEET	32

KÄSITTEET

PLC	Programmable Logic Controller, ohjelmitava logiikka
BMS	Battery Management System, akunhallintajärjestelmä
Regenerointi	Jarrutusenergian talteenotto sähkömoottorilla
DOD	Depth Of Discharge, %-arvo akun kokonaiskapasiteetista
DCT	Dual-clutch transmission

1 JOHDANTO

Opinnäytetyöni aihe kohdistuu Mikkelin ammattikorkeakoulun käyttöön rakennettavaan tieliikenteeseen rekisteröitävään muunnossähköautoon. Muunnossähköautossa polttomoottorikäyttöisen ajoneuvon moottori vaihdetaan sähkömoottoriin. Muunnettava ajoneuvo on Toyota Celica 1.8 -00. Projektissa vastaan auton keskuslogiikan toiminnasta, ohjelmoinnista ja siihen liitettävistä toimilaitteista ja antureista sekä käyttöliittymän ohjelmoinnista kosketusnäytölle. Työn tavoitteena on myös kehittää vaihdelaatikkoon automatiikka, jonka avulla autossa voidaan käyttää rakenteeltaan ja ohjattavuudeltaan yksinkertaisempaa sekä kustannuksiltaan alhaisempaa sähkömoottoria. Automatiikan johdosta saadaan auton suorituskyvyn parantamisen lisäksi pienennettyä auton energiankulutusta ajamalla moottoria optimaalisella kierrosalueella.

Tavoitteeseen pääsemiseksi on tunnettava automaation ja sähkötekniisen tietämyksen lisäksi auton voimansiirron eri komponentit, niiden tarkoitus ja toimintaperiaate. Näiden lähtötietojen avulla voidaan jo suunnitteluvaiheessa vähentää mahdollisesti eteen tulevia ongelmia. Vaihdelaatikon automatisoinnissa kannattaa tutustua olemassa oleviin järjestelmiin. Monilla autonvalmistajilla on toimintaperiaatteiltaan samanlaisia puoli-automaattisia vaihteistoja käytössä. Saamiemme tietojen mukaan Suomessa ei ole ennen rakennettu muunnossähköautoa, johon tämänlaista vaihteistoa olisi yritetty kehittää.

Työssä käydään yleisesti läpi eCelicaan asennettavat komponentit: sähkömoottori ja moottorihjain sekä akusto ja akunhallintajärjestelmä. Tämän jälkeen paneudun käytettyyn logiikkaan ja siihen liitettäviin komponentteihin.

eCelica rakennettiin kolmen sähkö- ja automaatiotekniikan insinööriopiskelijan ja yhden sähkötekniikan opettajan kesken. Autosta tehtiin tämän työn lisäksi kaksi muuta opinnäytetyötä. Projekti jaoteltiin kolmeen osa-alueeseen opinnäytetöiden osalta: moottori ja moottorihjain, akusto ja akunhallintajärjestelmä sekä automatiikka ja käyttöliittymä.

2 E-CELICA

2.1 Aihio

Projekti syntyi ammattikorkeakoulun aloitteesta hankkia sähköön voimalla liikkuva postiauto koulun sisäiseen postiin, jota voidaan käyttää myös PR-toimintaan. Täysin uuden ja valmiin sähköauton sijasta projektin aloituskokouksessa päätettiin rakentaa muunnossähköauto. Autoa on tarkoitus käyttää myös opetustarkoituksessa, minkä johdosta jotkin komponenttivalinnat ovat tehty tätä silmällä pitäen.



KUVA 1. Celican noutaminen Lahdesta

Projektin käytännön osuus alkoi 20.11.2012 aihion noudolla Lahdesta (Kuva 1). Tämän jälkeen alkoi aihion purkaminen. Autosta irrotettiin kaikki polttomoottoritekniikkaan liittyvät osat muun muassa moottori ja siihen liittyvät osat, polttoainesäiliö ja pakoputki (Kuva 2). Näiden lisäksi autosta purettiin sisustaa, kuten penkit, ovet, kojelauta, verhoilu yms. helpottamaan tulevia asennustöitä (Kuva 3).



KUVA 2. Moottoritila purettuna ja sähköinen hydraulipumppu asennettuna



KUVA 3. Celican sisusta purettuna

2.2 Tekniset tiedot

Celica on alun perin 4-paikkainen urheiluauto. Jos olisimme jättäneet auton 4-paikkaiseksi, olisi ongelmaksi mahdollisesti syntynyt auton kokonaismassan ylittyminen. Liikenneministeriön päätöksessä auton rakenteen muuttamisesta sanotaan seuraavasti: ”Valmistajan autolle tai auton kanssa samaan mallisarjaan kuuluvalla autolla taikka autossa oleville akselistoille sallimat suurimmat akselimassat eivät saa muutoksen seurauksena ylittyä” ja ”muutosten seurauksena valmistajan autolle sallima suurin kokonaismassa ei saa ylittyä. Tarvittaessa massan lisäystä tulee kompensoida varusteita siirtämällä, korin osia keventämällä taikka henkilö- tai tavarakantavuutta pienentämällä.” /2, 2§ kohta 3./ Työn alla olevassa muunnoksessa akuista ja muista laitteista johtuva massan lisäys kompensoidaan poistamalla kaikki mahdollinen polttomoottoritekniikkaan liittyvät osat ja muuttamalla auto kaksipaikkaiseksi.

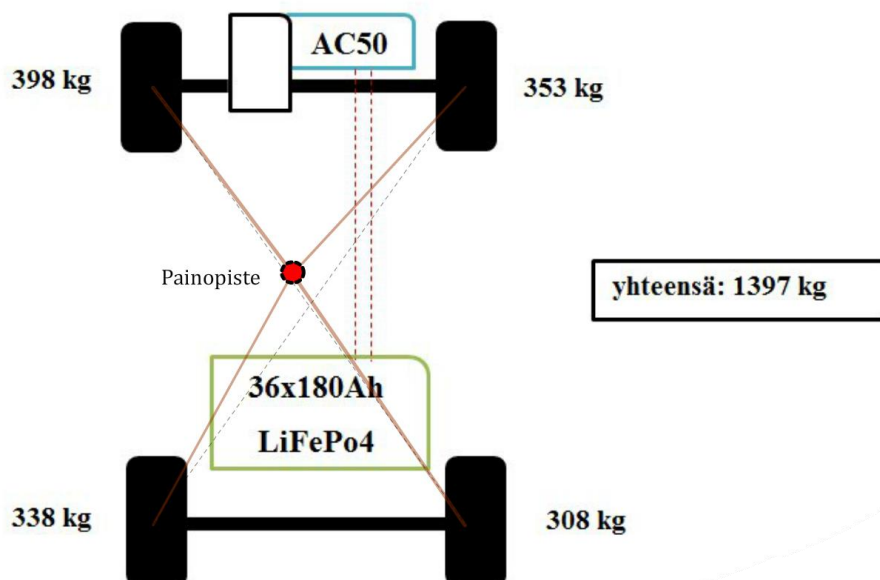
Akuston sijainnin päättämisen jälkeen suunnittelimme mahdollisuutta upottaa akusto takapenkkien tilalle leikkaamalla takapenkkien pohjapellit pois ja rakentamalla tilalle uusi kotelo. Tällä tavoin painopiste olisi saatu laskettua mahdollisimman alas ja keskelle, myöskin akusto olisi saatu täysin näkymättömiin. Katsastusinsinööri projektin yhteistyökumppanilta Etelä-Savon Katsastus Oy:ltä suositteli jättämään auton rungon alkuperäiseen kuntoon. Tämän ohjeistuksen johdosta jätimme kyseisen idean pois projektista ja rakensimme akkukotelon suoraan takapenkkien pohjapeltien päälle (etualalla kuvassa 3).

Taulukossa 1 on vertailtu auton suoritusarvoja eri käyttövoimalla. Tiedot polttomoottorista ovat tehdasarvoja, eivätkä moottorin kulumisen johdosta enää täysin vastanneet auton suorituskykyä ennen muutosta.

TAULUKKO 1. Celican suoritusarvojen vertailua

Toyota Celica -00	1.8 VVT-i	HPEV AC50
Teho	105 kW	30 kW(cont.) / 53 kW (peak)
Vääntö	170 Nm	68 Nm(cont.) / 163 Nm(peak)
Huippunopeus	205 km/h	~100 km/h (vaihte 2)
Kiihtyvyys 0-100 km/h	8,7 sekuntia	x sekuntia
Yhdistetty kulutus	7 l/100 km	18 kWh/100 km
Omamassa/kokonaismassa	1xxx kg /1565 kg	1390kg /1565 kg

Auto punnittiin sekä ennen muutosta että sen jälkeen. Omamassaksi muunnoksen jälkeen jäi 1397 kg. Kokonaismassa on 1565 kg, joten kuljettajan ja apukuljettajan lisäksi autoon voidaan lastata 88 kg ylimääräistä painoa. Painopiste sijoittuu kuskin kanssa melkein keskelle. Kuvassa 4 on esitetty auton painojakauma. Mittasuhteet eivät vastaa todellisuutta, ja kuva on tehty vain havainnollistamaan komponenttien ja painopisteen suhteellista sijaintia.



KUVA 4. eCelican painojakauma kuskin (80 kg) kanssa muunnoksen jälkeen

2.3 Budjetti

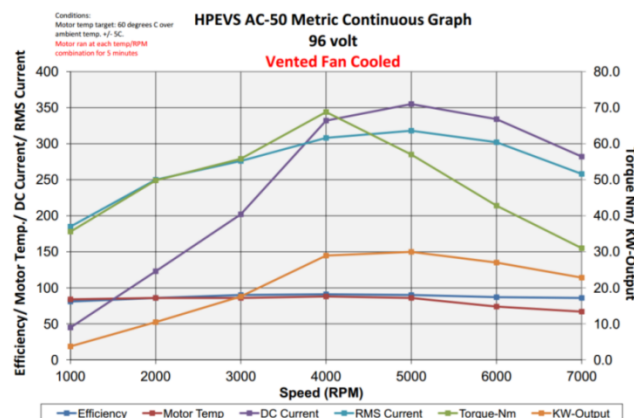
Kokonaiskustannukset muunnokselle ovat noin 30 000 €. Kustannuksiin sisältyy myös joitakin työkaluja, automaatioon kuuluvat komponentit ja materiaalien hankintoja. Alla on karkea erittely komponenttien osuudesta kokonaiskustannuksista.

• Moottori ja ohjain	5 000 €
• Akusto	10 500 €
• BMS (3 kpl)	3 000 €
• Laturit	2 000 €
• Toyota Celica	5 000 €
Kokonaiskustannukset	~30 000 €

2.4 Sähkömoottori

Valitsimme sähköautoon käytettäväksi HPEVS AC50 3-vaihe oikosulkumoottorin ja moottoriohjaimeksi Curtis 1238:n. AC50 mallia valmistetaan monelle eri jännitetasolle. Tilaamamme moottori on 96 V:n ”dual shaft” –malli, jossa on kummastakin päädyistä tuotu akseli lävitse.

Kuvassa 5 esitetään eCelican sähkömoottorin ottaman virran, antaman tehon ja väännön sekä moottorin lämpötilan ja hyötysuhteen eri kierrosnopeuksilla. Mittaukset ovat tehty 1000 rpm:n välein ja moottoria on kuormitettu jokaisessa mittauspisteessä viiden minuutin ajan. Kaaviot löytyvät HPEVS:n internet sivuilta, mistä löytyvät myös huipputehokaaviotkin /3/.



KUVA 5. Kaavio AC50 sähkömoottorista /3/

2.5 Akusto

Akustona eCelicassa on 36 kpl CALB CA180FI LiFePO₄ kennoja. Yksittäisen kennon jännite on 3,3 V ja sarjaan kytkettynä nostavat jännitteen akuston päänavoille n. 118 V:iin. Akkujen energiasisältö on 18 kWh (DOD 84 %). Yleisesti sähköautojen ajomatkan laskennassa käytetään kulutuksen teoreettisena arvona 180 Wh/km. Ajomatka tällä keskikulutuksella on n. 100 km.

Akusto vaatii myös akunhallintajärjestelmän, jonka virkaa hoitaa REAP Systems BMS14CR –järjestelmä. BMS vaatii jokaisen kennon jännitettä ja noin puolilta koko akuston kennoilta mitataan lämpötilat. Akunhallintajärjestelmä hallitsee kaikkea, mikä liittyy akuston toimintaan, kuten esimerkiksi lataaminen ja virtojen hallinta.

2.6 Yleistä auton uudistetusta sähköjärjestelmästä

Auton omasta sähköjärjestelmästä purettiin vain polttomoottoriin liittyvät johdotukset, kuten esimerkiksi laturi, startti ja tarpeettomaksi jääneistä antureita. Kun saimme asennettua uuden käyttöakun, testasimme auton alkuperäisten sähköjen toimivuuden. Tärkeimpänä oli varmistaa ABS- ja turvavyöjärjestelmien toiminnan varmistaminen, joka käytännössä tarkastettiin virhemerkkivalojen häviämisellä mittaristossa.

Tärkeää on uusien järjestelmien, ja sitä myötä uusien eri jännitetasojen, erottaminen galvaanisesti toisistaan häiriöiden välttämiseksi ja mahdollisten jännitepiikkien siirtymisen estäminen laitteelta toiselle. eCelicassa käytetään lähinnä kolmea eri järjestelmää, joiden välillä ei saa olla galvaanista yhteyttä (Kuva 6). Ensimmäisenä on auton oma 12 V sähköjärjestelmä, johon kuuluu esimerkiksi kaikki ajovalot ja alkuperäiset merkkivalot. Toisena on 110 V pääakusto, josta Curtis-moottorinohjain ja AC50-sähkömoottori sekä BMS saavat energiansa. Kolmantena on Modicon M340-logiikka jossa käytetään 24 V jännitetasoa sisään- ja ulostuloissa. Virtansa logiikka saa 12 VDC/230 VAC -invertteristä, johon on myös 24 VDC -muuntaja kytketty.

eCelica sähköjärjestelmä		
<p>Alkuperäiset sähköt</p> <ul style="list-style-type: none"> •12 V <ul style="list-style-type: none"> •Ajovalot •Turvajärjestelmät •Puhaltimet •Pyyhkijät •Mittaristo •0 ... 5 V <ul style="list-style-type: none"> •Anturit <ul style="list-style-type: none"> •Polttoainesäiliö •Lämpötila 	<p>PLC</p> <ul style="list-style-type: none"> •230 VAC <ul style="list-style-type: none"> •Käyttö sähköt invertteriltä •24 V <ul style="list-style-type: none"> •PLC sisään- ja ulostulomoduulit •Kosketusnäyttö •-10 ... 10 V <ul style="list-style-type: none"> •Analogiset sisään ja ulostulot •AMM0600 moduulin sisään- ja ulostulot ovat erotettuja •12 V <ul style="list-style-type: none"> •Reguloidut lähdöt 24 voltista potentiometreille 	<p>Päävirta</p> <ul style="list-style-type: none"> •110 V <ul style="list-style-type: none"> •CALP - pääakusto •Curtis - moottoriohjain <ul style="list-style-type: none"> •Moottoriohjaimella myös erotettuja eri jännitetasoisia lähtöjä/tuloja (0 - 24VDC) •REAP BMS-akunhallintajärjestelmä <ul style="list-style-type: none"> •Koko akusto on jaettu 3 osaan (8+14+14). Moduulit ottavat käyttösähkönsä niistä kennoista joita vahtivat. •BMS ulos ja sisääntulot ovat joko optisesti erotettuja tai releen kärkitietoja.

KUVA 6. eCelican galvaanisesti erotetut järjestelmät

3 AUTOMATIikka

3.1 Vaatimukset

Aloitettaessa järjestelmäsuunnittelua pitää olla selvillä, mitä ominaisuuksia järjestelmään tarvitaan. Komponenttien fyysisiltä ominaisuuksiltaan ajoneuvokäytössä pitää ottaa huomioon värinä, kosteus ja suuret lämpötilavaihtelut. Värinän vaimennuksella, oikeanlaisella koteloinnilla ja komponenttien sijoittelulla saadaan jo paljon aikaisiksi.

Aivan alkuvaiheessa oli selvää, että autoon tarvitaan useita digitaalisia sisään- ja ulostuloja sekä muutamia analogisia sisään- ja ulostuloja, koska tavoitteena on, että logiikalla pystyttäisiin ohjaamaan mahdollisimman kattavasti auton uusia sähkölaitteita. Alkuvaiheessa ei vielä täysin tiedetty tarkkaa I/O-määrää, mitä tultaisiin tarvitsemaan. Seuraavaksi kerron, millä lähtötiedoilla lähdin alustamaan eCelican logiikan I/O-vaatimuksia.

Tärkeimpänä ajamisen kannalta ovat vaihdekytkin (D/N/R-kytkin), kaasu ja jarru. Vaihdekytkin tarvitsee automaattivaihteiston tavoin kaksi digitaalista sisääntuloa, eteenpäin (D) ja peruutus (R). Auto on vapaalla (N) aina silloin, kun R tai D eivät ole

kytketty. Peruutusvaihte pitää kytkeä peruutusvaloon. Kaasu ja jarru vaativat kummatkin oman analogisen sisääntulon. Kaasun asentotieto tarvitaan myös, koska se ohjaa vaihteistoa, ja täten sen pitää pystyä ohjaamaan kuljettajalta moottoriohjaimelle siirtyvää kaasutietoa. Kaasupolkimelle tarvitaan myös mekaaninen kytkin ilmoittamaan, milloin kaasua ollaan painamassa mahdollisten häiriötilanteiden varalta. Moottoriohjain ei eCelicassa välttämättä tarvitse jarrutietoa, joten moottoriohjainta varten pitää olla kaksi digitaalista ja yksi analoginen ulostulo sekä yksi digitaalinen ulostulo peruutusvalolle.

Yhtään vähempiarvoisempana ei voida pitää myöskään sähköiseksi muutettavan ohjaustehostimen, jarrutehostimen ja moottoriohjaimen nestejäähdytyksen pumpun toimintaa. Ohjaustehostimen hydraulipumppu vie paljon tehoa 12 V:n käyttöakulta, joten on järkevää ohjata se sammumaan korkeissa nopeuksissa. Jarrutehostimen alipainepumppu ei voi olla päällä pitkiä ajanjaksoja kuumenemisen johdosta, joten sitäkin pitää pystyä ohjaamaan. Ohjausta tehdään alipaineanturilla, jolloin tiedetään, milloin järjestelmässä on sopiva alipaine. Nestekiertopumppu vaatii yhden ulostulon. Ohjaustehostimen sammuttaminen asetetussa nopeudessa vaatii tietenkin tiedon auton nopeudesta. Yhteensä pumput tarvitsevat siis kolme digitaalista ulostuloa ja yhden digitaalisen sisääntulon. Näiden lisäksi ohjaustehostin vaatii myös yhden analogisen sisääntulon renkaiden pyörimisnopeudelle.

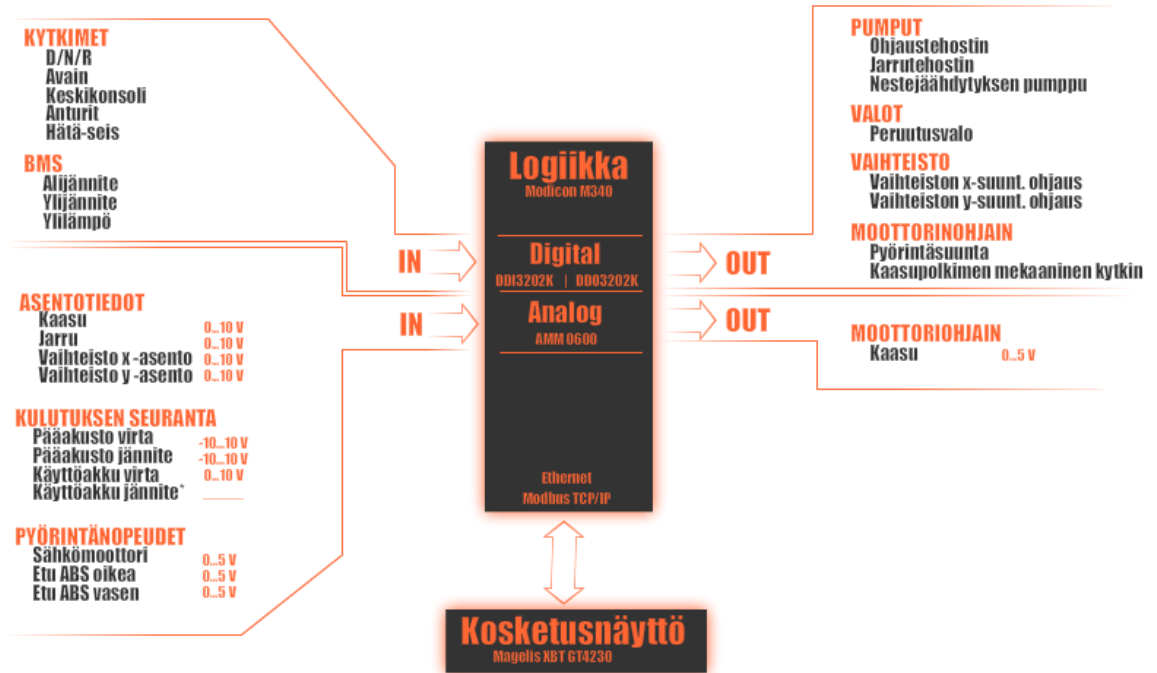
Renkaiden pyörimisnopeustietoa tarvitaan myös vaihteiston ohjaamisessa. Vaihteiston ohjaus tarvitsee kierrosnopeustiedot moottorilta sekä kummaltakin vetävältä pyörältä sekä asentotiedot molemmilta vaihteensiirtimiltä. Myös moottorin kierrosnopeutta pitää pystyä ohjaamaan. Tämä onnistuu muokkaamalla moottoriohjaimelle lähetettävää kaasutietoa. Pelkästään vaihteiston ohjaukseen, kaasu poislukien, tarvitaan täten vähintään viisi analogista sisääntuloa ja neljä digitaalista ulostuloa vaihteensiirtomootoreita varten. Käytännössä vaihtevaihtomootorit vaativat myös muita sisääntuloja esimerkiksi rajakytkimiltä mahdollisten häiriötilanteiden johdosta.

Lisäksi halusimme keskusälylle tiedon pääakuston ja käyttöakun jännitteistä ja virroista. Näiden avulla saadaan tehtyä ylivirta- ja alijännitesuojauksia ja ilmoituksia sekä seurattua kulutetun ja regeneroidun energian määrää. Energian kulutustietojen avulla saadaan myös laskettua jäljellä oleva ajomatka. Virranmittaukset ja jännitemittaukset vaativat yhteensä neljä analogista sisääntuloa.

Yhteensä valittavalta keskusälyltä vaaditaan digitaalisena neljä sisääntuloa ja 10 ulostuloa sekä analogisena 11 sisääntuloa ja yksi ulostulo. Tämän lisäksi keskusälyyn pitää pystyä liittämään jonkinlainen graafinen käyttäjärajapinta.

Vaihtoehtoina ”keskustietokoneeksi” olivat Mitshubishi Alpha -kotiautomaatio-ohjelmoitava logiikka, Modicon M340- keskiluokan tehdasautomaatio-PLC tai lohkoittain asennettuja PIC16F877A-mikroprosessoreita. Alphan hylkäsin jo heti alkutai-palella hankalan laajennettavuuden ja kunnollisen käyttöliittymän puutteen vuoksi. Modicon M340:een saa liitettyä kosketuspaneelin käyttäjärajapinnaksi, mutta on kustannuksiltaan suurin verrattuna muihin. PIC16F877A-mikroprosessorit ovat sen sijaan erittäin halpoja. Matrixmultimedialta saa tilattua mikroprosessorin antureita eri käyttötarkoituksiin ja LCD-näyttöjä käyttöliittymäksi. Harmillisesti näytöt ovat pieniä, eikä niihin mahdu paljoa informaatiota. Mikropiirissä ei ole myöskään tarpeeksi analogisia sisääntuloja, joten jokaiselle ”lohkolle” pitäisi olla oma piiri. Kustannuksiltaan se tulisi halvemmaksi, mutta piirissä käytettävä ohjelmointikieli on monimutkaisempaa. Modiconin ohjelmointi on itselleni helpompaa, koska sitä on ohjelmoitu koulun automaatiokursseilla. Siihen saa lisättyä I/O-moduuleita tarpeen mukaan ja koululamme on käyttämättömänä yksi järjestelmä riittävin I/O-moduulein. Modiconiin saa kytkettyä myös kosketusnäytön graafiseksi käyttöliittymäksi. Automaatiokursseilla on käytetty Telemaguine Magelis -kosketusnäyttöä. Lopulliseksi valinnaksi jäivät siis Modicon M340 ja Telemaguine Magelis.

Kuvan 7 havainnollistama yleiskuva auttaa hahmottamaan rakennettavaa automaatiota kokonaisuutena.



KUVA 7. Yleiskuva eCelican automatiikasta

3.2 Modicon M340 PLC

Modicon M340 on teollisuusautomaatiossa käytettävä ohjelmoitava logiikka. Logiikan moduulit liitetään räkkiin, jonka avulla ne saavat virtansa ja keskustelevat toisien moduulien kanssa. eCelicassa käytetään BMX XBP 0800 -räkkiä, jossa on kahdeksalle moduulille paikka. Virtalähdettä ei lasketa moduuliksi. Kuvassa 8, lueteltuna vasemmalta oikealle, on virtalähde (IN 230 VAC / OUT 24 VDC), P34 2030 -prosessori, DDI3202K (32 kpl digital IN), DDO3202K (32 kpl digital OUT) ja kolme kappaletta AMM0600-analogista moduulia (yhtensä 12 IN + 6 OUT). Prosessori pitää aina asentaa ensimmäiseen paikkaan virtalähteen viereen (SLOT 00), muiden moduulien asennuspaikoilla ei ole väliä. /4, s.22./



KUVA 8. Moduulit asennettuna räkkiin

BMX P34 2030 -prosessorissa on sisäänrakennettu seuraavat liityntämahdollisuudet: USB-portti 12Mbit/s, CANopen master bus 20 kbit/s – 1Mbit/s sekä Ethernet TCP/IP 10/100Mbit/s /7/. Mahdollisuus laajentaa 4 MB sisäistä RAM-muistia SD-muistikortilla 16 MB:iin saakka /8/.

Modiconia ohjelmoidaan UnityPro-ohjelmointi sovelluksella. Ohjelmoitaville logiikoille on oma ohjelmointikielistandardi. Standardi koostuu kahdesta pääosasta: yleisistä elementeistä, jotka muodostavat IEC 61131-3 -standardin arkkitehtuurin, sekä ohjelmointikielistä, joita on neljän varsinaisen kielen lisäksi yksi ylemmän tason kuvauskieli /13 s.1/. Näistä kielistä Unity Pro:ssa käytän LD, eli Ladder Diagram ohjelmointikieltä.

3.3 Telemaquine Magelis -kosketusnäyttö

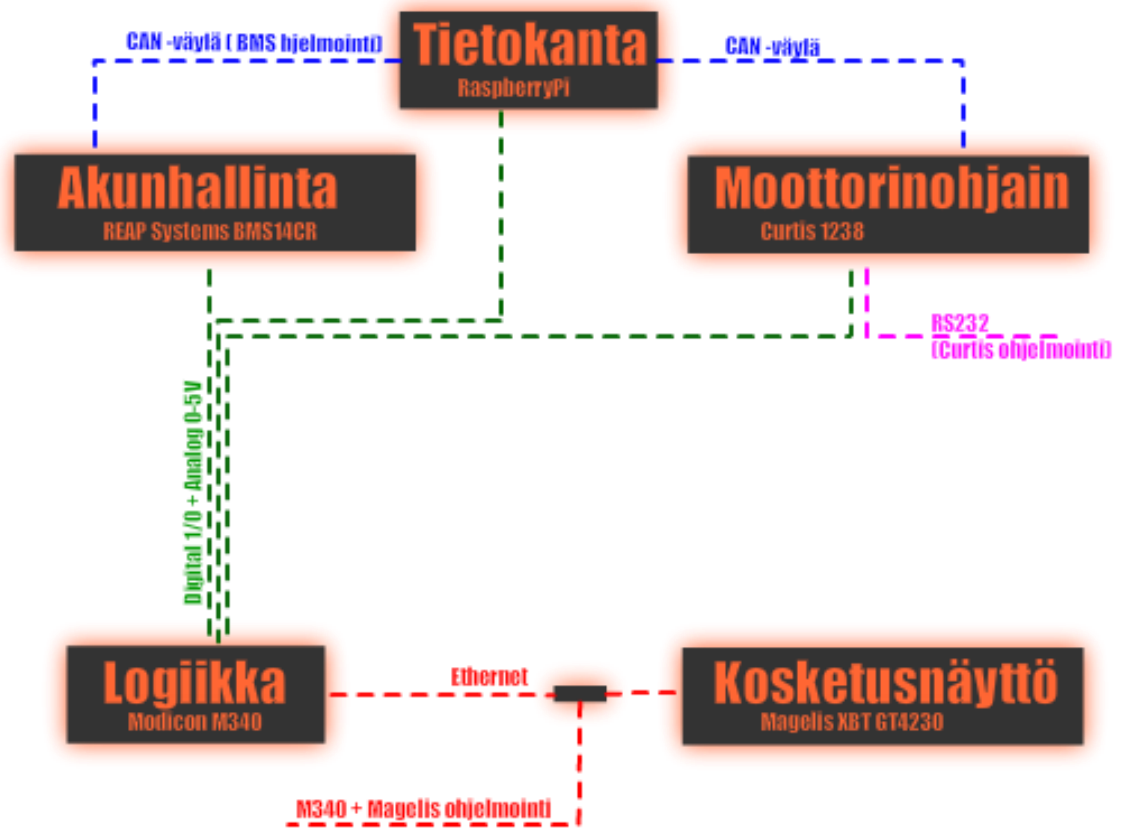
Kosketusnäyttönä eCelicassa toimii Magelis XBT GT 4230. Näytön koko on 7,5 tuumaa joka toimii STN (Scan Twisted Neumatic) näyttötekniikalla. Näyttö toimii 24 V jännitteellä ja ottaa tehoa enintään 28 W. Liitäntä mahdollisuuksia on RS232C/RS485 (COM1 D-Sub9), RS485 (COM2 RJ45), Ethernet (RJ45), USB1.1 (Type-A), CF-muistikorttipaikka (TYPE-II). /12./

Näyttöä voidaan ohjelmoida joko USB:llä tai lähiverkon kautta. USB:n kautta pitää ensimmäiseksi asettaa lähiverkon määrittelyt, jotta ohjelmointi onnistuu lähiverkon kautta. Käyttöliittymän ohjelmointi tapahtuu Vijeo Designer -ohjelmistolla. Ohjelma on erittäin helppokäyttöinen eikä yksinkertaisien ohjelmien tekeminen vaadi ohjelmoijalta paljoa kokemusta.

3.4 RaspberryPi

Raspberry Pi (RPi) on luottokortin kokoinen tietokone Linux-käyttöjärjestelmällä. RPi on lähtökohtaisesti tarkoitettu elektroniikan ja ohjelmoinnin opiskeluun. Tietokone kuluttaa todella vähän virtaa (max 5W), ja sen avulla autoon on mahdollista lisätä jatkossa paljon erilaisia ominaisuuksia. Lähinnä RPi:n tarkoituksena on liittyä autoon rakennettavaan CAN-väylään sekä lukea ja tallentaa väylässä kulkevaa tietoa tietokantaan. Kyseiseen CAN-väylään liitetään REAP BMS -akunhallintajärjestelmä ja Curtis 1238 -moottoriohjain. RPi liitetään väylään RM CAN:in valmistaman CANView USB

-muuntimen kautta. Kuvassa 9 on esitetty, kuinka RPi:n tulisi yhdistyä auton automaatiikkaan. Kuvaan on myös merkitty myös muiden kokonaisuuksien välisiä yhteyksiä ja niiden tiedonsiirtotapoja.



KUVA 9. Tiedonsiirtotavat ohjauslaitteiden välillä

4 VAIHTEISTON OHJAAMINEN

4.1 Voimansiirto

4.1.1 Voimansiirron perusteet

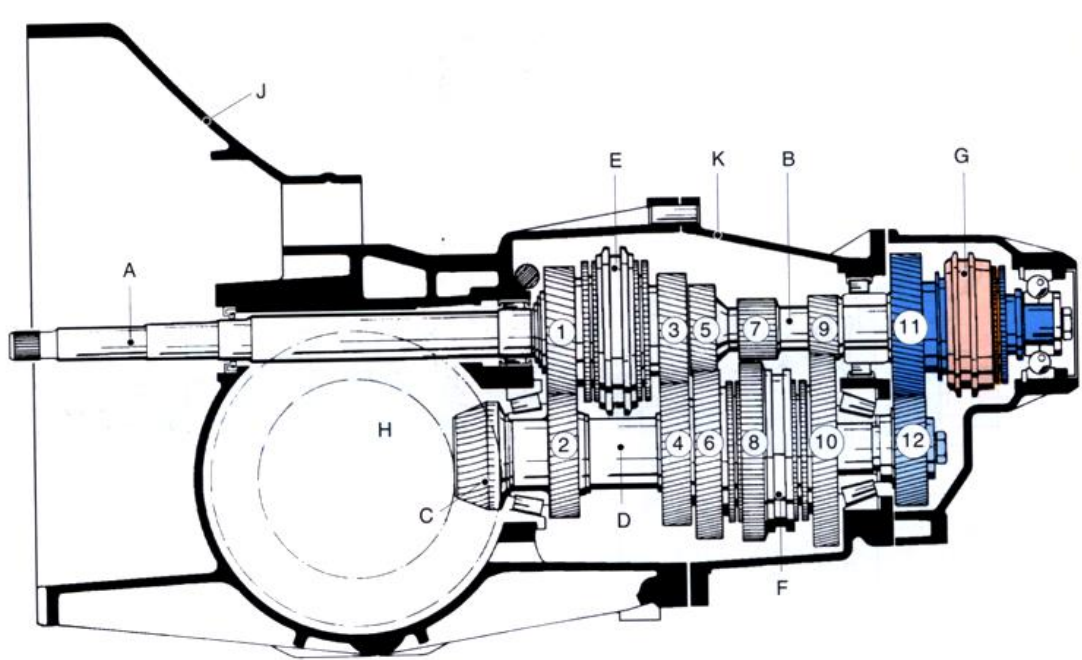
Auton voimansiirto koostuu erilaisista komponenteista, joiden tarkoitus on siirtää moottorilla tuotettu teho renkailla. Moottorin vääntömomentti siirretään kytkimen, vaihteiston ja vetävän akseliston välityksellä vetäville pyörille. Etuvetoisessa autossa voima siirtyy suoraan vaihteistosta vetopyörästä ja siitä edelleen vetoakselien kautta vetäville pyörille. Vetopyörästä tarkoitus on vääntömomentin suurentaminen ja pyörimisnopeuden pienentäminen. /10./

Moottorin pyörimisnopeus ei sovi suoraan kytkettäväksi renkaille, joten kierrosnopeutta pitää saada laskettua. Kierrosnopeus lasketaan vaihdelaatikossa, jossa pystytään muuttamaan moottorilta akseleille siirtyvää välityssuhdetta. Välityssuhdetta vaihdetaan, jotta autoa voidaan ajaa ideaalisella moottorin kierrosnopeudella. /11, s.536./

Kytkimen tarkoitus on katkaista voiman siirtäminen moottorilta vaihdelaatikkoon vaihtotilanteissa, käynnistyksessä ja pysähdyksissä. /10./

4.1.2 Vaihdelaatikon toimintaperiaate

Etuvetoisen auton manuaalisessa vaihdelaatikossa on tavallisesti kytkin akseli (A, kuva 10) ja pienen vetopyörän akseli (D, kuva 10). Vaihteita vaihdetaan siirtämällä siirtoholkkeja (E, F, G) yksitellen kuvassa katsottuna vasemmalle tai oikealle. Holkkeja siirretään laatikon päältä ulos tuoduilla tangoilla, jotka ovat kytkettynä vaihdekeppiin. Näitä holkkeja voidaan siirtää myös automatiikalla. /10./



Kuva 27

KUVA 10. Etuvetoisen auton vaihdelaatikko /10/.

Esimerkkinä autoteollisuudessa käytetyistä puoliautomaattisesta vaihteistosta esimerkkinä on Powershift-kaksikytkinvaihteisto (DTC). Kyseisessä vaihteistossa on kaksi kytkintä joista toinen on kytkettynä kerrallaan. Verrattuna automaattivaihteistoon valmistajien mukaan laatikolla voidaan saada jopa 15 % lasku kulutukseen ja

valmistuskustannukset automaattilaatikkoon ovat 500€ vähemmän /9/. Kyseisessä vaihteistossa vaihteensiirtohaarukoita siirretään hydraulisyntereillä. Vaihteiston automatiikalla on oma keskusyksikkö (TCM), jonne vaihteiston antureiden signaalit lähetetään. Keskusyksikkö ohjaa venttiilien asentoa säätäviä solenoideja. Solenoideja on kahta eri tyyppiä: kaksi-asentoiset (ON/OFF) ja lineaarisia painesolenoideja. Lineaaristen solenoidien ohjaus on toteutettu PWM-signaalilla. Keskusyksikköön lähetetään pyörimisnopeustiedot moottorin pyörimisnopeudelta ja molemmilta sisääntulevilta akseleilta parillisten ja parittomien vaihteiden osalta. TCM saa tiedon myös vaihteensiirtohaarukoiden asennosta ja siitä, mikä vaihteasento on valittu kuljettajan toimesta (D/N/P/R). /10./

4.2 Mekaaniset vaatimukset

Ensimmäiseksi pitää varmistaa, että käytettävä vaihdelaatikko kestää siihen liitettävän uuden voimanlähteen. Celicassa käytetty AC50-sähkömoottori on teholtaan heikompi kuin vanha polttomoottori, joten vaihdelaatikon kestävyys ei tarvitse tässä tapauksessa keskittyä.

Vaihteen ollessa kytkettynä vaihdetta ei saa väkisin asettaa tiettyyn asentoon. Vaihteensiirtotangoille on annettava pientä välystä, jottei siirtoholkkeihin synny turhaa räsytystä. Räsytystä saadaan poistettua tekemällä vaihteensiirtotankoihin hieman vapaata liikkumistilaa jousien varassa. Kun vaihte on saatu kytkettyä, voidaan logiikalla ohjata siirtotankoja hieman takaisin, jolloin vaihdelaatikko voi asettua sille sopivaan tilaan, eivätkä siirtotangot pakota laatikkoa väkisin mihinkään asentoon.

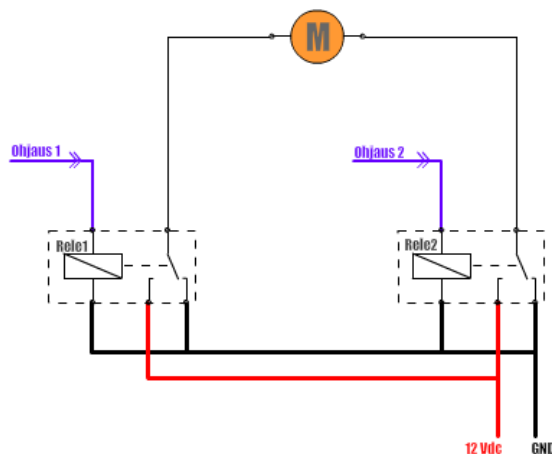
Logiikan on tiedettävä laatikon vaihteensiirtotankojen asento tieto, jotta laatikkoa voidaan ylipäättänsä ohjata. Asentotieto voidaan saada suoraan siirtotankoja ohjaavilta moottoreilta tai muulta mekaanisen liikkeen tuovalta laitteelta, mikäli kyseisessä laitteessa sellainen ominaisuus on. Lisää asentotiedoista kohdassa 4.5.

Mikäli vaihdelaatikon omia vaihteensiirtotankoja ei muokata pidemmiksi, pitää tarkastaa, kuinka paljon tarvitaan voimaa siirtämään siirtotankoja asennosta toiseen. Myös iskupituus pitää olla tiedossa miettiessä mahdollisia moottoreita.

4.3 Ohjaavat moottorit

Ensimmäisiä vaihtoehtoja vaihteiston ohjaukseen olivat joko lineaarimoottorit, pneumaattiset sylinterit tai servomoottorit. Jokaisessa ohjaustavassa on omat hyvät puolensa. Lineaarimoottorit ovat helppo asentaa ja ohjata eivätkä vaadi muita ohjauslaitteita. Pneumaattisesti toimivat järjestelmät vaatisivat pumppuja paineen muodostamiseksi, mutta toisaalta vaihtoehtoa puoltaa sylinterien ”ihmismäisempi” voimantuotto vaihteensiirtotankoihin. Servoihin ei tarvitsisi lähettää kuin haluttu asentotieto, johon servomoottori yrittää päästä. Mitä kauempana servon nykyinen asento on asetusarvosta, sitä voimakkaammin se yrittää uuteen asentoon päästä. Lopulta ohjauksessa päädyttiin lineaarimoottoreihin, mutta valitettavasti toimitusajat valmistajilla olivat liian pitkät projektin aikatauluun nähden. Tämän johdosta vaihteistoon alettiin rakentaa prototyyppiä DC-moottoreilla, jolla voidaan testata vaihteen vaihtamista käytännössä.

Prototyypissä käytetään kahta tavallista auton tuulilasinpyyhkijöiden moottoria. Moottorit toimivat 12 voltilla. Moottoreita ohjataan neljällä vaihtoreleellä, jotka vaihtavat moottorille syötettävää napaisuutta ja näin vaihtaa myös moottorin pyörimissuuntaa. Kuvassa 11 on kytkentäkuva vaihteensiirto moottoreiden ohjaukseen. Normaalisissa tilassa moottorille syötetään kumpaankin napaan maa-taso. Ohjaamalla joko rele 1 tai rele 2 päälle moottori alkaa pyöriä. Pyörimissuunta voidaan vaihtaa ohjaamalla toista releitä. Mikäli kummatkin releet ohjataan yhdessä päälle, moottori pysähtyy välittömästi, koska moottorin napojen välillä ei ole potentiaaliero. Kytettäessä liikkeessä oleva moottori pysähdyksiin vastamotorinen voima pysäyttää liikkeen välittömästi. Näin saadaan myös tarkkuutta ohjaukseen.



KUVA 11. Vaihteensiirrinmoottorin kytkentäkaavio

Moottorit sijoitettiin vaihdelaatikon päälle vaihtenvaihtotankojen yläpuolelle (kuva 12). Moottoreille rakennettiin kiinnitysalusta käyttäen hyväksi vanhoja vaihdekepin vaijerikiinnityksiä ja vaihdelaatikon muita kiinnityskohtia. Prototyypissä laatikon vaihtenvaihtotangot ovat kiinteästi kiinni moottoreiden akseliin kytkettyyn vipuun. Moottorin ja vaihteiston välisessä tangossa pitää olla välystä laatikon turhan rasittamisen välttämiseksi. Moottorin maa-taso oli kytketty runkoon. Jotta napaisuutta pystyttäisiin vaihtamaan, piti moottori purkaa ja irrottaa hiilille menevä toinen napa (maataso) irti rungosta ja juottaa siihen uusi johto. Muuten kytkentään tulee oikosulku toiseen suuntaan ohjattaessa.



KUVA 12. Siirrinmoottorit vaihdelaatikon päällä

Lainsäädäntöä tutkiessani en löytänyt lakipykälää, suosituksia tai asetuksia vaihdelaatikon ohjaustavan muuttamisesta. Yleisesti ottaen voidaan maalaisjärjellä ajatella, että muutos ei saa aiheuttaa turvallisuusvaaraa, vahinkoa eikä aiheuttaa vaaraa liikenteessä.

4.4 Asentotiedot

Vaihtenvaihtajamoottoreiden ohjaimen on tiedettävä vaihteensiirtimien asento. Muutoin vaihteistoa ei ole mahdollista ohjata automaattisesti. Mikäli käytetään lineaarimoottoreita vaihteen vaihtamiseen, voidaan käyttää lineaarimoottoreista usein sisäisesti rakennettua asentotietoa. Vaihteensiirtimien asentotiedot mitataan eCelicassa erillisillä lineaaripotentiometreillä. Kuvassa 12 siirrinmoottoreiden välissä näkyy toisen potentiometrin sijoittuminen vaihdelaatikon päällä. Lineaaripotentiometriä jän-

nitteet ovat reguloitu, etteivät jännitevaihtelut vaikuttaisi mittaustuloksiin. Potentiometrit ovat kytketty PLC:n jännitteisiin.

4.5 Pyörimisnopeuden tunnistimet

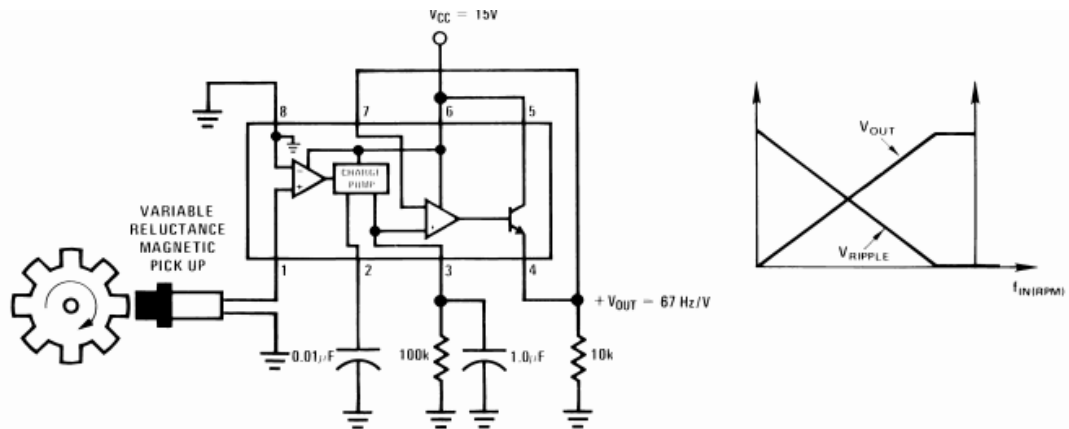
Vaihdelaatikon ohjaamisen kannalta tärkeimmät pyörimisnopeustiedot ovat sähkömoottori sekä tasauspyörästöltä pyörille voimaa siirtävät akselit. Vaihtenvaihtotilanteessa akseleiden kahdelta anturilta saatujen pyörimisnopeuksien keskiarvolla sekä vaihdettavan vaihteen kokonaisväilyssuhteen avulla saadaan selville, millä kierrosnopeudella sähkömoottoria pitää pyörittää, jotta vaihteen hammaspyörien pyörintänopeudet ovat lähellä toisiaan. Vaihdelaatikon synkronointi asettaa lopullisesti hammaspyörät samalle kierrosnopeudelle.

Autossa on lukkiutumattomat jarrut eli ABS-jarrut. ABS-järjestelmän toiminnan kannalta on välttämätöntä, että järjestelmä tietää jokaisen pyörän pyörimisnopeuden. Renkaiisiin asennetut ABS-anturit perustuvat muuttuvaan magneettiseen vastukseen, tällaisia antureita kutsutaan useimmiten induktiivisiksi antureiksi. Anturi pääosin koostuu akselin mukana pyörivästä hammaspyörästä sekä kiinteästi asennetusta magneetista ja kelasta. Magneettiirin vastuksessa syntyvä muutos indusoi kelaan jännitteen, jonka taajuus sekä amplitudi kasvavat pyörintänopeuden kasvaessa. Signaalin vahvuus riippuu anturin kärjen ja hammaspyörän ilmvälillä sekä hammaskoosta. Suositeltava ilmväli on alle puolet hammaskoosta. ABS-antureissa yleisesti 0,8 mm – 1,5 mm. Anturi ei tarvitse ulkoista energiaa. Tästä myös johtuu se, että anturi vaatii riittävän suuren pyörimisnopeuden antaakseen tietoa toimilaitteelle. /1, s. 172./

Tätä taajuustietoa voidaan käyttää hyväksi syöttämällä se muuntimen kautta Modicon M340-logiikan analogituloon. Muunninta tarvitaan muuntamaan ABS-anturin pyörintänopeustieto logiikalle sopivaksi analogiseksi tasajännitesignaaliksi. Kytkentäkaavio ja kuva valmiista piiristä kuvissa 14 ja 15.

Muunninpiiri tähän käyttötarkoitukseen on LM2907N (kuva 13). Anturilta syötettävän vaihtojännitteen amplitudi ei vaikuta piiriltä lähtevän analogisignaalin jännitetasoon. Jokaisen pyörän anturisignaalille rakennetaan oma muunnin. Piirin käyttöjännitteen vaihtelut vaikuttavat muuntimen ulostulevan analogisignaalin jännitetasoon, jonka johdosta piirien käyttöjännite on kannattavaa syöttää regulaattorin kautta, jotta signaa-

lia voidaan pitää luotettavana ja paikkaansa pitävänä. Tässä tapauksessa regulaattoriksi on valittu säädettävä LM317-regulaattori, jonka avulla pystytään hienosäätämään logiikalle syötettävää analogisignaalia säätämällä muunninpiirien käyttöjännitteitä.



KUVA 13. LM2907N-piirin kytkentäkaavio takometrikäytössä (datasheet)

Piiri pitää virittää toimimaan oikealla taajuusalueella. Tutkimalla pyörimisnopeusanturin hammasmäärää saadaan selville anturin tuottamien pulssien määrä yhden täyden pyörähdyksen aikana. Kun tiedetään renkaan ympärysmitta, voidaan laskea pulssien taajuuden halutulla nopeudella. Tätä taajuutta käytetään komponenttien valinnan perusteena. Käytännössä tärkeimpänä on mitoitettava C1-kondensaattori. Seuraavalla kaavalla 1 saadaan laskettua suuntaa-antava taajuus:

$$f_{80 \text{ km/h}} = \frac{\text{anturin "puolien" määrä}}{\text{renkaan kehä}} * v = \frac{48 \text{ pulssia}}{2 \text{ m}} * 22,2 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 532,2 \frac{\text{pulssia}}{\text{s}} \quad (1)$$

Koska Modicon logiikan analogitulojen resoluutio on melko suuri, voi muuntimen mitoitettava suuremmallekin taajuudelle. Tässä työssä taajuus mitoitettiin 1 kHz:iin. Kun haluttu taajuus on tiedossa, voidaan ratkaista kondensaattorin C1-arvo kaavasta:

$$V_0 = V_{CC} * f_{IN} * C1 * R1 \quad (2)$$

jossa

V_0 = Ulostulojännite taajuuden ollessa f_{IN}

V_{CC} = Käyttöjännite

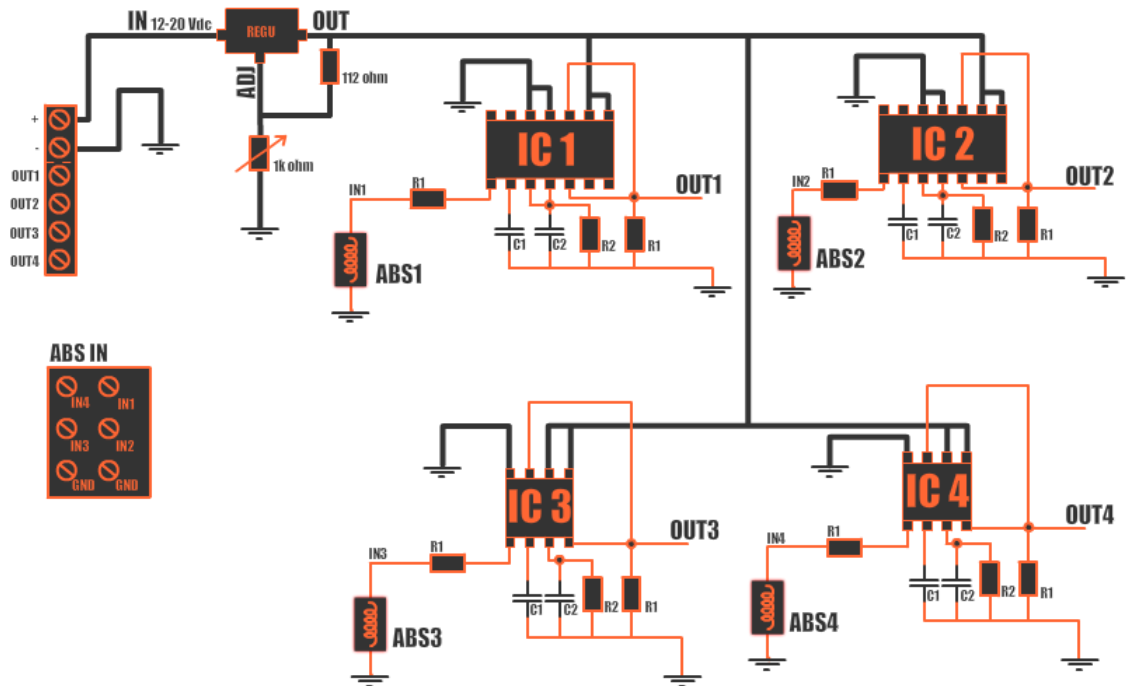
f_{IN} = Taajuus ABS-anturilta

$R1 = 1 \text{ k}\Omega$

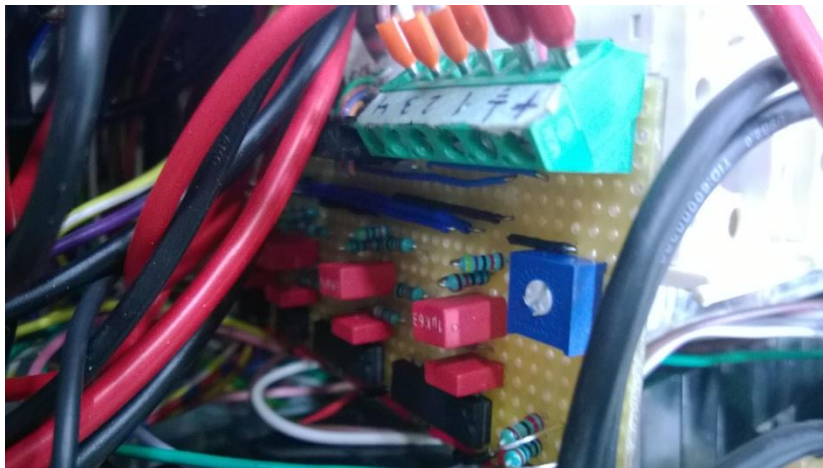
C1 = mitoitettava kondensaattori

Edellä mainitusta kaavasta laskemalla saadaan kondensaattorin arvoksi:

$$C1 = \frac{V_o}{V_{cc} * f_{IN} * R1} = \frac{5 \text{ V}}{8 \text{ V} * 1000 \text{ Hz} * 1000 \Omega} \approx 1 \text{ pF}$$



KUVA 14. Muunninpiirin kytkentäkaavio

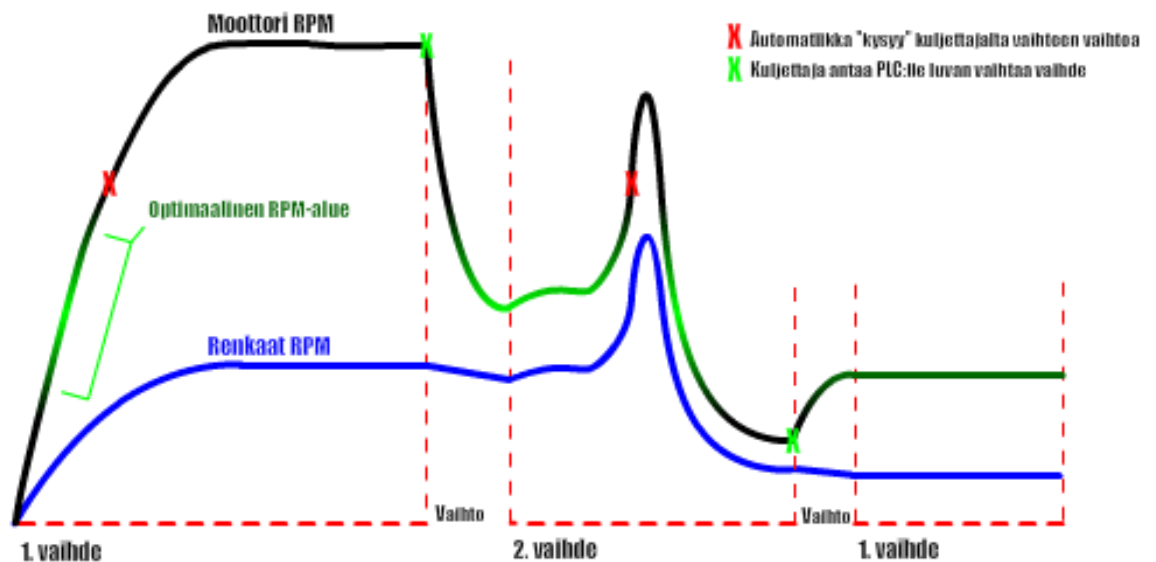


KUVA 15. Muunninpiiri kytkettynä

4.6 Ohjelmointi

Lähtökohtana ohjelmointiin on se, että logiikka ei vaihda vaihteita täysin automaattisesti. Automaattiikka antaa kuljettajalle ilmoituksen kosketusnäyttöön, kun automaattiikka huomaa, että joko suuremmalla tai alemmalla vaihteella sähkömoottori pyörisi optimaalisemmalla kierrosnopeudella. Vasta kun logiikka saa kuskilta luvan vaihtaa vaihdetta, suoritetaan vaihtotapahtuma. Vaihtotapahtumassa vaihdelaatikolta otetaan kuormitus pois, otetaan vaihde pois päältä ja siirretään vapaalle. Moottorin kierrosnopeus asetetaan sopivaksi sille vaihteelle, jolle ollaan vaihtamassa. Vaihtotilanteiden tapahtumia esitetään kuvassa 16. Ohjelmassa vertaillaan renkaiden kierrosnopeuden eroa moottorin kierrosnopeuteen vaihdettavan vaihteen välityssuhteella jaettuna. Jos ero on ± 10 RPM sekä eron muutosnopeus alle 5 RPM/s:n sisällä, voidaan vaihto tehdä.

Vaihdelaatikon ohjelmointia logiikkaan ei tässä työssä käydä läpi, koska CAN-väylältä ei tämän opinnäytetyön aikataulun puitteissa valitettavasti saatu vielä syötettyä moottorin kierrosnopeutta logiikalle.



KUVA 16. Vaihtotapahtumien periaatekuva

5 KULUTUKSEN SEURANTA

5.1 Virranmittaus - LEM HAS -mittamuuntajat

12 V eli auton käyttöakun virran seuraukseen käytetään 50 ampeerin mittamuuntajaa (kuva 18) ja pääakuston virran mittaukseen 600 ampeerin mittamuuntajaa (kuva 19). Kummatkin mittamuuntajat ovat LEM HAS XX-S -mallia, jossa XX esittää virta-arvoa, jolle mittamuuntajat ovat valmistettu. Mittamuuntajien toiminta perustuu Hall-ilmioon. Hall-ilmioon perustuvassa mittamuuntajassa ulostulojännite muuttuu lineaarisesti magneettivuon muuttuessa /1, s.156/.

Mittamuuntajien käyttöjännite on +/- 15 Vdc ja ulostulojännite +/- 4 V (HAS50 0,0125 A/mV ja HAS600 0,15 A/mV). Käyttöjännite mittamuuntajille syötetään Traco Power TEN 5-1223 – DC/DC -piirillä (Kuva 17). DC/DC -piirin sisääntulojännite on +9-18 Vdc ja ulostulojännite +/- 15 Vdc. Piirin antama 200 mA virta riittää syöttämään kumpaakin mittamuuntajaa, jotka ottavat 15 mA kumpikin. DC/DC-piirin syöttöpuoli on kytketty auton omaan sähköjärjestelmään. Piirin sisään- ja ulostulot ovat erotettuja galvanisesti, joten isolointia ei tarvitse tehdä logiikan ja mittamuuntajan välillä.

Mittamuuntajien tulot pitää skaalata logiikassa. Skaalaamalla bittiarvo logiikka laskee todellisen virta-arvon. Logiikassa analogitulon resoluution on 1,42 mV mittausalueella +/- 10 V. Tällöin mittamuuntajien lähettämä 4 V:n signaali jaetaan 2800 ”alueeseen”. Resoluutio määrää tässä tapauksessa tarkkuuden. HAS600-mittamuuntajalta saadaan virta-arvo 213 mA tarkkuudella ja HAS50-mittamuuntajan virta-arvo saadaan 18 mA tarkkuudella. Sisääntulosignaalin AMM 0600 -moduulissa saadaan ohjelmallisesti sovitettua sopivaksi muuttujan arvoksi. Sovittaminen tapahtuu muuttamalla UnityPron kautta moduulin asetuksista ”threshold”-arvoa. Arvon pitää olla -32 768 ja 32 767 välillä. Laittamalla arvoiksi (-)15 000 ja (+)15 000 saadaan riittävä tarkkuus, ja todellinen virta saadaan jakamalla arvo 10. Kun sisääntulossa on 4 V eli 600A HAS600-mittamuuntajalla on logiikan arvo 6 000 ja tämä kun jaetaan 10:llä, saadaan 600 eli todellinen virta-arvo. HAS50-mittamuuntajalla arvot ovat +/-12 500 ja jakajana 100. /5, s.110./

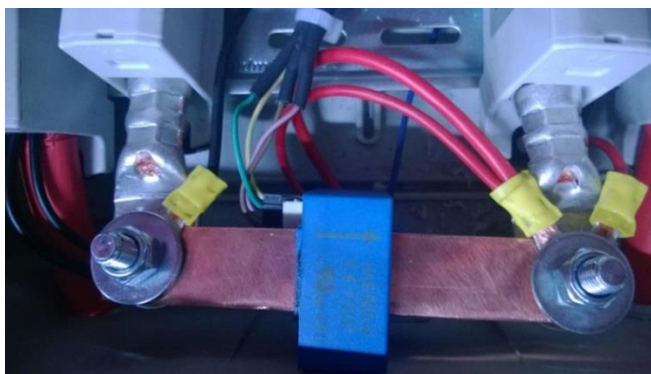


KUVA 17. TRACO POWER DC/DC -piiri logiikkalaatikossa

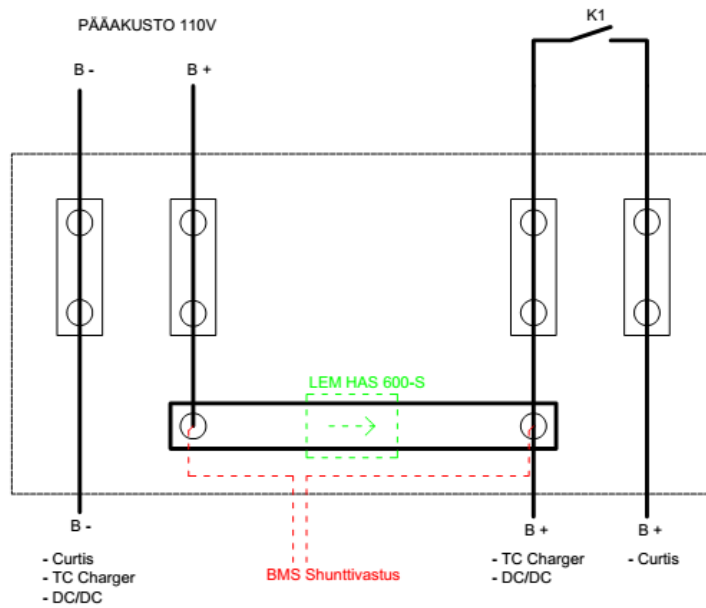
LEM-mittamuuntajien lisäksi akunhallintajärjestelmä tarvitsee oman virranmittauksen. Virranmittaus toteutetaan shunttivastuksella. Kuvassa 19 näkyvä kuparikisko toimii shunttivastuksena. Samaiseen kiskoon on liitetty myös logiikkaan kytkettävä HAS 600-S – mittamuuntaja. Akunhallintajärjestelmään kytkettävät mittauspäät ovat kiinnitetty kiskon kumpaakin päähän mittaamaan kiskon yli olevaa jännitettä. Jännitteen aleneman avulla voidaan laskea, kuinka paljon virtaa kulkee kiskon lävitse. Virran noustessa myös kiskon ylitse syntyvä jännitehäviö kasvaa.



KUVA 18. HAS 50-S -mittamuuntaja käyttöakun päällä



KUVA 19. Shuntti ja HAS 600-S -mittamuuntaja päävirtakytkentälaatikossa



KUVA 20. Päävirtakytkentälaatikon pohjapiirros



KUVA 21. Päävirtakytkentälaatikko kytkettynä

5.2 Jännitemittaus

Jännitemittaus pitää olla galvaanisesti erotettu eli isoitu. Isolaatio voidaan hoitaa esimerkiksi erillisellä isolointimoduulilla. Jännitteen jaon avulla sekä 12 V että 110 V jännitteet saataisiin aseteltua sopiviksi moduulille. Toisena vaihtoehtona on mahdollisuus liittää mikroprosessori Curtisin sarjaliikenneväylään kuuntelemaan väylää. Kolmas vaihtoehto on ottaa käyttöön CAN-väylä moottoriohjaimen (Curtis) ja akunhallintajärjestelmien välillä ja liittää mikroprosessori tai tietokone kuuntelemaan väylää.

Sarjaliikenneväylästä otettu 110V jännitetieto saadaan moottorinohjaimelta. Curtisissa on sarjaliikenneväylä, jota kautta ohjelmointikin tapahtuu. Curtis lähettää väylään tiedot akun jännitteestä, ohjaimen ja moottorin lämpötiloista, moottorin kierrosnopeudesta ja virrasta. Käyttämällä PIC16F877A-mikropiiriä pääsisimme käsiksi moottorinohjaimen lähettämiin tietoihin sarjaväylässä. Mikropiirin sarjaporttiliitäntä erotetaan galvaanisesti Curtisista, jonka jälkeen mikropiirin prosessoimaa tietoa voidaan lähettää eteenpäin eri laitteille. Mikropiiri lähettäisi 0 – 5 V analogisen jännitetiedon PLC:lle pääakuston jännitteen ollessa välillä 90 – 140 V.

Valitettavasti tietojemme mukaan Curtis ei lähetä kaikkea tietoa sarjaliikenneväylään. Tiedot, jotka väylään lähetetään, valitaan moottorinohjaimen näyttöyksikön menupainikkeella. Tämän johdosta tätä tapaa ei voida ottaa käyttöön.

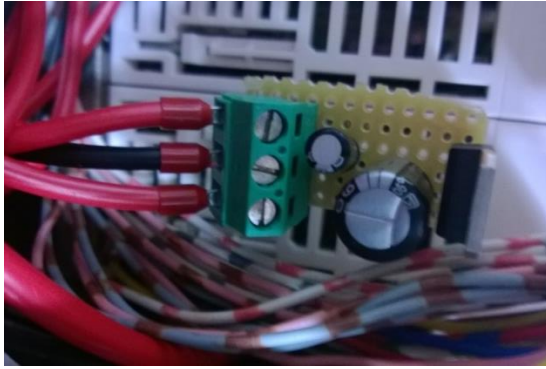
Kolmantena tapana on ottaa käyttöön CAN-väylä moottorinohjaimen ja akunhallintajärjestelmän välillä. Tähän väylään liitettäisiin myös RaspberryPi-linux-tietokone, jolloin saataisiin varmasti tarkka tieto akuston jännitteestä, jopa kennokohtaisesti, koska jännitetieto tulisi suoraan akunhallintajärjestelmältä. RaspberryPi-tietokoneesta pystytään syöttämään analogitietoa PLC:lle.

5.3 Mittaustietojen hyödyntäminen logiikassa

Virran ja jännitteen avulla lasketaan, kuinka pitkälle pääakuston varauksella pystytään ajamaan. UnityPron integraalilohkoon (INTEGRATOR_1) syötetään virrasta ja jännitteestä laskettu teho. Lohko laskee akustolta siirretyn kokonaisenergian.

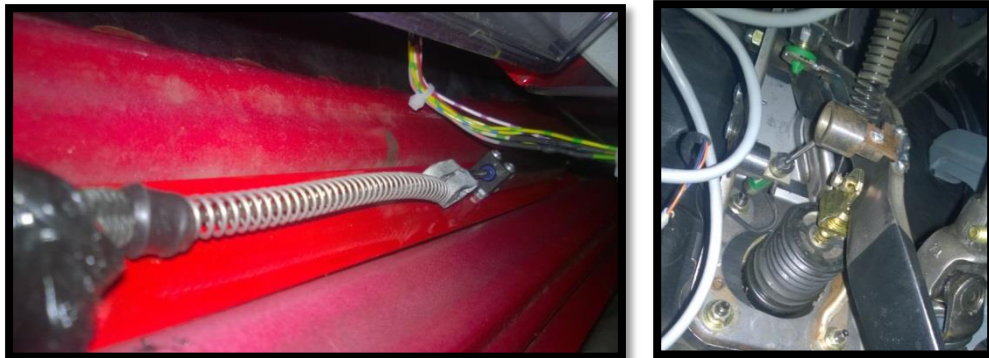
6 KAASU JA JARRU

Kaasun ja jarrun asentotiedot mitataan lineaaripotentiometreillä. Syöttöjännite pitää reguloida, jotta jännitevaihtelut eivät vaikuta potentiometriltä saatuun jännitetietoon. Syöttö on reguloitu Modiconin 24 Vdc:sta 12 Vdc:iin (Kuva 22). Potentiometrit ovat asennettu siten, että jännite logiikan sisääntulossa ei nouse yli 10 Vdc.



KUVA 22. Regulointipiiri potentiometreille

Kaasupolkimen potentiometri asennetaan kiinni alkuperäiseen kaasuvaijeriin. Poljin tarvitsi palautusjousen, joka lisätään vaijerin päähän (oikealla kuvassa 23). Jousen ja vaijerin asentamisessa pitää varmistaa, ettei potentiometriin kohdistu sivuttaisia voimia. Kaasun potentiometri sijaitsee käyttöakun edessä kiinnitettynä keulan puskurirautaan. Jarrupolkimen potentiometri puolestaan asennetaan kiinni polkimeen (vasemmalla kuvassa 23)



KUVA 23. Oikealla kaasupolkimen ja vasemmalla jarrupolkimen potentiimetrit

Kaasun ja jarrun asentotiedot lähetetään logiikalle, jossa analogitulosten arvot siirretään sisäisiin muuttujiin: kaasuun ja jarruun. UnityPro:ssa olevalla operate-lohkolla kaasun asentotieto skaalataan sopivaksi ja siirretään kaasun ulostulo-osoitteeseen liitettyyn muuttujaan (kaasu_OUT). Ulostulon jännite on lähtöön liitetyn muuttujan integerarvo jaettuna 1000. Moottorinohjaimen kaasun jännitetieto on 0 - 5 V, joten laskentaan voidaan määrittää kaasu_OUT:in maksimiarvoksi 5000. Maksimiarvo määritetään, koska tilanteessa, jossa moottorinohjaimen kaasun sisääntulon jännite nousee yli 5 V, ohjain katkaisee syötön moottorille. Moottorinohjaimessa on varaus jarrupotentiometrin asentamiselle, mutta tässä vaiheessa sitä ei kytketty logiikalta eteenpäin,

koska koimme sen tarpeettomaksi. Jarrupolkimen painaminen estää kaasun asentotiedon lähettämisen logiikalta moottoriohjaimelle.

7 KYTKIMET JA LISÄLAITTEET

7.1 Kytkimet

Autoon lisättiin useita kytkimiä, joista tärkeimmät logiikkaan kytketyt kytkimet ovat automaattivaihteiston tapaan D/N/R-kytkin (Kuva 24) sekä hätäseis-kytkin. Kaasutietoa ei logiikalla lähetetä eteenpäin moottoriohjaimelle, ennen kuin D tai R asento on asetettu. Mikäli logiikassa on muita virhetilanteita eikä autoa voi päästää ajoon, ei vaihdekääntimen asennon vaihtaminen vaikuta mihinkään. Käyttöliittymä näyttää automatiikan todellisen tilanteen.



KUVA 24. D/N/R –kytkin

7.2 Pumput

Celicasta poistettiin moottorin irrottamisen yhteydessä ohjaus- ja jarrutehostimen pumput. Auto tarvitsi myös uuden sähköisen nestejäähdytyksen pumpun. Tehostimien pumput vaihdettiin sähköisiksi. Pumppuja ohjataan perinteisillä 12 V autoreleillä, joita ohjataan logiikalla (Kuva 25). Pumppuja ei voida ohjata suoraan logiikkaan liitetyillä 12 V ohjausreleillä huonon virrankestoisuuden johdosta.



KUVA 25. Pumppuja ohjaavat releet

Jarrutehostin tarvitsee alipainepumpun (kuva 26). Alipainejärjestelmään liitettiin alipaineanturi, joka vahtii järjestelmän alipainetta. Kun alipainetta ei ole järjestelmässä tarpeeksi, anturi antaa tiedon logiikalle, joka käynnistää pumpun päälle. Alipainepumppu kuumenee nopeasti, joten on hyvä pitää sitä päällä vain lyhyitä aikoja kerralla. Alipaine häviää järjestelmästä kahdella kunnon polkaisulla ja alipaine saadaan takaisin noin 3 sekunnissa. Logiikkaan on ohjelmoitu 10 s viive anturin tunnistamisen jälkeen. Alipainejärjestelmä vaati myös takaiskuventtiilin pumpun imu- puolelle. Ilman takaiskuventtiiliä pumppu päästää normaalin ilmanpaineen järjestelmään sammuttuaan.



KUVA 26. Alipainepumppu ja taustalla punainen alipaineanturi

Ohjaustehostinta varten autoon hankittiin hydraulipumppu. Pumppu on itsestään säätyvä eikä vaadi logiikan ON/OFF-tiedon lisäksi muita laitteita ohjaukseen. Itse pumpun on yhdistetty myös säiliö. Suuren tehon vuoksi, säästämään käyttöakun kapasiteettiä.

teettä, ohjaustehostin kytketään pois päältä suurissa nopeuksissa (yli 60 km/h). Kyseistä ajonopeutta ja hystereesiä voidaan muokata ohjelmallisesti.



KUVA 27. Ohjaustehostimen hydraulipumppu

Moottorinohjaimen jäähdytys on toteutettu nestekierrolla. Jäähdytysnestettä järjestelmässä kierrättää nestekiertopumppu (kuva 28). Jäähdytysneste kierrätetään kabinetin kautta, jossa lämpöenergia siirretään sisätiloihin. Moottorinohjain ei talvioloissa paljoa pääse kuumenemaan, eikä tämän johdosta riitä nimeksikään lämmittämään sisätiloja. Kesähelteiden vaikutusta ohjaimen lämpötilaan ja jäähdytyksen riittävydestä ei ole vielä voitu tutkia.

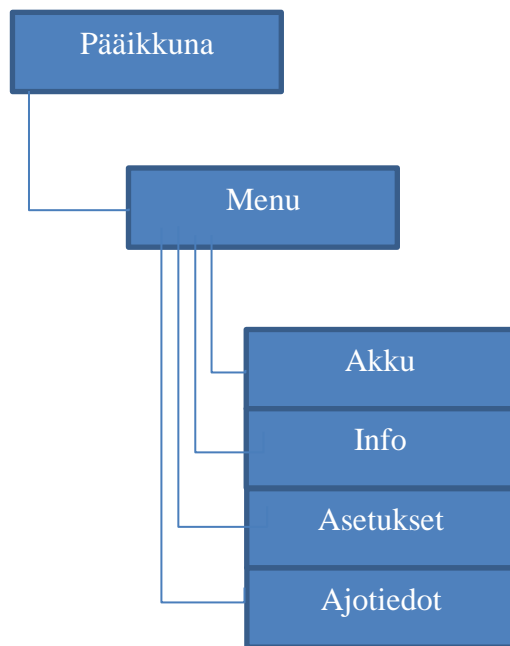


KUVA 28. Nestejäähdytyksen pumppu

8 KÄYTTÖLIITTYMÄ

8.1 Rakenne

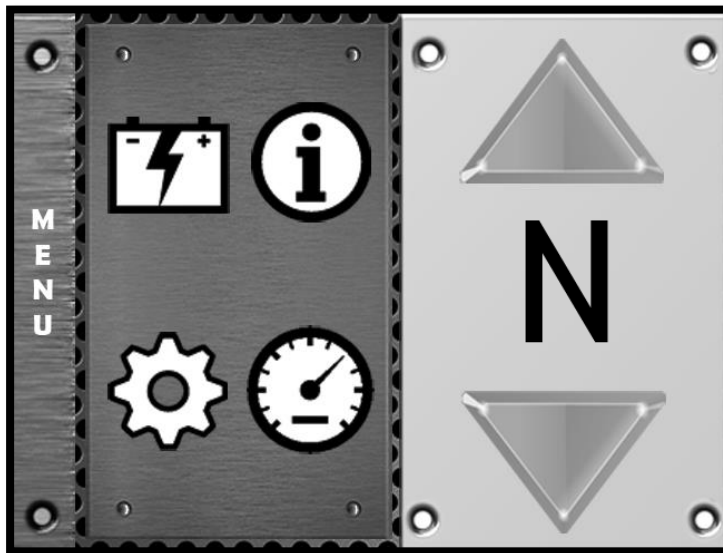
Rakennetta suunniteltaessa pitää käyttöliittymään saada selkeä rakenne ja siirtymisreitit eri osioiden välillä. Kuvassa 28 esitetään käyttöliittymän rakennetta ja sivujen välisiä suhteita. Esimerkiksi Akku-sivulta ei päästä suoraan muihin alisivuihin tai pääikkunaan.



KUVA 28. Käyttöliittymän rakenne

8.2 Ulkoasu

Käyttömukavuuden kannalta on erittäin tärkeää miettiä näytön layoutia. Suunnan valintakytkimen asento on asetettu oikealle puolelle näyttöä ja isolla kirjaimilla näyttämään asentoa. Ulkoasun suunnittelussa lähtökohtana pidin varsinkin pääsivulla ja menu-sivulla yksinkertaisuutta ja selkeyttä. Menu-sivulla on ikonit kuvaamassa alisivuja, jolloin sivun sisällön ymmärtää nopeasti (Kuva 29). Haluttu asia pitäisi saada helposti näytölle, ja tärkeät tiedot pitäisi olla helposti nähtävissä pelkällä nopealla vilkaisulla. Tärkeitä tietoja ovat esimerkiksi, että auto on ajotilassa sekä hälytykset, kuten alhainen akuston varaustila. Hälytykset nousevat näyttöön pop-upeina, joka saadaan suljetta kuittauksen jälkeen. Kuittaus ei kuitenkaan poista hälytystä, joka näytetään päänäytössä niin pitkään, kunnes hälytys on poistunut.



KUVA 29. Menu-sivu

Kosketusnäyttö sijoitettiin keskikonsoliin cd-soittimen tilalle (Kuva 30). Näytön sovitaminen konsoliin vaati hieman leikkaamista ja asettelua, mutta lopulta asettui hienosti paikalleen. Näytön taakse jäävään tilaan jätettiin myös lähiverkon kytkin, joka yhdistää logiikan kosketusnäyttöön. Samaan reitittimeen kytketään myös kaapeli ohjelmointia varten. Ohjelmoinnin verkkojohto on käsijarrun takana sijaitsevassa lokerossa muiden ohjelmointikaapeleiden kanssa (BMS:n CAN-väylä ja Curtisin RS232-väylä).



KUVA 30. Kuvia kosketusnäytön sijainnista ja käyttöliittymästä

9 POHDINTA

Työ onnistui menestyksekkäästi ja eCelica saatiin liikkumaan sähköisenä. Kiireinen aikataulu tuotti loppuvaiheessa hieman ongelmia, ja onneksemme projektissa ei missään vaiheessa tullut suuria takapakkeja. Järjestelmät saatiin toimimaan suhteellisen kivuttomasti. Projekti oli erittäin mielenkiintoinen, ja opin todella paljon uutta monelta eri osa-alueelta. Projektissa tuli tehtyä paljon muutakin kuin työskennelyä automaatiikan parissa. Deadlinen lähestyessä automaatio piti saada vähintään siihen kuntoon, että tärkeimmät laitteet saadaan toimintaan (tehostimien pumput ja moottoriohjaimen ja logiikan väliset kytkennät), koska oli paljon muitakin asioita, mitä autossa piti saada valmiiksi.

Logiikalle löytyi työn loppuvaiheen tienoilla parempi vaihtoehto, joka hieman harmittaa. Jatkokehittelyn osalta kyseinen logiikka olisi ollut paljon monipuolisempi.

Vaihteiston ohjaukseen saatiin rakennettua prototyyppi, jolla testasimme, että vaihteiston ohjaus on mahdollista. Kunhan moottoriohjaimen ja akunhallintajärjestelmän väliseen CAN-väylään saadaan asennettua tietokone, joka lähettää tarkan kierrosnopeuden logiikalle, pystytään vaihteiston automatisointia miettiä uudelleen.

Autoa ei ole vielä rekisteröity tieliikenteeseen. Jotta auton saataisiin rekisteröityä, tarvitsee autossa tehdä muutamia muutoksia katsastusta varten.



KUVA 31. eCelica sähköiseksi muutettuna

LÄHTEET

1. Juhala, Matti – Lehtinen, Arto – Suominen, Matti – Tammi, Kari. Moottorialan sähköoppi. Jyväskylä. Autoalan Koulutuskeskus Oy. 2005
2. Liikenneministeriö. Liikenneministeriön päätös auton rakenteen muuttamisesta 779/1998. Helsinki. 1998.
3. HPEVs. AC-50 Power Graphs. Verkkodokumentti. <http://hpevs.com/power-graphs-ac-50.htm>. Päivitetty 4.2.2014. Luettu 4.2.2014
4. Schneider Electric USA, Inc. Modicon® M340™ automation platform catalog 2010. Schneider Electric. 2010. PDF-dokumentti DIA6ED2081007EN-US.pdf.
5. Schneider Electric. Modicon M340 with Unity Pro - Analog input/output modules - User manual. Schneider Electric. 2008. PDF-dokumentti. 35011978.02-EN.pdf.
6. Mikkelin ammattikorkeakoulu. MAMK lyhyesti. Verkkodokumentti. <http://www.mamk.fi>. Päivitetty 17.2.2014. Luettu 18.2.2014
7. Schneider Electric. M340 CPU340-20 ETHERNET + CANOPEN - Tekniset tiedot. www-sivu. <http://ecatalogue.schneider-electric.fi/ProductSheet.aspx?productId=600285&groupid=33355&navid=25102&navoption=1>. Päivitetty 10.2.2014. Luettu 10.2.2014.
8. Schneider Electric Industries SAS. Automation platform - Modicon M340 – Simply the natural choice. Schneider Electric. 2006. PDF-dokumentti. 0900766b80ba3269.pdf.
9. Stefanini, Susan. Powertrain — transmissions: Shift in power to the gearbox. AMS (UnofficialBMW.com). 2003. PDF-dokumentti. <http://www.unofficialbmw.com/images/SHIFT1.pdf>.
10. Ehrnrooth, Kari. Voimansiirtokurssin kurssimateriaali. MAMK. 2013
11. Bosch, Robert. Automotive Handbook (3. painos). Bosch. 1993.
12. Schneider Electric. Magelis XBT GT User Manual. 2006.
13. Strömman, Mika. IEC 61131-3. Aalto-yliopisto. 2005.