



VARAOSAHOJELMOINNIN TUOTANNOLLISTAMINEN

Henri Pulkkinen

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2020

Sähkö- ja automaatiotekniikka
Automaatiotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikka
Automaatiotekniikka

PULKKINEN, HENRI:
Varaosaohjelmoinnin tuotannollistaminen

Opinnäytetyö 45 sivua, joista liitteitä 0 sivua
Toukokuu 2020

Teknologian jatkuva kehitys moottoria ohjaavissa yksiköissä on johtanut uusiin ja paranneltuihin ominaisuuksiin, jotka takaavat moottoreille turvallisemman käytön, paremmat hyötysuhteet sekä pienemmät kulutukset ja päästöt. Kehityksen myötä vanhat yksiköt siirtyvät syrjään uusien, parempien yksiköiden tieltä. Myös tässä opinnäytetyössä keskeisessä roolissa on vanhan yksikön korvaaminen uudella.

Kohdeyrityksen tuotteissa käytössä olleiden ajoneuvonohjausyksiköiden tuotanto lopetettiin alkuvuodesta 2019, minkä seurauksena kohdeyrityksessä otettiin käyttöön uusi korvaava ohjausyksikkö. Uuden yksikön liittimet sekä sisäiset kytkennät eroavat vanhasta; lisäksi uuden yksikön myötä yksikön ohjelmoiminen toteutetaan eri menetelmillä ja laitteilla, joten vanhan ohjelmointilaitteiston hyödyntäminen ei ollut mahdollista.

Työn lopputuloksena siirrettiin ajoneuvonohjausyksiköiden varaosaohjelmointi tuotannon sähköosastolle ja yksinkertaistettiin prosessia. Työssä suunniteltiin työpiste ja telineet, missä ohjelmointi suoritetaan, sekä vaadittavat adapterit, joiden avulla voidaan ohjelmoida uusia sekä vanhoja ohjausyksiköitä. Työssä tehtiin myös ohjeet itse ohjelmoimiselle ja ohjelmistojen päivittämiselle.

Asiasanat: ohjausyksikkö, varaosaohjelmointi, xentry

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Electrical and Automation Engineering
Automation Engineering

PULKKINEN, HENRI:
Productionalizing Spare Part Programming

Bachelor's thesis 45 pages, appendices 0 pages
May 2020

The ongoing development of technology in engine control units has led to new and improved features. Due to the development, the old units will be displaced by the new, better units. Replacing the old unit with the new one also plays a key role in this thesis.

Production of the vehicle control units used in the company's products was discontinued in early 2019. As a result of this, a new replacement control unit was introduced in the company. The connectors and internal connections of the new unit differ from the old one, and with the new unit, programming of the unit is carried out with different methods and equipment, so it was not possible to utilize the old equipment.

As a result of the work, the spare part programming of the vehicle control units was transferred to the electrical department and the process was simplified. A part of the work was to design a workstation and racks where programming is performed, as well as the required adapters that can be used to program new and old control units. The work also included instructions for programming and updating the software.

Key words: control unit, spare part programming, xentry

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	8
1.1	Työn taustaa	8
1.2	Työn tarkoitus ja tavoitteet	9
2	TIEDONSIIRTO TUOTTEISSA	10
2.1	CAN-väylä	10
2.1.1	Fyysinen kerros	11
2.1.2	CAN-väylän toimintaperiaate	12
2.1.3	Nopea CAN-väylä	14
2.1.4	Siirtoyhteyskerros	14
2.1.5	Kilpavaraus	15
2.1.6	Kehysrakenne	15
2.2	SAE J1939	17
2.2.1	Fyysinen kerros	17
2.2.2	Siirtoyhteyskerros	18
2.3	ISO 11992	19
3	OHJAUSYKSIKÖT	20
3.1	Moottorinohjausyksikkö MR2	21
3.1.1	Tulot ja lähdöt	22
3.2	Ajoneuvonohjausyksiköt ADM2, ADM3 ja CPC4-ECAN	23
3.2.1	Tehtävät ja toiminnot	24
3.2.2	Tulot ja lähdöt	25
3.2.3	MSHA ja yksiköiden eroavaisuuksia	26
3.2.4	Parametrit	26
4	DIAGNOSTIIKKATESTILAITE	28
4.1	XENTRY Diagnosis / DAS	29
4.2	OBD-järjestelmä	30
4.2.1	OBD-II	30
5	SUUNNITTELU	32
5.1	Ensimmäinen vaihe	32
5.2	Tarvittavat komponentit	33
5.3	Kotelointi	34
5.4	Adapteri	34
5.4.1	OBD-liitin ja välikaapelit	35
6	TOTEUTUS	38
6.1	Komponenttien asennus ja kytkentä	38
6.2	Testaus	42

6.3 Varaosaohjelmoinnin ja ohjelmiston päivityksen ohjeet	43
7 POHDINTA	44
LÄHTEET	45

LYHENTEET JA TERMIT

AdBlue	Dieselmootoreissa käytettävä lisäaine, joka koostuu urea-vesiliuoksesta
ADM	Adaption module as vehicle control. Ajoneuvonohjausyksikkö
CAN	Control Area Network. Ajoneuvoissa, koneissa ja teollisuuslaitteissa käytettävä automaatiöväylä
CPC	Common Powertrain Controller. Ajoneuvonohjausyksikkö
EGR	Exhaust Gas Recirculation. Pakokaasun takaisinkiertäytysjärjestelmä, joka kierrättää osan pakokaasuista uudelleen sylintereihin
FLA	Flame-start system. Dieselmootorin palotilan ilman esilämmitys.
ISO	International Organization for Standardization. Kansainvälinen standardisoimisjärjestö.
J1939	CAN-väylään pohjautuva protokolla, jota käytetään raskaan kaluston ajoneuvoissa
E-CAN	CAN-väylä ADM/CPC ja MR välillä
MAC	Medium Access Control
MR	Engine control unit. Moottorinohjausyksikkö
MSHA	Mine Safety and Health Administration. Amerikkalainen Työministeriön alainen virasto, joka valvoo turvallisuus- ja terveysvaatimuksia USA:n kaivosteollisuudessa
OBD	On-Board Diagnostics. Ajoneuvon päästöihin liittyvien komponenttien valvonta
OSI-malli	Open Systems Interconnection Reference Model. Kuvaava tiedonsiirtoprotokollien yhdistelmän seitsemässä kerroksessa
PTO	Power Take Off. Voiman tai tehon ulosotto

PWM	Pulse-Width Modulation. Pulssinleveysmodulaatio, jossa jännitettä säädetään muuttamalla pulssien määrää, jolloin ohjaus menee vuorotellen päälle ja pois tietyllä taajuudella
Redundanssi	Rinnakkaisperiaate, jolla tarkoitetaan komponenttien tai toimintojen monentamista (Delft University of Technology, 2007.)
RPM	Revolutions Per Minute. Pyörimisnopeus, kierrosta minuutissa
SAE	Society of Automotive Engineers. Amerikkalainen autoalan standardisointijärjestö

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön toimeksiantaja halusi pysyä nimettömänä, joten työssä yrityksestä käytetään nimeä kohdeyritys. Kohdeyritys on Pirkanmaalla sijaitseva konepajayritys, jonka tuotteisiin kuuluvat liikkuvat työkoneet vaativiin olosuhteisiin. Turvallisuus, tuottavuus ja tarkkuus ovat kohdeyrityksen tuotteissa keskeisessä roolissa ja teknologian kehitys onkin mahdollistanut näiden viemisen eteenpäin.

Autoja ja työkoneita pidettiin aikaisemmin mekaanisina koneina, kunnes elektroniikka otettiin käyttöön teollisuudessa. Mekaanisissa järjestelmissä oli luontaisia rajoituksia ja rajoitettu tarkkuus, mikä ei vain aiheuttanut vaikeasti havaittavia vikoja, vaan vaaransi myös käyttäjiä.

Tämä johti lopulta elektroniikan laajaan käyttöönottoon ajoneuvojen komponenteissa ja järjestelmissä. Lopullinen läpimurto tuli, kun otettiin käyttöön moottori-ajoneuvojen elektroniset ohjausyksiköt, siitä lähtien sillä on ollut keskeinen rooli ajoneuvojen evoluutiossa täysin mekaanisista laitteista elektroniikalla ohjattaviksi laitteiksi. Jatkuva kehitys ohjausyksiköissä onkin johtanut uusiin ja paranneltuihin ominaisuuksiin, jotka takaavat moottoreille turvallisemman käytön, paremmat hyötysuhteet sekä pienemmät kulutukset ja päästöt. Joidenkin ominaisuuksien tai toimintojen myötä vanhaa laitetta ei ole enää järkevää kehittää vaan luodaan kokonaan uusi korvaava tuote.

Näin kävi myös kohdeyrityksen ajoneuvonohjausyksikön kohdalla, joka oli yksi syy opinnäytetyön tarpeelle.

1.1 Työn taustaa

Kohdeyrityksen tuotteissa käytössä olleiden ADM2- ja ADM3-ohjausyksiköiden tuotanto lopetettiin alkuvuodesta 2019, jonka seurauksena yrityksessä otettiin käyttöön uusi korvaava ohjausyksikkö CPC4-eCAN. ADM-yksiköitä varaosa tar-

koitukseen toimittajalla on varastossa vielä useaksi vuodeksi, mutta uuden tuotteen myötä myös uusien varaosayksiköiden toimittaminen alkaa olemaan ajankohtaista.

Uusi ohjausyksikkö on fyysisiltä mitoiltaan sekä liittimien määrältään sama kuin vanha, mutta liittimien pinnimäärät ja sisäiset kytkennät ovat muuttuneet. Uuden yksikön myötä myös yksikön ohjelmoiminen toteutetaan eri menetelmillä ja laitteilla, joten vanhan ohjelmointilaitteiston hyödyntäminen ei ole mahdollista.

Kohdeyrityksessä vanhojen yksiköiden varaosaohjelmointi suoritettiin sähkötarastajien toimesta ja toiveena oli yksinkertaistaa ja siirtää ohjelmointi yrityksen sähköosastolle.

1.2 Työn tarkoitus ja tavoitteet

Työn tarkoituksena oli tutustua eri ohjausyksiköihin ja niiden ominaisuuksiin, sekä selvittää niiden sisäiset kytkennät ja liittimet, joiden avulla pystyttiin toteuttamaan tarvittavat adapterit ohjelmointia varten. Työssä tutustuttiin myös yksiköiden parametreihin ja ohjelmointityökalujen toimintaan, lisäksi tarkoituksena oli selvittää, miten varaosaohjelmointi kokonaisuudessaan oli toteutettu ja miten se haluttiin tulevaisuudessa toimivan. Työn tarkoituksena oli yksinkertaistaa prosessia ja poistaa ylimääräinen työkuorma sähkötarastajilta sekä lisätä sähköosaston ohjelmointiosaamista.

Työn lopputuloksena siirrettiin Mercedes-Benzin ajoneuvonohjausyksiköiden varaosaohjelmointi tuotannon sähköosastolle ja yksinkertaistettiin prosessia. Työssä suunniteltiin työpiste ja telineet, missä ohjelmointi suoritetaan, sekä vaadittavat adapterit, joiden avulla voidaan ohjelmoida uusia sekä vanhoja ohjausyksiköitä. Työssä tehtiin myös ohjeet itse ohjelmoimiselle ja XENTRY -ohjelmistojen päivittämiselle.

2 TIEDONSIIRTO TUOTTEISSA

Kohdeyrityksen tuotteiden tiedonsiirrossa käytetään raskaan kaluston standardin SAE (Society of Automotive Engineers) J1939 mukaista protokollaa CAN-väylässä tapahtuvalle tiedonsiirrolle. CAN-väylän avulla yhdistetään laitteissa muun muassa moottorin- ja ajoneuvonohjausyksiköt toisiinsa. Ohjausyksiköiden välinen tiedonsiirto on toteutettu ISO:n (International Organization for Standardization) määrittelemän standardin 11992 mukaisesti, kun taas diagnostiikka sekä muu väylätoiminta noudattaa aiemmin mainittua standardia J1939.

2.1 CAN-väylä

CAN-väylä (Controller Area Network) on tiedonsiirtojärjestelmä, joka soveltuu erityisesti älykkäiden laitteiden, mukaan lukien anturien ja toimilaitteiden, yhdistämiseen koneissa tai muissa automaatiojärjestelmissä. Väylä on erityisesti suunniteltu ajoneuvokäyttöön, mutta joustavuutensa ansiosta se soveltuu myös muualle teollisuuteen. (Farsi & Barbosa 2000, s. 41–42) Periaatteessa CAN-väylä sopii kuitenkin mihin tahansa laitteeseen tai koneeseen, jossa tiedonsiirtoetäisyydet ja kommunikointiin käytettävät sanomat ovat lyhyitä. (Alanen 2000, 2-3)

CAN-väylätekniikka syntyi 1980-luvulla Robert Bosch GmbH:n kehittäessä ratkaisua viestintäongelmiin auton eri ohjausjärjestelmien välillä. Ensimmäisiä käyttökohteita olivat ohjauskomponenttien, kuten ABS-jarrujen sekä luistonesto-järjestelmien kytkentä toisiinsa. (Farsi & Barbosa 2000, 41)

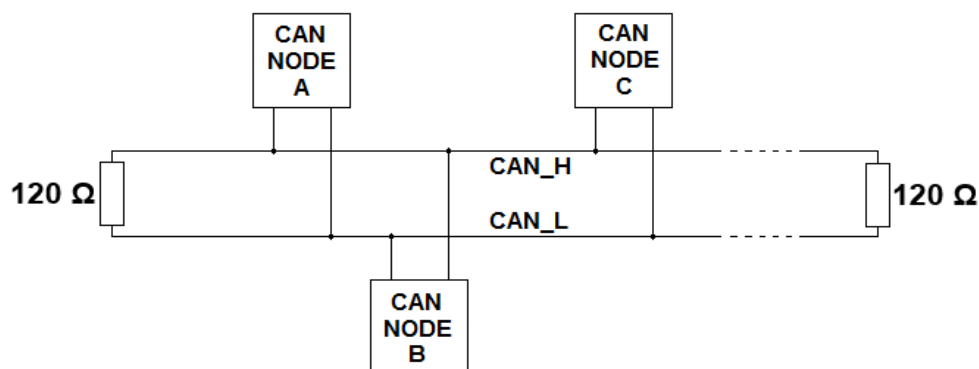
CAN-väylä toteuttaa OSI -mallin kaksi alinta tasoa eli fyysisen- ja siirtoyhteystasot. Väylä on niin kutsuttu usean isännän (multi-master) väylä, jolla tarkoitetaan, että jokainen solmu voi yrittää itsenäisesti lähettää viestin väylälle ja vastaavasti lähetetyt viestit ovat kaikkien solmujen saatavilla. Tämän seurauksena väylässä saattaa esiintyä useiden solmujen samanaikaisia lähetysyrityksiä. Jokainen viesti sisältääkin tunnusteen, joka määrittelee viestin sisällön ja sen avulla solmu päättää onko viesti tarkoitettu sille vai ei. (Farsi & Barbosa 2000, 42)

Väylän yksi merkittävimmistä eduista on johdotuksen tarpeen väheneminen, joka tuo kustannussäästöjä ja auttaa paino-, tila- ja asennusongelmissa. Ja koska elektroniset ohjaukset kuten moottori, jarrut, luistonesto, jousitus ja vaihteisto tarvitsevat paljon anturitietoa, voidaan yhden anturin tiedot välittää väylän kautta kaikille ohjausyksiköille. Tämä taas helpottaa diagnosointia, koska kaikki anturitiedot ovat väylään liitetyn testerin käytössä. Testerit mahdollistaa myös väylään liitettyjen toimilaitteiden ohjauksen. Lisäksi järjestelmän rakenne on selkeä ja modulaarinen, jonka ansiosta uusien laitteiden lisääminen on helppoa. (Alanen 2000, 2-3; Farsi & Barbosa 2000, 41–42)

2.1.1 Fyysinen kerros

Fyysinen kerros on OSI-mallin alin kerros ja siihen liittyvät kaikki tiedonsiirtoon liittyvät loogiset, mekaaniset ja sähköiset ominaisuudet. Kerroksessa määritellään muun muassa käytetyt jännitetasot, signaalointi sekä tuetut siirtonopeudet. (Saha 2005)

Fyysiseltä rakenteeltaan CAN-väylä on useimmiten toteutettu kahdella johtimella, joista käytetään nimityksiä CAN_H ja CAN_L. Normaalisti kaapelina käytetään kierrettyä parikaapelia, mutta myös muut ratkaisut ovat mahdollisia. Lineaarisen topologian vuoksi väylä kulkee jokaisen solmun kautta ja ehkäistäkseen signaalien heijastumisesta johtuvia häiriöitä, päätetään väylä noin 120 ohmin päätevastuksilla molemmista päistä (Kuvio 1). CAN-väylän solmujen määrälle ei ole loogista rajaa vaan liitettävien asemien maksimimäärä riippuu solmujen lähetin-vastaanotin-kytkennästä. (Farsi & Barbosa 2000, 43–44)



KUVIO 1. CAN-väylätopologia (Farsi & Barbosa 2000, 43, muokattu)

Riittävän suuri tiedonsiirtonopeus väylällä on tärkeää, koska bitin on ehdittävä kulkemaan väylän päästä päähän ennen seuraavan bitin lähettämistä. Maksimipituus määräytyy siirtotien viiveen mukaan, joten sitä ei ole mahdollista kasvattaa parantamalla lähetin-vastaanotin-kytkentää. CAN-väylän tiedonsiirtonopeus riippuu väylän pituudesta, mitä pidempi väylä, sitä enemmän tiedonsiirtonopeus hidastuu. Toisin sanoen maksimipituutta voidaan kasvattaa vain alentamalla tiedonsiirtonopeutta. (Alanen 2000, 4-5; Farsi & Barbosa 2000, 43–44)

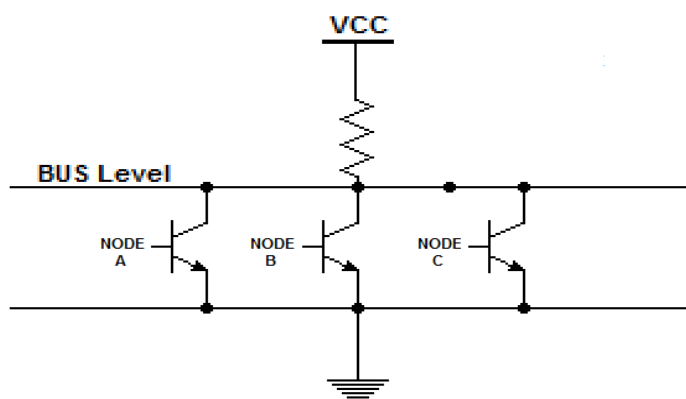
Taulukossa 1 on esitetty suositellut väyläpituudet ja nopeudet.

Taulukko 1. Väylän pituudet nopeuksien mukaan (Farsi & Barbosa 2000, 44, muokattu)

Väylän nopeus	Siirtonopeus
1 Mbit/s	25 m
800 kbit/s	50 m
500 kbit/s	100 m
250 kbit/s	250 m
125 kbit/s	500 m
50 kbit/s	1000 m
20 kbit/s	2500 m
10 kbit/s	5000 m

2.1.2 CAN-väylän toimintaperiaate

CAN-väylä ja siihen kytketyt solmut käyttäytyvät teoriassa kuten kuviossa 2 esitetty transistoreilla toteutettu AND-piiri.



KUVIO 2. CAN-väylän toimintaperiaate esitetty AND-piirillä. (Farsi & Barbosa 2000, 49, muokattu)

Jokainen kuviossa esitetty transistori edustaa CAN-solmun yhteyttä CAN-väylään. Jokainen solmu voi lähettää loogisen tilan 1 kytkemällä transistori pois päältä tai loogisen tilan 0 kytkemällä transistori päälle. Tämä piiri toteuttaa niin kutsutun AND-piirin, koska kaikkien moduulien on lähetettävä loogista 1:stä, jotta looginen 1 olisi väylällä. Toisin sanoen, että looginen tila 0 olisi väylällä, riittää, että yksi solmu lähettää loogisen tilan 0. Tästä syystä CAN-väyläjärjestelmässä 0 bittiä kutsutaan dominantiksi eli hallitsevaksi bitiksi ja bittiä 1 kutsutaan resessiiviseksi eli väistyväksi. (Farsi & Barbosa 2000, 49)

Sama voidaan esittää totuustaulukon avulla. (taulukko 2)

Taulukko 2. Totuustaulu AND-piiristä

NODE			
A	B	C	BUS
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

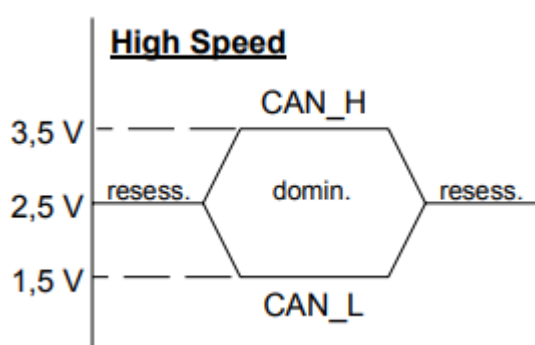
2.1.3 Nopea CAN-väylä

Nopea CAN-väylä noudattaa ISO 11898 (ISO High Speed) standardia ja on tarkoitettu nimensä mukaisesti korkeille tiedonsiirtonopeuksille.

CAN-väylässä tiedonsiirto perustuu CAN_H ja CAN_L -johtimien väliseen jännite-eroon. Jännite-ero ratkaisun etuna on se, että jos väylään vaikuttaa esim. ulkopuolinen sähkömagneettinen säteily, vaikuttaa se samalla tavalla kumpaankin johtimeen eikä jännite-ero muutu.

Nopeassa CAN-väylässä standardin mukaan resessiivisessä tilassa molempien johtimien arvo on 2,5 V eli jännite-ero 0 V. Dominantissa tilassa CAN_H on 3,5 V ja CAN_L on 1,5 V eli jännite-ero johtimien välillä on 2 V.

Standardien mukaiset jännitetasot on esitetty kuviossa 3.



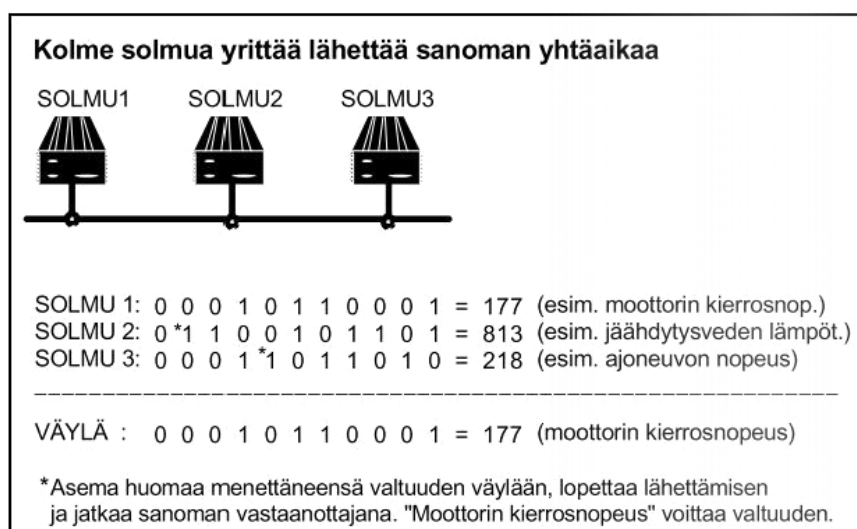
KUVIO 3. High Speed-standardin jännitetasot. (Alanen 2000, 10)

2.1.4 Siirtoyhteyskerros

Siirtoyhteyskerros pitää sisällään muun muassa väylän tietokehyksen, viestien lähettämisoikeudet sekä virheiden havaitsemisen ja korjaamisen. Kerros on standardoitu ISO:n standardissa 11898-1. Yksi siirtoyhteyskerroksen ainutlaatuisista ominaisuuksista on, että kaikki yksibittiset virheet havaitaan ja monibittiset virheet havaitaan suurella todennäköisyydellä. Tietojen yhdenmukaisuuden takaamiseksi kaikissa solmuissa paikalliset virheet jaetaan kaikkien kesken. Lisäksi siirtoyhteyskerroksessa toteutettu vianmääritys estää yhden solmun vioittamasta muiden viestintää. (CAN in Automation)

2.1.5 Kilpavaraus

Jokainen solmu voi pyytää lähetysoikeutta aina kun väylä on vapaa. Jos useampi solmu yrittää lähettää viestiä samaan aikaan, ratkaistaan vuoro sanoman tunnistenumeron perusteella. Viesti joka omaa pienimmän tunnistenumeron eli on prioriteetiltaan korkein, pääsee väylälle. Näin ollen muut solmut keskeyttävät lähetyksensä ja odottavat kunnes väylä on vapaa. Kuviossa 4 on esitetty kilpavaraustilanne. (Alanen 2000, 7)

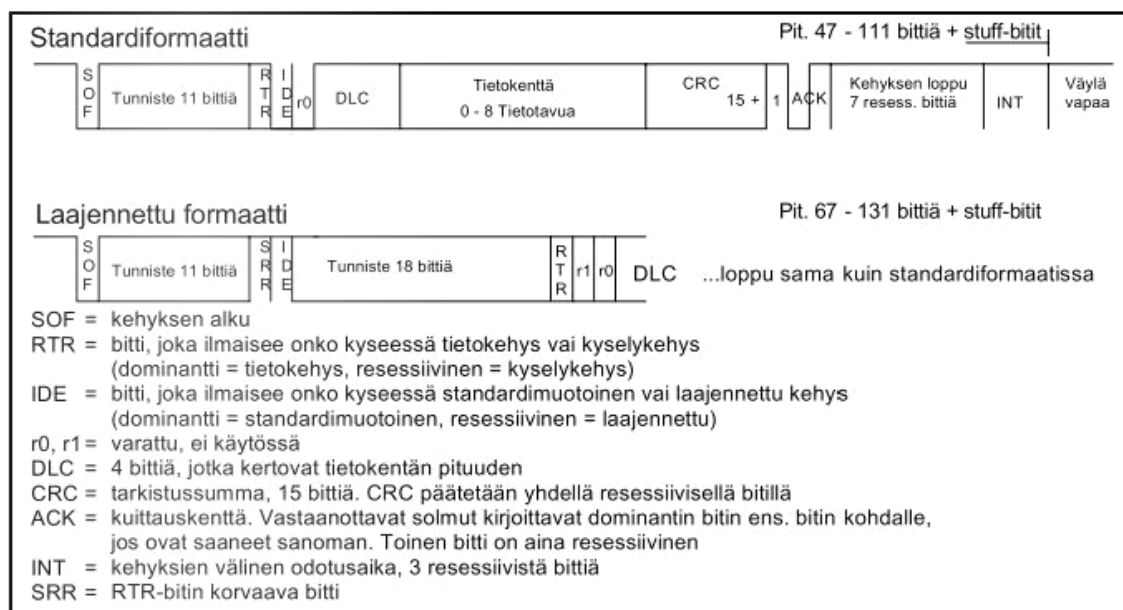


KUVIO 4. Kilpavaraustilanne (Alanen 2000, 7)

2.1.6 Kehysrakenne

Voidakseen suorittaa tehtävänsä, siirtoyhteyseros kokoaa tiedot erilaisiin kehyksiin. Kehystyyppinä on CAN-protokollassa määritelty neljä erilaista: sanoma-, kysely-, virhe- ja ylikuormituskehys. Kuviossa 5 on esitetty sanomakehyksen rakenne. Rakenteen pääosat ovat:

- tunnistekenttä, joka määrittää viestin prioriteetin ja sen identiteetin
- DLC-kenttä, joka ilmaisee datatavujen määrän viestiä varten
- tietokenttä, joka pitää sisällään itse datan. Sen maksimipituus on kahdeksan tavua. (Alanen 2000, 6)



KUVIO 5. CAN-sanomakehyksen rakenne (Alanen 2000, 6)

Kyselykehys vastaa muodoltaan sanomakehystä, mutta se ei sisällä tietokenttää ja RTR-bitti on resessiivinen. Kehyksen avulla väylälle voidaan pyytää haluttua sanomaa. Esimerkiksi, jos jokin solmuista lähettää väylälle kyselykehyyksen jäähdytysnesteen pinnankorkeudesta, jäähdytysnesteen pinnankorkeusanturi vastaa kyselykehyykseen lähettämällä viestin pinnankorkeudesta. (Alanen 2000, 6-7; Farsi & Barbosa 2000, 50-51)

Virhekehyyksen ensimmäinen osa koostuu 6 peräkkäisestä dominantista tai resessiivisestä bitistä. Jälkimmäinen osa, niin kutsuttu erotuskenttä koostuu kahdeksasta resessiivisestä bitistä. Täten se rikkoo CAN-protokollan bit-stuffing -sääntöä. Virhekehyyksiä kutsutaan aktiivisiksi, jos ne koostuvat kuudesta dominantista bitistä ja passiiviseksi kun ne koostuvat kuudesta resessiivisestä bitistä. Virhetieto välitetään väylän kaikille solmuille lähettämällä virhekehyyksen virheen havaitsemisen jälkeen, täten kaikki väylässä olevat solmut tietävät, että sanoma on virheellinen. (Alanen 2000, 7; Farsi & Barbosa 2000, 50-51)

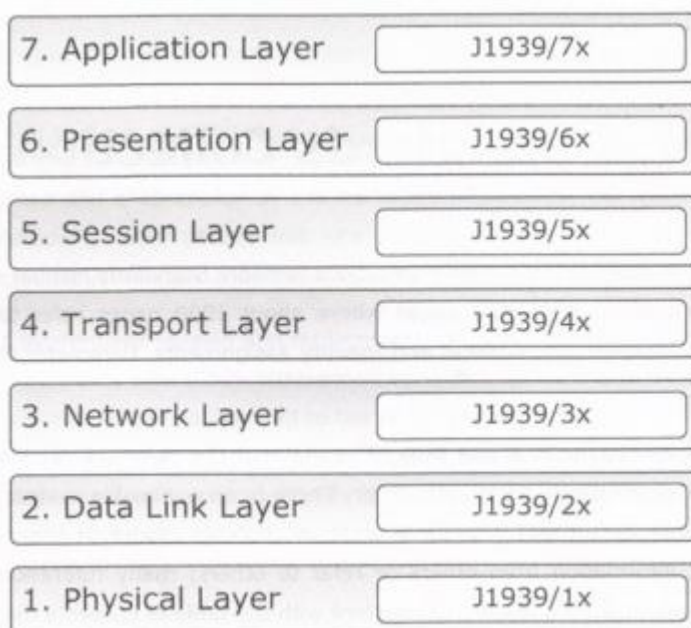
Ylikuormituskehyyks otettiin alun perin käyttöön, jotta saataisiin enemmän aikaa vastaanotetun datan käsittelemiseen, mutta nykyään mikään CAN-ohjain ei lähetä niitä aktiivisesti. Nykyään kaikki CAN-ohjaimet ovat riittävän nopeita vastaanottamaan tiedot. Siitä huolimatta CAN-protokollat määrittelevät joitakin olosuhteita, joissa ylikuormituskehyyks on lähetettävä. Kehyyksellä on sama rakenne ja

muoto kuin aktiivisella virhekehyksellä. (CAN in Automation)

2.2 SAE J1939

J1939 on joukko SAE:n (Society of Automotive Engineers) määrittelemiä standardeja. Se tarjoaa tiedonsiirtoa mikroprosessorijärjestelmien (ohjausyksiköiden) välille erityisesti raskaissa ajoneuvoissa, kuten työkoneissa sekä kuorma- ja linja-autoissa. J1939 tarjoaa siis ns. ylemmän tason protokollan, joka perustuu CAN-väylään. (Wilfried 2008, 1-6)

J1939 on jaettu useisiin asiakirjoihin ISO/OSI-mallin mukaan. Asiakirjat on nimetty siten, että ensimmäinen numero viittaa malliin liittyvään kerrokseen kuvion 6 mukaisesti. (Wilfried 2008, 27-28)



KUVIO 6. SAE J1939 -standardit (Wilfried 2008, 28)

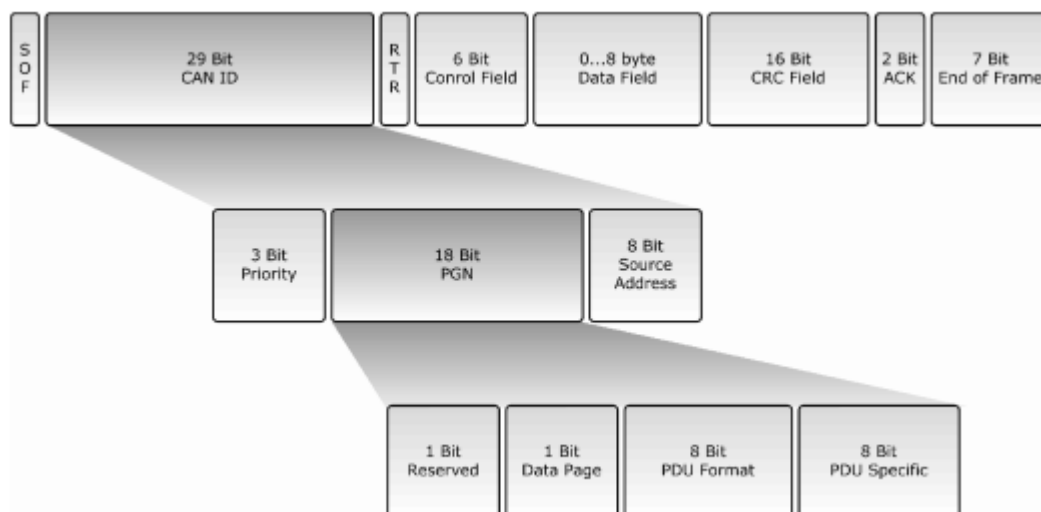
2.2.1 Fyysinen kerros

Fyysinen kerros määritellään standardissa J1939/11. Standardi määrittelee väylän suurimmaksi nopeudeksi 250 kbit/s, solmujen maksimimääräksi 30 ja väylän maksimipituudeksi 40 metriä. Lisäksi standardissa määritellään käytettäväksi

kierrettyä parikaapelia, jonka täytyy olla suojattua. Tosin solmujen maksimimäärää voidaan lisätä käyttämällä kytkimiä ja kaapelointi voidaan toteuttaa suojaamattomalla parikaapelilla (UTP), jos kaapelointi toteutetaan standardin J1939/15 mukaisesti. Näiden määrittelyjen avulla halutaan varmistaa väylän mahdollisimman hyvä toimivuus ja luotettavuus. (CSS Electronics; Wilfried 2008, 33)

2.2.2 Siirtoyhteyskerros

Standardi J1939/21 määrittää väylän sanomakehyksen. Se käyttää laajennettua 29-bittistä tunnistekentän omaavaa sanomakehystä, joka pohjautuu CAN 2.0B -protokollaan. Tunnistekenttä on jaettu kolmeen osaan, kuvion 7 mukaisesti. Tunnistekentän ensimmäinen osa koostuu 3-bitistä ja se on varattu viestin prioriteetin määrittämiseen, toinen osa on pituudeltaan 18-bittiä ja sisältää PGN:n (Parameter Group Number), joka määrittelee parametriryhmän, viimeinen 8-bitäinen osa sisältää lähettäjän tiedot. (CSS Electronics; Wilfried 2008, 40-41)



KUVIO 7. J1939 sanomakehys (Wilfried 2008, 41)

PGN muodostuu 4 osasta:

- Reserved (R) -bitti on varattu tulevaisuuden datasisivujen varalle.
- Data Page (DP) -bitti ilmoittaa käytettävän datasisivun.
- PDU Format (PF) määrittelee, voidaanko viesti lähettää kohdeosoitteelle vai lähetetäänkö viesti aina kaikille.

- PDU Specific (PS) riippuu PF-kentän arvosta, jos PF on välillä 0 - 239, PS-kenttä sisältää kohdeosoitteen. Jos PF on välillä 240–255, PS-kenttä sisältää ryhmälajennuksen, toisin sanoen määritetään lisää parametrijärjelmän numeroita. (Wilfried 2008, 40-50)

2.3 ISO 11992

ISO 11992 -standardin rakenne on hyvin samanlainen kuin SAE J1939. Suurimmat erot ovat väylän jännitetasossa ja tiedonsiirtonopeudessa. Pieniä eroja on myös viestien tunnus- ja datarakenteissa.

Yleensä CAN-sovellukset käyttävät ISO 11898 -standardia perustana fyysiselle kerrokselle, joka pitää sisällään 5 V jännitetason. ISO 11992 poikkeaa tästä ja määrittelee jännitetasot seuraavasti: CAN_L jännitetaso on pienempi kuin 1/3 referenssijännitteestä ja CAN_H jännitetaso on suurempi kuin 2/3 referenssijännitteestä. Standardin tiedonsiirtonopeutena käytetään ainoastaan 125 kbit/s. (CAN in Automation)

3 OHJAUSYKSIKÖT

Kohdeyhteyksien Mercedes-Benz moottorien sähköinen ohjausjärjestelmä on jaettu kahteen erilliseen osajärjestelmään, joista molemmat voidaan testata erikseen. Moottoriin asennettu ohjausyksikkö ohjaa kaikkia moottoriin kiinnitettyjä antureita ja toimilaitteita sekä sisältää moottorin toiminnan kannalta kriittiset toiminnot. Ohjausyksikkö lukee lukuisia antureita ja vertaa lukemiaan arvoja yksikön ohjelmoituun dataan. Näiden tietojen perusteella ohjausyksikkö ohjaa moottorin toimilaitteita toimimaan halutulla tavalla.

Ohjaamoon asennettu ajoneuvonohjausyksikkö ohjaa ohjaamossa sijaitsevia tai ajoneuvon runkoon kiinnitettyjä antureita ja toimilaitteita. Se sisältää myös kaikki ajoneuvoon liittyvät toiminnot, jotka vaikuttavat moottorin toimintaan.

Molemmat ohjausyksiköt on kytketty toisiinsa CAN-väyläliitännän avulla. Ajoneuvonohjausyksikön kautta määritellään ohjearvot ja moottorin toimintatavat CAN-väylää pitkin. Lisäksi tiedot moottorin sen hetkisestä toimintatilasta lähetetään vastaavasti vastakkaiseen suuntaan moottorinohjausyksiköltä ajoneuvonohjausyksikölle. (Mercedes-Benz 2007, 22)

Jaetun ohjausjärjestelmän etuja ovat:

- Yksikköpumppujen tarkka käyttö magneettiventtiilien avulla
- Moottorin liittimien lukumäärä on pienentynyt ja sisältää vain moottoriin liittyvät liittimet
- Ajoneuvoliittimet sijaitsevat vähemmän kriittisessä ohjaamoympäristössä
- CAN-väylän ansiosta johdotus moottorin ja ajoneuvon välillä on pieni
- Ohjauslaitteet ohjaavat vain kyseisen järjestelmän tehtäviä ja toimintoja (MR2-ohjain on kokonaan omistettu moottorin hallintaan eikä siinä ole mitään ajoneuvotoimintoja)
- Järjestelmän modulaarinen laajennus on helposti toteutettavissa, lisämoduulit kytketään väyläjärjestelmän avulla (Mercedes-Benz 2007, 22)

3.1 Moottorinohjausyksikkö MR2

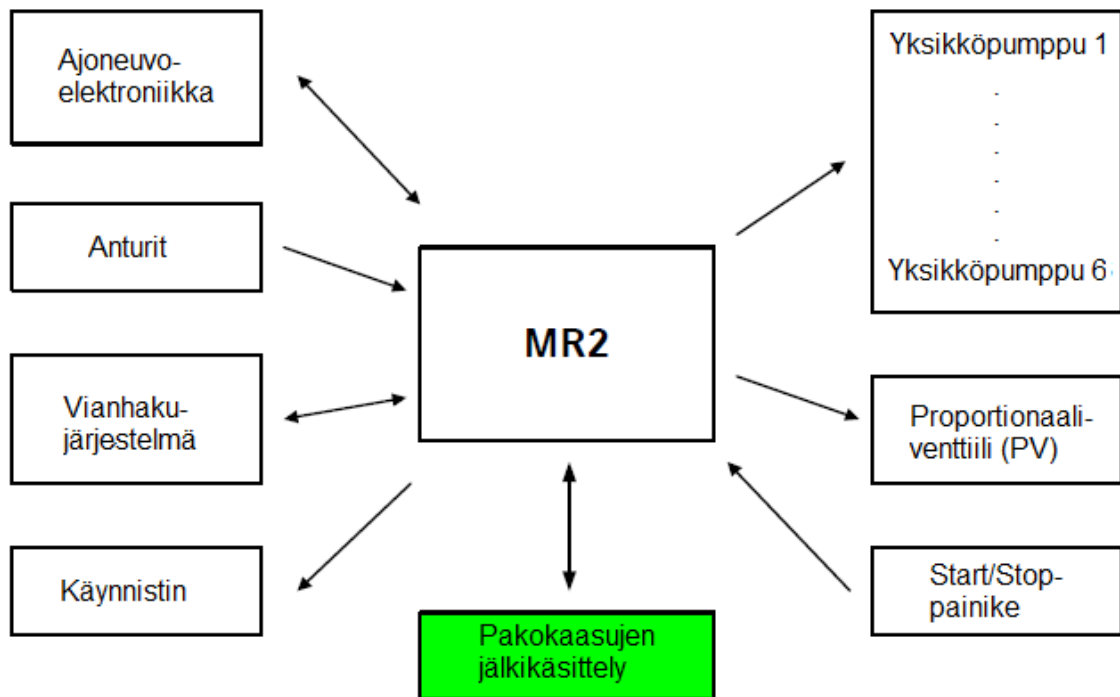
Kohdeyrityksen tuotteissa käytetään Mercedes-Benzin OM904 ja OM906 dieselmootoreita, joiden moottorinohjausyksikkönä toimii MR2-yksikkö. Yksikön toiminnot, kuten polttoaineen ruiskutus, vikojen havaitseminen, moottorin suojaus, diagnoosi yms. ovat kriittisiä turvallisuuden kannalta ja yksikkö onkin testattu Mercedes-Benzin toimintavarmuutta ja suorituskykyä koskevien ohjeiden ja säännösten mukaisesti. (Mercedes-Benz 2007, 11)

Lisäksi tarkalla ja yksityiskohtaisella ruiskutusjärjestelmällä voidaan vaikuttaa polttoaineen kulutukseen ja pakokaasupäästöihin, mitkä ovat nykyaikana erittäin tärkeitä. Ohjausyksiköiden avulla täyttyvät nykyaikaiselle dieselmootorille asetetut vaatimukset.

Ohjausyksikön päätehtävänä on yksikköpumppujen tarkka sähköinen käyttö. Ruiskutuksen optimaalinen aloitus ja optimaalinen ruiskutusmäärä lasketaan moottorin ja ympäristöolosuhteiden (kuten vaaditun vääntömomentin, moottorin kierrosnopeuden, ilmanpaineen, ahtopaineen, öljynpaineen, jäähdytysnesteen lämpötilan, polttoaineen lämpötilan) funktiona. Ruiskutuksen alkamista ja kestoa säädetään sylinterillä selektiivisesti magneettiventtiilien avulla. (Mercedes-Benz 2007, 19)

Ohjausyksikkö tarjoaa myös toimintoja, kuten vian havaitsemisen, limp-home -tilan (tila, jossa moottorin teho on alhaisempi voimansiirron vahingoittumisen välttämiseksi) asetukset, diagnoosin ja rajapinnat muihin ohjausjärjestelmiin. (Mercedes-Benz 2007, 19)

Kuviossa 8 on esitetty ohjausyksikön yksinkertaistettu toimintaperiaate.



KUVIO 8. MR2 -ohjausyksikön toimintaperiaate (Mercedes-Benz, 2007, 19, muokattu)

MR2 on suunniteltu 2-tietokoneiseksi järjestelmäksi. Tämä tarkoittaa sitä, että jos päätietokone vioittuu, varatietokone ottaa haltuun yksikköpumppujen magneettiventtiilien toiminnan. Tällöin moottorin nopeus asettuu vakioksi, noin 1300 rpm. Tämä redundanssisuus koskee yksikköpumppujen magneettiventtiilien lisäksi kierrosluvun mittausta, käynnistimen käyttöä ja moottorin CAN-väylää. Järjestelmä on myös varustettu "watchdog" -vartiointitoiminnolla, joka toteuttaa automaattisesti laajaa itsetestausta ja jonka avulla toteutetaan myös kaksisuuntainen valvonta ajoneuvonohjausyksikön kanssa. (Mercedes-Benz 2007, 11)

3.1.1 Tulot ja lähdöt

MR2-yksikössä on 9 tuloa lämpötilalle. Tulot ovat jäähdytysnesteelle, öljylle, polttoaineelle, 2 tuloa ahtoilmalle, AdBluelle (dieselmootoreissa käytettävä lisäaine, joka koostuu urea-vesiliuoksesta), EGR:lle (pakokaasun takaisinkierätyks), ympäristölle ja ohjausyksikön sisäisen lämpötilan mittaukselle.

Paineen mittaukseen yksikössä on 6 tuloa: ilmanpaineelle, ahtopaineelle, öljynpaineelle (aktiivinen ja passiivinen) sekä paineilman- ja AdBlue:n paineelle.

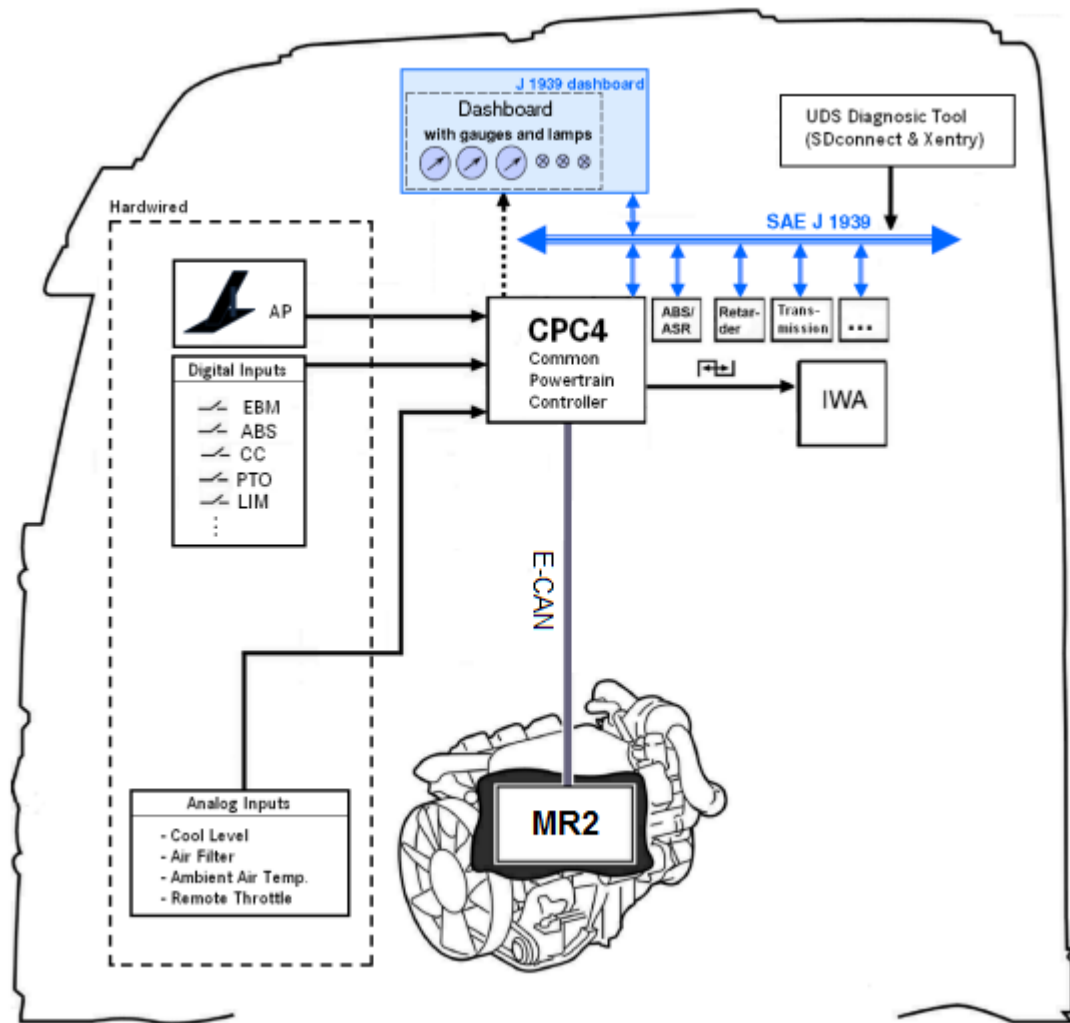
Muita analogiatuloja löytyy öljyn pinnankorkeuden mittaukselle, ilmankosteuden mittaukselle, kampi- ja nokka-akselin asentomittaukset sekä 2 vara-analogiatuloa. Yksiköstä löytyy lisäksi huoltoa varten 2 binääristä tuloa käynnistys- ja sammutuspainikkeille. (Mercedes-Benz 2007, 23)

Ohjausyksikön lähtöjä ovat yksikköpumppujen ohjaukset (4-8 lähtöä riippuen sylinterien määrästä), yksi lähtö käynnistystä varten, lisäksi kuusi PWM-monitoimilähtöä, joiden avulla voidaan toteuttaa lisäosien kuten nopean tuulettimen, ahtimen ohitusventtiilin tai viskokytkimen toiminta. (Mercedes-Benz 2007, 23)

3.2 Ajoneuvonohjausyksiköt ADM2, ADM3 ja CPC4-ECAN

Koska ADM -yksiköiden tuotanto on lopetettu, tässä osiossa esiteltävät yksikön ominaisuudet ovat pääasiassa CPC4-ECAN -yksikön. Yksiköiden välillä ei ole suuria eroavaisuuksia ja tärkeimmät sekä hyödyllisimmät toiminnot, tulot ja lähdöt ovat samoja.

Moottorinohjausyksikkö MR2 edellyttää toimiakseen ajoneuvonohjausyksikön, jonka toiminta on esitetty kuviossa 9. Ajoneuvonohjausyksikkö pitää sisällään MR2-yksikön vaatiman CAN-rajapinnan, minkä avulla käyttäjä määrittää moottorin toimintavaatimukset. Toisaalta ajoneuvonohjausyksikköön on mahdollista liittää myös tavanomaisia mittareita sekä se toimii rajapintana erikoistoiminoille, kuten ABS:lle. Ennalta määritetyt moottorin ohjausasetukset, kuten vääntömomentin / kierrosluvun rajoitukset tai nopeuden rajoittaminen toteutetaan parametriohjelmoinnilla diagnostiikkatestilaitteen avulla. Ohjausyksiköt lukevat antureilta tila- ja mittatietoja, jonka jälkeen ne vertaavat arvoja valmiiksi tallennettuun dataan, tämän pohjalta yksiköt ohjaavat moottoria toimimaan kuten käyttäjä haluaa. (Daimler AG 2018, 15)



KUVIO 9. CPC4-ECAN -ohjausyksikön toimintaperiaate (Daimler AG 2018, 15)

3.2.1 Tehtävät ja toiminnot

Yksikkö voidaan jakaa kolmeen tehtävälökhöön: toiminnot, sisääntulot ja ulostulot.

Yksikön toimintoihin kuuluu moottorin käyttötapa, joka voidaan asettaa joko vääntömomentin ohjaustilaan (Torque Control Mode) tai nopeuden hallintatilaan (PTO Control Mode). Vääntömomentin ohjaustilassa ajoneuvonohjausyksikkö lähettää moottoriväylää pitkin pyydety vääntömomentin moottorinohjausyksikölle, joka ohjaa moottorin toimimaan halutulla vääntömomentilla. Pyydetty vääntömomentti voidaan antaa ajoneuvonohjausyksikölle kaasupolkimella, etäkaukopolkimella (esim. käsikaasu) tai muulla vastaavalla tavalla väylää pitkin. (Daimler AG 2018, 176)

Nopeuden hallintatilassa nimensä mukaisesti hallitaan moottorin nopeutta. Ajoneuvonohjausyksikkö lähettää pyynnön halutusta moottorin nopeudesta moottorinohjausyksikölle, joka ohjaa moottorin toimimaan halutulla nopeudella. Nopeuden hallintatilassa ajoneuvonohjausyksikkö saa pyyntönsä joko kaasupolkimelta, väylää pitkin ulkoiselta ohjaukselta tai PTO-ohjaukselta. (Daimler AG 2018, 181)

Muita toimintoja ovat käynnistys- ja sammutustoiminnot, kaasupolkimen analysointi ja seuranta, moottorin jarrutustoiminnot, nopeuden rajoittaminen, vakionopeudensäätö, parametri- ja vikamuisti sekä vianhaku- ja väylätoiminnot. (Daimler AG 2018, 16)

3.2.2 Tulot ja lähdöt

Kuten MR-yksikkö, myös ajoneuvonohjausyksikkö sisältää lukuisia sisään- ja ulostuloja, joiden avulla hallitaan ja ohjataan ajoneuvon sekä moottorin toimia.

Digitaaliset sisääntulot ovat toteutettu ylös- ja alasvetovastuksien avulla, jotka määrittävät tuloliitännän tilan joko nollassi tai ykköseksi. Yksikön digitaalisia sisääntuloja ovat muun muassa ulkoinen moottorin käynnistys ja sammutus, moottorin suojasammutuksen ohitus, kaasun esto, seisonta- ja käyttöjarru, vaihteiston ”vapaa” -asento, rajoitusten aktivointi, ilmastoinnin tila ja vakionopeudensäätimen toiminta. (Daimler AG 2018, 22, 39)

Analogisia sisääntuloja ovat muun muassa kaasupoljin, etäkaasupoljin, jäähdytysnesteen pinnankorkeudenmittaus, ilman virtauksen mittaus ja ympäristön lämpötila. (Daimler AG 2018, 22)

Ohjausyksikön ulostuloina toimii erilaisia indikaattoreita ja varoitusvaloja kuten öljyn pinnankorkeuden ja paineen varoitusvalot, moottorin varoitus- ja sammutusvalot, vettä polttoaineessa -varoitus, äänimerkki, akun jännitteen varoitusvalo sekä latauksen merkkivalo. (Daimler AG 2018, 22)

Analogisia ulostuloja ovat muun muassa öljynpaine, jäähdytysnesteen lämpötila sekä moottorin nopeus.

Näiden lisäksi on lisälaitteilla toteutettuja asiakaskohtaisia ulostuloja esimerkiksi PWM-lähtö automaattivaihteistolle tai relelähtö kick-downille, joka tarkoittaa vaihteiden automaattista pienentämistä, kun kaasupoljin painetaan nopeasti pohjaan. (Daimler AG 2018, 22)

3.2.3 MSHA ja yksiköiden eroavaisuuksia

ADM2- ja ADM3-yksiköiden erot ovat lähinnä ominaisuuksien määrissä ja lisäominaisuuksissa liittyen pakokaasujen jälkikäsittelyn vaatimuksiin.

Yrityksen tuotteissa ADM3-yksiköitä käytetäänkin ainoastaan USA/Kanada -laitteissa, joissa vaaditaan MSHA:lta (Mine Safety and Health Administration) saatua hyväksyntää. MSHA on Yhdysvaltain työministeriön virasto, joka kehittää ja valvoo kaivosteollisuuden turvallisuus ja terveysvaatimuksia.

Mercedeksen 900-sarjan moottoreiden hyväksyntä on saatu niin sanotun MSHA-kitin avulla, jossa ADM3-yksikön vääntökäyrää on leikattu ja muutos on salasanalla lukittu.

CPC4-yksikölle hyväksyntää ei vielä ole, joten USA/Kanada -laitteissa on vielä käytössä ADM3-yksikkö. Lähitulevaisuudessa Daimler AG:n on tarkoitus hakea hyväksyntä myös uudelle yksikölle.

CPC4-yksikön suurin ero ADM-yksiköihin on diagnostiikassa. CPC-yksikkö vaatii XENTRY -työkalun diagnostiikkaan, kun ADM2/3-yksiköitä pystytään operoimaan Minidiag2 -työkalun avulla.

3.2.4 Parametrit

Ohjausyksiköiden parametrit ovat jaettu eri ryhmiin sen mukaan mihin ne liittyvät. Ryhmiä on CPC4-eCAN -yksikössä 48 kappaletta ja osa parametreista ei

ole näkyvissä käyttäjälle. ADM2 -yksikössä parametriryhmiä on 24 ja ADM3 -yksikössä 27 kappaletta. Erot ryhmien määrissä tulee ominaisuuksien määrästä, lisäksi CPC4 -yksikön parametrit ovat kategorisoitu eri tavalla ja tarkemmin, jonka seurauksena ryhmämäärät ovat lisääntyneet. (Daimler Chrysler, 33; Daimler AG 2013, 36; Daimler AG 2018, 69)

Kohdeyrityksen tuotteissa CPC -yksikön parametreja muutetaan tehdasasetuksiin nähden 15:sta eri ryhmästä. Muutettavista parametreista yksi on esimerkiksi vaihteiston tyyppi, joka kuuluu "Vehicle parameters I" -ryhmään. "Common limiters" -ryhmästä muutetaan ajoneuvon maksiminopeus ja muita nopeuksiin liittyviä arvoja. "PTO Control on PTO and CC pin" -ryhmästä voidaan valita käsikääsun tyyppi ja vaihteiden määrä sekä asettaa nopeudet vaihteille. Muita muutettavia parametreja ovat esimerkiksi kaasupolkimen tyyppi sekä sisään- ja ulostulojen vakioarvot ja toiminnot.

4 DIAGNOSTIIKKATESTILAITE

XENTRY Kit on diagnoosijärjestelmä, jota käytetään Mercedes-Benz ajoneuvojen vianmääritykseen. XENTRY Kit koostuu tabletista (XENTRY Diagnosis Pad) ja multiplexerista (XENTRY Diagnosis VCI), joiden avulla voidaan lukea tai poistaa virhekoodeja, suorittaa ohjattuja testejä, alustaa uusia komponentteja sekä suorittaa ohjelmointeja ja konfigurointeja. Lisäksi kittiin kuuluu tarvittavat kaapelit sekä WLAN-mokkula, joka mahdollistaa yhteyden tabletin ja VCI:n välille. Tyypillinen XENTRY Kit sisältää kuviossa 10 esitetyt osat.



KUVIO 10. XENTRY Kit -järjestelmän osat.

XENTRY Diagnosis VCI toimii rajapintana, joka tarjoaa tiedonsiirron ajoneuvon ja tabletille ladatun XENTRY -ohjelmiston välillä. Siinä ei ole omaa PC-ydintä, akkua, tuuletinta tai näyttöä. Käyttöjännitteen se saa OBD-liittimen kautta ajoneuvolta tai USB-kaapelin kautta tabletilta. Sitä käytetään XENTRY Diagnosis Pad -laitteella WLAN- tai USB-kaapeliyhteyden kautta. (Mercedes-Benz 2017)

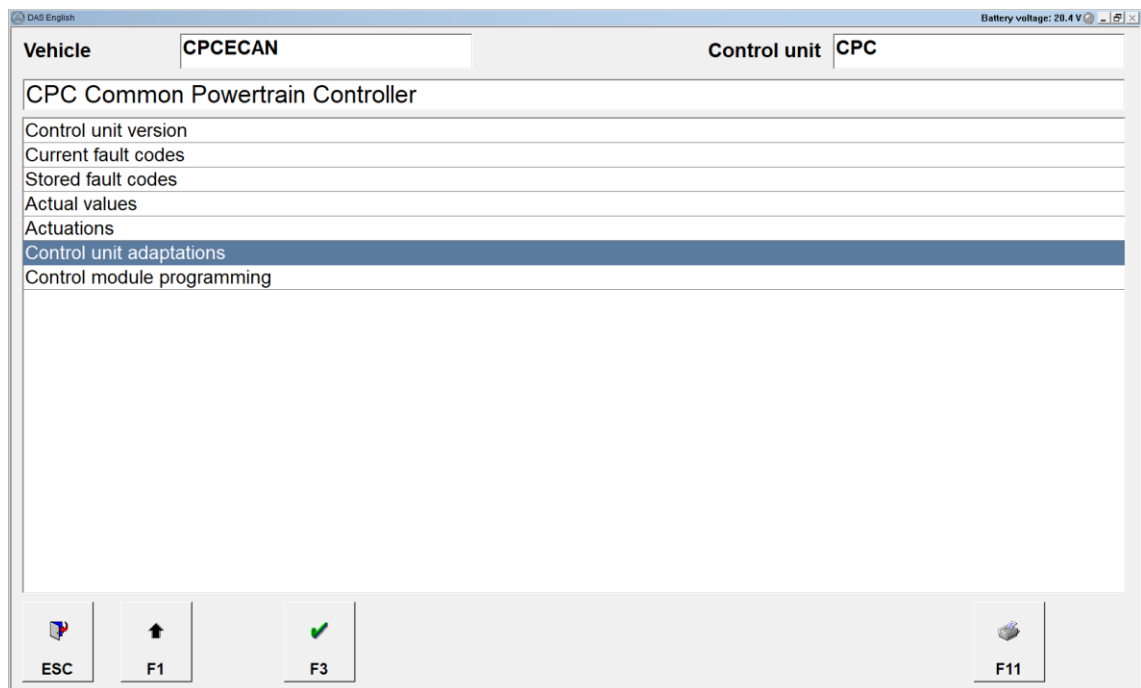
XENTRY Diagnosis Pad on kosketusnäytöllinen Dellin tabletti, jonka käyttöjärjestelmänä toimii Windows 10. Järjestelmän diagnosiohjelmiana toimii XENTRY Diagnosis, joka avaa DAS-käyttöliittymän. Järjestelmässä on käytössä myös seuraavia ohjelmia:

- ConfigAssist, jonka avulla voidaan muun muassa tutustua järjestelmään, linkittää VCI ja tabletti toimimaan keskenään, lisätä lisenssiavain ja muokata päivitysasetuksia.
- Update Center, jonka avulla ohjelmistot päivitetään.
- VCI Manager -ohjelmaa käytetään XENTRY Diagnosis VCI -sovelluksen palauttamiseen ja laiteohjelmiston päivitykseen.

- Diagnosis PDF Printerin avulla luodaan helposti PDF-tiedostoja esimerkiksi vikakoodeista tai parametrilistauksista.
- Support Tool nimensä mukaisesti tarjoaa tukea. Ohjelmasta näkee järjestelmätietoja, sen avulla voi diagnosoida ohjelmavikoja ja se tarjoaa ohjeita.
- VCI Monitor näyttää yhteyden VCI:n ja tabletin välillä.

4.1 XENTRY Diagnosis / DAS

Diagnostiikkaohjelman avulla toteutetaan itse vian haku tai ohjelmointi. Ohjelman aluksi valitaan haluttu ajoneuvo tai moottorin tyyppi, jonka yksikköön halutaan päästä käsiksi. Tämä käynnistää DAS-käyttöliittymän, jossa halutut toiminnot toteutetaan. Ohjelman käyttöliittymä (kuvio 11) on tehty yksinkertaiseksi ja selkeäksi.



KUVIO 11. XENTRY Diagnosis DAS-käyttöliittymä

Valikoissa liikutaan eteen- ja taaksepäin ESC- sekä F1-F12 -näppäinten avulla tai hiiren painalluksilla. Ohjelmassa voidaan tarkistaa muun muassa ohjausyksikön versio, katsoa ja/tai tyhjentää vikakoodeja, muuttaa tai tarkastella parametreja ja syöttää valmis parametrilistaus eli toteuttaa yksikön ohjelmointi.

Ohjelma pitää päivittää lisenssien takia 5 kertaa vuodessa, tämä myös takaa ohjelman virheettömän toiminnan ja parhaan tuloksen saavuttamisen. Ohjelma ilmoittaa etukäteen, kun päivityksen aika lähenee. Vanhentunutta ohjelmaa ei voi käyttää.

4.2 OBD-järjestelmä

OBD (On-Board Diagnostic) on diagnostiikkajärjestelmä, jonka avulla voidaan kommunikoida ajoneuvon moottorinohjausyksikön kanssa. Järjestelmän tarve syntyi, kun ympäristönsuojeluvirasto (EPA) käynnisti sarjan asteittaisia päästöstandardeja ja vaatimuksia ajoneuvojen pitkäaikaiseen kunnossapitoon. Näiden standardien täyttämiseksi valmistajat siirtyivät sähköisesti ohjattuihin polttoaineen syöttö- ja sytytysjärjestelmiin. Anturit mittasivat moottorin suorituskykyä ja säätivät järjestelmät mahdollisimman vähäpäästöisiksi. Näihin antureihin päästiin myös tarjoamaan varhaista diagnoosiapua. (OBD-II Background)

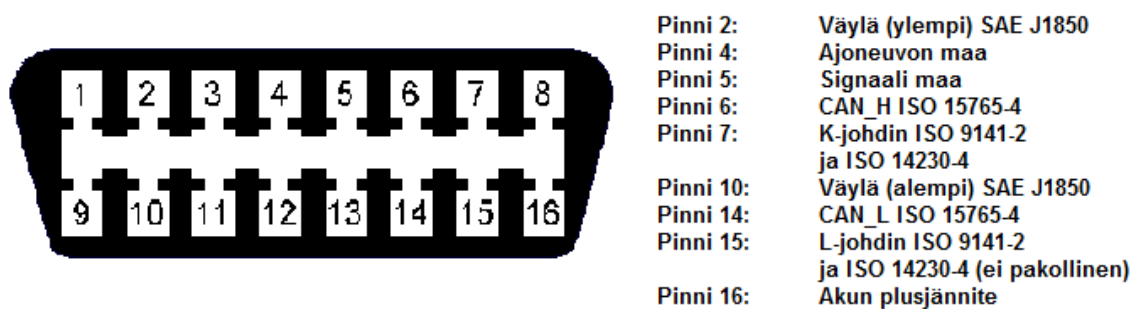
Ajoneuvojen diagnostiikkajärjestelmät ovat vuosien varrella kehittyneet entistä tarkemmiksi ja paremmiksi. 90-luvun puolivälissä esitelty uusi standardi OBD-II tarjoaa lähes täydellisen moottorin ohjauksen, joka valvoo myös rungon, korin ja lisälaitteiden osia sekä ajoneuvon väyläverkkoa. (OBD-II Background)

4.2.1 OBD-II

OBD-II on SAE J1979 määrittelemä standardi. Se määrittelee lähes 100 parametria, ja noin 40 niistä on käytössä tavanomaisessa ajoneuvossa. Parametrit ovat yleensä rajoitettu moottoriin.

OBD-II -järjestelmän tietorajapintana on diagnostiikkaliitäntä (DLC), joka on määritelty standardissa SAE J1962. Liitäntä mahdollistaa pääsyn järjestelmän tarjoamaan tietoon. Lisäksi siitä päästään käsiksi moottorinohjausyksikön parametreihin ja muihin toimintoihin sekä sen avulla voidaan suorittaa mm. järjestelmän ohjelmistopäivitykset. (OBD-II Background)

Järjestelmässä on käytettävissä 5 perusprotokollaa, joista jokaisessa on pieniä eroja ajoneuvon sisäisen diagnoositietokoneen ja skannerikonsolin tai työkalun välisessä viestinnässä. Protokollat ovat: SAE J1850 PWM, SAE J1850 VPW, ISO 9141-2, ISO 14230 KWP2000 ja ISO 15765 CAN. Kuviossa 12 on esitettyä liittimen pinnijärjestys. Ja kuten kuviosta on nähtävillä, esimerkiksi KWP2000-järjestelmä tarvitsee vain pinnit 4, 5, 7, (15) ja 16 toimiakseen. OBD itsessään ei käytä pinnejä 1, 3, 8, 9, 11, 12 ja 13, ne jäävät valmistajan määrittäväksi. (OBD-II Background)



KUVIO 12. OBD-II -liittimen pinnijärjestys (OBD-II Connector, muokattu)

Kohdeyrityksen tuotteissa käytetään ISO 14230 KWP2000 -protokollaa, lisäksi valmistaja on määritellyt pinnejä toteuttaakseen liittimen kautta muita toimintoja ja kommunikointia. Esimerkiksi yhteys Xentryyn toteutetaan väylän (SAE J1939) kautta. Käytössä olevat pinnit ovat esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Kohdeyrityksen OBD-liittimen pinnijärjestys

Pinni 4	Ajoneuvon maa
Pinni 5	Signaali maa
Pinni 6	CAN_H (SAE J1939)
Pinni 7	K-johdin (CPC, ADM)
Pinni 8	Virtalukko
Pinni 9	K-johdin (MR2)
Pinni 12	CAN_H (SAE J1939)
Pinni 13	CAN_L (SAE J1939)
Pinni 14	CAN_L (SAE J1939)
Pinni 16	Akun plusjännite

5 SUUNNITTELU

Työn suunnittelu ja toteutus voidaan jakaa seuraaviin osiin:

- Selvitystyö, missä selvitettiin kytkentöjä ja liittimiä, sekä mikä on työn tavoite ja kuinka se tulisi toteuttaa.
- Suunnittelutyö, missä suunniteltiin adapteri ja laitteisto, millä ohjelmointi toteutetaan.
- Toteutus, missä rakennettiin suunniteltu laitteisto.
- Testaus, missä testattiin, että rakennettu laitteisto toimii niin kuin sen pitää.

Työ ja sen suunnittelu aloitettiin tutustumalla ajoneuvonohjausyksikköön ja XENTRY -laitteistoon. Heti työn alkuvaiheilla toteutettiin toimiva yhteys laitteiden välille. Tämän jälkeen selvitettiin ja tilattiin liittimet sekä muut tarvittavat komponentit, mitä työssä tarvittiin.

5.1 Ensimmäinen vaihe

Työn ensimmäisenä vaiheena oli saada toimiva yhteys yksikön ja XENTRY:n välille. Käytössä oli ylimääräinen CPC4-eCAN -yksikkö, XENTRY -laitteisto sekä aikaisemmin tehty viritelmä adapterista. Käyttöohjeen ja kohdeyrityksen piirikaavioiden avulla selvitettiin tarvittavat liittimet ja muut tarvikkeet. Esimerkiksi käyttöjännitteen lisäksi tarvittiin myös jännite simuloimaan ajoneuvon jännitettä. Lisäksi adapterikytkentään piti lisätä 120 ohmin päätevastus, jotta väylä saatiin toimimaan. Valmis kytkentä oli loppujen lopuksi hyvinkin yksinkertainen ja vaati käyttöönsä vain yhden liittimen, josta kytkettiin seitsemän pinniä.

Seuraavaksi tutustuttiin XENTRY -laitteistoon ja heti alussa tuli esille tarve ohjelmiston päivittämiseksi. Päivittäminen aloitettiin luomalla yhteys internettiin ja XENTRY:n taustapalvelimiin ConfigAssist -ohjelman avulla. Tämän jälkeen itse päivitys toteutettiin "XENTRY Update Service Center" -ohjelmalla. Ohjelma latsi automaattisesti uuden version ohjelmistosta, joka sen jälkeen asennettiin. Asennus viimeisteltiin käynnistämällä tabletti uudestaan.

Uuden ohjelmiston myötä myös XENTRY Diagnosis VCI eli kommunikointiyksikkö piti päivittää. Aluksi VCI kytkettiin tablettiin USB-kaapelilla, jonka jälkeen päivitys toteutettiin VCI Manager -ohjelmalla. Kommunikointiyksikön päivitys oli yksinkertaista ja sen pystyi toteuttamaan muutamalla hiiren painalluksella.

Päivityksien jälkeen adapteriin kytkettiin kommunikointiyksikkö, ajoneuvonohjauksyksikkö sekä jännitteet. Yhteyden luomiseen tarvittiin aikaisemmin päivitetty XENTRY Diagnosis -ohjelma, joka avasi DAS-käyttöliittymän. Yhteys yksikköön onnistui kerralla eikä ongelmia ilmennyt. Samalla kertaa suoritettiin myös ensimmäinen ohjelmointi, mikä onnistui ilman ongelmia. Ohjelmointia suorittaessa tosin huomattiin, että simuloitua ajoneuvon jännitettä joudutaan ohjelmoinnin aikana katkaisemaan päälle ja pois, joka huomioitiin lopullisessa adapterissa.

5.2 Tarvittavat komponentit

Tilattavia osia olivat kotelointia varten salkku, OBD- ja yksiköiden liittimet, suojakotelo OBD:lle sekä liittimien vaatimat pinnit. Kaikkia liittimiä ei tarvittu ohjelmointiin, mutta ne tilattiin varmuuden vuoksi molempiin yksiköihin. Yksiköiden liittimet olivat erilaisia AMP MCP -liittimiä ja OBD-liitin oli AMP Micro Timer 3.

Kaikki muut osat olivat saatavilla kohdeyrityksen varastoista. Osia olivat:

- 2 kappaletta Eaton -merkkisiä valollisia valintakytkimiä, jotka toimivat virtakytkiminä.
- Deutsch HDP14 -mallin runkoliitin, joka toimi väliliittimenä välijohtoille.
- 2 kappaletta jatkoliittimiä, joiden avulla toteutettiin adapterin välijohto.
- Lisäksi liittimien suojat sekä käyttöjännitettä varten tarvittava virtaliitin ja virtajohto.

Lisäksi työpisteelle hankittiin XENTRY-laitteisto, näyttö, näppäimistö, hiiri sekä telakointiasema, jonka avulla yhdistetään oheislaitteet toisiinsa.

5.3 Kotelointi

Komponenttien koteloinnissa päädyttiin salkkumalliseen ratkaisuun, jonka avulla hoidetaan myös yksikön teline ohjelmoinnin ajaksi. Salkuksi valikoitui kompaktin kokoinen (270x246x174 mm) suojasalkku (kuva 1), jota on tarvittaessa helppo kuljettaa. Salkun alaosassa oli hyvin tilaa asentaa riviliittimet ja tehdä kytkennät adapterille. Liittimet asennettiin salkun molempiin kylkiin ja salkun etureunaan tehtiin teline polykarbonaattilevystä. Lisäksi salkkuun taiteltiin polykarbonaatista valmistettu levy suojaamaan kytkentöjä, levyyn asennettiin myös virtakytkimet.



KUVA 1. Salkku (FixitTools DM1213).

Salkkuratkaisuun päädyttiin osaksi myös säilytyksen takia. Varaosaohjelmointia toteutettiin vuonna 2019 28 kappaletta, joten suurimman osan ajasta laite ei ole käytössä. Tämän vuoksi kaapeleita ja muita tarvikkeita on helppo säilöä salkussa seuraavaa kertaa varten.

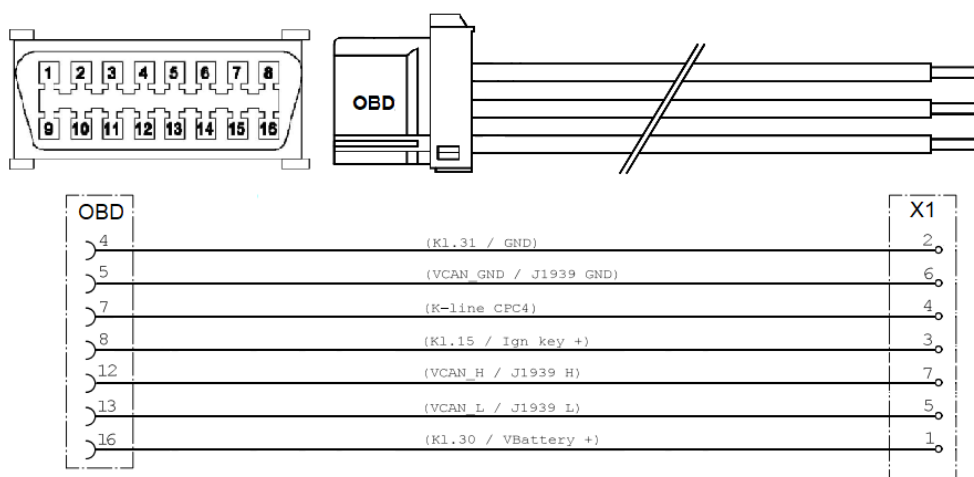
5.4 Adapteri

Adapterin suunnittelu aloitettiin miettimällä järkevintä ratkaisua tapaukseen, missä sen avulla pitää saada ohjelmoitua kahta erilaista yksikköä; olisiko järke-

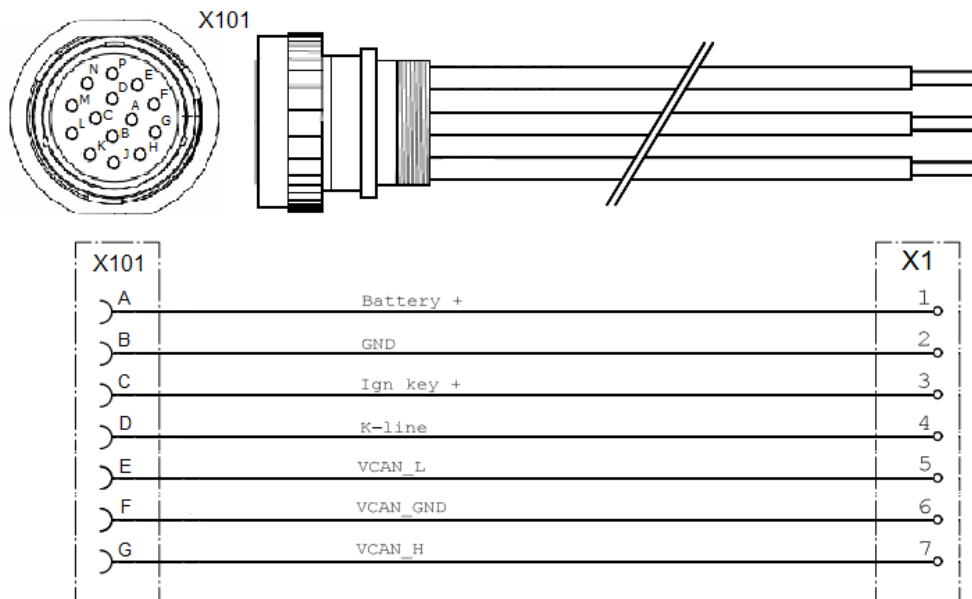
vintä tehdä adapteriin kaikki liittimet vai keksiä toinen ratkaisu? Työssä päädyttiin käyttämään välikaapeli -ratkaisua, missä valitaan yksikköön menevä kaapeli sen mukaan, mitä yksikköä ohjelmoidaan. Tämän menetelmän avulla ei ole ylimääräisiä liittimiä, joita kytkeä väärin. Lisäksi vuosien jälkeen, kun käytössä on vain CPC-yksiköitä, voidaan toisesta kaapelista luopua kokonaan.

5.4.1 OBD-liitin ja välikaapelit

OBD-liitin sijoitettiin salkun oikeaan kylkeen, josta johdot vietiin salkun takareunassa sijaitsevalle riviliittimelle X1. Välikaapeli toteutettiin samalla tavalla, ai-noana erona, että liitin sijoitettiin vasempaan kylkeen. Kuvioissa 13 ja 14 on esitettyinä kaapeleiden kytkentäkuvat.

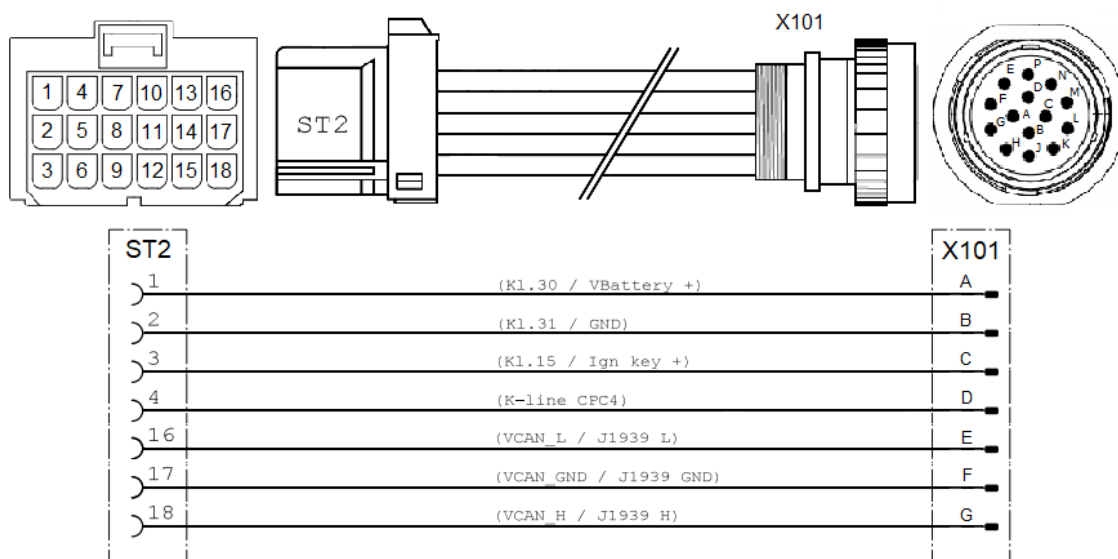


KUVIO 13. OBD-liitin ja kytkentä

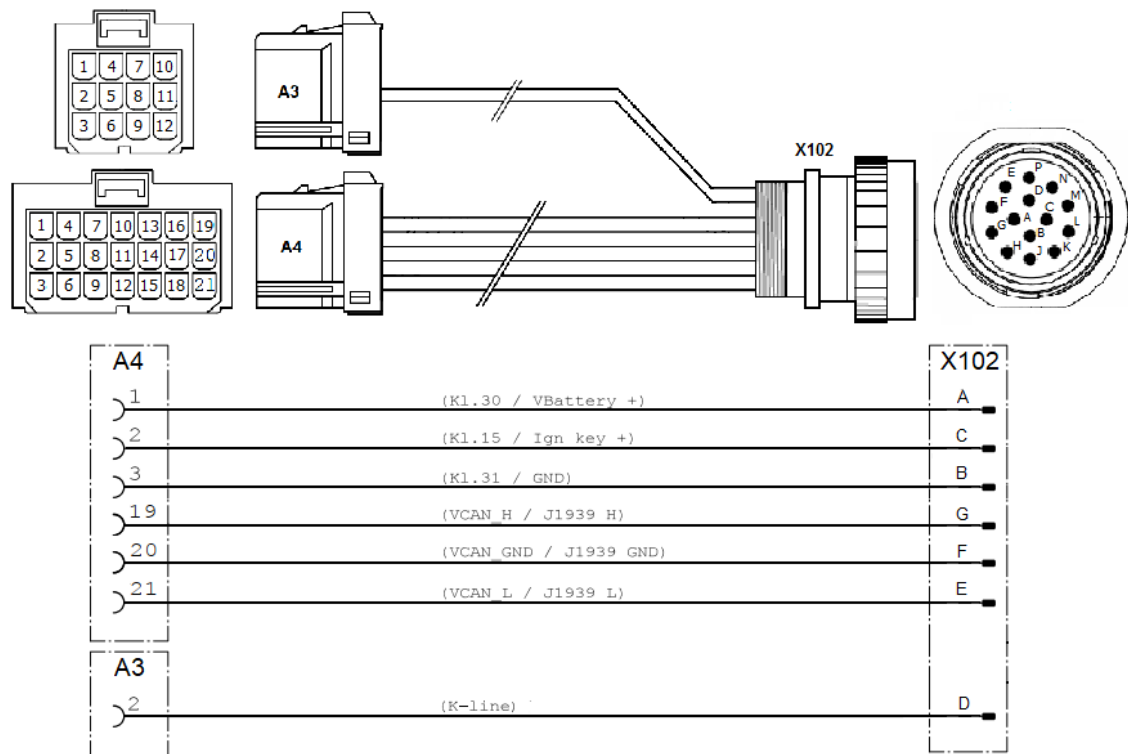


KUVA 14. Adapterivälikaapelin kytkentä

Yksikön välikaapeleiden toiseen päähän laitettiin yksikköön menevät liittimet ja toiseen välikaapelin liittimelle menevä liitin (X101 tai X102). Kuten jo aikaisemmin on tullut esille, ohjelmointia varten CPC-yksikössä tarvitsee vain liittintä ST2, kuten kuviossa 15 on nähtävillä. ADM-yksikön kytkennässä tarvitsee vain liittimiä A3 ja A4, kytkentä on nähtävillä kuviosta 16.



KUVIO 15. CPC-välikaapelin kytkentä

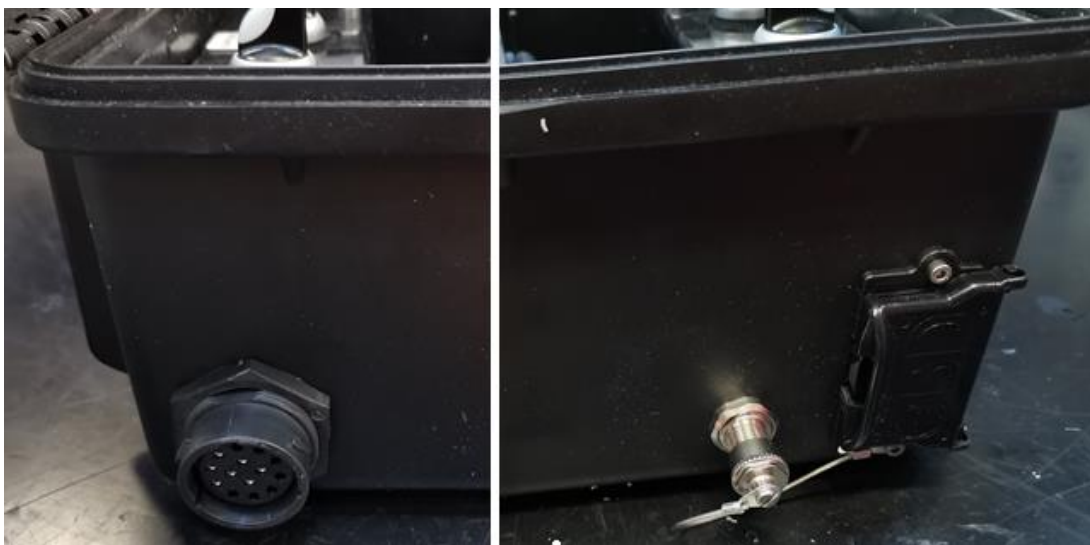


KUVIO 16. ADM-välikaapelin kytkentä

6 TOTEUTUS

6.1 Komponenttien asennus ja kytkentä

Liittimiä varten tehtiin tarvittavat reiät lävistimellä. Virtaliitin ja välikaapelin liitin olivat vastamutterillisia runkoliittimiä ja OBD-liittimen kiinnitys tapahtui ruuveilla (kuva 2). Yksikölle menevien välikaapeleiden johdot suojattiin suojaputkella ja salkulle menevän liittimen suojaksi asennettiin 90 asteen suoja. Välikaapelit ovat nähtävillä kuvassa 3.



KUVA 2. Vasemman ja oikean kyljen liittimet.



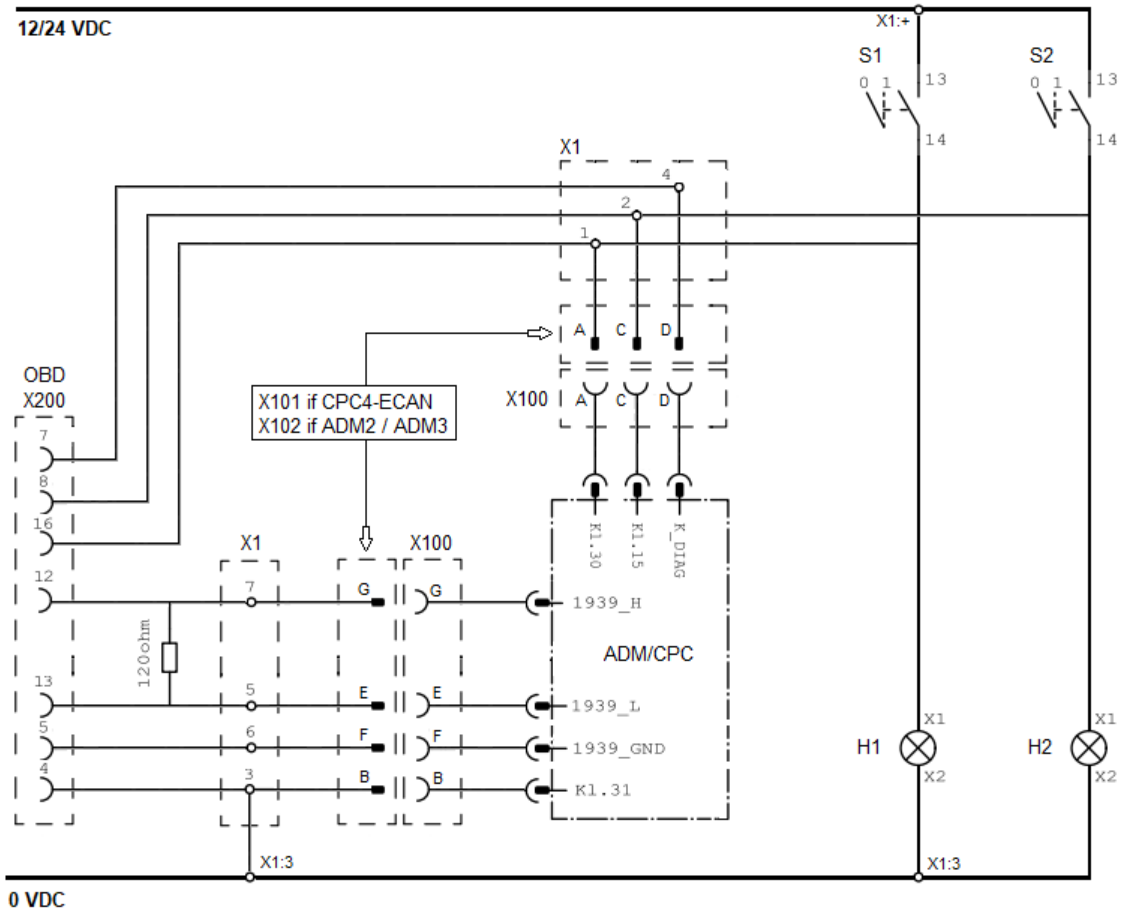
KUVA 3. ADM/CPC-kaapelit ja niiden suojaus.

Salkun pohjalle takaosaan kiinnitettiin DIN-kisko riviliittimiä varten. DIN-kiskoa korotettiin 15 millimetriä, jotta johtojen kiinnitys olisi helpompaa. DIN-kiskon kiinnitys tapahtui pohjaan poratuilla ruuveilla. Kiinnityksien jälkeen liittimet johdotettiin riviliittimille. Riviliittimiin 5 ja 7 asennettiin väylää varten tarvittava 120 ohmin päätevastus. Kuvassa 4 on nähtävillä riviliittimet ja johdotusta.



KUVA 4. Riviliittimet ja johdotus.

Suojalevyä varten pohjaan kiinnitettiin 100 millimetrin korotusruuvit, joiden päälle levy asennettiin. Levyyn tehtiin 90 asteen kanttaus, jotta suojaus toteutuu myös edestä. Kytkimien kiinnitys toteutui myös vastamuttereilla, levyyn tehtiin siis reiät niitä varten ja asennettiin ne. Kytkimien pohjiin kiinnitettiin sulkeutuvat koskettimet ja valoelementit, jonka jälkeen ne johdotettiin riviliittimelle. Laitteen kytkentä on toteutettu kuvion 17 mukaisesti.



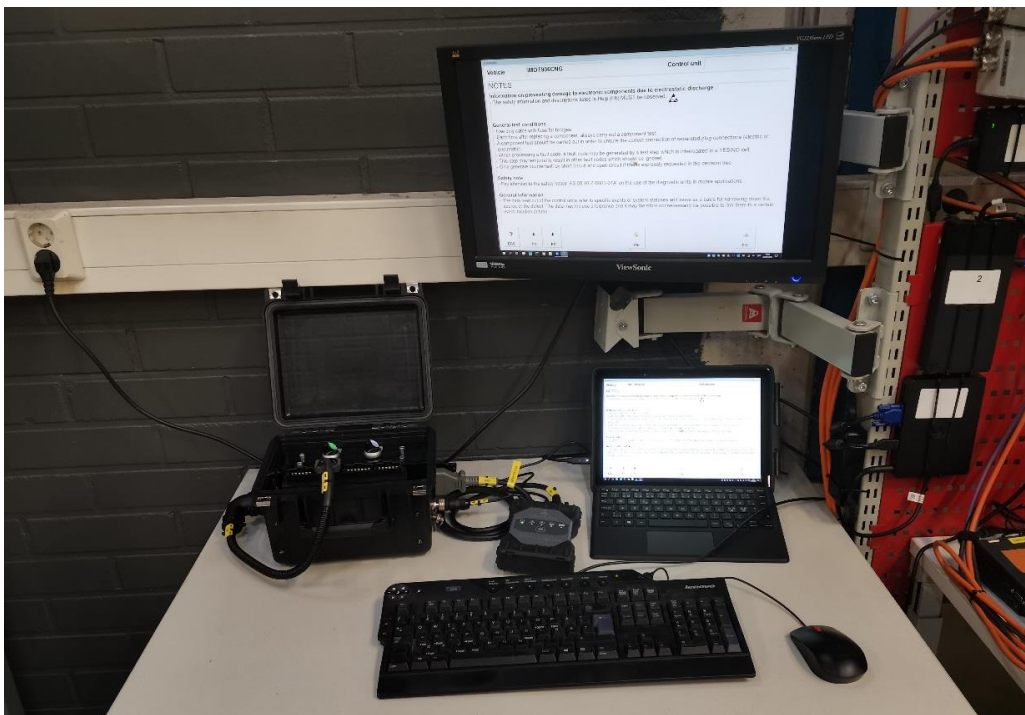
KUVIO 17. Laitteen kytkentäkaavio.

Salkun etuosaan sijoitettu teline on taiteltu polykarbonaattilevystä ja sen reunat on suojattu reunanauhalla. Lisäksi telineen sisäpinnoille on asennettu vaahtomuovia, tarkoituksena suojata yksikköä. Kuvassa 5 on nähtävillä salkun sisältö, josta käy ilmi suojailevy ja siihen asennetut kytkimet sekä telineessä sijaitseva yksikkö.



KUVA 5. Salkun sisältö.

Kokonaisuudessaan työpisteeseen sisältyi kuvassa 6 nähtävillä olevat välineet ja tarvikkeet. Vasemmalla on salkku, johon on kytketty VCI sekä ohjelmoitava yksikkö. Keskellä nähtävillä XENTRY -tabletti ja oikealla telakointiasema kiinnitettyä työkaluseinään.

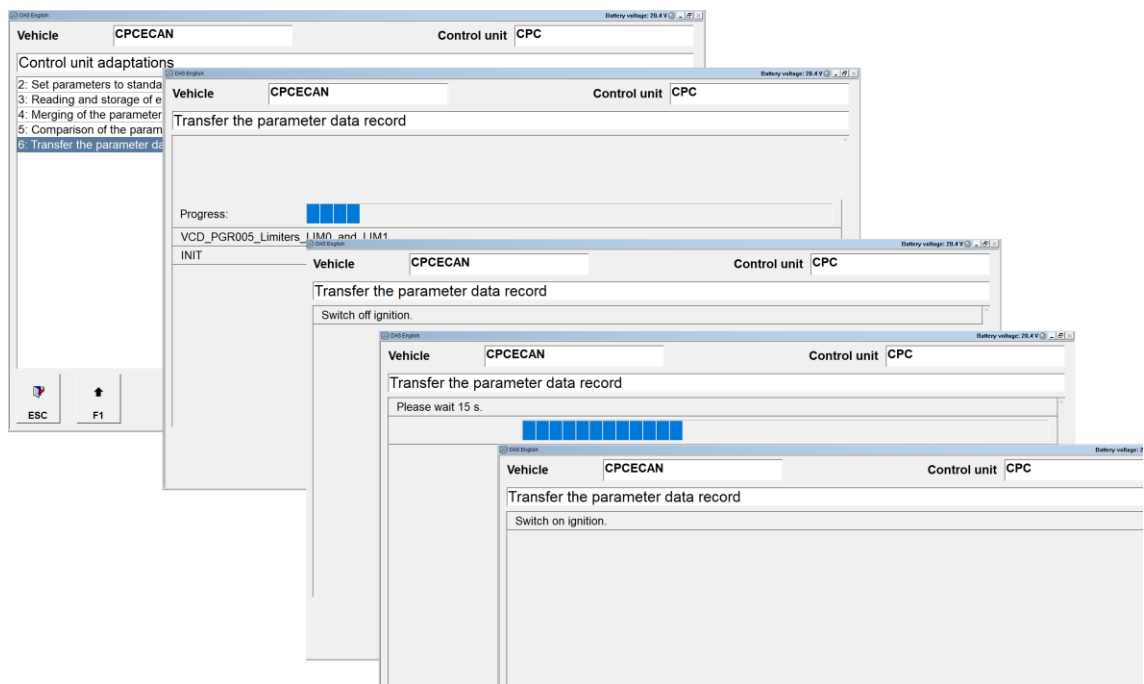


KUVA 6. Työpiste kokonaisuudessaan.

6.2 Testaus

Kun käytännön työ saatiin valmiiksi, aloitettiin laitteen testaaminen. Ensiksi tarkistettiin mittaamalla, ettei johdotusvaiheessa ole käynyt virheitä. Testiyksikkönä käytettiin samaa CPC4-ECAN -yksikköä kuin ensimmäisessä vaiheessa. Yksikkö kytkettiin salkkuun CPC-kaapelilla ja VCI kytkettiin OBD-kaapelilla, jonka jälkeen salkkuun kytkettiin jännite "Power"-kytkimen avulla. Samalla käännettiin "Ignition"-kytkimestä, joka simuloi ajoneuvon virta-avainta. VCI:lle kytkeytyi jännite ja oikeat ledit syttyivät palamaan. Tämän jälkeen WLAN-mokkula kytkettiin tabletin USB-porttiin ja tabletti käynnistettiin.

XENTRY Diagnosis ohjelma käynnistettiin, josta valikoitiin oikea moottori ja avattiin DAS-käyttöliittymä. DAS valikoiden kautta mentiin kohtaan "Transfer the parameter data record (Parameter file)", josta valikoitiin oikea parametripaketti ja aloitettiin parametrien lataus yksikölle. Hetken ladattua ohjelma ilmoitti kääntämään "Ignition" -kytkimen pois päältä ja taas takaisin päälle. Parametrien lataaminen onnistui ilman ongelmia ja salkku toimi moitteettomasti. Kuviossa 18 on esitetty kuvia ohjelmasta.



KUVIO 18. Parametrien lataaminen.

6.3 Varaosaohjelmoinnin ja ohjelmiston päivityksen ohjeet

Ohjeet ohjelmointia ja ohjelmiston päivitystä varten toteutettiin mahdollisimman yksinkertaisesti ja selkeästi, jotta jokainen pystyy kyseiset päivitykset toteuttamaan ilman erillistä ohjausta. CPC4-ECAN- ja ADM2-yksikön ohjeet eroavat vain hieman toisistaan. ADM3-yksikkö tulee valmiiksi ohjelmoituna eikä sen parametreihin kosketa. Yksiköstä tarkistetaan vain, että versio on oikea.

Ohjeen alussa kerrotaan tarvittavat komponentit, jonka jälkeen vaihe vaiheelta -menetelmällä itse ohjeet kuvien kera. Ohjelmointia varten tarvitsee Xentry Diagnosis VCI:n, Xentry Diagnosis -tabletin, WLAN-mokkulan (tai vaihtoehtoisesti USB-kaapelin), salkun sekä OBD-, Power- ja CPC/ADM -kaapelit. Kun taas päivitystä varten tarvitsee vain tabletin ja toimivan internet-yhteyden.

7 POHDINTA

Opinnäytetyössä siirrettiin Mercedes-Benzin ajoneuvonohjausyksiköiden varaosaohjelmointi tuotannon sähköosastolle ja luotiin työpiste, sekä muut edellytykset sitä varten. Työpisteelle hankittiin XENTRY Kit -järjestelmä sekä näyttö, näppäimistö, hiiri ja telakointiasema helpottamaan ohjelmoinnin suorittamista. Muut edellytykset olivat osana työtä suunniteltu ja valmistettu salkku, joka piti sisällään adapterin erilaisten yksiköiden ohjelmointiin, sekä muut tarvittavat kaapelit ja kytkimet. Lisäksi työssä tehtiin ohjeet ohjelmointia varten sekä ohjelmiston päivittämiseksi.

Työ aloitettiin tekemällä selkeä aikataulutusta ja suunnitelma työn vaiheista, joka auttoi työn sisään pääsemisessä. Aluksi perehdyttiin yksiköiden ohjekirjoihin sekä diagnostiikkalaitteistoon ja aloitettiin teoriaosuuden kirjoittaminen. Kirjoittamisessa hieman haasteita aiheutti yksiköistä saatava tieto, mutta saatiin suoritetuksi ohjekirjoista saatavasta materiaalista. Kokonaisuudessaan työ oli erittäin monipuolinen ja mielenkiintoinen, mikä piti sisällään suunnittelemista, selvittämistä, toteuttamista ja testaamista. Työssä ei isompia ongelmia ilmennyt ja ainoa mikä työtä vaikeutti ja hidasti, oli ajankäyttö työn ohessa. Testausvaiheessa kaikki sujui hyvin ja laitteisto kokonaisuudessaan pystyttiin toteamaan toimivaksi. Sähköosastolla varaosaohjelmointia ei kirjoittamishetkellä ole vielä aloitettu, mutta tullaan varmasti aloittamaan lähitulevaisuudessa.

Salkku olisi saanut olla kokoa isompi, jotta kaikki säilytettävät tavarat olisivat mahtuneet siihen paremmin. Toisena vaihtoehtona adapterin olisi voinut tehdä erilliseen koteloon ja toteuttaa säilytys erikseen.

Yhtenä osana työtä oli myös miettiä ohjelmiston päivitystä ja sitä, miten se hoidetaan esimerkiksi toisessa toimipisteessä. Järkevimmäksi ratkaisuksi olisi nimetty vastuhenkilö päivittämiseksi, joka hoitaa toimipisteen kaikki laitteet ajan tasalle työpisteellä. Tätä ratkaisua puoltaisi se, että kohdeyrityksessä ei ole kaikkialla käytössä internet-yhteyttä. Lisäksi uusi ohjelmistopaketti tarvitsisi ladata vain kerran ja siirtää esimerkiksi USB-muistitikun avulla. Muiden toimipisteiden ohjelmiston päivittämiseksi voitaisiin käyttää etäyhteyttä ja vastuhenkilö hoitaisi myös ne.

LÄHTEET

Alanen, J. 2000. CAN - ajoneuvojen ja koneiden sisäinen paikallisväylä. Luettu 22.3.2020.

<https://www.yumpu.com/fi/document/read/15396806/can-ajoneuvojen-ja-koneiden-sisainen-paikallisvayla-oamk>

CAN in Automation. CAN knowledge – CAN data link layers in some detail. Luettu 22.3.2020.

<https://www.can-cia.org/can-knowledge/can/can-data-link-layers/>

CSS Electronics. J1939 explained - A simple intro (2020). Luettu 28.3.2020.

<https://www.csselectronics.com/screen/page/simple-intro-j1939-explained/>

DaimlerChrysler. Adaption Module as Vehicle Control ADM2 Operating Manual.

Daimler AG 2013. Adaption Module as Vehicle Control ADM3 Control Unit Operating Manual. Revision 11.01.

Daimler AG 2018. Common Powertrain Controller CPC4-ECAN Operating Manual. Revision 1.3.

Delft University of Technology. Microelectronics Reliability course. 2007. Luettu 26.2.2020.

<http://biodevices.et.tudelft.nl/ReliabilityEngineering/Redundancy/Theory/>

Farsi, M., Barbosa, M. 2000. CANopen Implementation applications to industrial networks. Great Britain: SRP Ltd.

Kvaser. J1939 Introduction. Luettu 28.3.2020.

<https://www.kvaser.com/about-can/higher-layer-protocols/j1939-introduction/>

Mercedes-Benz 2007. Operating Instructions for Engine Control Unit MR2A/MR2B. Revision 1.0.

Mercedes-Benz 2017. User Manual XENTRY Diagnostics Open Shell Variants.

OBD-II Background. 2011. B&B Electronics. Luettu 7.4.2020.

<http://www.obdii.com/background.html>

OBD-II Connector. 2011. B&B Electronics. Luettu 8.4.2020.

<http://www.obdii.com/connector.html>

Saha H. 2005. CAN-väylä. FLUID Finland 4/2005. Luettu 3.3.2020.

<https://www.yumpu.com/fi/document/read/15394566/can-vayla-canopen>

Wilfried, V. 2008. A Comprehensible Guide to J1939. Greenfield, MA, USA: Copperhill Media Corporation.