

Antti Tuomainen

Karting-auton moottorinohjauksen suunnittelu ja toteutus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Auto- ja kuljetustekniikka

Insinöörityö

22.11.2017

Tekijä Otsikko	Antti Tuomainen Karting-auton moottorinohjauksen suunnittelu ja toteutus
Sivumäärä Aika	22 sivua 22.11.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Auto- ja kuljetustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Autosähkötekniikka
Ohjaaja(t)	Lehtori Vesa Linja-aho
<p>Tämän insinööriyön tarkoituksena oli suunnitella ja rakentaa nykyaikaisella polttoaineen ruiskutusjärjestelmällä varustettu karting-auto ja verrata sitä samanlaiseen kaasuttimella varustettuun autoon. Työn tilaajana toimi Karting One Oy, joka on kuopiolainen karting-ajotilaisuuksia järjestävä yhtiö.</p> <p>Työ aloitettiin tutkimalla eri moottorinohjainjärjestelmiä ja kartoittamalla eri järjestelmien kustannuksia. Ylivoimaisesti edullisimmaksi ja helpoimmaksi järjestelmäksi todettiin Ecotrons-yhtiön kehittämän moottorinohjausjärjestelmän pieniin polttomoottoreihin. Olennaisin ero muihin järjestelmiin on, että Ecotrons sisältää kaikki tarvittavat osat muutostyöhön.</p> <p>Suurin ongelma karting-autoissa oli huono käynnistyvyys ja sateella vesisumun joutuminen kaasuttimen kanaviin, mikä aiheutti auton sammumisen moottorijarrutuksissa. Nämä ongelmat poistuivat uudella moottorinohjausjärjestelmällä, joka näin paransi autojen luotettavuutta. Työstä saatujen tulosten ja kokemusten avulla voidaan myös muut kaasuttimella varustetut karting-autot muuttaa ruiskutusjärjestelmällisiksi.</p>	
Avainsanat	Karting, moottorinohjaus, Ecotrons

Author(s) Title Number of Pages Date	Antti Tuomainen Designing and Installing an Electronic Fuel Injection system for a Karting Car 22 pages 22 November 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automotive Engineering
Specialisation option	Automotive Electronics Engineering
Instructor(s)	Vesa Linja-aho, Senior Lecturer
<p>The objective of this Bachelor's thesis was to design and build a karting car with an electronic fuel injection system and compare it to a carburetor version. The thesis was assigned by Karting One Oy.</p> <p>The project was started by getting familiar with different engine management systems and prices. This research showed that Ecotrons' small engine fuel injection kit was the cheapest and the easiest way to carry out this modification. The difference compared to other kits was that Ecotrons' system included all the components that the installation work required.</p>	
Keywords	Karting, EFI , Ecotrons

Esipuhe

Opinnäytetyössä tutkittiin Honda Gx390 -moottorin käyntiongelmia ja parannusmahdollisuuksia. Työn tuloksena saatiin toimiva moottorinohjausjärjestelmällä varustettu karting-auto. Opinnäytetyö aloitettiin kartoittamalla erilaisia mahdollisuuksia 2016 ja työ saatiin loppuun 2017 rakentamalla kokonaan uusi auto moottorinohjausjärjestelmällä.

Kiitän Karting One Oy:n Jarmo Savolaista mielenkiintoisesta ja haastavasta projektista ja opinnäytetyöstä moottoriurheilun parissa.

Kuopiossa 22.11.2017

Antti Tuomainen

Sisällys

Tiivistelmä

Abstract

Esipuhe

1	Johdanto	1
1.1	Karting	1
1.2	Karting One Oy	2
1.3	Tavoitteet	2
2	DINO Leisure -karting-auto	3
2.1	Honda GX390	3
2.1.1	Kaasutin	4
2.1.2	Sytytysjärjestelmä	6
3	Ecotrons-moottorinohjaussarja	7
3.1	Anturit	7
3.1.1	Pyörimisnopeustunnistin, CKP	8
3.1.2	Lambdatunnistin, O ² sensor	9
3.1.3	Imusarjan paineanturi, MAP	9
3.1.4	Lämpötilatunnistimet, ECT ja IAT	10
3.1.5	Kaasunasetotunnistin, TPS	10
3.2	Toimilaitteet	11
3.2.1	Ruiskutussuutin	11
3.2.2	Tyhjäkäyntimoottori, IAC	12
3.2.3	CDI-sytytys	12
4	Laitteiston asennus autoon	13
4.1	Läppärungon ja imusarjan asennus	13
4.2	Pyörimisnopeustunnistimen asennus	14
4.3	Johtosarjan, ohjainlaitteen ja katkaisijoiden asennus	15
4.4	Muut tunnistimet	15
4.5	Polttoainejärjestelmä	16
5	Moottorin säätämisen periaate ja säätötyö	17
5.1	Perusasetukset	17

5.2	Volumetrinen hyötysuhde ja VE-taulukko	18
6	Tulokset	20
7	Pohdinta ja yhteenveto	21
	Lähteet	22

1 Johdanto

Nykyaikana kaikissa autoissa käytettävät bensiinimoottorit on varustettu moottorinohjausjärjestelmällä. Moottorinohjaus mahdollistaa tarkan ja taloudellisen polttoaineen ruis- kutuksen ja kipinän ajoituksen joka tilanteessa. Karting-autojen kaasuttimen ongelmista johtuen heräsi ajatus, onko moottorinohjausjärjestelmää mahdollista käyttää karting- au- tossa ja onko siitä etua kaasuttimella varustettuun moottoriin verrattuna.

1.1 Karting

Karting on etenkin nuorisolle tarkoitettu moottoriurheilulaji, jolla luodaan pohja myöhem- pään rata-autoiluun. Ennen kaikkea kartingia pidetään nousulajina formuloihin. Esimer- kiksi Kimi Räikkönen ja Heikki Kovalainen ovat aloittaneet uransa juuri kartingilla. Karting on suosittu harrastus myös aikuisten keskuudessa joko omalla autolla tai vuokra-autolla ajettuna. (Karting. AKK-Motorsport 2017.)

Suomessa lähes jokaisessa suuressa kaupungissa on mahdollista kokeilla kartingia sisä- tai ulkoradoilla. Parhaan opastuksen lajiin saa kuitenkin paikallisen seuran kautta. Suomessa on tällä hetkellä yli 150 seuraa ja ulkoratoja yli 50. (Karting 2017.)

Karting-auto eli Kart on putkirunkoinen auto. Lisäksi autossa on katteet ja puskurit; vuokra-autot on varustettu myös turvakehikolla. Kilpailuluokissa moottorit ovat 60-250 cm³:n kokoisia ja vuokratyössä 125–400 cm³:n kokoisia. Suurin ero moottoreissa on, että kilpailukäyttöön tarkoitettut moottorit ovat yleensä 2-tahtisia ja ne on suunniteltu ni- menomaan karting-käyttöön.

1.2 Karting One Oy

Karting One on kuopiolainen karting-ajotilaisuuksia järjestävä yhtiö, ja se on osa Kuopin Palveluyhtiöt Oy:ta. Kokonaisuudessaan Kuopion Palveluyhtiöt työllistää viisi henkilöä. Toimialoina yhtiöllä on kotiruokapalvelu, simulaattoriajotilaisuudet ja karting-ajotilaisuudet. Liikevaihto vuodessa on noin 500 tuhatta euroa. Uusimpana mukaan on tullut Drive Club, jossa on kahdeksan ajosimulaattoria, Yksi 3D virtual reality -pelihuone, kokoustilat 24 henkilölle, keittiö ja sauna. (Savolainen 2017.)

Karting-ajotilaisuudet järjestetään Lapinlahden kartingradalla, jossa kuljettajat ensin perehdytetään karting-ajoon ja autoihin sekä käydään läpi kilpailun kulku ja ajoturvallisuus. Karting-autoja on 10 kappaletta, ja jos ajajia on yli 10, jaetaan ajajat ryhmiin, jolloin kaikki ajavat ensin harjoitukset ja aika-ajot. Tämän jälkeen ajajat jaetaan aika-ajon mukaan A- ja B-finaaleihin. (Karting One 2017.)

1.3 Tavoitteet

Karting One Oy:n autot ovat DINO Leisure -merkkisiä ja varustettu Honda GX390 -moottorilla. Alkuperäisinä käyttökohteina moottoreilla ovat olleet muun muassa lumilingot, generaattorit ja muut pienet työkoneet. Näin ollen moottori on suunniteltu toimimaan tasaisella ja matalalla pyörimisnopeudella, joka ei vastaa karting-käyttöä ja -rasitusta. Moottorissa on vakiona kiinteä sytytysennakko ja pieni kaasutin, mikä aiheuttaa ongelmia etenkin sateella. Tässä työssä esittelen moottorinohjausjärjestelmän asentamisen ja säätämisen. Tavoitteena on saada ruiskutus- ja sytytysjärjestelmä toimimaan luotettavasti joka tilanteessa ja mahdollisesti jopa kasvattaa moottorin suorituskykyä.

2 DINO Leisure -karting-auto

Dino on tanskalainen karting-tuotteisiin erikoistunut yhtiö. Yhtiö on perustettu ja ensimmäinen automalli rakennettu vuonna 1958. DINO valmistaa niin kilpakäyttöön suunniteltuja autoja kuin myös vuokrakäyttöön tarkoitettuja lujempia ja tätä kautta raskaampia autoja (kuva 1). (DINO 2017.)



Kuva 1. Dino Leisure karting auto (Savolainen 2015)

2.1 Honda GX390

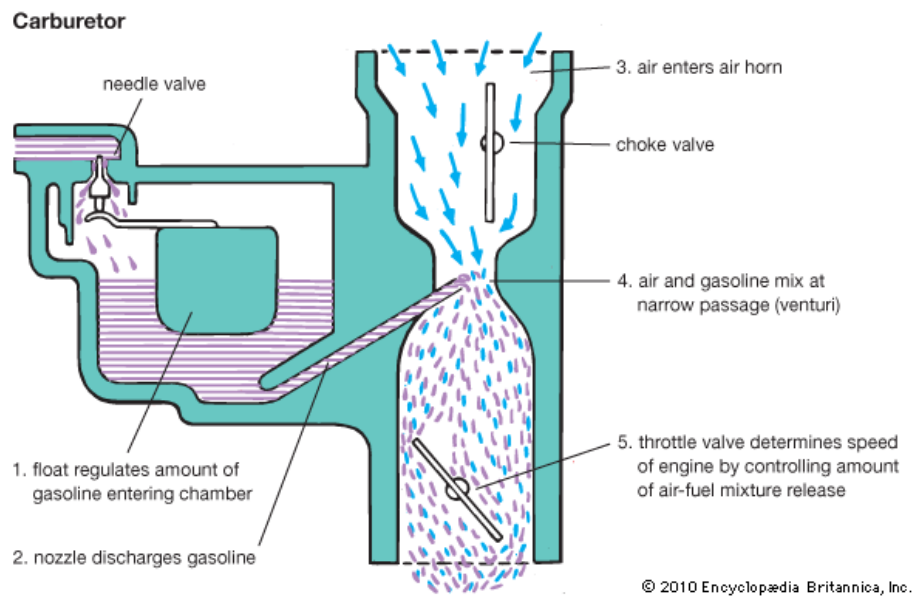
Honda GX390 -moottori on 389 cm³:n suuruinen, yksisylinterinen nelitahtimoottori (kuva 2). Moottorissa on OHV (overhead valve) -venttiilikoneisto, automaattinen puolipuristin, sähkökäynnistys ja roiskeöljyvoitelu (Honda Engines 2017). Suurimmat muutokset karting-käyttöön ovat nokka-akselin, pakoputkiston ja venttiilinjousien vaihtaminen. Yksi suuri ongelma on ollut myös kestävä ja miellyttävän kytkimen kehittäminen. Tähän moottorin on saatavana kuivakytкимиä, mutta nämä kytkimet ovat täristäneet matalilla kierroksilla ja kestävyys on ollut heikkoa. Märkäkytkimissä ongelmana on ollut väännön kesto ja sitä kautta kytkimen luistaminen. Tässä työssä ei kuitenkaan perehdytä voimansiirtoon enempää.



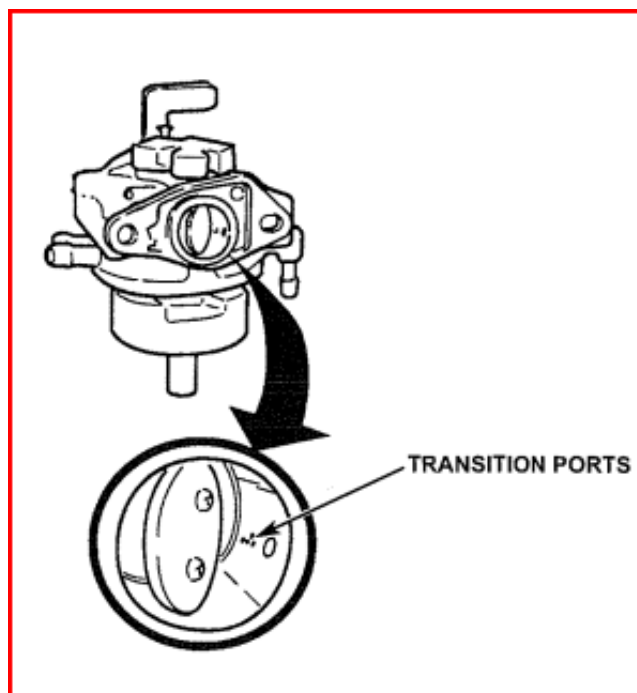
Kuva 2. Honda GX390-moottori(Honda Gx 2017)

2.1.1 Kaasutin

Kaasuttimen toiminta perustuu Venturi-ilmiöön. Kaasuttimessa ilmavirta supistetaan kapeampaan putkeen, jolloin ilmanvirtaus on nopeampi ja paine pienempi (Venture Principle, 1965). Näin ulkoilman paine työntää polttoaineen imukanavaan (kuva 3). Moottorin alkuperäinen kaasutin on Keihin BE -mallinen. Kaasutin on läppäohjattu ja sisältää tyhjäkäyntipiirin lisäksi kylmäkäynnistysrikastuksen. Kaasuttimen ongelma on kartingissa sateella nousevan vesisumun joutuminen osakaasukanaviin ja näin moottorin sammumisen moottorijarrutuksissa. (kuva 4.)



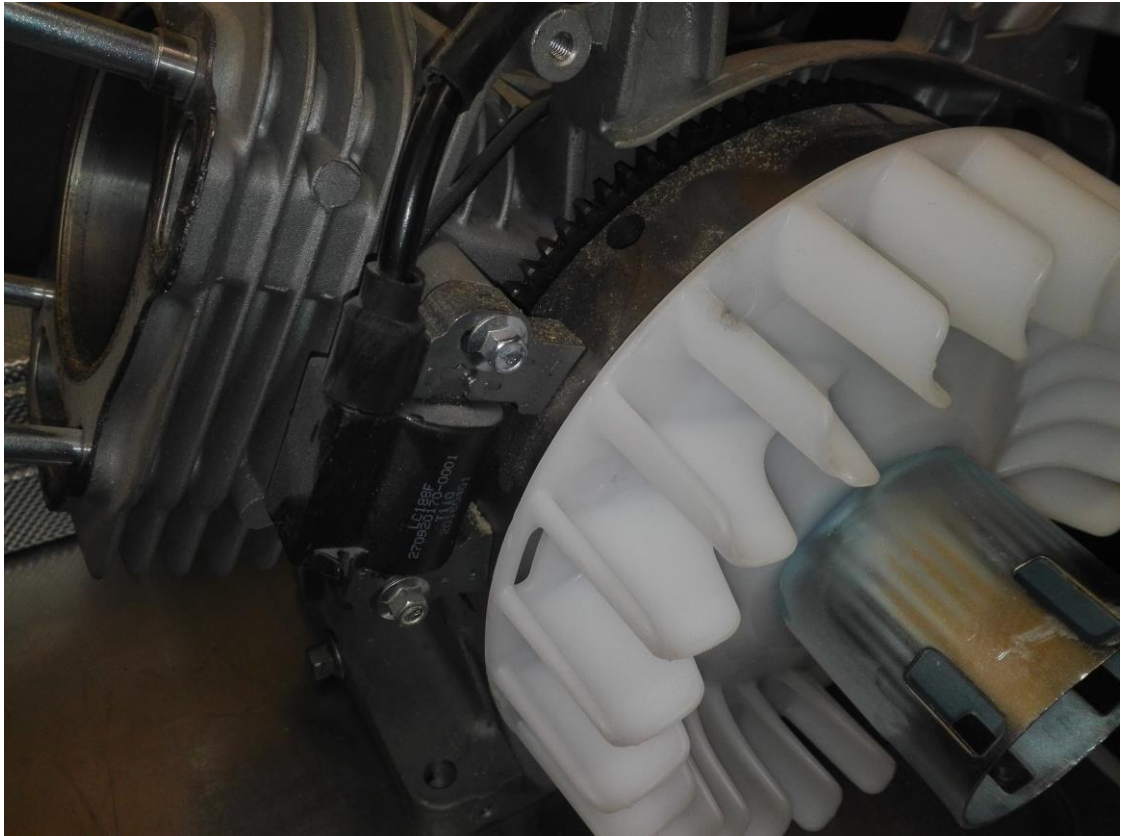
Kuva 3. Kaasuttimen toimintaperiaate ja keskeiset osat (Carburetor 2017)



Kuva 4. Kaasuttimen osakaasukanavat (Honda Power 1995, s. 94)

2.1.2 Sytytysjärjestelmä

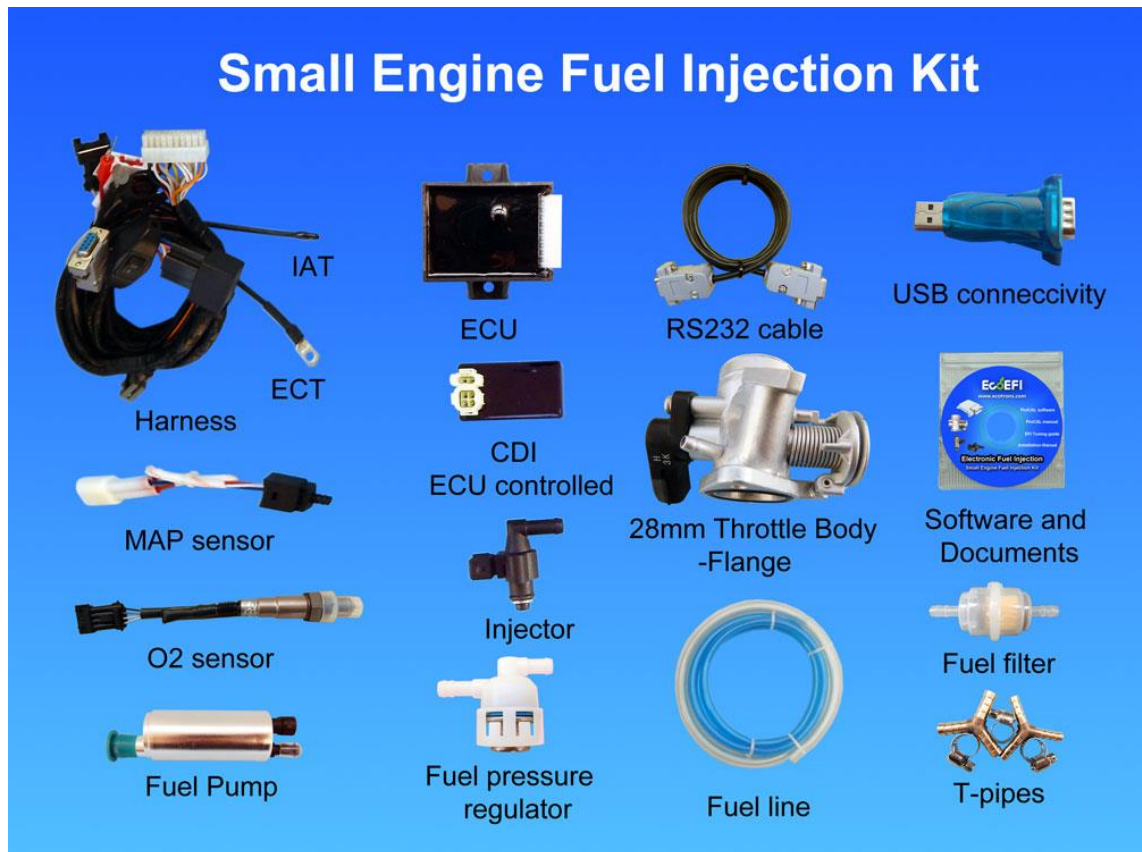
Moottorissa on normaali magneettosytytys. Sytytysjärjestelmän vahvuutena on yksinkertainen rakenne, eikä se tarvitse ulkopuolista virtaa toimiakseen. Heikkoutena voidaan kuitenkin pitää säätömahdollisuuksien puuttumista, kiinteää sytytysennakkoa ja heikkoa sytytystehoa. Alkuperäisessä sytytysjärjestelmässä sytytysennakko on kiinteä 10° EYKK. (kuva 5.)



Kuva 5. Honda GX:n alkuperäinen sytytyspuola

3 Ecotrons-moottorinohjaussarja

Ecotrons myy valmiita Plug-and-Play-moottorinohjaus-sarjoja (kuva 6), joissa moottorinohjausyksikkö on erittäin pienikokoinen ja mahtuu helposti suojaan. Sarja sisältää kaiken, mitä asennukseen tarvitaan. Sarja maksaa 700 dollaria eli noin 650 euroa.



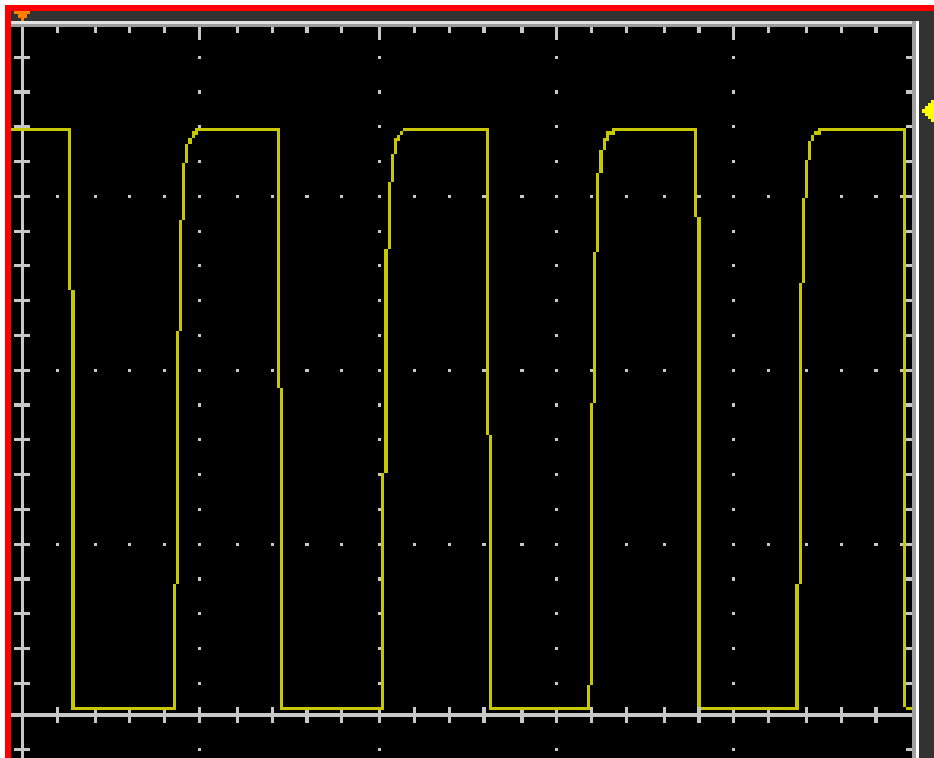
Kuva 6. Ecotrons-moottorinohjaussarja (Ecotrons 2016)

3.1 Anturit

Ecotrons-sarja sisältää kaikki normaaliin moottorinohjaukseen tarvittavat anturit. Sarjaan kuuluu moottorin pyörimisnopeustunnistin, moottorin- ja imuilman lämpötilatunnistimet, imusarjanpaine-tunnistin, kaasunasennontunnistin ja kapeakaistainen lambdatunnistin. Lisäksi tässä järjestelmässä on mahdollisuus kahden eri ruiskutuskartan käyttöön erillisen katkaisijan avulla.

3.1.1 Pyörimisnopeustunnistin, CKP

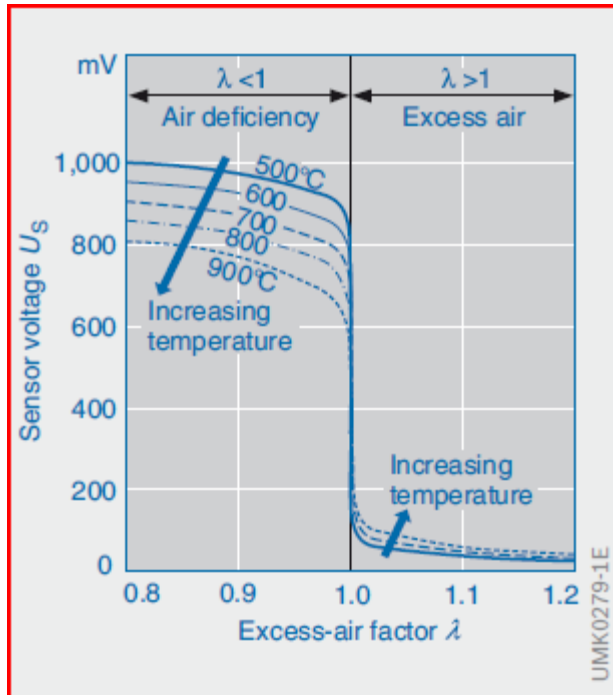
Kampiakselin pyörintänopeustunnistimena käytetään Hall-tyyppistä tunnistinta. Hall-anturin toiminta perustuu nimensä mukaisesti Hall-ilmioon. Hall-anturi luo ympärilleen magneettikentän, jota "häiritään" rautaisella hammaskehällä tai joissain tapauksissa toisella magneetilla. Tämän seurauksena anturi luo suorakaiteen tai lähes suorakaiteen muotoista signaalia (kuva 7). Hall-tunnistin tarvitsee toimiakseen hyvän jännitteensyötön ja maadoituksen.



Kuva 7. Hall-signaali Hantek-oskiloskoopilla

3.1.2 Lambdatunnistin, O_2 sensor

Lambdatunnistin mittaa pakokaasuseoksesta, onko polttoaine-ilmaseos ollut laiha tai rikas. Tunnistimen sisällä on joko zirkoniumoksidi- tai titaanioksidielementti, joka reagoi pakokaasuun. Jos seos on rikas, luo tunnistin 0,8–1 voltin jännitteen. Laihalla seoksella jännite on vain 0–0,2 voltia ja stoikiometrisellä seoksella 0,45 voltia. Alla olevassa kuvassa on jännitekäyrät eri lämpötiloissa (kuva 8).



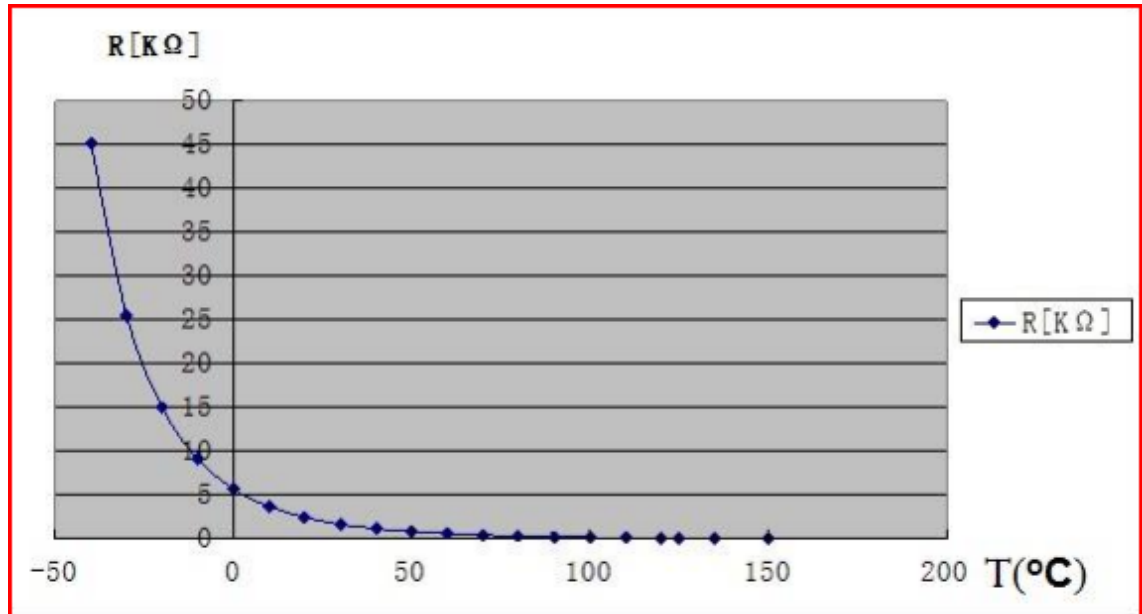
Kuva 8. Kapeakaistaisen lambdatunnistimen jännitetasot eri lämpötiloissa (Bosch automotive electronics 5th edition 2007)

3.1.3 Imusarjan paineanturi, MAP

MAP-tunnistinta (Manifold Absolute Pressure) käytetään moottorin kuormituksen laskentaan. Tunnistin mittaa imusarjassa olevaa absoluuttista painetta ja antaa ulostulosignaalin 0–5 voltin jännitteen. Tässä sarjassa anturi on 100 kPa:n tunnistin, eli tunnistin ei pysty mittaamaan ilmakehää suurempaa painetta (ahtopainetta).

3.1.4 Lämpötilatunnistimet, ECT ja IAT

Moottorin- ja imuilmanlämpötilatunnistimia käytetään parantamaan käynnistymistä ja suojaamaan moottoria ylikuumentumiselta. Sarjassa molemmat tunnistimet on integroitu suoraan johtosarjaan ja omaavat samat vastuskäyrät. Tunnistimessa on tavallinen NTC-vastus, eli tunnistimen resistanssi pienenee, kun lämpötila nousee. Kuvassa 9 on tunnistimen ominaiskäyrä.



Kuva 9. Lämpötilatunnistimien resistanssikuvajaaja (Ecotrons 2016)

3.1.5 Kaasunasentotunnistin, TPS

Kaasunasentotunnistinta käytetään kuormituksen laskentaan ja täyskaasutoimintojen ohjaukseen. Tunnistin tarvitsee toimiakseen 5 voltin jännitteensyötön ja maadoituksen. Ulostulotietona tunnistin antaa tasajännitettä, niin että 0 %:n kaasuläpän aukiololla jännite on 0,3 voltia ja 100 %:n aukiololla 4,8 voltia.

3.2 Toimilaitteet

Ecotrons-sarjalla pystyy ohjaamaan polttoaineen ruiskutuksen lisäksi myös polttoainepumppua, tyhjäkäyntimoottoria ja sytytystä. Sarjaan kuuluu 190 cc/min -ruiskutussuutin. Tyhjäkäyntimoottori on integroitu kaasuläppäyksikköön. Alla olevassa kuvassa on kaasuläppä kiinnitettynä imusarjaan (kuva 10). Sytytysjärjestelmänä käytetään CDI-sytytyksen vahvistinta ja erillistä sytytyspuolaa.



Kuva 10. Kaasuläppä, tyhjäkäyntimoottori ja TPS

3.2.1 Ruiskutussuutin

Ruiskutussuuttimen tehtävänä on ruiskuttaa polttoainetta imusarjaan oikea määrä, oikeaan aikaan. Matalapainesuuttimen bensiinipaine on 3–5 baaria, tässä tapauksessa bensiinipaine pidetään jatkuvasti 3 baarissa paineensäätimellä. Suuttimen ohjaus tapahtuu luomalla sähkövirran avulla käämiin magneettikenttä, joka vetää neulaventtiiliä ja avaa suuttimen (kuva 11).

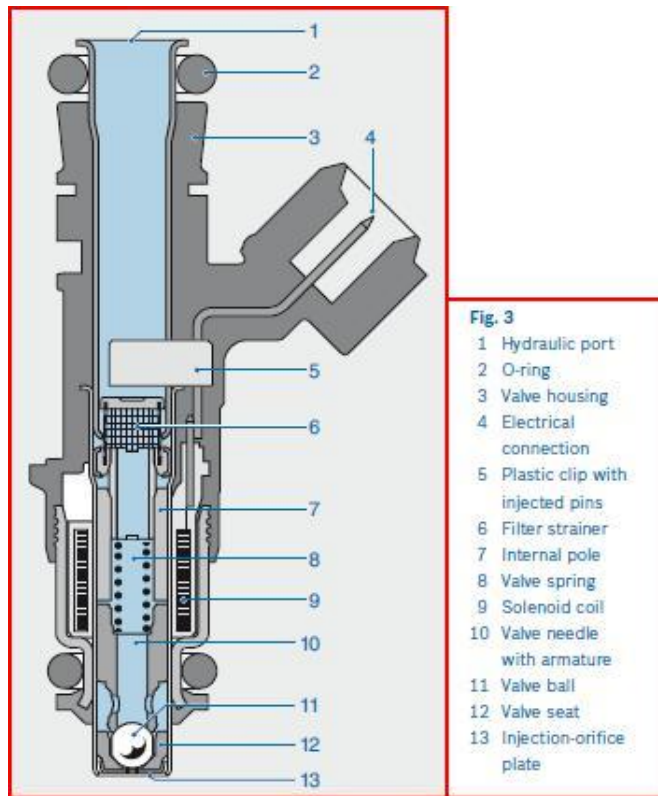


Fig. 3

- 1 Hydraulic port
- 2 O-ring
- 3 Valve housing
- 4 Electrical connection
- 5 Plastic clip with injected pins
- 6 Filter strainer
- 7 Internal pole
- 8 Valve spring
- 9 Solenoid coil
- 10 Valve needle with armature
- 11 Valve ball
- 12 Valve seat
- 13 Injection-orifice plate

Kuva 11. Boschin ruiskutussuuttimen läpileikkauskuva (Bosch automotive electronics 5th edition 2007)

3.2.2 Tyhjäkäyntimoottori, IAC

Tyhjäkäyntimoottorin tehtävänä on ylläpitää haluttu kierrosnopeus, kun moottorin annetaan käydä tyhjäkäynnillä. Etuna kaasuläpän avaamiseen on tasaisempi käynti kylmällä ja lämpimällä moottorilla. Tyhjäkäyntimoottori siis avaa kanavan kaasuläpän ohi tarvittaessa.

3.2.3 CDI-sytytys

CDI eli Capacitor Discharge Ignition on elektroninen sytytyksenohjausjärjestelmä, joka tuottaa suuremman jännitteen ja tätä kautta tehokkaamman kipinän normaaliin magneettosytytykseen verrattuna. CDI-sytytyksen toiminta perustuu nimensä mukaisesti kondensaattorin purkautumiseen ja tästä saatavaan suureen ja nopeaan jännitepiikkiin.

4 Laitteiston asennus autoon

Asennussarjan avulla muutostyö on melko yksinkertaista. CDI-sytytyksen vahvistin asennettiin sytytyspuolan kanssa suoraan moottorin päälle. Näin varmistetaan, etteivät korkeat sytytysjännitteet aiheuta häiriöitä muissa signaaleissa. Sarjan oma polttoainepumppu jouduttiin korvaamaan hieman suuremmalla, henkilöautoon tarkoitettulla pumpulla asennusvirheen vuoksi. Alla on kuva moottorista ja moottorinohjauksesta asennettuna runkoon (kuva 12). Ohjainlaite ja rele on asennettu kuvassa näkyvän ponttonin alle.



Kuva 12. Moottorinohjaus asennettuna

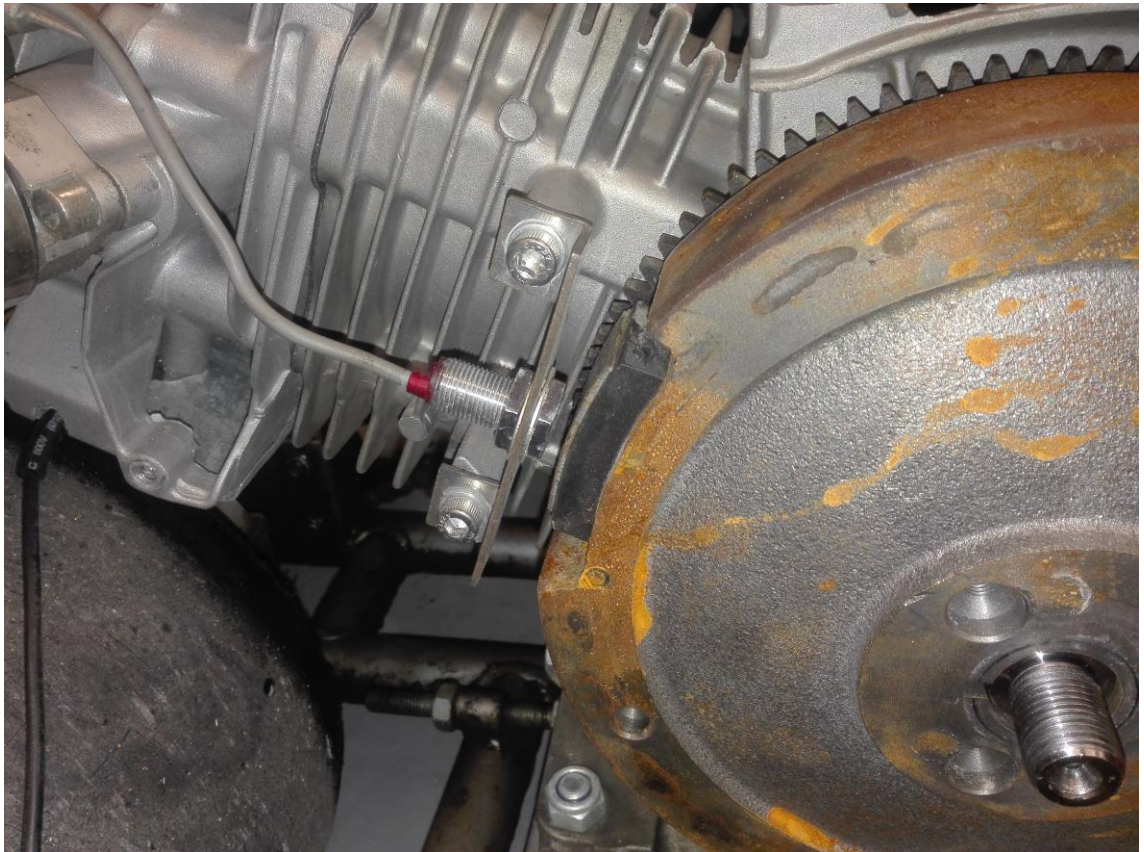
4.1 Läppärungon ja imusarjan asennus

Moottorista on poistettava kaikki alkuperäiset imusarjan osat mukaan lukien pinnapultit. Näin imusarja voidaan kiinnittää sylinterikanteen ja läppärunko imusarjaan. Imusarjassa on valmis MAP-tunnistimen liitäntä. Tunnistin liitetään imusarjaan lyhyen, noin viiden senttimetrin pituisella muoviletkulla (kuva 10). Läppärunko kiinnitetään imusarjaan siliikoniletkulla. Imusarjan ja läppärungon asennuksessa tuli kiinnittää erityistä huomiota

asennuksen tiiviyyteen, koska vuoto imujärjestelmässä muuttaa ilma-polttoaineseoksen laihaksi. Imuvuodon havaitsee helposti esimerkiksi kohonneesta tyhjäkäynnistä.

4.2 Pyörimisnopeustunnistimen asennus

Kampiakselin pyörimisnopeustunnistin asennettiin alkuperäisen sytytyspuolan tilalle lukemaan alkuperäisen sytytyksen magneettia vauhtipyörässä (kuva 13). Ilmaväliksi tähän Hall-tunnistimeen ilmoitetaan melko suuri 3–5 millimetriä. Sytytyksen kannalta on tärkeää tietää, millä kampiakselin asennolla tunnistin lukee magneetin, koska sytytyksen ajoitus perustuu tähän tunnistimeen. Astelevyn avulla tulokseksi saatiin mitattua 29° EYKK.



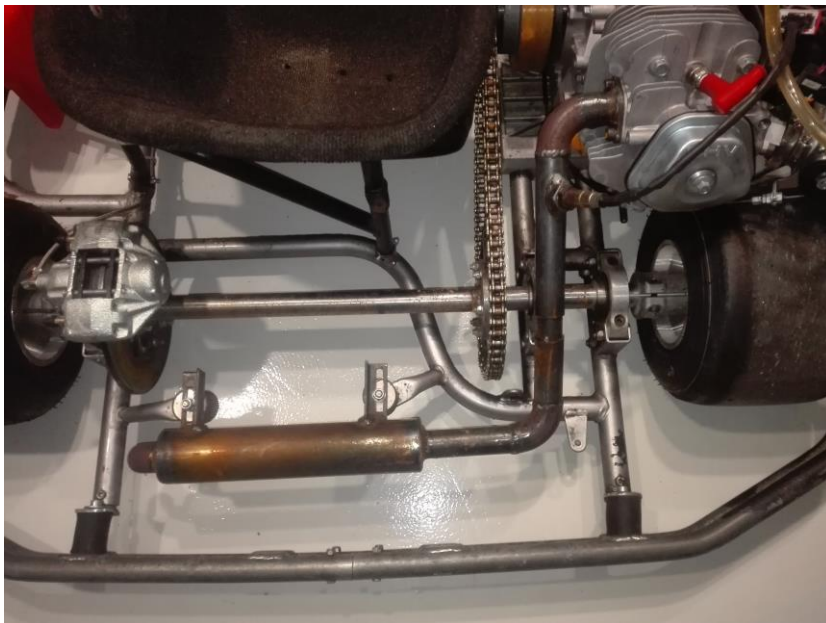
Kuva 13. Kampiakselin pyörimisnopeustunnistin asennettuna alkuperäisen sytytyspuolan tilalle.

4.3 Johtosarjan, ohjainlaitteen ja katkaisijoiden asennus

Yleismallinen johtosarja jouduttiin muuttamaan lähes täysin, jotta se saatiin sopimaan autoon. Muutostyö aloitettiin purkamalla suojamuovit ja teipit johtosarjasta. Moottorinohjausyksikkö ja rele asennettiin auton oikean ponttonin alle. Näin moottorinohjaus on suojassa suoralta lialta ja vedeltä, mutta on tarvittaessa irrotettavissa nopeasti. Kaikki kytkimet ja diagnostiikkapistoke sijoitettiin myös oikeaan ponttoniin. Yksi tärkeä asia komponenttien sijoittelussa oli huomioida, että autolla ajaa useita ihmisiä, suurin osa ensi kertaa karting-autolla. Auto tuli siis suunnitella niin, että minkään komponentin päälle ei voi vahingossakaan astua tai sitä rikkoa kilpailutilanteessa.

4.4 Muut tunnistimet

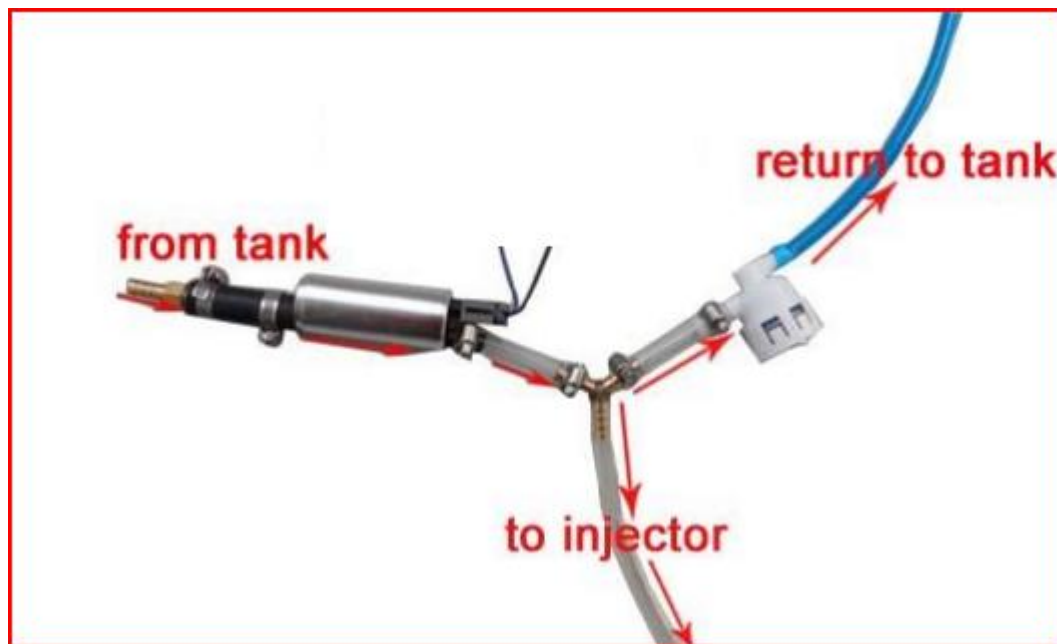
Imuilmanlämpötilatunnistin asennettiin suoraan ilmansuodattimen sisälle. Näin lämpötilatunnistin on suojattuna vedeltä ja lialta, joka voisi muuttaa todellista arvoa. Moottorinlämpötilatunnistin asennettiin suoraan sylinterilohkoon suojaPELLIN alle, jotta ajoviima ei jäähdytä tunnistinta. Lambdatunnistin asennettiin pakoputkeen noin 20 cm:n päähän moottorista, jotta tunnistin lämpenisi nopeasti, mutta ei kuitenkaan kuumuisi liikaa ja vaurioituisi. Tunnistinta varten pakoputkeen täytyi tehdä M18 x 1,5 -kierre, johon tunnistin liitetään.



Kuva 14. Lambdatunnistin asennettuna pakoputkeen

4.5 Polttoainejärjestelmä

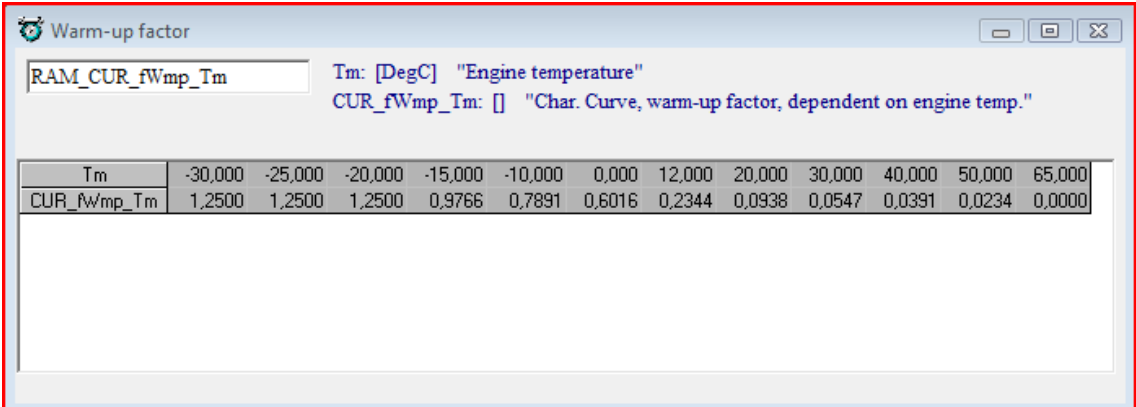
Polttoainesuodatin asennettiin lähelle tankkia, jotta sen vaihtaminen olisi nopeaa ja helppoa. Polttoainepumpun paikka tuotti hieman vaikeuksia, koska pumppu oli ulkomitoiltaan suurempi kuin alkuperäinen. Pumppu saatiin kuitenkin mahtumaan hyvin tankin oikealle puolelle. Paineensäädin asennettiin moottorin päälle, käytännössä paikkaan missä se vain mahtui olemaan. Polttoaineletkuina käytettiin sarjan mukana tulleita letkuja ja kytkentä suoritettiin alla olevan kuvan 15 mukaisesti.



Kuva 15. Polttoainejärjestelmän kytkentä (Ecotrons 2016)

5 Moottorin säätämisen periaate ja säätötyö

Moottorin säätö tapahtuu Ecotronsin kehittämällä Procal-säätöohjelmalla. Moottorinohjain sisältää valmiiksi hyvän peruskartan tälle Gx390-moottorille, mutta moottoriin tehdyt muutokset ovat parantaneet toimintaa niin, että hienosäätö on tarpeen. Tärkeimmät säätökartat ovat VE eli volumetrinen hyötysuhteen taulukko ja sytytysennakkotaulukko. Ohjainlaitteessa on lisäksi käynnistykseen ja lämmityskäyttöön omat ruiskutuskartat, mutta näitä voidaan säätää vasta, kun moottorin perustoiminta on kunnossa, koska esimerkiksi lämmityskäyttöön tarkoitettu "warm-up factor" toimii kertoimena normaali ruiskutuskarttaan (kuva 16). Esimerkiksi, jos moottorin lämpötila on 12 astetta, on polttoaineen suihkutuksen $1 + 0,2344 = 1,2344$ -kertainen normaali käyntilämpötilaan verrattuna.



The screenshot shows a software window titled "Warm-up factor". It contains a text input field with "RAM_CUR_fWmp_Tm", a label "Tm: [DegC] 'Engine temperature'", and a description "CUR_fWmp_Tm: [] 'Char. Curve, warm-up factor, dependent on engine temp.'". Below this is a table with two rows and 13 columns.

Tm	-30,000	-25,000	-20,000	-15,000	-10,000	0,000	12,000	20,000	30,000	40,000	50,000	65,000
CUR_fWmp_Tm	1,2500	1,2500	1,2500	0,9766	0,7891	0,6016	0,2344	0,0938	0,0547	0,0391	0,0234	0,0000

Kuva 16. Moottorin lämmitysvaiheessa vaikuttava "warm-up factor"

5.1 Perusasetukset

Ensimmäisenä moottorinohjaimelle on kerrottava moottorin perustiedot, kuten moottorin tilavuus, sallitut pyörintänopeudet ja kampiakselin tunnistimen toimintatapa ja ajoitus (kuva 17). Kierrostenrajoitin asetettiin "varman päälle" 5500 rpm:ään. Vaikka moottori ei saavutakaan suurempaa pyörimisnopeutta, kuin 5000 rpm missään kohtaa rataa, on moottori helppo rikkoa ilman rajoitinta esimerkiksi ulosajossa nurmelle.

The image shows three overlapping dialog boxes from a software interface for engine configuration. The top box is titled "Engine Displacement" and contains a table with one row: VAL_vEng, 389,005, cc, "volume of engine displacement in cc or mL". The middle box is titled "Engine RPM range" and contains a table with two rows: VAL_Nmin (120,000 Rpm, "Min engine speed can be detected") and VAL_Nmax (5500,000 Rpm, "max engine speed allowed"). The bottom box is titled "Crank Position Sensor" and has several sections: "Single Pulse" (checked), "2 Pulses Per Rev" (unchecked), and "Multi-tooth Trigger Wheel" (unchecked). Under "Tooth settings", "Total Tooth Counter" is 1 and "Number of Missing Tooth" is 2. Under "Reference Mark", "Reference mark 0 Tooth" is 38 and "Reference mark 2 Tooth" is 2. "Trigger signal to TDC Angle" is 29 CrA. Under "Tooth TDC Position", "Tooth Number of TDC Position Cylinder 1" is 1 and "Tooth Number of TDC Position Cylinder 2" is 2. There are "OK" and "Cancel" buttons at the bottom right.

Name	Value	Unit	Description
VAL_vEng	389,005	cc	"volume of engine displacement in cc or mL "

Name	Value	Unit	Description
VAL_Nmin	120,000	Rpm	"Min engine speed can be detected"
VAL_Nmax	5500,000	Rpm	"max engine speed allowed "

Crank Position Sensor

Single Pulse 2 Pulses Per Rev Multi-tooth Trigger Wheel

Tooth settings

Total Tooth Counter : Number of Missing Tooth :

For example 36-2 tooth wheel, total tooth counter is 36, and number of missing tooth is 2.

Reference Mark

Reference mark 0 Tooth : Reference mark 2 Tooth :

Trigger signal to TDC Angle : CrA

Reference Mark, for single pulse, is the single pulse rising edge.
for multi-tooth trigger wheel, is the falling edge of the first tooth after the Gap (missing tooth).

Tooth TDC Position

Tooth Number of TDC Position Cylinder 1 :

Tooth Number of TDC Position Cylinder 2 :

OK Cancel

Kuva 17. Moottorin perustietojen syöttö

5.2 Volumetrinen hyötysuhde ja VE-taulukko

Volumetrinen hyötysuhde tarkoittaa moottoriin imetyn ilman tilavuutta verrattuna moottorin sylinteritilavuuteen. Bensiniin moottorissa volumetrinen hyötysuhde kuristaa kaasuläppä ja esimerkiksi huonosti virtaava imuputkisto. Vapaasti hengittävällä moottorilla teoreettisesti volumetrinen hyötysuhde voi siis olla maksimissaan 100 %. (Reinikka 2012.)

VE-taulukolla määritellään, mikä on moottorin volumetrinen hyötysuhde kyseisellä kierrosluvulla ja imusarjan paineella. Kaikkia säätöjä tehtäessä, dynamometri ja laajakaista lambdatunnistin nopeuttaisivat työtä huomattavasti, koska laajakaista lambdatunnistin pystyy mittaamaan polttoaine-ilmaseoksen luotettavasti kaikissa tilanteissa. Valitetta-

vasti tällainen nostaisi kustannuksia liikaa, joten jouduttiin tyytymään normaaliin ka-
peakaistaiseen lambdatunnistimeen. Kuvissa 18 ja 19 on säädetty VE-taulukko 2D- ja
3D-mallina.

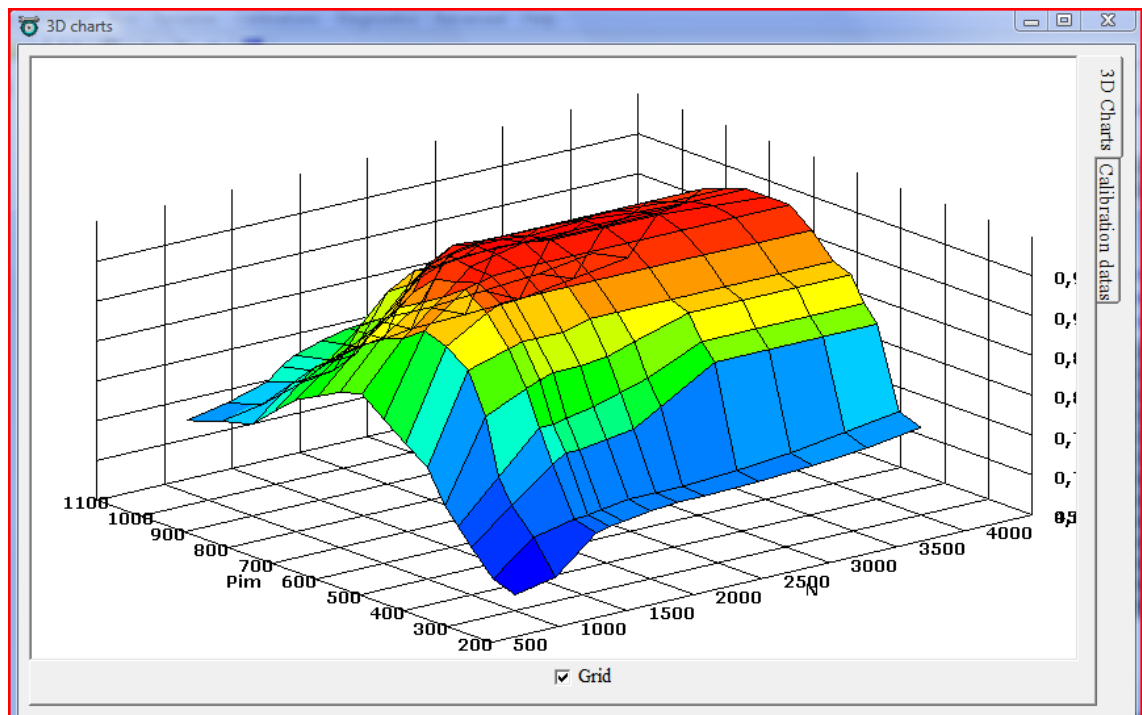
Volumetric Efficiency

RAM_MAP_fVe_Map_N

X: Pim, [hPa] "intake manifold pressure"
Y: N, [Rpm] "Engine speed in Rpm"
MAP_fVe_Map_N: [-] "Factor Volumatic Efficiency, dependent on pressure and engine speed"

Y\X	300,000	350,000	400,000	430,000	460,000	500,000	550,000	600,000	650,000	700,000	750,000	800,000	850,000	900,000	970,000	1050,000
1000,000	0,6700	0,6800	0,7100	0,7300	0,7500	0,7900	0,8100	0,8310	0,8525	0,8450	0,8300	0,8155	0,7910	0,7650	0,7550	0,7400
1300,000	0,6800	0,7200	0,7500	0,7800	0,8500	0,9000	0,9200	0,9300	0,9100	0,9000	0,8800	0,8553	0,8346	0,8050	0,7640	0,7500
1600,000	0,7235	0,7310	0,7900	0,8300	0,8730	0,9150	0,9500	0,9700	0,9504	0,9335	0,9170	0,8853	0,8387	0,8085	0,7800	0,7650
1700,000	0,7279	0,7320	0,8000	0,8300	0,8800	0,9200	0,9580	0,9740	0,9650	0,9591	0,9318	0,8950	0,8598	0,8320	0,7900	0,7800
1800,000	0,7300	0,7350	0,8000	0,8340	0,8850	0,9200	0,9585	0,9784	0,9800	0,9852	0,9620	0,9150	0,8761	0,8567	0,8000	0,7900
2000,000	0,7350	0,7400	0,8050	0,8401	0,8855	0,9200	0,9590	0,9800	0,9880	0,9890	0,9800	0,9459	0,9105	0,8915	0,8088	0,8003
2200,000	0,7380	0,7400	0,8100	0,8501	0,8891	0,9290	0,9590	0,9800	0,9950	0,9890	0,9770	0,9562	0,9240	0,9100	0,8100	0,8080
2400,000	0,7380	0,7400	0,8300	0,8600	0,9000	0,9290	0,9590	0,9800	0,9900	0,9850	0,9760	0,9600	0,9300	0,9100	0,8150	0,8100
2800,000	0,7400	0,7440	0,8700	0,8900	0,9200	0,9290	0,9590	0,9800	0,9900	0,9890	0,9750	0,9600	0,9300	0,9150	0,8170	0,8100
3200,000	0,7440	0,7500	0,8700	0,8900	0,9200	0,9290	0,9590	0,9800	0,9900	0,9830	0,9750	0,9600	0,9300	0,9100	0,8200	0,8150
3600,000	0,7500	0,7600	0,8700	0,8900	0,9200	0,9290	0,9580	0,9800	0,9850	0,9800	0,9700	0,9600	0,9300	0,9100	0,8300	0,8200
4000,000	0,7600	0,7700	0,8700	0,8900	0,9200	0,9290	0,9580	0,9800	0,9800	0,9800	0,9700	0,9600	0,9300	0,9100	0,8400	0,8300

Kuva 18. VE-taulukko 2D-mallina



Kuva 19. VE-taulukko 3D-mallina

6 Tulokset

Heti ensi testissä havaitsimme, että alkuperäinen latausjärjestelmä ei tuottanut riittävästi virtaa ruiskutusjärjestelmälle. Tähän Gx390-moottoriin onkin saatavana tehokkaampia 10 ja 18 ampeerin latausjärjestelmiä alkuperäisen kolmen ampeerin latauksen tilalle. Ensimmäisellä moottorin käynnistyskerralla akku loppui jo kahden minuutin käynnin jälkeen. Tähän osasyynä oli viallinen akku. Uudella akulla moottoria päästiin kuitenkin säätämään ja koeajamaan hyvin jo ilman tätä tehokkaampaa latausjärjestelmää.

Säätämättömänä moottori toimi jo melko hyvin, mutta varsinkin alakierroksien vääntö ei ollut samalla tasolla alkuperäiseen kaasutinversioon nähden. Syyksi löytyi liian myöhäinen sytytysennakko, jonka korjaamalla auto muuttui kaasutinversion veroiseksi. Auto myös käynnistyy hyvin ja akun kuormitus vähenee.

Säädettynä auto toimii hyvin. Autoa ei valitettavasti ehditty missään vaiheessa mittaamaan tehodynamometrissä, mutta radalla tehtyjen mittausten ja kierrosaikojen perusteella auto saatiin jopa hieman alkuperäistä kaasutinversiota tehokkaammaksi.

7 Pohdinta ja yhteenveto

Parannettavaksi jäi vielä moottorinohjainlaitteen sijoitus ja kotelointi täysin vesitiiviiksi. Myöskin komponenttien laadussa olisi vielä paljon parannettavaa. Esimerkiksi läppärungon suutinpesä oli koneistettu niin huonosti, että se vuoti pelkällä O-rengastiivistyksellä. Johtosarjan voisi myös rakentaa kokonaan uudestaan, koska johtosarjassa kaikki johtimet olivat yhdessä nipussa eikä esimerkiksi tunnistimien johdotuksessa ollut käytetty minkäänlaista häiriönpoistoa. Johtosarjassa oli akkuun tarkoitettu ”päävirtajohdin”, mutta johtosarjaa avatessa havaitsin, ettei esimerkiksi polttoainepumpun virtaa otettukaan tästä ”päävirtajohtimesta” vaan virtalukkoon tarkoitettusta ”15”-johtimesta. Moottorinohjausta voitaisiin myös kehittää nakutustunnistimen avulla, jolloin sytytysennakko saataisiin mahdollisimman tarkaksi kaikilla kierrosalueilla.

Opinnäytetyön teon aika kokeiltiin muissa autoissa myös toisenlaista, luisti ohjattua kaasutinta läppäkaasuttimen sijaan. Kaasuttimet toimivatkin heti jo säätämättä alkuperäisiä kaasuttimia paremmin, eikä sateellakaan ollut mitään ongelmia. Teholtaan nämä uudet kaasutinautot ja ruiskuauto tuntuivat samalta, ja tästä syystä ajatus muuttaa kaikki autot ruiskutusjärjestelmälle tuntui turhalta ja kalliilta. Pienten kustannusten takia muutimmekin kaikki autot tällä uudella kaasuttimella oleviksi. Opinnäytetyön tavoitteet kuitenkin saavutettiin hyvin: autoon saatiin rakennettua toimiva moottorinohjausjärjestelmä. Se onnistuttiin säätämään melko hyvin ja autoissa olleet säävaihteluiden tuomat ongelmat poistuivat kokonaan.

Lähteet

Bosch automotive electronics 5th edition. 2007. Robert Bosch GmbH. E-kirja. Springer.

Carburetor. 2017. Verkkoaineisto. <http://nirav56me.weebly.com/blog/basics-of-carburetor>. Luettu 6.5.2017.

Danish Produced Since 1958. 2017. Verkkoaineisto. Dino. <http://dino.dk/en/about-dino.aspx#>. Luettu 3.5.2017.

Dino Leisure karting-auto. 2015. Savolainen, Jarmo. Verkkoaineisto. www.kartingone.fi. Luettu 5.6.2017.

Ecotrons. 2016. Verkkoaineisto. Ecotrons. www.ecotrons.com. Luettu 3.3.2017.

GX390. 2017. Verkkoaineisto. Honda Engines. <http://www.honda-engines-eu.com/engine-model-details?e=19>. Luettu 15.4.2017.

Honda Gx. 2017. Verkkoaineisto. Honda Power. <https://www.hondapower.fi/malisto/paikallismoottorit/gx-390-sx>. Luettu 7.8.2017

Karting. 2017. Verkkoaineisto. AKK-Motorsport. <https://www.autourheilu.fi/lajit/karting>. Luettu 15.4.2017.

Karting. 2017. Verkkoaineisto. Kartingliitto. <http://www.kartingliitto.com/tiedostot/Karting%20-Aloita%20Nyt.pdf>. Luettu 3.11.2017.

Moottorin hyötysuhteen tutkiminen vapaasti hengittävänä sekä mekaanisesti ahdetuna. 2012. Reinikka, Juuso. Opinnäytetyö. Metropolian Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.

PE Carburetor Troubleshooting. 1995. Verkkoaineisto. Honda Power. <http://www.ipspower.com/images/documents/technical-information/PE-Carburetor-Troubleshooting-Manual-Compressed.pdf>.

Savolainen, Jarmo. 2017. Toimitusjohtaja, Kuopion Palveluyhtiöt Oy, Kuopio. Keskustelu 3.11.2017.

Venturi Principle. 1965. Verkkoaineisto. The Carburetor Doctor. <http://www.carbkit-source.com/carbs/tech/articles/Carburetion/Carburetion4.html>. Luettu 23.10.2017.