

Opinnäytetyö AMK

Koneautomaatioinsinööri

2018

Eero Elo

VENEEN ALKUPERÄISEN MOOTTORINOHJAUSYKSIKÖN VAIHTO OHJELMOITAVAAN YKSIKKÖÖN

OPINNÄYTETYÖ AMK | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Koneautomaatioinsinööri

Kevät 2018 | 20

Eero Elo

VENEEN ALKUPERÄISEN MOOTTORINOHJAUSYKSIKÖN VAIHTO OHJELMOITAVAAN YKSIKKÖÖN

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan, miten nykyaikaisen polttomoottorinohjaus toimii ja mitä kaikkea moottorinohjaus pitää sisällään. Työssä perehdytään fyysisten muutosten lisäksi myös ohjelmallisiin muutoksiin, joilla mahdollistetaan moottorinohjausyksikön vaihto veneen Volvo Penta 5.0Gxi -benssiini moottoriin. Moottorinohjausyksikön vaihdolla tavoitellaan moottorin parempaa toimivuutta ja suurempaa tehoa.

Opinnäytetyössä selvitetään moottorinohjauksen vaihtoon tarvittavia tietoja ja muutoksia. Myös eri moottorinohjausyksiköitä ja niiden ominaisuuksia vertailtiin. Työ edellytti polttomoottorin toimintaan perehtymistä ja lisähaastetta toi veneen moottorin eroavaisuudet auton moottoriin verrattuna.

Opinnäytetyön tavoite saavutettiin, kun moottori saatiin käyntiin halutulla tavalla. Tyhjäkäynti saatiin säädettyä tasaiseksi eikä seossuhde mene enää rikkaalle.

ASIASANAT:

Moottorinohjaus, lambda-anturi, johtosarja, polttomoottori

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical Engineering, Machine Automation

Spring 2018 | 20

Eero Elo

CHANGING A BOAT'S ORIGINAL ENGINE CONTROL UNIT TO A PROGRAMMABLE ONE

This thesis examines how the control of modern combustion engine works and what is involved with the engine management. The thesis examines both physical and program changes that allows the control unit to be replaced in Volvo Penta 5.0Gxi petrol engine. Changing the engine control unit is intended to improve the engine's reliability and performance.

The thesis investigates what information and modifications are needed to change the engine control unit. Different engine control units and their features were also compared. The thesis required looking into the operation of a combustion engine and an additional challenge came from the difference between boat engines and car engines.

The goal of this thesis was achieved when the engine was running as desired. Idle was adjusted correctly and air-fuel ratio is not too rich anymore.

KEYWORDS:

Engine control unit, Lambda sensor, wire harness, Combustion engine

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	6
2 MOOTTORINOHJAUSJÄRJESTELMÄN TOIMINTA	7
2.1 Lambda-anturi	7
2.2 Lämpötila-anturit	7
2.3 Nakutustunnistin	8
2.4 Ilmamassamittari, ilmamäärämittari ja imusarjan painetunnistin	8
2.5 Kampiakselin asentotunnistin	8
2.6 Nokka-akselin asentotunnistin	8
2.7 Polttoaineen paineanturi	9
2.8 Kaasun asentotunnistin	9
3 MOOTTORINOHJAUSYKSIKÖN VALINTA	10
3.1 Alkuperäinen Volvo Penta -moottorinohjausyksikkö	10
3.2 MegaSquirt 3	10
3.3 Ecumaster Emu Black	10
3.4 Autronic SM4	10
3.5 Valittu moottorinohjausyksikkö	11
4 VAIHTO	12
4.1 Johtosarja	12
4.2 Lambda-anturit	13
4.3 Polttoaineen paine	14
4.4 Alkuperäisten anturien sovitus ohjelmaan	14
4.5 Autotune	14
4.6 Mittaristo	14
4.7 Moottorin suojaaminen	15
4.8 Ennen moottorin käynnistystä	15
4.9 Moottorinohjauksen säätö	15
5 LOPPUTULOS	18
6 YHTEENVETO	19
LÄHTEET	20

LIITTEET

Liite 1. Johdotuskaavio

KUVAT

Kuva 1. Ecumaster EMU BLACK.	11
Kuva 2. Alkuperäinen johtosarja.	12
Kuva 3. Lambda-anturi pakoputkessa.	13
Kuva 4. Ohjelmoitu polttoaineen ruiskutuskartta.	16
Kuva 5. Ohjelmoitu sytytysennakkokartta.	17

1 JOHDANTO

Moottorinohjausjärjestelmä on tärkein osa nykyaikaisen polttomoottorin toimintaa. Moottorinohjausyksikkö (ECU) on tietokone, joka ohjaa kaikkia moottorin toimintoja, kuten sytytystä, polttoaineen syöttöä ja moottorin suojausta. Järjestelmä koostuu tietokoneesta eli moottorinohjausyksiköstä ja moottorin tärkeistä. Yleensä alkuperäinen moottorinohjausjärjestelmä toimii hyvin normaalissa käytössä, mutta jos moottorin komponentteja vaihdetaan tai moottorin toimintaa halutaan säätää, joudutaan alkuperäinen järjestelmä joko uudelleenohjelmoida tai vaihtaa laajempaan moottorinohjausjärjestelmään.

Työssä vaihdettiin veneen Volvo Penta -moottorin alkuperäisen moottorinohjausyksikön tilalle uusi täysin ohjelmoitava yksikkö, joka mahdollistaa lambda-anturin käytön. Moottoriin asennettiin komponentteja, joilla haetaan suurempaa tehoa ja vääntöä. Uuden moottorinohjausjärjestelmän vaihdolla tavoiteltiin tasaisempaa käyntiä, käyttövarmuutta ja mahdollisimman suurta tehoa vaihdetuista osista. Työssä tutustutaan sekä moottorinohjauksen teoriaan että fyysisiin muutoksiin ja asennukseen.

2 MOOTTORINOHJAUSJÄRJESTELMÄN TOIMINTA

Moottorinohjausjärjestelmän perustarkoitus on ohjata polttoaineen ruiskutusta. Jotta ruiskutus tapahtuu oikein, pitää moottorinohjausyksikön saada kaikki tarvittava tieto moottorin antureilta. Moottorinohjausyksikkö on tietokone, joka kerää tarvittavat tiedot antureilta ja niiden avulla ohjaa suuttimia ruiskuttamaan oikean määrän polttoainetta. Näin saavutetaan paras käynti jokaiseen tilanteeseen. Nykyaikainen moottorinohjaus pystyy sopeutumaan ympäristön ja käyttötarpeen mukaan. Moottorinohjaukseen on tehtaalla ladattu parametrit, jotta ohjausyksikkö osaa toimia saatujen anturitietojen mukaan. Usein alkuperäisen moottorinohjausyksikön alkuperäisiä parametrejä ei voida muuttaa, joten muutostilanteissa joudutaan vaihtamaan ohjausyksikkö jälkiasennettavaan malliin, jota voidaan itse ohjelmoida omalla tietokoneella. Ohjausyksikön vaihdosta huolimatta voidaan usein käyttää moottorin alkuperäisiä antureita ja johtosarjaa. (Nieminen 2005, 114–128; Schneehage 2013, 26–123.)

2.1 Lambda-anturi

Lambda-anturi eli happianturi on tärkeä osa moottorinohjausjärjestelmää. Lambda-anturi mittaa pakokaasusta hapen määrää, minkä avulla saadaan tieto seossuhteesta. Seossuhde on tärkeä pitää oikeana, jotta palaminen on puhdasta ja tehokasta. Lambda-anturi asennetaan yleensä pakoputkeen heti pakosarjan jälkeen. Lambda-antureita on kapea- ja laajakaistaisia. Kapeakaistaisia lambda-antureita on vain vanhemmissa autoissa, koska laajakaista mahdollistaa tarkemman seossuhteen säädön. (Nieminen 2005, 120.)

2.2 Lämpötila-anturit

Moottorissa on useita lämpöantureita, kuten jäähdytysnesteen lämpötila, öljyn lämpötila ja tulevan ilman lämpötila. Lämpöantureiden avulla saadaan tärkeää tietoa koneen toiminnasta ja saadaan suojattua konetta ylikuumenemiselta. Nykyaikaiset moottorinohjausyksiköt säätävät myös koneen toimintaa jäähdytysnesteen lämpötilamittarin mukaan. (Nieminen 2005, Schneehage 2013.)

2.3 Nakutustunnistin

Nakutus on polttoaineen ennen aikaista syttymistä, ja se voi jatkuvana vaurioittaa moottoria. Nykymoottoreissa on nakutusanturit, jotka tunnistavat nakutuksen ja lähettävät tiedon siitä moottorinohjaukselle. Moottorinohjaus muuttaa sytytyksen ajoitusta. Turboahdetuissa moottoreissa voidaan myös laskea ahtopainetta ja näin vähentää nakutusta. Nakutustunnistimessa on pietsokristalli, joka tuottaa jännitettä moottorin ylimääräisestä värinästä. Tämän jännitteen tunnistessaan moottorinohjaus aloittaa tarvittavat suojatoimet. (Schneehage 2013, 123.)

2.4 Ilmamassamittari, ilmamäärämittari ja imusarjan painetunnistin

Moottorille tulevan ilman mittaus on tärkeää, jotta moottorinohjausyksikkö tietää, miten paljon polttoainetta pitää ruiskuttaa. Tulevan ilman mittaukseen on olemassa eri vaihtoehtoja. Ilmamassa- ja ilmamäärämittarit mittaavat tulevan ilman virtausta, kun taas imusarjan painetunnistin mittaa imusarjassa vallitsevaa ilmanpainetta. (Schneehage 2013, 35.)

2.5 Kampiakselin asentotunnistin

Kampiakselin asentotunnistin mittaa moottorin pyörimisnopeutta kampiakselin päässä olevasta pulssilevystä. Kampiakselin asentotunnistimen tiedon avulla moottorinohjausyksikkö säättää polttoaineen ruiskutuksen ajankohtaa ja sytytyksen ennakkoa. Kampiakselin asentotunnistimia on sekä induktiivisia- että Hall-antureita. Induktiivinen anturi tunnistaa pulssilevyn hampaan magneettikentän vaikutuksesta rautasydämeen. Hall-anturi tunnistaa hampaan magneettikentän luomasta jännitteestä. (Schneehage 2013, 28.)

2.6 Nokka-akselin asentotunnistin

Nokka-akselin asentotunnistin mittaa nokka-akselin päässä olevasta pulssilevystä akselin asentoa. Moottorinohjausyksikkö käyttää tätä tietoa hyödyksi kampiakselin asentotunnistimen kanssa selvittääkseen moottorin käyntivaihetta. Myös Nokka-akselin asentotunnistimia on induktiivisia ja Hall-antureita. (Schneehage 2013, 97.)

2.7 Polttoaineen paineanturi

Polttoaineen paineanturi ei ole pakollinen moottorin toiminnan kannalta, mutta painetiedon avulla voidaan suojella moottoria laihalta seokselta. Jos polttoaineen paine laskee, polttoainesuuttimien ruiskutuskyky heikkenee, eikä moottori saa oikeaa määrää polttoainetta. (Nieminen 2005, 125–126.)

2.8 Kaasun asentotunnistin

Kaasun asentotunnistin on potentiometri, joka tunnistaa, miten paljon kaasuläppä on auki. Kaasuläpän asentotiedon avulla moottorinohjausyksikkö osaa ruiskuttaa tarvittavan määrän polttoainetta. (Schneehage 2013, 89.)

3 MOOTTORINOHJAUSYKSIKÖN VALINTA

Moottorinohjausyksiköjä löytyy useilta eri valmistajilta ja eri malleissa on suuriakin eroja. Vaihtoehdot käytiin läpi ja ominaisuuksia vertailtiin käyttötarkoitukseen.

3.1 Alkuperäinen Volvo Penta -moottorinohjausyksikkö

Volvo Penta -moottorinohjausyksikkö on edistynyt ja hyvin toimiva. Ohjausyksiköstä saa vikatietao Can-väylän avulla, mutta ohjausyksikköä ei voi ohjelmoida eikä lisätä antureita. (Volvo Penta workshop manual 2006.)

3.2 MegaSquirt 3

MegaSquirt 3 on edullinen ja yksinkertainen moottorinohjausyksikön rakennussarja. Ohjausyksikkö toimitetaan komponentteina, jotka juotetaan piirilevyyn itse. MegaSquirtin etuna on halpa hinta, mutta ohjausyksiköstä puuttuu tiettyjä ominaisuuksia, kuten veden kestävä kotelo ja mahdollisuus Bluetooth-yhteyteen. (Megasquirt.)

3.3 Ecumaster Emu Black

Emu Black on koviin olosuhteisiin tarkoitettu edistynyt moottorinohjausyksikkö. EMU BLACK sisältää laajakaistalambda ohjaimen ja mahdollisuuden liittää useamman lambda-anturin. Emu Black on myös kosteuden ja lämmön kestävä. Ecumaster on kalliimpi ohjausyksikkö, joka sisältää esimerkiksi mahdollisuuden langattomaan Bluetooth-yhteyteen lisäosan avulla. (Sporttiauto.)

3.4 Autronic SM4

Autronic SM4 on normaali moottorinohjausyksikkö, joka soveltuu useille eri moottorityypeille. Autronicin etuja ovat hyvä automaattinen säätö ja päivitettävyyys. Autronic SM4 vaatii laajennusosan 8 sytytyskanavan ohjaukseen. Autronic SM4 ei ole vedenpitävä, eikä siinä ole mahdollisuutta langattomaan yhteyteen. (Sporttiauto.)

3.5 Valittu moottorinohjausyksikkö

Uudeksi moottorinohjausyksiköksi valittiin Ecumaster EMU BLACK, koska siitä löytyy tarvittavat ominaisuudet ja tuki kahdelle lambda-anturille. Ecumaster-moottorinohjausyksikön ohjelmointi tehdään tietokonesovelluksella, mutta Ecumaster-yksikköön voidaan liittyä myös langattomasti puhelimella. Ecumaster-moottorinohjausyksikköä on käytetty myös muissa veneen moottoreissa, joten toimivuus tiedettiin.



Kuva 1. Ecumaster EMU BLACK.

4 VAIHTO

Moottorinohjausyksikön vaihto tehtiin viritettyyn Volvo Penta 5.0Gxi -merimoottoriin. Alkuperäinen moottorinohjaus ei ole ohjelmoitava, joten moottoriin tehtyjen muutosten jälkeen kone käy huonosti tyhjäkäynnillä, eikä korkeilla kierroksilla saatu haluttuja huipputehoja. Moottorin bensa-painetta säädettiin dynamometrissä ja näin saavutettiin tehoa huipulla, mutta tyhjäkäynti meni liian rikkaalle eli polttoainetta ruiskutetaan liikaa. Uudella moottorinohjauksella haluttiin parempaa seossuhteen säätöä asentamalla lambda-anturit, jotka mahdollistavat seossuhteen säädön tarkasti eri kierrosalueilla. Moottorissa on vakiona lambda-antureita lukuun ottamatta kaikki pakolliset anturit.

4.1 Johtosarja

Uuden moottorinohjausyksikön asennuksessa käytettiin vanhan yksikön johtosarjaa. Alkuperäisen ohjausyksikön liitin purettiin, jotta jokainen johto saatiin erikseen laitettua uuden ohjausyksikön liittimeen. Ylimääräiseksi jääneet johdot jätettiin varmuuden vuoksi ehjiksi, mutta ne piilotettiin johtonipun sisään. Johtosarjan sovituksessa käytettiin apuna Volvo Pentan johdotuskaaviota (liite 1. johdotuskaavio).



Kuva 2. Alkuperäinen johtosarja.

4.2 Lambda-anturit

Pakoputkiin hitsattiin paikat uusille lambda-antureille. Anturit asennettiin niin, että pakoputkessa kulkeva jäähdytysvesi ei pääse vahingoittamaan lambda-anturin herkkää titaanidioksididintä. Anturit asennettiin molemmin puolin pakosarjan jälkeiseen nousuun.



Kuva 3. Lambda-anturi pakoputkessa.

Lambda-antureiksi valittiin Bosch LSU4.9 -laajakaistalambda-anturit. Ecumaster-moottorinohjausyksikössä on vain yksi lambda-anturitulo, joten toista anturia varten hankittiin ohjelmoitava Innovate LC-2 -lambda-anturiohjain. Ohjaimesta saadaan moottorinohjausyksikölle analoginen 0-5V-tulo.

Moottorinohjauksen ohjelmointia varten yksikin lambda-anturi olisi riittänyt, mutta kahdelle puolelle asennettuna saadaan parempi turva väärän seossuhteen varalle. Moottori on V-mallinen, eli molemmilla puolilla lohkoa on omat sylinterit ja pakoputket. Kahdella lambda-anturilla pystytään tukimaan molempien puolien toimintaa erikseen.

Lambda-anturia käytetään pääasiallisesti koneen säätämiseen, mutta säädön jälkeen rajoitetaan lambda-anturin mahdollisuutta vaikuttaa seossuhteeseen. Näin varmistetaan, ettei vedelle herkän anturin hajoaminen vaikuta moottorin toimintaan.

4.3 Polttoaineen paine

Moottorin polttoainekiskoon lisättiin paineanturi, jolla saadaan tieto polttoaineen paineen muutoksista. Normaalisissa käytössä polttoaineen paineen mittaus ei ole tärkeää, mutta viritetyssä moottorissa mittauksesta saadaan hyötyä, koska jos paine tippuu, voi seosuhde mennä laihalla, eli polttoainetta ruiskutetaan liian vähän, ja vahingoittaa konetta.

Polttoainesuuttimien kapasiteetti laskettiin ja näin todettiin, ettei alkuperäisien suuttimien tuotto riitä haluttuun tehoon ilman polttoaineen paineen nostoa. Polttoaineen paineen nostaminen vaikuttaa negatiivisesti ruiskutuskuvioon, joten suuttimet vaihdettiin suurempiin. Suurempien polttoainesuuttimien kanssa polttoainepumppujen paineen tuotto laski korkeilla kierroksilla, mutta lasku todettiin harmittomaksi.

4.4 Alkuperäisten anturien sovitukset ohjelmaan

Moottorista löytyy lambda-antureita ja polttoaineenpaineanturia lukuun ottamatta kaikki tarvittavat anturit. Alkuperäisten anturein toiminta-alueet ja signaalit pitää asettaa ohjelmaan, jotta antureita tulkitaan oikein.

4.5 Autotune

Uudessa moottorinohjausyksikössä on Autotune-toiminto, joka tekee polttoainekartat valmiiksi annettujen arvojen perusteella. Toiminto vaatii mahdollisuuden moottorin tasaisiin kierroksiin eri tehoalueilla, joten se ei sovellu veneen moottorin säätöön.

4.6 Mittaristo

Uudesta moottorinohjauksesta saadaan samat tiedot mittaristolle, kuin saatiin alkuperäisestäkin moottorinohjauksesta. Ohjelmalle pitää vain asettaa oikeat Aux-ulostulot ja arvot, jotta mittarit näyttävät oikein.

Ohjelmointitietokonetta käytetään myös mittaristona ainakin säädön ajan. Tietokoneen ruudulle saadaan valittua sellaiset arvot, joita halutaan seurata ja näin saadaan paljon enemmän tietoa, kuin veneen omasta mittaristosta.

Moottorinohjausyksikköön lisätään Bluetooth-sovitin, johon saadaan yhdistettyä tabletti. Tabletin näyttöön saadaan tehtyä mittaristo halutuista tiedoista. Bluetooth-sovitin tallentaa myös lokitiedot usean tunnin ajalta. Näistä tiedoista on hyötyä moottorin toiminnan tutkimisessa ja vianetsimisessä.

4.7 Moottorin suojaaminen

Uusi moottorinohjausyksikkö mahdollistaa useita eri moottorin suojaukseen liittyviä toimintoja, joista käyttöön otettiin jäähdytysnesteen lämpötilaa, öljyn lämpötilaa, öljynpainetta ja pakokaasun lämpötilaa vahtivat toiminnot. Lämpötila rajat asetettiin moottorin alkuperäisiä rajoja vastaaviksi. Jäähdytysnesteen lämpötilan ylärajaksi asetettiin 95 astetta, öljyn lämpötilan ylärajaksi asetettiin 100 astetta ja pakokaasun lämpötilan ylärajaksi asetettiin 480 astetta. Lämpörajat ovat samat kuin alkuperäisessä moottorinohjausyksikössä. (Volvo Penta workshop manual 2006.)

Kun jokin lämpötilarajoista ylitetään, kierrosvälillä 5000-5300rpm alkaa moottorinohjaus rajoittamaan sytytystä ja jos raja ylitetään 5300-5500rpm alueella, niin moottorinohjaus katkaisee polttoaineensyötön ja näin sammuttaa koneen. Jos öljynpainetta ei tule 5 sekunnin aikana käynnistyksestä, kone sammuu automaattisesti.

4.8 Ennen moottorin käynnistystä

Ennen moottorin käynnistystä tarkistetaan moottorinohjausyksikön online-tilassa, että kaikki anturitiedot näyttävät oikein ja ohjausyksikölle opetetaan kampiakselin asento. Ohjausyksikköön tehtiin polttoainekartta, jolla moottori saadaan käymään.

4.9 Moottorinohjauksen säätö

Heti käynnistuksen jälkeen polttoainekarttaa alettiin säätämään, jotta tyhjäkäyntiseos saatiin haluttuun arvoon. Tyhjäkäynnille tehtiin omat polttoaine- ja sytytyskartat, jotta tyhjäkäynti saatiin tasaiseksi. Kun kaasuläppää avataan, vaihtaa moottorinohjausyksikkö

pääkartalle, josta saadaan suurempi teho. Perussäätöjen jälkeen aloitettiin ajamaan moottoria eri kierroksilla ja kuormituksilla. Jokaisen kierros- ja kuormitusalueen jälkeen säädettiin polttoaineen ruiskutus. Matkan nopeuden polttoaineen kulutusta haluttiin laskea, joten seossuhde säädettiin hieman laihalle kierrosalueella 2500-3000rpm. Tämä muutos vaikuttaa vain, kun imusarjan paine on pieni, eli moottorin kuormitus ei ole suuri. Polttoainetaulukossa (Kuva 4.) X-akseli kuvaa moottorin kierrosnopeutta ja Y-akseli imusarjassa vallitsevaa painetta. Taulukon numerot kertovat suuttimien ruiskutusajan. Kartasta näkee, että korkeilla kierroksilla ja suurella kuormituksella polttoaineen ruiskutusaikoja jouduttiin pidentämään, sillä polttoaineen paine alkoi laskea.

55,0	59,0	83,0	96,0	103,0	103,0	105,0	109,3	119,3	130,3	130,3	130,3	130,3	130,3	130,3	130,3	130,3	130,3	130,3	130,3	130,3	100
55,0	59,0	83,0	96,0	101,3	101,3	102,3	109,3	119,3	130,3	130,3	130,3	130,3	130,3	130,3	130,3	130,3	130,3	130,3	130,3	130,3	95
55,0	59,0	83,0	96,0	99,3	99,3	101,3	109,3	110,3	130,3	130,3	130,3	130,3	130,3	130,3	130,3	130,3	130,3	130,3	130,3	130,3	89
55,0	59,0	83,0	96,0	97,7	98,7	99,7	99,7	102,7	106,7	106,7	106,7	106,7	106,7	106,7	106,7	106,7	106,7	106,7	106,7	106,7	84
61,0	72,0	83,0	96,0	96,0	96,0	96,0	96,0	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0	79
61,0	60,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	86,0	86,0	86,0	86,0	86,0	86,0	86,0	86,0	86,0	86,0	86,0	86,0	86,0	73
67,0	67,0	74,0	81,0	81,0	81,0	81,0	81,0	81,0	81,0	81,0	81,0	81,0	81,0	81,0	81,0	81,0	81,0	81,0	81,0	81,0	68
67,0	67,0	74,0	76,0	76,4	76,8	77,2	77,7	78,1	78,5	78,9	79,3	79,7	80,1	80,5	80,9	81,4	81,8	82,2	82,6	82,6	63
74,0	74,0	74,0	75,7	76,2	76,6	77,1	77,5	77,9	78,4	78,8	79,3	79,7	80,2	80,6	81,1	81,5	82,0	82,4	82,9	82,9	57
74,0	74,0	74,0	75,5	76,0	76,4	76,9	77,4	77,9	78,3	78,8	79,3	79,7	80,2	80,7	81,2	81,6	82,1	82,6	83,1	83,1	52
74,0	74,0	74,0	75,3	75,8	76,3	76,8	77,3	77,8	78,3	78,8	79,3	79,8	80,3	80,8	81,3	81,8	82,3	82,8	83,3	83,3	47
74,0	74,0	74,0	75,0	75,5	76,0	76,6	77,1	77,6	78,2	78,7	79,2	79,8	80,3	80,9	81,4	81,9	82,5	83,0	83,5	83,5	41
74,0	74,0	74,0	74,7	75,3	75,9	76,4	77,0	77,6	78,1	78,7	79,2	79,8	80,4	80,9	81,5	82,0	82,6	83,2	83,7	83,7	36
74,0	74,0	74,0	74,5	75,1	75,7	76,3	76,9	77,5	78,0	78,6	79,2	79,8	80,4	81,0	81,6	82,2	82,8	83,4	83,9	83,9	31
74,0	74,0	74,0	74,2	74,9	75,5	76,1	76,7	77,3	78,0	78,6	79,2	79,8	80,5	81,1	81,7	82,3	82,9	83,6	84,2	84,2	25
74,0	74,0	74,0	74,0	74,7	75,3	75,9	76,6	77,3	77,9	78,6	79,2	79,8	80,5	81,2	81,8	82,5	83,1	83,8	84,4	84,4	20
750	1000	1250	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500	7000	7500	8000	8500	9000	9500		

Kuva 4. Ohjelmoitu polttoaineen ruiskutuskartta.

Sytytysennakkoa säädettiin ajon aikana niin korkeilla kierroksilla suuremmaksi ja näin saavutettiin suurempi huipputeho. Samalla kun sytytysennakkoa lisättiin, kuunneltiin nakutusta nakutusanturiin kytketyillä kuulokkeilla. Jos nakutusta olisi havaittu, olisi ennakkoa vähennetty. Sytytysennakkotaulukossa (Kuva 5.) X-akseli kuvaa moottorin kierrosnopeutta ja Y-Akseli imusarjassa vallitsevaa painetta. Taulukon numerot kertovat sytytysennakon asteina.

Ignition - Ign. table #1																	MAP sensor load (kPa)		
15,0	10,0	10,0	10,0	29,0	29,5	30,0	29,5	28,5	29,0	31,0	31,0	31,0	31,0	31,0	31,0	31,0		31,0	100
15,0	10,0	10,0	10,0	30,0	30,0	30,5	30,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0		29,0	95
15,0	10,0	10,0	10,0	30,0	30,0	30,0	29,5	28,5	28,5	27,0	27,0	28,0	27,5	27,5	27,0	27,0		26,5	89
15,0	10,0	10,0	10,0	30,0	30,0	30,0	30,0	29,5	29,5	29,5	29,5	29,0	29,0	29,0	28,5	28,5		28,5	84
15,0	15,0	10,0	10,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	29,5	29,5	29,5	29,5	29,5	29,5	29,5	29,0		29,0	79
15,0	15,0	21,0	25,5	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0		30,0	73
15,0	15,0	21,0	26,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,5	30,5	30,5	30,5	30,5		30,5	68
18,0	18,0	22,0	25,0	30,0	30,0	30,5	31,0	31,0	31,5	31,5	32,0	32,0	32,5	33,0	33,0	33,5		34,0	63
18,0	18,0	22,0	25,0	31,0	31,5	31,5	32,0	32,0	32,5	32,5	33,0	33,0	33,5	33,5	34,0	34,5		34,5	57
21,0	21,0	25,0	28,0	32,0	32,5	32,5	33,0	33,0	33,5	33,5	34,0	34,0	34,5	34,5	35,0	35,0		35,5	52
21,0	21,0	25,0	28,0	33,0	33,0	33,5	33,5	34,0	34,0	34,5	34,5	35,0	35,0	35,5	35,5	36,0		36,0	47
21,0	21,0	25,0	28,0	34,0	34,5	34,5	34,5	35,0	35,0	35,5	35,5	36,0	36,0	36,0	36,5	36,5		37,0	41
21,0	21,0	25,0	28,0	35,0	35,0	35,5	35,5	36,0	36,0	36,0	36,5	36,5	37,0	37,0	37,0	37,5		38,0	36
21,0	21,0	25,0	28,0	35,0	35,0	35,5	35,5	36,0	36,0	36,0	36,5	36,5	37,0	37,0	37,0	37,5		38,0	31
21,0	21,0	25,0	28,0	35,0	35,0	35,5	35,5	36,0	36,0	36,0	36,5	36,5	37,0	37,0	37,0	37,5		38,0	25
21,0	21,0	25,0	28,0	35,0	35,0	35,5	35,5	36,0	36,0	36,0	36,5	36,5	37,0	37,0	37,0	37,5		38,0	20
750	1000	1250	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500	7000	7500	8000	8500	9000	9500
RPM (rpm)																			

Kuva 5. Ohjelmoitu sytytysennakkokartta.

5 LOPPUTULOS

Tarvittavien säätöjen jälkeen moottori saatiin käymään tasaisemmin ja seossuhde saatiin halututtuun arvoon. Moottori käy paremmin tyhjäkäyntiä, eikä mene enää liian rikkaalle. Polttoaineenkulutukseen saatiin suuri parannus. Huipputehoa ei päästy mittaamaan, mutta paremmin toimiva moottori mahdollistaa suuremman potkurin käytön, jolla saavutetaan n.5km/h suurempi huippunopeus. Moottorin käyttövarmuutta onnistuttiin parantamaan ohjelmoiduilla turvajärjestelmillä. Moottorinohjausjärjestelmän keräämän tiedon avulla saadaan seurattua moottorin toimintaa ja varmistettua moottorin pitkäikäisyys.

Työssä pääsi tutustumaan moottorinohjauksen kytkemisen lisäksi moottorinohjauksen ohjelmointiin ja moottorin toimintaperiaatteeseen. Haastavaa työssä oli moottorin lähtötietojen ja toimintatavan selvittely, koska veneen moottori eroaa joiltain osin auton moottorista. Haastetta lisäsi myös se, että Volvo Penta -moottoreista ei löydy suoraa tietoa, vaan kaikki tieto piti etsiä erikseen. Haastetta lisäsi myös se, ettei säätöjä pystytty tekemään dynamometrissä, vaan ne piti tehdä ajon aikana.

Moottorinohjausta säädetään vielä tulevaisuudessakin, kun saadaan moottorin ilmanottoa parannettua. Uusi moottorinohjausyksikkö mahdollistaa myös moottorin ahtamisen, joka on seuraava askel, jos tehoa halutaan lisätä.

6 YHTEENVETO

Työn ensimmäinen vaihe oli moottorinohjauksen toimintaan ja siihen liittyviin antureihin perehtyminen. Tässä onnistuttiin ja opittujen tietojen perusteella päästiin jatkamaan seuraavaan vaiheeseen eli moottorinohjausyksikön valintaan. Valintaprosessissa vertailtiin eri vaihtoehtoja moottorinohjausyksiköksi ja valittiin käyttötarkoitukseen sopivaksi ohjausyksiköksi Ecumaster Emu Black.

Tavoitteena oli suorittaa moottorinohjausyksikön vaihto veneen moottoriin ja näin parantaa moottorin toimivuutta. Ennen ohjausyksikön vaihtoa moottori kävi liian rikkaalla ja tyhjäkäynti oli epätasaista. Moottorinohjausyksikkö vaihdettiin sekä tarvittavat anturit lisättiin moottoriin. Moottorin toimivuus parani huomattavasti ja näin vaihto todettiin onnistuneeksi.

LÄHTEET

Ecumaster EMU BLACK <http://www.ecumaster.com/products/emu-black/> Viitattu 13.11.2017

Megasquirt, <http://megasquirt.info/products/diy-kits/ms3/> Viitattu 14.5.2018

Nieminen, S. 2005. Auton rakenne 1, Moottori ja tehonsiirto, 1.painos. Helsinki: Werner Söderström Osakeyhtiö

Schneehage, G & Seppälä, J. 2013. Moottoriohjaus: tunnistimet: rakenne, toiminta ja testaus oskilloskoopilla. Käännös 1. painoksesta. Bad Wörishofen: Krafhand Verlag Schulz GmbH

Sporttiauto Autronic, <http://sporttiauto.com/index.php?p=sm4-ecu>. Viitattu 16.5.2018

Sporttiauto Ecumaster, <http://sporttiauto.com/index.php?p=emublack> Viitattu 16.5.2018

Volvo Penta of the Americas, inc. 2006. Volvo Penta workshop manual.

Liite 1. johdotuskaavio

