

Opinnäytetyö (AMK)

Auto- ja kuljetustekniikan koulutusohjelma

Autotekniikka

2016

Antti Jantonen

MEGASQUIRT JA E85-MUUTOS

– MegaSquirt-moottorinohjauksen asentaminen
sekä korkeaseosetanolipolttoaineen käyttöönotto

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Auto- ja kuljetustekniikka | Autotekniikka

2016 | Sivumäärä 42

Ohjaaja: Markku Ikonen

Antti Jantonen

MEGASQUIRT JA E85-MUUTOS

- MegaSquirt-moottorinohjauksen asentaminen sekä korkeaseosetanoliolttoaineen käyttöönotto

Opinnäytetyön tavoitteena on modernisoida iäkkään auton tekniikkaa ja lisätä sen luotettavuutta asentamalla siihen elektroninen MegaSquirt-moottorinohjainjärjestelmä. Auton käyttämä polttoaine vaihdetaan myös samalla E85-korkeaseosetanoliksi. Muutoksen kohteena oleva auto on Volvo 240 vuosimallia 1984 turboahdetulla ottomoottorilla. Työssä käsitellään MegaSquirtin asentamisen vaatimuksia sen kokoamisesta ja tarvitsemista tunnistimista moottorinohjauksen säätämisen perusteisiin. Työssä tarkastellaan myös, millaisia huomioon otettavia asioita liittyy valintaan käyttää polttoaineena korkeaseosetanolia.

Työssä pyritään etsimään esiin tuleviin ongelmiin yksinkertaisia ja luotettavia ratkaisuja, jotta auton vikaherkkyys pysyisi pienenä ja mahdolliset viat olisi helppo löytää. Autoon asennettavien osien valintaa mietitään etenkin kustannusten, tehokkuuden ja luotettavuuden kannalta ja yritetään löytää hyviä kompromisseja.

Lopputuloksena auto saatiin toimimaan uudella moottorinohjauksella ja polttoaineella varsin hyvin. Auto käynnistyy hyvin ja jää kylmänäkin käymään tasaista tyhjäkäyntiä. Ajaminen on luontevaa, kiihtyvyys hyvä ja kulutus moottoriin nähden hyväksyttävä. Korkeaseosetanolin huonompi höyrystyvyys kylmässä säässä aiheutti haasteita kylmärikastuksien säätöön, mutta auto saatiin säädettyä käynnistymään riittävän hyvin ainakin -20 °C lämpötilaan saakka.

ASIASANAT:

MegaSquirt, moottorinohjaus, korkeaseosetanolli, E85

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Automotive and Transportation Engineering | Automotive Engineering

2016 | Total number of pages 42

Instructor: Markku Ikonen

Antti Jantonen

MEGASQUIRT AND E85-CONVERSION

- Installation of the MegaSquirt engine management system and the implementation of high blend ethanol fuel

The aim of this thesis was to modernize the technology used in an older car and to increase its reliability by installing a MegaSquirt electronic engine management system in it. At the same time, the fuel used in the car was changed to E85 high blend ethanol. The car in which the changes were made was a Volvo 240 from 1984 with a turbocharged spark-ignition engine. This thesis studies the installation requirements of the MegaSquirt system from how it is built and what sensors are needed to the basics of tuning. The thesis also studies what kind of aspects must be considered when using E85 as fuel.

The objective of the thesis was to find simple and reliable solutions to keep the failure sensitivity of the car low and to make it easy to find any failures. The parts that were installed in the car were selected on the basis of costs, efficiency and reliability trying to find a good compromise between them.

As a result of the changes made, the car works relatively well with the new engine management system and fuel. The car starts well and idles steadily also when the engine is cold. Driving the car feels normal, acceleration is good and fuel consumption in relation to the engine is at an acceptable level. The bad vaporizability of E85 in cold weather caused challenges for tuning the cold start enrichments, but after tuning the enrichments, the car starts well enough at least as cold as at -20 °C.

KEYWORDS:

MegaSquirt, engine management, E85

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	6
2 MEGASQUIRT-VERSIOT JA KOKOAMINEN	8
2.1 Yleistä	8
2.2 Piirilevyversiot	8
2.3 Prosessorivaihtoehdot	8
2.4 Kokoaminen	9
3 MEGASQUIRTIN LIITTÄMINEN AUTON SÄHKÖJÄRJESTELMÄÄN	12
4 MOOTTORINOHJAUKSEN KÄYTTÄMÄT TUNNISTIMET JA OHJAAMAT LAITTEET	14
4.1 Imusarjan painetunnistin tai muu kuormatiedon tunnistus	14
4.2 Kaasuläpän asentotunnistin	14
4.3 Lämpötunnistimet	16
4.4 Kampiakselin asentotunnistin	17
4.5 Lambda-tunnistin	18
4.6 Joutokäynnin ohjaus	19
5 SYTYTYSJÄRJESTELMÄ	21
6 POLTTOAINEJÄRJESTELMÄ	24
6.1 Yleistietoa bensiinin ja korkeaseosetanolin eroista	24
6.2 Polttoainepumppu ja polttoainelinjat	27
6.3 Suihkutussuuttimet	29
7 MOOTTORINOHJAUKSEN PERUSSÄÄDÖT	30
7.1 Käytettävät laitteet	30
7.2 Moottorin perustiedot	31
7.3 Säättämisen perusteet	34
8 LOPUKSI	36
9 YHTEENVETO	37
LÄHTEET	39

KUVAT

Kuva 1. MegaSquirt koottuna.	10
Kuva 2. Kaasuläpän asentotunnistin.	15
Kuva 3. Sytytyspääteaste.	22
Kuva 4. Polttoainepumppu.	28
Kuva 5. Tablet-tietokone mittaristona.	31

KUVIOT

Kuvio 1. Kampiakselin tunnistinkehä	33
-------------------------------------	----

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä käsitellään iäkkään bensiinimoottorisen auton modernisointia asentamalla siihen säädettävä MegaSquirt-moottorinohjausjärjestelmä. Samalla myös auton käyttämä polttoaine vaihdetaan E85-korkeaseosetanoliksi.

Muutokset tehdään Volvo 240 -malliseen henkilöautoon, joka on vuosimallia 1984. Autossa on iskutilavuudeltaan 2,3-litrainen, 4-sylinterinen ja 8-venttiilinen rivimoottori. Kyseinen ottomoottori on varustettu yhdellä kannen yläpuolisella nokka-akselilla ja sen puristussuhde on noin 9,4:1. Moottoriin on jälkiasennettu turboahdin, jolla sen tuottamaa tehoa saadaan kasvatettua. Tämän vuoksi moottorin kiertokanget on vaihdettu varmuudeksi kestävämpiin, mutta muuten perusmoottoriin ei ole tehty merkittäviä muutoksia.

Sylinterinkansi on vakio lukuun ottamatta kanavien tarkempaa kohdistamista sekä kanavien pinnan siistimistä. Nokka-akseli on mallimerkinnältään Y, ja se on peräisin Volvon B200K-moottorista. Pakosarja on itse valmistettu niin sanottu pulssipakosarja. Imusarja ja vauhtipyörä ovat peräisin moottorin elektronisella polttoaineen suihkutuksella varustetusta versiosta, koska tämä oli helpoin tapa saada polttoaineen suihkutussuuttimille paikat ja kampiakselille luotettava asennontunnistus.

Kun auto hankittiin, siinä ei ollut lainkaan moottoria, joten käytettäviksi osiksi on voitu valita parhaiten tarkoitukseen sopivat. Alun perin auton polttoaineensyöttö on tapahtunut kaasuttimella, ja siihen on aikoinaan asennettu Volvon lisävarusteena toimittama turboahdinsarja. Tämä ei etenkään vanhetessaan ole kovin luotettava tekniikkayhdistelmä ja johtaakin helposti moottoririkkoihin liian laihan seossuhteen tai liian korkean sytytysennakon takia.

Ongelmat voivat johtua kaasuttimen huonoista säädöistä, osien kulumisesta, vuodoista, tai epäpuhtauksista polttoainejärjestelmässä. Ylipäättään kaasutinta on vaikeampi saada säädettyä yhtä tarkasti oikeaan seossuhteeseen eri ajotilanteissa, kuin elektronista säädettävää polttoaineensuihkutusjärjestelmää. Alkuperäisessä moottorinohjausjärjestelmässä sytytyksen ajoitusta myöhäistetään ahtopainealueella ahtopaineen vaikutuksesta mekaanisesti kääntyvällä virranjakajalla, joka saattaa jumiutua ja estää sytytysennakkoa pienenemästä.

Auton tekniikkaa päätettiin modernisoida asentamalla alkuperäistä vastaavaa perusmoottoria ohjaamaan itse koottava ja täysin säädettävissä oleva MegaSquirt-moottorinohjausjärjestelmä. Polttoaineeksi päätettiin samalla vaihtaa korkeaseosetanoli uuteen mielenkiintoiseen polttoainevaihtoehtoon tutustumisen ja ekologisuuden vuoksi.

2 MEGASQUIRT-VERSIOT JA KOKOAMINEN

2.1 Yleistä

MegaSquirt on elektroninen moottorinohjausjärjestelmä, joka usein ostetaan rakennussarjana ja voidaan koota omien tarpeiden mukaan sopimaan erilaisiin kokoonpanoihin ja budjetteihin. Ensimmäinen MegaSquirt on tullut saataville vuonna 2001, ja sen ovat kehittäneet Bruce Bowling ja Al Grippo. Sitä voidaan käyttää periaatteessa missä vain otto- tai kiertömäntämoottorissa. Myös valmiiksi koottuja ja jopa suoraan joidenkin automallien alkuperäisen moottorinohjaimien tilalle sopivia vaihtoehtoja on saatavilla. (MegaSquirt 2016.)

2.2 Piirilevyversiot

MegaSquirtia on saatavilla kolmella eri piirilevyn versiolla, jotka ovat V2.2, V3.0 ja V3.57. Aiemmin on ollut myös saatavilla versio V1.01. Piirilevyt ovat melko samanlaisia, mutta myöhemmissä versioissa on enemmän ominaisuuksia. V2.2 on vanhin nykyään tarjottavista piirilevyistä ja myös edullisin. V3.0-piirilevyllä on lukuisia ominaisuuksia integroituna, jotka V2.2:lle on lisättävä jälkikäteen, ja myös luotettavuutta on pyritty parantamaan. Tärkeimpiä eroja ovat esimerkiksi mahdollisuus rajoittaa suihkutussuuttimien läpi kulkevaa virtaa pulssinleveysmodulaatiolla (PWM), mahdollisuus käyttää induktiivista pyörimisnopeusanturia ilman erillistä muunninta sekä parannettu suojaus elektronisia häiriöitä vastaan. V3.57 versio on muuten lähes vastaava kuin V3.0, mutta sen komponentit ovat enimmäkseen pintaliitoskomponentteja, ja se toimitetaan valmiiksi koottuna. (Megamanual 2016a; Megamanual 2016b; DIYAutotune 2016a.)

2.3 Prosessorivaihtoehdot

MegaSquirtiin on mahdollista valita prosessori kolmesta vaihtoehdosta: 1, 2 tai 3. MegaSquirt 1 -prosessori on edullisin ja rajoittunein vaihtoehto, kun taas MegaSquirt 2 ja 3 -prosessorit ovat nopeampia ja tarjoavat enemmän ominaisuuksia. Käytettävissä olevien ominaisuuksien määrään voi myös vaikuttaa käytettävällä laiteohjelmistolla. On todella

suosittua käyttää alkuperäisen laiteohjelmiston sijasta MegaSquirt Extra -versiota laiteohjelmistosta, joka tarjoaa runsaasti lisäominaisuuksia. Alkuperäinen laiteohjelmisto ei esimerkiksi MegaSquirt 1 tapauksessa tarjoa lainkaan sytytyksen ohjausta, vaan pelkääntään polttoaineen suihkutuksen ohjauksen. MegaSquirt Extra -versio laiteohjelmistosta on saatavilla myös MegaSquirt 2:lle. MegaSquirt 3:lle ei ole edes saatavilla muuta kuin Extra-versio. (MegaSquirt 2016.)

MegaSquirt 1:n ja vuonna 2005 julkaistun MegaSquirt 2:n välillä merkittävimpiä parannuksia ovat nopeampi prosessori, joka mahdollistaa tarkemman polttoaineen annostelun, mahdollisuus 4 sylinterin sekventiaaliseseen polttoaineen suihkutukseen sekä mahdollisuus käyttää CAN-väylää. Sytytysennakon säädön tarkkuus on nostettu 0,3 asteesta 0,1 asteeseen, polttoainekartan koko on 16x16 entisen 12x12 sijaan ja moottorin kierrosluvun tarkkuutta on nostettu 100 rpm:stä 1 rpm:ään. MegaSquirt 2:n ja vuonna 2010 julkaistun MegaSquirt 3:n välillä merkittävimmät parannukset ovat entistä tehokkaampi prosessori, mahdollisuus 8 sylinterin sekventiaaliseseen polttoaineen suihkutukseen, tiedonkeruu suoraan muistikortille ja sarjaportin lisäksi vaihtoehtoinen USB-liitin. Polttoainekartan tarkkuutta on nostettu 1 %:sta 0,1 %:iin. (MSEExtra 2015a.)

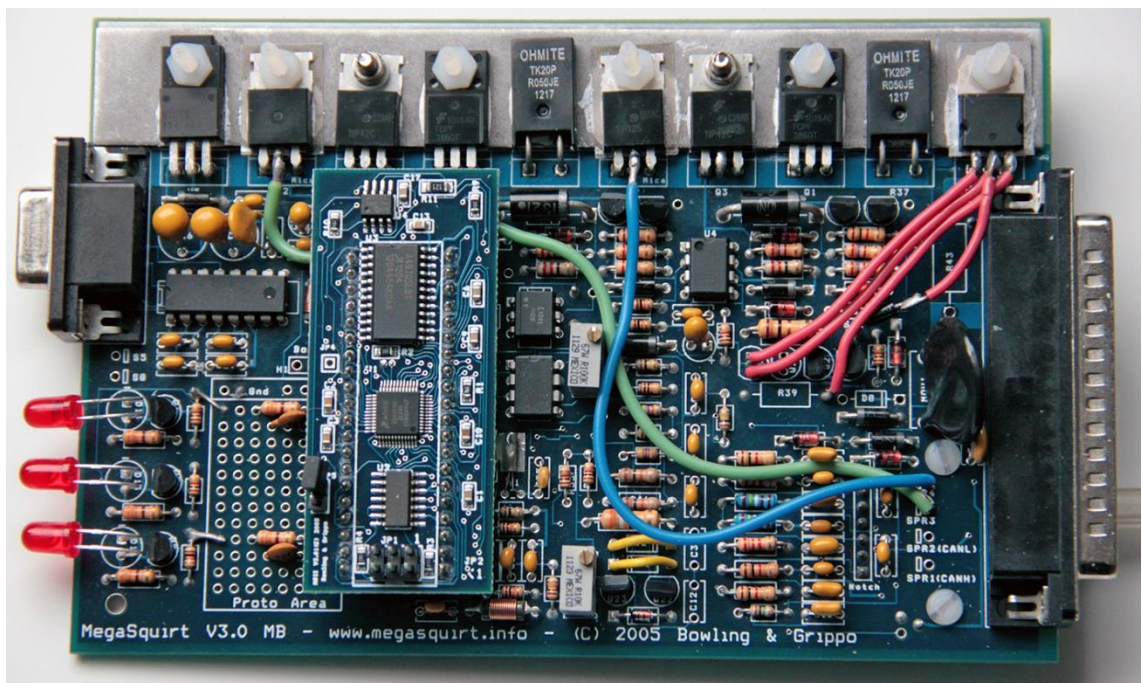
Projektissa valittiin käytettäväksi MegaSquirt 2 V3.0 piirilevyllä. Sen pitäisi tarjota riittävän monipuolisesti ominaisuuksia ja luotettavuutta kustannusten kuitenkään kohoamatta liian suuriksi.

2.4 Kokoaminen

MegaSquirt-rakennussarjoissa on mukana käytännössä kaikki tarvittavat osat. Mukana ei toimiteta ohjeita, mutta ne ovat saatavilla internetistä. Ohjeet ovat selkeät ja käsittelevät hyvin kaikki vaiheet, mutta ne on luettava huolellisesti. Komponentteja on kuitenkin paljon ja on mahdollista huomaamattaan asentaa jokin komponentti väärinpäin tai sekoittaa niitä keskenään. Kokoamista helpottaa jos käytössä on melko pienitehoinen ja pienellä kärjellä varustettu juotin sekä ohutta juotostinaa. Ennen MegaSquirtin juottamista on hyvä harjoitella juottamista johonkin muuhun kohteeseen. Suurin osa juotoksista on helppoja, mutta esimerkiksi muutamissa transistoreissa jalat ovat todella lähekkäin.

Kokoamisvaihetta helpottamaan on mahdollista hankkia testilaitte, jolla voi testata laitteen toimintaa eri vaiheissa kokoamista. Tällaisella laitteella voidaan minimoida kokoamisvirheistä syntyviä vahinkoja esimerkiksi syöttämällä virtaa laitteelle ennen prosessorin kiinnittämistä, jolloin voidaan yleismittarilla mitata, että prosessorille tuleva jännite ei ole liian korkea. Kun MegaSquirt on saatu koottua, voidaan testilaitteella jäljitellä niiden tunnistimien toimintaa, jotka siihen myöhemmin autossa kytketään ja näin havaita jo ennalta, jos jokin ei toimi kuten pitäisi. (MSEExtra 2015b.)

Kokoamisvaiheessa on myös muutamia valintoja, jotka on tehtävä: aikooko asentaa sytytyspääteasteet sisäisesti MegaSquirtiin, millaista tunnistinta käyttää kampiakselin asentotunnistuksessa ja millaisen tyhjäkäynninohjauksen haluaa. Tässä projektissa päätettiin, ettei sytytyspääteasteita haluta MegaSquirtin kotelon sisälle, koska sen sisällä kulkevat ylimääräiset suuret virrat saattavat altistaa laitteen elektronisille häiriöille. Kampiakselin asentotunnistukseen on valittu käytettäväksi induktiivinen anturi, joten se valittiin myös kokoamisvaiheessa. Koska projektissa käytetään pulssinleveysmodulaatiolla ohjattua tyhjäkäyntiventtiiliä, sitä ohjaava transistori oli vaihdettava suurempaa virtaa kestävään. Alkuperäinen on tarkoitettu käytettäväksi vain releohjattujen tyhjäkäyntiventtiilien kanssa, ja sen virrankesto on liian pieni. MegaSquirt näkyy valmiiksi koottuna ilman koteloa kuvassa 1. (MSEExtra 2015b.)



Kuva 1. MegaSquirt koottuna.

Kuvassa 1 prosessori on hieman keskikohdan vasemmalla puolella sijaitseva erillinen piirilevy. Vasemmassa reunassa oleva DB9-liitin on tietokoneen kytkemiseen tarkoitettu ja oikeassa reunassa olevaan DB37-liittimeen kiinnitetään moottorinohjauksen johtosarja.

3 MEGASQUIRTIN LIITTÄMINEN AUTON SÄHKÖJÄRJESTELMÄÄN

MegaSquirtin johdinsarja voidaan liittää joko auton vanhaan moottorinohjauksen johdinsarjaan ja muokata sitä tarvittavilta osin tai rakentaa kokonaan uusi. Tässä projektissa alkuperäistä johdinsarjaa ei ollut moottorinohjaukselle, koska autossa ei ollut elektronista moottorinohjausjärjestelmää ennestään. Johdinsarja oli siis joka tapauksessa tehtävä ainakin osittain itse. Tähän tarkoitukseen ostettiin johtosarja-aiho, jossa oli MegaSquirtin käyttämän DB37-liittimen vastakappale ja tähän juotettu erivärisiä johtimia. Tämän lisäksi ostettiin myös sopivat liittimet suuttimille, tunnistimille ja sytytyspuolalle.

MegaSquirt käyttää ohjaamiaan laitteita maadoittamalla niitä, ja sähkövirtaa laitteille ei johdeta MegaSquirtin läpi. DB37-liittimestä lähtevien johtimien lisäksi tarvitaan siis myös virtajohtimet suuttimille, sytytykselle sekä tyhjäkäynnin säätöventtiilille. Kampi- ja mahdollisen nokka-akselin asentotunnistimien johtimena on hyvä käyttää häiriösuojattua johdinta. MegaSquirtin johdinsarja olisi syytä pitää kaukana sytytyspuolista ja sytytyskaapeleista, koska ne voivat aiheuttaa häiriötä tunnistimien signaaleihin sekä häiritä prosessorin toimintaa. (MSEExtra 2015c.)

MegaSquirtin kytkemisessä maadoitusten tekeminen oikealla tavalla on hyvin merkityksellistä luotettavan toiminnan takaamiseksi. DB37-liittimen 37 pinnistä 15 on tarkoitettu maadoitukseen. Yhtä käytetään kampiakselin asentoanturin maadoitukseen ja toista tämän häiriösuojatun johtimen vaipan maadoitukseen. Kaikkien muiden tunnistimien maadoitukset pitää kytkeä samaan pinniin DB37-liittimessä, esimerkiksi pinniin 19. Jäljelle jäävistä maadoituspinneistä MegaSquirt suositellaan maadoitettavaksi useammalla erillisellä johtimella moottorin lohkon tai sylinterin kanteen. (MSEExtra 2015c; DIYAutotune 2016b.)

MegaSquirtin kytkemiseksi on esimerkiksi auton sulakerasiasta löydettävä paikka, johon tulee virta sekä autoa käynnistettäessä että sen käydessä ja sen pitää katketa, kun auto sammutetaan. Tätä virtaa käytetään ohjaamaan relettä, joka katkoo MegaSquirtille kulkevaa virtaa. Tämän releen katkoma virta tulee ottaa paikasta, johon tulee jatkuva virta riittävän suurien johtimien ja sulakkeiden kautta. MegaSquirtin ollessa kytkettynä päälle ja havaitessaan moottorin pyörivän se maadoittaa DB37-liittimen pinnin 37, joka ohjaa

polttoainepumpun relettä. Tämä rele kytkee virran polttoainepumpulle, suuttimille ja sytytykselle. Näin parannetaan todennäköisyyttä, että mahdollisessa kolaritilanteessa polttoainepumppu lakkaa pumppaamasta polttoainetta, mikä vähentää tulipalon mahdollisuutta. Kaikki virtajohtimet on kytkettävä sopivan kokoisten sulakkeiden kautta, jotta laitteiden vikaantuessa tai oikosulun sattuessa ne katkaisevat virran kulun. (MSEExtra 2015c.)

Tässä projektissa päätettiin alkuperäinen sulakekotelo MegaSquirtin osalta ohittaa kokonaan ja asentaa MegaSquirtia varten erillinen sulakekotelo modernimmilla lattasulakkeilla. Alkuperäistä sulakekoteloa ei haluttu hyödyntää, sillä sitä ei pidetty riittävän luotettavana sen käyttämien vanhempien keraamisten sulakkeiden takia, joissa on ennenkin esiintynyt häiriöitä.

4 MOOTTORINOHJAUKSEN KÄYTTÄMÄT TUNNISTIMET JA OHJAAMAT LAITTEET

4.1 Imusarjan painetunnistin tai muu kuormatiedon tunnistus

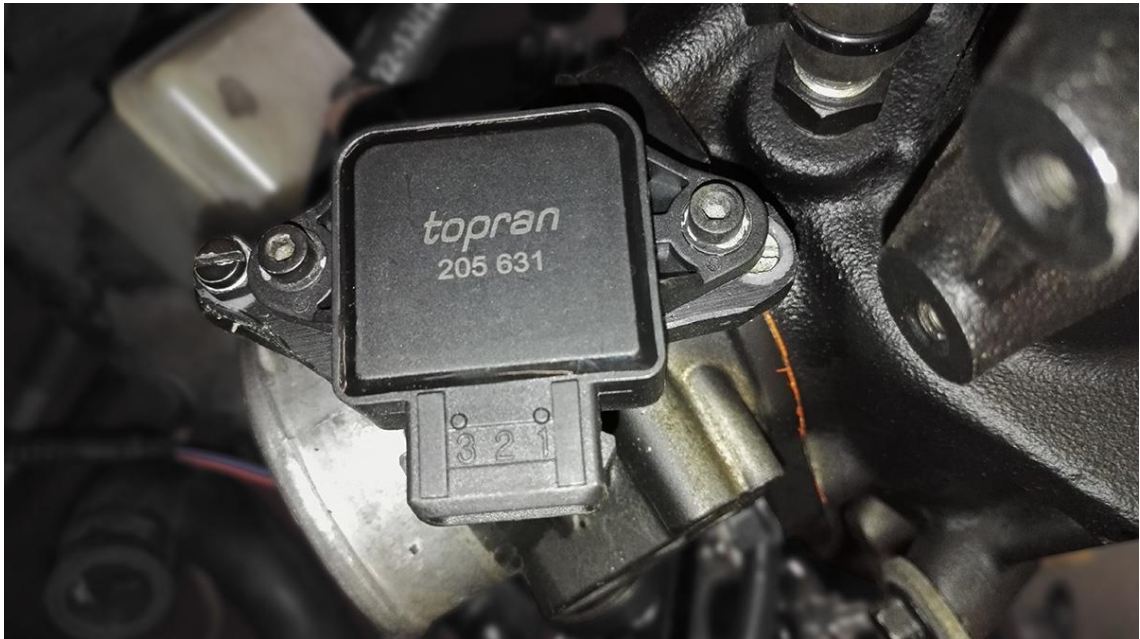
MegaSquirtin kanssa käytetään useimmiten moottorin kuorman tunnistamiseen imusarjan painetunnistinta. Tunnistin sijaitsee MegaSquirtin piirilevyllä, ja sinne tuodaan paineletkua pitkin moottorin imusarjasta. Mukana toimitettava tunnistin on oletusarvoisesti 250 kPa:n absoluuttista painetta mittaamaan kykenevä. Se kykenee mittaamaan normaaliin ilmakehän paineeseen verrattuna sekä alipainetta että ylipainetta 150 kPa:n ahtopaineeseen saakka. Jos moottoria halutaan käyttää tätä suuremmalla ahtopaineella, on saatavilla esimerkiksi 200 kPa:n ja 300 kPa:n ahtopaineen mittaukseen saakka kykeneviä tunnistimia.

Joissakin korkeaviritteisissä moottoreissa, joissa esimerkiksi venttiilien aukioloaika on erityisen pitkä, moottorin muodostama alipaine tyhjäkäynnillä on heikko. Kaasua painettaessa alipaine pienenee nopeasti lähelle ilmakehän painetta, kuten yleensäkin. Tällaisessa moottorissa imusarjan paineen vaihteluväli eri kaasuläpän avaumien välillä on todella pieni ja siitä on vaikea saada riittävän tarkkaa kuormatietoa käytettäväksi polttoaineen annostelussa. Tällaisessa moottorissa voidaan saavuttaa parempia tuloksia käyttämällä kaasuläpän asentotietoa imusarjan paineen sijaan. Jos moottori on lisäksi ahdettu, ei tämäkään ole hyvä vaihtoehto, sillä moottoriin menevä ilmamassa kasvaa rajusti ahtopainealueella ilman muutosta kaasuläpän asennossa. Tällaista moottoria varten on olemassa vaihtoehto käyttää yhdistelmää edellisistä, jolloin kaasuläpän asentotiedon lisäksi käytetään myös imusarjan painetietoa tarvittavan polttoainemäärän laskemiseen. Näin pystytään saamaan riittävän tarkka kuormatieto sekä matalilla kuormituksilla kaasunasennontunnistimen avulla että suurilla kuormituksilla ahtopainealueella imusarjan painetunnistuksen avulla. (MSEExtra 2014a; MSEExtra 2015d; Megamanual 2016c.)

4.2 Kaasuläpän asentotunnistin

Projektissa valittiin käytettäväksi moottorin elektronisella polttoaineensuihkutuksella varustetusta versiosta peräisin oleva imusarja, jossa oli jo valmiiksi kaasuläpän asentotunnistin. Tämän tunnistimen tyyppi oli kuitenkin väärä, sillä se oli kytkin-tyyppinen ja pystyi

havaitsemaan vain asennot, jolloin kaasuläppä oli täysin kiinni tai kun se oli täysin auki. MegaSquirtissa käytetään potentiometri-tyyppistä kaasuläpän asentotunnistinta, joka pystyy tunnistamaan koko kaasuläpän liikealueen. Tarkoitukseen sopiva tunnistin löydettiin Volvo 850-mallin bensiinimoottorista. Tunnistimen kiinnitys ei ollut aivan samanlainen kuin alkuperäinen, minkä takia sille piti valmistaa sovitin, joka näkyy kuvassa 2 tunnistimen alapuolella.



Kuva 2. Kaasuläpän asentotunnistin.

Kuvassa 2 näkyvä kaasuläpän asentotunnistimen alle kiinnitetty sovitin nostaa tunnistinta hieman ja kääntää sen sopivaan asentoon.

Kaasuläpän asentotunnistin ei ole MegaSquirtissa kaikissa kokoonpanoissa aivan välttämätön, mutta sitä suositellaan käytettäväksi. Tunnistinta käytetään aktivoimaan kiihdytysrikastus nopeasti kaasua painettaessa sekä polttoaineensyötön katkaisu moottorijarrutettaessa tai kytkemään lambda-tunnistimen seossuhteenkorjaus pois päältä tietyn kaasuläpän avauman jälkeen. Jos moottoriin on esimerkiksi kylmäkäynnistyksen yhteydessä huonoista säädöistä johtuen suihkutettu liian paljon polttoainetta, ja sytytystulpat ovat kastuneet, voidaan painamalla kaasua pohjaan moottoria käynnistettäessä katkaista polttoaineensyöttö ja näin yrittää saada sytytystulpat kuivumaan takaisin toimintakuntoisiksi. (Megamanual 2016d.)

4.3 Lämpötunnistimet

Jäähdytysnesteen lämpötunnistimen tärkein tehtävä on, että moottorin kylmäkäynnistysrikastuksia säädetään moottorin lämpötilan mukaisesti niin että polttoaineen suihkutuspäämäärä vähenee moottorin lämpötilan kasvaessa. MegaSquirt voidaan myös laittaa tarvittaessa ohjaamaan sähkökäyttöistä jäähdyttimen tuuletinta jäähdytysnesteen lämpötilan mukaisesti tai asettaa kierrosluvun rajoitin rajoittamaan moottorin suurin pyörintänopeus kylmällä moottorilla normaalia alhaisemmaksi. Lämpötunnistimet ovat oikeastaan vastuksia, joiden resistanssi pienenee lämpötilan kasvaessa.

MegaSquirtiin on valmiiksi määritetty asetukset, eli vastusarvot kolmessa eri lämpötilassa, General Motorsin käyttämille lämpötunnistimille. Asetukset voi kuitenkin muuttaa vastaamaan muitakin tunnistimia, jos haluaa esimerkiksi käyttää moottorin alkuperäisiä tunnistimia. Alkuperäisten tunnistimien käyttö on usein helpointa, koska tunnistimen kiinnitykseen käytettävät kierteet saattavat olla erilaisia. Arvot useimmille tunnistimille ovat löydettävissä internetistä, mutta ne voidaan myös mitata yleismittarilla mittaamalla tunnistimen napojen välinen resistanssi kolmessa eri lämpötilassa, jotka ovat mahdollisimman laajalti moottoria käytettäessä esiintyvällä lämpötila-alueella. (Megamanual 2016e.)

Tässäkin projektissa olisi voitu käyttää Volvon alkuperäistä jäähdytysveden lämpötunnistinta, mutta se oli maadoitettu kierteidensä kautta moottoriin, eikä kuten MegaSquirtia käytettäessä suositellaan oman maadoitusnavan kautta muiden tunnistimien maadoitusten kanssa yhdistettynä samaan pinniin DB37-liittimessä. Maadoituksen johtaminen auton rungon kautta voi altistaa signaalin häiriöille. Volvoon asennettiin alkuperäisen jäähdytysnesteen lämpötunnistimen tilalle General Motorsin lämpötunnistin. (Megamanual 2016e.)

Imuilman lämpötunnistinta tarvitaan, jotta MegaSquirt voi laskea ilman tiheyden, jota tarvitaan polttoainemäärän laskemiseen. Ilman tiheys kasvaa lämpötilan laskiessa ja näin ollen se sisältää myös enemmän happea tilavuuteensa nähden. Polttoainetta on myös tällöin suihkutettava enemmän, jotta seossuhde säilyisi vakiona. Ahdetuissa moottoreissa on imuilman lämpötunnistimena käytettävä avointa tunnistintyyppiä, joka reagoi lämpötilanmuutoksiin nopeasti. Ahdetussa moottorissa imuilman lämpötila nousee usein merkittävästi, kun moottoria käytetään ahtopainealueella, ja tunnistimen on kyettävä pysymään muutoksen perässä. Vapaasti hengittävissä moottoreissa sen sijaan voidaan

haluttaessa käyttää hitaampia suljettuja tunnistimia. Tunnistin kannattaa sijoittaa imuputkeen ennen kaasuläppää. Jos moottorissa on ahto ilman jäähdytin, on tunnistimen oltava vasta sen jälkeen. Volvossa ei ollut alun perin lainkaan imuilman lämpötunnistinta, joten oli helppoa päätyä valitsemaan General Motorsin tunnistin, sillä sen arvot löytyvät MegaSquirtista jo valmiiksi asetettuina sekä saatavuus oli hyvä. (Megamanual 2016e.)

4.4 Kampiakselin asentotunnistin

MegaSquirtia käytettäessä yksinkertaisimmillaan vain polttoaineensyötön ohjaukseen ei välttämättä kampiakselin asentotietoa tarvita, vaan sytytyspuolalta saatava kierroslukutieto riittää. Jos MegaSquirtia käytetään myös sytytyksen ohjaukseen, on kampiakselin asentotieto välttämätön. (MSEExtra 2015e.)

Asentotunnistusta varten kampiakselille on asennettava tunnistinkehä, niin sanottu hammaskehä tai triggerikehä. Alkuperäisasennuksena sellainen voi olla asennettu moottorin taakse vauhtipyörän yhteyteen tai moottorin eteen hihnapyörän yhteyteen. Jos sellaista ei ole valmiiksi saatavilla tai alkuperäistä ei haluta käyttää, usein moottorin etupuolelle on helpoin sellainen asentaa. Tunnistinkehässä on vaihteleva määrä hampaita tasaisin välein. Yhden tai kahden vierekkäisen hampaan kohdalla on kuitenkin tyhjä kohta, jonka avulla moottorinohjaus voi päätellä kampiakselin asennon. Hampaiden sijasta voidaan tunnistamiseen käyttää myös reikiä, kuten projektin kohteena olevan Volvonkin vauhtipyörän tunnistinkehässä käytetään. Tunnistinkehän tyyppi ilmoitetaan yleensä muodossa 60-2, jossa 60 tarkoittaa, että kehälle on jaettu tasaisesti paikat 60 hampaalle, mutta joista vain 58:ssä on hammas ja kaksi vierekkäistä puuttuu. (MSEExtra 2015e.)

Eräs yleisimmistä kampiakselin asentotunnistintyypeistä on induktiivinen- eli VR-tunnistin. Tällainen tunnistin tuottaa vaihtojännitettä, kun sen ohitse kulkee tunnistinkehän hampaita. Tällainen signaali ei ole suoraan MegaSquirtin ymmärtämässä muodossa, vaan se on muutettava tasavirtaiseksi kanttiaalloksi. Versioiden V3.0 ja V3.57 MegaSquirtin piirilevyillä on tähän kykenevä muunnin integroituna, mutta V2.2 piirilevyille sellainen on asennettava erikseen. Induktiivisen tunnistimen huono puoli on, että sen signaalin voimakkuus kasvaa pyörintänopeuden kasvaessa ja on todella heikko pyörintänopeuden ollessa pienimmillään moottoria käynnistettäessä. Piirilevyillä, joissa on integroitu muunnin, on kaksi potentiometriä, joilla voidaan käytettävän tunnistimen signaali säätää sopivaksi. Hyvä puoli tällaisessa tunnistimessa on, että se kykenee lukemaan todella tiheää tunnistinkehää. Induktiivisesta tunnistimesta lähtee aina kaksi johdinta: signaali ja

maadoitus. Usein liittimessä on myös kolmas napa, joka on kaapelin häiriösuojaus. (MSEExtra 2015e.)

Toinen suosittu pyörintänopeustunnistintyyppi on Hall-tunnistin. Hall-ilmiöön perustuvia tunnistintyyppejä on lukuisia erilaisia, joista moni esimerkiksi tarvitsee vastakappaleeseen magneetin, jotta tunnistus voi tapahtua. Kampiakselin tunnistinkehän lukemiseen soveltuvia ovat hammaskehän lukemiseen tarkoitettut tunnistimet, jotka kykenevät lukemaan teräksisiä tunnistinkehän hampaita. Induktiiviseen tunnistimeen verrattuna Hall-tunnistimen etuja ovat, että se kykenee havaitsemaan, onko sen kohdalla tunnistinkehän hammasta siitä huolimatta pyöriikö tunnistinkehä vai ei. Signaali on siksi hyvä alkaen pienimmästäkin pyörintänopeudesta, ja se on jo valmiiksi MegaSquirtin ymmärtämänä kantiaaltona. Huonompana puolena voidaan pitää, että Hall-tunnistimet eivät usein kykene lukemaan kovin tiheää hammaskehää, koska hampaiden koon ja niiden välien on oltava riittävän suuret, jotta tunnistus tapahtuu luotettavasti. Useissa moottoreissa alkuperäisesti käytettyjen 60-2 kehien lukeminen ei näin ollen välttämättä onnistu ja joudutaan asentamaan harvempi tunnistinkehä. Liian harva kehä ei silti ole syytä olla, sillä se huonontaa asentotunnistuksen tarkkuutta. Hall-anturin liittimessä on kolme tai neljä napaa. Induktiivisessäkin anturissa olevien napojen lisäksi tarvitaan myös virransyöttö anturille. (MSEExtra 2015e.)

Tässä projektissä käytettäväksi tunnistimeksi valittiin induktiivinen tunnistin, kuten niissäkin Volvoissa, joissa on samanlainen tunnistinkehä alkuperäisasennuksena. Hall-tunnistin ei olisi välttämättä kyennyt lukemaan käytettävää tunnistinkehää. Induktiivinen tunnistin oli helppo asentaa ja se on toiminut luotettavasti.

4.5 Lambda-tunnistin

Lambda-tunnistin eli happitunnistin on moottorin pakoputkeen asennettava tunnistin, joka mittaa pakokaasujen jäännöshapen määrää. Lambda-arvo kertoo, millaisella seossuhteella moottori käy, eli kuinka paljon moottoriin syötetään ilmaa verrattuna bensiiniin. Lambda-arvo yksi tarkoittaa, että seossuhde on kemiallisesti oikea, jolloin polttoaine palaa täydellisesti. Autoihin on asennettu Lambda-tunnistimia alun perin kolmitoimikatalyysaattorien takia, joita käytetään pakokaasujen puhdistamiseen. (NGK 2013.)

Kolmitoimikatalysaattori puhdistaa pakokaasut parhaiten lambda-arvon ollessa yksi ja se saattaa myös vaurioitua, jos seossuhde on pitkään väärä. Laiha ja rikas seossuhde voivat molemmat ylikuumentaa kolmitoimikatalysaattoria. Laihalla seossuhteella pakokaasujen lämpötila kasvaa ja todella rikkaalla seoksella pakoputkeen voi päätyä palamantonta polttoainetta, joka palaessaan loppuun katalysaattorissa nostaa sen lämpötilaa rajusti.

Tavallinen Zirkoniumdioksidi-lambda-tunnistin kykenee näyttämään seossuhdetta tarkasti vain lambda-arvon yksi tuntumassa. Ahdetussa moottorissa käytettävän seossuhteen on kuitenkin oltava tätä rikkaampi ahtopainealueella moottorivaurioiden välttämiseksi, ja koska projektin kohteena olevassa autossa ei ole kolmitoimikatalysaattoria, voidaan polttoainetalouden parantamiseksi keveiden kuormien seossuhde säätää hie-man laihalle. Tämän vuoksi tällaisen tavanomaisen lambda-tunnistimen käyttö ei ollut järkevää. (NGK 2013.)

Seossuhteen mittaamiseksi tarkasti laajalla alueella on kehitetty leveäkaistaisia lambda-tunnistimia. Volvooon valittiin leveäkaistaiseksi lambda-tunnistimeksi Innovate Motorsportsin MTX-L-seosmittari, jossa on myös ulostulot, jolla mittari voidaan yhdistää MegaSquirtiin. Mittari kykenee näyttämään seossuhdetta lambda-arvojen 0,5 - 1,52 välillä. Tämän avulla voidaan moottorin seossuhde säätää halutuksi myös niissä tilanteissa, joissa halutaan käyttää muuta kuin kemiallisesti oikeaa lambda-arvoa. (Innovate 2016.)

4.6 Joutokäynnin ohjaus

Yksinkertaisin keino joutokäynnin säätöön on jättää moottorin kaasuläppä raolleen sen verran, että joutokäyntikierrokset ovat sopivat. Lämpimän moottorin olisi tavallisesti hyvä käydä joutokäyntiä alle 1000 rpm kierrosluvulla. Kylmä moottori tarvitsee yleensä käydäkseen enemmän ilmaa kuin jo lämmennyt. Jos säätö tehdään vain kaasuläpistä käsin niin että moottori pysyy käynnissä ilman kaasun painamista kylmänä, on moottorin joutokäynnin kierrosluku lämpimänä todennäköisesti liian suuri. Jos taas kaasuläpän asento säädetään sopivaksi moottorin ollessa lämmin, niin se ei todennäköisesti jaksakaan käydä ilman kaasun painamista manuaalisesti ollessaan kylmä. Tätä varten moottoreihin on kehitetty erilaisia ratkaisuja kontrolloimaan moottorin ilmansaantia kulloiseenkin tilanteeseen sopivaksi.

Eräs vanhemmista ratkaisuista on lisäilmaventtiili, joka päästää ilmaa kaasuläpän ohi. Sen sisällä on kaksoismetallinen liuska, joka taipuu ja sulkee hiljalleen ilmakehää, kun liuskaa lämmitetään syöttämällä virtaa sen ympärillä olevaan lämmitysvastukseen. Virtaa syötetään vastukseen aina sytytysvirran ollessa kytkettynä. (ExtraEFI 2015.)

MegaSquirtin ohjaamana yksinkertaisin vaihtoehto on päälle/pois -tyyppinen venttiili, joka päästää ilmaa kaasuläpän ohi moottorin lämpötilan ollessa alle määritetyn. Tällaisen venttiilin ohjausta varten on v.2.2 ja v3.0 piirilevyillä komponentit valmiina, mutta jos halutaan käyttää pulssinleveysmodulaatiolla (PWM) ohjattuja joutokäyntiventtiilejä, on ohjaava transistori vaihdettava suurempaa virtaa kestäväksi. V3.57 piirilevyille on jo valmiiksi asennettu suurempaa virtaa kestävä transistori. MegaSquirt 2 ja MegaSquirt 3 -versioissa on myös mahdollisuus käyttää askelmoottori-tyyppisiä joutokäyntiventtiilejä. Volvooon valittiin joutokäyntiventtiiliksi moottorin elektronisella polttoaineen suihkutuksella varustetun version PWM-tyyppinen joutokäyntiventtiili. MegaSquirt säätelee venttiilin avaumaa muuttamalla sen pulssisuhdetta. Tällaista venttiiliä voidaan ohjata joko niin että on määritetty eri avaumat eri moottorin lämpötiloille tai sitten monimutkaisemmalla tavalla käyttämällä suljettua kiertoa (closed loop), joka pyrkii pitämään moottorin kierrosluvun haluttuna eri moottorin lämpötilojen mukaan. Tällainen ratkaisu on siinä mielessä hyvä, että kierrosluku pysyy vakiona, vaikka moottorin kuormitus vaihtelee joutokäynnilläkin esimerkiksi jäähdyttimen tuulettimen tai mahdollisen ilmastoinnin kompressorin kytkeytyessä päälle. (ExtraEFI 2015.)

5 SYTYTYSJÄRJESTELMÄ

Sytytyspääteasteen tehtävä on ohjata sytytyspuolaa MegaSquirtin antaman signaalin perusteella. Sytytyspääteasteet voivat olla integroituina sytytyspuoliin, asennettuna MegaSquirtin sisälle erillisinä transistoreina tai voidaan käyttää ulkoisia pääteasteita. MegaSquirtiin voidaan lisätä sytytyslähde tarvittavan määrän mukaan. Käytettäessä jakajasytytystä yksikin riittää, mutta usein moottorinohjausta vaihdettaessa halutaan käyttää jotain modernimpaa ratkaisua tarkkuuden ja luotettavuuden vuoksi. (MSEExtra 2015f.)

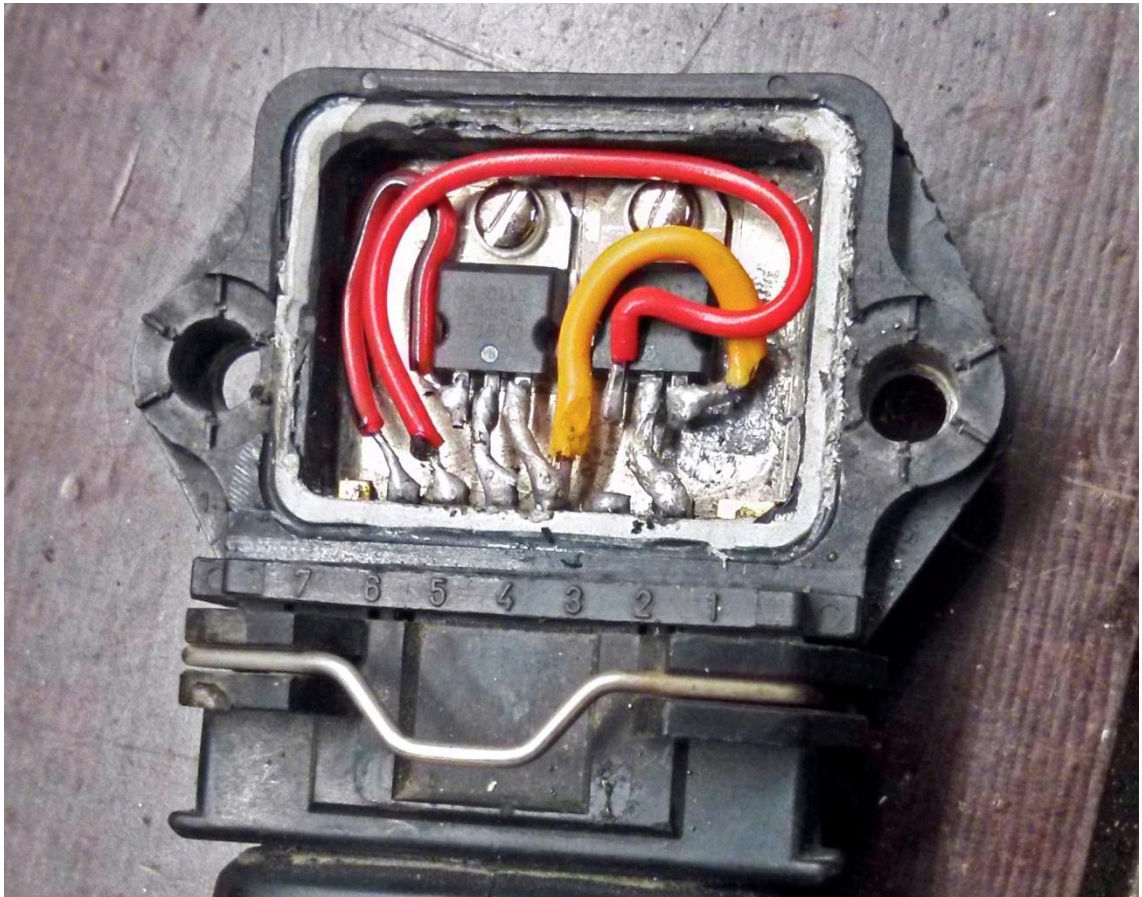
Kaksoiskipinäsytytyksessä tarvitaan vain yksi sytytyslähde kahta sylinteriä kohden, joten sitä voidaan käyttää moottoreissa, joiden sylinteriluku on parillinen. Esimerkiksi 4-sylinterisen moottorin kaksoiskipinäsytytyspuola sisältää kaksi sytytyspuolaa, jotka on vain asennettu yhteen pakettiin ja joissa molemmissa on toisiokäämin kummassakin päässä liittimet sytytysjohtimille. Tämä perustuu siihen, että moottorin kokonainen työkierto on 720 astetta eli kaksi kampiakselin kierrosta ja sylinterit 1 ja 4 sekä 2 ja 3 ovat pareja, joiden männät liikkuvat yhtä aikaa. Molemmissa sylinteripareissa siis tapahtuu kipinä samaan aikaan, mutta vain toisessa kipinä sytyttää seoksen, sillä sylinteri on puristustahdissa ja sisältää syttymisherkkää seosta. Sylinteriparin toinen sylinteri on tästä kierrossa 360 asteen päässä eli poistotahdissa ja siellä ei syttyvää seosta ole. Toinen sylinteripareista taas on ensimmäiseen nähden kierrossa 180 asteen päässä. (MSEExtra 2015f.)

Kaksoiskipinäsytytyksen etuja ovat, että moottorinohjaus ei tarvitse nokka-akselin asentotietoa, rakenne on yksinkertainen, luotettava ja yleensä melko edullinen. Jakajasytytykseen verrattuna puolan lataamiseen voidaan käyttää enemmän aikaa puolan latausajan keston rajoissa, koska sytytyshetkien välinen aika on pidempi yhtä sytytyspuolaa kohden. Haittoja ovat, että osa kipinäenergiasta menee hukkaan sytyttäessään turhan kipinän, ja esimerkiksi sytytystulppien käyttöikä voi teoriassa hieman lyhentyä. (MSEExtra 2015f.)

Käytettäessä yksittäissytytyspuolia on jokaista sylinteriä varten oma sytytyspuolansa. Yksittäisiäkin sytytyspuolia voidaan ohjata kaksoiskipinä-tyyppisesti niin haluttaessa, jolloin ne käyttäytyvät samoin kuin tavalliset kaksoiskipinäsytytyspuolat ja tarvitsevat vain yhden sytytyslähden sylinteriparia kohden. Paras tapa yksittäisten sytytyspuolien ohjaukseen on, että jokaista sytytyspuolaa ohjataan omalla sytytyslähdöllä, koska tällä tavoin ei esiinny ylimääräisiä kipinöitä ja sytytyspuolilla on pidempi aika käytettävissään latau-

tumiseen ja jäähtymiseen. Tämä edellyttää MegaSquirtilta sytytyslähdön jokaista sytytyspuolaa varten sekä sytytyspääteasteelta yhtä monta kanavaa kuin on sytytyspuoliakin tai pääteasteet integroituina sytytyspuoliin. MegaSquirt tarvitsee myös nokka-akselin asentotiedon tietääkseen, mikä sylintereistä on sytytysvuorossa. (MSEExtra 2015f.)

Volvon MegaSquirtiin tehtiin kaksi sytytyslähtöä ja päätettiin käyttää sytytyspääteasteena kahta BIP373-transistoria. Transistoreja ei haluttu sijoittaa MegaSquirt-moottorinohjaimen sisälle, koska niiden kautta kulkee melko suuri virta ja se voisi lisätä alttiutta häiriöille. Transistorit päätettiin sijoittaa vanhan käytöstä poistuneen sytytyspääteasteen sisälle, josta oli ensin purettu alkuperäinen elektroniikka pois. Niiden asennus nähdään kuvassa 3.



Kuva 3. Sytytyspääteaste.

Asentamalla transistorit vanhan sytytyspääteasteen sisälle kuvan 3 mukaisesti saatiin käyttöön laadukas kosteussuojattu liitäntä ja kompakti rakenne. Sytytyspääteaste sijoitettiin moottoritilaan lähelle sytytyspuolaa. Sytytyspuolaksi valittiin IGN-4-kaksoiskipinäsytytyspuola, koska se tarjoaa melko suuren kipinäenergian kustannusten kuitenkin

pysyessä kohtuullisina. Ilmoitettu kipinäenergia on 118 mJ 3 ms latausajalla ja korkeampiakin latausaikoja voidaan tarvittaessa käyttää. (DIYAutotune 2016c.)

6 POLTTOAINEJÄRJESTELMÄ

6.1 Yleistietoa bensiinin ja korkeaseosetanolin eroista

St1 on tuonut Suomessa ensimmäisenä markkinoille RE85-korkeaseosetanolipolttoaineen vuodesta 2009 alkaen, jolloin sitä alettiin myydä muutamalla jakeluasemalla pääkaupunkiseudulla. RE85 sisältää vähintään 70 til-% ja enintään 85 til-% etanolia tyypillisen arvon ollessa 82 - 83 til-%. Talvisin etanolipitoisuus on keskimäärin hieman pienempi kuin kesäisin. Muutaman vuoden kokeilujakson jälkeen jakelu laajeni maanlaajuiseksi, mutta aivan koko Suomessa jakeluasemia ei edelleenkään ole. Korkeaseosetanolia myydään tietyillä St1:n, Shellin ja ABC:n asemilla. Korkeaseosetanoli on tarkoitettu ensisijaisesti Flexifuel-ajoneuvoille, joihin voidaan tankata vaihtoehtoisesti bensiiniä tai korkeaseosetanolia. Tällaisissa ajoneuvoissa on tunnistin, joka havaitsee, missä suhteessa näitä polttoaineita on polttoainejärjestelmässä, ja moottorinohjaus säättää moottorin toimintaa sen mukaisesti. (St1 2009; St1 2011; St1 2014.)

Aineen lämpöarvolla tarkoitetaan sen palaessa täydellisesti muodostuvan lämpöenergian määrää aineen massaa tai tilavuutta kohden. Bensiinin hyötylämpöarvo on noin 32 MJ/l tai noin 43 MJ/kg, jos käytetään tiheytenä tyypillistä arvoa 0,75 kg/l. Etanolin hyötylämpöarvo on noin 21 MJ/l. E85:n energiasisältö on noin 22,7 MJ/l ja tyypillisen tiheyden ollessa 0,778 kg/l tästä saadaan noin 29,2 MJ/kg. Bensiinin hyötylämpöarvo samaa massaa kohden on näin ollen korkeaseosetanoliin verrattuna noin 1,47-kertainen ja samaa tilavuutta kohden noin 1,41-kertainen. Bensiini sisältää siis huomattavasti enemmän energiaa sekä tilavuuteensa että massaansa nähden kuin korkeaseosetanoli. (St1 2014; Neste 2015, 22.)

Heikki Somerkallio on tutkinut opinnäytetyössään eroja polttoaineenkulutuksissa E85- ja E10-polttoaineiden välillä tasaisella nopeudella ajaessa. Tutkimuksessa havaittu polttoaineenkulutuksen kasvu siirryttäessä korkeaseosetanoliin on ollut noin 25 - 30 til-%. (Somerkallio 2013, 22.) Kulutuksen kasvu saattaa kuitenkin olla suurempi kaupunkiajossa ja on muutenkin yksilöllistä eri moottoreiden välillä. Testissä käytetty E10-polttoaine sisältää suurimmillaan 10 % etanolia, mikä pienentää kulutuseroa. Polttoaineiden hinnat huomioon ottaen käyttökustannukset ovat yleensä melko lähellä toisiaan. Projektin kohteena olevan Volvon kulutuksen maantieajossa noin 105 km/h keskinopeudella on mitattu olevan muutosten jälkeen korkeaseosetanolia käytettäessä noin 11 l/100 km. Tätä

voidaan pitää varsin kohtuullisena kulutuksena, sillä kyseistä moottoria ei pidetä erityisen taloudellisena, eikä auto ole kovin virtaviivainen.

Stoikiometrinen seossuhde, jolla polttoaine palaa täydellisesti, eli lambda-arvolla 1, on bensiinille 14,7:1 ja E85:lle 9,765:1 (Hot Rod Network 2013). Seossuhde tarkoittaa ilmassan ja polttoaineen massan suhdetta, ja tästä voidaan päätellä, että samaa ilmassaa kohden E85:tä on oltava massana noin 50 % enemmän

Negatiivisena puolena korkeaseosetanolin käytössä voidaan pitää sitä, että polttoaineen pienemmän energiasisällön takia polttoainesäiliöön mahtuu vähemmän energiaa, ja tankkauksien väliset välimatkat lyhenevät. Tämän lisäksi mahdollisia tankkauspaikkoja on paljon harvemmassa kuin tyypillisimmillä polttoaineilla, joten on kiinnitettävä huomiota polttoaineen riittävyteen enemmän. Volvon polttoainesäiliön tilavuus on 60 litraa. Sen toimintamatka on siis hieman yli 500 km matka-ajossa käytettäessä korkeaseosetanolia, mikä on normaalikäytössä riittävä.

Mahdollisesti suurin haaste korkeaseosetanolin käytössä on huono kylmäkäynnistyvyys. Lämpimällä säällä moottori käynnistyy vastaavilla rikastuksilla kuin bensiinimoottorikin, mutta jo +10 °C lämpötilassa moottori tarvitsee rikkaampaa seosta ja alle 0 °C rikastukset poikkeavat bensiinistä jo erittäin paljon. Sopivien kylmäkäynnistysasetusten löytäminen on aikaa vievää, sillä on oltava kylmä sää ja moottorin lämmitettyä voi uudelleen yrittää vasta sen taas jäähtyttyä. Volvon kylmäkäynnistysrikastukset saatiin säädettyä niin, että ainakin vielä -20 °C lämpötilassa se käynnistyi ilman lämmitystä ensimmäisellä käynnistysyrityksellä käynnistyksen ollessa vain muutaman sekunnin pidempi kuin lämpimässä säässä. Moottori kuitenkin saattoi sammua kerran tai kaksi ennen lopullista käyntiin jäämistä. Tämäkin ominaisuus todennäköisesti saadaan tulevaisuudessa vielä poistettua, kunhan säätöä saadaan jatkettua. Näillä näkymin E85 kuitenkin vaikuttaisi käyttökelpoiselta polttoaineelta ympärivuotiseenkin käyttöön ainakin Suomen eteläosissa, jossa on harvoin kovia pakkasia.

Huonompi kylmäkäynnistyvyys bensiiniin verrattuna johtuu muun muassa siitä, että etanolin leimahduspiste on 13 °C ja bensiinin -46 °C (Työterveyslaitos 2015; Työterveyslaitos 2016a). Korkeaseosetanolinissa bensiiniosuus parantaa kylmäkäynnistysominaisuuksia laskien sen leimahduspistettä noin -20 °C:een (Työterveyslaitos 2016b). Eniten polttoainetta on suihkutettava moottorin käynnistyksen aikana ja heti sen jälkeen. Kun moottori on käynyt puolikin minuuttia, alkaa moottorin sisäinen lämpötila nousta ja polttoaine höyrystyä paremmin.

Kylmäkäynnistysominaisuuksia parantamaan on muun muassa Delphi kehittänyt sähkövastuksella lämmitettäviä polttoaineen suihkutussuuttimia ja Bosch lämmitettävän polttoainekiskon E85- ja E100-polttoaineita käyttäviä moottoreita varten (Delphi 2016; Bosch 2013). Nämä ovat järkeviä vaihtoehtoja ympärivuotista käyttöä ajatellen, koska lämmitetty polttoaine höyrystyy paremmin, vaikka moottori onkin kylmä. Myös kylmäkäynnistyksen yhteydessä syntyvät päästöt pienenevät, sillä kun polttoaine höyrystyy paremmin, ei moottoriin tarvitse syöttää sitä niin paljon, jolloin pienempi osa sitä menee palamattomana moottorin läpi. Ylimääräinen kylmäkäynnistyksessä suihkutettu polttoaine myös helposti kulkeutuu männänrenkaiden välistä moottoriöljyjen joukkoon huonontaan sen voitelevia ominaisuuksia. Lohkolämmittimen tai vastaavan käyttäminen kylmällä säällä, etenkin korkeaseosetanolia käyttävässä ajoneuvossa on suositeltavaa aina, kun siihen on mahdollisuus.

E85:n palaessa syntyvät päästöt ovat melko vastaavat bensiiniin verrattuna. Suomessa myytävän E85:n mainostetaan kuitenkin vähentävän autoilun fossiilia hiilidioksidipäästöjä jopa 80 %. Tämä johtuu siitä, että se valmistetaan elintarviketeollisuuden, kauppojen ja kotitalouksien tuottamasta biojätteestä. Käytettäessä fossiilisia polttoaineita ilmakehään vapautuu uutta hiilidioksidia, mutta bioetanolin voidaan katsoa olevan hiilineutraalia. E85:n tapauksessa uusia hiilidioksidipäästöjä syntyy polttoaineen bensiiniosuudesta ja myös etanoliolosuuden raaka-aineen tuotannossa ja jalostuksessa, mutta ei polttamisessa. (Motiva 2014.)

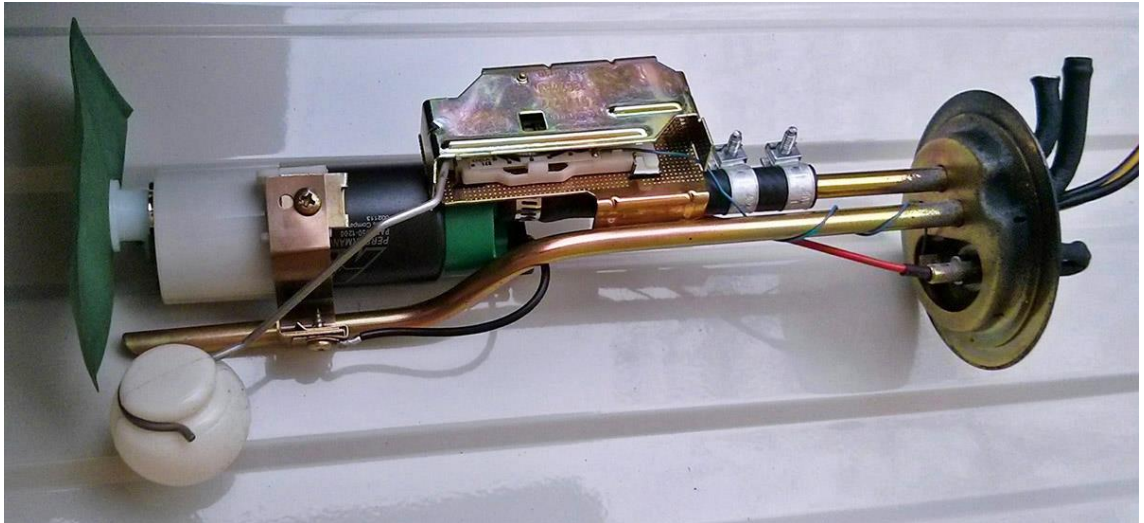
St1 ilmoittaa myymänsä korkeaseosetanolinensa tyypillisen oktaaniluvun olevan RON-asteikolla yli 104 vastaavan arvon ollessa tavallisessa bensiinissä noin 95 tai 98 (St1 2014). Oktaaniluku kertoo polttoaineen puristuskestävyydestä. Jos oktaaniluku on liian alhainen, moottorissa voi alkaa esiintyä nakutusta, jolloin polttoaine palaa hallitsemattomasti. Se voi esimerkiksi syttyä ennen sytytyskipinää tai syttyä useasta kohdasta samanaikaisesti. Tämänlainen hallitsematon palaminen voi olla nopeastikin tuhoisaa moottorille. E85:n korkeammasta puristuskestävyydestä johtuen sitä käytettäessä moottorin puristussuhde, ahtopaine ja joissain tilanteissa myös sytytysennakko voivat olla hieman bensiiniä korkeampia. Näiden ansiosta moottorista voidaan saada enemmän tehoa, kuin bensiiniä käytettäessä. Korkeaseosetanolia on myös suihkutettava moottoriin huomattavasti bensiiniä enemmän bensiinin vastaavaan seossuhteeseen verrattuna, ja näin suurempi polttoainemäärä myös jäähdyttää moottoria paremmin. Nämä ominaisuudet ovatkin tehneet E85:sta suosittua polttoaineen moottoriurheilussa ja moottoreiden virittäjien keskuudessa.

6.2 Polttoainepumppu ja polttoainelinjat

Kuten aiemmin jo todettiin, käytettäessä korkeaseosetanolia polttoaineena on polttoaineenkulutus ainakin noin 25 - 30 % suurempi kuin käytettäessä polttoaineena bensiiniä. Siirryttäessä käyttämään korkeaseosetanolia on syytä pohtia, ovatko polttoainepumppu ja polttoainelinjat riittävät kuljettamaan näin paljon suurempaa polttoainemäärää sekä ovatko ne materiaaleiltaan sellaiset, että ne kestävät polttoaineen korkeaa etanolipitoisuutta.

Volvossa on alun perin ollut mekaaninen, moottorin apuakselin käyttämä polttoainepumppu, mutta tällainen sopii käytettäväksi vain kaasutinkäyttöisessä moottorissa. Elektronisella polttoaineensyötöllä varustetuissa uudemmissa Volvo 240:ssä on jo valmiiksi MegaSquirtin kanssa käytettäväksi soveltuva polttoainejärjestelmä. Järjestelmässä on polttoainesäiliöön asennettu pieni polttoaineen siirtopumppu, joka syöttää polttoainetta auton alla olevalle varsinaiselle polttoainepumpulle, jonka jälkeen on heti sijoitettu polttoainesuodatin. Suodattimelta polttoainelinja jatkuu suoraan polttoaineen jakotukille, jossa myös suihkutussuuttimet ovat kiinni. Polttoaineen jakotukin toisessa päässä on polttoaineenpaineensäädin, joka säättää ennen sitä olevaksi paineeksi noin 300 kPa, mutta johon myös imusarjan paine vaikuttaa. Paineensäätimeltä ylimääräinen polttoaine valuu paluuputkea pitkin takaisin polttoainesäiliöön.

Projektin kohteena olevassa Volvossa polttoainelinja tehtiin samalla tyylillä, mutta pienin muutoksin. Polttoainesäiliöön asennettiin siirtopumpun tilalle AEM:n valmistama muun muassa etanolia kestäväksi luokiteltu ja 320 litraa tunnissa 300 kPa:n paineella pumpaamaan kykenevä polttoainepumppu. Siirtopumpusta voitiin näin luopua kokonaan. Kuvassa 4 näkyy polttoainepumpun asennus. (AEM 2014.)



Kuva 4. Polttoainepumppu.

Kuvasta 4 havaitaan, kuinka AEM:n polttoainepumppu on sopinut pienin muutoksin alkuperäisen polttoaineen siirtopumpun tilalle. Pumpulle menevät johtimet on samalla vaihdettu korkeamman virrankulutuksen ja alkuperäisten huonokuntoisuuden takia uusiin ja korkeampaa virtaa kestäviin.

Polttoaineputket tehtiin polttoainekäyttöön tarkoitetusta polyamidiputkesta 7,5 mm sisähalkaisijalla. Polttoainesuodatin asennettiin moottoritilaan, kuten se on mekaanisella K-Jetronic polttoaineen suihkutuksella varustetuissa Volvo 240:ssä. Polttoaineen jakotukki on vakio elektronisella polttoaineen suihkutuksella varustetusta Volvosta, mutta vakio paineensäädin on tyhjennetty ja sen tilalle on asennettu säädettävä malli. Suurin syy tähän oli alkuperäisen rikkoutuminen, mutta tällä voidaan myös tarvittaessa hieman nostaa polttoaineen painetta, jos suihkutussuuttimien koko on jäämässä hieman liian pieneksi.

VTT on tutkinut korkeaseosetanolin vaikutuksia eri materiaaleihin raportissaan ”Biopolttonesteiden turvallinen jakelu”. Tutkimuksessa on havaittu etanoliin sitoutuvan vettä enemmän kuin bensiiniin, minkä vuoksi se saattaa aiheuttaa metalliosiin korroosiota bensiiniä herkemmin. VTT:n testeissä oli havaittu seostamattomassa alumiinissa alkavia pistesyöpymiä. (VTT 2008.) Volvon polttoaineen paineensäädin on alumiinia sekä jatkuvassa kosketuksessa polttoaineen kanssa. Myös imusarja ja sylinterin kansi ovat alumiinia ja joutuvat polttoaineen kanssa tekemisiin. Toistaiseksi ongelmia ei ole esiintynyt, mutta tilannetta on seurattava.

6.3 Suihkutussuuttimet

Polttoaineen suihkutussuuttimien oikea valinta on tärkeä osa toimivaa moottorikonaisuutta. Suuttimien koko on valittava niin että ne ovat riittävän suuret moottorin tehotaivoitteeseen ja käytettyyn polttoaineeseen nähden. On syytä jättää niiden kokoon pieni turvamarginaali niin että suuttimien suurin käyttöaste jää hieman alle 100 %, joka tarkoittaisi niiden olevan auki koko ajan. Kokoaikainen aukiolo voi ylikuumentaa niitä ja on muutenkin vaarana, että seossuhde menee tarkoitettua laihemmaksi, joka voi vaurioittaa moottoria.

Todella suuretkaan suuttimet eivät välttämättä ole hyvä vaihtoehto, vaikka niihin joudutaankin monesti turboahdetuissa moottoreissa turvautumaan. Tällöin kuitenkin voi olla vaikeaa saada säädettyä tyhjäkäyntialueen ja kevyellä kuormalla ajon seossuhdetta sopivaksi, koska suuttimien aukioloajat jäävät todella lyhyiksi. Erittäin lyhyillä aukioloajoilla moottorinohjauksen tarkkuus säädellä aukioloaikaa ei välttämättä enää ole riittävä. Tähän ongelmaan törmää todennäköisimmin MegaSquirt 1:n kanssa, sillä MegaSquirt 2:ssa ja 3:ssa aukioloajan säädön tarkkuutta on parannettu. MegaSquirt 1:een on kuitenkin myös saatavilla HiRes-ohjelmistovariaatio, jolla tarkkuutta voidaan huomattavasti kasvattaa. (MSEExtra 2014b.)

Suuttimia on pääasiassa kahta tyyppiä: korkearesistanssisia, joiden resistanssi on noin 12 - 16 ohmia ja matalaresistanssisia, joiden resistanssi on noin 2,5 ohmia tai alle. Korkearesistanssiset suuttimet on helppo kytkeä, sillä ne voidaan kytkeä suoraan MegaSquirtiin, eikä niiden läpi kulkeva virta kasva liian suureksi suuren resistanssinsa takia. Jos suuttimet ovat matalaresistanssiset, niiden virtaa voidaan rajoittaa ohjaamalla niitä MegaSquirtin PWM-toiminnolla, jolloin suuttimille syötetään avattaessa täysi virta ja sen jälkeen virtaa rajoitetaan pulssinleveysmodulaatiolla niin kauan kuin niiden halutaan pysyvän auki. Toinen vaihtoehto matalaresistanssisten suuttimien käyttöön on asentaa niiden kanssa sarjaan vastukset, joilla virtaa rajoitetaan ja tällöin suuttimet voidaan asentaa kuten korkearesistanssisetkin. (MSEExtra 2015g.)

Volvoon käytettäväksi valitut suuttimet hankittiin käytettyinä sopivien löydyttyä. Ne ovat resistanssiltaan noin 16 ohmia eli ne voidaan luokitella korkearesistanssisiksi, eivätkä tarvitse erillistä virranrajoitusta. Kyseiset suuttimet valittiin, koska ne olivat fyysisten mittojensa, virtauksensa sekä hintansa puolesta projektiin sopivat.

7 MOOTTORINOHJAUKSEN PERUSSÄÄDÖT

7.1 Käytettävät laitteet

Kattavin ohjelmisto MegaSquirtin säätämiseen on EFI Analyticsin TunerStudio, joka on saatavilla Windows-, Linux- ja Mac OS X -käyttöjärjestelmiä käyttäville tietokoneille. Sen rajoitettu versio on maksuton, mutta täysi versio maksullinen. MegaSquirtin käyttämää RS-232-sarjaporttiliitäntää ei nykyään enää esiinny useimmissa kannettavissa tietokoneissa, mutta se voidaan korvata USB-sarjaporttiadapterilla, jolla saadaan tietokoneen USB-porttia käytettyä sarjaporttina, mutta on muitakin mahdollisuuksia kuten Bluetooth-yhteyden käyttö. (EFI Analytics 2016a.)

Sarjaportin käyttö MegaSquirtissa on perusteltua, sillä autokäytössä esiintyy niin paljon elektromagneettista häiriötä, että tieto helposti korruptoituu USB-yhteyttä käytettäessä. Sarjaportin kautta kulkevassa tiedonvälityksessä käytettävät jännite-erot ovat paljon USB:tä suurempia ja näin ulkopuolinen häiriö ei niin helposti korruptoi tietoa. (EFI Analytics 2012.) Tämä tuli ilmi projektin yhteydessä myös käytännössä, sillä kun USB-sarjaporttiadapteri oli kytkettynä suoraan MegaSquirtiin sekä adapterin ja tietokoneen väli USB-kaapelilla, yhteysongelmia esiintyi jatkuvasti. Myöhemmin, kun USB-sarjaporttiadapteri siirrettiin tietokoneen luo ja sen ja MegaSquirtin välisessä tiedonsiirrossa siirryttiin käyttämään sarjaporttikaapelia, yhteysongelmia ei ole esiintynyt enää lainkaan.

Tässä projektissa moottorinohjauksen säätöä varten hankittiin edullinen tablet-tietokone 8” näytöllä sekä Windows-käyttöjärjestelmällä. Sillä korvattiin samalla auton alkuperäinen mittaristo käyttäen TunerStudio-ohjelmistoa. Tablet-tietokoneen näyttö kytkeytyy päälle, kun autoon kytketään virta ja sammuu, kun virta katkaistaan. Nopeustieto on otettu auton taka-akselilla sijaitsevalta tunnistimelta, jonka signaali on ensin muunnettu MegaSquirtin ymmärtämään muotoon. Kuvassa 5 näkyvä tablet-tietokone toimii normaalisti auton mittaristona.



Kuva 5. Tablet-tietokone mittaristona.

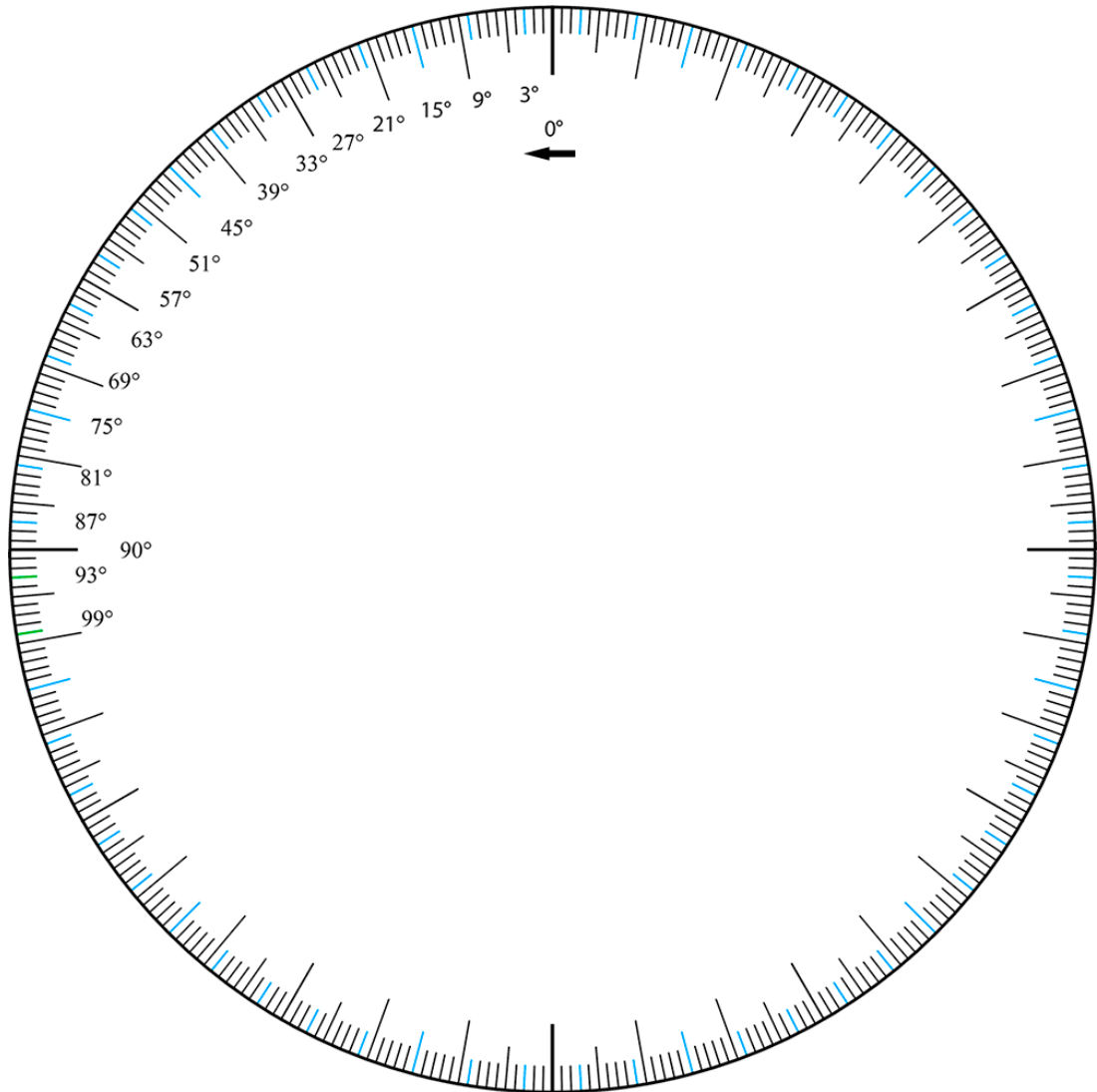
Kuvasta 5 voidaan havaita mittaristosta olevan nähtävillä moottorin kierrosluku, auton nopeus, imusarjan paine, lambda-arvo, sytytysennakko sekä jäähdytysnesteen että imuilman lämpötilat ja muutamia muita tietoja. Laitteella voidaan tarvittaessa muuttaa MegaSquirtin säätöjä sen kosketusnäytön avulla ja säätöjen muuttamisen kannalta onkin kätevää, kun laite on aina mukana. Polttoainemittaria ja merkkivaloja ei ole liitetty MegaSquirtiin, eikä tablet-tietokoneeseen, vaan ne toimivat täysin erillään alkuperäistyyliä. Ne on sijoitettu uusiin paikkoihin kojelaudassa, koska ne olivat ennen alkuperäisen mittariston yhteydessä, jota ei nykyään enää ole.

7.2 Moottorin perustiedot

Edellytyksenä moottorin käynnistymiselle on, että ainakin muutamat perustiedot ovat oikein. Suihkutussuuttimien ja sytytyspuolien johtimet on syytä irrottaa, kunnes tärkeimmät asetukset ovat kunnossa, koska ne voivat vaurioitua väärin asetusten tähden. Perusasetuksia ovat esimerkiksi *Required fuel*-arvo, jolla määritellään polttoaineen suihkutussuure määrä likimain oikeaksi. TunerStudiassa on työkalu, jolla arvo voidaan määrittää muun muassa moottorin tilavuuden, suihkutussuuttimien virtaaman ja käytettävän polttoaineen stoikiometrisen ilma-polttoainesuhteen avulla. Muita tarvittavia perustietoja ovat ainakin

sylinterien ja suuttimien lukumäärä sekä onko moottori 2- vai 4-tahtinen. Suihkutussuuttimien virranrajoitus on kytkettävä päälle TunerStudiosta, jos on tarve rajoittaa niiden kautta kulkevaa virtaa, eikä sitä ole hoidettu muin keinoin. (MSEExtra 2016a.)

Sytytyksen asetuksissa on määriteltävä, miten moottorin asentotunnistus on toteutettu. Projektin kohteessa on 60-2 tunnistinkehä kampiakselilla, joten *Spark Mode* -kohtaan valitaan *Toothed wheel* eli hammaskehä. *Trigger Wheel Teeth* -kohtaan asetetaan 60, koska se on kehän hampaiden sekä puuttuvien hampaiden yhteenlaskettu lukumäärä. *Missing Teeth* -kohtaan laitetaan puuttuvien hampaiden lukumäärä, joka on tässä tapauksessa kaksi. Haasteellisinta on määrittää *Tooth #1 Angle*. Tähän laitetaan puuttuvien hampaiden jälkeen tulevan ensimmäisen oikean hampaan kulma asteina kampiakselin asentotunnistimesta, kun moottorin ensimmäinen sylinteri on yläkuolokohdassa. Kuvio 1 esittää Volvon vauhtipyörän yhteydessä sijaitsevaa kampiakselin tunnistinkehää. (MSEExtra 2016b.)



Kuvio 1. Kampiakselin tunnistinkehä

Kuviossa 1 viivat ovat asteen välein. Sininen viiva esittää tunnistinkehän hammasta ja vihreä viiva puuttuvaa hammasta. Kampiakselin asentotunnistimen voidaan ajatella sijaitsevan kuvassa 0° kohdalla lukemassa tunnistinkehää, jolloin sylinterit 1 ja 4 ovat yläkuolokohdassaan. Tunnistinkehän pyörimissuunta on ilmaistu kuviossa nuolella. Kuviossa voidaan päätellä 87° kohdalla sijaitsevan ensimmäisen luettavan hampaan puuttuvien hampaiden jälkeen. *Tooth #1 Angle* on siis 87 astetta. Jos kyseessä olisi MegaSquirt 1, olisi valittava erikseen liipaisukohtat jokaiselle sytytyslähdölle, eli 4 sylinterisessä autossa kaksoiskipinäsytytyksellä pitäisi määrittellä kaksi liipaisukohtaa, jotka ovat toisistaan 180° päässä. (MSEExtra 2014c.)

Spark Output valinta *Going High* tai *Going Low* on erittäin merkittävä. Sytytysvirtaa ei saa kytkeä päälle ennen kuin kyseinen asetus on varmistettu oikeaksi tai sytytyspuola saattaa ylikuumentua ja hajota. Jos käytössä on BIP373-sytytyspääteasteet, kuten projektin kohteessa, on valittava *Going High*. *Cranking Dwell* tarkoittaa sytytyspuolan latausaikaa moottoria käynnistettäessä ja *Nominal Dwell* tarkoittaa sytytyspuolan latausaikaa auton käydessä. Käynnistettäessä latausajan on hyvä olla hieman pidempi, jotta rikas seos syttyy varmemmin. Latausaika pitenee myös, kun järjestelmän jännite putoaa starttimoottorin suuren virrankulutuksen takia, ja MegaSquirt kompensoi jännitteen laskua pidentämällä latausaikaa. Tässä tapauksessa käytettiin IGN-4-sytytyspuolaa, jolle turvallinen kokoaikainen latausaika on 3 ms ja käynnistyksen aikaiseksi latausajaksi asetettiin 4,5 ms. (MSEExtra 2016b.)

7.3 Säättämisen perusteet

TunerStudiossa säädettävien karttojen pystyakselilla on yleensä moottorin kuormatieto imusarjan paineena, poikkeuksena jotkin kokoonpanot, joissa joudutaan käyttämään kuormatietona kaasunasentotietoa tai sen ja imusarjan paineen yhdistelmää. Vaaka-akselilla on moottorin kierrosluku. Tärkeimmät kartat ovat polttoainekartta ja sytytysennakkokartta, mutta moottorin toimimiseksi kunnolla on toki säädettävä myös kaikki kylmäkäynnistyskartat, kiihdytysrikastukset, tyhjäkäyntiasetukset ja niin edelleen. Tässä käsitellään kuitenkin vain tärkeimpien säätöjen peruseriaatteita.

Sytytysennakkokartan säätö on haasteellista etenkin, jos käytössä ei ole nakutustunnistusta ja tehodynamometriä. Kartan pohjaksi voi kuitenkin yrittää etsiä esimerkiksi valmistajan samankaltaisessa moottorissa käyttämää sytytysennakkokarttaa, yrittäen kuitenkin varmistaa, ettei se ole ainakaan liian aggressiivinen. Liian korkea sytytysennakko aiheuttaa moottorille vaarallista nakutusta tai vähentää moottorin tehoa. Liian alhainen sytytysennakko pienentää moottorin tehoa ja voi kasvattaa pakokaasun lämpötilaa, mutta ei kuitenkaan päänsääntöisesti ole haitaksi moottorille. Matalilla kuormituksilla nakutuksen alkaminen ei usein määritä parasta sytytysennakkoa, vaan moottorin tuottama vääntö alkaa laskea sytytysennakkoa lisättäessä jo ennen nakutuksen alkamista. Sytytysennakko yleensä kasvaa kierrosluvun kasvaessa ja pienenee suuremmilla kuormituksilla, etenkin jos moottori on ahdettu. (MSEExtra 2014d.)

E85-polttoaineen korkeamman puristuskestävyyden takia parhaimman sytytysennakon voisi kuvitella olevan korkeampi kuin bensiinillä. Näin ei kuitenkaan välttämättä ole, sillä

parhaaseen sytytysennakkoon vaikuttaa moni muukin tekijä. Esimerkiksi E85:n palonopeus on bensiiniä korkeampi, ja se muuttuu myös seossuhteen muuttuessa paljon enemmän kuin bensiinillä (Brusstar 2003, 9). Tilanne voi muuttua myös esimerkiksi sen mukaan, onko kyseisellä kuormitusalueella bensiinillä sytytysennakkoa rajoittava tekijä ollut parhaan väännön saavuttaminen vai nakutuksen alkaminen.

Polttoainekartan säädössä seossuhdemittari on erittäin hyödyllinen. Jos autossa on katalysaattori, on pyrittävä normaaleissa ajotilanteissa matalalla kuormituksella stoikiometriseen seossuhteeseen, eli lambda-arvoon 1, sillä katalysaattorit ovat tarkoitettu toimimaan tällä seossuhteella. Etenkään ahdettuja moottoreita ei kuitenkaan ole turvallista käyttää korkeilla kuormituksilla näin laihalla seossuhteella, vaan esimerkiksi Volvossa korkeaseosetanolilla käytetään ahtopainealueella noin lambda-arvoa 0,8. Tämä jäähdyttää moottoria paremmin ja hieman rikkaampi seos myös parantaa moottorin tuottamaa tehoa, myös vapaastihengittävässä moottorissa. Autoissa, joissa ei ole katalysaattoria, voidaan matalilla kuormituksilla käyttää stoikiometristä laihempaa seossuhdetta. Tällä voidaan saada polttoaineenkulutusta hieman pienemmäksi. (MSEExtra 2014e.)

Polttoainekartan säädössä on suureksi avuksi TunerStudion *VE Analyze Live* -ominaisuus, jolla polttoainekarttaa voidaan säätää automaattisesti. Tämän toiminnon käyttö edellyttää, että MegaSquirtiin on kytketty seosmittari. MegaSquirtin asetuksissa on *AFR Table* -kartta, johon voidaan määrittää halutut seossuhteet eri kuormituksille ja moottorin kierrosluvuille. Kun *VE Analyze Live* -ominaisuus on kytketty säätötietokoneesta päälle, se pyrkii muuttamaan aina sen hetkisen ajotilanteen mukaista kohtaa polttoainekartasta, jotta seossuhde vastaisi tavoitetta. Näin polttoainekarttaa säädettäessä on vain pyrittävä ajamaan autolla niin, että moottori käy mahdollisimman laajalti eri polttoainekartan kuormitus ja kierroslukupisteissä. Ominaisuutta käytettäessä kannattaa etenkin kovilla kuormituksilla ennemmin säätää seossuhdetta rikkaalta laihempaan suuntaan kuin päinvastoin, jotta voidaan välttyä laiha seoksen aiheuttamilta vaurioilta. Alueet polttoainekartassa, joihin ei ajamalla ole päässyt, kannattaa tasoittaa manuaalisesti, jotta ne menevät sulavasti jo säädetyin osin mukaisesti. (EFI Analytics 2016b; MSEExtra 2014f.)

8 LOPUKSI

Volvo on ollut käyntikunnossa muutoksien jälkeen hieman yli vuoden ajan ja toiminut päivittäisenä käyttöautona noin kahdeksan kuukautta. Autossa ei ole tänä aikana ollut matkamittaria, joten ajetuista kilometreistä ei ole tietoa. Volvo on toiminut MegaSquirtin osalta luotettavasti, tai jos jotain ongelmia on ilmennyt, ne ovat olleet käyttäjälähtöisiä. Suurin ongelma on ollut heti asennuksen jälkeen autoa vaivannut MegaSquirtin prosessorin nollautuminen tietyissä ajotilanteissa. Vian paikantaminen vei paljon aikaa, koska mahdollisia syitä oli lukuisia, mutta lopulta syyksi paljastui huonoon paikkaan sijoitettu sytytyspuola. Joko MegaSquirt sijaitsi liian lähellä tai sen johtosarja kulki liian läheltä sytytyspuolaa. Sytytyspuolan sijainnin vaihduttua ongelmat katosivat.

Korkeaseosetanolin käyttö polttoaineena on sujunut hyvin. Polttoainejärjestelmän osat ovat tätä kirjoittaessa olleet kosketuksissa sen kanssa hieman yli vuoden ajan, eikä tänä aikana ei ole ilmennyt etanolin aiheuttaneen mitään vaurioita, vaikka jotkin osat, esimerkiksi bensaapaineensäädin, eivät ole tarkoitettu sen kanssa käytettäväksi. Moottorin palotilat ja pakokanavat vaikuttavat pysyvän korkeaseosetanolia käytettäessä paljon karsattomampina kuin bensiiniä käytettäessä. Tämä huomattiin, kun moottorin sylinterinkansi käytettiin irrallaan. Volvon hieman yli 500 km toimintasäde matka-ajossa on normaaliin käyttöön varsin riittävä, mutta aivan joka paikkaan sillä ei voisi lähteä. Hädän tullen autoon olisi kyllä mahdollista tankata myös bensiiniä, sillä kun mittaristona toimiva tablet-tietokone toimii myös säätölaitteena, on mahdollista vain yhtä arvoa muuttamalla saada moottorin säädöt riittävän lähelle oikeaa myös bensiinillä, jotta autolla voisi ajaa.

MegaSquirtin maailmaan tutustuminen, sen kokoaminen, asentaminen, vikojen etsiminen ja säätäminen on ollut pitkä, mutta todella opettavainen prosessi. Vaikka tavallaan MegaSquirtin asennus tuntuu melko selkeältä ja DB37-liittimessäkin on paikkoja vain 37 johtimelle, niin kuitenkin sen ympärillä olevan tiedon määrä tuntuu lähes loputtomalta, ja ominaisuuksiin on perehdyttävä aina pidemmälle sen mukaan, kun lisäominaisuuksia haluaa ottaa käyttöön. Nyt kun projekti on jo takanapäin, asiat tuntuvat selkeämmiltä, kun taas projektin alkuvaiheessa saatavilla oleva tietomäärä ja sieltä olennaisimman poimiminen alkuun pääsemiseksi tuntui vaikealta. Tämän projektin jälkeen seuraava MegaSquirt-projekti olisi olisi paljon helpompi, kun perustiedot ovat jo hallinnassa, vaikka jokaiseen ajoneuvoon asennus onkin erilainen.

9 YHTEENVETO

Opinnäytetyön aiheena oli itse koottavan ja säädettävän MegaSquirt-moottorinohjauksen valinta, kokoaminen, asentaminen sekä säätäminen vuosimallin 1984 turboahdettuun 4-sylinterisellä ottomoottorilla varustettuun Volvo 240 -henkilöautoon. Muutoksen yhteydessä auton käyttämä polttoaine vaihdettiin bensiinistä korkeaseosetanoliksi, ja työssä käsiteltiin myös sen käytön vaatimuksia ja kokemuksia sen käytöstä polttoaineena.

Megasquirtin kokoamiseen on olemassa hyvät ohjeet, mutta onnistuminen edellyttää tarkkaavaisuutta ja kykyä seurata niitä sekä myös jonkin verran kykyä juottaa komponentteja piirilevylle. MegaSquirtin prosessorin versioksi valittiin versio 2 ja piirilevyn versioksi versio 3.0, koska nämä tarjosivat sopivan yhdistelmän ominaisuuksia ja luotettavuutta kustannusten kohoamatta liian korkeiksi. MegaSquirtin yhdistämiseksi auton sähköihin asennettiin uusi moottorinohjauksen käyttöön tarkoitettu sulakekotelo ja kaksi relettä. Moottorinohjauksen sähköt pyrittiin kytkemään mahdollisimman pitkälti erillisiksi auton muusta sähköjärjestelmästä.

Työssä käsiteltiin, minkälaisia tunnistimia MegaSquirt tarvitsee toimiakseen ja millaisia vaihtoehtoja niille on olemassa. Tunnistimina päädyttiin käyttämään moottorin kuormatiedon tunnistamiseen MegaSquirtin piirilevyllä sijaitsevaa imusarjan painetunnistinta ja kaasunasennontunnistimena potentiometri-tyyppistä tunnistinta, joka on peräisin Volvo 850:sta. Sekä imuilman että moottorin lämpötilan tunnistimina päätettiin käyttää General Motorsin tunnistimia. Kampiakselin asentotiedon tunnistamiseen päätettiin käyttää Volvon alkuperäistä vauhtipyörän yhteydessä sijaitsevaa tunnistinkehää sekä induktiivista tunnistinta sitä lukemaan.

Moottorin seossuhteen tarkkailua varten asennettiin seossuhdemittari leveäkaistaisella lambdatunnistimella. Moottorin joutokäyntikierrosten säätelyyn päätettiin käyttää pulssinleveysmodulaatio-tyyppistä joutokäyntiventtiiliä, jolla saavutettiin halutut joutokäyntikierrosluvut sekä kylmällä että lämpimällä moottorilla.

Sytytysjärjestelmässä päätettiin käyttää sytytyspääteasteina kahta BIP373-transistoria MegaSquirtista erilleen asennettuina ja sytytyspuolana 4-sylinteriselle ajoneuvolle tarkoitettua kaksoiskipinäsytytyspuolaa. Näillä saavutettiin melko korkea sytytysenergia,

hyvä toimintavarmuus ja tarkka sytytysennakko. Polttoainejärjestelmän suhteen pohdittiin sen riittävää virtavuutta ja muita vaadittavia ominaisuuksia käytettäessä polttoaineena korkeaseosetanolia, jota pienemmän energiasisältönsä vuoksi on kuljetettava polttoainejärjestelmää pitkin paljon bensiiniä enemmän.

MegaSquirtin säätöä varten autoon asennettiin tablet-tietokone, joka samalla toimii auton mittaristona. Työssä käsiteltiin myös MegaSquirtin säätämisen perusteita sekä perusasetuksien määrittämistä auton saamiseksi käyntikuntoon.

Loppujen lopuksi auto saatiin toimimaan luotettavasti uudella moottorinohjauksella ja polttoaineella. Kaikki osat vaikuttivat kestävästi korkeaseosetanolia, ja se on muutenkin toiminut polttoaineena hyvin. Talvikäytössä sen huonompi höyrystyvyys edellytti todella korkeita kylmäkäynnistysrikkastuksia, mutta ainakin -20 °C lämpötilaan saakka auto vielä käynnistyi kuten pitääkin, kunhan rikastukset saatiin säädettyä kohdalleen.

LÄHTEET

AEM 2014. 320lph E85-Compatible High Flow In-Tank Fuel Pumps (Offset Inlet). Viitattu 6.3.2016.

<http://aemelectronics.com/products/fuel-delivery/high-flow-fuel-pumps/320lph-e85-compatible-high-flow-in-tank-fuel-pump-offset-inlet>

Bosch 2013. Fuel rail for flex fuel systems. Viitattu 5.3.2016.

http://products.bosch-mobility-solutions.com/media/ubk_europe/db_application/downloads/pdf/antrieb/en_3/GS-Datenbl_Rail_FS_en.pdf

Brusstar, M. 2003, 9. Ethanol-Gasoline Blends: Fuel Economy and Emissions Benefits. Viitattu 12.5.2016.

<https://www3.epa.gov/otaq/presentations/gni-mjb-051303.pdf>

Delphi 2016. Delphi Multec® 3.5 Heated Tip Port Fuel Injector. Viitattu 5.3.2016.

<http://www.delphi.com/manufacturers/auto/powertrain/alternative-fuel-systems/multec-ht-fuel-inj>

DIYAutotune 2016a. Understanding the MegaSquirt Engine Management System and choosing a system that is right for you. Viitattu 1.2.2016.

<http://www.diyautotune.com/faq/faq.htm>

DIYAutotune 2016b. MegaSquirt DB37 Connector, Grounds, and You. Viitattu 6.2.2016.

http://www.diyautotune.com/tech_articles/grounds.html

DIYAutotune 2016c. IGN-4 Four-Tower Coil Pack. Viitattu 25.2.2016.

<https://www.diyautotune.com/product/ign-4-four-tower-coil-pack/>

EFI Analytics 2012. Why is connection dropping when driving? Viitattu 15.3.2016.

<http://www.tunerstudio.com/index.php/faqs/76-usb-connectivity>

EFI Analytics 2016a. EFI Analytics TunerStudio. Viitattu 15.3.2016.

<http://tunerstudio.com/index.php/tuner-studio>

EFI Analytics 2016b. EFI Analytics TunerStudio: VE Analyze Live! - Tune For You. Viitattu 27.3.2016.

<http://www.tunerstudio.com/index.php/tuner-studio#veAnalyze>

ExtraEFI 2015. Idle Valve options. Viitattu 22.2.2016.

http://www.extraefi.co.uk/support/setup/idle_valve.html

Hot Rod Network 2013. Pit Stop - Air/Fuel Ratios for a Wideband Oxygen Sensor. Viitattu 2.3.2016.

<http://www.hotrod.com/how-to/engine/1307-wideband-oxygen-sensor/>

Innovate 2016. MTX-L: Digital Wideband Air/Fuel Ratio Gauge. Viitattu 20.2.2016.
<http://www.innovatemotorsports.com/products/MTXL.php>

Megamanual 2016a. Frequently asked questions. Viitattu 1.2.2016.
<http://www.megamanual.com/MSFAQ.htm>

Megamanual 2016b. MegaSquirt V3 Main Board. Viitattu 1.2.2016.
<http://www.megamanual.com/ms2/pcb.htm>

Megamanual 2016c. The 3-Bar Map Sensor. Viitattu 10.2.2016.
<http://www.megamanual.com/v22manual/3bar.htm>

Megamanual 2016d. Wiring and sensors: Throttle position sensor. Viitattu 15.2.2016.
<http://www.megamanual.com/v22manual/mwire.htm#tps>

Megamanual 2016e. Wiring and sensors: Temperature sensors. Viitattu 16.2.2016.
<http://www.megamanual.com/v22manual/mwire.htm#clt>

MegaSquirt 2016. History. Viitattu 1.2.2016.
<http://megasquirt.info/history/>

Motiva 2014. Korkeaseosetanoli E85. Viitattu 6.3.2016.
http://www.motiva.fi/liikenne/henkiloautoilu/valitse_auto_viisaasti/energiالاhteet/korkeaseosetanoli_e85

MSEExtra 2014a. MS Extra Tuning Manual: Tuning with Alpha-N (TPS rather than MAP). Viitattu 10.2.2016.
http://www.msextra.com/doc/ms1extra/MS_Extra_Tuning_Manual.htm#alphan

MSEExtra 2014b. MS1-Extra Software manual: High Resolution Code (HR). Viitattu 8.3.2016.
http://www.msextra.com/doc/ms1extra/MS_Extra_Software_Manual.htm#hrcode

MSEExtra 2014c. MS1-Extra Ignition Hardware manual: Wheel Decoder System. Viitattu 24.3.2016.
http://www.msextra.com/doc/ms1extra/MS_Extra_Ignition_Hardware_Manual.htm#wheeldecr

MSEExtra 2014d. MS1-Extra Tuning manual: Spark Map Tuning. Viitattu 25.3.2016.
http://www.msextra.com/doc/ms1extra/MS_Extra_Tuning_Manual.htm#sparkmap

MSEExtra 2014e. MS1-Extra Tuning manual: Setting the VE Table. Viitattu 25.3.2016.
http://www.msextra.com/doc/ms1extra/MS_Extra_Tuning_Manual.htm#ve

MSEExtra 2014f. MS1-Extra Tuning manual: VE Analyze Live. Viitattu 25.3.2016.
http://www.msextra.com/doc/ms1extra/MS_Extra_Tuning_Manual.htm#autotune

MSEExtra 2015a. Megasquirt Product Comparison. Viitattu 5.2.2016.
<http://www.msextra.com/feature-xref.html>

MSEExtra 2015b. MS-Extra ECU Build Manual. Viitattu 5.2.2016.
http://www.msextra.com/doc/ms1extra/build_manual.htm

MSEExtra 2015c. MS2/V3.0 Hardware Manual: 3.1 Best Practices, 3.2 Grounding. Viitattu 6.2.2016.
http://www.msextra.com/doc/pdf/MS2V30_Hardware-3.3.pdf

MSEExtra 2015d. MS2/V3.0 Hardware Manual: 3.4.2 MAP Sensor. Viitattu 10.2.2016.
http://www.msextra.com/doc/pdf/MS2V30_Hardware-3.3.pdf

MSEExtra 2015e. MS2/V3.0 Hardware Manual: 5.2 Crank and Cam tach inputs. Viitattu 20.2.2016.
http://www.msextra.com/doc/pdf/MS2V30_Hardware-3.3.pdf

MSEExtra 2015f. MS2/V3.0 Hardware Manual: 5.3 Ignition outputs. Viitattu 23.2.2016.
http://www.msextra.com/doc/pdf/MS2V30_Hardware-3.3.pdf

MSEExtra 2015g. MS2/V3.0 Hardware Manual: 4.10.2 Injector Impedance and wiring. Viitattu 8.3.2016.
http://www.msextra.com/doc/pdf/MS2V30_Hardware-3.3.pdf

MSEExtra 2016a. TunerStudio MS Lite Reference: 8. Basic / Load Settings. Viitattu 23.3.2016.
http://www.msextra.com/doc/pdf/Megasquirt2_TunerStudio_MS_Lite_Reference-3.4.pdf

MSEExtra 2016b. TunerStudio MS Lite Reference: 10. Ignition Settings. Viitattu 23.3.2016.
http://www.msextra.com/doc/pdf/Megasquirt2_TunerStudio_MS_Lite_Reference-3.4.pdf

Neste 2015, 22. Bensiiniopas 2015. Viitattu 2.3.2016.
https://www.neste.com/sites/default/files/attachments/bensiiniopas_2015.pdf

NGK 2013. How does the Lambda sensor work? Viitattu 20.2.2016.
<http://www.ngkntk.co.uk/index.php/technical-centre/lambda-sensors/how-does-the-lambda-sensor-work/>

Somerkallio, H. 2013, 22. Opinnäytetyö: E85- ja E10- polttoaineiden suorituskyvyn ja kulutuksen vertailu. Viitattu 5.3.2016.
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/55019/Somerkallio_Heikki.pdf

St1 2009. St1:n RE85-korkeaseosetanoli markkinoille. Viitattu 29.2.2016.
<http://www.st1.fi/uutiset/tiedotteet/13150>

St1 2011. St1 laajentaa RE85-korkeaseosetanolin jakelun maanlaajuiseksi. Viitattu 29.2.2016.
<http://www.st1.fi/uutiset/tiedotteet/13213>

St1 2014. RE85 Tuotetieto. Viitattu 29.2.2016.

http://www.st1.fi/files/12697/RE85_tuotetieto_joulu2014.pdf

Työterveyslaitos 2015. OVA-ohje: Etanoli. Viitattu 5.3.2016.

<http://www.ttl.fi/ova/etanoli.html>

Työterveyslaitos 2016a. OVA-ohje: Moottoribensiini. Viitattu 5.3.2016.

<http://www.ttl.fi/ova/moottben.html>

Työterveyslaitos 2016b. OVA-ohje: Korkeaseosetanoli. Viitattu 5.3.2016.

<http://www.ttl.fi/ova/E85.html>

VTT 2008. Biopolttonesteiden turvallinen jakelu: 3.3 Tulokset. Viitattu 6.3.2016.

<http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2008/VTT-R-07049-08.pdf>