



TEKNIikka JA LIIKENNE

Auto- ja kuljetustekniikka

Autosähkötekniikka

OPINNÄYTETYÖ

OHJELMOITAVAN MOOTTORINOHJAUSJÄRJESTELMÄN

TOIMINNAN TUTKIMINEN

**Työn tekijä: Mikko Salo
Työn ohjaaja: Kari Tammi**

Työ hyväksytty: ____ . ____ . 2009

Kari Tammi lehtori



ALKULAUSE

Tämä insinööryö tehtiin oman auton moottorinohjauksen muuttuneen tarpeen ja kehittelyn tuloksena. Haluan kiittää kaikkia projektissa mukana olleita.

Helsingissä 6.5.2009

Mikko Salo

TIIVISTELMÄ

Työn tekijä: Mikko Salo	
Työn nimi: Ohjelmoitavan moottorinohjausjärjestelmän toiminnan tutkiminen	
Päivämäärä: 6.5.2009	Sivumäärä: 42 s. + 5 liitettä
Koulutusohjelma: Auto ja kuljetustekniikka	Suuntautumisvaihtoehto: Autosähkötekniikka
Työn ohjaaja: lehtori Kari Tammi	
<p>Tässä työssä asennettiin ja vertailtiin Bmw 325i Cabrioon asennetun ohjelmoitavan moottorinohjauksen hyötyjä ja ominaisuuksia verrattuna vakio moottorinohjausyksikköön. Työssä kuvataan, miten asennusta voitaisiin parantaa, mitä ongelmia asennuksessa oli ja miten ohjelmoitava moottorinohjaus vaikuttaa auton tehoihin ja päästöihin verrattuna vakio moottorin ohjaukseen.</p> <p>Työ aloitettiin vertaamalla eri ohjelmoitavia moottorinohjausjärjestelmiä ja niiden ominaisuuksia. Vertailujen perusteella valittiin Tatech-moottorinohjausjärjestelmä. Tämän jälkeen aloitettiin moottorinohjauksen johtosarjan valmistus ja asennus. Seuraavaksi tutkittiin ohjelmoitavan moottorinohjauksen säätömahdollisuuksia ja mahdollista hyötyä auton tehon parantamiseksi.</p> <p>Työn tuloksena saatiin ohjelmoitavan moottorinohjauksen asentamisen haasteet ja parannuskeinot. Työn tulosten ansiosta voidaan myös vertailla normaalin ja ohjelmoitavan moottorinohjauksen hyötyjä ja haittoja.</p>	
Avainsanat: moottorinohjausjärjestelmät, vertailu, johtosarja, asennus	

ABSTRACT

Name: Mikko Salo	
Title: Programmable Engine Management System Investigation	
Date: 6 May 2009	Number of pages: 42p. + 5 appendices
Department: Automotive and Transport Engineering	Study Programme: Automotive Electronics Engineering
Instructor: Kari Tammi, Senior Lecturer	
Supervisor: Kari Tammi, Senior Lecturer	
<p>This graduate study describes the installation of the BMW 325 Cabrio programmable engine management system and compares its features and benefits with the standard engine control systems. The study describes how the installation could be improved, what kind of problems occurred and how the programmed engine control affects the car power and emissions compared to the standard engine control system.</p> <p>The work started by comparing the various programmable engine control systems and their properties. After comparisons Tatech was selected. After that the engine control kit manufacturing and installation started. The next step was to study adjusting of programmable engine management systems and how it benefits the car by improving effectiveness.</p> <p>As a result of the study the challenges of the installation work of the engine management system and ways to improve the installation work were found out. It will be possible to compare the benefits and drawbacks in the installation of normal engine management systems with the programmable systems on the basis of the results of this study.</p>	
Keywords: engine management systems, comparison, control kit, installation	

SISÄLLYS

ALKULAUSE

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	1
2	MOOTTORINOHJAUKSEN PÄÄTEHTÄVÄT	2
2.1	Sylinterin täytös	2
2.2	Seoksenmuodostus	3
2.3	Sytytys	6
3	AUTON ALKUPERÄINEN MOOTTORINOHJAUSJÄRJESTELMÄ	11
4	YLEISTÄ OHJELMOITAVASTA MOOTTORINOHJAINJÄRJESTELMÄSTÄ	13
5	OHJELMIOTAVAN MOOTTORIOHJAUKSEN OMINAISUUDET	14
5.1	Sytytyksen ominaisuudet	14
5.2	Suihkutuksen ominaisuudet	15
5.3	Korjauskartat	16
5.4	Lambdan ominaisuudet	23
6	OHJELMOITAVAN MOOTTORINOHJAUKSEN ASENNUS	24
6.1	Anturointi	24
6.1.1	<i>Moottorilta tulevat anturitiedot</i>	24
6.1.2	<i>Moottoritilaan varalle tulevat anturitiedot</i>	25
6.1.3	<i>Moottoriin menevät johtimet</i>	25
6.1.4	<i>Auton sisälle tulevat lähdöt ja signaalitiedot</i>	25
6.2	Kytkentäkaavio	25
6.3	Oheiskomponentit	25
6.4	Johtosarjan rakennus	26
6.5	Järjestelmän ylösajo	27
6.6	Ongelmat asennuksessa	31

7	PAKOKAASUPÄÄSTÖT BENSIINIMOOTTORISSA	33
7.1	Päästöjen syntymismekanismit	33
7.1.1	<i>Ottomoottoripalaminen ja päästöt</i>	33
7.1.2	<i>Kipinäsytytys- eli ottomoottori</i>	33
7.1.3	<i>Päästöjen syntyminen</i>	34
7.2	Päästöihin vaikuttavat tekijät	34
7.3	Kolmitoimikatalysaattori	36
7.4	Päästöjen mittaukset	37
7.4.1	<i>Motoronic</i>	37
7.4.2	<i>Tatech</i>	38
8	MOOTTORIN TEHOJEN VERTAILU	39
9	YHTEENVETO	41
	VIITELUETTELO	42
	LIITTEET	
	LIITE 1: Bmw 325 KytKentäkaavio	
	LIITE 2: Adapterijohtosarjan kytKentäkaavio	
	LIITE 3: Sytytysyksiköiden asennus	
	LIITE 4: Ohjainlaitteen sijoituspaikka	
	LIITE 5: Adapterijohtosarja	

1 JOHDANTO

Tämä insinööri työ tehtiin ohjelmoitavan moottorinohjausjärjestelmän toiminnan tutkimiseksi omassa harraste autoprojektissa.

Tutkimukseen lähdettiin, koska haluttiin selvittää minkälaisia hyötyjä ja haittoja saataisiin aikaan asentamalla Bmw - merkkiseen henkilöautoon ohjelmoitava moottorinohjainjärjestelmä.

Tutkimuksessa selvitetään moottorinohjauksen toimintaperiaatetta ja miltä osin ohjelmoitavassa järjestelmässä oli mahdollista muuttaa eri parametrejä. Oli myös selvitettävä minkälaisiin toimenpiteisiin pitää ryhtyä, että henkilöautoon saadaan liitettyksi ohjelmoitava moottorinohjainjärjestelmä.

Ongelmana oli ensinnäkin selvittää, minkälaisia ominaisuuksia ohjelmoitavalta moottorinohjainjärjestelmältä haluttiin, ja mikä olisi kohtuullinen hinta tällaiselle järjestelmälle. Tämän jälkeen olikin helppo aloittaa ohjelmoitavan moottorinohjainjärjestelmän asennus.

Asennuksen yhteydessä oli rakennettava adapterijohtosarja mikä tuli auton oman moottorinohjaimen johtosarjan ja Tatechin väliin jolloin voitiin käyttää ajoneuvon alkuperäisiä moottorin antureita. Johtosarjan rakennus oli erittäin tarkkaa kaiken oikein menemiseksi ja tämän vuoksi apuna oli ammattiosaamista. Johtosarjan rakennusta vaikeutti myös se, että vastaan tuli pieniä erehdyksiä rakennusvaiheessa.

Nämä johtivat siihen, että asennuksen yhteydessä oli ongelmia, mutta kaikki korjattavat osat saatiin tutkittua ja korjattua oikeaoppimisen tutkimisen tuloksena. Järjestelmässä oli myös ongelmia kun testattiin tehodynamometrillä ja katuolosuhteissa mikä toi uusia haasteita selvitettäväksi. Ongelmien ratkaisuksi kaikki osat ja säädöt tarkastettiin minkä jälkeen havaitut viat korjattiin.

Ajoneuvon moottorin suoritusarvo vertailussa oli havaittavissa tehon ja vääntömomentin parannusta mikä osaltaan johtui siitä, että moottorin käyttö aluetta parannettiin eri säätöominaisuuksien avulla.

2 MOOTTORINOHJAUKSEN PÄÄTEHTÄVÄT

2.1 Sylinterin täytös

Tuore seos koostuu tuoreesta ilmamäärästä ja sen joukkoon sekoitetusta polttoaineesta. Suurin osa sylinteriin menevästä ilmamäärästä virtaa kaasuläpän kautta, ja osa tulee polttoaineen höyryjen mukana. Imuventtiilin kiinninemenisen jälkeen sylinterissä olevan kaasuläpän kautta tullut ilmamassa on ratkaisevassa asemassa palamisen aikana mäntään kohdistuvan voiman aikaan saamiseksi ja tätä kautta moottorista saatavaan vääntömomenttiin. Moottorin maksimivääntömomentin ja tehon aikaansaamiseksi on tähdättävä aina mahdollisimman suureen täytökseen. Teoreettinen maksimi täytöksen määrä on iskuilavuus.

Täytöksen sisältämät jäännöskaasut sisältävät sylinteriin jääneistä pakokaasuista, jotka eivät poistuneet pakuventtiiliin kautta sen aukiolon aikana ja takaisin kierrätetyistä pakokaasuista. Jäännöskaasut eivät osallistu suoraan palamiseen, mutta ovat seoksen syttymisen ja palamisen kulkuun vaikuttavia tekijöitä. Osakuormalla ajettaessa niitä on hyvä olla. Toivotun vääntömomentin saavuttamisessa on tärkeää, että tuoreilmatäytössä pyritään mahdollisimman suureen kaasuläpän avautumaan. Silloin moottorin pumppaushäviöt ja polttoaineenkulutus laskee. Oikein annosteltu jäännöskaasumäärä saa typenoksidien (Nox) ja hiilivetyjen (HC) alenemisen. [1, s.493 - 494.]

2.2 Seoksenmuodostus

Ottomoottori tarvitsee tietynlaisen ilma – polttoaineseoksen toimiakseen. Kun puhutaan ottomoottorin täydellisestä palamisesta, niin siihen tarvitaan 1kg:n polttoainemäärää kohti n.14,7 kg ilmaa. Täydellisen palamisen ilma-polttoaineseosta sanotaan stökiometriseksi seokseksi. Ottomoottorin ominaispolttoaineenkulutus riippuu olennaisesti ilma-polttoaineseoksesta. Täydelliseen palamiseen ja alhaiseen polttoaineenkulutukseen tarvitaan ilmaylimäärä, koska tarvittava aika rajoittaa seoksen syttymiskelpoisuutta ja palamista.

Ilma- polttoaineseoksella on suuri vaikutus pakokaasujen puhdistuslaitteiden toimintaan, koska kolmitoimikatalysaattori tarvitsee hyvin toimiakseen stökiometrisen seoksen. Tällöin saadaan poistetuksi jopa 98 % haitallisista pakokaasukomponenteista. Nykymoottoreissa tätä käytetään heti, kun käyttötilanne sen sallii. Moottorin tietyissä käyttötilanteissa seosta korjataan esimerkiksi kylmällä moottorilla, niin että seosta rikastetaan moottorin muuttuvien vaatimusten mukaisesti.

Ilmakertoimella λ kerrotaan, paljonko ilmakerroin poikkeaa ihanteellisesta ilma-polttoaineseoksesta (14,7: 1):

- $\lambda =$ imetyn ilmamassan suhde stökiometriseen seoksen edellyttämään ilmamassaan
- $\lambda = 1$: imetty ilmamassa vastaa teoreettisesti tarvittavaa ilmamassaa
- $\lambda < 1$: seos on liian rikas ja on ilma-alimäärä. Maksimi teho saadaan yleensä arvolla λ 0,85...0,95.
- $\lambda > 1$: seos on laiha, jolloin on ilmaylimäärä. Polttoaineen kulutus alenee ja samoin teho. Jos saavutetaan laihakäynti raja niin voi seos syttyä epävarmasti, mikä aiheuttaa epätasaista käymistä.

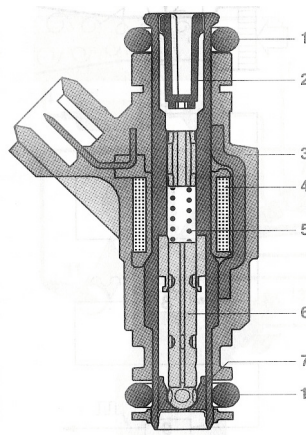
Ei ole olemassa ihanteellista ilmakerrointa, joka takaisi kaikille muuttujille parhaan vaihtoehdon. Parhaimman polttoaineenkulutuksen ja tehon aikaan saamiseksi imusarjasuihkuotteisissa ottomootoreissa tulee käyttää tarpeen mukaan ilmakerrointa $\lambda = 0,9 \dots 1,0$. Suorasuihkutteisissa ja kerrossyöttöotomootoreissa laihakäyntiraja on huomattavasti laihemmalla seoksella. Mootoreita voidaan käyttää paljon suuremmalla ilmaylimäärällä jopa $\lambda = 4$. Pakokaasujen jälkikäsitely vaatii tarkasti ilmakertoimen pitämistä arvossa $\lambda = 1$, kuten jo edellä mainittiin. Nykyisissä imusarjasuihkutuksella olevissa mootoreissa vaaditaan ihanteellisen palamisen lisäksi homogeenista seosta. Se edellyttää polttoaineen hienojakoista suihkuttamista moottoriin. Jos tämä ei toteudu, suuret polttoainepisarat menevät imusarjan ja palotilan seinämille. Tämä johtaa epätäydelliseen palamiseen, joka lisää hiilivetyjen (HC) määrän pitoisuutta pakokaasuissa. [1, s.498 - 499.]

Suihkutusjärjestelmien tehtävänä on varmistaa kuhunkin käyttötilanteeseen sopiva ilma-polttoaineseos. Elektronisesti ohjatut suihkutussuoritusjärjestelmät pystyvät pitämään seoksen tiukasti annetuissa rajoissa. Täten saavutetaan paras kompromissi polttoaineenkulutuksen, ajettavuuden ja tehojen säilyttämiseksi.

Elektronisesti ohjatuissa suihkutussuoritusjärjestelmässä polttoaine suihkutetaan jaksoittain sähkömagneettisten suihkutussuoritusventtiilien avulla. Suihkutusmäärää muutetaan suihkutussuoritusventtiilin aukioloaikaa muuttamalla. Yksittäissuihkutusjärjestelmissä ohjataan jokaista suutinta yksilöllisesti, eli ohjainlaite laskee jokaiselle sylinterille sopivan määrän polttoainetta suihkutettavaksi ja oikean suihkutushetken. Suihkuttamalla polttoaine kunkin sylinterin imuventtiilin etupuolelle oikea-aikaisesti seoksenmuodostus paranee ja imusarjan seinämiin jäävän polttoaineen määrä vähenee, mikä aiheuttaisi lambda-arvon poikkeaman. [1, s. 503.]

Sähkömagneettinen suihkutus venttiilin rakenne ja toiminta

Suihkutusventtiilin osat ovat runko, jossa on virtakäämi ja sähköliitäntä, venttiili-istukasta, jossa on suihkutusreikälevy ja liikkuvasta venttiilineulasta, joka toimii myös magneettiankkurina. Polttoaineen tuloliitännässä on sihtisuodatin mikä estää suihkutussuhteitä likaantumiselta. Suihkutusventtiilin molemmissa päissä on o-renkas, joiden avulla se tiivistyy polttoainejakoputkeen ja imusarjaan. Käämin ollessa virrattomana painavat jousi ja polttoaineenpaine neulan kärkeä istukkapintaa vasten ja tiivistää polttoaineen tuottopiirin imusarjaan nähden (kuva1).



Kuva 1. Suihkutusventtiilin rakenne: 1 o-renkaat, 2 suodatinsiivilä, 3 venttiilirunko sähköliittimeen, 4 käämi, 5 jousi, 6 magneettiventtiili, 7 istukkapinta. [1 s. 516.]

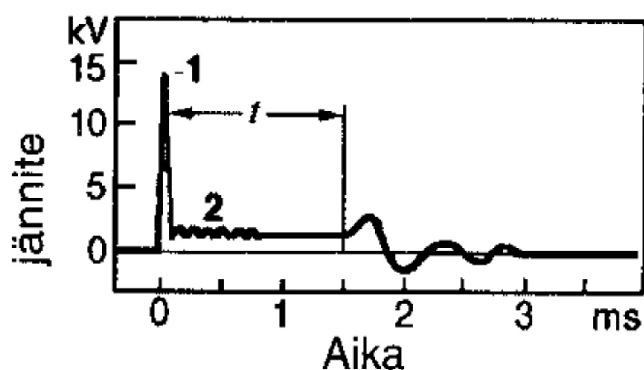
Kun käämiin johdetaan virtaa, niin se muodostaa magneettikentän, jonka vaikutuksesta magneettiankkuri nousee istukastaan ja polttoaine pääsee virtaamaan suihkutussuhteisiin pienien reikien läpi. Suihkutettavan polttoaineen määrän aikayksikköä kohti määrää järjestelmässä vallitseva paine ja suihkutusreikien vapaa virtausala. Kun virta käämin läpi katkeaa, niin suihkutetus loppuu, koska venttiilin neula painautuu istukkapintaa vasten.

Tässä tapauksessa kun autossa on kaksi imuventtiiliä, käytössä on kaksois-suihku. Suihkutusventtiilin reiät järjestetään niin, että muodostuu kaksi rinnakkaista suihkua. Näin ollen molemmille imuventtiileille muodostuu omat suihkutuksensa kun ne avautuvat imutahdin aikana. [1, s. 516.]

2.3 Sytytys

Ilma-polttoaineseoksen syttymiseen tarvitaan sähkökipinällä yksittäistä sytytystä kohti 0,2 mJ:n energia, mikäli seos on stökiometrinen. Rikkaat tai laihat seokset vaativat jopa yli 3 mJ:n energian. Tämä energia on vain murtoosa sytytyskipinän kokonaisenergiasta. Jos sytytysenergiaa on liian vähän sytytystä ei tapahdu. Seos ei syty ja aiheutuu sytytyskatkoksia. Sytytysenergiaa täytyy olla niin paljon käytettävissä, että ilma-polttoaineseos syttyy varmasti. Tämä johtaa siihen, että pienikin osa syttymiskelpoista seosta syttyy kun kipinä muodostuu. Tällöin syttynyt seoksen osa sytyttää sylinterissä olevan loppuosan seoksesta saaden aikaan polttoaineen palamisen. Syttymisominaisuuksia parantavat hyvä seoksen muodostus sytytyskipinän luokse, pitkä kipinän kesto-aika ja suuri kipinän pituus, eli suuri sytytystulpan kärkiväli. Myös seoksen voimakas pyörteily vaikuttaa seoksen syttymiseen. Sytytystulpan mitat ja rakenne määrää kipinän sijainnin ja pituuden.

Sytytykseen tarvitaan suurjännite, koska jännitteen pitää hypätä sytytystulpan elektrodien välissä. Jännite nousee hetkellisesti sytytyshetkellä, siihen asti kunnes ylilyönti tapahtuu. Tämän jälkeen jännite putoaa nopeasti palojännitteeseen (kuva 2). Sytytyskipinän aikana seoksella on mahdollisuus syttyä. Sytytyskipinän sammuaessa jännite laskee hetken kuluttua nolnaan. Jos seos on voimakkaasti liekeissä, se saa aikaan monia jälkipinöitä. Jälkipinöillä ei ole vaikutusta seoksen syttymiseen. Voimakkaalla pyörteilyllä voidaan sammuttaa kipinä, jolloin seos ei syty ja syntyy sytytyskatkoksia. Sytytyspuolan energian pitäisi riittää yhteen tai useampaan sytytykseen.



Kuva 2. Sytytystulpassa vaikuttavan jännitteen ajallinen kulku: 1 sytytysjännite, 2 palojännite, t kipinänkesto-aika. [1 s. 517.]

Kipinän syttymiseen tarvitaan korkeajännite, joka tuotetaan akkusytytysjärjestelmässä useimmiten sytytyspuolan avulla. Sytytyspuolan kytkentä on muuntajan tapainen. Puolasytytyksessä sillä on tärkeä lisätehtävä, sytytysenergian varaus. Sytytyspuolan ensiökäämi varaa virtapiiristä sähköenergiaa sen magneettikenttään ja luovuttaa sen toisiokäämiin kun sytytys tapahtuu toisiokäämin kautta korkeajännitteisenä, syttymisimpulssina moottorin sytytystulpalle. Sytytyspuola on mitoitettava niin, että käytävissä oleva korkeajännite on liiankin suuri mahdollisen suurimman sytytystulpan jännitetarpeen. Yleensä korkeajännitettä on käytävissä 25...30 kV, kun puolan energiamäärä on 60...120 mJ. Kun sytytyspuolaa mitoitetaan niin on otettava huomioon kaikki mahdolliset sähköhäviöt. Huoltotöiden laiminlyönti aiheuttaa sytytyskatkoksia ja palamiskatkoksia. Moottorin teho alenee ja polttoaineen kulutus kasvaa. Pahimmassa tapauksessa moottori ei enää käy.

Seoksen syttymishetkestä kuluu keskimäärin kaksi millisekuntia kun seoksen palaminen on täydellistä. Sytytyskipinän on iskettävä tulpankärkivälissä sen verran aikaisin, että palamispaine on optimaalinen joka tilanteessa. Sytytyshetki on valittava, jotta seuraavanlaiset vaatimukset täyttyisivät:

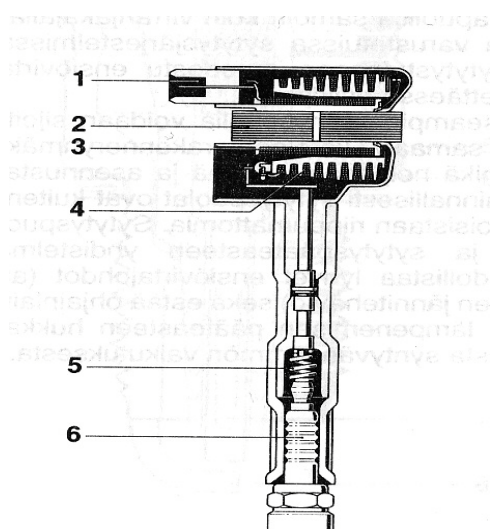
- maksimimoottorinteho
- pieni polttoaineen kulutus
- moottori ei nakuta
- puhtaat pakokaasupäästöt

Kaikkia vaatimuksia ei voida täyttää joten kompromisseja tarvitaan. Edullisin syttymishetki riippuu monesta tekijästä, moottorin pyörintänopeudesta, kuormituksesta, rakenteesta, polttoaineesta ja eri käyttöolosuhteista. Kulloiseenkin käyttötilanteeseen sopivasta sytytyshetkestä huolehtivat pyörintänopeudesta ja imusarjanpaineesta riippuvat säätimet. Kaikki säätötoiminnot voidaan toteuttaa yksittäin tai yhteisesti. Se, kuinka myöhäiselle tai aikaiselle sytytyshetkeä halutaan siirtää, riippuvat kunkin moottorin omista sytytyskartastoista. Täydellä kuormalla kaasupoljin pohjassa ajettaessa siirtyy sytytyshetki kokoajan vähän aikaisemmalle, että palamispaine pysyisi mahdollisimman optimaalisena moottoritehoon nähden. Osakuormalla ilma-polttoaineseos on laihempi ja siksi myös huonommin syttyvä. Syttyminen vaatii pidemmän ajan mikä johtaa siihen, että sytytyksen on alettava vielä aikaisemmin.

Sytytysjärjestelmällä on oleellinen vaikutus ajoneuvon pakokaasupäästöjen saastepitoisuuteen, koska se voi vaikuttaa suoraan niiden koostumukseen. Puhtaat pakokaasupäästöt edellyttäisivät optimi sytytysennakon, mutta tämä taas ei tee hyvää polttonesteenkulutukselle ja hyvälle ajokäyttäytymiselle, mistä johtuen optimi sytytyshetki voidaan toteuttaa vain osittain. Sytytyshetki vaikuttaa polttoaineenkulutukseen ja pakokaasupäästöihin vastakkaisesti. Kun aikaistetaan sytytystä, se vähentää polttoaineenkulutusta ja lisää tehoa, mutta lisää hiilivety (HC)- ja typenoksidi (Nox) -päästöjä. Liian aikainen sytytys voi myös aiheuttaa nakutusta ja vaurioittaa moottoria. Myöhäinen sytytys taas vaikuttaa pakokaasujen lämpötilaan nostamalla niitä, ja tästä voi seurata moottorin vaurioituminen. Elektronisella moottorinohjainjärjestelmällä saadaan nämä vastakkaiset vaatimukset optimoitua parhaalla tavalla, koska sytytyshetkeä saadaan säädetyksi pyörintänopeuden, kuormituksen, lämpötilan ja muiden suureiden avulla. [1, s. 517 – 518.]

Sytytyspuolan rakenne ja toiminta

Sytytyspuolan kotelon eristeenä käytetään epoksihartsia. Se antaa suuren vapauden geometrian, sähköliitännöiden ja sijoituksen suhteen. Tästä johtuen myös siitä tulee kevyempi, pienempi ja tärinää kestävämpi. Sytytyspuola kiinnitetään niin, että sen runko-osa on yhteydessä koriin tai moottoriin. Paremman lämmönjohtavuuden vuoksi ja kuparin säästämiseksi ensiökäämi sijoitetaan päälämmönlähteenä mahdollisimman lähelle rautasydäntä. Käytettävät raaka-aineet mahdollistavat korkeajännitettä johtavien osien ja epoksihartsien hyvän tartunnan huokoisettoman rakenteen. Joissain puolissa rautasydän on muovikuoren sisällä (kuva 3). Toisiokäämi on rakenteeltaan levy- tai kammiokäämi, jossa käämit on jakautunut segmenttijoiksi. Pienen ulkomitan mahdollistaa eristeaineen samansuuruinen puristus kaikkiin käämissegmentteihin ja erittäin korkea jännitekestoisuus. Se tekee lankakerrosten väliset eristekalvot ja paperit tarpeettomiksi. Tästä syystä myös käämin kapasitanssi alenee. [1, s. 521.]



Kuva 3. Yksittäiskipinäpuola: 1 ulkoinen matalajänniteliitäntä, 2 lamellirakenteinen rautasydän, 3 toisiokäämi, 4 ensiökäämi, 5 sisäinen korkeajänniteliitäntä jousen avulla, 6 sytytystulppa. [1 s. 521.]

Yksittäiskipinäpuolajärjestelmässä on jokaisella sylinterillä oma puola, ja ensiövirta kytketään ja katkaistaan tuottamaan yksittäiselle sylinterille oikeaan aikaan kipinä. Esikipinäväli tai korkeajännitediodi estää ensiövirran aikaansaaman 1...2 kV:n korkeajänniteimpulssin, joka aiheuttaa ei toivotun esikipinän sytytystulpassa.

Elektroninen sytytys VZ

Täyselektronisessa sytytyksessä käytetään elektronisesti ohjattuja komponentteja. Elektronisessa järjestelmässä saatava impulssi kampiakselilta ja mielivaltainen ennakonsäätö ilman rajoituksia mahdollistavat moottorikohtaisen sytytyshetken täydellisen optimoimisen. Säätöalue on myös laajempi.

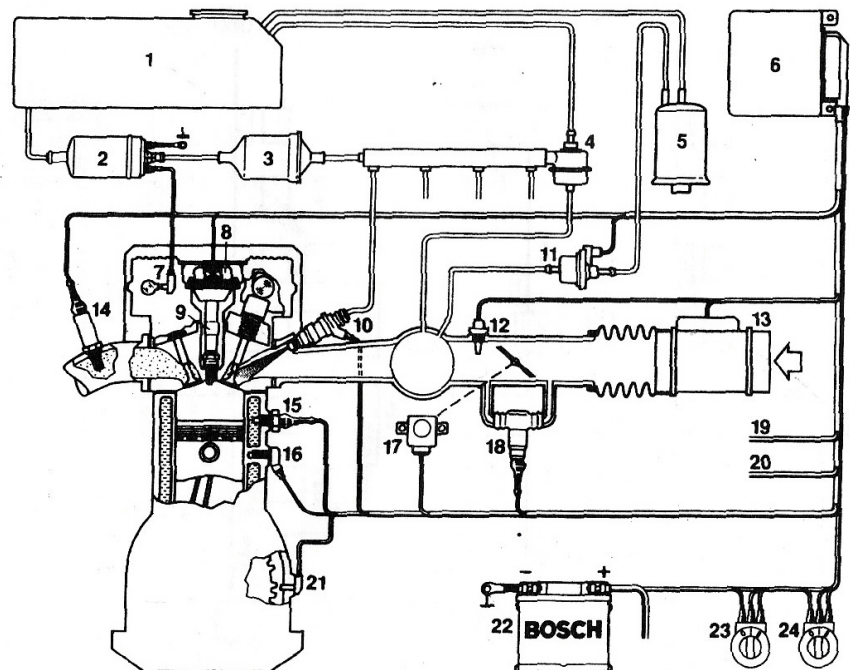
Pyörintänopeus ja kampiakselin asema saadaan yhdellä induktiivisella anturilla hammaskehältä kampiakselin päästä. Sen mukaan saadanko informaatio tasavälein hammaskehältä vai sylinteripareittain kampiakselin segmentiltä, erotellaan inkrementti ja segmenttiliipaisu. Inkrementtijärjestelmässä on tietyssä kampiakselin kohdassa asemamerkki (puuttuu hammas), josta saadaan luettua kampiakselin kulloinenkin asema. Moottorin kuormitustilanne tunnistetaan yleensä kaasuläppäpotentiometrin ja elektronisten signaalien avulla. Elektroninen ohjainlaite laskee pyörintänopeuden ja kuormitussignaalien perusteella sytytysennakkokartan mukaisen sytytyshetken. Laskuri huomioi myös muilta tunnistimilta tulevia tietoja korjaustekijänä ja myös energian varaamiseen sytytyspuolaan tarvittavan kosketuskulman. Akkujännitteen ollessa alhainen varautumisaika on pitempi, ja sen ollessa korkea on aika lyhyempi. Tämä takaa, että käytettävissä on aina maksimi korkeajännite. Jos pyörintänopeuden havaitaan olevan alle käynnistyspyörintänopeuden, niin ohjainlaite katkaisee ensiövirtapiirin kuumenemisen estämiseksi.

Signaalit johdetaan esikäsittelyn päätteeksi laskurille. Analogiset signaalit muutetaan digitaalisiksi tai sitten toisinpäin, koska on olemassa myös sellaisia ohjainlaitteita, josta saadaan digitaalisia tai analogisia ohjaussignaaleja. Suoraviivaisessa ennakkokentässä voidaan jokainen ennakkokäyrästäön piste valita riippumatta muista pisteistä. Tämä mahdollistaa optimaalisen sytytyshetken jokaiselle moottorin käyttötilanteelle ottaen huomioon myös pakokaasujen puhtauden, nakutusrajan ja ajokäyttäytymisen vaatimukset. [1 s. 533 - 535.]

3 AUTON ALKUPERÄINEN MOOTTORINOHJAUSJÄRJESTELMÄ

Motoronic

Moottorinohjausjärjestelmässä on yhdistetty bensiininsuihkutus ja täyselektrooninen sytytys. M-Motoronic (kuva 4) on myös varustettu ilmamassanmittauksella. Polttoaine suihkutetaan sähkömagneettisilla suihkutusventtiileillä imukanavaan. Jokaiselle sylinterille on oma suihkutusventtiili, joka suihkuttaa polttonestettä yhden kerran kampiakselin kierroksen aikana. Kaikki suuttimet ovat yleensä rinnankytkettyjä. Polttoaineen ja imusarjan paine-ero pyritään aina pitämään vakiona arvossa 3,0 bar, jotta suihkutettavan polttonesteen määrä riippuisi vain ja ainoastaan suuttimen aukioloajasta.



Kuva 4. Motoronic järjestelmän rakenne periaate: 1 Polttoainesäiliö, 2 Sähköinen polttonestepumppu, 3 polttonestesuodatin, 4 Paineensäädin, 5 Aktiivihiilisäiliö, 6 Ohjainlaite, 7 vaihetunnistin, 8 Jakajaton toisiojännitetoitto, 9 Sytytystulppa, 10 Suihkutusventtiili, 11 Regenerointiventtiili, 12 Imuilman lämpötunnistin, 13 Lambda-tunnistin, 15 Moottorin lämpötunnistin, 16 Nakutustunnistin, 17 kaasuläpän asema-anturi, 18 Joutokäyntisäädin, 20 Diagnostiikkaliitäntä, 21 Pyörintänopeus ja asema-anturi, 22 Akku, 23 Virtalukko, Ilmastoinnin käyttökytkin. [3 s. 489.]

Polttoneste siirretään keskipakorullapumpulla, jonka tehtävänä on polttoaineen siirto ja paineen tuotto. Pumppu imee polttonesteen tankista ja siirtää sen paineensäätimelle, mikä pitää polttonesteen ja imusarjan välisen paineeron vakiona suihkutussuuresta riippumatta.

Polttoneste virtaa suuttimiin kiinnitettyyn jakotukeen, jota pitkin polttoaine menee suuttimen läpi. Jakotukissa on myös paineensäädin ja siihen liitetty paluuputki, jonka kautta moottorin tarvitsematon polttoaine palaa takaisin polttoainetankkiin. Suihkutusventtiilien avulla (ks. luku 2.2) polttoneste anostellaan ja sumutetaan moottorin palotilaan.

Joutokäyntisäätimen avulla ohjataan ilmaa ohi kaasuläpän, että kitkat voidaan kompensoida kylmästä moottorista, jotta saavutetaan vastaava joutokäyntinopeus kuin lämpimällä moottorilla. Tai jos kuormituksen lisääntyessä halutaan moottoriin lisäkierroksia, ettei moottori sammu.

Ilmamassamittarina toimii useista siltakytkennän oleellisista osista koottu keramiikkasubstraatin päällä olevasta ohuesta vastusfilmistä. Tämä tarvitsee karstan puhtaaksi polttoa. Karstoittumisongelma on ratkaistu lämmönsiirtymisen kannalta ratkaisevien alueiden sijoittelulla, mikä johtaa siihen, että vain anturin kärki karstoittuu eikä anturin näyttämä siitä johtuen muutu.

Lambdatunnistimen signaalia (ks. luku 5.4) verrataan ohjainlaitteen ohjearvoon tietyissäkin tilanteissa, minkä mukaan ohjataan kaskipistesäättöä, joka vaikuttaa suihkutusventtiilien aukioloaikaan.

Sytytys järjestelmänä toimii täysin elektroninen järjestelmä, josta kerrotaan tarkemmin luvussa 2.3.2. Nakuttavan palamisen tunnistaa nakutustunnistin, joka muuttaa värähtelyn sähköiseksi signaaliksi moottorinohjainjärjestelmälle. Nakutuksen tunnistus tapahtuu sylinterikohtaisesti. Jos nakutusta ilmenee, niin kyseisen sylinterin sytytysketkeä myöhäistetään.

Ohjainlaitteella määrätään polttonesteen ja ilman seoksen määrää sinne tallennettujen kuormituksesta ja pyörintänopeudesta riippuvien käyrästöjen avulla. Tästä johtuen saavutetaan alhaisempi polttonesteenkulutus sekä pienemmät pakokaasupäästöt. Ohjainlaite käsittelee sille tulevat sisääntulosignaalitiedot ja laskee niiden tietojen pohjalta suihkutusajan, eli kuinka suuri määrä polttonestettä ruiskutetaan kunkin suihkutusventtiilin läpi. Ohjainlaite sisältää pienoistietokoneen, jossa on muistia sekä analogi-digitaalimuunnin. Tämä huolehtii siitä, että jännitekompensoinnista ja tuottaa kvartsioskillaattorin avulla taajuuden, jonka avulla laskutapahtumat suoritetaan. [1 s. 511 - 515.]

4 YLEISTÄ OHJELMOITAVASTA MOOTTORINOHJAINJÄRJESTELMÄSTÄ

Bensiinin täydelliseen palamiseen tarvitaan 14-kertainen ilmamäärä bensiinin määrään nähden. Yhden bensiinikilon polttamiseen tarvitaan 14 kg ilmaa. Tämä tarkoittaa sitä, että jos pieneen moottoriin asennetaan isot vastaavan isomman moottorin suuttimet, lopputuloksena on kasvanut polttoaineen kulutus ja todennäköisesti laskenut moottorinteho epätäydellisen seoksen ja palamisen seurauksena. Tämä johtuu siitä, että pieneen moottorin asennetut suuttimet on tehty tuottamaan suurin piirtein optimaalinen ilma-bensiiniseos, jonka kyseinen moottori tarvitsee tuottaakseen alkuperäisen huipputehon. Polttoainemäärän kasvattaminen johtaa ainoastaan liian rikkaaseen seokseen, joka ei pala kunnolla. Tämän johdosta autoon asennetulla ohjelmoitavalla moottorinohjausjärjestelmällä voidaan säätää isommille suuttimille sopivat suuttimen aukiolohajat ja sytytysennakot tietyillä kuormilla. Tällä voidaan optimoida bensiininilmaseoksen optimaalisuus.

Moottorin virityksen keskeinen päämäärä on siis moottorin hengityksen parantaminen. Moottori saadaan virtaamaan suurempia ilmamääriä suurentamalla sylinterikannen venttiilikokoja, muotoilemalla ja avartamalla sylinterikannen kanavia, käyttämällä nokka-akseleita jotka pidentävät venttiilien aukiolohajot vakioihin nähden, käyttämällä virtaavampia imu- ja pakosarjoja kuin alkuperäiset. Vapaasti hengittävässä moottorissa (eli ei-turbo tai muulla tavalla ahdettu) saadaan harvoin edes marginaalista tehonnousua aikaiseksi moottoria purkamatta. Siinä kohtaa kun moottori on saatu edellä mainituin toimenpitein virtaamaan ilmaa, astuva ohjelmoitava moottorinohjausjärjestelmä hyödyt esiin. Säädettävyyden ansiosta polttoaineen saa annosteltua oikein suhteessa kasvaneeseen ilmamäärään, lopputuloksena moottorin tehon kasvu.

Turbomoottoreissa sen sijaan on huomattava potentiaali tehon kasvattamiseen moottoria avaamalla. Tämä johtuu siitä, että vapaasti hengittävä moottori ottaa ilmaa ilmakehästä, turbomoottoriin ajetaan ilmaa ahtamalla turboahtimen avulla. Turboahdin on yksinkertaisuudessaan ilmapumppu, joka saa käyttövoimansa pakokaasuista. Pakokaasut pyörittävät turbiinipyörää, joka akselin välityksellä pyörittää kompressoripyörää, joka vuorostaan kehittää imusarjaan ylipainetta eli ahtopainetta. Ahtopainetta nostamalla moottoriin saadaan menemään suurempi ilmamäärä, joka mahdollistaa

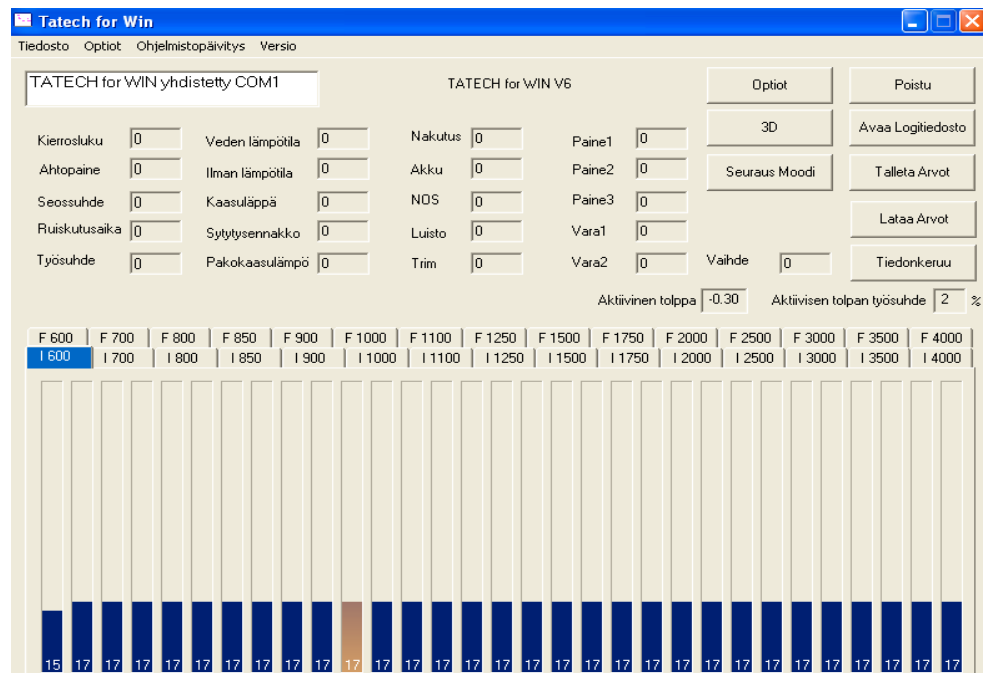
myös suuremman polttoainemäärän polttamisen ja kasvaneen moottoritehon. Ahdettujen autojen alkuperäiset moottorinohjausjärjestelmät joudutaan yleensä muuttamaan tätä tarkoitusta varten. Ohjelmitava moottorinohjausjärjestelmä avaa kuitenkin aivan uudenlaisen maailman kokonaisvaltaisen säädettävyyden muodossa.

5 OHJELMIOTAVAN MOOTTORIOHJAUKSEN OMINAISUUDET

5.1 Sytytyksen ominaisuudet

Suorasytytys käy hukkakipinällä 4-, 6- ja 8-sylinterisille moottoreille, erillisillä puolilla 4-, 5- ja 6-sylinterisille moottoreille ja virranjakajasytytys käy 4- 5- 6- ja 8-sylinterisille moottoreille. Ajoituksen säätötarkkuutena on 1 aste eli moottorin sytytyshetken ajoitusta muutetaan aikaisemmalle tai myöhäisemmälle hetkelle. Sytytys karttoja on 25 kappaletta, joita voidaan vapaasti määrittellä välille 550 rpm - 13000 rpm. 31 määriteltävää kuormituksen pistettä (kuva 5). Sytytyksen ominaisuuksiin kuuluu myös vaihdekohtainen sytytysennakon korjaus ja puolan latausajan määrittäminen.

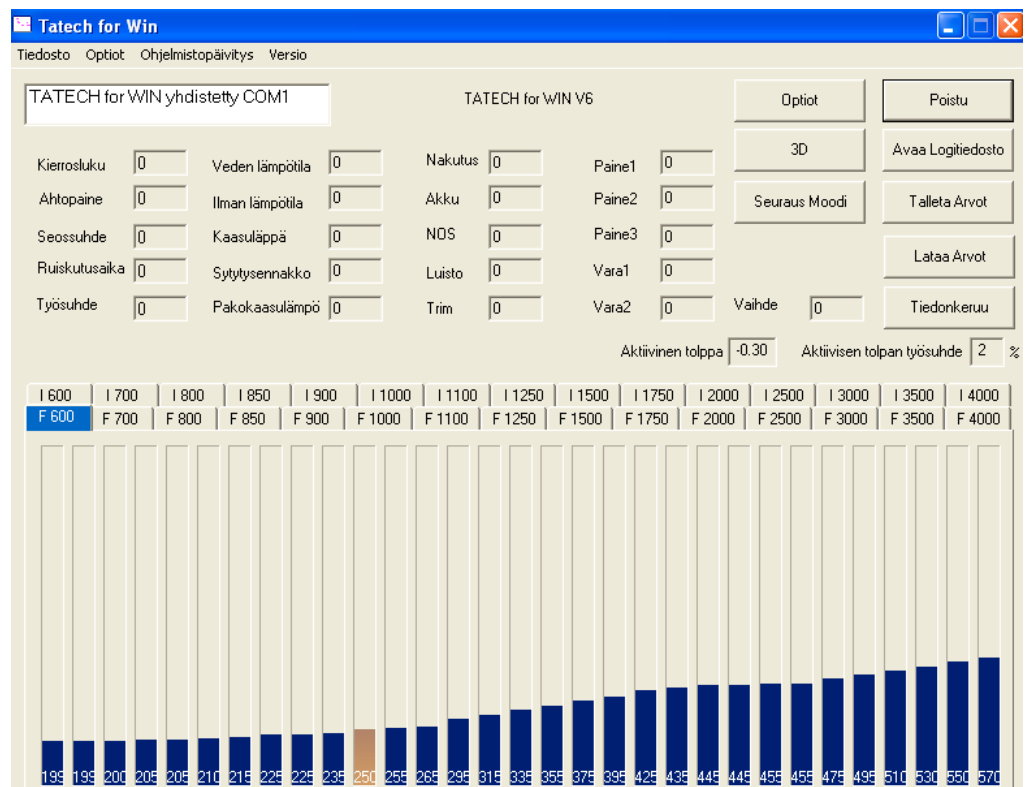
Tatech säätää seosta ja ennakkoa 10 rpm:n välein sisäisesti lineaarisoiden. Jokaisella kuormitustolpanvälillä on 100 Ecu:n sisäistä linearisointipistettä.



Kuva 5. Sytytyksen säätökartasto

5.2 Suihkutuksen ominaisuudet

Korkeaohmisia suuttimia voidaan ohjata maksimissaan 6 + 6 kappaletta tai 6 kappaletta matalaohmisia suuttimia. Tuplasuuttimien aukeamiskohta määritettävissä eli mitä kovempaa autoa kuormitetaan, niin sitä enemmän tarvitaan polttoainetta. Suihkutussuuttimet voidaan kytkeä seuraavin kytkentätavoin: sekventiaali (LIITE 2), osa sekventiaali ja ryhmäohjaus riippuen minkä ohmimääräiset suuttimet ovat. Suuttimien aukioloaikaa voidaan lisätä tai vähentää 0.01ms välein. Bensinikarttoja on yhteensä 25 kappaletta, joita voidaan vapaasti määrittellä välille 550rpm – 13000rpm. Alueelle voidaan määrittää 31 eri kuormituspistettä (kuva 6). Suihkutuksen ominaisuuksiin kuuluvat myös vaihdekohtainen lisärikastus ja ruiskutuksen lopetuskohdan säätö.

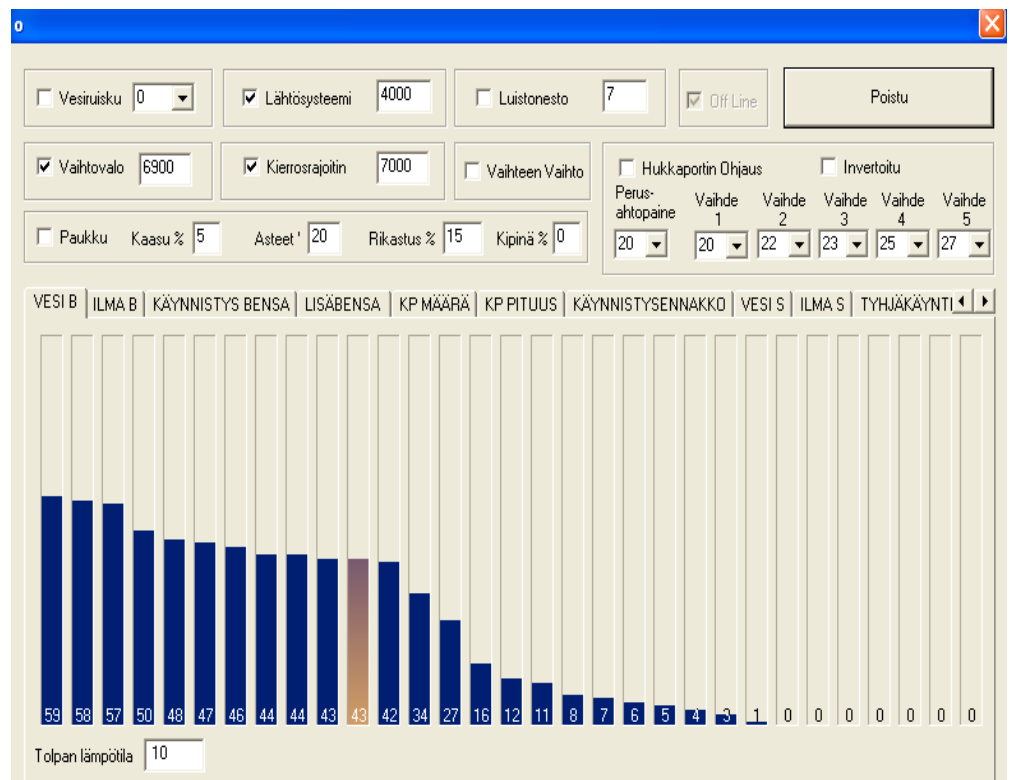


Kuva 6. Polttoaineen suihkutuskartasto.

5.3 Korjauskartat

Veden lämpötilan kompensointi

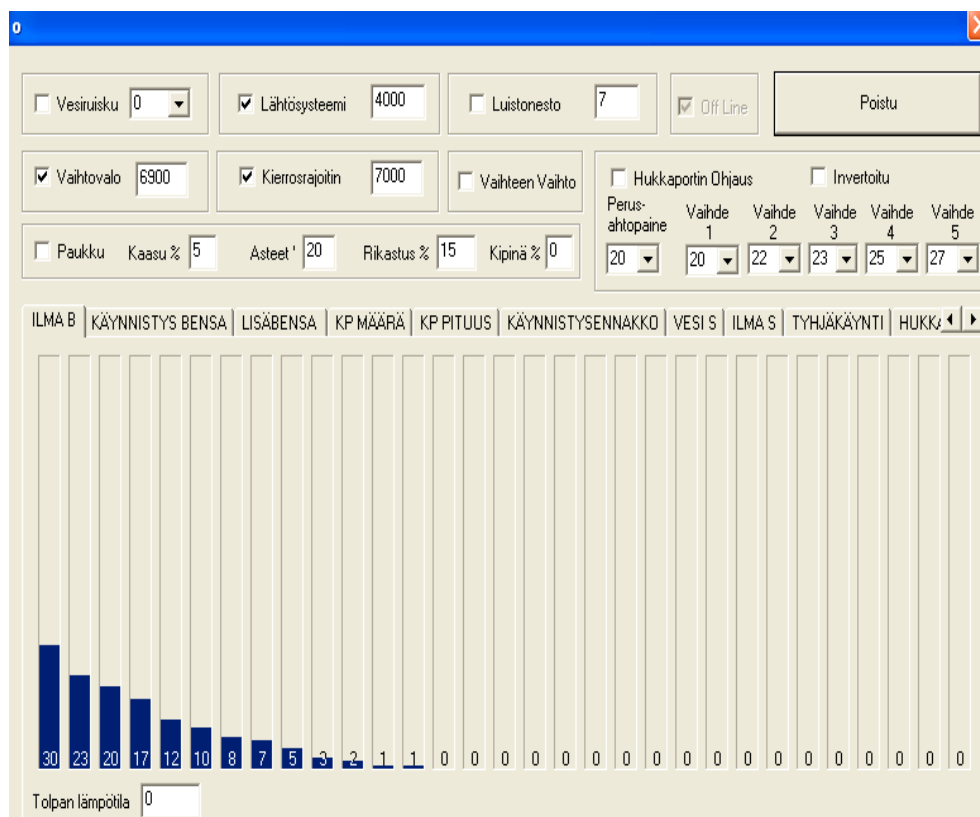
Veden lämpötilaa voidaan kompensoida kylmärikastuksena moottorin veden lämpötilan mukaisesti, eli kylmä moottori tarvitsee käydäkseen lisäbenssiiniä, joten tässä välilehdessä voimme muuttaa prosentuaalisesti lisää benssiiniä perussuihkutuksen arvoon nähden (kuva7). Säätoalueena toimii moottorin lämpötila. Lämpötila-alueita voidaan säätää 5 asteen välein, ja alueita on 32 kappaletta -40...110 celsiusastetta vasemmalta lukien.



Kuva 7. Lisäbenssiinin määrä veden lämpötilan mukaan

Imuilman kompensointi

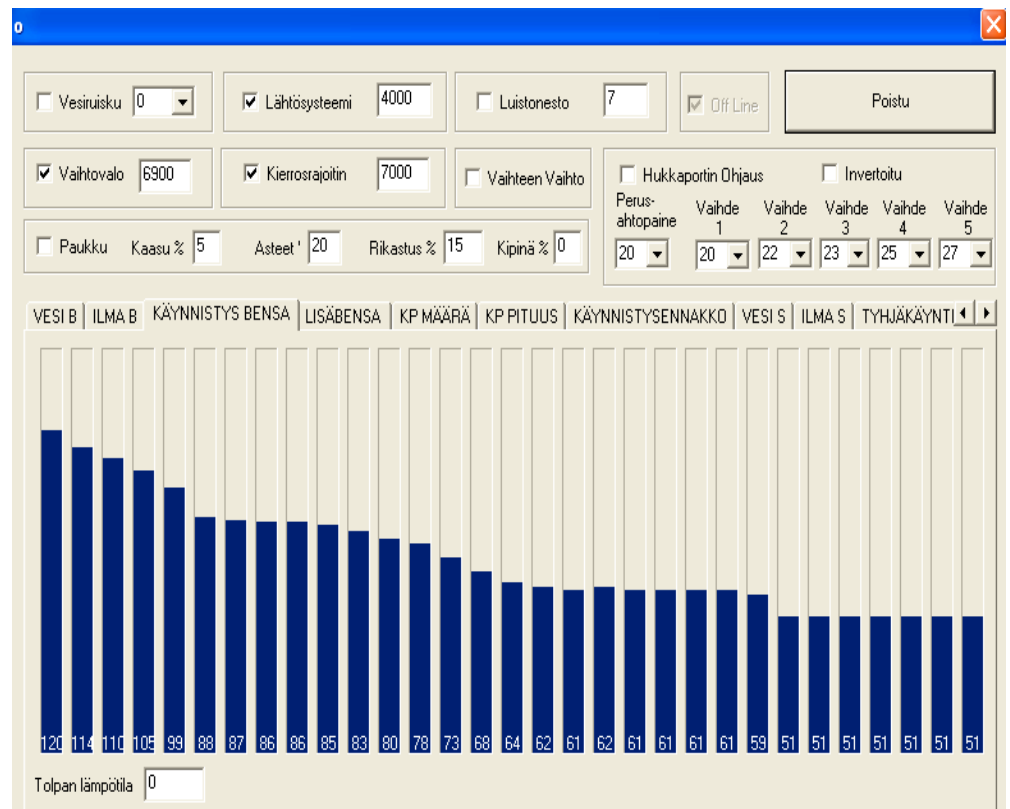
Imuilman lämpötila voidaan kompensoida bensiinille, eli imusarjan lämpötilan mittauksen mukaan suihkutettavaa polttoainemäärää muutetaan prosentuaalisesti perussuihkutuksen arvoon. Moottorin lämpötilan saavuttaessa +35 astetta seosta aletaan laihentaa vastaavasti (kuva 8). Bensiiniä saadaan imuilman lämpötilan mukaan muutettua -40... 110 celsiusastetta 5 asteen välein vasemmalta lukien.



Kuva 8. Seoksen korjaus imuilman lämpötilan mukaan

Käynnistysbenssiini

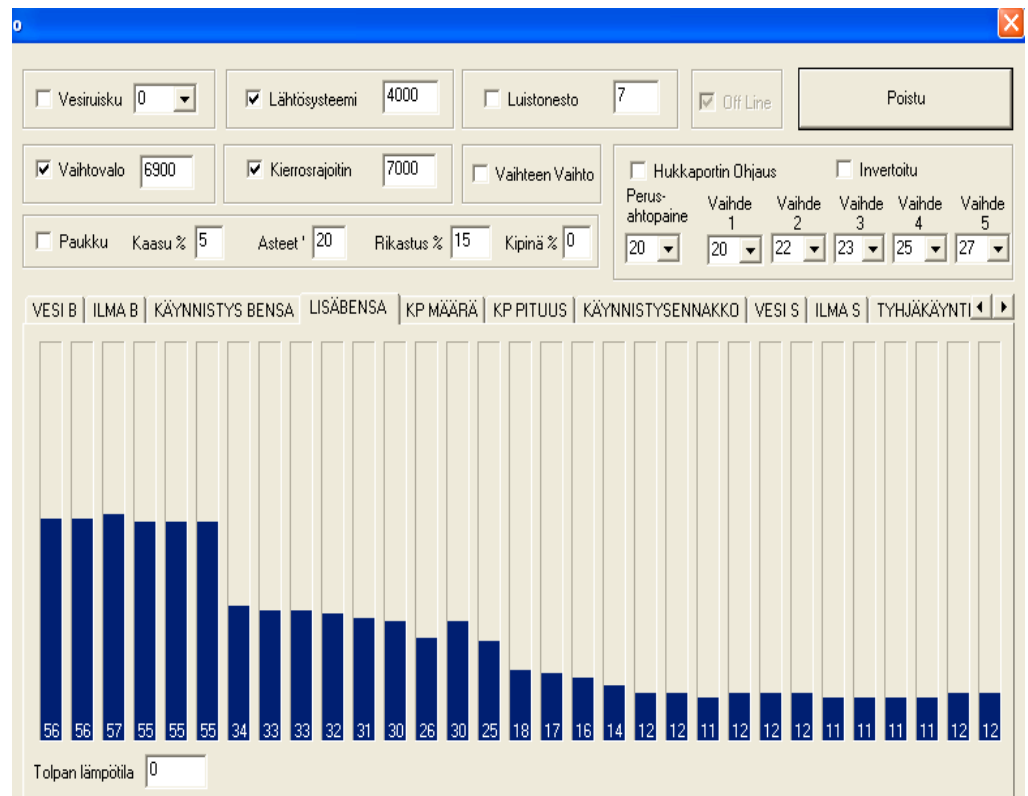
Käynnistettäessä käytettävää benssiini määrää voidaan muuttaa, kun kierrokset ovat alle 500rpm, eli suuttimen aukioloaika saadaan muutettua seuraavalla tavalla 100 yksikköä, joka on 10 millisekuntia aikana. Muut korjauskartat eivät vaikuta näihin säätöihin. Säätöalueena toimii moottorinlämpötila. Lämpötila aluetta voidaan säätää 5 asteen välein, ja alueita on 32 kappaletta -40... 110 celsiusastetta vasemmalta lukien (kuva 9).



Kuva 9. Käynnistysbenssakartan näkymä

Lisä bensiini

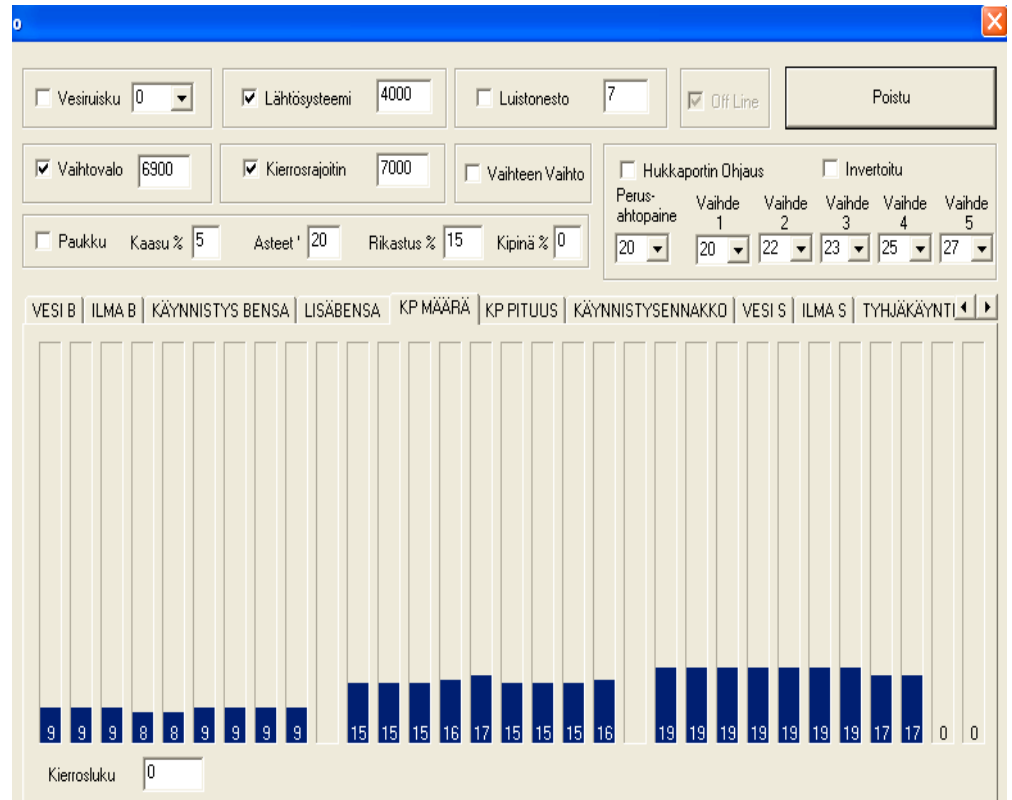
Kylmärikastuksen lisäbensiiniä voidaan muuttaa käynnistyksen jälkeisen moottorinlämpötilan mukaan. Tähän asetettu bensiinimäärä lisätään kun auton moottori on käynnissä. Rikastus vähenee hiljalleen, kun aikaa on kulunut 15 sekuntia. Säätoalueena toimii moottorinlämpötila. Lämpötila aluetta voidaan säätää 5 asteen välein ja alueita on 32 kappaletta -40... 110 celsiusastetta vasemmalta lukien (kuva 10).



Kuva 10. Lisäbensiinikartta, rikastus käynnistyksen jälkeen lämpötilan mukaan.

Kiihdytysrikastus

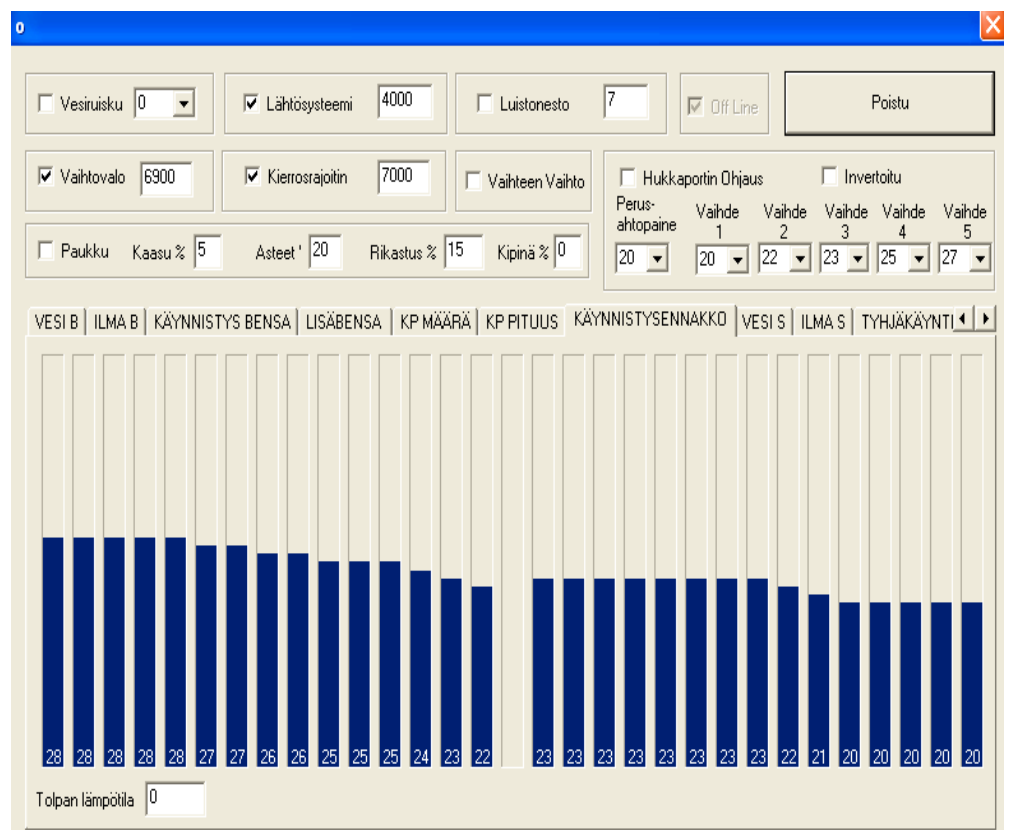
Kiihdytyspumppua eli kiihdytys rikastusta voidaan muuttaa, kun kaasulämpän asento muuttuu, mikä on jaettu kolmeen osaan kaasulämpän asentoalueesta. Rikastuksen määräävät avautumisprosentit ovat säädettävissä halutulle tasolle. Kaikissa kolmessa osassa voidaan kierrosluvun mukaisesti tehdä säädöt(kuva 11).



Kuva 11. Kiihdytysrikastus kaasulämpän asennon mukaan.

Käynnistysennakko

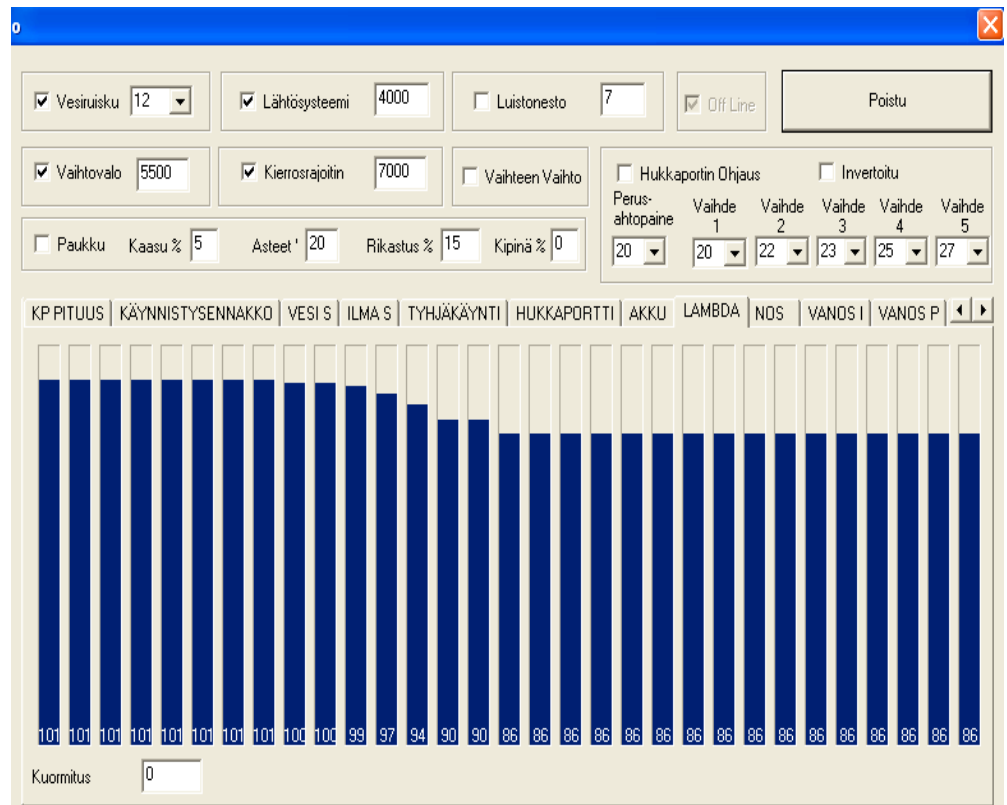
Moottoria käynnistettäessä moottorinlämpötilaan mukaan voidaan määrittellä käynnistysennakko, jonka säätö tapahtuu tässä välilehdessä (kuva 12). Säättöalueena toimii moottorin lämpötila. Lämpötila aluetta voidaan säätää 5 asteen välein -40...110 celsiusastetta vasemmalta lukien. Vasemman puoleiset tolpat ovat käytössä kun moottorin kierrosluku on alle 350 rpm ja oikeanpuoleiset sen jälkeen.



Kuva 12. Käynnistysennakko veden lämpötilan mukaan.

Lambdan parametrit

Seoksen tavoitearvoa voidaan muuttaa eri kuormitustilanteille haluttuun arvoon (kuva 13). Lambdan takaisin kytkennän asetukset sijaitsevat bensa-asetukset välilehdellä, joka on luvussa 6.5. Takaisin kytkentä aktivoi automaattisesti seoksensäädön lambda-anturilla.



Kuva 13. Seoksen tavoitearvo kuormitusanturille

5.4 Lambdan ominaisuudet

Lambdasäätö

Lambdasäätö tuottaa elektroniselle ohjainlaitteelle jännitesignaalin, joka ilmoittaa ohjainlaitteelle tarvitseeko seosta korjata laihalle vai rikkaammalle. Jos seos on rikas, annostellaan moottorille vähemmän polttonestettä, ja seoksen ollessa laiha ohjainlaite annostelee moottorille lisää polttonestettä.

Normaalilla lambda - anturilla käytetään kaksipistesäätöä, mikä tarkoittaa, että lamdatunnistimen jokainen signaalin vaihtelu saa aikaan säätökorjauksen vastakkaiseen suuntaan. Tunnistimen ilmaistaessa rikkaan seoksen säädetään seosta laihemmalle ja toisin päin. Säätökorjauksen suuruus on n. 3%. Laskettua polttoainemäärää korjataan multiplikatiivisesti (kerroin) seuraavien kerrointen mukaisesti:

- Normaalisti kerroin on 1,00.
- Jos seos on laihalla, niin kerroin on 1,03.
- Jos seos on rikkaalla, niin kerroin on 0,97.

Säätökorjaus tehdään portaittaisen säätökorjaussignaalin ohjaamana keskimääräisen seossuhteen pitämiseksi mahdollisimman tarkkaan arvossa $\lambda = 1$. Säätötaajuuden määrää se aika, joka kuluu tuoreen seoksen palamisesta ja virtaamisesta lamdatunnistimen ohi. Jos tuore seos on liian rikas tai laiha, kuluu hetki, ennen kuin tunnistin reagoi siihen ja seoksen korjaus voi tapahtua.

Jatkuva lambdasäätö

Laajakaistalamdatunnistimella voidaan toteuttaa jatkuva lambdasäätö, eli tunnistin tuottaa jatkuvan signaalin seoksen poikkeamista verrattuna arvoon $\lambda = 1$. Jatkuvalle säädöllä saadaan parempi säätödynamiikka, koska poikkeama ohjearvosta on tiedossa ja seos on mahdollista säätää poikkeamaan halutusta arvosta $\lambda = 1$. Tätä ominaisuutta käytetään hyväksi, kun seossuhde halutaan tietyissä olosuhteissa mahdollisimman laihalle alhaisen polttonesteen kulutuksen saavuttamiseksi.

6 OHJELMOITAVAN MOOTTORINOHJAUKSEN ASENNUS

Ensin selvitettiin moottoriin ja autoon haluttavat toiminnot. Tässä tapauksessa oli tiedossa, että auton käyttö sijoittuu katukäyttöön, minkä seurauksena valittiin sen vaatimat anturitiedot ja tarvittavat ohjaukset.

6.1 Anturointi

6.1.1 Moottorilta tulevat anturitiedot

Moottorilta tulevat anturi tiedot (LIITE 2) olivat seuraavanlaiset:

- vedenlämpötila
- imuilmanlämpötila
- kaasuläpän kiertymistieto
- nokka-akselilta pulssitieto
- kampiakselilta pulssitieto
- nakutustieto
- laajakaistalambda

6.1.2 Moottoritilaan varalle tulevat anturitiedot

Johtosarjaan lisättiin varalle antureiden johtimia, jos näitä lisää ominaisuuksien anturi tietoja halutaan ottaa tulevaisuudessa käyttöön. Anturit olivat EGT (pakokaasun lämpötila) ja hukkaportin ohjaus solenoidi.

6.1.3 Moottoriin menevät johtimet

Moottoriin jätettiin alkuperäinen johtosarja, joka liitettiin ohjelmoitavan moottorinohjausjärjestelmän adapterijohtosarjalla, johon lisättiin kipinänvahvistin yksiköiden ja varalle tulleiden anturien johtimet.

6.1.4 Auton sisälle tulevat lähdöt ja signaalitiedot

Auton sisälle tulevia tietoja olivat ohjelmointikaapeli ja lähtörajoittimen, vaihtovalon, paukkuventtiilin ohjaus.

6.2 Kytkenäkaavio

Ensimmäiseksi selvitettiin auton johtosarjan kytkentäkaavio minkä pohjalta voitaisiin alkaa rakentamaan adapterijohtosarjaa. Löysin auton johtosarjan moottorinohjauksen liittimen pinnijärjestyksen Bmw 3 Series Service Manualista (LIITE 1). [2.] Tässä vaiheessa tehtiin autoon kytkentäkaavio (LIITE 2), josta selviää kokonaiskuva moottorinohjauksen sähköistä. Kyseistä kuvaa voidaan joskus tarvita muistin tueksi, jos tarvitsee esimerkiksi lisäillä jotain toimintoja ohjainlaitteeseen eikä muista, mitkä digitaalilähdöt ovat käytössä.

6.3 Oheiskomponentit

Kipinäyksiköiden sijainti pitäisi olla 30 - 40 cm:n päässä sytytyspuolista. Tästä syystä kipinä yksiköt asennettiin auton lukkopeltiin (LIITE 3). Kipinäyksiköiden maadoitus tehtiin yksiköiden välittömään läheisyyteen. Kipinäyksiköt asennettiin myös lämpöjohtavalle alustalle piitahnin kanssa, tähän tarkoitukseen oli hyvä käyttää alumiinista tehtyä kipinäyksiköiden alustaa.

Laajakaistalambdan asennuksessa täytyi huomioida sen asennuspaikka sekä kulma. Lambda-anturia ei saanut asentaa vaakasuoraan vaan sen minimi asennuskulma vaakatasoon nähden on 10 astetta ylöspäin. Jos anturin asentaa vaakasuoraan tai siten, että johdin on alaspäin, se täyttää anturielementin kondensiovedellä ja rikkoutuu noin 1000 km:n ajon jälkeen.

Jännitesyötöt kannatti haaroittaa siten, että jokaisella laitteella on oma sulakkeensa sekä releensä. Sulakkeet ja releet merkittiin, niin että niiden tarkoitus tiedetään. Tässä adapterijohtosarjassa ei tarvittu kuitenkaan kuin kaksi lisärelettä ja sulaketta moottorinohjaimelle ja Dme:lle.

Maadoitukset piti tehdä luotettavasti. Jos maadoitus tuli auton runkoon niin, maadoituskohta kannatti puhdistaa huolellisesti esimerkiksi hiomapaperilla tai kaapimella. Liitoksien kiristyksen jälkeen maadoitus piste suojattiin rasvalla mikä estää sen hapettumisen. Maadoituksessa oli myös hyvä käyttää

maalinrikkoja-aluslevyjä varmuuden vuoksi, jos alle jäi vielä hionnan jälkeenkkin vähän maalia. Maadoitus kengät tinattiin kunnollisen säänkestävyyden takaamiseksi.

6.4 Johtosarjan rakennus

Ensin mitattiin kunkin anturin ja maadoitus pisteen sijoitus paikalle mittaohjainyksiköltä. Ohjainlaite sijoitettiin alkuperäisen ohjainlaitteen paikalle, joka sijaitsee auton oikeassa etukulmassa tulipeltiin tehdyssä kotelossa (LIITE 4). Sen jälkeen porattiin läpiviennille reikä ohjainlaite kotelosta, mikä on auton sisälle meneviä johtimia varten.

Seuraavaksi olikin vuorossa viedä sopiva johdin oikean liittimen/toimilaitteen/anturin luokse ja katkaista se määrämitta. Johdin sarjoja katkottaessa oli hyvä johdinsarja laittaa nippusiteillä kiinni kiinnitysreitille, jotta johtimien mitat tulivat mahdollisimman järkeviksi. Johtimiin kannatti jättää myös pientä elämisen varaa, koska liian tiukat johtimet voivat lähteä irti liitoksistaan. Johtimet merkittiin teipillä, jotta tiedettiin minne kukin johto oli ajateltu asennettavan.

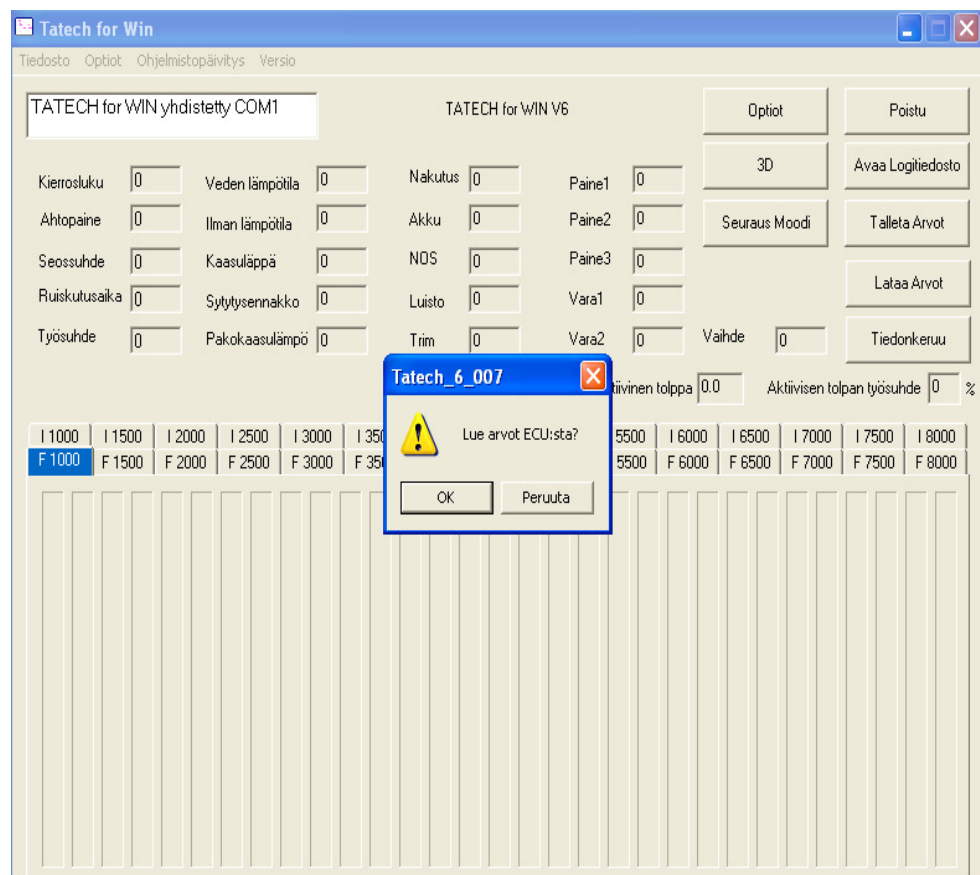
Johtosarjan rakennus jatkui sitten pöydällä adapteriliittimeltä kipinäyksiköiden johtimien rinnalle laitettiin sähkönsyöttö johtimet ja antureille maat sekä jännitesyötöt. Seuraavaksi oli vuorossa johtimien suojaus, joka tehtiin määrämitta leikatulla suojasukalla ja punoksella. Tämän jälkeen olikin sitten helppo laittaa paikalleen suojakumit, tämän jälkeen liittimet puristettiin ja liittinrunko koottiin. Suojasukan paikalleen laitto kannatti aina aloittaa kamman päästä ja edetä kohti johtosarjan päätä, näin liitoskohdat ja haarautumiskohdat saatiin siististi kutistusukan alle. Auton sisälle menevät johtimet kannatti lyhentää määrä mittaisiksi ja laittaa ylimääräiset jännitesyöttöjohtimet +5V-kutistusukan alle. Näin johtosarja saatiin valmiiksi (LIITE 5).

Ennen johtosarjan asentamista autoon tarkastettiin yleismittarilla jatkuvuus-asennossa, että johtimet menevät adapterilta oikeisiin kohteisiin. Johtosarjassa olevat viat havaittiin näin helposti. Suuttimien johtimien järjestys oli väärä ja näin ollen lämpötila-antureiden tarkastus oli paikallaan ja vika saatiin korjattua.

Tarkastuksen jälkeen johtosarja asennettiin paikalleen työntämällä ensin sisälle menevä johdin-nippu paikalleen ja itse johtosarja kiinnitettiin auton kone-tilaan. Seuraavaksi liittimet laitettiin paikoilleen.

6.5 Järjestelmän ylösajo

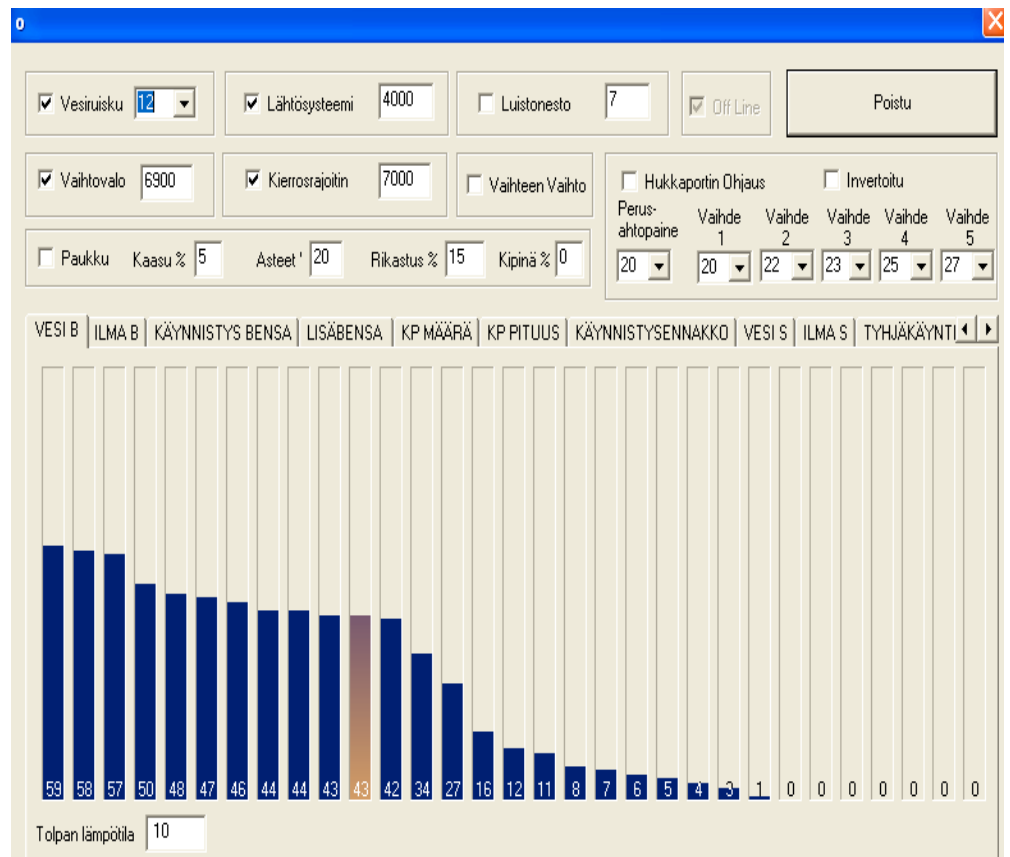
Autoon kytkettiin virrat ja tarkasteltiin, ettei mikään sulake pala tai ettei johtosarjassa tapahtunut mitään siihen kuulumatonta jo tässä vaiheessa. Päävirta sammutettiin ja laitettiin ohjain laitteelle kuuluva 5 A:n sulake paikalleen. Kytkettiin virta uudelleen päälle ja aukaistiin tietokoneelta Win Tatech ohjelma, jonka avulla luettiin arvot ohjainlaitteelta pc:lle(kuva 14). Tämän avulla pääsimme tarkastelemaan ohjelman avulla eri asetusten muuttamista oikeisiin arvoihin. Tämä antaa pohjan sille, että auton moottori voi toimia oikealla tavalla.



Kuva 14. Arvojen luku ECU:sta.

Optiot

Seuraavassa vaiheessa menimme optiot valikon pääikkunaan(kuva 15) mistä saatiin asetettua kierroksen rajoittimelle arvo milloin moottorinohjain rajoittaa auton kierroksia. Myös muita toimintoja voidaan ottaa tässä valikossa käyttöön esim. vesiruisku, vaihtovalo, lähtösystemi, luiston esto, vaihteen vaihto, hukkaportin ohjaus ja paukku. Otin kuitenkin käyttöön vain kierroksenrajoittimen ja vaihtovalon, joka ilmoittaa tietyllä kierrosluvulla valon syttyessä vaihto hetken seuraavalle vaihteelle.



Kuva 15. Optiot pääikkuna

Sytytysasetukset

Sytytys asetukset välilehdellä asetettiin sytytykseen liittyvät asetukset oikeaksi (kuva 16). Valitsin sytytysmoodiksi suorasytytyksen, koska autossahan on käytössä jo alkuperäisenäkin suorasytytys. Rpm-signaalin reuna valittiin laskevaksi minkä ansiosta kierrosluvun liipaisu on laskevalla pulssilla. Home myöhästys kentässä on arvo, koska se tarkoittaa 30 astetta kampiakselilla, kun käytetään 12-hampaista triggeripyörää 2 -> 1 Home on käytössä, kun käytämme sekventiaalisyytystä mikä auttaa sekvenssin synkronoimista käynnistyksen yhteydessä. Hukkakipinä käynnistys tarkoittaa, että sekventiaalisyytyksen ollessa käytössä nokka-akselin anturilta käynnistyshetkellä on käytössä hukkakipinämoodi, kunnes on saatu nokka-akselin home-pulssi, joka nopeuttaa käynnistystä. Käytössä on Boschin kipinänvahvistinyksiköt, joten tässä kohdassa pitää olla valittuna vahvistinyksikkö.

Myös käynnistyksen ennako säädetään täällä halutuksi. Se on käytössä, kun moottorin lämpötila on yli +35 astetta ja se on käytössä kunnes saavutetaan peruskartan alimman rpm- anturin kierrokset.

The screenshot shows the 'SYTYTYSASETUKSET' (Ignition Settings) tab in the engine control software. The interface is organized into several sections:

- Top Section:** Includes checkboxes for 'Vesiruisku' (checked, value 12), 'Lähtösystemi' (checked, value 4000), 'Luistonesto' (unchecked, value 7), and 'Off Line' (checked). A 'Poistu' button is also present.
- Second Section:** Includes 'Vaihtovalo' (checked, value 6900), 'Kierrosrajoitin' (checked, value 7000), 'Vaihteen Vaihto' (unchecked), 'Hukkaporin Ohjaus' (unchecked), and 'Invertoitu' (unchecked).
- Third Section:** Includes 'Paukku' (unchecked), 'Kaasu %' (value 5), 'Asteet' (value 20), 'Rikastus %' (value 15), and 'Kipinä %' (value 0). Below this is a table of gear settings:

Perus-ahtopaine	Vaihde 1	Vaihde 2	Vaihde 3	Vaihde 4	Vaihde 5
20	20	22	23	25	27

- Navigation Bar:** Shows tabs for 'LAMBDA', 'NOS', 'VANOS I', 'VANOS P', 'OPT1', 'OPT2', 'OPT3', 'SYTYTYSASETUKSET' (selected), 'BENSA-ASETUKSET', 'ANTURIT', and 'HÄLYTYKSET'.
- Fourth Section:** Includes 'RPM Signaalin Reuna' (LASKEVA), 'HOME Signaalin Reuna' (LASKEVA), 'Sytytysmoodi' (SUORASYTYTYYS), 'HOME:n myöhästys' (value 1), '2 -> 1 Home' (checked), 'Ajoituslukko' (value 10), and 'RPM-Anturin Paikka' (value 100).
- Fifth Section:** Includes 'Sylintereiden Lukumäärä' (value 6), '12 Nastainen RPM' (checked), 'Käynnistyspumppu' (Hidas: 1, Keskisuuri: 1, Nopea: 2), 'Kipinävahvistin' (VAHVISTINYKSIKKÖ), 'Puolan Latausaika' (value 36), and 'Käynnistysennako (Lämmin kone)' (value 13).
- Sixth Section:** Includes 'Ennako' (Vaihde 1: 1, Vaihde 2: 1, Vaihde 3: 0, Vaihde 4: 0, Vaihde 5: 0) and 'Kipinänkatkaisun Pituus' (value 0).
- Seventh Section:** Includes 'Ennakon Tasonsiirtäjä' (value 0) and 'Kuormitus' (RPM: 0).

Kuva 16. Sytytysasetukset

Ruiskutusasetukset

Polttoaineen ruiskutusasetukset (kuva 17) välilehdellä valittiin suuttimien moodiksi sekventiaali, koska jokaista kuutta suutinta ohjataan eriaikaisesti. Tässä valikossa voidaan muuttaa prosentuaalisesti suutinaikaa, joka vaikuttaa kokoruiskutuskartastoon. Jos suihkutusta joka kierroksella on valittuna niin silloin suihkutussuuttimet suihkuttavat joka kampaiksi linkierroksella, muuten kerran per kaksi kierrosta.

Kuva 17. Bensiiniasetukset välilehti

Jos kalibrointikartat veden ja ilmanlämpötila antureille ovat oikein, niin käyttöliittymässä tulisi näkyä huoneen lämpötila 5 asteen tarkkuudella. Ottamalla liitin irti vedenlämpötilananturista käyttöliittymässä tulisi lämpötilan laskea – 40 °C lukemaan, sama myös ilmanlämpötilananturilla. Sen jälkeen kalibroitiin kaasuläpän asentotunnistin käyttöliittymästä.

Seuraavaksi tarkastettiin bensiinipumpun toiminta virtojen kytkennän yhteydessä, joten virtojen kytkeytyessä bensiinipumppu toimii määrätyn ajan. Arvoa voidaan muuttaa haluatuksi optio-kentässä.

6.6 Ongelmat asennuksessa

Ensimmäiseksi oli ratkaistava, kun ohjelmoitavaa moottorinohjausjärjestelmää valittiin, mitkä ominaisuudet olisivat tärkeitä tässä järjestelmässä, minkälaiseen käyttöön se tulisi ja kuinka paljon siihen haluttaisiin sijoittaa rahaa. Kaikkien tutkimuksien jälkeen päädyttiin Tatech- moottorinohjaukseen sen ominaisuuksien, tuotetuen ja hinnan takia.

Tämän jälkeen auto siirrettiin Pirkkalaan Tatechin yrityksen tiloihin missä moottorinohjaus asennettiin ja säädettiin. Autoon suunniteltiin adapterijohtosarja eli sellainen johtosarja, joka kytketään auton omaan moottorinohjainjohtosarjaan ja siihen lisättiin myös lisäkomponenteille paikat. Tämän jälkeen otettiin mittoja johtojen pituuksista ja selvitettiin auton moottorinohjauksen johtosarjan liittimen pinni järjestys. Ongelmana oli, että löysimme kaksi erivaihtoehtoa BMW:n Service Manuaalista[2.]. Tämä johti siihen, että jouduin irrottamaan antureilta johtoja ja mittaamaan mikä johdin tulee kuhunkin pinniin auton omassa johtosarjassa. Tämän perusteella saatiin selville, että jälkimäinen saamistamme kytkentäkaavioista oli oikea, minkä pohjalta voitiin alkaa rakentamaa adapterijohtosarjaa. Johtosarjan rakentamisen jälkeen kaikki johdot mitattiin vielä ennen paikoilleen laittoa missä huomattiin, että Tatechin liitinkamman ja johtosarjan liitin kamman välisissä johtimissa oli tapahtunut väärinkytkentä. Tämä oli todella harmillista, koska liitinkamman liittimet ja kutistesukat olivat jo paikoillaan. Onneksi tämä virhe huomattiin tässä vaiheessa ja voitiin korjata. Tämän jälkeen johtosarjaa oli valmis asennettavaksi paikoilleen ja johtosarjan liittimet yhdistettiin paikoilleen antureihin.

Auton ylösajossa asennettiin johtosarjaan sulakkeet paikoilleen, virrat päälle ja yhdistettiin pc:llä Win Tatech järjestelmään ja luettiin arvot ohjainlaiteelta. Tarkistettaessa kaikkien anturien antamat tiedot huomattiin, että imuilman lämpötila ja jäähdytysnesteen lämpötila näyttämät olivat erikoisia. Irrotin jäähdytysnesteen lämpötila anturin johtimen mitatakseni, ovatko johtimet oikeassa paikassa adapterijohdin liittimessä, ja huomasin käyttöliittymästä, että imuilman lämpötilatieto laski -40 celsiusasteeseen. Tästä päätellen imuilman ja jäähdytysnesteen lämpötila-antureiden liittimet olivat menneet johtosarjaa rakentaessa väriin liittimenpinneihin. Korjasin asian johtimien irrottamisella adapterijohdinsarjassa liittääkseen ne oikeisiin pinneihin.

Ohjainlaitteelle ohjelmoitiin pc:n tietokannasta sytytys- ja bensiini kartat, jotka olivat suurin piirtein sellaiset, että auto voisi käynnistyä. Auton käynnistyttyä katsottiin, että kaikki arvot näyttävät suurin piirtein järkevältä. Lambda-arvon tarkistuksessa otettiin anturin liitin irti ja ohjelmistossa silloin arvon pitäisi olla 1,5 voltia, mutta arvo oli 1,514V eli tason siirtoa piti tehdä 0,014 voltia. Tällöin lambdan näyttämä on oikein ja seos suhde on tarkempi. Korjatessamme sytytys- ja bensiinikarttoja huomasimme, että aina välillä kun autoa käynnistettiin, niin auto ei tahtonut käynnistyä ja jännite laski yllättävän alas. Tutkittua asiaa tarkemmin huomattiin johtosarjan maadoituksen olevan heikko, vaikka korissa oli valmis paikka maadoitukselle. Maadoituksen paikkaa vaihdettiin tekemällä peltiin uusi reikä, jonka alusta puhdistettiin ja vika poistui.

Auton tyhjäkäynnillä pysymisen jälkeen autolla lähdettiin testaamaan tieolosuhteisiin missä säädettiin karkeita arvoja bensiini- ja sytytys karttoihin. Tieolosuhteissa huomattiin, että auto pätkii aina välillä tasaisella kaasulla ajettaessa. Tästä johtuen etsittiin vian aiheuttajaa dynamometrillä ajettaessa. Tutkinnan tuloksena selvisi, että pätkiminen tasaisella kaasulla ajettaessa johtui mitä todennäköisesti häiriöistä signaali johtimissa. Häiriön selvittämiseen käytettiin mitta oskilloskoopia, jolla tutkittiin virtakuvaajia. Kuvaajasta huomattiin, että sytytys puolan sytytystulpalle johtamat suuret virrat aiheuttivat häiriötä signaalijohtimiin. Signaalijohtimet sijoitettiin kauemmaksi moottorin sytytyspuolista ja maadoitukset tarkastettiin vielä kerran. Toimenpiteen jälkeen johtosarjaan vaihdettiin parempi häiriönsuojaus. Häiriönsuojauksen lisäyksen jälkeen osoittautui autoa testattaessa, että ongelma oli poistunut.

7 PAKOKAASUPÄÄSTÖT BENSIINIMOOTTORISSA

7.1 Päästöjen syntymismekanismit

Tässä osiossa selvitetään päästöjen syntymekanismit ottomoottorissa eli kipinä sytytteisissä moottoreissa. [1, s.562 - 564.]

7.1.1 Ottomoottoripalaminen ja päästöt

Ottomoottorin pakokaasut sisältävät typpeä, vesihöyryä ja hiilidioksidia. Näiden lisäksi pakokaasuissa on epätäydellisen palamisen tuloksena hiilimonoksidia CO, palamattomia tai osin palaneita hiilivetyjä HC, sekä typen oksideja NO_x joita syntyy ilman sisältämän typen hapettuessa palotilan korkeissa lämpötiloissa.

Hiilimonoksidi CO₂ ei ole haitallinen päästö. Kun hiilimonoksidimolekyylit tulevat pakoputkesta ulkoilmaan, niin yksinäinen happiatomi yhtyy tämän kanssa ja tuloksena on hiilidioksidia. Nykyisten katalysaattorilla ja uudella moottoritekniikalla varustettujen automallien päästöt ovat promillen luokkaa verrattuna vanhoihin henkilöautoihin ilman katalysaattoria.

7.1.2 Kipinäsytytys- eli ottomoottori

Liekkirintama etenee sytytystulpan kipinän alullepanemana turbulenssin eteenpäin viemänä. Liekkirintaman eteneminen kestää 50 – 60 kammekulma- astetta. Nakutus ilmiö on hallitsematon palaminen, jossa jo palamisen alettua täytöksen loppuosa syttyy itsekseen ja saa aikaan nopean paineen nousun ja suurta painevärähtelyä. Nakutusilmiön vuoksi ottomoottoreissa puristussuhteet täytyy pitää matalina. Tämä rajoittaa hyötysuhdetta ja kasvattaa CO₂- päästöjä. Tehoa säädetään imuilman virtausta kuristamalla kaasuläpän avulla, mutta seossuhde pidetään vakiona. Tämä aiheuttaa suuria pumppaushäviöitä osakuormalla ja huonontaa hyötysuhdetta ja lisää CO₂- päästöjä. Polttoaineen ja ilman suhde on pidettävä stöikiometrisenä, jotta seos olisi palamiskelpoista ja kolmitoimikatalysaattori toimisi halutulla tavalla. Palaminen on lähes väritöntä, eikä nokea synny.

7.1.3 Päästöjen syntyminen

L liekki sammuu seinämien välittömässä läheisyydessä ja raoissa kuten männän ja sylinterin välissä. Karsta ja öljykalvot absorboivat hiilivetyjä, jotka poistotahtin aikana voivat haihtua ja siirtyä palamattomina pakokaasun sekaan. Palamisreaktiossa CO:n hapettuminen CO₂:ksi on hidas ja kaikki reaktiot eivät ehdi toteutua. Palaneessa seoksessa osa tyypestä hapettuu NO:ksi ja NO₂:ksi, vaikka seos olisi stöikiometristä tai jopa hieman rikas. Typenoksidien muodostumisreaktiot ovat suhteellisen hitaita verrattuna muihin reaktioihin palamisen aikana, mutta erittäin herkkiä lämpötilan suhteen.

7.2 Päästöihin vaikuttavat tekijät

CO, eli hiilimonoksidipitoisuus

CO riippuu suuresti polttoneste/ilmaseossuhteesta ja tätä arvoa voidaan käyttää moottorin seoksenmuodostusjärjestelmän analysointiin ja HC pitoisuuden kanssa katalysaattorin kunnan määrittämiseen.

Korkean CO- arvon syyt voivat olla suihkutusjärjestelmän paine liian suuri, lämpötilatunnistin viallinen tai antaa väärää signaalitasoa (ei välttämättä sytytä merkkivaloa kojelautaan), ilmamäärämittari viallinen (karstaa tai huohotinöljyä), ilmasuodatin tukkeutunut tai huohotinjärjestelmä ei toimi, lisäksi moottoriöljyn seassa oleva polttoneste nostaa tätä arvoa.

Liian alhainen CO- arvo voi olla suihkutusjärjestelmän alhainen polttonesteen paine, suuttimet tukkeutuneet.

HC, eli hiilivetytypitoisuus

Paras palamistulos saavutetaan kun CO on alhainen ja HC erittäin alhainen, minimi- HC saavutetaan yleensä CO- arvoilla 0,4 – 1,0.

HC- pitoisuus nousee epätäydellisen palamisen johdosta ja se kertoo erittäin paljon niin sytytys- ja seoksenmuodostusjärjestelmän kuin myös itse moottorin kunnosta.

HC korkea ja CO alhainen tai rajoissa

Nämä arvot voivat johtua sytytyskatkoksista, puolista, tulpista ja johdoista, sekä liian laihasta seoksesta, huonoista puristuksista sylintereissä, öljyn kulutuksesta, venttiilin vuodosta ja kuluneesta nokka-akselista tai sen ajoituksesta. On tarkastettava myös venttiilivälilykset, perussytytysennakon tarkastus ja onko moottoriöljyn seassa polttoainetta

CO₂, eli hiilidioksidi

Tämä on palamistuote joka saavuttaa huippuarvonsa ilmakertoimen arvolla 1 ja jonka arvo laskee, kun bensiini-ilmaseos muuttuu.

Korkea CO₂ arvo yhdessä alhaisten CO ja HC arvojen kanssa merkitsee palamisen olevan ihanteellista eli suorastaan täydellistä ja pakoputkiston olevan tiivis. Jos kaikki kolme arvoa ovat alhaisia, niin palaminen tapahtuu kyllä hyvin moottorissa, mutta pakoputki vuotaa. Kun CO₂ arvo on alhainen ja CO sekä HC- arvo korkeat, niin seos on liian rikas. Myös CO₂ :n ollessa alhainen ja CO:n erittäin alhainen ja HC:n korkea, seos on liian laiha.

NO_x-päästöjen vähentäminen

Palamisen ajoituksen myöhästymisen seurauksena hyötysuhde huononee. Pakokaasun takaisinkierrätyksellä moottorin ilman ja bensiinin täytös huononee, koska mukana on epäpuhdasta ilmaa. Molemmissa keinoissa on kyse saada palamislämpötiloja alennettua, niin että typenoksidi päästöt vähentyisivät. Ratkaisuna tähän on pelkistys kolmitoimikatalysaattorissa, joka toimii hyvin kaikissa olosuhteissa.

7.3 Kolmitoimikatalysaattori

Kemiasta tuttu sana katalyytti herättää heti mieleemme aineen, joka kiihdyttää kemiallisia reaktioita tai saa ne tapahtumaan toisenlaisissa olosuhteissa. Pakokaasujen puhdistuksessa katalysaattorin tehtävänä on aikaan saada samat reaktiot, eli palotilasta tulevat pakokaasupäästö molekyylit kohtaavat katalysaattorin kennoston. Se on kemiallinen muunnin, jonka avulla haitalliset päästö molekyylit pystytään muuntamaan ympäristölle vaarattomiksi eli sellaisiksi, joita jo luonnostaan ympäristössä esiintyy.

Katalysaattorin kennomatriisin pinta-ala on erittäin suuri. Palamattomien hiilivetyjen vähentäminen on osoittanut huomattavasti vaativammaksi tehtäväksi, sillä huomattava valtaosa HC-päästöistä syntyy ajon alkuvaiheessa, jolloin moottori on kylmä eikä katalysaattori toimi vielä. Kennoston lämpötila pitää olla 300 astetta, jotta reaktiot tapahtuisivat. Katalysaattorin kennosto on valmistettu joko keraamisesta aineesta tai metallista, josta jälkimmäinen lämpiää nopeammin ja on kevyempi. Kylmä katalysaattori ei kykene yhtä tehokkaasti muuntamaan haitallisia päästöjä, kuin kuuma katalysaattori.

Kennoston laajalle pinnalle on huokoisuuden lisäämiseksi pinnoitettu AL-oksidi välikerros. Siinä on katalyysia edistäviä aineita, esimerkiksi cerumia ja natriumia. Tämän päälle on seostettu varsinainen katalyyttisesti aktiivinen jalometallipinnoite.

Oksidikerroksen pinnalla alle millimetrin tuhannesosan kokoisina hiukkasina ovat yleisimmin käytettyjä katalyyttimetallit platina ja rodium. Platina toimii hapetusreaktioiden ja rodium pelkistysreaktioiden katalyyttinä. Myös palladiumia on käytetty varsin laajasti, etenkin alkuaikoina jolloin katalysaattorit olivat vain hapettavia. Palladium kestää huonosti lyijyn myrkyttävää vaikutusta. Palladium on platinan sukulaismetalli ja maksaa vain kolmanneksen tämän hinnasta, joten uudelleen on alettu tutkia platinan korvaamista palladiumilla.

Ensimmäiset katalysaattorit olivat hapetuskatalysaattoreita. Sellaisia käytetään edelleen dieselmootoreiden yhteydessä. Bensiinimootoreilla varustetuissa autoissa käytetyt katalysaattorit ovat kolmitoimisia. Kennoston laajalle pinnalle on huokoisuuden lisäämiseksi pinnoitettu alumiini-oksidi välikerros.

Siinä on katalyysejä edistäviä aineita, esimerkiksi ceriumia ja natriumia. Tämän päälle on seostettu varsinainen katalyyttisesti aktiivinen jalometallipinnoite.

Katalysaattorissa tapahtuu samanaikaisesti kaikkien kolmen pääasiallisen saastekomponenttien muuntoreaktioita. Platina hapettaa häkä (CO) \Rightarrow hiilidioksidiksi (CO₂) ja hiilivetyjä (HC) \Rightarrow hiilidioksidiksi ja vedeksi. Rodiumin pelkistäessä typen oksidit vapautuu happea, joka siirtyy hiilimonoksidiin ja palamattomiin hiilivetyihin. Se hapettaa nämä hiilidioksidiksi ja vedeksi, joita pakokaasut jo muutenkin sisältävät. Typen oksidien pelkistyessä syntyy myös vähäisiä määriä ilokaasua, jota pidetään hiilidioksidia 200-kertaa tehokkaampana kasvihuonekaasuna. [1 s. 488 - 489.]

7.4 Päästöjen mittaukset

Päästöt mitattiin nelikaasuanalyysaattorilla auton alkuperäisellä moottorinohjainjärjestelmällä ja ohjelmoitavalla moottorinohjainjärjestelmällä.

Päästöt mitattiin ensin tyhjäkäynnillä ja sitten 2000 rpm:llä. Päästöjen mittaus aloitettiin lambda-soundin pakoputkeen asettamisella, jonka jälkeen autoa jouduttiin lämmittämään pitämällä moottorin kierroslukua ylhäällä. Tämä johtui siitä, että auton kolmitoimikatalysaattori on kaukana auton moottorista, mikä tuottaa pakokaasujen mukana lämpöä, jolla katalysaattori voidaan saada toimintalämpötilaan.

7.4.1 Motoronic

Ensimmäistä mittausta suorittaessa vakio moottorinohjausjärjestelmällä huomattiin, että kierroksilla hiilimonoksidi CO oli ensialkuun korkealla, mutta laski alle sallitun arvon, kun autoa käytettiin kierroksilla. Tämä voi johtua auton vanhasta ilmamassamittarista tai lambda-anturista, jotka voivat olla päässeet karstoittumaan ajansaatossa ja näin ollen antavat väärää tietoa moottorinohjausjärjestelmälle ilmapolttoaine suhteesta.

Mittaustulosten perusteella on havaittavissa taulukossa 1, että päästö arvot ovat sallituissa rajoissa ja kolmitoimikatalysaattori on toimintalämpöinen puhdistukseen haitallisia päästökomponentteja.

Taulukko 1. Motoronic päästöarvot

		<i>Tyhjäk.</i>		
CO	HC	CO ₂	O ₂	Lambda
0,01	88	14,5	1,29	1,03
		<i>2000 Rpm</i>		
CO	HC	CO ₂	O ₂	Lambda
0,13	43	15,3	0,1	1

7.4.2 Tatech

Toisessa mittauksessa autoon vaihdettiin ohjelmitava moottorinohjausjärjestelmä, jolle mitattiin myös päästöarvot nelikaasuanalysointilaitteella. Auton ollessa valmiiksi jo käyntilämpöinen voitiin lambdasoundi asettaa pakoputkeen ja aloittaa mittaaminen.

Tyhjäkäynnillä mitattaessa huomataan taulukosta 2, että hiilimonoksidin CO, hiilivedyn HC ja jäännöshapen O₂ - arvot ovat koholla. Hiilimonoksidi arvot ovat sallituissa rajoissa, mutta niitä saataisiin pienennettyä säätämällä ilma polttoaine seosta tarkemmin kohdalleen ja ajoituksen optimoinnilla. Hiilivedyt ovat myös korkealla mikä viittaa siihen, että moottorissa tapahtuu epätäydellistä palamista. Hiilivetyjen koreaan arvoon vaikuttaa myös se, että auton sytytys hetki on myöhäisellä, jolloin arvo on korkea. Jäännöshapen kohdalla oli myös havaittavissa korkea arvo, mikä johtui ajoneuvon suuresta pakoputken koosta ja lambdasoundin huonosta sijoituksesta pakoputkistossa.

Korkeilla kierroksilla mitattaessa arvot olivat poikkeuksellisen hyviä, mutta myös tällä kierrosalueella jäännöshapen arvo oli korkea minkä aiheuttajana oli suuri pakoputkiston koko, kuten jo edellä mainittiin.

Tulosten perusteella voitiin päätellä, että moottorinohjauksen säädöt olivat kutakuinkin kohdillaan, mutta vielä parantamisen varaa löytyy.

Taulukko 2. Tatech päästöarvot

		<i>Tyhjäk.</i>		
CO	HC	CO ₂	O ₂	Lambda
0,23	98	13,6	1,89	1,058
		<i>2000 Rpm</i>		
CO	HC	CO ₂	O ₂	Lambda
0,05	45	13,8	2,18	1,08

8 MOOTTORIN TEHOJEN VERTAILU

Moottorien tehot mitattiin teho dynamometrillä, joka kerää, tallentaa ja näyttää auton suorituskykyä. Tässä mittauksessa oli käytössä pyörrevirtatekniikalla varustettu dynamometri missä mittaus perustuu inertiaan eli se ei kuormita moottoria eikä voimansiirtoa. Mittauksen jälkeen mittausolosuhteet vakioidaan minkä kautta pyöriltä saadut tulokset korjataan kertoimilla. Tästä saadaan laskennallisesti moottorin teho ja vääntömomentti.

Moottori lämmitettiin käyntilämpöiseksi, koska auton suoritusarvoja mitattaessa moottoria rasitetaan äärimmilleen. Ensimmäisellä vedolla mitattiin vakio moottorinohjausjärjestelmällä minkä tuloksena saatiin tehoksi 188,2 hevosvoimaa ja 245 newton-metriä vääntöä (kuva 18). Tehtaan ilmoittamat arvot vakio moottorista ovat 192 hevosvoimaa ja 245 newton-metriä. Tulokset osoittivat moottorin tehojen olevan melkein samoissa arvoissa kuin tehtaan ilmoittamat ja pieni heitto hevosvoimissa voi johtua dynamometrin ohjelman virhemarginaalista.

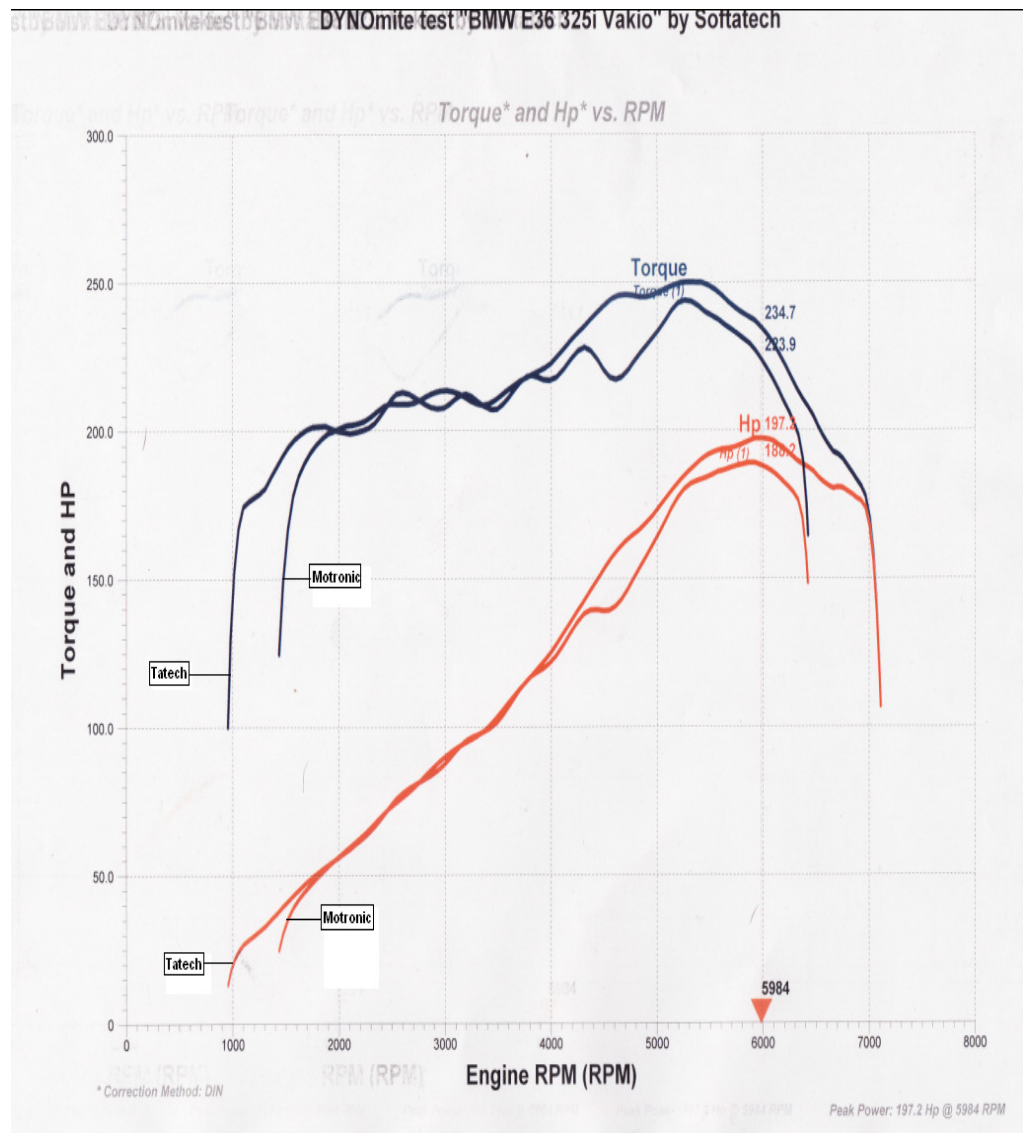
Tehokuvaaja tarkasteltaessa voitiin huomata, että moottorin tehossa ja vääntömomentissa tapahtuu pieni notkahdus 4400 kierroksen kohdalla. Tämä voi johtua monista tekijöistä, joita ei rajallisen ajan vuoksi saatu selvitettyä.

Tämän jälkeen autoon asennettiin ohjelmoitava moottorinohjausjärjestelmä, jonka seos- ja sytytyskarttoja säädettiin dynamometrillä ensin paikoilleen käyttäen hyväksi dynamometristä saatavaa kuormitusta. Kuormitus simuloi erilaisia käyttötilanteita kuten normaaleissa maantieoloissa ajettaessa, mistä johtuen bensiini ja sytytyskarttoja oli hyvä säätää kohdalleen vielä ennen loppu tehojen mittaamista.

Ohjelmoitavanmoottorinohjauksen säädöt saatiin jokseenkin paikalleen, minkä jälkeen toinen teho mittausta voitiin suorittaa. Tuloksena saatiin 197.2 hevosvoimaa ja 250 newton-metriä vääntöä mikä on 9 hevosvoimaa ja 5 Newton metriä enemmän kuin vakio moottorinohjausjärjestelmällä (kuva 18). Tehokuvaajasta nähdään (kuva 18), miten teho ja vääntö kuvaaja on paljon suurempi kuin vakio moottorinohjausjärjestelmällä. Huippu vääntöalue on paljon laajempi ja alkaa pienemmältä kierrosluvulta. Myös teho kuvaaja on

paljon suurempi ja laajempi mikä johtuu taas siitäkin, että moottorin kierrosrajoitin on nostettu suuremmalle kierrosluvulle. Vääntömomentin laajuutta saatiin parannettua käyttämällä vanos-yksikköä laajemmalla alueella, eli moottorin imunokka-akselin ajoitusta muuttamalla.

Tulosten perusteella voidaan todeta, että ohjelmoitavalla moottorinohjausjärjestelmällä saatiin pieni tehon lisäys aikaiseksi ja väännön laajeneminen. Ajoneuvon moottorin teho on kuitenkin säädetty ja ohjelmoitu parhaan mahdollisen hyötysuhteen saavuttamiseksi, mikä rajaa osaltaan maksimi tehon saavuttamista, koska silloin polttoaineenkulutus kasvaa suureksi ja hyötysuhde kärsii toimenpiteestä.



Kuva 18. Moottorin tehon vertailu

9 YHTEENVETO

Tässä insinööriyössä pyrittiin selvittämään ohjelmoitavan moottorinohjausjärjestelmän toimintoja ja hyötyjä. Projekti keskittyi enimmäkseen ohjelmoitavan moottorinohjausjärjestelmän tutkimiseen toiminnallisesti ajoneuvon suorituskyvyn parantamiseksi ja asennuksen vaatimiin toimenpiteisiin.

Työn tärkeimpänä tavoitteena oli saada selville ohjelmoitavan moottorinohjausjärjestelmän hyödyt ja haitat. Työn rajallisen ajan vuoksi kaikkia ominaisuuksia ei saatu tutkittua tarkoin ja laajasti. Lisäksi säätöjen saaminen täysin optimaaliseksi jäi vielä kesken ja siirtyi myöhempään vaiheeseen.

Tavoitteeseen saada ohjelmoitavalla järjestelmällä lisää tehoa päästiin ja päästökin saatiin pysymään hallinnassa. Lisäksi säädettävyyden ansiosta voitiin kaikkia parametrejä muuttaa halutulla tavalla moottorin optimoimiseksi.

Työtä tehdessä havaittiin kuinka haasteelliseen projektiin oli ryhdytty. Työ aikaa kului erittäin paljon oikeanlaisen adapterijohtosarjan asentamiseen ja oikeiden säätöjen saamiseen. Johtosarjan rakentaminen toimivaksi kokonaisuudeksi oli erittäin haasteellista. Lisäksi ongelmaksi koituivat erinäiset häiriöt ja asennus virheet työn aikana.

Työn tuloksista on suuri apu seuraavien asennusten varalle ja uusien kehitysten pohjalle. Työn tuloksena saatiin myös vertailut molempien moottorinohjausjärjestelmien pakokaasupäästöjen eroihin.

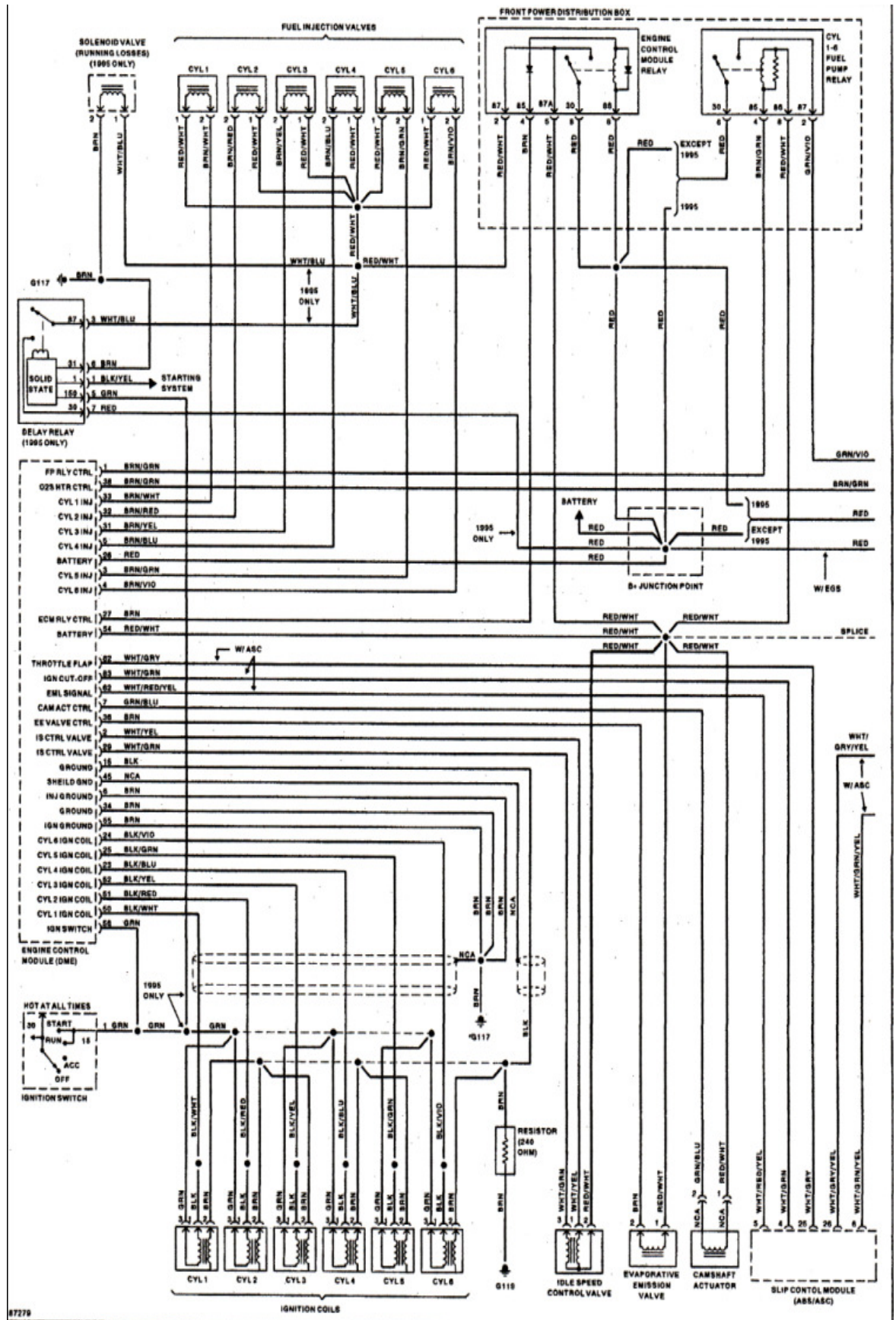
Lisäksi työn ohessa huomattiin erinäisiä ongelmia jotka työn edetessä korjattiin. Tästä johtuen johtosarjan kehitykseen ja häiriönsuojaukseen saatiin paljon hyvää kehitys apua näiden ongelmien poistamiseksi.

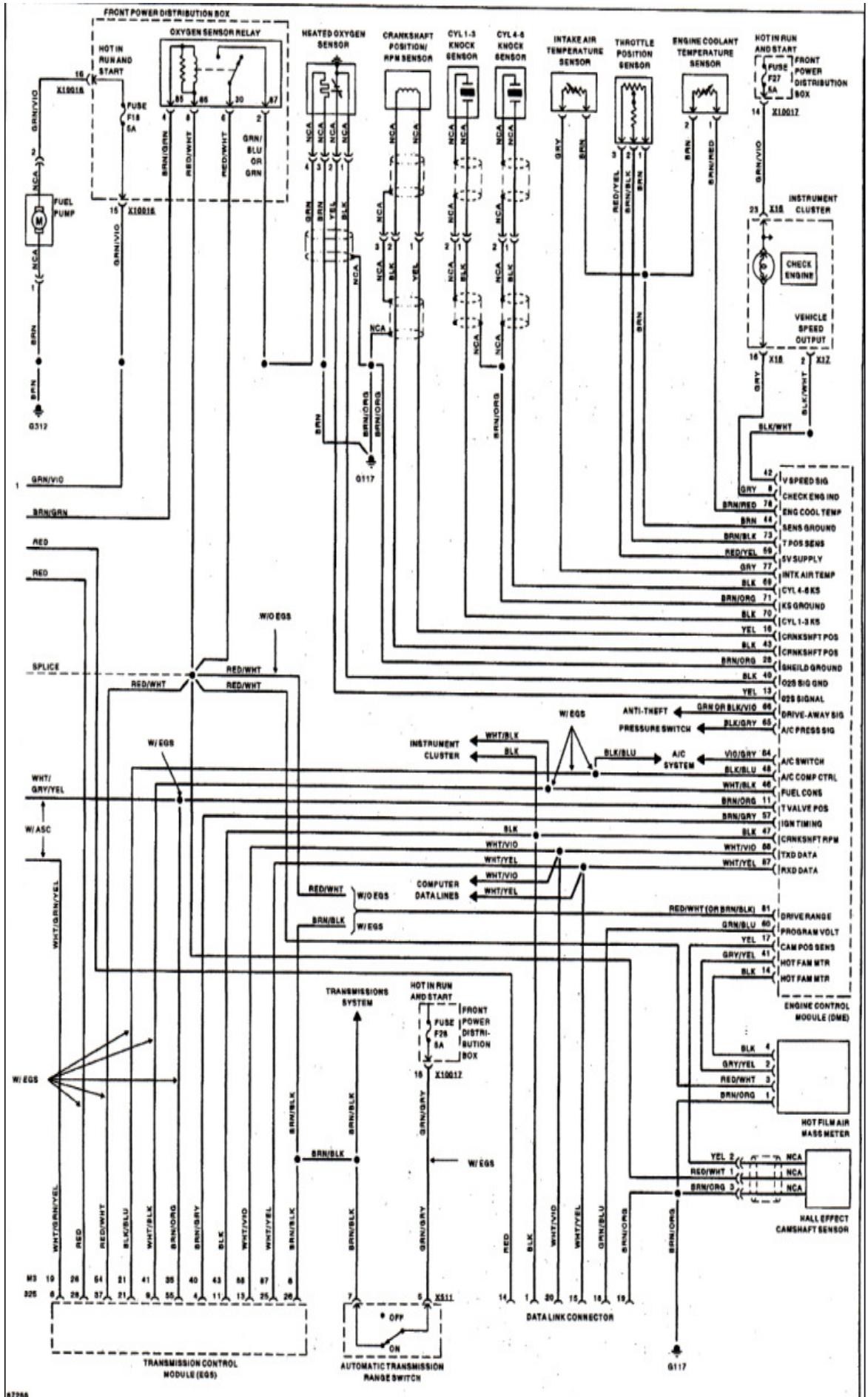
Tulevaisuudessa myös johtosarjojen ja ohjelmoitavien moottorinohjausjärjestelmien kehitystyötä tulee jatkaa uusien mahdollisuuksien aikaansaamiseksi erilaisten säätö ominaisuuksien kehitystyössä.

VIITELUETTELO

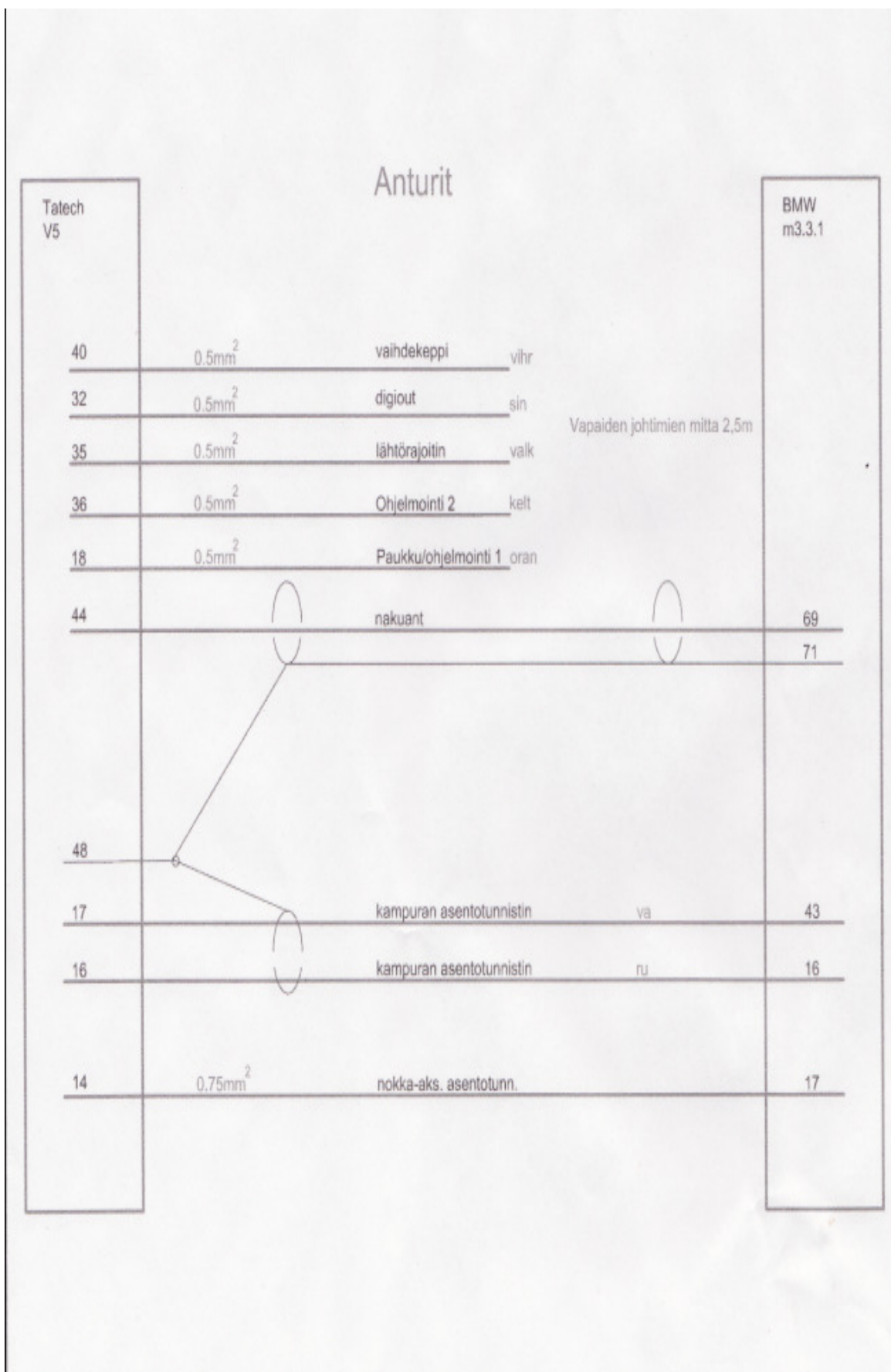
- [1] Haapaniemi, Heikki, Autoteknillinen taskukirja. Helsinki: Autoalan koulutuskeskus Oy. 2003.
- [2] Bentley, Robert, BMW 3 Service Manual. USA: RB. 1999
- [3] Juhala, Matti, Lehtinen, Arto, Suominen, Matti, Tammi, Kari, Moottorialan sähköoppi. Helsinki: Autoalan koulutuskeskus Oy. 2005.

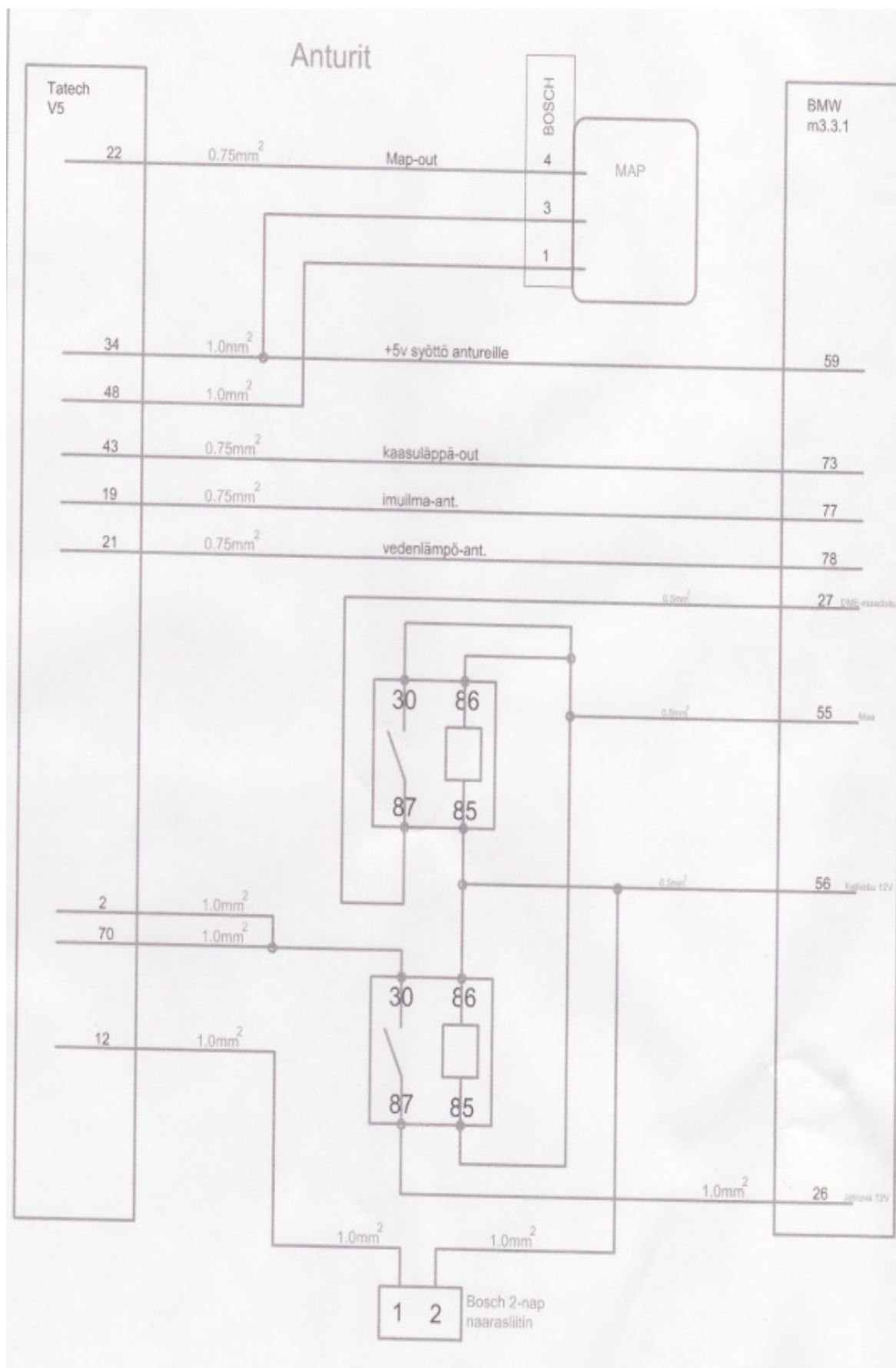
Kytentäkaavio: Bmw 325

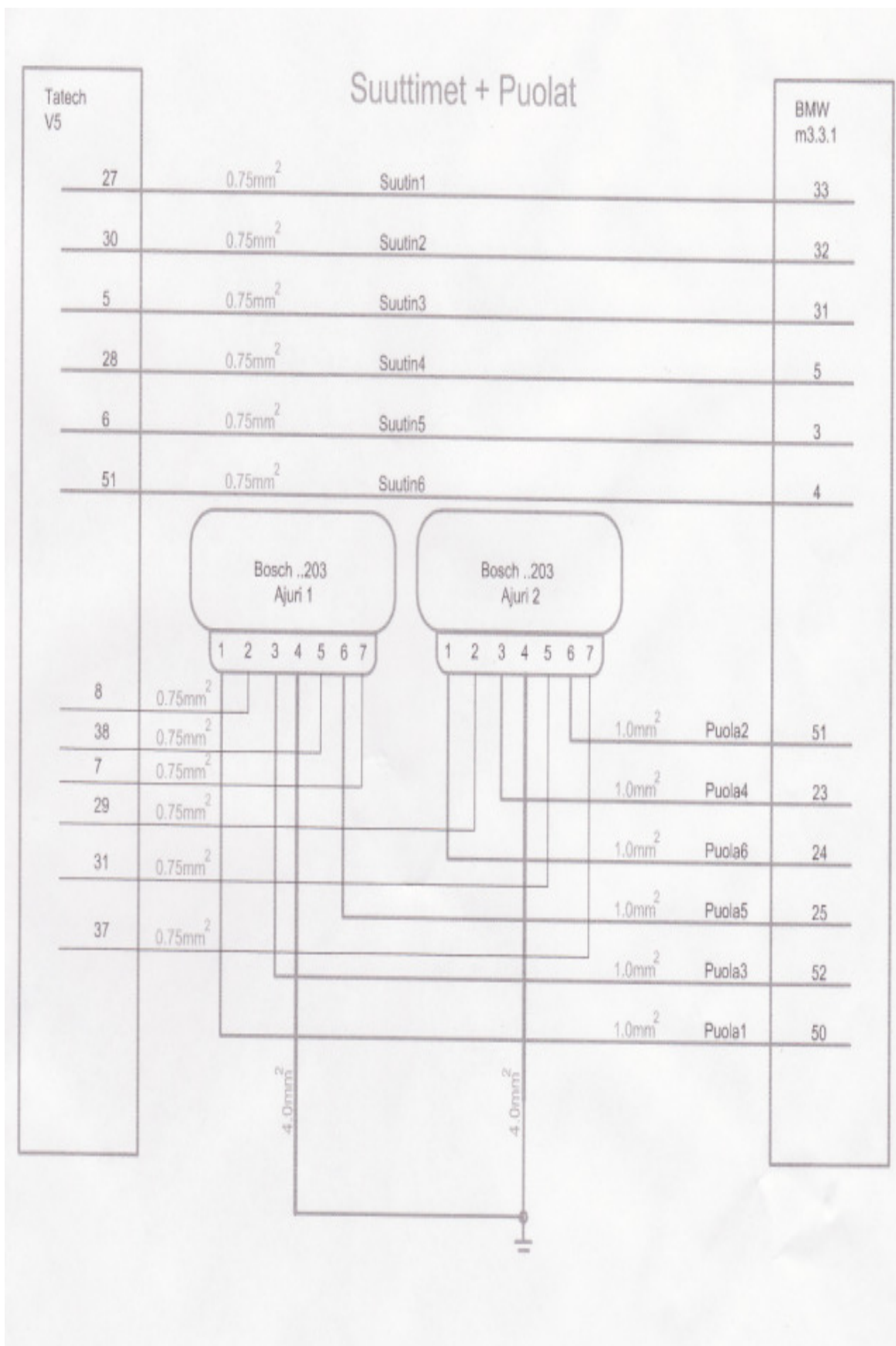




Adapterijohtosarja kytkentäkaavio:





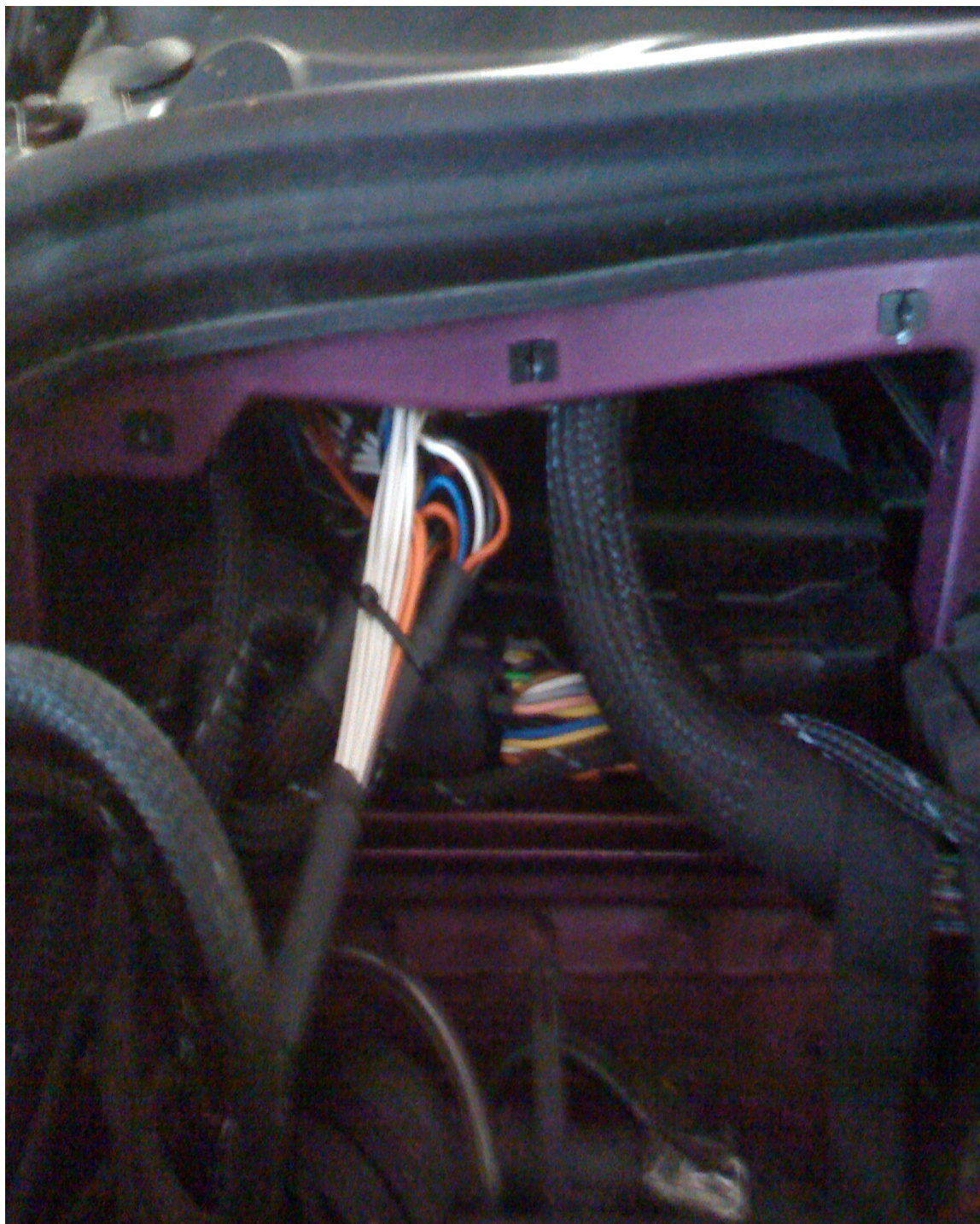


Tatech V5	Toimilaitteet & releet & jännitteet			BMW m3.3.1
13	0.75mm ²	Tyhjäkäyntivena (IAC)		29
10	0.75mm ²	Vanosventiili		7
11	0.75mm ²	Käyttöjännitteet toimilaitteille		1
54	0.75mm ²	rpm-mittarille		47
55	0.75mm ²	ilmastointi-on/off		48
56	0.75mm ²	ilmastointi-sisääntulo		65
1	2.5mm ²	Maa, 2,5mm ²		
24	1.0mm ²	maa (suutin)	IAC: maa dme:n päämaa	2 6 34
25	1.0mm ²	maa (suutin)		
3	1.0mm ²	maa (suutin)		
4	1.0mm ²	maa (suutin)		
9	1.0mm ²	maa (digiloutit)		
33	1.0mm ²	maa (digiloutit)		
69	1.0mm ²	maa (wbo2)		
26	1.0mm ²	maa (ecu)		
48	1.0mm ²	maa (ecu)		15
				44

Sytytysyksiköiden asennus:



Ohjainlaitteen sijoituspaikka:



Adapterijohtosarja:

