

Juho Pynnönen

Alustan ohjauksen suunnittelu

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Auto- ja kuljetustekniikka

Insinöörityö

8.5.2015

Tekijä(t) Otsikko	Juho Pynnönen Alustan ohjauksen suunnittelu
Sivumäärä Aika	15 sivua + 1 liite 8.5.2015
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Auto- ja kuljetustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Autosähkötekniikka
Ohjaaja(t)	Projekti-insinööri Niklas Zuban
<p>Tässä insinööriyössä toteutettiin alustan automaattinen ohjaus Biofore-konseptiautoon. Bioforessa oli työn alkaessa toimiva ilmajousitteinen alusta ilman automaattista korkeudensääntöä. Korkeudensäädön avulla korvataan ksenon ajovaloilta puuttuva automaattinen korkeudensääntö</p> <p>Työ sisältää ohjainlaitteen ohjelmoinnin CANopen- protokollaperhettä tukevalla CoDeSys-ohjelmistossa. Ohjelmoidun ohjainlaitteen lisäksi järjestelmälle toteutettiin anturointi tarvittavia korkeus- ja painetietoja varten</p> <p>Insinööriyön lopputuloksena syntyi toimiva alustan ohjaus. Tavoitteena ollut ksenonajovalojen automaattinen korkeudensääntö toteutui.</p>	
Avainsanat	CoDeSys, ilmajousitus, CANopen, ohjainlaite

Author(s) Title Number of Pages Date	Juho Pynnönen Design of an Automatic Chassis Control 15 pages + 1 appendix 8 April 2012
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automotive and Transport Engineering
Specialisation option	Automotive Electronics Engineering
Instructor(s)	Niklas Zuban, Project Engineer
<p>The objective of this Bachelor's thesis was to develop an automatic chassis control for the Biofore concept car. At the beginning of this project Biofore had a complete chassis with air springs without an automatic height control system. The main objective was to create a height control system with an automatic chassis control which the Xenon lights of the car require.</p> <p>The thesis includes programming of the control unit with CoDeSys software that supports the CANopen protocol. In addition to designing the chassis control system installation of the sensors to height and pressure adjustment information was carried out.</p> <p>As a result of the thesis, the chassis can now adjust itself automatically. Also the Xenon lights are now automatically leveled.</p>	
Keywords	CoDeSys, CANopen

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Toteutus	2
2.1	Testipenkki	2
2.2	Autoon asennus	3
2.3	Kytkentäkaavio	3
2.4	Anturit	5
2.4.1	Hall-anturi	5
2.4.2	Paineanturi	6
2.5	Kompressori	6
3	CANopen	7
3.1	CANopen-verkon rakenne	7
3.2	Ohjainlaite	7
4	Ohjelmointi	8
4.1	CoDeSys	8
4.1.1	CFC	8
4.1.2	ST	11
4.2	MultiTool	13
4.2.1	Viestien lähetys ja vastaanotto	13
4.3	Kvaser	14
4.4	CANmoon	14
5	Pohdintaa ja yhteenveto	15
	Lähteet	16
	Liitteet	
	Liite 1. Epec 3606	

Lyhenteet

A	Ampeeri. Virran SI-järjestelmän mukainen mittayksikkö.
bar	Baari. Paineen SI-järjestelmän lisäyksikkö.
CAN	Controller Area Network.
CFC	Continous Function Chart. CoDeSys graafinen ohjelmointitapa.
CoDeSys	Controller Development System. Ohjelmistoympäristö.
EMC	Electromagnetic compatibility. Sähkömagneettinen yhteensopivuus
FBD	Function Block Diagram. IEC-61131-3. Graafinen ohjelmointitapa.
GT	Greater Than. Suurempi kuin.
IL	Instruction List. IEC-61131-3-ohjelmointitapa.
I/O	In/Out. Sisääntulo/Ulostulo.
LD	Ladder Logic. IEC-61131-3. Graafinen ohjelmointitapa.
LT	Less Than. Vähemmän kuin.
LPM	Liter per minute. Litraa minuutissa.
PLC	Programmable logic controller. Ohjelmoitava logiikkaohjain.
SFC	Sequential Function Chart. IEC-61131-3 Graafinen ohjelmointitapa.
ST	Structured Text. IEC-61131-3-ohjelmointitapa.
V	Voltti. Jännitteen SI-järjestelmän mukainen mittayksikkö.
OR	Tai.

1 Johdanto

Insinööriytyö on toteutettu Metropolia ammattikorkeakoulun Biofore-konseptiautoprojektiin. Projekti lähti käyntiin vuonna 2010 yhteistyössä UPM:n kanssa. Biofore-konseptiauton suunnittelussa pääpainona on ollut käyttää innovatiivisia uusiutuvia biomateriaaleja, jotka voisivat korvata muovin. (kuva 1) Tavoitteena on automatisoida paineilmalla toimiva alusta. Tyyppihyväksyntää varten ksenonvalot tarvitsevat automaattisen korkeusäädön. Tämä toteutetaan alustan avulla.

Opinnäytetyössä on tarkoitus rakentaa alustan ohjaukseen toimiva kokonaisuus osaksi jo olemassa olevaa korisähköjärjestelmää. Tässä käsitellään ilmajousituksen vaatimia antureita, venttiileitä sekä muita komponentteja. Ohjaus on tarkoitus tuottaa erillisellä CANopen-protokollaperheellä tukevalla ohjainlaitteella. Työkaluina ohjelmoinnissa käytetään CoDeSys-ohjelmointiympäristöä, sekä ohjainlaitevalmistaja Epecin tuottamia Multi-Tool- ja CanMoon-ohjelmistoja.

Työssä on ensin suunniteltu ja testattu toimiva venttiilien ohjaus. Tämän jälkeen järjestelmä on siirretty autoon ja suunniteltu sopiva anturointi sekä ohjelma ohjainlaitteelle.



Kuva 1. Biofore-konseptiauto [1]

2 Toteutus

Suunnittelu lähti käyntiin aiemman työn kartoituksesta autossa. Autossa oli jo neljä magneettiventtiiliä ohjaamassa kahta paineilmalinjaa, etupään ja takapään jouset. Tavoitteena on kuitenkin erottaa edessä jouset kahdeksi erilliseksi linjaksi, jotta mahdolliset painojakaumat pystytään ottamaan paremmin huomioon. Takana tähän ei kuitenkaan ollut tarvetta, koska siellä on jäykkä taka-akseli. Takajousille oli kuitenkin tarkoitus laittaa venttiili, joka erottaa jouset ajon aikana. Näin saadaan jäykkyyttä takapäähän. Tämä auttaa kaarre ajamisessa, kun ilma ei pääse siirtymään toisesta jousesta toiseen.

Jokainen linja tarvitsee oman korkeustiedon, jotta tarkka säätö on mahdollista. Korkeus-tieto oli suunniteltu tuotettavan hall-antureilla. Jokainen linja ja ilma-tankki vaatii oman paineanturin mahdollisia vikatilanteita tai ylikuormasta varten.

2.1 Testipenkki

Tarkoituksena oli tehdä testipenkki venttiilinohjauksen testausta varten. Testipenkki muodostui ilmatankista, neljästä jo autossa olleesta SMC VXD2130-04F-6D01-magneettiventtiileistä ja tätä projektia varten hankitusta Epec 3606- ohjainlaitteesta. Magneettiventtiilit ovat normaalisti kiinni ja niitä ohjataan virralla. Paine järjestelmään tuotiin ulko-puoliselta kompressorilta. Ohjainlaitteelle suunniteltiin yksinkertainen koodi, jolla pystytään ajamaan venttiileitä auki ja kiinni. Tarkoituksena oli tehdä karkea arvio venttiileiden soveltuvuudesta autokäyttöön. Huomioon tuli ottaa virran kulutus, venttiilin sulku ja aukaisunopeus sekä mahdolliset vikatilanteet.

Testipenkissä saatiin mitattua venttiilien käyttämä virrankulutus, ja se vastasi hyvin valmistajan ilmoittamaa. Venttiili vei 0,87 A. Venttiilien virran kulutus on tiedettävä etukäteen, jotta pystytään ennakoimaan, mistä virta venttiilille otetaan. Venttiileitä pystytään ajamaan suoraan ohjainlaitteella, koska siltä pystyy ottamaan suurimmillaan 3 A:n virran. Venttiileitä ei tarvitse olla päällä kerrallaan kolmea enempää, koska poisto- ja menoventtiiliä ei tarvitse avata samanaikaisesti. [2, s. 20.]

Venttiilit aukeavat ja sulkeutuvat hyvin autossa käytettävällä painealueella. Valmistajan ilmoittamia millisekuntien viiveitä ei käytännössä ajoneuvokäytössä huomaa. Venttiilien virtausnopeus on liian suuri ilman rajoittamista. Virtauksen nopeutta ei voi kuitenkaan

hallita magneettiventtiileillä. Mekaaniset säädettävät virtauksenrajoittimet ovat käytännölliset testikäytössä, kun ei vielä tiedetä haluttuja virtausnopeuksia ja tarkkoja painealueita, mitä käytetään. Suoraan oikean virtausnopeuden laskeminen olisi ollut haastavaa.

Toinen vaihtoehto magneettiventtiileille oli SMC PVQ31-5G-01F-proportionaaliventtiilit, joilla virtausnopeutta pystyi säätämään. [3, s. 3.] Näitä testattiin myös testipenkissä. Proportionaaliventtiilit kuitenkin lukkiutuvat helposti, jos paine-ero kasvaa poistopuolella suuremmaksi kuin tulopuolella. Tarkoitukseen sopivia proportionaaliventtiileitä on markkinoilla, mutta niiden hankkimiselle hinta tuli esteeksi.

Todennäköisimmät vikatilanteet, mitä magneettiventtiileihin voi tulla, on paine-eroista johtuvat tilanteet. Testipenkissä pystyttiin havaitsemaan vuoto venttiilin poistopuolelta tulopuolelle, kun poistopuolen paine kasvoi suuremmaksi kuin tulopuolen. Magneettiventtiili ei kuitenkaan lukkiutunut niin kuin proportionaaliventtiili.

2.2 Autoon asennus

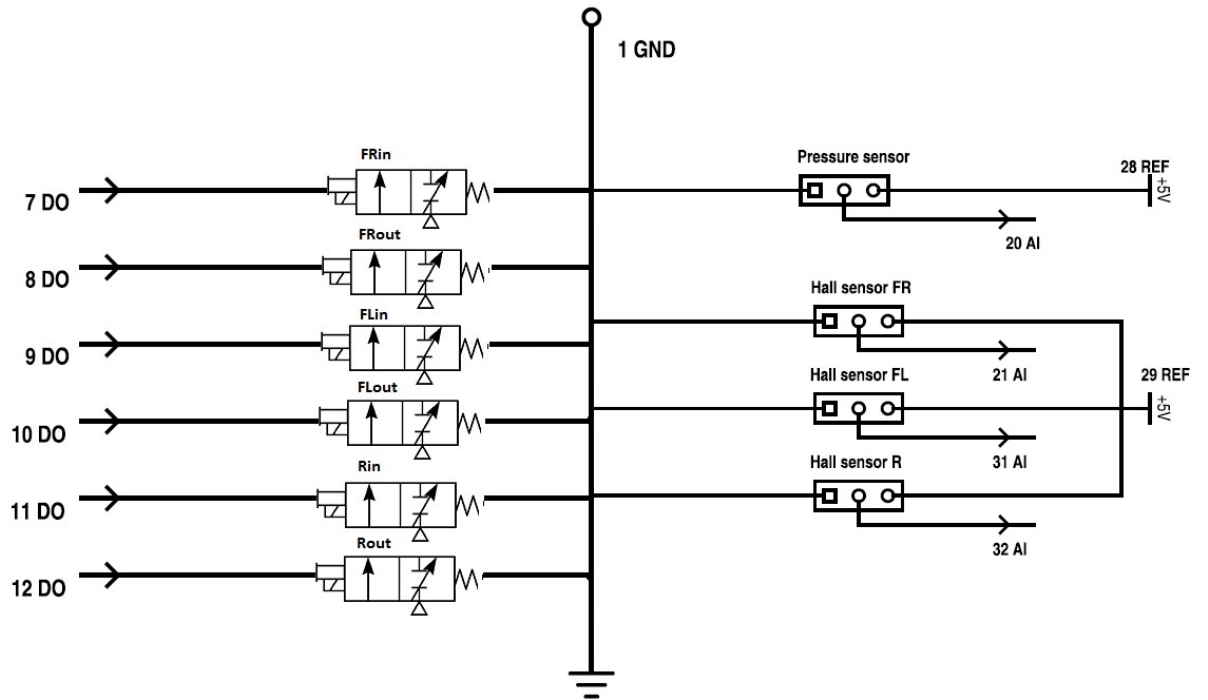
Autosta vapautui hyvä tila vanhojen paineilma-asennusten paikalta takaosan tavaratilan pohjan alle. Taakse sijoitettiin ohjainlaite, 6 magneettiventtiiliä, ilmatankki, 3 mekaanista virtauksenrajoitinta ja 3 paineanturia.

Teräksinen ilmatankki on tilavuudeltaan 12 litraa ja kestää suurimmillaan 13 baaria. Ilmatankkiin tuotetaan edessä olevalla Viair 350C -kompressorilla.

Etujousien ja takajousien poistopuoli ovat erillisiä linjoja, joiden päissä käytetään äänenvaimenninta. Venttiilit sijoitettiin yhdeksi ryhmäksi ilmatankin ja ohjainlaitteen viereen.

2.3 KytKentäkaavio

Alustan ohjauksen venttiilien ja anturien johdotus näkyy oheisessa kaaviossa (kuva 2). KytKentäkaaviossa näkyvät lähdöt ja tulot on luetteloitu (taulukko 1). Kuvasta puuttuu laitteen 24-pinni joka on ohjainlaitteen virta. Lisäksi muille ohjainlaitteille on jaettu kaksi paineanturia, kompressorin heräte ja virta. Kaikki johdotukset tehtiin suojatun metallisukan sisään, jotta elektromagneettisia häiriöitä ei syntyisi.



Kuva 2. Alustan ohjauksen kytkentäkaavio

Taulukko 1. Kytkentäkaavion pinniselite

Pinni		
1	GND	
7	Digital Output	Magneettiventtiili etuoikea sisään
8	Digital Output	Magneettiventtiili etuoikea ulos
9	Digital Output	Magneettiventtiili etuvasen sisään
10	Digital Output	Magneettiventtiili etuvasen ulos
11	Digital Output	Magneettiventtiili taka-akseli sisään
12	Digital Output	Magneettiventtiili taka-akseli ulos
20	Analog Input	Paineanturi ilmatankki
21	Analog Input	Hall-anturi etuoikea
28	5V REF	
29	5V REF	
31	Analog Input	Hall-anturi etuvasen
32	Analog Input	Hall-anturi taka-akseli

2.4 Anturit

2.4.1 Hall-anturi

Valitut hall-anturit toimivat $5 \pm 0,5$ V:n käyttöjännitteellä, joka saadaan suoraan Epec 3606-ohjainlaitteen referenssi ulostulosta. Käytössä on Honeywellin RTY sarjan 90 asteen anturit, jotka tuottavat jännitteen 0,5 - 4,5 V [4, s. 6]. Edessä olevien Hall-antureiden liikerata oli liian lyhyt hyvän tiedon saamiseksi, joten ne suunniteltiin uudelleen. Tarkoituksena oli kasvattaa liikerataa, jotta virhemarginaali pienenisi. Takana Hall-anturin liike oli valmiiksi jo riittävä. Anturit kalibroitiin mittaamalla pyöränkaaren korkeuseroa suhteessa anturin jännitteen muutokseen (kuva 3).



Kuva 3. Hall-anturin kalibrointi.

2.4.2 Paineanturi

Pauli Nevalainen oli aiemmin suunnitellut ja valmistanut paineanturit projektiin. Ne toimivat 5 V:n nimellisjännitteellä, mikä saadaan Epec 3606:n referenssiulostulosta. Paineanturiryhmässä on yhteensä kolme anturia paineelle. Painetieto tarvitaan ilmasäiliöstä sekä etu- ja takapäältä. Ilmasäiliön paine tarvitaan, jotta voidaan ohjata kompressorin käyttöä. Tarvittaessa voidaan myös estää jousille menevien venttiilien aukaisu liian alhaisen käyttöpaineen vuoksi. Etu- ja takajousien painetta täytyy tarkkailla ylikuormauksen ja mahdollisten vikatilanteiden vuoksi. Etupään jousipusseilla suurin paine on 6 bar ja takapäällä 8 bar.

2.5 Kompressori

Viair 350C-kompressorin tuottamaan ilmamäärään vaikuttaa suuresti vastapaine ilmatankin puolella (taulukko 2). Esimerkiksi 19 litran ilmatankin täyttö 0 baarista 7,2 baariin kestää 5 minuuttia 55 sekuntia. Saman tankin täyttö 0 baarista 10 baariin kestää 9 minuuttia 45 sekuntia. Virran kulutus myös kasvaa mitä korkeampi paine vastapuolella valitsee. [5]

Taulukko 2. Kompressorin ilmantuotto ja virrankulutus eri vastapaineilla, 13,8 V:lla [5]

BAR	LPM	A
0	33.0	12
1.0	30.5	14
2.0	29.0	16
3.0	27.5	17
4.0	26.0	17
5.0	24.5	18
6.0	23.0	19
7.0	21.5	19
8.0	20.0	19
9.0	19.0	19
10.0	18.0	19

3 CANopen

CAN-väylä eli Controller Area Network on kehitetty reaaliaikaiseen ja suojattuun tiedonsiirtoon [6, s. 5]. Sen kehittäjä ajoneuvoteollisuudellekin komponentteja valmistava yritys Bosch ajoneuvon väyläksi. CAN-väylä levisi myös muualle, esimerkiksi teollisuuden automaatiojärjestelmiin.

CANopen on tästä kehitetty avoimeen lähdekoodiin perustuva protokollaperhe. Sitä on sovellettu monelle eri alalle, esimerkiksi sotilasajoneuvot, laivat ja tuulivoimalat. Sen etuja räätälöityyn väyläjärjestelmään verrattuna on standardisoitu yhteensopivuus muiden antureiden, toimilaitteiden ja sovellusalustojen kanssa. [7]

3.1 CANopen-verkon rakenne

CANopen-väylä koostuu kahdesta tai useammasta ohjainlaitteesta, kuitenkin enintään 127. Jokainen ohjainlaite on ensisijaisesti ns. master eli isäntä. Väylään lähetetyt viestit tavoittavat kaikki ohjainlaitteet, mutta jokaisella viestillä on omat tunnisteensa, joten ohjainlaite tietää kuuluuko viesti sille. Tämä vähentää saman tiedon lähettämistä monta kertaa, koska useampi ohjainlaite voi lukea saman viestin. Yhden ohjainlaitteen rikkoutuminen ei kaada koko verkkoa. Ohjainlaitteet eivät tiedä ovatko muut hereillä, jos sitä ei erikseen kysytä. Usein muiden ohjainlaitteiden tarkastaminen tehdään tarkastusviestin tai puuttuvan sovitun aikaan sidotun viestin avulla. Tiedonsiirto tapahtuu yleensä kierrettyä parikaapelia pitkin. Johtimia kutsutaan CAN-high- ja CAN-low-johtimiksi. Toinen kaapeleista pienentää ja toinen kasvattaa jännitettä. Näin saadaan luotettava bittiliikenne.

3.2 Ohjainlaite

CANopen-väylään sopivia ohjainlaitteita valmistaa suomalainen Epec Oy. Alustan ohjainlaitteelle on vaatimuksena yhteensopivuus jo autossa olevien ohjainlaitteiden kanssa, kattavat liitännät ja EMC-suojattu rakenne. Auton korielektroniikan ohjainlaitteena toimii Epec 2024 PLC-ohjainlaite, joten alustan ohjainlaitteeksi valikoitui uudempi saman valmistajan laite Epec 3606 PLC-ohjainlaite. Siitä löytyy 21 I/O-liitäntää ja kokonaisuudessaan 35 liitäntää (liite1). [8]

Suurin osa Epec 3606-ohjainlaitteen I/O-liitännöistä pystytään valitsemaan tarvittavan käyttökohteen mukaan. Ohjelma ohjainlaitteelle asennetaan CAN-liittimen kautta.

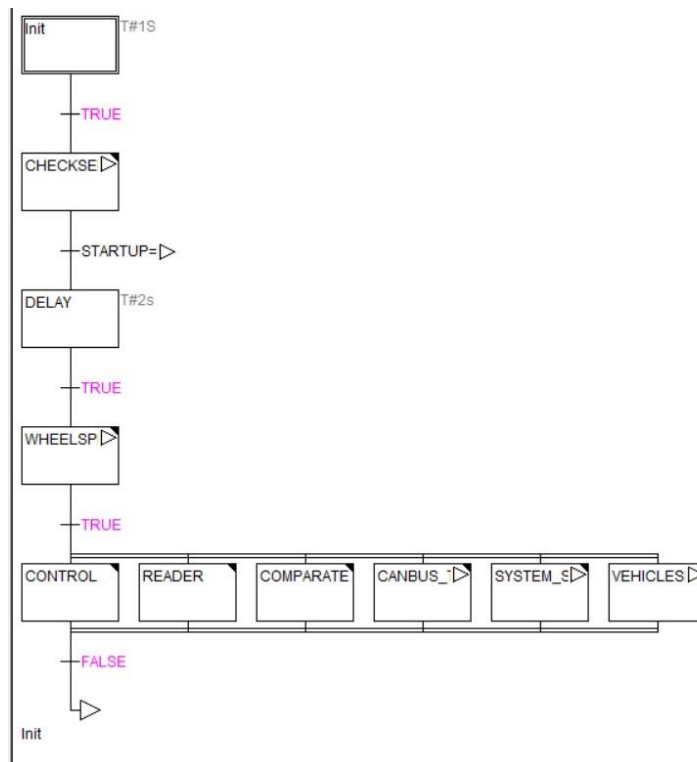
4 Ohjelmointi

4.1 CoDeSys

CoDeSys on ohjauslaitteiden ohjelmointiin tarkoitettu ohjelmistoympäristö. Ohjelma käyttää IEC 61131-3 -standardia. Siinä on mahdollisuus käyttää kaikkia viittä standardin tukemaa ohjelmointitapaa. Ne ovat kaksi erilaista tekstieditoria IL ja ST sekä kolme graafista editoria LD, FBD ja SFC. Näiden lisäksi myös löytyy IEC 61131-3 -standardin ulkopuolinen graafinen ohjelmointitapa CFC. Nämä antavat laajat mahdollisuuden tehdä saman asian monella eri tapaa. Työssä käytän CFC-, FBD- ja ST-editoreita. [9]

4.1.1 CFC

Continous Function Chart on graafinen editori. Se on vapaampi malli FBD:stä. Se soveltuu hyvin ohjainlaitteen perusrungoksi (kuva 4). Perusrunko on luotu CFC-editorilla, joka selkeyttää ohjelmointia, kun se voidaan jakaa pienempiin osiin. Jokaisen osan voi ohjelmoida haluamallaan editorilla. [9]



Kuva 4. CoDeSys-ohjelman perusrunko.

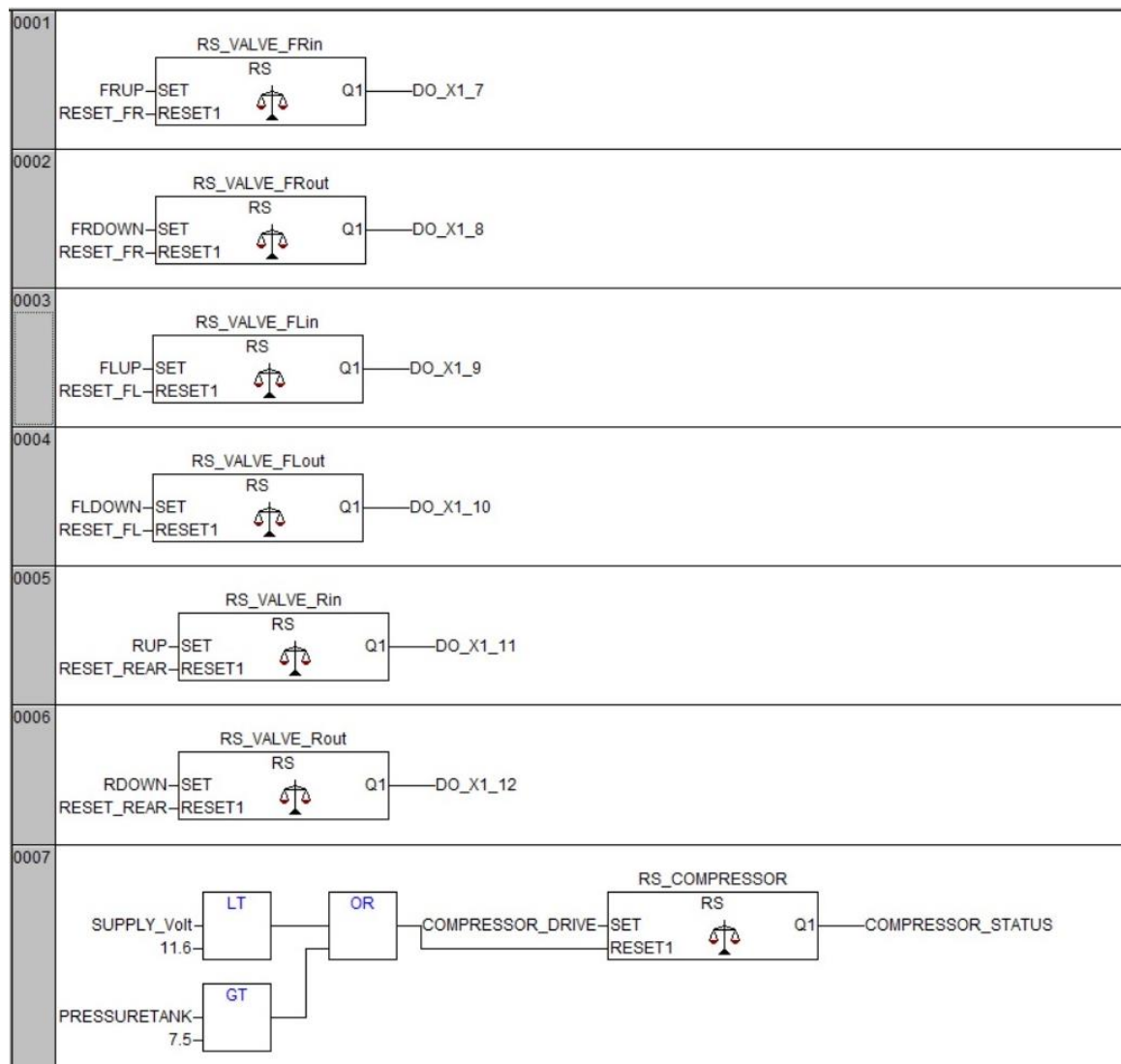
Ohjelman perusrunko alkaa CHECKSENSOR-kohdalla, jossa tarkistetaan antureilta tuleva tieto. Antureille on määritelty rajat, joiden sisällä niiltä tulevan tiedon on oltava. CHECKSENSOR havaitsee vioittuneen anturit ja estää tarvittaessa ohjelman suorittamisen eteenpäin. Jos kaikki on kunnossa, STARTUP muuttuu todeksi ja voidaan siirtyä eteenpäin.

Seuraavaksi tarkastellaan WHEELSPIN-kohdassa renkaan pyörimistä. Siinä määritellään luettava tulo sekä muutetaan tieto nopeudeksi.

Itse säätö ja antureiden tarkkailu on jaettu viiteen eri ST-osioon ja yhteen FBD-osioon. Näin ohjelma on saatu jaettua pienempiin osiin, joita on helpompi tarkastella.

FBD

Function Block Diagram on graafinen editori. [9, s. 31] Se soveltuu hyvin esimerkiksi venttiilien ohjaukseen. (Kuva5) Magneettiventtiilien ohjaus toteutettiin Resetting bistable function blockilla. Siinä on kaksi sisääntuloa SET ja RESET1 sekä yksi ulostulo Q1. SET sisääntulo määrittää, milloin funktio muuttuu todeksi, ja RESET1 sisääntulo milloin epätodeksi. Ulostuloksi määriteltiin Q1, joka on venttiilin I/O-lähtöpinni. SET:n ja RESET1:n käyttämät muuttujat määritellään ST:ssä.



Kuva 5. CoDeSys, FBD, venttiileiden ja kompressorin ohjaus.

Kompressorin ohjaus toteutettiin myös FBD:llä. Kompressorin ohjaukskäsky lähetetään ajoneuvon edessä sijaitsevalle ohjainlaitteelle. Sen RS RESET1 -tulossa käytetään myös kolmea muuta blockia, LT, GT ja OR. Nämä ovat yksinkertaisia logiikkapiirejä. Ne

lopettavat kompressorin käytön, jos akun varaus laskee alle 11,6 V:iin tai ilmatankin paine nousee yli 7,5 baarin.

4.1.2 ST

Structured Text on tekstieditori. Se muistuttaa ohjelmoinnissa paremmin tunnettua C-kieltä. Se koostuu valmiista korkean tason komennoista, esimerkiksi IF, THEN ja ELSE. [9, s. 20.]

```

0001 HIGHTFR_RAW:=AI_X1_21;
0002 HIGHTFL_RAW:=AI_X1_31;
0003 HIGHTR_RAW:=AI_X1_32;
0004 PRESSURE_RAW:=AI_X1_20;
0005
0006 PRESSURETANK :=WORD_TO_REAL(AI_X1_20)*(5.0/1023.0)/0.159;
0007
0008 IF SUPPLY_Volt > 12.0 THEN
0009     BATTERY_VOLTAGE_OK := TRUE;
0010 ELSE
0011     BATTERY_VOLTAGE_OK := FALSE;
0012 END_IF
0013 IF PRESSURETANK > 1 THEN
0014     PRESSUREOK:=TRUE;
0015 ELSE
0016     PRESSUREOK:=FALSE;
0017 END_IF
0018
0019 IF PRESSURETANK < 6 THEN
0020     COMPRESSOR_DRIVE := TRUE;
0021 ELSE
0022     COMPRESSOR_DRIVE := FALSE;
0023 END_IF
0024

```

Kuva 6. CoDeSys, ST, antureiden lukeminen

Antureilta tuleva 0–5 V:n analog inputiin ohjelma tulkitsee WORD-muodossa eli 0-65535-arvon välillä (liite 2). Tätä ei tarvitse muuttaa selkeämpään muotoon Hall-antureilta, koska anturit kalibroidaan suhteessa auton korkeuteen. Anturilta tulevat tiedot taulukoidaan vastaamaan korkeutta ja näin luodaan taulukko, josta haetaan korkeutta vastaava arvo. Paineantureilta tuleva data muutetaan suoraan lausekkeella näyttämään painetta baareina. Painetietoa on helpompi käyttää, kun sen pystyy lukemaan suoraan baareina.


```

0003 (*FR*)
0004 IF HIGHTFR_RAW_COMMAND > POSFRRAW[indexFR]+5 AND VALVE_RESET_TIMER.Q = FALSE THEN
0005   FRUP:=TRUE;
0006   FRDOWN:=FALSE;
0007   RESET_FR:=FALSE;
0008 ELSIF HIGHTFR_RAW_COMMAND < POSFRRAW[indexFR]-5 AND VALVE_RESET_TIMER.Q = FALSE THEN
0009   FRDOWN:=TRUE;
0010   FRUP:=FALSE;
0011   RESET_FR:=FALSE;
0012 END_IF
0013 IF HIGHTFR_RAW_COMMAND < POSFRRAW[indexFR]+10 AND HIGHTFR_RAW_COMMAND > POSFRRAW[indexFR]-10 AND VALVE_RESET_TIMER.Q = FALSE THEN
0014   FRDOWN:=FALSE;
0015   FRUP:=FALSE;
0016   RESET_FR:= TRUE;
0017 END_IF

```

Kuva 7. CoDeSys, ST, venttiileiden ohjauksen logiikkaa.

FBD:lle menevät muuttujat määritellään yksinkertaisen logiikan kautta. Esimerkkinä (kuva 7) oikeanpuolen etujousen määrittely. FRUP muuttuu todeksi, jos korkeustavoite on pienempi kuin esiasetettu korkeus. Tähän kuitenkin lisätään vielä pieni marginaali, koska tällä saadaan vakautettua säätöä. Sama logiikka toimii järjestelmässä kaikille meno- ja poistiventtiileille. Venttiili tarvitsevat myös erillisen sulkukomennon RESET1. Tämä on toteutettu arvovälillä, mikä on kaksi kertaa suurempi kuin nosto- ja laskukomennoissa oleva marginaali.

```

0001 (* READ PRESET HIGHT VALUES FROM CAN AND SET CALLED VALUE TO BE EXECUTED*)
0002 CANHIGHT1 := CANI_READ_BYTE_1_BIT_0;
0003 CANHIGHT2 := CANI_READ_BYTE_1_BIT_0;
0004 CANHIGHT3 := CANI_READ_BYTE_1_BIT_0;
0005 IF (CANHIGHT1 = TRUE AND CANHIGHT2 = TRUE) OR (CANHIGHT1 = TRUE AND CANHIGHT3 = TRUE) OR (CANHIGHT2 = TRUE AND CANHIGHT3 = TRUE) THEN
0006   HIGHT_ERROR := TRUE;
0007 ELSIF CANHIGHT1 = TRUE AND CANHIGHT2 = FALSE AND CANHIGHT3 = FALSE AND ACCESPT_HIGHT_CHANGE = TRUE THEN (*Alin esiasetettu korkeus*)
0008   HIGHTCALL := 30;
0009   HIGHT_ERROR := FALSE;
0010 ELSIF CANHIGHT1 = FALSE AND CANHIGHT2 = TRUE AND CANHIGHT3 = FALSE AND ACCESPT_HIGHT_CHANGE = TRUE THEN (*Keki esiasetettu korkeus*)
0011   HIGHTCALL := 50;
0012   HIGHT_ERROR := FALSE;
0013 ELSIF CANHIGHT1 = FALSE AND CANHIGHT2 = FALSE AND CANHIGHT3 = TRUE AND ACCESPT_HIGHT_CHANGE = TRUE THEN (*Ylin esiasetettu korkeus*)
0014   HIGHTCALL := 70;
0015   HIGHT_ERROR := FALSE;
0016 ELSE
0017   HIGHT_ERROR := FALSE;
0018 END_IF
0019
0020 IF HIGHT_ERROR = FALSE AND HIGHTCALL <> HIGHTCALL_old THEN
0021
0022   VALVE_RESET_TIMER(IN:=TRUE, PT:=T#500ms);
0023 (*FR*)
0024 FOR i := 1 TO 19 BY 1 DO
0025   IF HIGHTCALL = POSFRMM[i] THEN
0026     HIGHTCALL_old := HIGHTCALL;
0027     indexFR := i;
0028   END_IF
0029 END_FOR

```

Kuva 8. CoDeSys, ST, esiasetetut ajokorkeudet

Esiasetettuja ajokorkeuksia on kolme. (kuva 8) Näiden ohjaus tapahtuu kolmella muuttujalla, jotka tulevat edessä sijaitsevalta ohjainlaitteelta. Korkeuden muutos on taulukoitu vastaamaan anturilta tulevaa arvoa vastaavaksi. Näin ollen pyyntö korkeuden muutokseen pystytään esittämään suoraan millimetreissä.

4.2 MultiTool

MultiTool on Epecin järjestelmän suunnittelu- ja konfigurointityökalu. MultiToolin avulla luodaan valmis pohja ohjainlaitteesta. Lähdöt ja tulot määritetään suoraan helppokäyttötyökalun avulla, jossa valitaan haluttu käyttötarkoitus. [10] Sillä luotiin valmiit viestikehykset ohjainlaitteiden välistä kommunikaatiota varten. MultiToolin tekemät asetukset pystyi suoraan tuomaan CoDeSyssiin ohjelmoinnin pohjaksi.

4.2.1 Viestien lähetys ja vastaanotto

Viestien lähetystä varten verkossa tarvitsee jokaisella ohjainlaitteella olla oma Node-ID, joka on laitteen tunniste. Tunniste tarvitaan tulevien ja lähetettävien viestien tunnisteeksi. Tunniste voi olla välillä 1–127.

Ensimmäiseksi viestiä luotaessa on tehtävä viestikehys OD eli Object Dictionaryyn. (kuva 9) Viestikehykselle annetaan nimi, indeksi, muuttuja ja data tyyppi. Kun viestin runko on luotu, se pystytään siirtämään yksinkertaisesti lähetettäväksi tai vastaanotettavaksi viestiksi. Tämä sama viestikehys pitää myös siirtää toiselle ohjainlaitteelle, jotta kommunikointi onnistuu.

SubIndex	Variable Name	Description	PDO Mapping	Bits	Edit Bits	Low Limit	Default Value	High Limit
1	Interior_Light_Brg...	Interior Lighting Brightness Control	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Bits	0	0	255
2	Interior_Light_R	Interior Light Red Color	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Bits	0	0	255
3	Interior_Light_G	Interior Light Green Color	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Bits	0	0	255
4	Interior_Light_B	Interior Light Blue Color	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Bits	0	0	255
5	Ride_Height	Ride Height of Vehicle	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Bits	0	0	255
6	Park_Asset_Motor...	Speed Setting of Park Asses System	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Bits	0	0	255

Kuva 9. MultiTool, Object Dictionary.

4.3 Kvaser

Kvaser tuottaa ajurit ja yhdyslaitteen CANopen-väylään liittymiseen. Ohjainlaitteen kanssa kommunikoinnissa käytetään kvaserin tuottamaa dataloggeria, jonka pystyy kytkeemään suoraan ohjainlaitteeseen .

4.4 CANmoon

CANmoon on Epecin tekemä ohjelmistotyökalu. Sitä voidaan käyttää CAN-väylän viestiliikenteen valvontaan ja vianmääritykseen. Sillä voi alustaa ohjainlaitteen eli ladata uuden firmware-ohjelmiston päivityksen. Alustanohjainlaitteen alustus ladattiin CANmoonilla. Viestiliikenteen nopeudeksi asetettiin 1 000 kbt/s ja ohjainlaitteen Node-ID 126. (Kuva 10.)

The screenshot displays the EPEC CANmoon software interface. The main window shows a configuration panel for Node 127, a communication log, and a properties window. The configuration panel includes fields for Product Code (3606), Vendor-ID (48), Serial Number (14677031), Firmware (1.00016.01001.00002.00011), and CODESYS Node-ID (126). The communication log shows a list of CAN messages with columns for Dir, COB-ID, Count, Interval (ms), and Data (hex). The status bar at the bottom indicates 'Node 127 -> NMT Start', '~601 msg/s', 'Nodes 1', and 'Messages 34842'.

Dir	COB-ID	Count	Interval (ms)	Data (hex)
↓	0x77F	339	140	05
↓	0x245	329	247	00 00 00
↓	0x240	329	283	00 00 00
↑	0x601	1	40	00 10 00 00 00 00 00 00
↓	0x211	327	286	00 00 00
↓	0x344	326	303	00 00 00 00 00 00 00 00
↓	0x444	326	283	00 00 00 00 00 00 00 00
↓	0x341	325	286	00 00 00 00 00 00 00 00
↓	0x441	325	281	00 00 00 00 00 00 00 00
↓	0x210	325	275	00 00
↑	0x602	1	40	00 10 00 00 00 00 00 00
↓	0x244	324	287	00 00
↓	0x241	323	303	00 00
↓	0x250	323	302	00
↓	0x310	322	284	00 00 00 00 00 00 00 00
↓	0x410	322	279	00 00 00 00 00 00 00 00
↓	0x350	322	275	00
↑	0x603	1	40	00 10 00 00 00 00 00 00
↑	0x604	1	40	00 10 00 00 00 00 00 00
↑	0x605	1	40	00 10 00 00 00 00 00 00
↑	0x606	1	40	00 10 00 00 00 00 00 00
↑	0x607	1	40	00 10 00 00 00 00 00 00
↑	0x608	1	40	00 10 00 00 00 00 00 00
↑	0x609	1	40	00 10 00 00 00 00 00 00

Kuva 10. CANmoon

5 Pohdintaa ja yhteenveto

Työstä tuli toimiva kokonaisuus. Ensisijainen tavoite, automaattinen valojen korkeudensäätö, toteutui. Auto mukautuu hyvin erilaisten painojakaumien mukaan. Korkeuden muutoksen nopeutta pystytään kätevästi muuttamaan mekaanisilla virtauksen rajoittimilla. Ajamaan autolla ei vielä ole päästy moottorin keskeneräisen kehitystyön vuoksi. Tästä johtuen käytännön kokemus normaalissa käytössä puuttuu.

Paineilmajousien käyttö ainoastaan valojen automaattisen korkeudensäätöön ei ole järkevää. Järjestelmä on huomattavasti vikaherkempi ja kalliimpi kuin tavallinen alustaratkaisu. Paineilmalaitteet vievät paljon tilaa autosta, sijoitti ne minne tahansa.

Ohjelmoinnin haasteet työssä olivat kokonaan uusien ohjelmien ja kielten opiskelu CANopenin hyvinä puolia on valmis protokolla ja toimivat ohjelmistotyökalut. Materiaalia ja tietoa ohjelmoinnin opiskeluun on hyvin tarjolla.

Jatkokehitystä varten järjestelmään täytyisi lisätä lisää antureita. Auto kaltevuuskulma pitkittäis- ja poikittaissuunnassa olisi tarpeellinen, koska se vaikuttaa painojakaumaan. Auton ollessa kallistuneena vaikuttaa se jousiin kohdistuvaan paineeseen. Tämä pitäisi kompensoida antureiden tiedon avulla. Jos auto olisi normaalissa liikennekäytössä, hallanturi pitäisi suojata paremmin mahdollisilta iskuilta. Koska näiden vioittuminen vaikuttaa heti korkeuteen.

Magneettiventtiilien vaihto proportionaaliventtiileihin toisi tarkkuutta, kun virtausta voisi muuttaa tarpeen mukaan. 8 baarin paineroa kestävä proportionaaliventtiilin hinta on kuitenkin moninkertainen verrattuna käytettyyn magneettiventtiiliin.

Lähteet

- 1 The biofore concept car. 2014. Verkkodokumentti. UPM.
<http://www.upm.com/EN/MEDIA/All-news/PublishingImages/BioforeConceptCar_UPM_Metropolia_2_50215_2.jpg> Luettu 13.4.2015.
- 2 Compact Proportional Solenoid Valve. Verkkodokumentti. SMC. <<http://content.smcetech.com/pdf/PVQ.pdf>> Luettu 7.4.2015.
- 3 Pilot Operated 2 Port Solenoid Valve. Verkkodokumentti. SMC.
<<http://www.smc Pneumatics.com/pdfs/VXD2.pdf>> Luettu 6.4.2015.
- 4 Hall-Effect Rotary Position Sensors. Sensing and Control. 2013. Verkkodokumentti. Honeywell. <<http://sensing.honeywell.com/honeywell-sensing-rty-series-hall-effect-rotary-position-sensor-productsheet-005941-4-en2.pdf>> Luettu 10.3.2015
- 5 350C Compressor. Verkkodokumentti. VIAIR Corporation.
<<http://www.viaircorp.com/350C.html>> Luettu 13.4.2015.
- 6 CAN Specification 2.0. 1991. Verkkodokumentti. Robert Bosch GmbH.
<http://www.bosch-semiconductors.de/media/pdf_1/canliteratur/can2spec.pdf> Luettu 22.4.2015.
- 7 CANopen. Verkkodokumentti. tke. <<http://www.canopen.fi/index.html>> Luettu 13.4.2015.
- 8 Epec extranet. Verkkodokumentti. Epec Oy. <<http://epec.planeetta.com/>> Luettu 3.3.2015.
- 9 User Manual for PLC Programming whit CoDeSys 2.3. 2003. Verkkodokumentti. 3S – Smart Software Solutions GmbH. <http://www.parker-motion.com/manuals/Hauser/Compax3/CoDeSys_Manual_V2p3.pdf> Luettu 8.4.2015.
- 10 MultiTool. Verkkodokumentti. Epec Oy. <<http://www.epec.fi/fi/ohjausjarjestelmat/ohjelmointi-ja-huolto-ohjelmat/multitool/>> Luettu 8.4.2015.

Epec 3606

Epec 3606:n lähdöt ja sisääntulot [2].

Pin number	Pin type	Details	Current / Voltage	Description
First row:				
X1.1	GND			Supply GND connection
X1.2	PWM/DO/DI Type037_2	12 k Ω +24 V	Nominal current 3 A	
X1.3	PWM/DO/DI Type037_2	12 k Ω +24 V	Nominal current 3 A	
X1.4	GND			
X1.5	CAN1H			
X1.6	CAN1H			
X1.7	PWM/DO/DI Type037_2	12 k Ω +24 V	Nominal current 3 A	
X1.8	PWM/DO/DI Type037_2	12 k Ω +24 V	Nominal current 3 A	
X1.9	PWM/DO/DI Type037_2	12 k Ω +24 V	Nominal current 3 A	
X1.10	PWM/DO/DI Type037_2	12 k Ω +24 V	Nominal current 3 A	
X1.11	PWM/DO/DI Type037_2	12 k Ω +24 V	Nominal current 3 A	
X1.12	PWM/DO/DI Type037_2	12 k Ω +24 V	Nominal current 3 A	
Second row:				
X1.13	LOADER BSL	For factory use only		
X1.14	DI/PI Type039_1	12 k Ω GND		SW counter
X1.15	DI/PI Type039_1	12 k Ω GND		HW counter
X1.16	GND			
X1.17	CAN1L			
X1.18	CAN1L			
X1.19	CAN1L_Terminator			
X1.20	A/DI Type062_1	82,2 k Ω / 220 Ω GND	0-5 V / 0-22 mA	
X1.21	A/DI Type062_1	82,2 k Ω / 220 Ω GND	0-5 V / 0-22 mA	
X1.22	FB/AI Type061_2	0,1 Ω GND	0-2 A	
X1.23	FB/AI Type061_2	0,1 Ω GND	0-2 A	
Third row:				
X1.24	Power Supply			Supply connection
X1.25	DI/PI Type039_1	12 k Ω GND		SW counter
X1.26	DI/PI Type039_1	12 k Ω GND		HW counter
X1.27	DI/PI Type039_1	12 k Ω GND		HW counter
X1.28	REF +5V Type041_4		+5V 270 mA	Shared current with pin 1.29
X1.29	REF +5V Type041_4		+5V 270 mA	Shared current with pin 1.28
X1.30	GND			
X1.31	A/DI Type062_1	82,2 k Ω / 220 Ω GND	0-5 V / 0-22 mA	
X1.32	A/DI Type062_1	82,2 k Ω / 220 Ω GND	0-5 V / 0-22 mA	
X1.33	GND			
X1.34	FB/AI Type061_2	0,1 Ω GND	0-2 A	
X1.35	FB/AI Type061_2	0,1 Ω GND	0-2 A	