

Jani Ojala

Oskilloskoopin käyttö ajoneuvojen vianhaussa

Opinnäytetyö

Kevät 2016

SeAMK tekniikka

Konetekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikka

Tutkinto-ohjelma: Konetekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Auto- ja työkonetekniikka

Tekijä: Jani Ojala

Työn nimi: Oskilloskoopin käyttö ajoneuvojen vianhaussa

Ohjaaja: Hannu Ylinen

Vuosi: 2016

Sivumäärä: 79

Liitteiden lukumäärä: 1

Työtä lähdettiin tekemään, koska haluttiin laajentaa asentajien osaamista vianhaussa. Tavoitteena oli luoda helpot ohjeet asentajille sekä kouluttaa oskilloskoopin käyttö. Työn toimeksiantajana oli Toyota huolto P. Huhtaviita, joka on valtuutettu Toyota-korjaamo Kauhajoella.

Sähköiset moottorinohjausjärjestelmät tarvitsevat tietoa eli signaalijännitteitä tunnistamaan moottorin toimintaa, pyörimistä ja palamistapahtumaa. Tunnistimet voivat myös vikaantua. Niiden toiminta on tärkeää moottorin toiminnan kannalta. Sen takia tässä työssä on esitetty yleisimmät moottorinohjauksen tunnistimet.

Työn tavoitteena oli perehtyä moottorinohjauksen tunnistimiin, niiden rakenteeseen niiden testaamiseen oskilloskoopilla.

Työn tuloksena saatiin oskilloskooppi mittauksia yleisimmistä moottorinohjauksen tunnistimista, niiden toimintaperiaatteista ja rakenteista. Tavoitteena oli jakaa osaamista sähköisen moottorinohjauksen vianhakuun asentajille ja muille asiasta kiinnostuneille. Osana työtä asentajille luotiin nopeasti luettavat ohjeet oskilloskooppimittauksista sekä pidettiin koulutustilaisuus. Ohjeet ovat työn lopussa liitteenä.

Avainsanat: tunnistin, anturi, oskilloskooppi, moottorinohjaus, signaalijännite, testaus

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Mechanical Engineering

Specialisation: Automotive and Work Machine Engineering

Author: Jani Ojala

Title of thesis: Sensors in Engine control and testing with oscilloscope

Supervisor: Hannu Ylinen

Year: 2016

Number of pages: 79

Number of appendices: 19

Point of this work was to give better tools for mechanics at sensor fault diagnostic. Goal was to create easy readable sensor guide for mechanics and train oscilloscope for mechanics. Ordering party of this work was Toyota service P. Huhtaviita which is representative Toyota service shop at Kauhajoki.

Electrical engine control module needs information that it can control the engine. Sensors send signal voltages to the engine control module such as engine speed, air mass and coolant temperature for example. If there is a glitch in signal voltage it may cause problems and the engine won't run. That is why in this work the most common sensors and their principles are presented. Also how to do fault diagnostic with oscilloscope and how to read signal voltages are shown in this work.

Goal of this work is to understand sensors in engine control, how they work and how to test sensors with oscilloscope.

As a result, there is signal voltages about the most common sensors and their working principles. Meaning of this work is to share information about electrical engine control fault diagnostic for mechanics and any other who is interested about it. As a part of the work there was created signal voltage guide for mechanics. Also one part of the work were to train the oscilloscope for mechanics. Signal voltage guide is attached at the end of this work.

Keywords: sensor, detector, oscilloscope, engine control, signal voltage, testing

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ.....	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo.....	6
1 JOHDANTO.....	10
2 OSKILLOSKOOPPI.....	11
2.1 Analoginen oskilloskooppi.....	11
2.2 Digitaalinen oskilloskooppi.....	12
2.3 PC-oskilloskooppi.....	13
3 MOOTTORINOHJUASJÄRJESTELMIEN PÄÄSÄÄTÖSUURET..	16
3.1 Moottorin pyörintänopeus.....	16
3.2 Moottorin kuormitustaso.....	16
4 TUNNISTIMET JA NIIDEN MITTAUSPERIAATTEET.....	18
4.1 Jännitteensyöttö.....	18
4.2 Signaalijännite.....	18
4.3 Pyörintänopeustunnistimet.....	19
4.4 Kuormitustunnistimet.....	22
4.5 Lämpötunnistimet.....	29
4.6 Painetunnistimet.....	32
4.7 Kytkimet.....	36
4.8 Asentotunnistimet.....	37
4.9 Lambdatunnistin.....	39
4.10 Muita tunnistimia ja toimilaitteet.....	42
5 TUNNISTIMIEN MITTAUKSET.....	45
5.1 Pyörintänopeustunnistin.....	53
5.2 Ilmamassamittari.....	56
5.3 Lämpötunnistin.....	61
5.4 Kytkin tunnistin toiminnolla.....	63
5.5 Asentotunnistin.....	64
5.6 Lambdatunnistin.....	69

5.7	Nakutustunnistin	73
5.8	Suuttimen ohjaus	74
6	OSKILLOSKOOPIN KÄYTTÖÖNOTTO	76
7	YHTEENVETO.....	77
	LÄHTEET	78
	LIITTEET.....	80

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluettelo

Kuva 1. PC–oskilloskooppi ja oskilloskooppimoduuli oikealla, jossa 4 kpl mittakanavia	15
Kuva 2. Kohdejoneuvon moottoritila Toyota Prius Plugin Hybrid vuosimalli 2014	46
Kuva 3. Haaroitusosa liitettynä ajoneuvon moottorinohjainlaitteeseen	46
Kuva 4. Haaroitusosa liitettynä Skoda Octaviaan	47
Kuva 5. Priuksen haaroitusosa moottorinohjainlaitteen väliin	47
Kuva 6. Haaroitusosa Skoda Octaviaan	48
Kuva 7. Break out box mittataulut	48
Kuva 8 Break out box mittataulut ja kaapeli, jolla ne yhdistetään haaroitusosaan	49
Kuva 9. Mittapiikkejä ja oskilloskoopin mittausjohtoja	49
Kuva 10. TD3 testilaitte jossa PicoScope ohjelma	50
Kuva 11. PC–oskilloskooppi ja sen mittausjohto, joka liitetään oskilloskooppi moduuliin oikealla	50
Kuva 12. Mittausjohto, sekä pienet mittapiikit suoraan pistokkeelta mittaamiseen	51
Kuva 13. PicoScopen mittakanavien liittimet 4 kpl	51
Kuva 14. Mittaustapahtuma ruudulla näkyy kampiakselin pyörintänopeustunnistin.. ..	52
Kuvio 1. Analoginen oskilloskooppi (University of Portsmouth, [Viitattu 8.4.2016]).	12

Kuvio 2. Digitaalinen oskilloskooppi (University of Portsmouth, [Viitattu 8.4.2016]).	13
Kuvio 3. PC–oskilloskooppi PicoScope:n aloitusnäky.....	15
Kuvio 4. Induktiivinen pyörintänopeusanturi (Professional motor mechanic online 2012).....	19
Kuvio 5. Hall-anturi (Rechargecar, [Viitattu 15.3.2016]).	20
Kuvio 6. Optinen pyörintänopeustunnistin (CVEL Automotive electronics, [Viitattu 15.3.2016]).	22
Kuvio 7. Periaatekuva ilmamäärämittarista (CVEL Automotive electronics, [Viitattu 14.3.2016]).	23
Kuvio 8. Painetunnistimen periaatekuva (FirstSensor, [Viitattu 15.3.2016]).	24
Kuvio 9. Ilmamassamittari (AA1car, [Viitattu 13.3.2016]).	25
Kuvio 10. NTC–vastus: vastusarvo lämpötilan suhteen (ICT11-ysao, [Viitattu 12.3.2016]).	30
Kuvio 11. PTC–vastuksen periaatekuva (ICT11-ysao, [Viitattu 10.3.2016]).	32
Kuvio 12. Painetunnistimen periaatekuva (FirstSensor, [Viitattu 15.3.2016]).	33
Kuvio 13. Priuksen kampiakselin pyörintänopeustunnistin.....	53
Kuvio 14. Priuksen Hall–anturi tunnistaa nokka–akselin asemaa	54
Kuvio 15. Hall–anturi ja sen jännitteensyöttö	55
Kuvio 16. Skodan Hall–anturi.....	55
Kuvio 17. Priuksen ilmamassamittari sininen signaalijännite, ja punainen signaalijännite on imuilman lämpötila.....	57
Kuvio 18. Ilmamassamittari jännitepiikki	58
Kuvio 19. Skodan ilmamassamittari	59

Kuvio 20. Ilmamassamittarin signaalijännite sinisellä ja punainen on tunnistimen jännitteensyöttö.....	60
Kuvio 21. Sinisellä on ilmamassamittarin signaalijännite ja punainen on imuilmanlämpötila	62
Kuvio 22. Jäähdytysnesteen lämpötilatunnistin	62
Kuvio 23. Skoda jarrupoljin kytkin	63
Kuvio 24. Kaasuläpän asentotunnistin kahdella potentiometrillä	65
Kuvio 25. Skoda kaasupoljintunnistin kahdella potentiometrillä	66
Kuvio 26. Prius Hall-anturiin perustuva kaasuläpän asentotunnistin sytytysvirta kytkettynä.....	67
Kuvio 27. Hall-anturiin perustuva kaasuläpänasentotunnistin	68
Kuvio 28. Kuvakaappaus OBD-pistokkeeseen asennetun testilaitteen kautta	68
Kuvio 29. Prius laajakaistalambda	69
Kuvio 30. Skodan lambdatunnistimen kuvaaja joutokäynnillä	70
Kuvio 31. Skodan lambdatunnistin on sininen signaalijännite ja punainen jännitesignaali on katalysaattorin jälkeinen lambdatunnistin ei toimintalämpötilassa	71
Kuvio 32. Katalysaattorin jälkeinen lambdatunnistin	72
Kuvio 33. Notkahdus sinisessä signaalijännitteessä on kaasun painallus	72
Kuvio 34. Priuksen nakutustunnistin	73
Kuvio 35. Skodan nakutustunnistin	74
Kuvio 36. Priuksen polttoainesuutin	75

Taulukko 1. Volkswagen 1Z Dieselmootorin ohjeavot (Schneehage 2012, 43.) .	26
Taulukko 2. Signaalijännitteen ohjeavot Opelin bensiinimootori Z12XEP (Schneehage 2012, 43).	27
Taulukko 3. Esimerkki taajuuden ohjeavoista. (Schneehage 2012, 44.).....	28

1 JOHDANTO

Nykyiset moottorinohjausjärjestelmät ovat sähköisiä ja ne tarvitsevat monia arvoja tunnistimilta, jotta moottori voi toimia optimaalisesti. Tunnistimet mahdollistavat moottorin tarkan ohjaamisen ja palamistapahtumasta saadaan tehokkaampi. Uusien ajoneuvojen vianhaussa törmää välttämättä tunnistimiin, joten siksi tässä työssä käsitellään tunnistimia. Niiden rakennetta, toimintaa ja testaamista oskilloskoopilla. Oskilloskooppia yleensä hieman vierastetaan, koska ei tiedetä mikä se on tai kuinka sitä käytetään. Periaatteessa oskilloskooppi on vain volttimittari, joka näyttää kuvaruudulla jännitteenmuutokset, numeronäytön sijasta. Tunnistimien signaalit ovat hieman hankalimpia aluksi ymmärtää. Mutta kun tietää mitä tunnistintamittaa, ja minkälainen on tunnistimen rakenne. On signaalikuvaajien ymmärtäminen huomattavasti helpompaa. Tunnistimet esittävät mitattavan suureen vain jännitteen muodossa oli se sitten pyörimisnopeutta, painetta tai lämpötilaa. Esimerkiksi kampiakselin pyörintänopeustunnistimen signaalijännitteestä pystyy lukemaan kampiakselin pyörimisen ja aseman. Kun tietää vielä tunnistimen toimintaperiaatteen, on signaalijännitteen ymmärtäminen yksinkertaisempaa.

Työssä on ensin teoria osuus oskilloskoopeista ja tunnistimien mittaamisesta. Jonka jälkeen eritellään yleisimmät tunnistimet, niiden rakenteet ja toimintaperiaatteet. Työn tuloksena on oskilloskooppi mittauksia yleisimmistä tunnistinsignaaleista.

Tämän työn tavoitteena oli kehittää asentajien vianhakua. Oskilloskooppia käyttämällä voidaan varmistua, onko tunnistin vioittunut. Turhat tunnistimien vaihdot vievät vain aikaa ja rahaa korjaamalla. Normaalisissa korjaamossa oskilloskooppia tarvitsee harvemmin, mutta PC-oskilloskoopin käyttö on hyvin yksinkertaista, joten asentajien olisi hyvä myös hallita tämä taito. Oskilloskooppi on tarkemman vianhaun työkalu tunnistimien ja jännitesignaalien maailmassa. Aina on huomioitava valmistajakohtaiset ohjeet, sekä erot tunnistimien signaalijännitteissä, joten tässä työssä esitetyt arvot eivät välttämättä päde kaikkiin tunnistimiin.

2 OSKILLOSKOOPPI

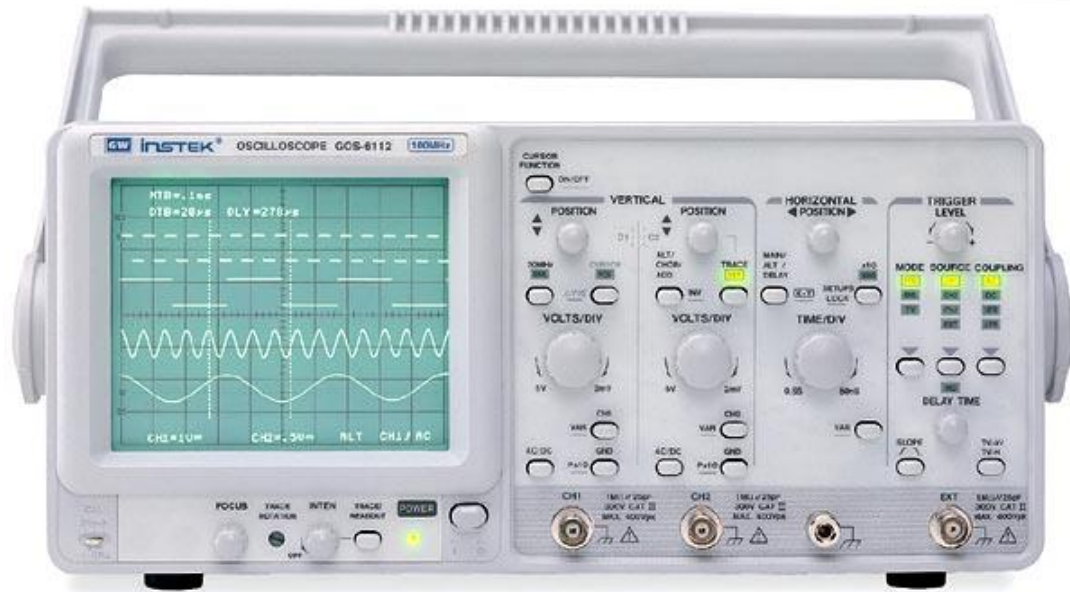
Oskilloskooppi on periaatteessa volttimittari, mutta siinä ei ole osoitinnäyttöä eikä numeronäyttöä, vaan kuvaputki (analoginen oskilloskooppi) tai nestekidenäyttö (digitaalinen oskilloskooppi). Oskilloskoopilla mitataan jännitteen hetkellistä arvoa ajan suhteen ja mittaustulos piirtyy oskilloskoopin kuvapinnalle. Oskilloskoopit voidaan pääsääntöisesti jakaa kolmeen ryhmään analogiset oskilloskoopit, digitaaliset oskilloskoopit ja PC-oskilloskoopit. (Haiko 2009, 10.)

2.1 Analoginen oskilloskooppi

Analoginen oskilloskooppi vaatii useita säätöjä ennen käyttöä ja sen käyttö saattaa aluksi tuntua hitaalta. Keskeisenä osana on näyttönä toimiva katodisädeputki. Putkessa olevien elektrodien jännitteet ovat säädetty siten, että katodilta lähtee elektronisuihku anodien kiihdyttämänä kohti kuvaruutua. Elektronit jotka törmäävät kuvapinnalle saavat aikaan valoilmion. Kun katodisädeputken vaakasuunnassa olevalle levyparille X. Tuodaan pyyhkäisy aikaoskillaattorilla sahalaita-aalto, se saa elektroni suihkun liikkumaan kuvaruudulla vasemmalta oikealle. Sahalaita-aallon jännitteen laskiessa nopeasti pidetään elektronisuihku sammutettuna, jolloin oskilloskoopin kuvaruudulle piirtyy vasemmalta oikealle viiva eli valojuova. Analoginen oskilloskooppi täytyy säätää ennen mittaamisen aloittamista. Valojuova täytyy saada ruudulle näkyviin ja se voi olla ”piilossa” ylhäällä, alhaalla tai sivulla. Tämä onnistuu oskilloskoopin paneelista löytyvillä säätimillä. Mittauksen aloittamiseksi joudutaan etsimään signaali kuvaruudulle, sekä asettamaan jänniteakseli ja aikaakseli manuaalisesti. (Haiko 2009, 79.)

Analoginen oskilloskooppi näyttää jokaisen jännitteen muutoksen, minkä se mittaa, koska se ei ota näytteitä mitattavasta jännitteestä. Huonona puolena on se, että mittausta ei voida tallentaa, eikä sitä voida tarkastella jälkikäteen. Sillä pystytään tutkimaan vain reaaliajassa jännitteen muutoksia. (Halderman 2009, 129)

Analoginen oskilloskooppi on esitetty kuviossa 1. Säätimet löytyvät oskilloskoopin oikealta puolelta ja kuvaputki vasemmalta puolelta.



Kuvio 1. Analoginen oskilloskooppi (University of Portsmouth, [Viitattu 8.4.2016]).

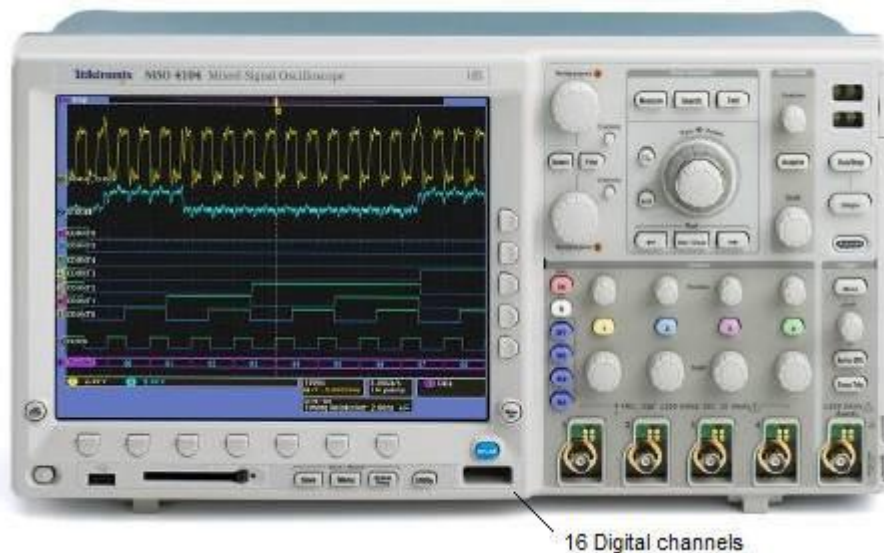
2.2 Digitaalinen oskilloskooppi

Digitaalisen oskilloskoopin käyttö on yksinkertaisempaa, kuin analogisen oskilloskoopin. Liitetään vain mittajohto kohteeseen, jota halutaan mitata. Sen jälkeen painetaan mittaustoiminnon aloituspainiketta AUTO SET, jolloin oskilloskooppi skaalaa automaattisesti jännite- ja aika akselin. Kuvaruudulle ilmestyy myös signaalin kuva, josta on luettavissa erilaisia jännite- ja aika-arvoja. Oskilloskooppi laskee myös signaalin taajuuden arvon. Erona analogiseen oskilloskooppiin on se, että digitaalisesta oskilloskoopista ei löydy asteikkoja laitteen säätimien ympäriltä vaan ne ovat muutettu kuvaruudulla esitettäviksi valikoiksi. Etuna on myös se, että signaali voidaan tallentaa digitaali-oskilloskoopin muistiin ja sitä voidaan tarkastella myöhemmin. (Haiko 2009, 98–99.)

Digitaali-oskilloskooppi ottaa näytteitä jännitteestä, jotka sitten näkyvät kuvaruudulla. Tästä syystä se voi olla huomaamatta jännitepiikkejä jotka esiintyvät näytteenottoajusten välissä. Ilmiöön vaikuttaa suuresti millainen näytteenottoaajuus oskilloskoopissa on. Esimerkiksi Fluke 98 digitaali-oskilloskoopin näytteenottoaajuus on, 25 miljoonaa näytettä sekunnissa, mikä tarkoittaa sitä, että oskilloskooppi pystyy

havaitsemaan poikkeaman, joka kestää vain 40 nanosekuntia. (Halderman 2009, 129.)

Kuviossa 2 on esitetty digitaalinen oskilloskooppi. Säätimien määrä on pienempi verrattuna analogiseen oskilloskooppiin. Kuvaruudulta pystytään tulkitsemaan jännitteen muutoksia myös jälkikäteen.



Kuvio 2. Digitaalinen oskilloskooppi (University of Portsmouth, [Viitattu 8.4.2016]).

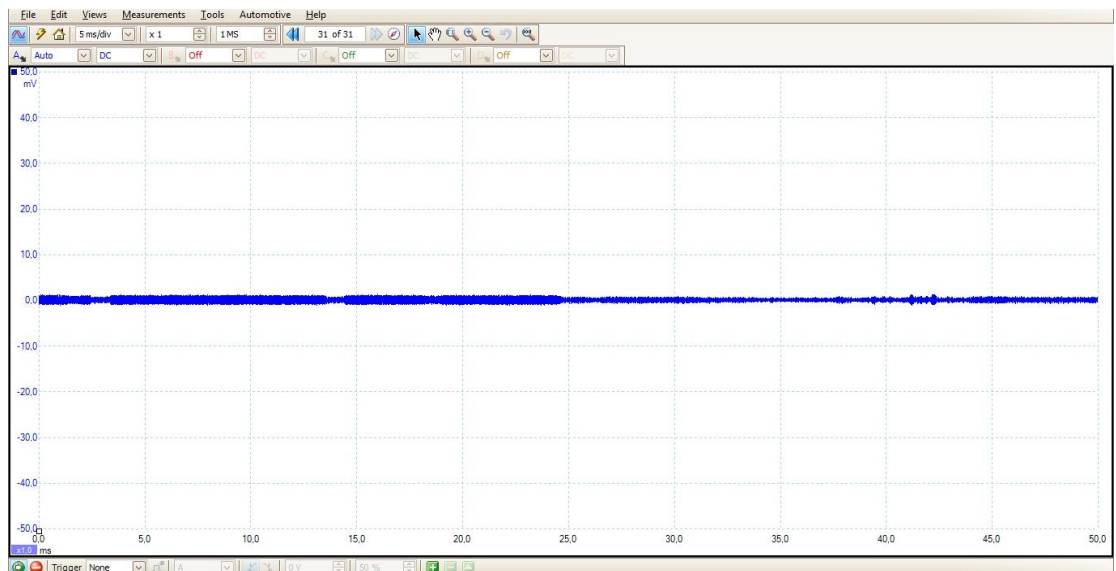
2.3 PC–oskilloskooppi

PC–oskilloskoopit ovat toiminnoiltaan erittäin monipuolisia tietokoneeseen liitettäviä oskilloskooppeja. Yksinkertaisimmillaan varsinainen oskilloskooppi osa on rakennettu mittapään sisälle ja siitä lähtevän USB–väylän avulla mittapää saa tarvitsemansa sähköenergian ja pystyy syöttämään signaalin tietokoneen ruudulle. Tietokoneella täytyy olla ohjelma oskilloskooppikuvan saamiseksi (esim. PicoScope), joka muuttaa USB–väylältä tulevan tiedon oskilloskooppikuvaksi. PC–oskilloskooppeja on myös monikanavaisia, jotta pystytään mittamaan montaa signaalia yhtäaikaan ja ottamaan esim. tahdistussignaalia. PC–oskilloskoopissa on yleensä painike scope, jolla saadaan oskilloskooppi näyttämään jatkuvaa kuvaa tai pysäytyskuvaa. PC–oskilloskooppi pystyy myös skaalaamaan automaattisesti signaalikuvaajat näkymään kuvaruudulle. (Haiko 2009, 103-106)

Tässä työssä käytetään PC-oskilloskooppia nimeltään PicoScope. Sillä on mahdollista mitata neljää eri signaalia yhtä aikaa, joten kyseessä on nelikanavainen PC-oskilloskooppi. Nykyaikaisessa PC-oskilloskoopissa näytteenottotaajuudet ovat todella suuria ja niiden käyttö on yllättävänkin yksinkertaista. Kuitenkin oskilloskoopin perusteet olisi hyvä tietää, ennen kuin sitä aloitetaan käyttämään. Tällä tavalla sen potentiaalista saadaan kaikki irti. Vaikka PC-oskilloskooppi skaalaa y-akselin eli jännitetasot automaattisesti. On kuitenkin usein parempi asettaa y-akselin manuaalisesti, koska se estää y-akselin skaalauksen muuttumisen mittauksen aloittamishetkellä. X-akseli eli aika-akseli tulee valita sen mukaisesti, mitä mittaa. Esimerkiksi kampiakselin asentotunnistinta mitattaessa on hyvä olla aika-asteikkona noin 200 ms jolloin nähdään kaksi kokonaista kampiakseli kierrosta. Kun taas kaasupoljinpotentometriä mitattaessa aika-asteikko, on hyvä valita noin 20–30 sekuntiin, että ehtii painamaan ja vapauttamaan kaasupolkimen rauhallisesti. Kuvassa 1 näkyy PC-oskilloskooppi ja sen oikealla puolella on oskilloskooppimoduuli. Moduulissa on neljälle kanavalle liittimet. Mittaamista varten moduuliin kiinnitetään mittausjohto, joka näkyy tietokoneen päällä kuvassa 1. Mittausjohtoon pitää vielä kiinnittää mittapiikki, joka on esitetty kuvassa 12 sivulla 52. Mittapiikkejä on monia erilaisia, joten sopiva mittapiikki tulee valita kohteen mukaan. Kuviossa 3 näkyy PicoScopen aloitusikkuna. Mittausta ei ole käynnissä, mutta pientä kohinaa näkyy. Jännite asteikko on millivolteja, koska automaattinen skaalaus on päällä. Kuvion 3 ylälaidassa näkyy valikoita, joista voi säätää akselien skaalauksen, sekä vaihtaa mittauksen vaihto- tai tasavirrälle, tai jopa taajuudelle. Myös lisäkanavat saa käyttöön suoraan aloitusnäköruudun ylälaidasta, ja neljällä mittakanavalla voidaan mitata esim. kahden tunnistimen signaalit, sekä jännitteensyötöt yhtäaikaisesti.



Kuva 1. PC–oskilloskooppi ja oskilloskooppimoduuli oikealla, jossa 4 kpl mittakana-
via



Kuvio 3. PC–oskilloskooppi PicoScope:n aloitusnäky

3 MOOTTORINOHJUASJÄRJESTELMIEN PÄÄSÄÄTÖSUURET

Bensiini- ja dieselmoottorien polttoaineen syöttömäärän laskentaan tarvittavat pääsääntösuureet ovat moottorin pyörintänopeus ja moottorin kuormitustila. Tämän tiedon moottorinohjainlaite saa tunnistinsignaaleina. Näitä arvoja käytetään myös bensiinimoottorissa sytytysennakon määrittämiseen ja dieselmoottorissa ruiskutusennakon laskemiseen. (Schneehage 2012, 24.)

3.1 Moottorin pyörintänopeus

Moottorin pyörintänopeutta tunnistetaan pyörintänopeusanturilla. Anturin tyyppi on usein induktiivinen tai Hall-periaatteeseen perustuva tunnistin. Jotkin autonvalmistajat käyttivät 90-luvulla optisia tunnistimia, jotka olivat yleensä integroitu virranjakajaan. (Schneehage 2012, 24.)

Pyörintänopeus- ja asema-anturin avulla tunnistetaan kampiakselin, sekä nokka-akselin asemaa. Asemamerkki on lähtökohta ruiskutusennakon laskentaan. Lisäksi muuttuvalla nokka-akselien ajoituksella varustettu moottorin ohjaus voi asentotunnistimien perusteella tunnistaa nokka-akselin säätöaseman. (Schneehage 2012, 26.)

3.2 Moottorin kuormitustaso

Kaasuläppäpotentiometrillä tunnistetaan moottorin kuormitustasoa kaasuläpän avautumiskulman perusteella. Moottorin pyörintänopeuden ja kaasuläpän avautumiskulman perusteella voidaan määrittää teoreettinen imetty ilmamäärä, mutta ei voida tunnistaa imuilman vuotoja tai puristushäviöitä. (Schneehage 2012, 24.)

Ilmamäärämittaria käytetään bensiinimoottorissa ohjesuihkutusmäärän ja ohjesytytysennakon määrittämiseen. Dieselmoottorissa ilmamäärämittaria käytetään pako kaasujen takaisinkierrätysasteen määrittämiseen, sekä dieselruiskutusmäärän kor-

jaukseen. Ilmamäärä saadaan määritettyä, kun sisään imetty ilma kääntää mittaläppää. Mittaläppä käyttää potentiometriä, jonka signaalijännite kertoo ohjainlaitteelle ilmamäärään.

Ilmamassamittari on tarkin menetelmä moottorin kuormitustilan määrittämiseen. Tunnistin huomioi ilmamäärän lisäksi myös ilman tiheyden. Ilmamassamittauksessa, jossa huomioidaan myös vastavirtaus, päästään +/- 0,5 % mittatarkkuuteen. Imusarjan painetunnistimella määritetään ilmamäärä imusarjan paineen perusteella. Tässä tilanteessa imusarjan vuodot tai puristushäviöt huomioidaan, koska ne vaikuttavat imusarjan paineeseen. (Schneehage 2012, 25–35).

Dieselmoottorinohjauksessa kuormitustunnistus toteutetaan kaasupoljintunnistimen avulla. Kuormitus määritetään moottorin pyörintänopeuden ja kaasupolkimen asennon perusteella. Kaasupolkimen asema kerrotaan signaalijännitteellä ohjainlaitteelle. (Schneehage 2012, 25.)

4 TUNNISTIMET JA NIIDEN MITTAUSPERIAATTEET

Tunnistinten tehtävä on muuttaa fysikaaliset suureet sähköisiksi suureiksi. Usein fyysikaalinen suure on muu kuin sähköinen esim. paine, lämpötila, asema tai nopeus. Tunnistimet muuntavat näitä suureita, tiettyjen välivaiheiden kautta sähköisiksi suureiksi eli signaalijännitteiksi. (Bosch 2002, 134)

4.1 Jännitteensyöttö

Ensimmäisenä tunnistimen vikadiagnoosissa tulee tarkistaa tunnistimen jännitteensyöttö. Tunnistimen jännitteensyöttö mitataan tunnistinmaata vasten. Jännitteensyöttö tulee mitata sytytysvirta kytkettynä ja se on yleensä 5 V tai 12 V (valmistajakohtaiset ohjeet huomioitava). Jännitteensyötön virheellinen arvo voi johtaa virheelliseen signaalijännitteeseen. Jos oikeaa jännitearvoa ei saavuteta, tulee mittaus toistaa akkumiinusta tai moottorimaata vasten. Jos näin saadaan oikea arvo jännitteensyötölle tarkoittaa se yleensä huonoa maadoitusta tunnistimessa, ohjainlaitteessa tai moottorissa. (Schneehage 2012, 14.)

4.2 Signaalijännite

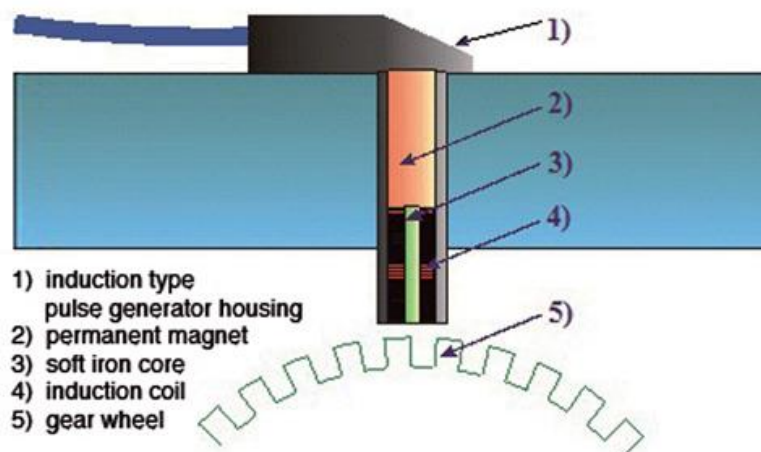
Signaalijännitteen mittauksessa on suositeltavaa käyttää valmistajakohtaisia adapterijohtoja tai niin sanottua Break out boxia. Break out box on esitetty kuvassa 8. Jos näitä ei ole tarjolla, voidaan käyttää erilaisia mittapiikkejä, joilla pystytään mittaamaan pistokkeista. Parhaiten mittaus suoritetaan mittapiikeillä mittaamalla suoraan pistokkeesta. Jos mitattavan kaapelin suojusta joudutaan rikkomaan, tulee huolehtia, että kaapeliin ei pääse kosteutta. Rikottu kaapeli tulee korjata asianmukaisesti mittauksen jälkeen. Liian paksuilla piikeillä mittaaminen suoraan pistokkeelta voi aiheuttaa vaurioita, joten on parempi käyttää erittäin ohuita mittapiikkejä. Suositeltavaa on mitata liittimen takaa. (Schneehage 2012, 20-23.)

4.3 Pyörintänopeustunnistimet

Pyörrevirta-antureissa ulkopuolinen magneetti aikaansaa virran sähköiseen materiaaliin. Magneettikentän suuruus vaikuttaa virran suuruuteen ja pyörivä pulssipyörä synnyttää pyörrevirtoja, jotka muuttavat magneettikenttää. Vaikutuksen suuruus riippuu pulssipyörän pyörimisnopeudesta. (Juhala ym. 2005, 171)

Induktiivinen pyörintänopeustunnistin. Anturi koostuu rautasydäimestä, kestopagneetista, käämistä ja ferromagneettisesta impulssipyörästä. Pulssipyörä on ilmapälin päässä rautasydäimestä. Kestomagneetin aiheuttama magneettikenttä kulkee rautasydämen, sekä ilmapälin yli impulssipyörälle. Impulssipyörän ja rautasydämen ilmapälin muuttuu, kun impulssipyörä pyörii, koska siinä on hammas. Ilmapälin muuttuminen aiheuttaa magneettikenttään muutoksia, ja muuttaa magneettikentän voimakkuutta. Magneettikentän muutoksista johtuen käämiin indusoituu vaihtojännite. (Schneehage 2012, 26.)

Kuviossa 4 on esitetty induktiivisen pyörintänopeustunnistimen rakennekuva, jonka osat ovat 1) Anturin kotelo 2) Kestomagneetti 3) Rautasydän 4) Käämi johon virta indusoituu 5) Pulssipyörä.

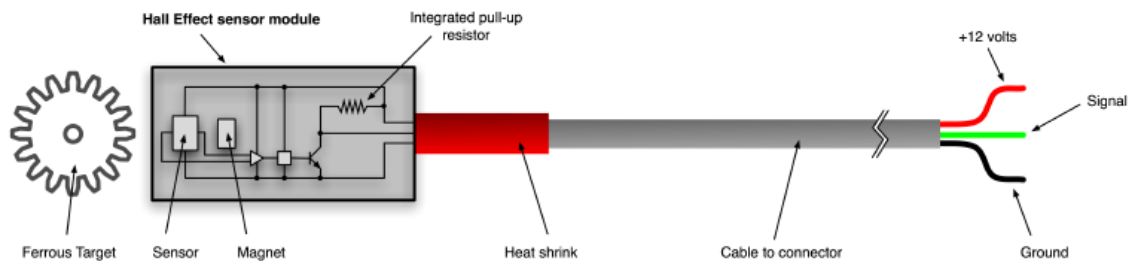


Kuvio 4. Induktiivinen pyörintänopeusanturi (Professional motor mechanic online 2012).

Oskilloskoopilla voidaan mitata signaalijännite, joka tunnetaan myös nimellä amplitudijännite. Jännitteen tulee olla käynnistettäessä suurempi, kuin 0,5 V ja joutokäynnillä suurempi kuin 2 V. Signaalin jännite ja taajuus kasvavat, moottorin pyörintänopeuden noustessa. Oskilloskoopin mitta-alue valitaan niin, että nähdään vähintään kaksi täyttä kampiakselin kierrosta ja jänniteakseli valitaan niin, että nähdään signaali kokonaan. Signaalista tarkistetaan epäjatkuvuudet, häiriöt ja erikorkuiset jännitehuiput. Erilaiset mitta-arvot voivat johtua esimerkiksi pulssipyörän soikeudesta, asemamerkkien huonosta kunnosta, oikosulusta, katkoksesta anturikäänissä, epäpuhtauksista induktiivisessa anturissa tai impulssipyörässä, vaurioituneesta impulssipyörä tai väärästä ilmapalstä. Useimmilla valmistajilla toleranssina on 20–30 prosenttia, joten maksimi sallittu poikkeama signaalijännitteessä tulee varmistaa. (Schneehage 2012, 26–28.)

Hall-anturi. Anturi koostuu puolijohdekerroksesta, kestopagneetista ja niin sanotusta vertailupiiristä (vahvistinpiiri). Puolijohdekerros on virtaa johtava, ja kun siihen vaikuttaa magneettikenttä muodostuu Hall-ilmio. Muodostuvaa Hall-jännitettä käytetään vahvistinpiirin välityksellä transistorin kytkentään, jolla katkotaan moottorinohjaukselta tulevaa signaalijännitettä. Hall-antureita on erilaisia variaatioita. (Schneehage 2012, 29)

Hall-anturiin tulee syöttöjännite, joka on 12 V tai 5 V, sekä maadoitus ja signaali joka menee ohjainlaitteelle, kuten kuviossa 5 on esitetty.

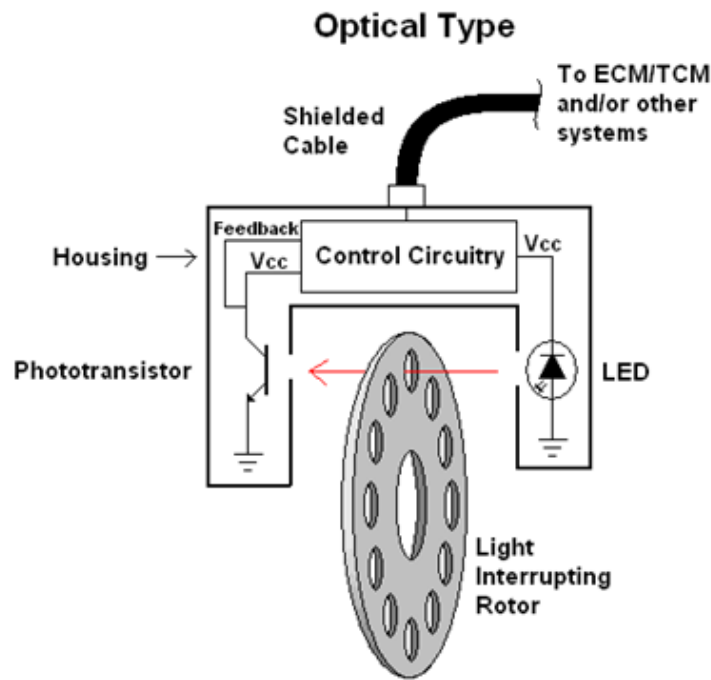


Kuvio 5. Hall-anturi (Rechargecar, [Viitattu 15.3.2016]).

Testausmahdollisuudet: Hall anturia ei saa mitata vastusmittarilla. Se voi johtaa komponentin vaurioitumiseen. Oskilloskoopilla saadaan mitattua anturin jännitteensyöttö (5 V tai 12 V). Asetetaan x-akseli niin, että nähdään kaksi kampiakselikierrosta ja tarkastetaan mahdolliset häiriöt. Epäloogisia arvoja voivat aiheuttaa katkos, oikosulku jännitelinjassa tai signaalilinjassa, katkos maadoituksessa ja lisäksi ylimenovastukset pistokkeissa tai johtimissa ovat mahdollisia vikalähteitä. Jos Hall-anturi on viallinen, ei signaalilinjassa kulje signaalia. Tunnistimen signaali voidaan tahdistaa, jos saatavilla on sytytysjärjestelmästä sytytyspuolalta signaali. (Schneehage 2012, 29–30.)

Optinen pyörintänopeustunnistin. Tunnistin koostuu aukkolevystä, fotodiodeista ja valodiodeista. Valodiodit toimivat valon lähettimenä. Ne lähettävät infrapunavaloa fotodiodeista koostuvaan vastaanottimeen. Aukkolevyn asema määrää vastaan ottaanko valodiodien lähetetty infrapunavaloo vai ei. Sisäisessä vertailupiirissä signaali muutetaan kanttiaaltosignaali-jännitteeksi, jonka jälkeen se johdetaan ohjainlaitteelle. (Schneehage 2012, 30–32.)

Kuviossa 6 on esitetty periaatekuva optisesta pyörintänopeustunnistimesta. Oskilloskoopin avulla voidaan mitata jännitteensyöttö (12 V tai 5 V). X-akselille halutaan näkyviin vähintään kaksi kampiakselikierrosta, jolloin voidaan tarkastaa signaalista mahdolliset häiriöt. Mahdollisia vikoja oikosulku tai katkos signaalilinjassa, maadoitushäiriö, ylimenovastukset sekä epäpuhtaudet valo- ja fotodiodeissa tai aukkolevyssä. (Schneehage 2012, 32–33.)



Kuvio 6. Optinen pyörintänopeustunnistin (CVEL Automotive electronics, [Viitattu 15.3.2016]).

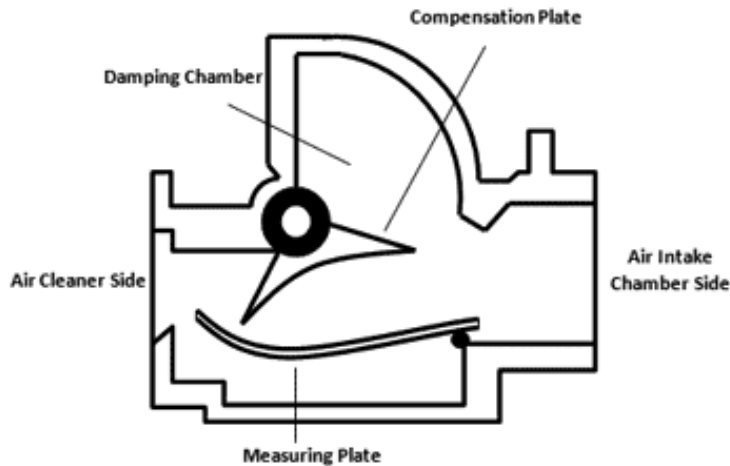
4.4 Kuormitustunnistimet

Ilman virtausta voidaan mitata tietyn ajanjakson aikana siirtyvän tilavuuden tai massan perusteella. Kaasumaisen virtauksen tiheys riippuu paineesta, kokoonpuristuskertoimesta, kaasuvakiosta, sekä lämpötilasta. Imuilman kohdalla on tärkeää tietää, mikä on sylinteriin imetyn ilman massa. (Juhala ym. 2005, 159)

Ilmamäärämittari. Moottoriin imetty ilmamäärä määritetään patoläpän asemalla. Patoläppä on integroitu ilmamäärämittariin ja se käyttää potentiometrin liukuja. Potentiometri taas antaa muuttuvan signaalijännitteen riippuen patoläpän asemasta. Patoläpän aseman mukaan muuttuva signaalijännite kertoo ohjainlaitteelle imetyn ilmamäärän. (Schneehage 2012, 35.) Kuviossa 7 on esitetty patoläpän toimintaperiaate.

Ulostulosignaalin tarkastelemista varten asetetaan oskilloskoopin asteikoksi 5–10 voltia y-akselille ja aika-asteikoksi x-akselille 10–20 sekuntia. Sen jälkeen pato-

läppää käännetään manuaalisesti ja hitaasti ääriasemasta toiseen. Signaalin nousussa ja laskussa ei saa olla jännite romahduksia. Jos jänniteromahduksia ilmenee, tarkoittaa se katkosta potentiometrin liukupinnassa. Valmistajan ilmoittamat päätyrajat signaalijännitteelle pitää tarkistaa. Päätyrajat voivat olla esimerkiksi 0,3 V–0,8 V ei käytettynä ja täysin auki 4,2 V–4,7 V. (Schneehage 2012, 35–37.)



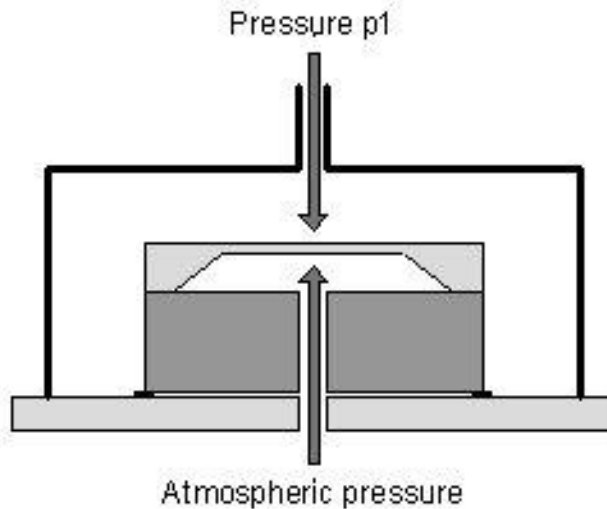
Volume Air Flow Sensor Employing a Deflecting Plate

Kuvio 7. Periaatekuva ilmamäärämittarista (CVEL Automotive electronics, [Viitattu 14.3.2016]).

Imusarjan painetunnistin. Painetunnistin koostuu piikristallikalvosta ja venymävastuksesta. Piikristallikalvon toisella puolella vaikuttaa vallitseva ilmanpaine ja toisella puolella vaikuttaa imusarjan paine. Imusarjan paine on riippuvainen kaasuläpän asemasta, sekä moottorin pyörintänopeudesta. Piikristallikalvon muodon perusteella venymävastuksen vastusarvo ja vastuksesta riippuvainen signaalijännite muuttuvat. Tunnistimen sisäinen vertailupiiri käsittelee vastusarvon ja johtaa sen ohjainlaitteelle jännitearvona (digitaalisena tai analogisena). Signaalijännite muuttuu imusarjan paineen perusteella. Esimerkiksi ulkoilman paineella signaalijännite on 4 V ja paineen tippuessa 100 mbar tippuu signaalijännite 0,5 V. Imusarjan painetunnistinta mitatessa, täytyy mitata myös todellinen paine imusarjassa! (Schneehage 2012, 37–38.)

Kuviossa 8 on esitetty painetunnistimen periaatekuva. Siinä tunnistimen kalvojen eri puolille tulee imusarjan paine ja toiselle puolelle tulee vallitseva ilmanpaine. Kalvon

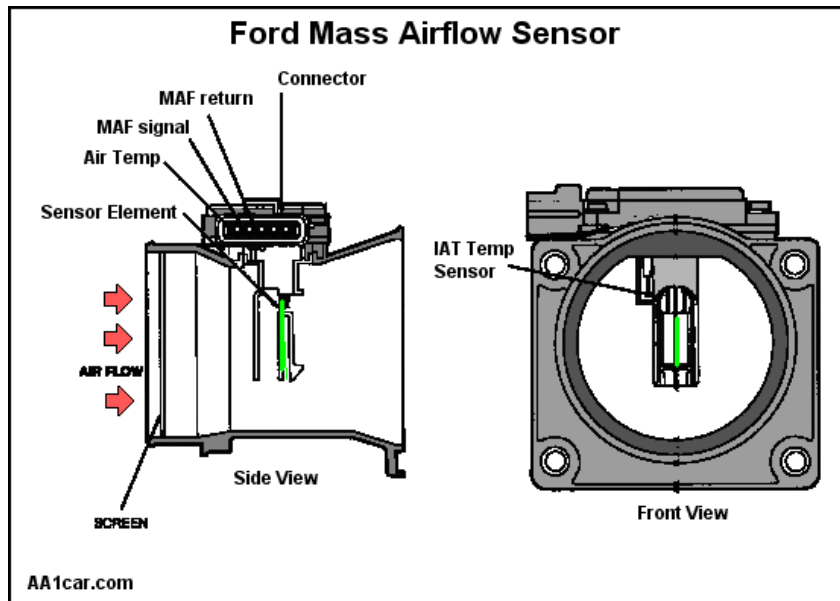
muoto muuttuu paine-eron mukaan, ja koska vastusarvo on riippuvainen kalvon muodosta, muuttuu myös signaalijännite. Tällaisella tunnistimen rakenteella voidaan tunnistaa myös eri paineiden paine-eroa.



Kuvio 8. Painetunnistimen periaatekuva (FirstSensor, [Viitattu 15.3.2016]).

Ilmamassamittari. Ilmamassamittareita on kahta päätyyppiä kuumalankailmamassamittari ja kuumafilmi-ilmamassamittari. Molemmissa on kuitenkin sama toimintaperiaate. Ilmamassamittari on tarkempi, kuin esim. imusarjan painetunnistin, koska se ottaa huomioon myös ilman tiheyden. (Schneehage 2012, 39.)

Kuviossa 9 on ilmamassamittarin rakenne kuva, jossa tunnistinelementti on alttiina ilmanvirtaukselle.



Kuvio 9. Ilmamassamittari (AA1car, [Viitattu 13.3.2016]).

Kuumalankailmamassamittari. Tunnistimessa kuumalanka toimii tunnistinelementtinä. Se lämmitetään sisääntuloilmavirtauksessa vakiolämpöiseksi, kuitenkin imuilmaa korkeampaan lämpötilaan esim. 100 astetta celsiusta korkeampaan lämpötilaan. Virtaava imuilma jäädyttää kuumalankaa. Jäähdytysteho riippuu ilman tiheydestä. Samalla ilman lämpötilalla korkeamman tiheyden omaava ilma jäädyttää tehokkaammin. Jotta kuumalangan lämpötila pysyy korkeamana, kuin imuilman lämpötila niin tulee lämmitysvirtaa kasvattaa. Sisäisessä vertailupiirissä muodostuu tarvittavasta lämmitysvirrasta riippuvainen signaalijännite, joka lähetetään ohjainlaitteelle. Moottorin sammuttamisen jälkeen kuumalanka lämmitetään hetkellisesti 1 000 asteeseen celsiusta. Tällöin mahdolliset likapartikkelit ”palavat” pois kuumalangasta. (Schneehage 2012, 42.)

Taulukko 1. Volkswagen 1Z Dieselmoottorin ohjeavot (Schneehage 2012, 43.)

Moottorin tila	Signaalijännite
Sytytysvirta on kytkettynä, ei il- mavirtausta	0,3–0,5 V
Moottori käyntilämmin ja jouto- käynnillä	1,2–1,5 V
Korotettu pyörintänopeus ilman- läpivirtauksesta riippuen jännite vaihtelee	1,5–4,2 V

Kuumafilmi-ilmamassamittari. Tunnistin koostuu keraamisesta kannattimesta, johon on integroitu lämmitysvastukset ja mittaustunnistin. Kannatin on pitkittäissuuntaisesti mittakanavassa, jolloin sisään imetty ilma ei vaikuta suoraan tunnistimeen vaan virtaa siitä ohi. Sen vuoksi likapartikkelien poispolto on tarpeeton. Toimintaperiaate on samanlainen, kuin kuumalankailmamassamittarissa. Lämmityselementti pidetään tasalämpöisenä imuilman lämpötilan yläpuolella esim. 160 astetta celsiusta. Ilma jäädyttää lämmityselementtiä riippuen ilman tiheydestä. Jotta lämmityselementti pysyy 160 astetta lämpimämpänä kuin imuilma, pitää lämmitysvirtaa nostaa. Vertailupiirissä lämmitysvirta muunnetaan signaalijännitteeksi ja johdetaan ohjainlaitteelle. (Schneehage 2012, 42.)

Taulukko 2. Signaalijännitteen ohjearvot Opelin bensiinimoottori Z12XEP (Schneehage 2012, 43).

Moottorin tila	Signaalijännite
Sytytysvirta on kytkettynä, ei il- mavirtausta	1 V
Moottori käyntilämpim ja jouto- käynnillä	1,3 V
Korotettu pyörintänopeus ilma- virrasta riippuen	1,3–4,2 V

Kuumafilmi-ilmamassamittari paluuvirtauksen tunnistuksella. Kuumafilmi-ilmamassamittari sisältää mittaustunnistimen lisäksi mittakennot ennen ja jälkeen lämmityselementin. Ilmapatsas joka on imuilmajärjestelmässä, liikkuu edes takaisin. Sen mittaaminen kasvattaa ilmamassamittarin tarkkuutta. Kahden lisämittakennon avulla saadaan selville ilman virtaus suunta ilmamassamittarissa. Keskimääräinen ilmavirtaus lämmittää toista mittakennoa enemmän, kuin ensimmäistä. Ilmapatsaan liikkua vastakkaiseen suuntaan ilmamassamittari tunnistaa mittakenttien välisen pienentyneen lämpötilaeron. Siitä tunnistetaan paluuvirtaus. Se otetaan huomioon laskettaessa sisään imettyä ilmamassaa vertailupiirissä. (Schneehage 2012, 43.)

Jotkin ilmamassamittarit tuottavat ulostulotietonsa digitaalisena analogisen sijaan. Hyötynä on se, että signaali ei voi vääristyä ohjainlaitteelle kulkiessaan. Signaalin taajuus kasvaa, ilmavirran kasvaessa. (Schneehage 2012, 43.)

Taulukko 3. Esimerkki taajuuden ohjearvoista. (Schneehage 2012, 44.)

Ilmamassasignaali: Sytytysvirta kyt- kettynä, ei ilmapvirtausta	Signaalitaajuus 1,85 kHz ± 0,07 kHz
Joutokäynti, moottori käyntilämmin pakokaasujen takasin kierrätys ei aktiivinen	Signaalitaajuus 3,4–4,2 kHz

Kaasupolkimen asentotunnistin. Tunnistin kertoo moottorinohjaukselle kuljettajan kuormitustasoiveen. Kaasupolkimen aseman mukaisesti moottorinohjainlaite ohjaa kaasuläppää, joten mekaanista yhteyttä polkimelta kaasuläpälle ei tarvita.

Kaasupolkimen tunnistin voi perustua potentiometriin, Hall-anturiin tai induktiiviseen anturiin. Kaasupoljin on turvallisuuteen vaikuttava komponentti, joten sen signaalin loogisuus varmistetaan. Loogisuuden tarkastelu voidaan toteuttaa esimerkiksi erillisellä kytkimellä tai toisella potentiometrillä. Joillain valmistajilla voi olla kaksi lisäpotentiometriä jolloin yhden potentiometrin vikaantuminen jättää ajoneuvon vielä ajokuntoiseksi. (Schneehage 2012, 46.)

Potentiometreillä toteutetut tunnistimet testataan signaalinjatkuvuuden mukaan. Ensin on hyvä tarkastaa jännitteensyöttö. Kytetään sytytysvirta ja mitataan jännitteensyöttö, tunnistinmaata, akkumaata tai moottorimaata vasten. Signaalijännite voidaan mitata oikeanlaisella adapterikaapelilla, tai sopivilla mittajohdoilla. Oskilloskooppiä käyttäen mitataan signaalijännite tunnistinmaata, akkumaata tai moottorimaata vasten. Useimmissa potentiometreissä jännitteensyöttö on 5 V ja signaalijännite välillä 0,1 V–4,9 V. Aika-asteikoksi on hyvä valita 10–20 sekuntia. Painetaan kaasupoljin hitaasi pohjaan ja päästetään rauhallisesti ylös. Signaalijännitteestä tarkastetaan jatkuvuus ja romahduksia ei saa olla. (Schneehage 2012,46–55.)

Hall-anturiin perustuvassa kaasupoljintunnistimessa on aina integroitu vertailupiiri, joka muuntaa antureiden signaalit analogiseksi ja digitaaliseksi ulostulosignaaliksi, tällöin tunnistimen testaaminen voidaan tehdä kuten potentiometrillä toteutetussa tunnistimessa. Tunnistimelta tuleva analoginen ulostulosignaali mitataan oskil-

loskoopilla ja siitä tarkastetaan signaalijatkuvuus polkimen asennon mukaan. Digitaalisen signaaliin tarkasteluun täytyy valita taajuutta vastaava aikaskaala esimerkiksi 200 Hz:n signaalille voidaan valita 20 millisekunnin aikaskaala. Käyttämättömän ja pohjaan painetun polkimen tilanteissa signaalista tarkastetaan impulssisuhde.

4.5 Lämpötunnistimet

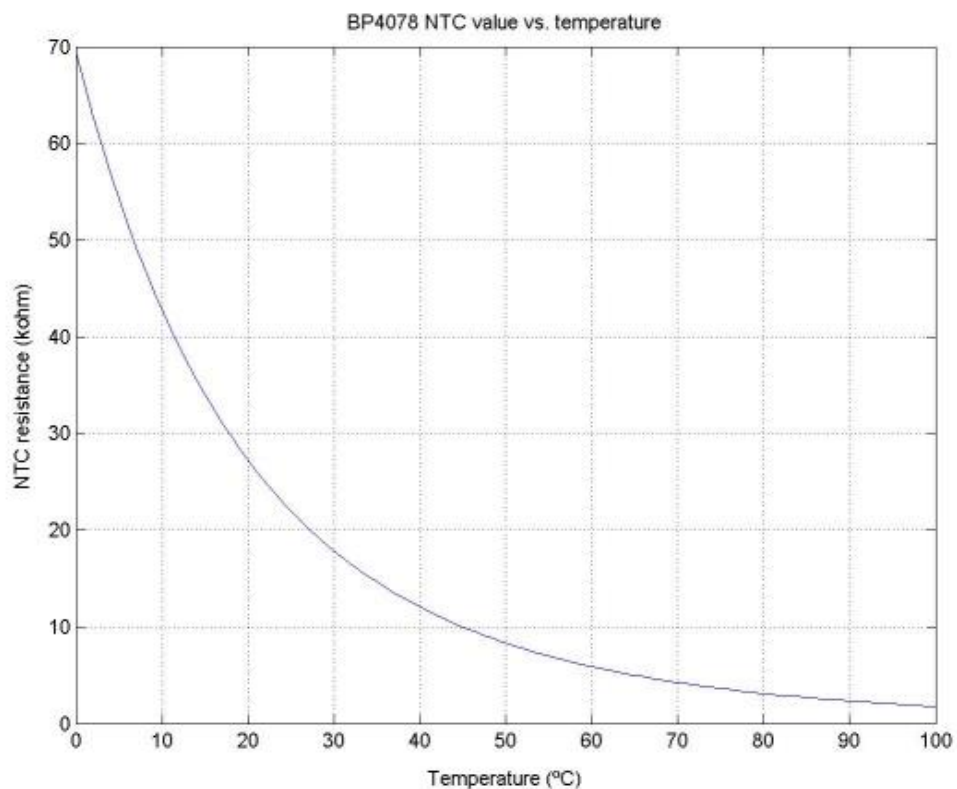
Lämpötunnistimet voivat perustua termoelementtiantureihin tai vastusantureihin. Lisäksi on mahdollista käyttää mekaanista kaksoismetallimittaria tai puolijohdeanturia. Termoelementit muodostuvat kahdesta eri metallista valmistetusta johtimesta ja ne ovat galvaanisesti liitetty toisiinsa. Kun liitoskohdat joutuvat eri lämpötilaan syntyy piiriin lämpötilaerosta riippuva jännite, jonka suuruusluokka on millivoltteja. Vastusanturit perustuvat metallin sähkönjohtavuuden riippuvuuteen lämpötilasta. Nämä ovat NTC- ja PTC-elementtejä. NTC-vastuksen vastus pienenee lämpötilan kasvaessa ja PTC-vastuksen vastus kasvaa lämpötilan noustessa. Kaksoismetallianturit perustuvat kahden eri aineen lämpölaajenemiskertoimesta valmistettuun liuskaan, joka oikenee tai käyristyy lämpötilasta riippuen ja liuskan liikettä voidaan esim. mitata potentiometrillä. Puolijohdeanturin toiminta perustuu puolijohdeliitoksen liitosjännitteen lämpötilariippuvuuteen. (Juhala ym. 2005, 163-165)

Jäähdytysnesteen lämpötunnistin. Jäähdytysnesteen lämpötilatunnistin tunnistaa jäähdytysnesteen lämpötilaa. Tunnistin on puolijohde, ja se muuttaa vastusarvoaan lämpötilan mukaan. Yleensä käytetään nimitystä NTC-vastus. Ne ovat lämpöantureita joiden johtavuus kasvaa, eli vastus pienenee lämpötilan noustessa. Jäähdytysnesteen lämpötilalla on vaikutus polttoaineen suihkutukseen ja sytytysennakkoon, myös jäähdytyspuhaltimen ohjaus yleensä riippuu jäähdytysnesteen lämpötilasta.

Testattaessa signaalijännite voidaan mitata tunnistinmaata, akkumaata tai moottorimaata vasten. Moottorin käynnistämisen jälkeen signaalijännitteen tulee laskea koko ajan siihen asti, kunnes moottori on saavuttanut käyntilämpötilan. Tunnistimen

antamaa arvoa voidaan verrata esimerkiksi infrapunalämpömittarilla mitattuun lämpötilaan. (Schneehage 2012,58–61.)

Kuviossa 10 on esitetty NTC–vastuksen vastusarvon muutos lämpötilan suhteessa. Koska vastusarvo muuttuu, myös signaalijännite muuttuu ja näin ohjainlaite tietää missä lämpötilassa tunnistin on.



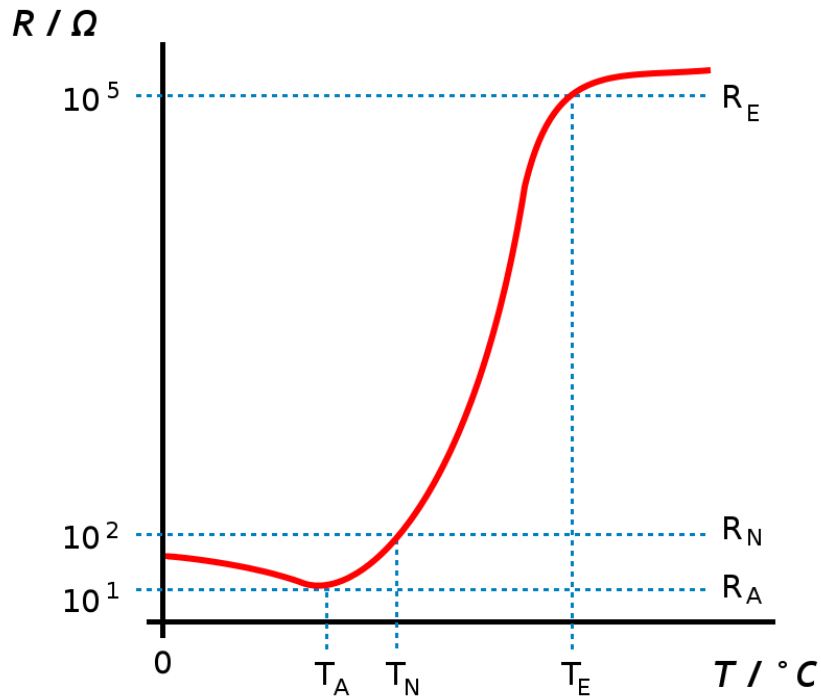
Kuvio 10. NTC–vastus: vastusarvo lämpötilan suhteen (ICT11-ysao, [Viitattu 12.3.2016]).

Imuilman/ Ahtoilman lämpötunnistin. Tunnistin perustuu NTC–vastukseen, ja se voi olla itsenäinen komponentti tai integroitu imusarjan painetunnistimeen, ilmamäärä– tai ilmamassamittariin. Imuilman lämpötilatiedolla korjataan suihkutuspainetta ja sytytysennakkoa. Vastus sekä jännitekuvaajat ovat samanlaiset, kuin jäähdytysnesteen lämpötilatunnistimessa. Kaasua polkaistessa signaalin voi mahdollisesti tulla pieni nousu, koska silloin tunnistimen läpi virtaa enemmän ilmaa ja aiheuttaa

imujärjestelmässä jäähtymistä. Kun moottori sammutetaan, johtuu lämpö moottorista imusarjaan, mikä aiheuttaa signaalijännitteen laskemisen. (Schneehage 2012, 63.)

Pakokaasujen lämpötunnistin. Nykyaikaisessa dieselmoottorissa voi olla jopa kolme pakokaasujen lämpötilatunnistinta. Tunnistimina käytetään sekä NTC–elementtejä, että PTC–elementtejä (positiivin lämpötilakieroin, kylmä johdin, eli lämpötilan noustessa kasvaa PTC–elementin vastus). Ensimmäinen lämpötunnistin on turboahtimen tuntumassa, sillä tunnistetaan pakokaasujen lämpötilaa partikkelisuodattimen regenerointihetkellä. Lämpötilatiedon perusteella säädetään jälkiruis-
kutusta, sekä polttonestemäärää regeneroinnin aikana. Tietoa käytetään myös suo-
jaamaan turboahdinta liian suurelta termiseltä kuormalta. Jos lämpötila nousee liian korkeaksi, vähennetään moottoritehoja. Kaksi muuta lämpötunnistinta ovat sijoitettu ennen ja jälkeen partikkelisuodattimen. Niiden signaaleja käytetään yhdessä paine-
erotunnistimen ja ilmamassamittarin kanssa määrittämään pakokaasuvirtausmäärä sekä partikkelisuodattimen täyttöaste. Tunnistimen jännitteensyötön pystyy testaa-
maan sytytysvirta kytkettynä ja tunnistimen pistoke irrotettuna. Jännitteensyöttö on voi olla noin 3,2 V tai perinteisesti 5 V. Signaalijännite taas voi vaihdella 0,3 V–3,0 V välillä riippuen pakokaasujen lämpötilasta. (Schneehage 2012, 64–66.)

Kuviossa 11 on PTC–vastuksen vastusavo lämpötilan suhteen. Se toimii vain päin-
vastaisesti kuin NTC–vastus. PTC–vastus toimii paremmin korkeiden lämpötilojen mittaamisessa.



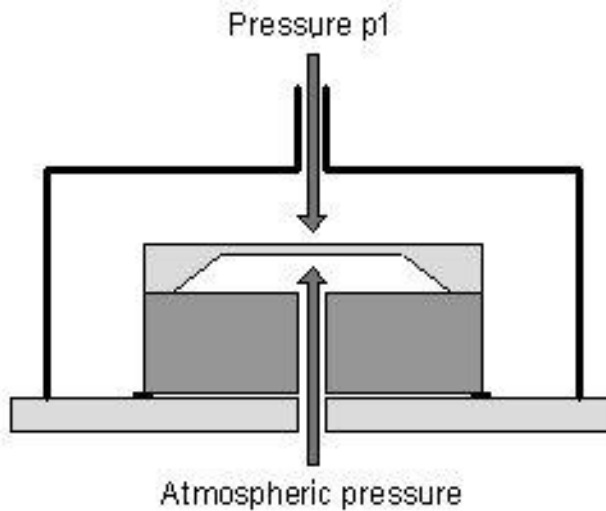
Kuvio 11. PTC–vastuksen periaatekuva (ICT11-ysao, [Viitattu 10.3.2016]).

Polttonesteen lämpötunnistin. Polttonesteen lämpötunnistinta käytetään diesel-ruikutusjärjestelmässä polttonesteen tiheyden määrittämiseen ja sen avulla ruiskutusmäärän korjaamiseen. Anturi perustuu NTC–vastukseen, jonka vastusarvo muuttuu lämpötilan mukaan. Lämpötilan noustessa täytyy signaalijännitteen laskea. Tunnistimen vikaantuessa moottorinohjainlaite voi esimerkiksi käyttää jäähdytysnesteiden lämpötilatietoa korvaavana tietona. (Schneehage 2012, 66.)

4.6 Painetunnistimet

Suureena paine muodostuu pinta-alasta ja siihen kohdistuvasta voimasta. Paine-mittaus voidaan toteuttaa johtamalla paine vaikuttamaan tunnetulle pinta-alalle. Mit-taus voidaan toteuttaa joko paineen aiheuttaman voiman avulla, tai mittaamalla lii-

kettä (esim. venymäliuskavastukset). Paine-antureissa jotka mittaavat paineen aiheuttamaa voimaa, on yleensä mittakalvo, jonka toiselle puolelle vaikuttaa esim. vallitseva ilmanpaine ja toiselle puolelle imusarjan paine. Monissa sovelluksissa mitataan paine-eroa, jolloin mitattavat paineet johdetaan mittakalvon eri puolille. (Juhala ym. 2005, 151–152)



Kuvio 12. Painetunnistimen periaatekuva (FirstSensor, [Viitattu 15.3.2016]).

Polttonesteen painetunnistin. Polttonesteen painetunnistinta käytetään bensiinimoottorissa suorasuihkutusjärjestelmässä polttoaineen paineen tunnistamiseen, sekä dieselmootoreissa Common Rail ruiskutusjärjestelmässä. Se koostuu useista venymäliuskavastuksista, jotka ovat integroituna tunnistimen kalvolle. Paine vaikuttaa kalvon muotoon, jolloin venymäliuskavastukset muuttavat muotoaan, sekä niiden vastusarvoa. Siitä muodostuu jännitemuutos, joka vahvistetaan tunnistimen vertailupiirissä, ja sitten johdetaan ohjainlaitteelle jännitesignaalina. Useimmissa painetunnistimissa on vertailupiiri, joten niitä ei saa mitata vastusmittauksella.

Moottorinohjausjärjestelmässä voi olla matalapainetunnistimia ja korkeapainetunnistimia. Polttonesteen matalapainetunnistinta käytetään polttonesteen esisiirtopumpun tuoton säätöön. Korkeapainetunnistinta taas käytetään polttonesteen paineen säätöön syöttöpumpulla tai paineensäätöventtiiliin ohjaukseen. Lisäksi tietoa käytetään ruiskutusmäärän laskentaan. (Schneehage 2012, 69–71.)

Poltonesteen matalapainetunnistimen testaus. Jännitteensyöttö saadaan mitattua matalapainetunnistimelta sytytysvirta kytkettynä. Jännitteensyöttö on yleensä 5 V mitattuna tunnistinmaata vasten. Signaalijännitteen mittaamiseksi valitaan jänniteasteikoksi 5 V ja aika-asteikoksi 20–30 sekuntia. Kannattavaa on mitata sytytysvirta kytkettynä ja katkaistuna. Tällöin signaalijännitteen tulee näyttää jäännöspainetta ja esisiirtopumpun kytkeydyttyä paineen tulee nousta. Huomioitava on, että jotkut valmistajat toteuttavat esisiirtopumpun esipaineen, kun kuljettajan ovi avataan. Moottorin käynnistyksen aikana tulee järjestelmän paineen nousta huomattavasti ja vakiintua tasaiseen jännitearvoon joutokäynnin vakautuessa. Moottoria kuormitettaessa tai kaasua polkaistessa nousee paine huomattavasti. (Schneehage 2012, 71.)

Poltonesteen korkeapainetunnistin testaus. Jännitteensyöttö tulee mitata sytytysvirta kytkettynä tunnistinmaata vasten, jolloin jännitteensyötön tulisi olla noin 5 V. Signaalijännite tulee mitata sytytysvirta katkaistuna ja kytkettynä. Ennen mittausten aloittamista oskilloskooppi on hyvä asettaa aika-asteikoltaan noin 30 sekuntiin ja jänniteasteikoltaan 5 volttiin. Signaalijännitteen tulee nousta hieman esisiirtopumpun käydessä. Moottorin käynnistyessä kasvaa signaalijännite merkittävästi ja vakiintuu joutokäynnin tasaantuessa. Kuormitusta lisättäessä tai kaasua polkaistessa tulee signaalijännitteen nousta huomattavasti. Imu-/ katkaisuvaiheessa (Kun kaasupoljin on nostettu) voi paine pysyä hetkellisesti tasaisena, mutta ruiskutusten jälleen aktivoituessa järjestelmä paine laskee hitaasti pyörintänopeudesta ja kuormasta riippuvaan paineeseen. (Schneehage 2012, 72.)

Jakotukin painetunnistimen testaus (Common Rail- järjestelmä). Jännitteensyöttö saadaan mitattua tunnistimen jännitteensyötöstä tunnistinmaata vasten. Sytytysvirta tulee olla kytkettynä ja jännitteensyötön tulee olla noin 5 V. Oskilloskoopin aika-asteikoksi on hyvä asettaa noin 30 sekuntia ja jänniteasteikolle 5 V. Sytytysvirran kytkemisen jälkeen esisiirtopumppu nostaa hieman järjestelmäpainetta. Käynnistyksen yhteydessä tulee signaalijännitteen nousta joutokäyntipainetta vastaa-

vaan jännitetasoon. Kaasua polkaistessa nousee signaalijännite huomattavasti. Esimerkkiarvot VW-moottoritunnus CAYB: Joutokäynnillä jännitetasot ovat 1,0 V–1,3 V ja se vastaa järjestelmäpainetta noin 250 bar \pm 50 bar. (Schneehage 2012, 73.)

Ahtopainetunnistin. Ahtopainetunnistin on rakenteeltaan ja toiminnaltaan samankaltainen, kuin imusarjan painetunnistin. Sitä käytetään ohjausjärjestelmissä ahtopaineensäädön optimoimiseen moottorin pyörintänopeuden, sekä kuormituksen mukaan. Lisäksi ahtopainetunnistimen signaalia hyödynnetään korjaussuureena ruiskutusmäärän laskennassa. Usein ahtopainetunnistimeen on integroitu ahtoilman lämpötunnistin. Sen toimintaperiaate on kuten imuilman lämpötunnistimella (NTC–vastus elementti).

Signaalin mittaamiseen oskilloskoopilla on hyvä valita aika-asteikoksi 20–30 sekuntia ja jänniteasteikoksi 5 V. Ennen mittaamista moottori tulee olla käyntilämmin. Kaasua polkaistaessa tulee signaalijännitteen nousta. (Schneehage 2012, 73.)

Ulkoilman painetunnistin. Ulkoilman painetunnistimen signaalijännite on riippuvainen ilmanpaineesta (Korkeudesta merenpinnasta sekä säätilasta). Ulkoilman painetunnistimen tietoa käytetään ruiskutusmäärän korjaussuureena, pakokaasujen takaisinkierätyksen asteen määrittämiseen sekä ahtopaineen säätöön. Tunnistin on ollut aiemmin erillinen komponentti, mutta nykyään se on integroitu moottorinohjainlaitteeseen. (Schneehage 2012, 73.)

Pakokaasujen paine-erotunnistin bensa- ja dieselmoottorit. Pakokaasujen paine-erotunnistin tunnistaa pakokaasujen paine-eroa, jotka johdetaan kuristimen läpi pakokaasujen takaisinkierätysventtiilille (EGR-venttiili) ja sieltä imusarjaan. Tunnistin koostuu kalvosta jonka toiselle puolella vaikuttaa pakosarjan pakokaasujen paine ja toisella puolella vaikuttaa kuristimen ja EGR-venttiin jälkeiset pakokaasut. Kalvon vastusarvo riippuu sen muodonmuutoksesta, ja siitä saadaan paineeron mukaan muuttuva signaalijännite. Signaalijännitteestä saadaan tarkka tieto pakokaasujen takaisinkierätys asteesta.

Jännitteensyöttö saadaan mitattua tunnistinmaata, moottorimaata tai akkumaata vasten. Yleensä jännitteensyöttö on noin 5 V. Signaalijännite mitataan tunnistinmaata vasten. Jos pakokaasujentakaisinkierätyks ei ole aktiivinen tulee signaalijännitteen olla 0,6 V ja, kun painetunnistimen suurempaan liitäntäletkuun tuodaan painetta, tulee signaalijännitteen nousta paineen suhteessa. Paineen noustessa 100 mbar, tulee jännitteen nousta noin 1,4 V. (Schneehage 2012, 73–76.)

4.7 Kytkimet

Jarrupoljinkytkin. Jarrupolkimessa on asentotunnistin, ja sitä arvioidaan loogisuudeltaan kaasupoljintunnistimeen nähden. Moottorinohjaukselle on epäloogista, että kaasu- ja jarrupoljinta painetaan yhtäaikaisesti. Tällaisissa tilanteissa jarrupolkimen signaali asetetaan etusijalle turvallisuussyistä. Jos kaasu- ja jarrupoljinta painetaan samanaikaisesti rajoittaa se moottorin pyörintänopeuden korotetulle joutokäynnille. Vakionopeussäätimen ohjaukseen käytetään, myös jarrupoljinkytkimen signaalia. Jarrupolkinkytkin voidaan toteuttaa yksinkertaisella kytkimellä, kaksoiskytkimellä jossa on vastakkaissignaali tai Hall-anturilla, jonka etuna on se, että siinä ei ole kuluvia osia eli se on kosketukseton. (Schneehage 2012, 81–82.)

Oskilloskoopilla voidaan tarkastaa signaalikuvaaja signaalilinjasta ohjainlaitteen ja maadoituksen väliltä. Kytkin voi olla joko plus- tai miinuskytkentä sekä toimia avaavana tai sulkevana. Valmistajasta riippuen jännitteensyöttö voi olla 5 V tai 12 V. Kytkin voi olla toteutettu myös kahdella vastakkaisella signaalilla tällöin käytössä voi olla kaksi kytkintä tai yksi kytkin jossa on kaksi kytkinkontaktia.

Kytkinpoljinkytkin (Kytkinpolkimen asentotunnistin). Tunnistimen rakenne voi olla tavanomainen kytkin ja se voidaan toteuttaa avaavana tai sulkevana. Vaihtoehtoisesti kytkin voi myös perustua Hall-anturiin, jonka etuna on kulumaton rakenne. Jotkut ajoneuvot tarvitsevat tiedon moottorinohjaukselle kytkinpolkimen painamisesta, jotta moottorin saa käynnistettyä. Kytkinpolkimen signaalijännite on kuin jarrupoljinkytkimessä, jos rakenne on kytkin tyyppinen. (Schneehage 2012, 84.)

4.8 Asentotunnistimet

Kaasuläppäpotentiometri. Kaasuläppäpotentiometri tunnistaa kaasuläpän avautumiskulmaa, sekä käyttö nopeutta. Niiden perusteella moottorinohjaus korjaa suihkutusmäärää ja sytytysennakkoa. Rakenne koostuu kahdesta potentiometristä, joista toista signaalia käytetään aseman tunnistamiseen ja toista signaalia käytetään signaalin oikeellisuuden varmistamiseksi. Ohjainlaite tekee loogisuustarkastelun laskemalla potentiometriä summasignaali-jännitteen. Sen tulee aina olla $5\text{ V} \pm 0,2\text{ V}$ – $0,3\text{ V}$, jos heitto signaali-jännitteessä on suurempi, menee kaasuläppä hätäkäyttötilaan. (Schneehage 2012, 89–90.)

Koska toiminta perustuu potentiometriin, on jatkuvuusmittaus järjevä tapa tarkastaa tunnistimen toiminta. Tärkeää on huomioida, onko tunnistimen rakenne toteutettu yhdellä vai kahdella vastakkain toimivalla potentiometrillä. Mittaus on hyvä toteuttaa kuten kaasupolkimen asentotunnistimessa.

Ahtopaineensäätimen asentotunnistin. Tarkemman säädön vuoksi yhä useammassa moottorinohjausjärjestelmässä käytetään elektronisesti ohjattuja VTG-turboahtimia. VTG tarkoittaa turboahtimen muuttuvaa turbiinipuolen geometriaa. Ahtopaineensäätimen asentotunnistimena käytetään potentiometriä tai säätömoottoriin integroitua induktiivista tunnistinta. Induktiivisen tunnistimen signaali muutetaan sisäisessä vertailupiirissä analogiseksi jännitesignaaliksi. Ahtopaineensäätimen asemasta riippuen moottorinohjainlaitteelle syötetään muuttuvaa jännitesignaalia.

Testattaessa mitataan ensin jännitteensyöttö esim. moottorimaata tai tunnistinmaata vasten. Ennen signaali-jännitteen mittaamista tulee moottori käyttää käyntilämpöiseksi. Lämmitysvaiheen jälkeen moottori sammutettuna kytketään sytytysvirta päälle ja mitataan signaali-jännite. Moottorin käynnistymisen jälkeen kaasua painettaessa tulee signaali-jännitteen muuttua huomattavasti. Jos diagnoositesterillä on mahdollista tehdä ahtopaineensäädintesti, niin silloin signaali-jännitteen tulee muuttua paljon ahtopaineensäädintä ohjattaessa. (Schneehage 2012, 94.)

Pakokaasujen takaisinkierätyksen venttiilin asentotunnistin. Asentotunnistimen tehtävänä on tuottaa tarkka säätö pakokaasujen takaisinkierätykselle, sekä kertoa ohjainlaitteelle venttiiliin oikea avautumistieto. Tunnistin perustuu potentiometriin, jonka signaalijännite riippuu takaisinkierätyksen venttiiliin avautumispinta-alasta. Toimintaperiaate on samanlainen, kuin kaasuläppäpotentiometrissa. (Schneehage 2012, 96.)

Tunnistimen testaamiseksi pitää moottori käyttää käyntilämpöiseksi. Sen jälkeen mitataan jännitteensyöttö, se on yleensä 5 V. Oskilloskoopilla aika-asteikoksi on hyvä valita 20–30 sekuntia ja jännite asteikoksi 5 V. Osakuormalla eli lyhyellä kaasunpaineella tulee signaalijännitteen muuttua. Toinen vaihtoehto on käyttää diagnoositesteriä ja suorittaa sillä takaisinkierätyksen venttiiliin säädintesti. Samanlaisesti mittaamalla signaalijännitettä. (Schneehage 2012, 96.)

Nokka-akselin asentotunnistin. Nokka-akselin asentotunnistin voi rakenteeltaan olla induktiivinen anturi tai Hall-anturi. Sen tarkoituksena on tunnistaa sylinterit. Bensinimoottorissa signaalia käytetään suihkutuksen venttiilien ohjaukseen, sekä täysin elektronisissa yksittäiskipinäpuola sytytysjärjestelmässä puolan ohjaukseen. Dieselmoottorissa nokka-akselin asema tietoa käytetään suuttimien ohjaukseen (Common Rail järjestelmä ja Pumppusuutin) (Schneehage 2012, 97.)

Testaus suoritetaan kuten induktiivisessa pyörintänopeustunnistimessa. Oskilloskooppi tulee valita vaihtojännite alueelle. Signaalilinja voidaan mitata tunnistinmaata, akkumaata tai moottorimaata vasten. Mittauksen aikana moottori tulee käynnistää tai olla käynnissä. Aika-asteikoksi on hyvä valita 200 millisekuntia, jotta nähdään kokonainen nokka-akselin kierros. Jänniteasteikko tulee valita induktiojännitteen korkeuden mukaan.

Hall-anturiin perustuvassa tunnistimessa jännitteensyöttö on 5 V tai 12 V. Signaalijännite mitataan moottorin ollessa käynnissä. Signaalilinja voidaan mitata tunnistinmaata, moottorimaata tai akkumaata vasten. Jos vikamuistissa on vikakoodi:

Nokka–akselin asentotunnistin, epälooginen signaali tai kampiakselin ja nokka–akselin suhde väärä, tarkoittaa tämä liian suurta signaalieroja pyörintänopeus ja asematunnistimien välillä. Tässä tapauksessa jakohihna tai jakoketju hypännyt. (Schneehage 2012, 99.)

Kuormitusläpän asentotunnistin. Tunnistin perustuu potentiometriin, jolla tunnistetaan imusarjaläpän asemaa. Kuormitusläppä on yleensä integroitu imusarjaan. Läpän aseman muuttuessa muuttuu potentiometrin signaalijännite. Jännitteensyöttö on yleensä noin 5 V ja se saadaan mitattua tunnistinmaata, moottorimaata tai akku- maata vasten. Signaalijännite saadaan mitattua samalla periaatteella. Signaalijännitteen tulee nousta kaasua polkaistessa. Elektronisesti ohjattua läppää voidaan ohjata diagnoositesterillä ja mitata oskilloskoopilla samanaikaisesti. Signaalijännitteestä tarkastetaan minimi ja maksimi sekä nousevat ja laskevat signaalit. (Schneehage 2012, 100.)

4.9 Lambdatunnistin

Bensiinimoottorissa lambdatunnistimen signaalia hyödynnetään korjaussuurena suihkutuspäästöjen laskennassa. Suihkutusnestemäärän korjaus voidaan lukea moottorinohjauksen mitatuista arvoista diagnoositesterillä. Dieselmoottorissa lambdatunnistimen signaalia käytetään pakokaasujen takaisinkierrätyksen tarkempaan määrittämiseen, sekä jälkiruiskutusmäärän laskentaan hiukkassuodattimen regenerointivaiheessa. Tunnistin mittaa jäännöshappimäärää pakokaasuista, jotta moottori voi toimia optimaalisella alueella. Sitä tarvitaan, jotta moottorin polttoaineen kulutus, sekä pakokaasupäästöt saadaan optimoitua. Lambda–tunnistimia on erilaisia, kuten Zirkoniumdioksidi-lambdatunnistin (hyppäystunnistin), titaanioksidi-lambdatunnistin (vastustunnistin) ja laajakaistatunnistin. (Schneehage 2012, 104-105.)

Yhdellä tai kolmella johtimella varustetussa lambdatunnistimessa on tyypillisenä vika korroosiosta johtuva huono maadoitus. Korjaukseksi voi tunnistimen rungosta

vetää erillisen maadoitusjohdon koriin tai moottorimaahan. (Schneehage 2012, 104–105)

Esimerkiksi zirkoniumoksiditunnistimessa on yksi johtoliitântä (signaalilinja) ja tunnistin maadoitus. Maadoitus kulkee tunnistimen rungosta pakoputkeen. Toinen tyyppi zirkoniumoksiditunnistimesta on kahdella johdolla oleva ja ilman lämmitystä: signaali (musta) ja tunnistinmaa (harmaa). On olemassa myös versioita, joissa on 3 tai 4 johtoa, sekä tunnistimen lämmitys. Kolmejohtoisessa tunnistimessa on signaalilinja (musta) ja kaksi valkoista ovat lämmityksen jännitteensyöttö ja maadoitus. Signaalilinnan maadoitus tapahtuu rungon kautta. Nelijohtoisessa tunnistimessa on signaalilinja (musta), signaalimaadoitus (harmaa), ja kaksi valkoista ovat lämmityksen jännitteensyöttö sekä maadoitus. (Schneehage 2012, 104–105.)

Titaanioksiditunnistin on pääsääntöisesti nelijohtoinen. Se sisältää lämmityksen ja johtimet ovat signaalilinja (keltainen), signaalimaa (musta), lämmityksen plus (punainen) ja lämmityksen maadoitus (valkoinen). Laajakaistalambdatunnistin on yleensä toteutettu viidellä tai kuudella johtimella. (Schneehage 2012, 106.)

Zirkoniumoksiditunnistin (hyppäystunnistin). Tunnistin koostuu zirkoniumoksidikeramiikkaosasta, jonka sisä- ja ulkopuolella on huokoinen platinaelektrodi. Zirkoniumdioksidikeramiikan ulkopuolella vaikuttavat pakokaasut ja sen sisäpuolella vaikuttaa ulkoilma. Zirkoniumoksidikeramiikka on happi-ioneja johtava noin 300 celsiusasteesta alkaen. Tästä johtuen happi-ionit pääsevät liikkumaan zirkoniumoksidikeramiikassa. Niiden liikkuminen on riippuvaista pakokaasujen happipitoisuudesta. Pakokaasujen jäännöshappipitoisuuden ollessa suuri (laiha seos), on potentiaaliero verrattuna ulkoilmaan pieni. Eli vain pieni osa happi-ioneista liikkuu tunnistinkeramiikan läpi, jolloin muodostuu matala jännite ($\Lambda > 1$ ja jännite $< 0,3$ V). Kun matala jännite saapuu ohjainlaitteelle tunnistaa se, että moottori käy laihalla ja lisää suihkutusta aikaa tai määrää jolloin polttonesteilmaseos rikastuu. Siitä johtuen pakokaasujen happipitoisuus pienenee, jolloin happi-ionien liikkuminen kasvaa. Kun seos rikastuu, tunnistimen signaalijännite nousee 0,9 V ($\Lambda < 1$ ja jännite $> 0,6$ V). (Schneehage 2012, 107–108.)

Lambdatunnistimen testaamiseksi tulee moottori lämmittää käyntilämpöiseksi, tällöin lambdatunnistin on saavuttanut käyttölämpötilansa ja saadaan dynaaminen jännitevaihtelu 0,1 V ja 0,9 V välillä. Jos käyttölämpötilaa ei ole saavutettu saadaan signaalilinjasta mitattua moottorinohjainlaitteelta tuleva referenssijännite, joka on noin 0,45 V. Kun lambdatunnistimen käyttölämpötila on saavutettu, voidaan referenssijännite mitata irrotetusta tunnistimen pistokkeesta johtosarjan puolelta. Tällöin referenssijännite tulee olla 0,35–0,55 V. (Schneehage 2012, 107–108.)

Titaanioksiditunnistin (vastustunnistin). Tunnistin koostuu keramiikkasydäimestä, joka on titaanioksidia, ja sitä ympäröi huokoinen platinaelektrodipinnoite. Titaanioksidikeramiikan happi-ionien johtavuus muuttuu lämpötilan ja happipitoisuuden mukaan. Vähimmäistoimintalämpötila on 500 astetta celsiusta ja optimaalinen 600–700 astetta celsiusta, jotta tunnistin voi ottaa vastaan tai luovuttaa happea. Laihalla seoksella ($\Lambda > 1$) happipitoisuus on suuri. Vähemmän johtava happi reagoi titaanioksin kanssa, jolloin titaanioksidielektrodin johtavuus pienenee ja vastusarvo kasvaa. Rikkaalla seoksella ($\Lambda < 1$) on enemmän happea pakokaasuissa, ja siitä johtuen titaanioksidielektrodin reaktio vähemmän johtavan hapen kanssa pienenee. Tunnistimen johtavuus kasvaa ja vastusarvo pienenee. Tunnistimen kanssa on sarjaan kytketty mittavastus moottorinohjainlaitteessa (jännitteenjakokytkentä). Mittavastus voi sijaita tunnistimen takana, mikä aiheuttaa sen, että erilaiset jännitevaihtelut rikkaalla ja laihalla voidaan tunnistaa. Eri valmistajat käyttävät erilaisia ratkaisuja. (Schneehage 2012, 112–115.)

Titaanioksiditunnistimen testaamiseksi tulee moottori käyttää käyntilämpöiseksi tai ajaa koeajo. Moottorin käydessä joutokäyntiä mitataan signaalijohto tunnistinmaata, moottorimaata tai akkumaata vasten. Aika-asteikoksi on hyvä valita noin 20 sekuntia ja jännite asteikoksi 5 V. Signaalista tulee tarkistaa, että jännitetasot 4,4 V ylitetään ja 1,2 V alitetaan. Jos jännitetasot toteutuvat tulee tarkistaa tunnistimen säätötaajuus, joka on joutokäynnillä noin 0,3 Hz. (Schneehage 2012, 112–115.)

Laajakaistalambdatunnistin. Laajakaistalambdatunnistin on toimintaperiaatteeltaan kuin kaksi zirkoniumdioksiditunnistinta, jossa toista käytetään mittakammiossa

ja toista pumppukammiossa. Pakokaasut virtaavat pumppukammion pienestä reiästä mittakammion sisälle. Mittatilaan johdettujen tai poisjohdettujen happi-ionien liikuttamiseen tarvittava pumppuvirta on mittasuure moottorinohjainlaitteelle tarkasta lambda arvosta. Pumppuvirran arvo on milliampeerialueella, joten sitä ei pääse mittaamaan tavanomaisilla mittalaitteilla, vaan se voidaan tarkastaa OBD-testerin kautta mitatut arvot valikosta. Jos tunnistimelle päästetään vuotoilmaa, tai lisäpolttonestettä tunnistin reagoi muuttamalla pumppuvirtaa, jolloin myös lambda arvon tulee muuttua, näin voidaan testata tunnistimen reagointi. Suositeltavaa on tehdä mittaus pakokaasuanalysaattorilla ja verrata sitä ohjainlaitteelta saatuun lambda arvoon. (Schneehage 2012, 117–118.)

Katalysaattorin jälkeinen lambdatunnistin. Katalysaattorin jälkeisen lambdatunnistimen tarkoitus on valvoa katalysaattorin toimintaa. Yleensä katalysaattorin jälkeen sijoitettu lambdatunnistin on tyypiltään zirkoniumoksiditunnistin (hyppäystunnistin). Toimintakuntoinen polttoneste- ja sytytysjärjestelmä sekä katalysaattori aikaansaavat signaalijännitteen $> 0,6$ V. Se johtuu siitä, että jäännöshappi, palamattomat hiilivedyt ja hiilimonoksidi oksidoituvat katalysaattorissa hiilidioksidiksi ja vedeksi. Jos polttonesteen syöttö lopetetaan, putoaa signaalijännite alle $0,4$ V, koska palamista ei tapahdu. Jos katalysaattori ei ole saavuttanut toimintalämpötilansa, on signaalilinjassa mitattavissa vain referenssi jännite, joka on noin $0,5$ V. Tällöin tulee suorittaa koeajo ja suorittaa mittaus uudelleen. Mikäli näkyvässä on edelleen vain referenssi jännite, tulee tarkastaa lambdatunnistimen lämmitys. (Schneehage 2012, 119)

4.10 Muita tunnistimia ja toimilaitteet

Nakutustunnistin. Nakutustunnistinta on aiemmin käytetty vain bensiinimoottoreissa, mutta nykyään niitä löytyy myös dieselmoottoreista. Nakutustunnistimen tehtävänä on tunnistaa palotapahtuman alkaminen ja moottorin ohjainlaitteen infor-

mointi. Nakutustunnistimeen on integroitu pietsokristalli, jonka jännite muuttuu paineen mukaan. Kun pietsokristalliin vaikuttaa palamistapahtuman paine, muodostaa se jännitettä. Palamistapahtuman aikana syntyvä värähtely kulkeutuu pietsokristalliin, joka tuottaa jännitettä riippuen värähtelyn voimakkuudesta. Nakuttaminen aiheuttaa voimakkaampaa värähtelyä, kuin normaali palamistapahtuma, joten moottorin nakuttaessa muodostuu korkeampi jännitesignaali. Moottorinohjainlaite arvio signaalin ja näin pystyy tunnistamaan nakuttamisen, jolloin nakuttamisen estämiseksi esim. myöhäistetään sytytysennakkoa. Joissain dieselmootoreissa nakutustunnistimia käytetään nollatasaukseen. Se on tarpeellista, jos kyseessä on Common Rail järjestelmä. Sillä kompensoidaan suuttimien valmistustoleranssit ja suuttimien erilaiset kulumiset.

Oskilloskooppimittausta varten on hyvä olla apusignaali esim. bensiinimoottorissa sytytyksen ohjaus tai dieselmootorissa Common Rail suuttimen ohjaus. (Schneehage 2012, 122–123.)

Neulan liiketunnistin. Dieselmootoreissa elektronisesti ohjattujen riviruiskutuspumppujen ja jakajaruiskutuspumppujen kanssa käytetään yleensä neulan liiketunnistinta, joka on asennettu yhteen suuttimeen. Sillä pystytään tunnistamaan tarkasti ruiskutuksen alkamishetki. Yhdessä pyörintänopeus, asema-anturin ja neulan liiketunnistimen informaation kanssa, tunnistetaan ruiskutusennakko kampiakselin asteina. (Schneehage 2012, 124–125.)

Liiketunnistimessa olevalle käämille syötetään jännitteenjakokytkennällä jännitettä, ja sen avulla liiketunnistin on itsediagnoosin piirissä. Tunnistimen läpi kulkeva virta muodostaa käämille sähkömagneettikentän. Suutinneulan lähtiessä lepoasennosta muuttaa se käämin magneettikenttää, joka johtaa induktioon käämillä. Siitä aiheutuu jännitteen nousu, joka on ruiskutuksen alun signaali.

Testaamiseen oskilloskoopilla tulee valita vaihtojännitealue ja jänniteasteikoksi 1 V ja aika-asteikoksi noin 5 ms. Tasajännitealuetta käytettäessä tulee jänniteasteikon olla noin 5 V. (Schneehage 2012, 124–125.)

Ajonopeustunnistin. Ajonopeustunnistin on etuvetoisissa ajoneuvoissa yleensä sijoitettu vaihteiston tasauspyörästä ja takavetoisissa ajoneuvoissa vaihteiston ulostuloon. Tunnistimien tehtävänä on tunnistaa ajonopeus. Ajonopeustunnistin perustuu Hall-anturiin. Moderneissa ajoneuvoissa ei enää tarvita erillistä ajonopeustunnistinta vaan ajonopeustieto saadaan ABS-ohjainlaitteelta. Testaamiseksi oskiloskoopilla tulee valita tasajännitealue ja aika-asteikoksi noin 200 ms. Jänniteasteikoiksi valitaan ulostulojännitteestä riippuen 5 V tai 20 V. (Schneehage 2012, 127.)

Toimilaitteet. Ohjainlaitteen prosessoitua tunnistimilta tulevat signaalijännitteet lähettää ohjainlaite jännitesignaaleja ja komentaa toimilaitteita järjestelmässä. Toimilaitte on elektroninen tai mekaaninen laite, joka muuntaa sähköisen energian mekaaniseksi liikkeeksi. Tällaisia toimintoja ovat esimerkiksi moottorin joutokäynnin säätäminen, jousituksen korkeuden säätäminen tai polttoaineen mittarinäytön säätely. Ohjainlaitteet pystyvät kommunikoimaan myös keskenään, joten toisen ohjainlaitteen ulostulosignaali voi olla toisen ohjainlaitteen sisäänmenosignaali. Tällä tavalla ohjainlaitteet pystyvät muodostamaan tietoverkon. (Haldermann 2009, 213.)

5 TUNNISTIMIEN MITTAUKSET

Mittauksia suoritettiin kahdelle ajoneuville, joista toinen oli Toyota Prius vuosimallia 2014 ja toinen Skoda Octavia vuosimallia 2001. Prius on hybridi ajoneuvo eli siinä on akusto ja bensiinimoottori, jonka moottorikoodi on 2ZR–FXE. 2ZR–FXE käyttäytyy hieman eri tavalla, kuin normaali bensiinimoottori. Esimerkiksi Priuksen moottorin ryntäyttäminen ei onnistu samalla tavalla, kuin perinteisessä polttomotorissa. Octavian moottorikoodi on AHZ ja se on myös bensiinimoottori. Työssä tehtiin mittauksia kahdelle ajoneuville, jotta saataisiin erilaisia tunnistimia mitattua. Alla olevissa kuvissa esitellään mittaukseen liittyviä välineitä ja tarvikkeita.

Mittauksia tehtäessä käytettiin myös kahta erilaista oskilloskooppia, joista toinen on Toyotan testilaitteeseen asennettu PC–oskilloskooppi PicoScope ja toinen oli Bosch:n FSA, joka on myös PC–oskilloskooppi mutta hieman jo ikääntynyt. FSA:n näytteenottotaajuus ja tallennuskapasiteetti ovat heikommat kuin PicoScope:ssa. Mittausta aloittaessa pitää muistaa, että oskilloskooppi on periaatteessa kuin volttimittari, eli se pitää olla rinnankytkettynä mitattavaan jännitteeseen.

Oikeanlaiset sähkökaaviot ajoneuvosta ovat pakolliset, koska ilman niitä ei tiedä mistä mittaa. Näin voi pahimmassa tapauksessa aiheuttaa vaurioita tunnistimiin tai ohjainlaitteisiin. Aina ennen Break out boxin asentamista täytyy irrottaa ajoneuvon akusta miinuskenkä. Jos tätä ei tehdä, se voi aiheuttaa moottorinohjainlaitteen vaurioitumisen. Yleensä tarvitsee myös muuntotaulukot Break out boxin mittataulujen ja ohjainlaitteen pinnien välille, koska muuten ei voida tietää onko sähkökaavion antama numero sama, kuin mittataulussa. Esimerkiksi Skodan kohdalla mittataulujen numerot ja ohjainlaitteen pinnit olivat suoraan samat, mutta Priuksen kohdalla osa mittataulujen numeroista ja ohjainlaitteen pinneistä eivät olleet samoja. Haaroitusosat ovat esitetty kuvassa 5 ja 6. Break out box mittataulut ovat esitetty kuvassa 8. Mittatauluissa on numeroituna jokainen moottorinohjainlaitteen pinni, joten sillä voidaan mitata moottorinohjainlaitteelle tulevia tai lähteviä signaaleja.



Kuva 2. Kohdeajoneuvon moottoritila Toyota Prius Plugin Hybrid vuosimalli 2014



Kuva 3. Haaroitusosa liitettynä ajoneuvon moottorinohjainlaitteeseen



Kuva 4. Haaroitusosa liitettynä Skoda Octaviaan



Kuva 5. Priuksen haaroitusosa moottorinohjainlaitteen väliin



Kuva 6. Haarotusosa Skoda Octaviaan



Kuva 7. Break out box mittataulut



Kuva 8 Break out box mittataulut ja kaapeli, jolla ne yhdistetään haaroitusosaan



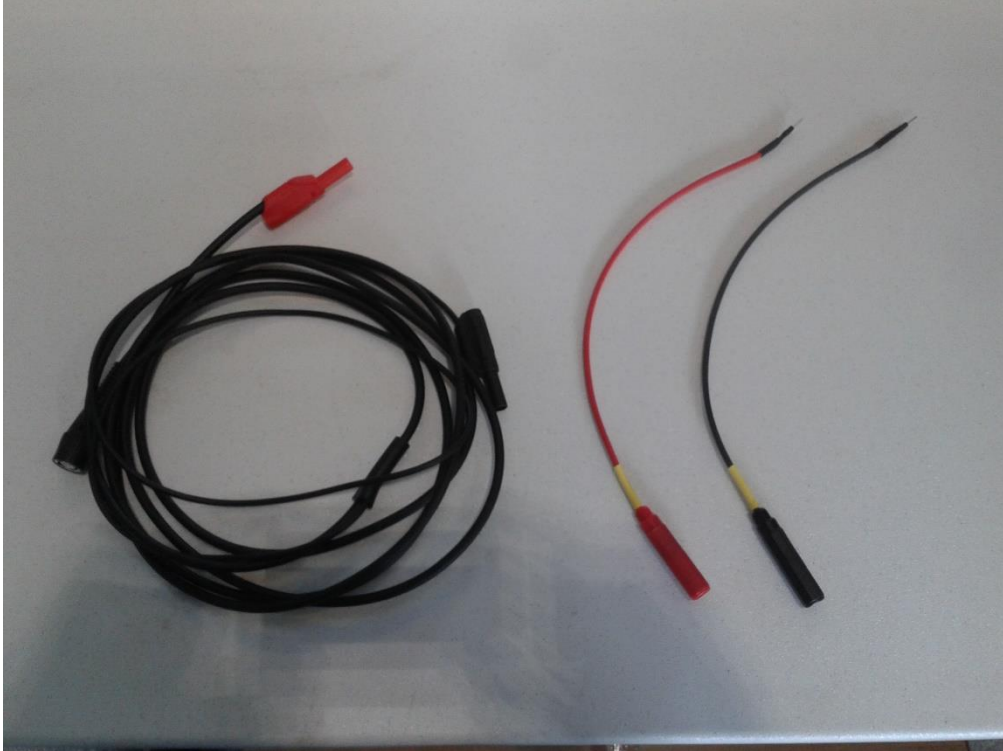
Kuva 9. Mittapiikkejä ja oskilloskoopin mittausjohtoja



Kuva 10. TD3 testilaite jossa PicoScope ohjelma



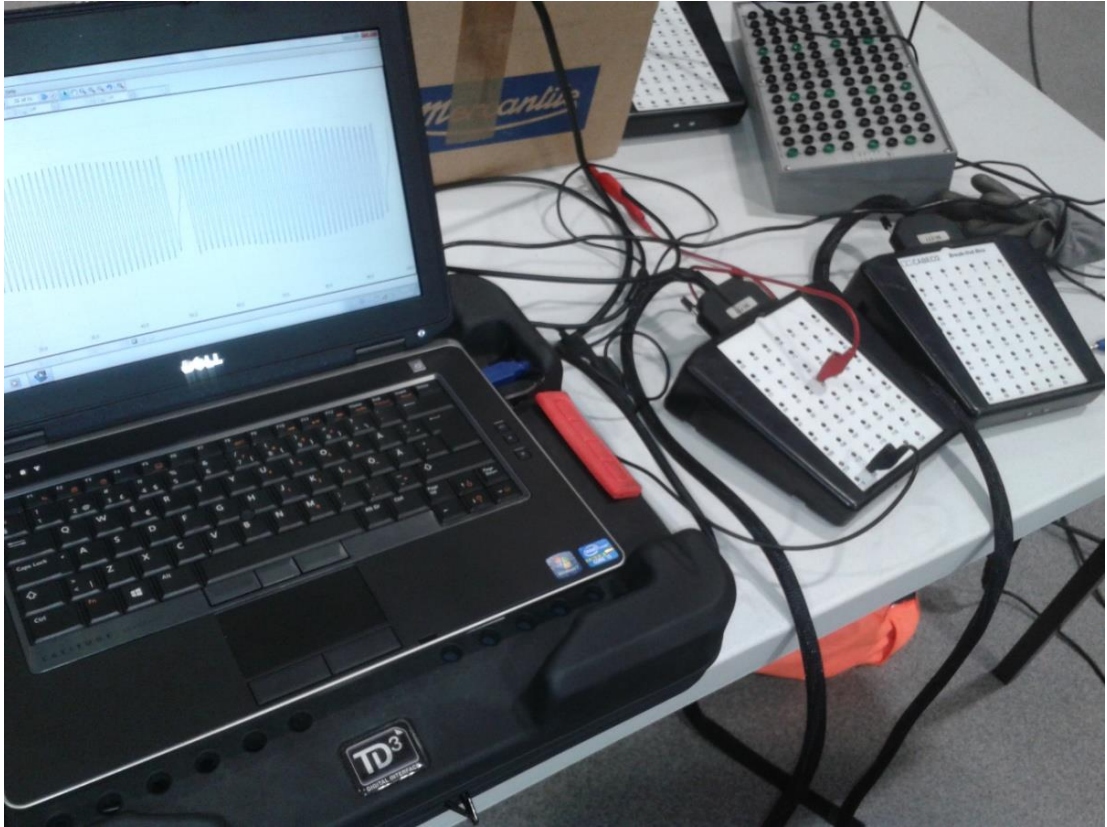
Kuva 11. PC-oskilloskooppi ja sen mittausjohto, joka liitetään oskilloskooppi moduuliin oikealla



Kuva 12. Mittausjohto, sekä pienet mittapiikit suoraan pistokkeelta mittaamiseen



Kuva 13. PicoScopen mittakanavien liittimet 4 kpl

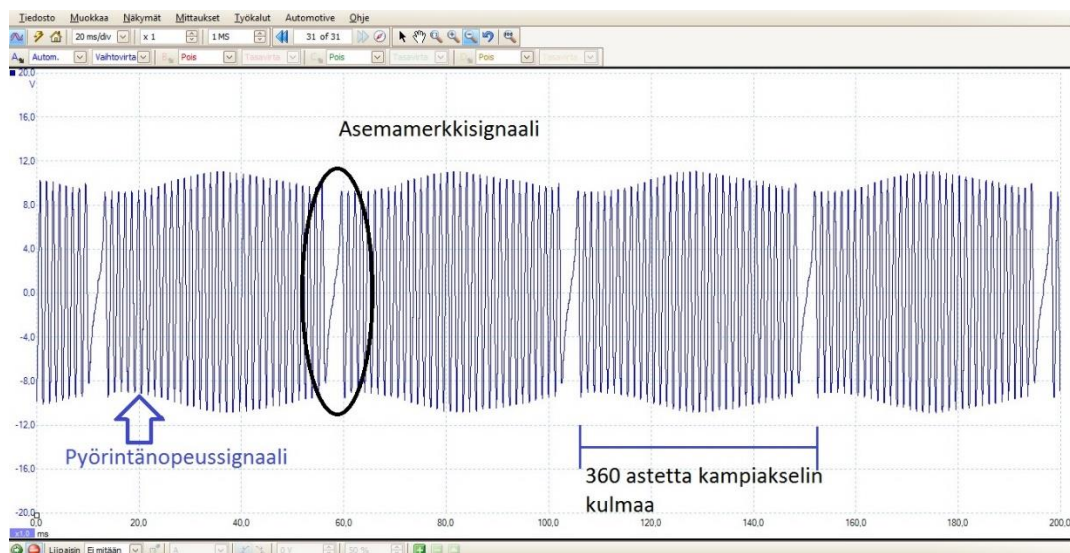


Kuva 14. Mittaustapahtuma ruudulla näkyy kampiakselin pyörintänopeustunnistin

5.1 Pyörintänopeustunnistin

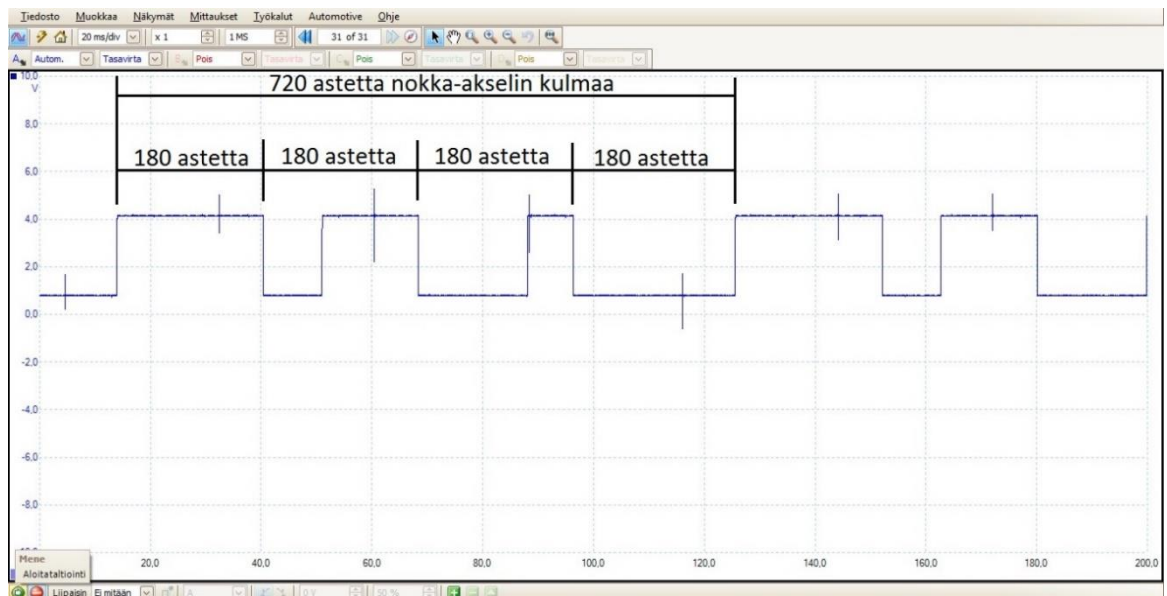
Pyörintänopeustunnistimen tehtävänä tunnistaa pyörintänopeutta ja asemaa, jos sitä tietoa tarvitaan. Moottorin pyörintänopeustunnistimissa tarvitaan myös asema-tieto, mutta esimerkiksi ABS-järjestelmän eli lukkiutumattoman jarrujärjestelmän pyörintänopeustunnistimessa ei tarvita asematietoa.

Induktiivinen pyörintänopeustunnistin. Tunnistin antaa moottorinohjainlaitteelle tiedon kampiakselin pyörintänopeudesta ja asemasta. Asematieto saadaan siitä, kun pulssipyörästä puuttuu yksi hammas, ja signaalijännitteeseen tulee asema-merkkisignaali. Toisin sanoen hammasväli näkyy rakona signaalissa. Kuviossa 13 on esitetty asematieto, sekä pyörintänopeustieto signaalijännitteestä. Hammasvälin perusteella voidaan nähdä, montako kierrosta kampiakseli on pyörähtänyt. Priuksen anturin hammasvälin (tässä tapauksessa puuttuu 2 hammasta) väli on 30 astetta kampiakselikulmaa ja normaali hammasväli on 10 astetta kampiakselikulmaa, eli jännitepiikkien väli. Signaalissa ei saa olla epäjatkuvuuksia eikä häiriöitä. Tunnisti-men signaalikuvaajan mittaaminen onnistuu, kun kytkee oskilloskoopin tunnistimen signaalilinjoihin niin, että oskilloskooppi on rinnankytkettynä. Induktiivisella anturilla ei ole jännitteensyöttöä.

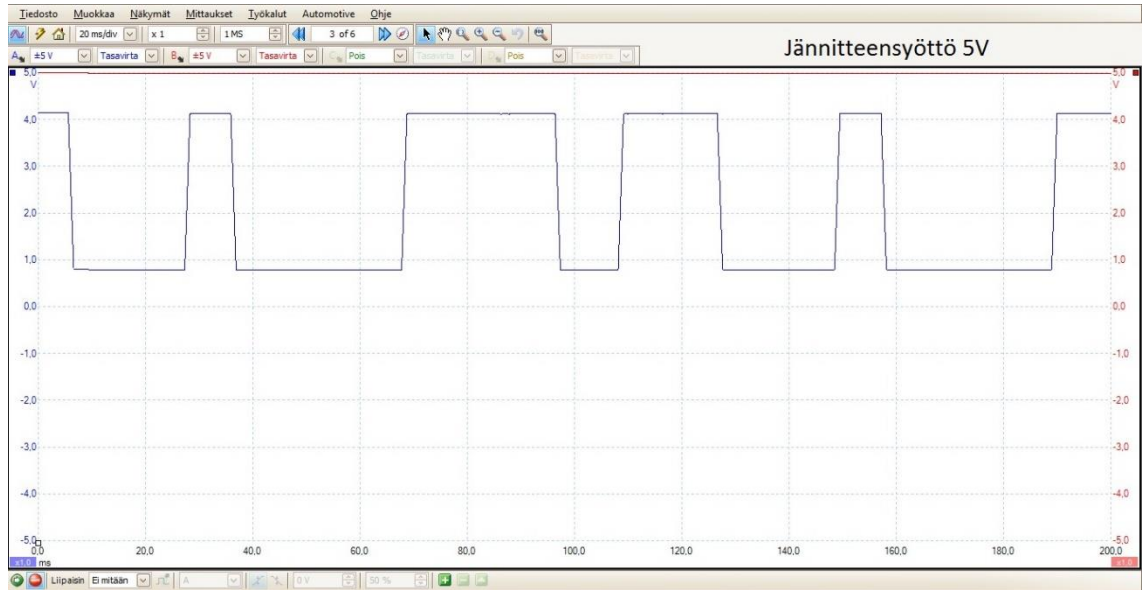


Kuvio 13. Priuksen kampiakselin pyörintänopeustunnistin

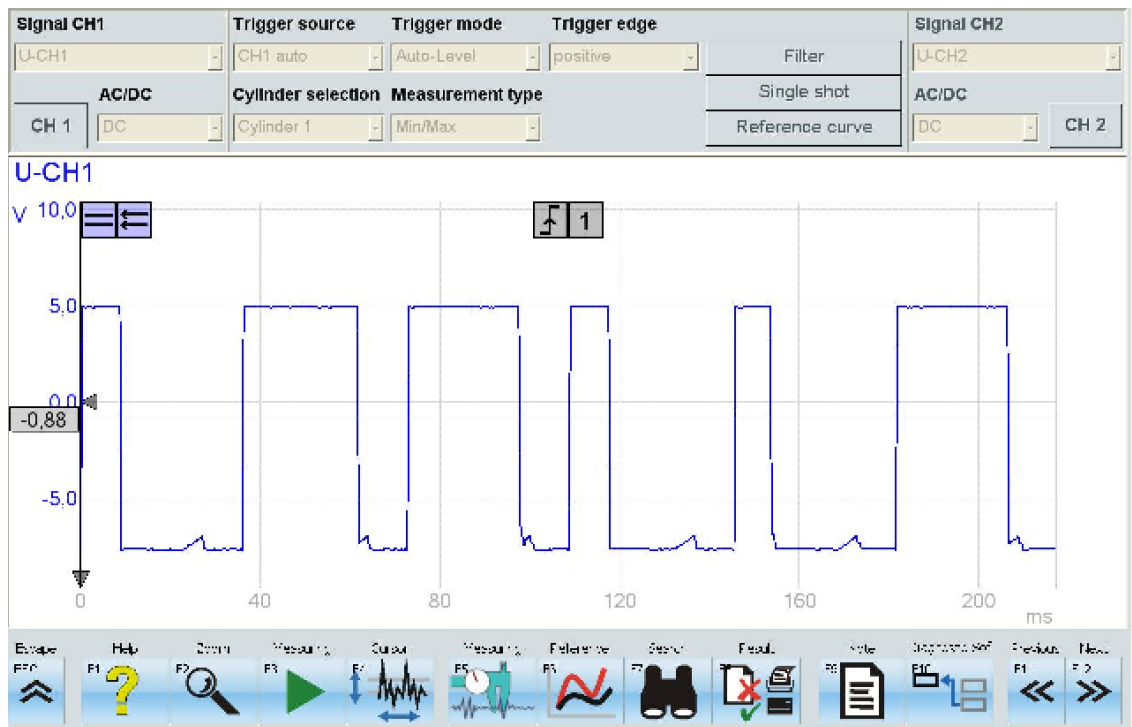
Hall-anturi. Priuksen Hall-anturi tunnistaa nokka-akselin pyörimistä, sekä sen asemaa esimerkiksi imupuolen muuttuva venttiilien ajoitus tarvitsee nokka-akselin asematiedon. Piikit jotka näkyvät signaalissa kuviossa 12 ovat häiriötä, jotka ovat tulleet mahdollisesti tulleet sytytysjärjestelmästä. Nokka-akselin asentotunnistimesta nähdään myös missä vaiheessa nokka-akseli pyörii kuten kuviossa 14 on ilmaistu. Aika-asteikkona on 200 ms, jotta nähdään vähintään kaksi kampiakseli kierrosta. Näin pystytään havaitsemaan mahdolliset epäjatkuvuudet signaalista. Kuviossa 15 näkyy Hall-anturin signaali, sekä tunnistimen jännitteensyöttö. Vertailun vuoksi kuviossa 16 on Skoda Octavian Hall-anturi. Signaali on hyvin samankaltainen ja siitä on nähtävissä myös samat asteet kuin Priuksen anturista. Kuviossa 16 on havaittavissa pientä häiriötä signaalikuvaajassa, syynä tähän voi olla pieni häiriö anturin magneettikentässä, koska muut arvot ovat loogisia. Hall-anturia ei saa mitata vastusmittauksella, koska se voi vahingoittaa sen sisäisiä komponentteja. Signaalin mittaaminen onnistuu mittaamalla signaalilinjasta tunnistin maata vasten, ja jännitteensyöttö onnistuu samalla kaavalla.



Kuvio 14. Priuksen Hall-anturi tunnistaa nokka-akselin asemaa



Kuvio 15. Hall-anturi ja sen jännitteensyöttö



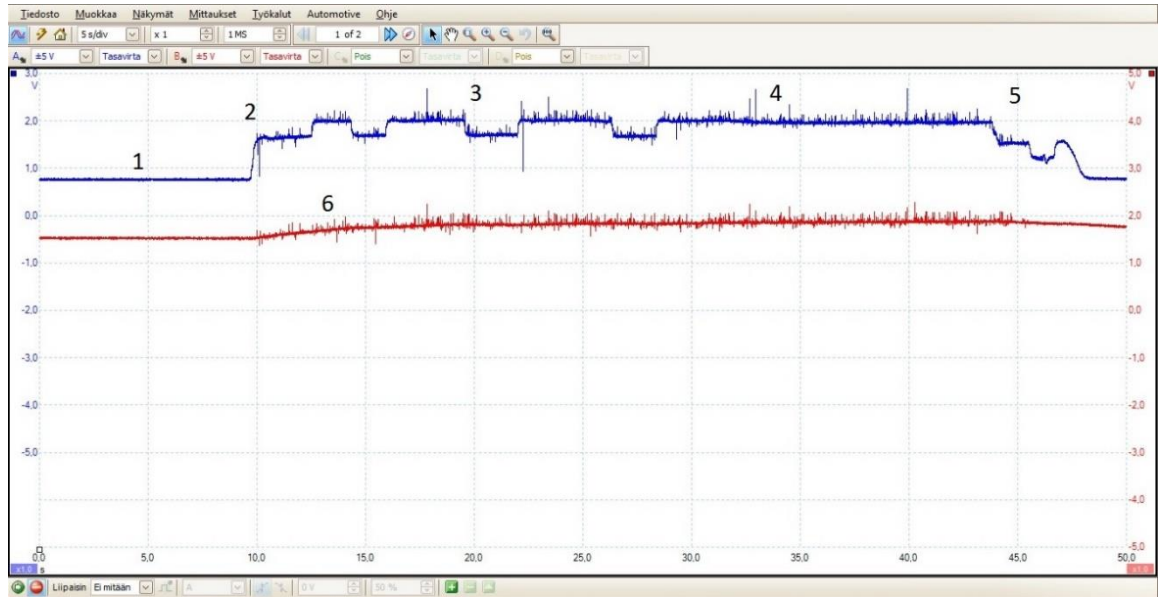
Kuvio 16. Skodan Hall-anturi

5.2 Ilmamassamittari

Priuksen ilmamassamittari mittaa ilman massaa, sekä sen virtausta ja siinä on sisäänrakennettuna imuilman lämpötilatunnistin. Ilmamassamittari on tyypiltään kuumalanka ja tässä tapauksessa kuumalankaelementti on platinaa.

Kuviossa 17 on esitetty Priuksen ilmamassamittarin signaalikuvaaja. Koska kyseessä on hybridi ajoneuvo, sen moottori ei reagoi samalla tavalla kaasuun, kuin normaali bensiinimoottori. Kuvion 15 eri vaiheet:

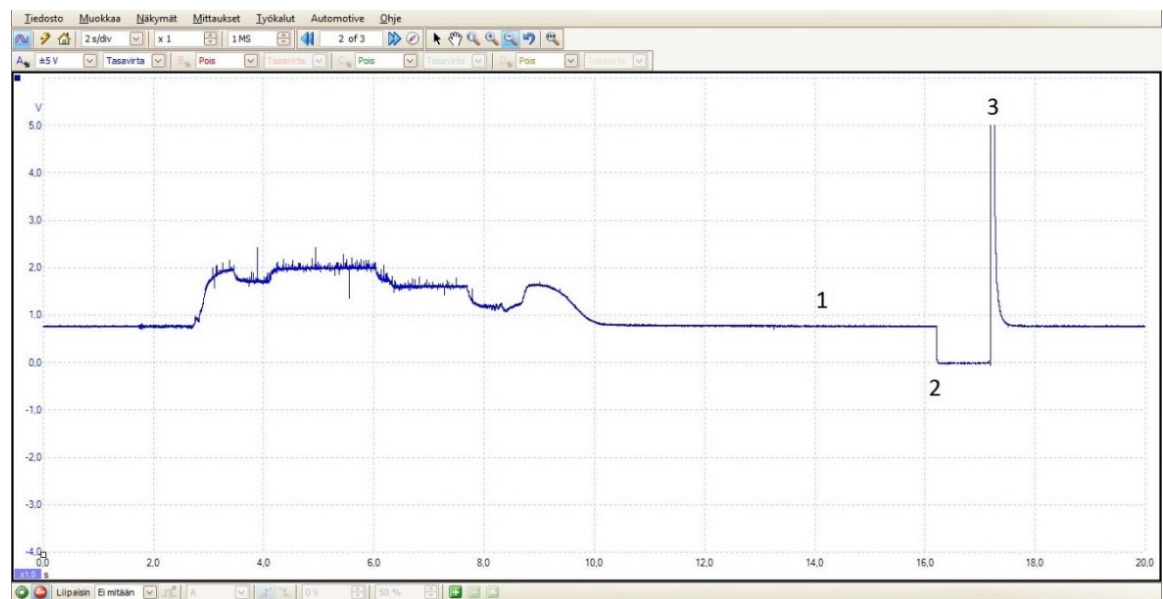
1. Sytytysvirta kytkettynä moottori ei käy ja jännite noin 0,9 V–0,8 V.
2. Kaasun painallus ja moottorin käynnistyminen.
3. Kaasun pumppailu.
4. Kaasu pohjassa ja jännite noin 2 V.
5. Kaasun vapautus ja moottorin sammuminen aiheuttaa pienen piikin signaalijännitteeseen.
6. Punainen signaali on imuilman lämpötilan signaali kuvaaja ja se muuttuu hieman imuilman lämpötilan noustessa. Ilmamassa mittarin mittaamiseksi aika-asteikoksi on hyvä valita 30–40 sekuntia, koska muuten signaalia on vaikeampi tulkita, jos sitä ei pysty tarkastelemaan kunnolla.



Kuvio 17. Priuksen ilmassammittari sininen signaalijännite, ja punainen signaalijännite on imuilman lämpötila

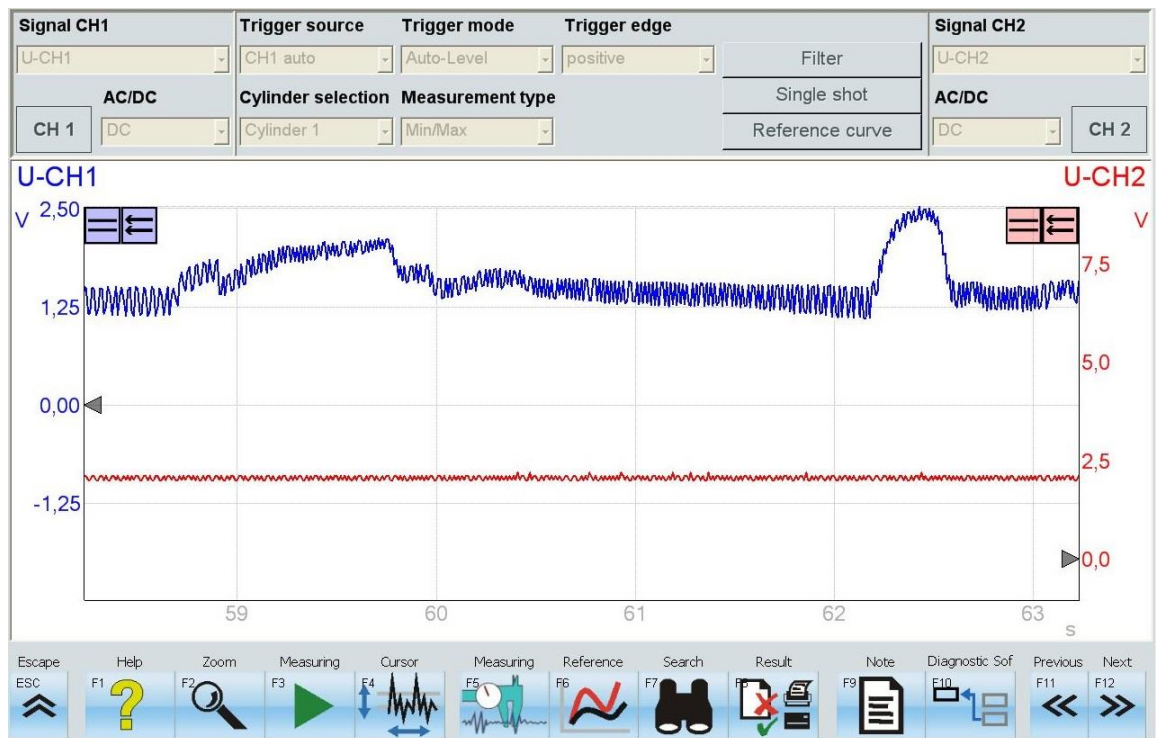
Kuviossa 18 on sama ilmamassamittari mutta tässä signaalikuvaajassa on vielä sytytysvirran katkaisu ja kytkentä. Kuvion 18 vaiheet:

1. Sytytysvirta kytkettynä.
2. Sytytysvirran katkaisu ja jännite 0 V.
3. Sytytysvirran kytkentä, josta aiheutuu jännitepiikki ja sen jälkeen jännite taas 0,9–0,8 V.



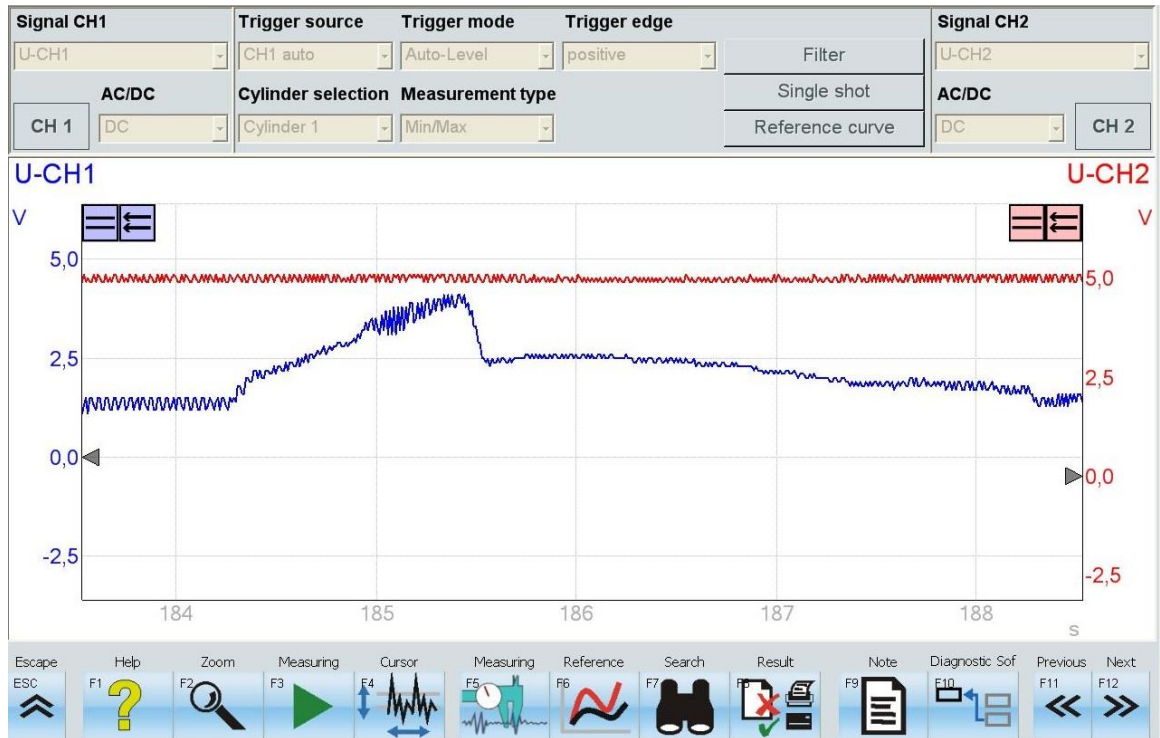
Kuvio 18. Ilmamassamittari jännitepiikki

Kuvio 19 on Skodan ilmamassamittarista jossa sininen signaali on ilmamassamittarin signaali ja siinä näkyy kaasun painallukset ilmamassan kasvaessa. Signaalijännite on tyhjäkäynnillä noin 1,25 V ja jo pienellä kaasun painalluksella nousee jännite noin 2,5 V: in. Punainen on imuilman lämpötilan signaali. Koska moottori oli käyntilämpöinen ja aika-asteikoksi ei saanut valittua pidempää aikaa, niin tässä signaalissa ei nähdä muutosta.



Kuvio 19. Skodan ilmamassamittari

Kuvio 20 on myös Skodan ilmamassamittarista. Sininen on taas ilmamassamittarin signaalijännite, tässä on suurempi kaasun painallus, kuin kuviossa 17, koska signaalijännite on suurempi noin 4–4,5 V. Punainen signaalikuvaaja taas on tunnistimen jännitteensyöttö, mikä tässä tapauksessa on 5 V.



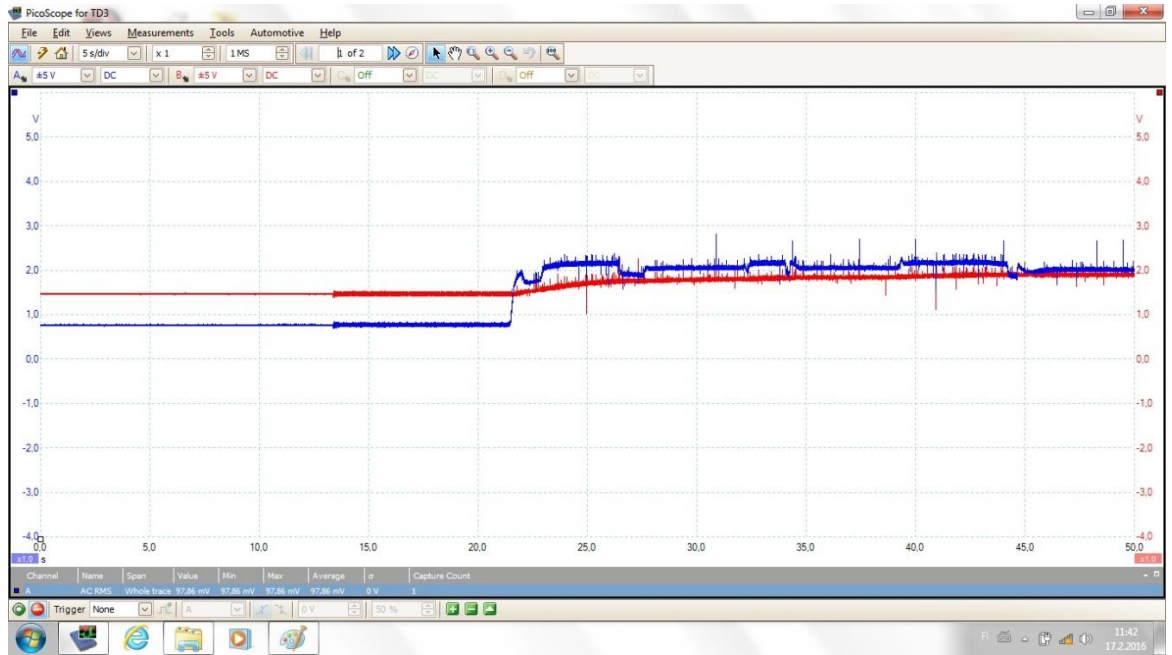
Kuvio 20. Ilmamassamittarin signaalijännite sinisellä ja punainen on tunnistimen jännitteensyöttö

5.3 Lämpötunnistin

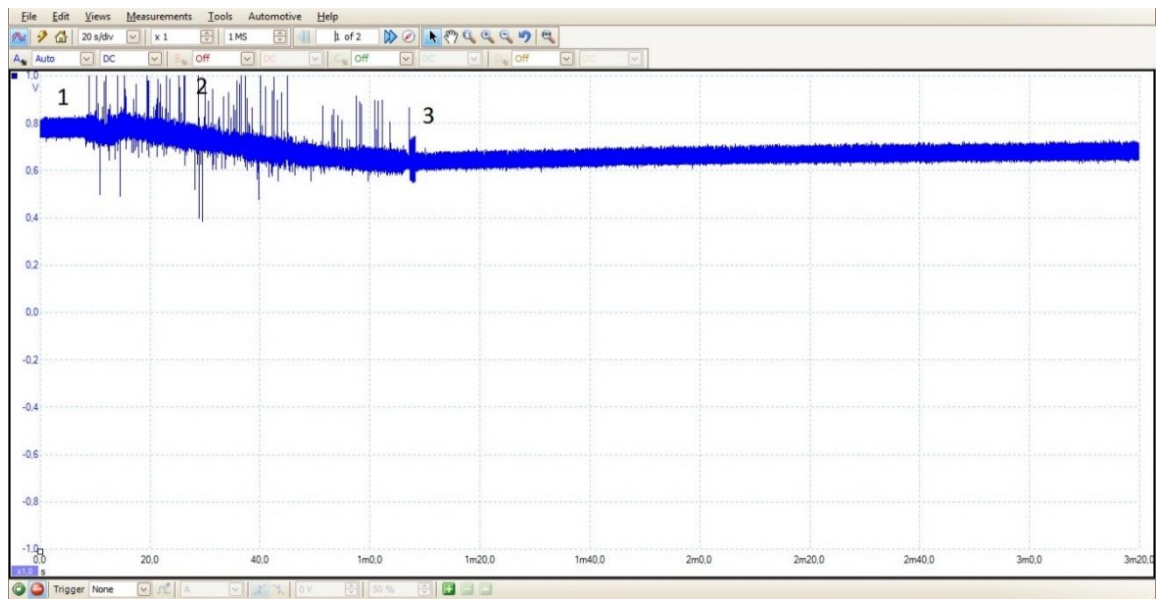
Imuilman lämpötunnistin perustuu NTC–vastukseen eli sen vastus pienenee, kun lämpötila nousee. Kuviossa 21 punainen jännitesignaali on imuilmanlämpötilatunnistimen signaali ja tässä tapauksessa signaali jännite nousee, vaikka sen pitäisi laskea, jos imuilma lämpenee. Kuitenkin moottoria käytettiin vain hetken aikaa, joten on syytä olettaa, että imuilman virtaus jäähdytti tunnistinta ja se aiheutti imuilmanlämpötunnistimen jännitesignaalin nousun.

NTC–vastuksen jännitesignaalin tulee laskea, jos se lämpenee. Esimerkiksi jäähdytysnesteen lämpötilatunnistimen jännitesignaalin tulee laskea tasaisesti, kunnes moottori saavuttaa käyntilämpötilan. Tämä on esitetty kuviossa 22 ja kuvion vaiheet ovat:

1. Moottori ei käynnissä mutta sytytysvirta kytkettynä.
2. Moottori käynnissä, kaasun painaminen ja signaalijännitteen lasku, koska jäähdytysneste lämpenee.
3. Moottorin sammuminen ja signaalijännite nousee hitaasti taas, koska jäähdytysnesteeseen ei johdu palotapahtuman lämpöä.



Kuvio 21. Sinisellä on ilmassammittarin signaalijännite ja punainen on imuilmanlämpötilä

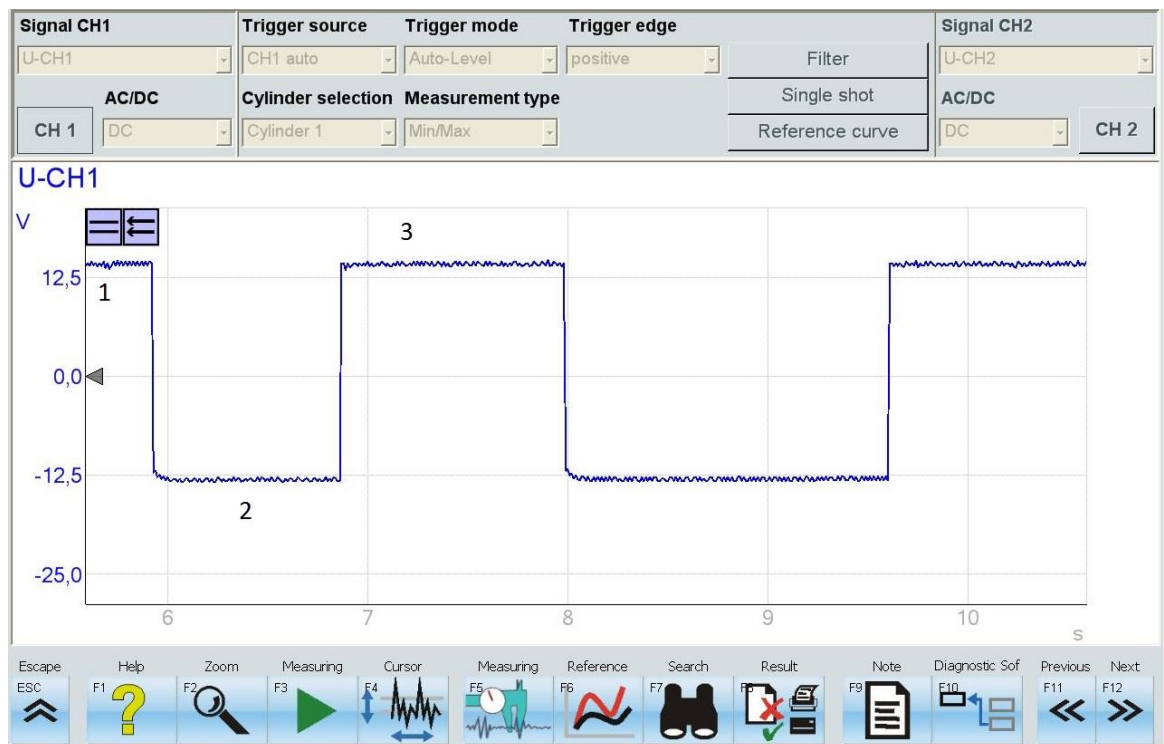


Kuvio 22. Jäähdytysnesteen lämpötilatunnistin

5.4 Kytkin tunnistin toiminnolla

Jarrupoljinkytkin yksinkertaisella kytkimellä on esitetty kuviossa 23. Moottorinohjausjärjestelmälle on epäloogista, että jarru- ja kaasupoljinta painetaan yhtä aikaa, joten polkimien painamiselle pitää olla tunnistin ja yksinkertainen tapa toteuttaa se on kytkimen avulla. Jarrupoljintunnistin voidaan toteuttaa myös Hall-anturi periaatteella, jonka etuna on sen kulumaton rakenne. Kuvion 23 vaiheet

1. Sytytysvirta kytkettynä ja jarrupoljin vapautettuna.
2. Jarrupoljin painettuna.
3. Jarrupoljin vapautettuna. Tunnistimen kytkimelle on tässä tapauksessa 12 V syöttöjännite. Kun kytkin laitetaan kiinni asentoon painamalla jarrupoljinta, maadoittaa se tunnistimen syöttöjännitteen.

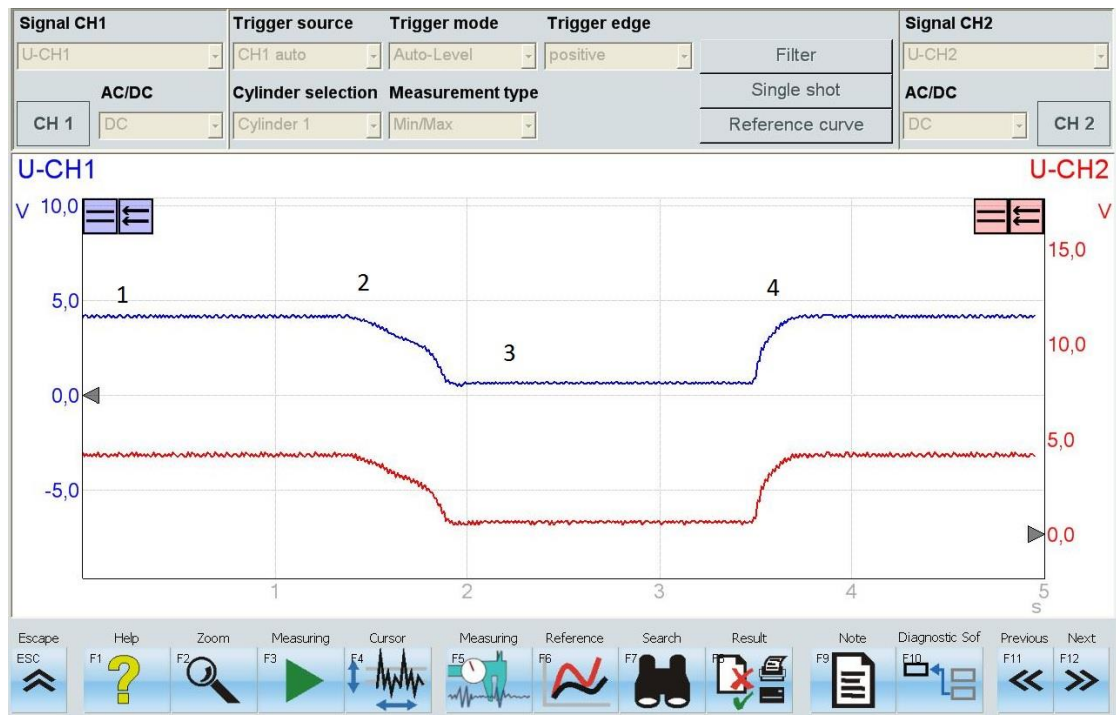


Kuvio 23. Skoda jarrupoljin kytkin

5.5 Asentotunnistin

Potentiometrillä toteutettu asentotunnistin. Nykyiset moottorinohjausjärjestelmät käyttävät kaasupoljinta, joissa ei ole mekaanista yhteyttä kaasuläpälle. Tällöin kaasupolkimen liikkeistä tarvitaan tieto moottorinohjaukselle, jotta se voi ohjata kaasuläppää kaasupolkimen asennon mukaan. Ensimmäisenä on kaasuläpän asentotunnistin kahdella potentiometrillä kuvio 24. Koska kyseessä on potentiometriin perustuva tunnistin, on jatkuvuus mittaus järkevä tapa suorittaa mittaus. Aika-asteikoksi on hyvä valita noin 20 sekuntia jotta ehtii rauhallisesti painaa ja vapauttaa kaasupolkimen. Huomioitavaa on myös se, että potentiometrit voivat toimia vastakkaisesti eli niidensignaalit ovat vastakkain, mutta tässä tapauksessa (kuvio 24) potentiometrien signaalit ovat symmetriset. Kaasuläpän asentotunnistimen vaiheet:

1. Sytytysvirta kytkettynä.
2. Kaasupolkimen painallus rauhallisesti.
3. Kaasupoljin pohjassa.
4. Kaasupolkimen vapauttaminen. Koska kaasupoljin ohjaa kaasuläppää voidaan mittaus suorittaa kaasupoljinta painamalla, mutta joissain järjestelmissä tämä ei onnistu. Silloin täytyy testilaitteistolla suorittaa kaasuläpän ohjaustesti ja suorittaa mittaus samanaikaisesti.

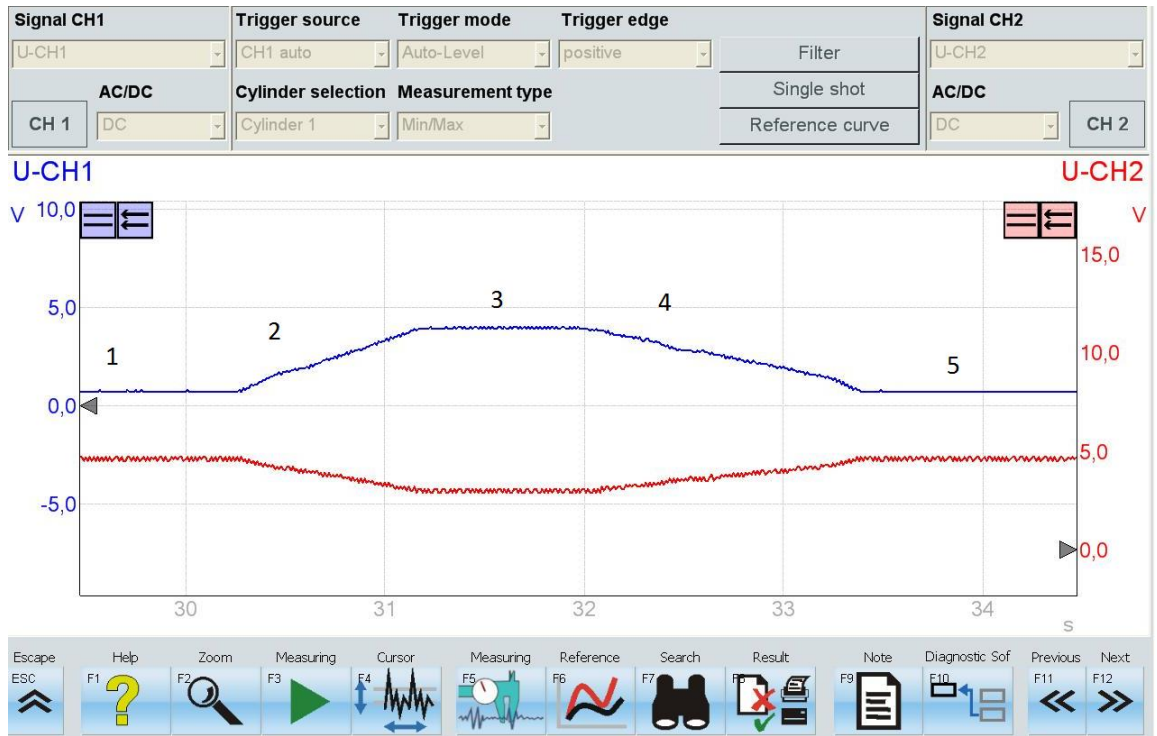


Kuvio 24. Kaasuläpän asentotunnistin kahdella potentiometrillä

Kuviossa 25 on kaasupoljintunnistin kahdella potentiometrillä. Tässä tapauksessa signaalit ovat vastakkaiset ja eri jänniteasteikoilla. Huomioitavaa on, että tässä tapauksessa y-akseleilla on eri skaalaus, mikä saa signaali näyttämään erilaisilta, mutta oikeasti ne ovat täysin vastakkaisia. Punaisen jännitesignaalin nollassa on viidessä voltissa. Sinisen signaalin nollassa on noin yhdessä voltissa.

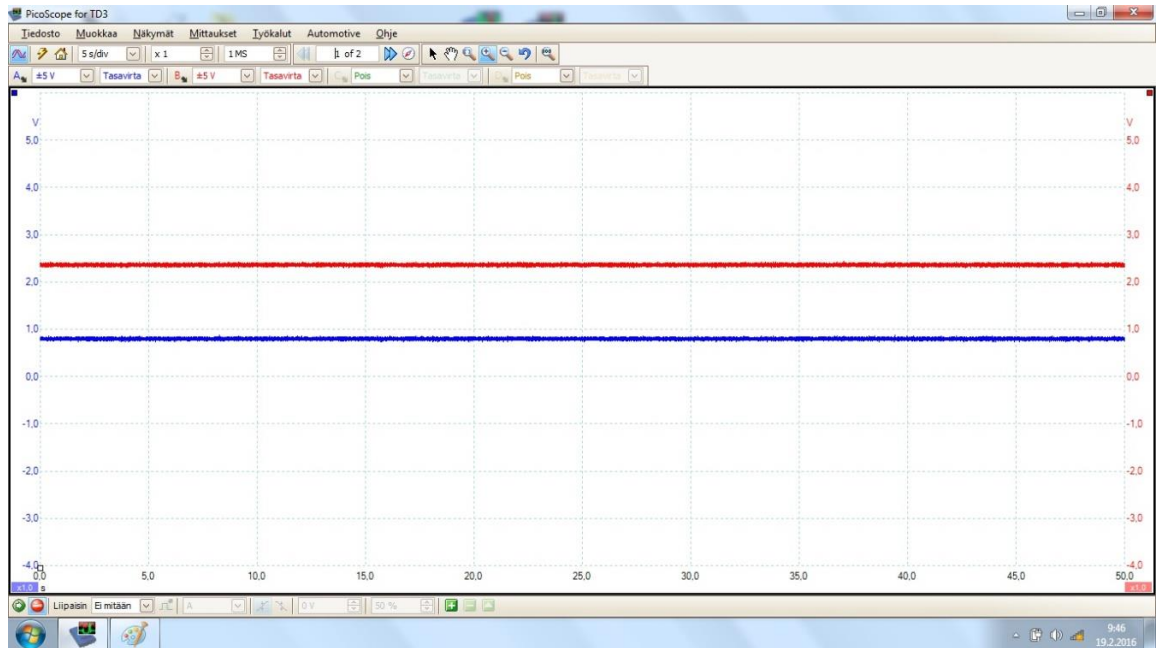
Kaasupoljintunnistimen kuviossa 25 vaiheet:

1. Sytytysvirta kytkettynä.
2. Kaasupolkimen rauhallinen painaminen.
3. Kaasupoljin pohjassa.
4. Polkimen rauhallinen vapautus.
5. Poljin täysin vapautettuna.



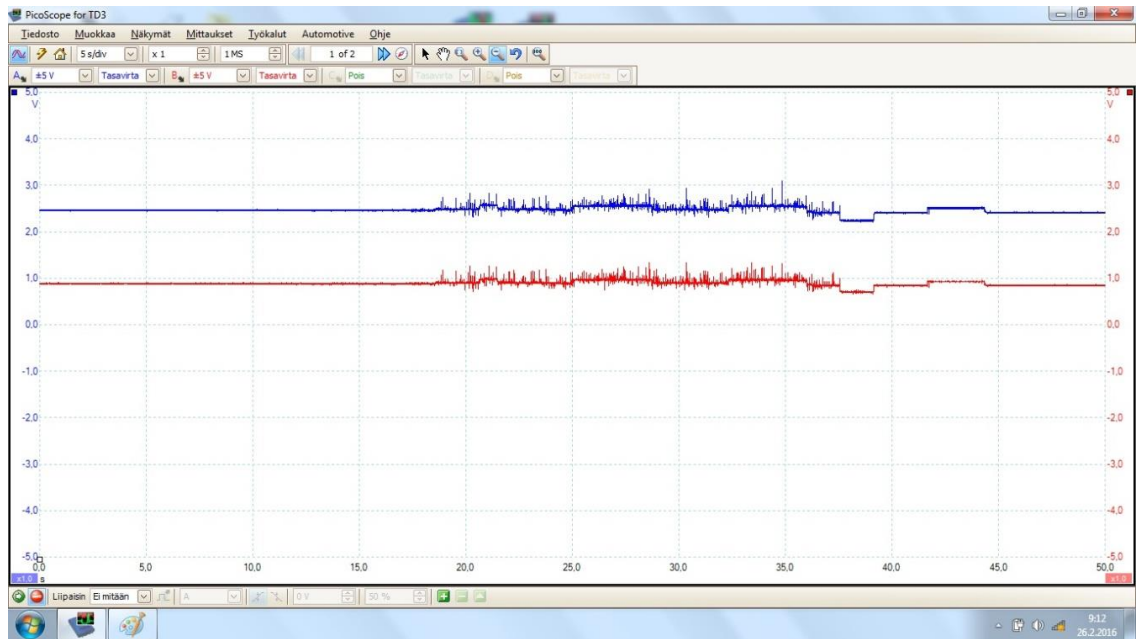
Kuvio 25. Skoda kaasupoljintunnistin kahdella potentiometrillä

Hall-anturilla toteutettu asentotunnistin. Hall-anturiin perustuvassa tunnistimessa on tässä tapauksessa kaksi tunnistin elementtiä kuviossa 26 on esitetty niiden signaalikuvaajat sytytysvirta kytkettynä. Sininen signaalikuvaaja on noin 0,9 V ja punainen signaalikuvaaja on noin 2,3 V. Ohjearvot tunnistimen jännitesignaaleille ovat 0,9 V ja 2,3 V, kun kaasuläppä on täysin kiinni. 5 V ja noin 2,6–2,8 V, kun kaasuläpän avautumisprosentti on 50.



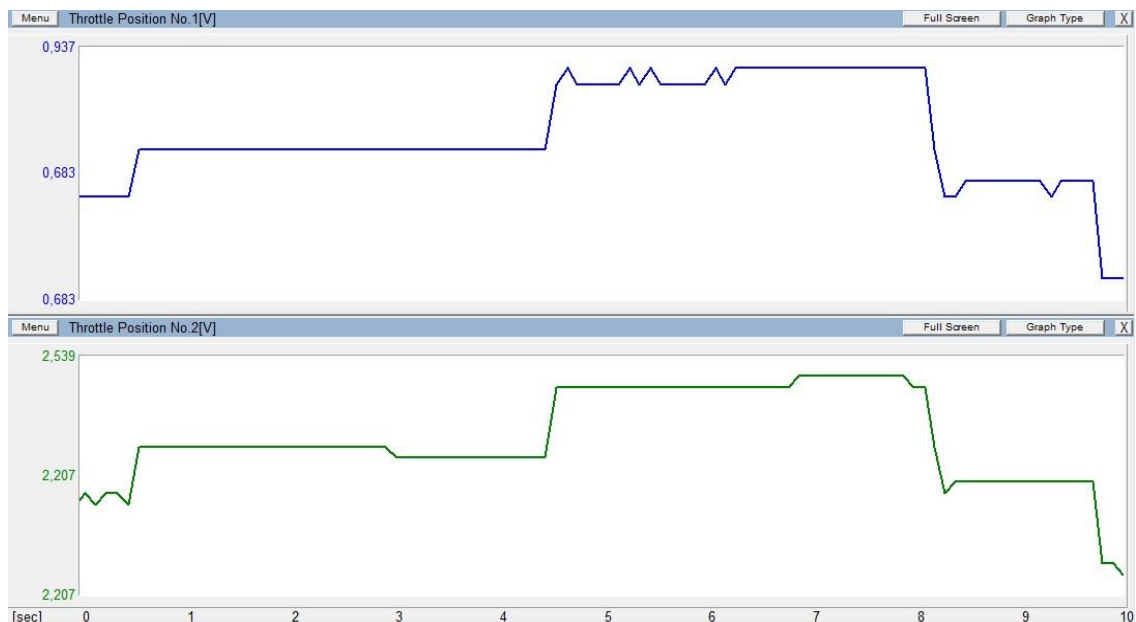
Kuvio 26. Prius Hall-anturiin perustuva kaasuläpän asentotunnistin sytytysvirta kytkettynä

Kuviossa 27 on yritetty saada kaasuläppää avautumaan kaasupoljinta painamalla, mutta kuten signaalikuvaajasta voi päätellä, ei kaasuläppä avautunut, kuin minimaalisesti. Kaasuläpän liikkeet näkyvät jännitteen muutoksina. Tunnistimen testaaminen vaatisi testilaitteella kaasuläpän ohjauksen tai testi voidaan suorittaa koeajolla ja käyttää kuviossa 28 ilmaistua tapaa ja käyttää OBD-testilaitetta.



Kuvio 27. Hall-anturiin perustuva kaasuläpänasentotunnistin

Ajoneuvon omalla testilaitteella pystyy myös näkemään joitain signaaleja voltteina. Tällöin helpointa olisi kytkeä testilaitte vain OBD-pistokkeeseen ja ajaa testiajo, koska paikoillaan ei kaasuläppä avaudu, kuin minimaalisesti, kuten kuviossa 28.

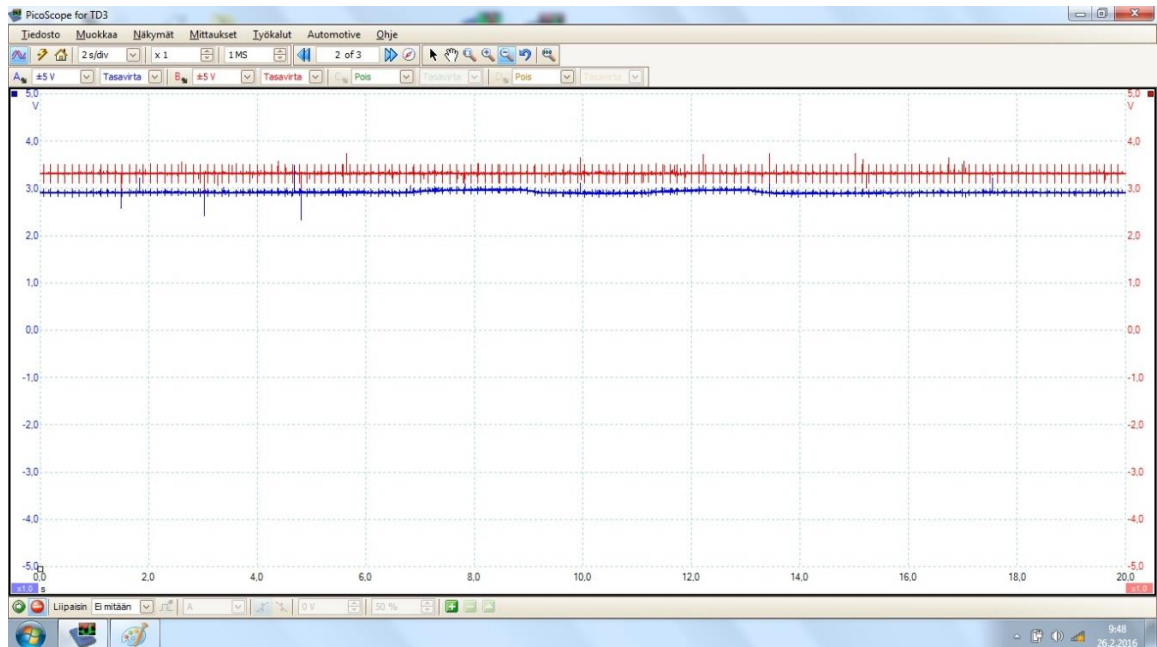


Kuvio 28. Kuvakaappaus OBD-pistokkeeseen asennetun testilaitteen kautta

5.6 Lambdatunnistin

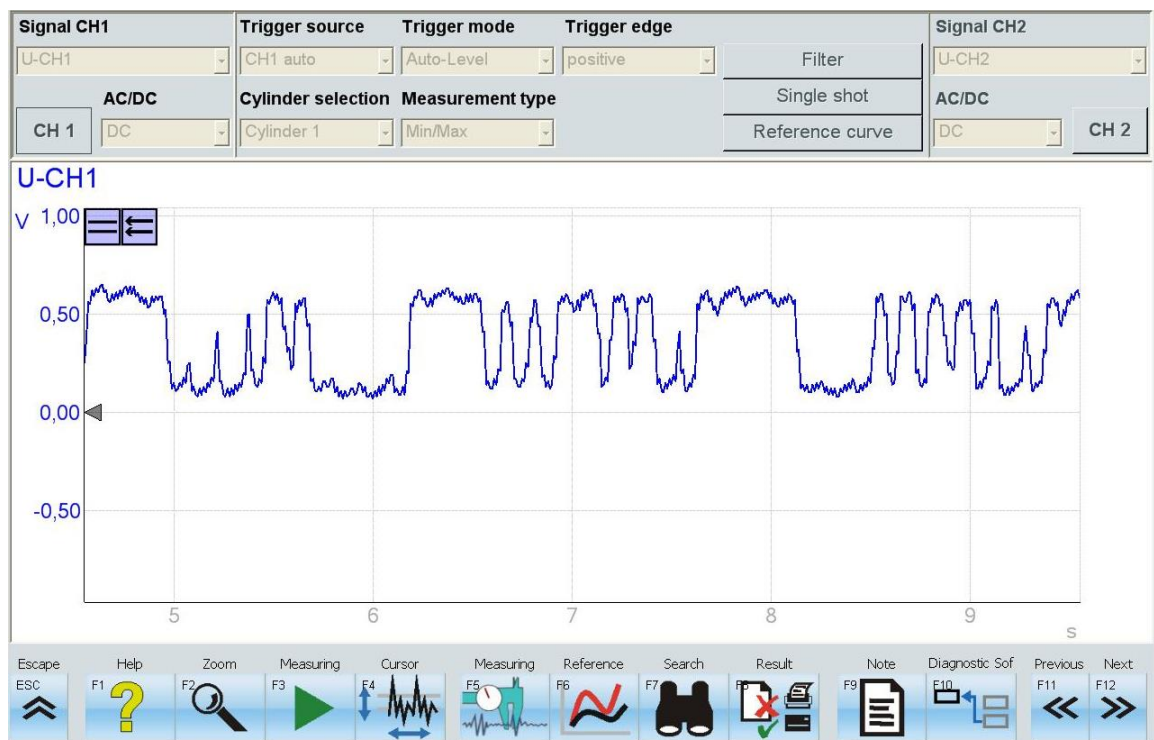
Ennen lambda tunnistimen signaalijännitteen mittaamista tulee moottori lämmittää käyntilämpöiseksi, koska muuten lambda tunnistin ei saavuta toimintalämpötilaansa eikä se anna oikeanlaista signaalia. Jos lambdatunnistin ei ole käyttölämpötilassa antaa se tasaisen referenssijännitteen signaalilinjaan, joka on suuruudeltaan noin 0,45 V riippuen tunnistimen tyypistä. Ennen lambdatunnistimen vaihtamista tulee myös varmistua siitä, että lambdan lämmitys toimii.

Laajakaistalambdatunnistin. Laajakaistalambdatunnistinta ei pääse mittaamaan tavanomaisilla mittalaitteilla, koska tunnistimen pumppuvirran arvo on milliampeerialueella. Tunnistin tarkastetaan OBD–testerin avulla mitatut arvot valikosta. Kuviossa 29 on kaksi signaalijännitettä ja ne ovat tunnistimen plus ja miinus jotka menevät moottorin ohjainlaitteelle, eli jännitemittauksella ei saada mitään signaalitietoa laajakaistalambdan toiminnasta. Suositeltava testaus tapa olisi tarkastaa OBD–testerillä mitatut arvot valikosta lambda arvo ja verrata sitä pakokaasuanalysointorilla saatuun arvoon.

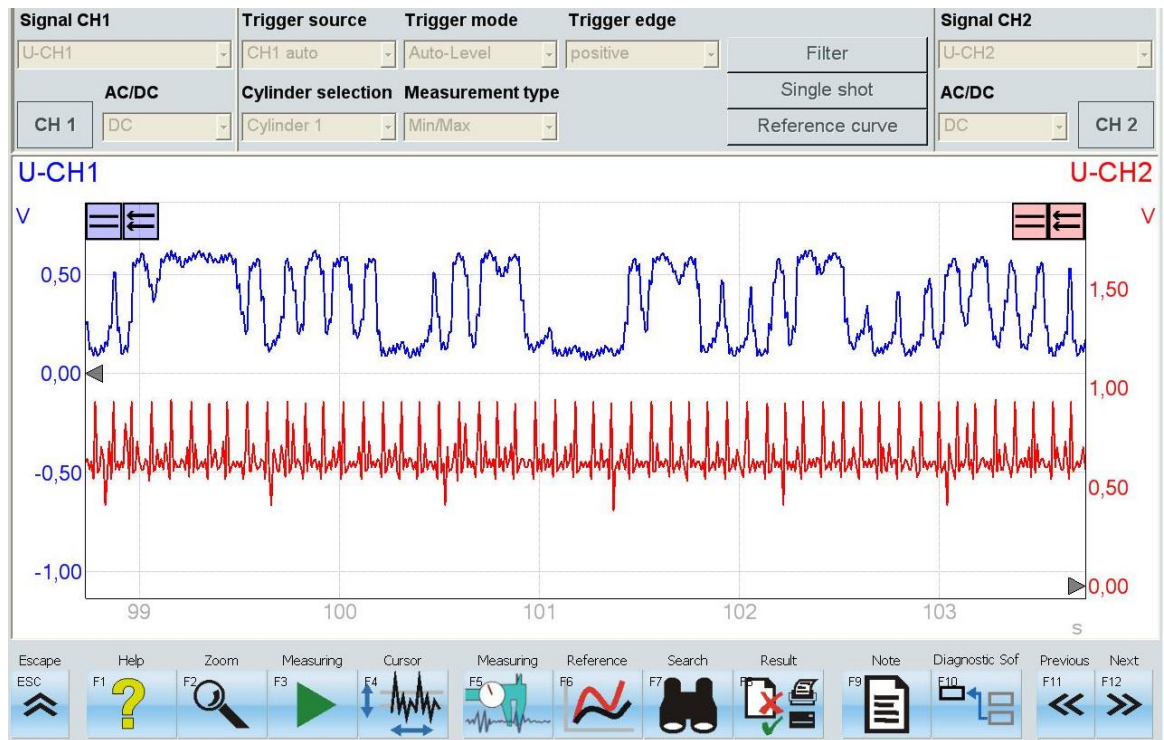


Kuvio 29. Prius laajakaistalamdba

Skoda lambdatunnistin. Ennen lambdatunnistimen mittaamista moottorin ja lambdatunnistimen pitää olla käyttölämpötilassa. Moottori joutokäynnillä ja aika-asteikoksi olisi hyvä saada 20 sekuntia ja jänniteasteikoksi noin 5 V. Signaalikuvaajasta voidaan päätellä tunnistimen olevan zirkoniumoksiditunnistin, tämä voidaan päätellä siitä, koska jännitevaihtelut ovat välillä 0,1 V ja 0,9 V. Jännitetasot 0,3 V tulee alittaa laihaan seoksentunnistuksessa ja 0,6 V tulee ylittää rikkaan seoksen tunnistuksessa. Jos näitä tasoja ei saavuteta voi se johtua lambdan lämpötilasta tai vähäisestä ikääntymisestä.



Kuvio 30. Skodan lambdatunnistimen kuvaaja joutokäynnillä



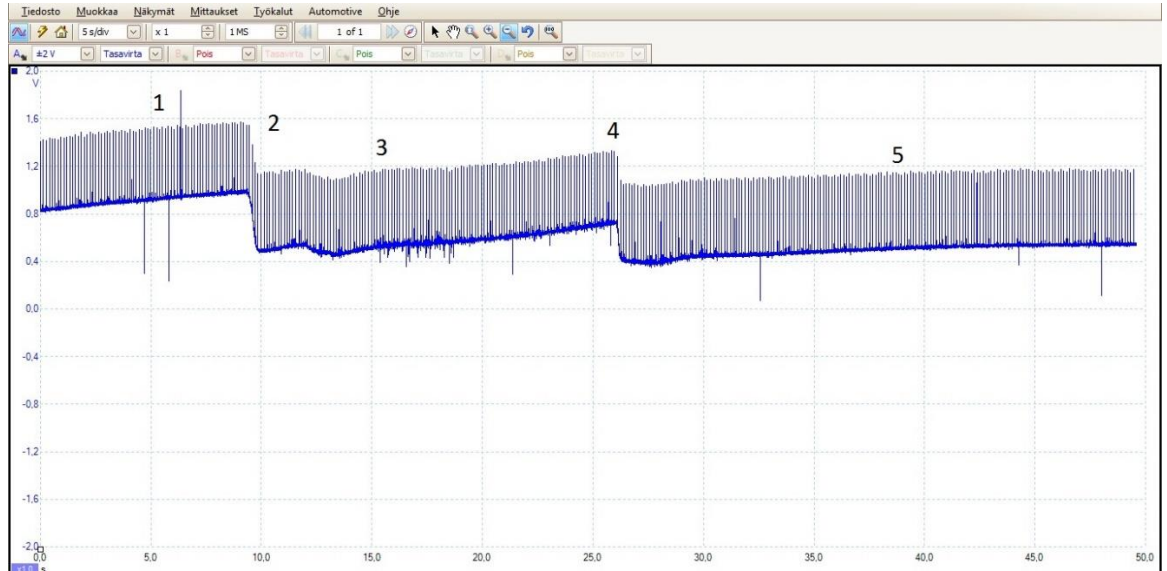
Kuvio 31. Skodan lambdatunnistin on sininen signaalijännite ja punainen jännitesignaali on katalysaattorin jälkeinen lambdatunnistin ei toimintalämpötilassa

Katalysaattorin jälkeinen lambdatunnistin. Toimintakunnossa oleva tunnistin tuottaa signaalijännitteen, joka on yli 0,6 V. Jos polttoaineensyöttö katkaistaan, puutoaa signaalijännite noin 0,4 V tai sen alle. Katalysaattorin jälkeinen lambdatunnistin ei anna samanlaista dynaamista jännitevaihtelua, kuin ennen katalysaattoria oleva tunnistin. Joutokäynnillä ei välttämättä näy, kuin tasaista jännitesignaalia. Tunnistimen signaali kyllä reagoi seossuhteen muuttoksiin.

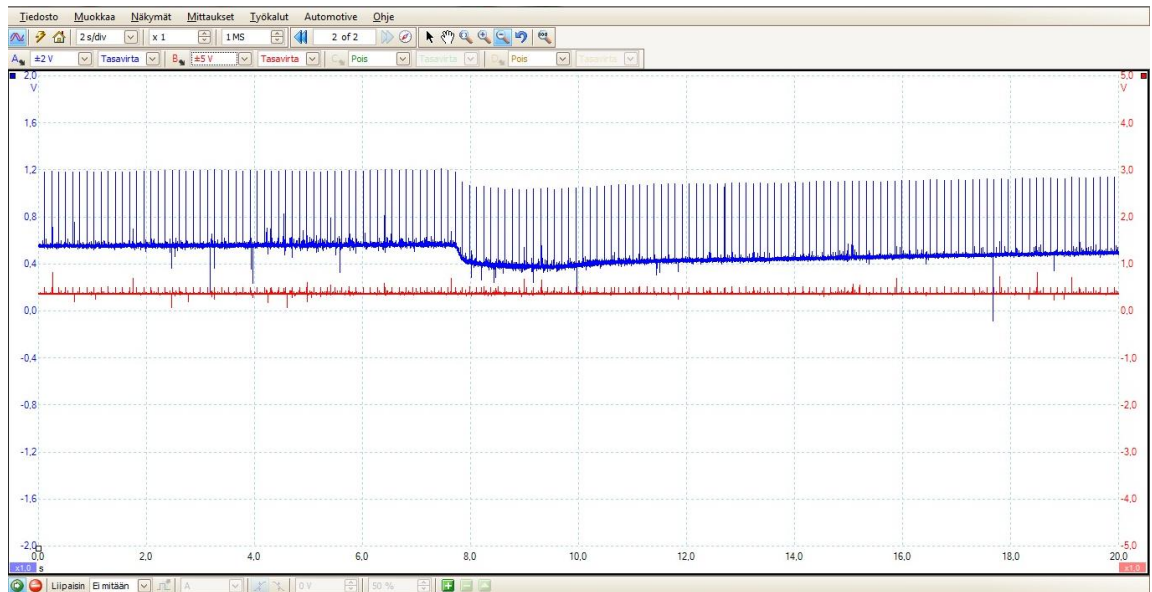
Kuviossa 32 on katalysaattorin jälkeisen tunnistimen signaali ja kuvion vaiheet ovat:

1. Korotettu pyörintänopeus.
2. Kaasun painallus ja signaalin lasku, koska seos menee laihemmalle nopean painalluksen takia.
3. Moottori joutokäynnillä.
4. Kaasun painallus.

5. Moottori joutokäynnillä. Kuviossa 31 moottori on joutokäynnillä ja sinisen signaalijännitteen notkahdus on kaasunpaine.



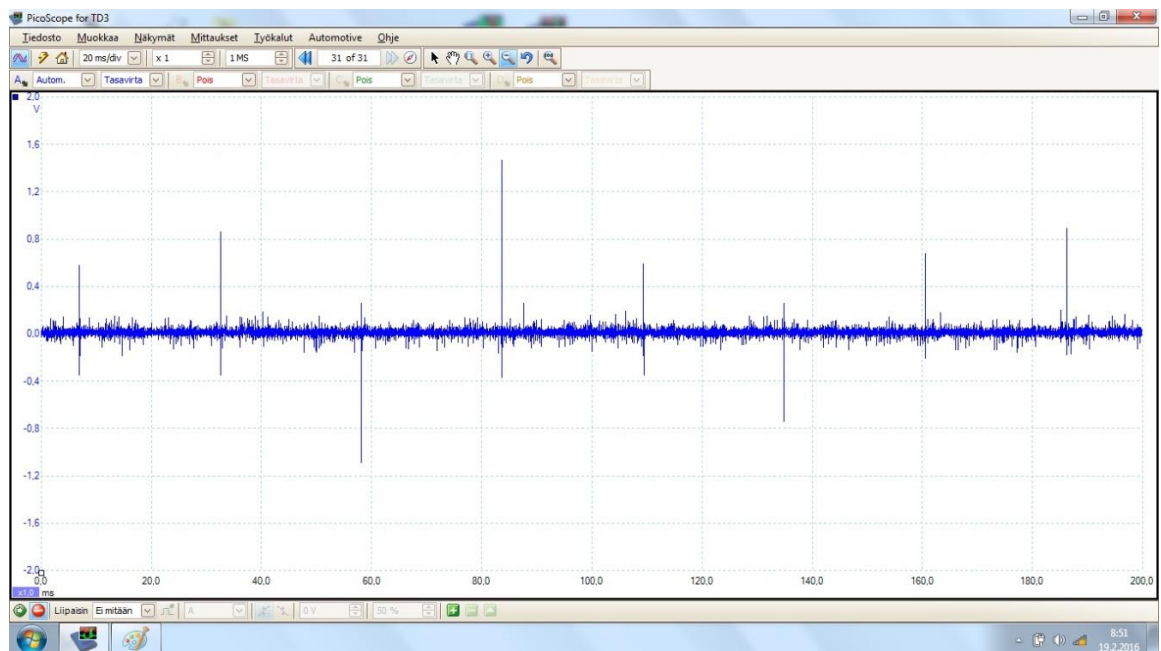
Kuvio 32. Katalysaattorin jälkeinen lambdatunnistin



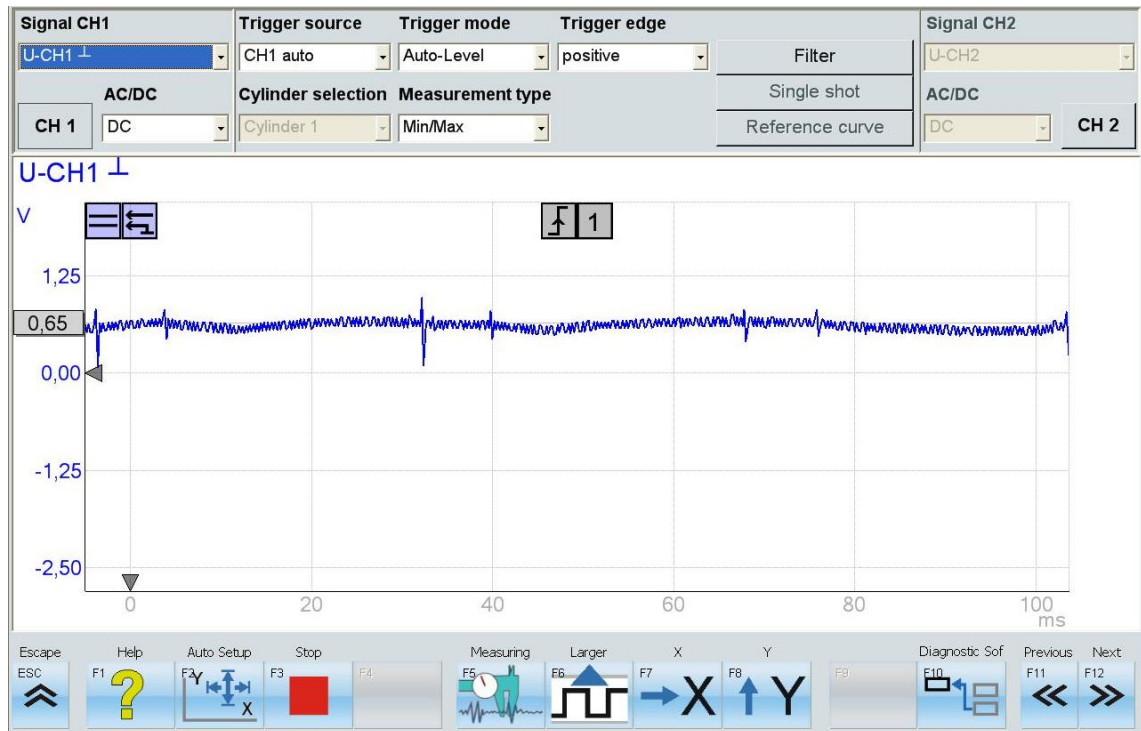
Kuvio 33. Notkahdus sinisessä signaalijännitteessä on kaasun painallus

5.7 Nakutustunnistin

Priuksen nakutustunnistin perustuu pietsosähköiseen elementtiin, jonka sähköinen jännite muuttuu elementin muodon muutoksen mukaan esim. puristuksessa. Tunnistimessa on sisäänrakennettu teräspaino, joka värähtelee nakuttamisen ja normaalin palamistapahtuman värinöiden mukaan. Teräspainon liike taas aiheuttaa painetta pietsosähköiseen elementtiin, joka synnyttää tunnistimen jännitesignaalin. Tunnistimen signaalin tulkitsemiseksi on hyvä ottaa apusignaali esimerkiksi sytytyksen ohjaukselta, koska tällöin nähdään myös, milloin palotapahtuma alkaa. Nakutusantureissa on erilaisia rakenne ratkaisuja ja se vaikuttaa siihen millaisia värähtelyyn taajuuksia ne tunnistavat. Esimerkiksi Priuksen nakutustunnistimessa on aika suuri tunnistustaajuus, koska se pystyy tunnistamaan värähtelyjä 6 kHz ja 15 kHz välillä.



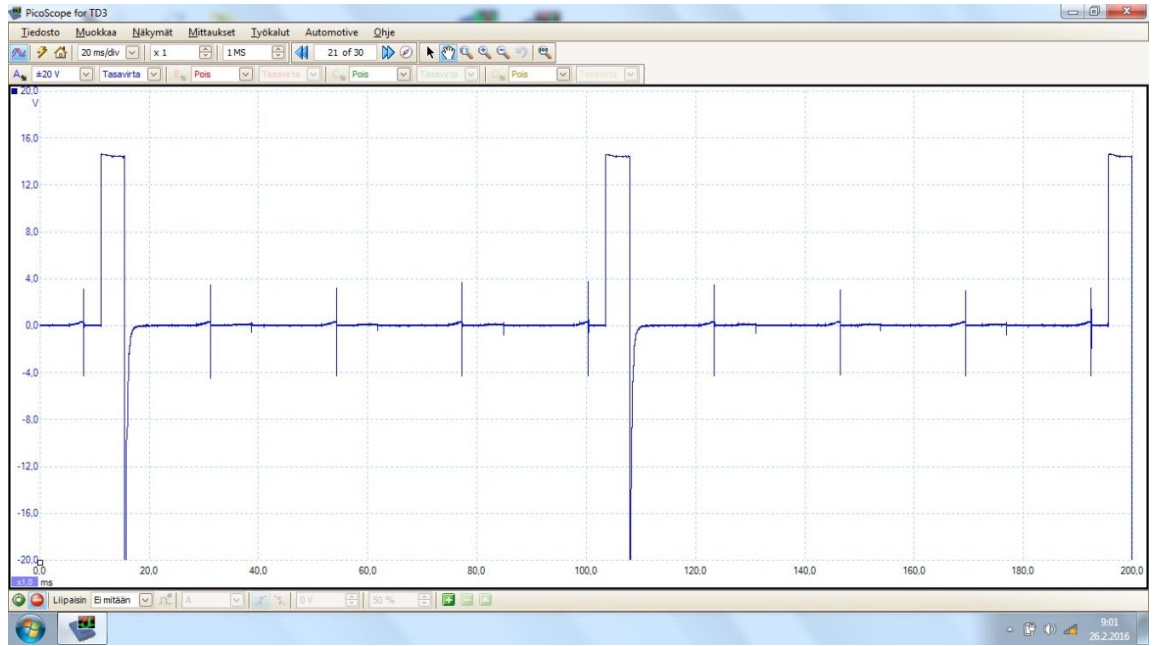
Kuvio 34. Priuksen nakutustunnistin



Kuvio 35. Skodan nakutustunnistin

5.8 Suuttimen ohjaus

Oskilloskoopilla pystytään myös tarkastelemaan toimilaitteiden toimintaa esimerkiksi polttoainesuuttimen sähköistä ohjausta. Suutinta ohjataan maadoittamalla, jolloin magneettiventtiili avaa suuttimen. Signaalikuvaajasta voidaan nähdä suuttimen aukiolo ja joka on esitetty kuviossa 36. Se muuttuu moottorin pyörintänopeuden mukaan ja neljällä mittakanavalla voidaan tutkia neljän suuttimen toimintaa yhtäaikaista. Signaalijännite romahtaa ja nousee, koska magneettiventtiin käämiin indusoituu virta. Signaalin kuvaaja on väärinpäin kuviossa 36, koska siinä mitattu suuttimelle tulevaa ja suuttimelta lähtevää jännitettä.



Kuvio 36. Priuksen polttoainesuutin

6 OSKILLOSKOOPIN KÄYTTÖNOTTO

Yhtenä työn tavoitteena oli kouluttaa oskilloskoopin käyttö asentajille. Sen takia suunniteltiin käytännönläheinen koulutustilaisuus, jossa opeteltiin PicoScopen käyttöä. Ensiksi esiteltiin kaikki mittaukset, jotka ovat esitetty tässä työssä. Signaalikuvaajat selitettiin yksitellen ja käytiin asentajien kanssa läpi. Tämä sen takia, että tulisi käsitys siitä minkälaisia tunnistimia ja tunnistinsignaaleja on olemassa. Tunnistimien rakenteisiin ei perehdytty, koska siihen olisi mennyt liikaa aikaa. Yhtenä aisana korostettiin sitä, että tunnistimet esittävät mitattavaa suuretta jännitteen muodossa.

Oskilloskoopin toimintaan perehdyttiin ensin yksinkertaisesti mittaamalla ajoneuvon akun varaustason muuttumista moottorin käynnistyessä. Mittaus tehtiin mittaamalla suoraan akun navoista. Ennen käynnistymistä akun varaustaso oli hieman yli 12 V. Kun käynnistysmoottori alkoi pyöriä, akun jännite putosi alle 8 voltin. Kun moottori rupesi käymään joutokäyntiä, nousi jännite taas yli 13 voltin, koska laturi rupesi lataamaan. Tällä tavalla oskilloskoopin toiminta oli helpompi ymmärtää. Yksinkertaisesti oskilloskooppi on vain volttimittari ilman numeronäyttöä.

Ilman Break out box: ia mittausten tekeminen voi olla haastavaa, koska nykyisten ajoneuvojen moottoritilat ovat todella ahtaita. Tunnistimien pistokkeisiin ei ole välttämättä helppo päästä. Mittaamisen havainnollistamiseksi koulutustilaisuudessa mitattiin ilmamassamittaria ja sen jännitteensyöttöä. Asentajat pääsivät mittaamaan myös ABS-järjestelmän pyörintänopeustunnistimen. Ajan rajallisuuden vuoksi kaikkia tunnistimia ei pystytty mittaamaan. Ilmamassamittari ja ABS-järjestelmän pyörintänopeustunnistin valittiin koulutustilaisuuteen, koska niiden pistokkeisiin on helppo ja nopea päästä käsiksi.

Oskilloskooppi mittauksista pystyisi pitämään monen tunnin koulutuksia. Koska aika on rajallista, niin tässä käytiin perusteet läpi ja annettiin asentajien tehdä mittauksia. Oppiminen tapahtuu vasta siinä vaiheessa, kun joudut itse pohtimaan asiaa ja miettimään asiaa.

7 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli tutustua moottorinohjauksen tunnistimiin, niiden toimintaperiaatteisiin, sekä miten testata niitä oskilloskoopilla. Kaikissa korjaamoissa ei välttämättä ole oskilloskooppia ollenkaan käytössä ja tämän työn tarkoitus oli tuoda tietoa asentajille tunnistimista ja miten tulkita niiden signaaleja. Vaikka sitä harvemmin tarvitaan normaalissa korjaamossa, on sen käyttö hyvä osata, koska se helpottaa vian paikantamista ja voi säästää kalliin tunnistimen vaihtamisen.

Kaikkia tunnistimia tässä työssä ei ole, koska erikoisuuksia ei ollut tarve lähteä selvittämään. Pää tarkoitus olikin se, että tässä olisi perusteet yleisimmistä tunnistimista ja oskilloskoopin mittauksista. Signaalijännitteiden ymmärtäminen on huomattavasti helpompaa, kun on itse mitannut kyseisen tunnistimen. Se helpottaa ymmärtämään, miten signaalijännite vaihtelee esimerkiksi paineen mukaan. Pitää aina muistaa, että tunnistimet esittävät muun muassa painetta, nopeutta, pyörimistä ja lämpötilaa jännitteen muodossa.

Tässä työssä luotiin myös nopeasti luettavat ohjeet asentajille mittaamisesta, sekä tunnistimista ja pidettiin koulutustilaisuus, jossa opetettiin oskilloskoopin perusteet. Tämän tavoitteena oli madaltaa kynnystä oskilloskoopin käyttöön ottamiseen, koska laitteeseen on jo tutustuttu. Työssä mittaukset ja teoria osuus onnistuivat hyvin. Oskilloskooppi on kuitenkin tarkoitettu tarkempaan vianhakuun ja sitä harvemmin korjaamolla tarvitaan. Tavoitteena oli antaa työkaluja vianhakuun oskilloskoopilla. Joten perusteet oskilloskoopin käyttöön, ja vianhakuun löytyvät tästä työstä. Asentajien mielestä oskilloskoopin käyttäminen ei ole enää niin suuren kynnyksen takana. Koska tiedetään mikä se on, ja kuinka sitä käytetään.

LÄHTEET

AA1car. Ei päiväystä. Mass airflow MAF sensors. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 13.3.2016]. Saatavana http://www.aa1car.com/library/maf_sensors.htm

Bosch. 2002. Autoteknillinen taskukirja. 6.p. Helsinki: Autoalan koulutuskeskus Oy.

CVEL Automotive electronics. Ei päiväystä. Vehicle speed sensor. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 15.3.2016]. Saatavana <http://www.cvel.clemson.edu/auto/sensors/vehicle-speed.html>

CVEL Automotive electronics. Ei päiväystä. Vehicle speed sensor. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 14.3.2016]. Saatavana <http://www.cvel.clemson.edu/auto/sensors/air-flow.html>

FirstSensor. Ei päiväystä. Pressure sensors and transmitters. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 15.3.2016]. Saatavana <http://www.first-sensor.com/en/products/pressure-sensors/pressure-sensors-and-transmitters/pressure-types.html>

Haiko, T. 2009. Analoginen elektroniikka: Komponentit, mittalaitteet, peruskytkennät, simulointi. Helsinki: WSOYpro Oy.

Halderman, J. 2009. Automotive electricity and electronics. 2.p. Upper Saddle River, N.J. Pearson Prentice Hall.

ICT11-ysao. Ei päiväystä. Analogielektroniikka komponentit vastukset. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 12.3.2016]. Saatavana <https://sites.google.com/site/ict10ysao/analogiaelektroniikka/komponentit/vastukset>

ICT11-ysao. Ei päiväystä. Analogielektroniikka komponentit vastukset. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 10.3.2016]. Saatavana <https://sites.google.com/site/ict10ysao/analogiaelektroniikka/komponentit/vastukset>

Juhala, M., Lehtinen, A., Suominen, M. & Tammi, K. 2005. Moottorialan sähköoppi. 8.p.Helsinki: Autoalan koulutuskeskus Oy.

Professional motor mechanic online. 17.5.2012. Inductive sensor failure diagnosis and troubleshooting. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 15.3.2016]. Saatavana <http://pmmonline.co.uk/technical/inductive-sensor-failure-diagnosis-and-troubleshooting>

Rechargecar. Ei päiväystä. Warp speed sensors. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 15.3.2016]. Saatavana <http://www.rechargecar.com/product/warptm-speed-sensor>

Schneehage, G. 2012. Moottorinohjaus: Tunnistimet. Suomentaja Juha Seppälä. Bad Wörishofen: Krafhand Verlag Schulz GmbH.

University of Portsmouth: School of Engineering. 8.4.2016. Analog vs Digital Oscilloscope. [Verkojulkaisu]. [Viitattu 8.4.2016]. Saatavana <http://mosaic.cnflio.com/M528Coursework2008B101>

LIITTEET

Liite 1. Tunnistimet koulutusmateriaali

Liite 1. Tunnistimet koulutusmateriaali

Tunnistimet

Oskilloskooppi

- ▶ Periaatteessa kuten volttimittari
 - ▶ Mittaaminen kuten volttimittarilla eli rinnankytkettynä mitattavaan jännitteeseen
- ▶ Numeronäytön sijasta näyttää jännitteen muutokset signaalikuvaajana
- ▶ PC-oskilloskooppi on helppokäyttöinen
 - ▶ PicoScopessa myös ohjeet

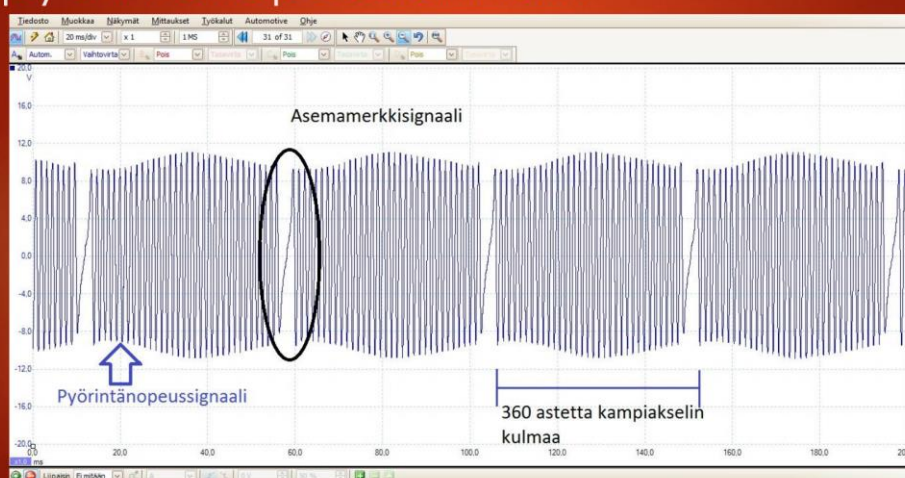
Mittaaminen

- ▶ Tunnistimen jännitteensyöttö on yleensä 5 V tai 12 V
 - ▶ Mitataan sytytysvirta kytkettynä
 - ▶ Mittaus tunnistinmaata, akkumaata tai moottorimaata vasten
- ▶ Signaalijännite
 - ▶ Tunnistimesta riippuva, eli tiedä mitä mittaat
 - ▶ Tunnistin esittää mitattavan suureen esim. paine, nopeus, asema, vain jännitteen muodossa
 - ▶ Mittaus tunnistinmaata, akkumaata tai moottorimaata vasten

Induktiivinen pyörintänopeustunnistin

- ▶ Yleensä esim. kampiakselin asentotunnistin on tämän tyyppinen
- ▶ Ei jännitteensyöttöä
- ▶ Signaalijännite indusoituu tunnistimeen magneettikentän muutoksista
- ▶ Mittaaminen tunnistin plussasta tunnistin miinusta vasten
- ▶ ABS-järjestelmän pyörintänopeustunnistin toimii samalla periaatteella, mutta ilman asemamerkkisignaalia

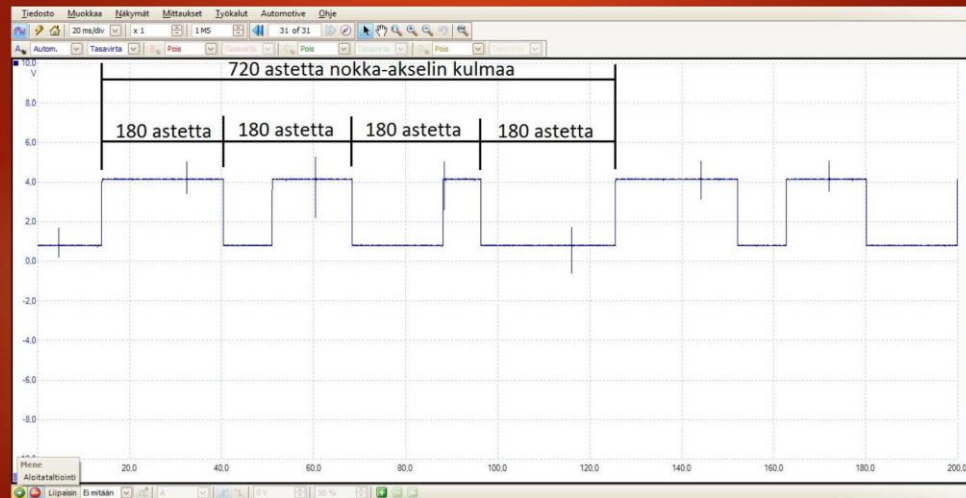
Induktiivinen pyörintänopeustunnistin



Hall-anturi

- ▶ Käytetty esim. Nokka-akselin asematunnistukseen
- ▶ Jännitteensyöttö 5 V tai mahdollisesti 12 V
- ▶ Kolme johdinta
 - ▶ Signaali
 - ▶ Jännitteensyöttö
 - ▶ Maa
- ▶ Ei saa mitata vastusmittarilla
- ▶ Signaalijännitteenmittaaminen tunnistinmaata vasten, akkumaata tai moottorimaata
- ▶ Jännitteensyöttö samalla periaatteella

Hall-anturi nokka-akselin asentotunnistimena



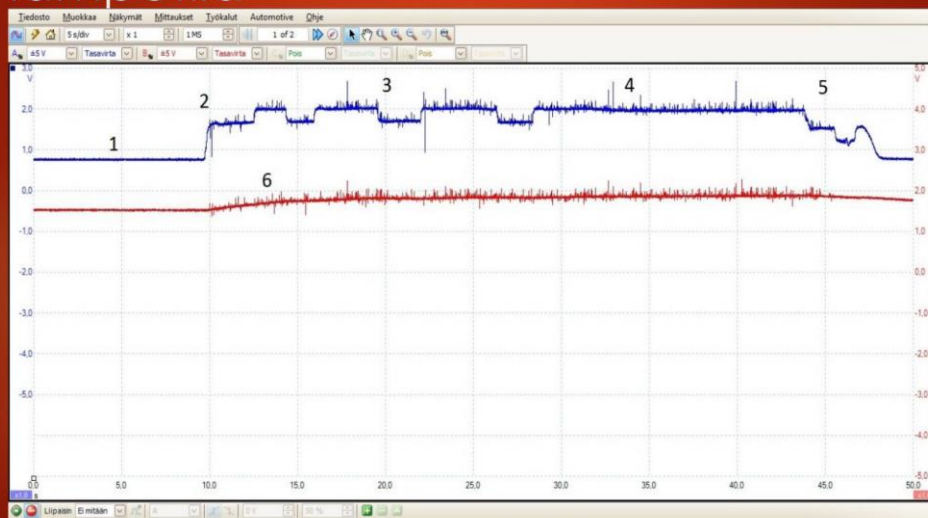
Hall-anturi + 5 V jännitteensyöttö



Ilmamassamittari

- ▶ Signaalijännite riippuvainen sisään imetystä ilmamäärästä
- ▶ Imuilman lämpötilatunnistin yleensä integroituna
- ▶ Tunnistimelle on jännitteensyöttö

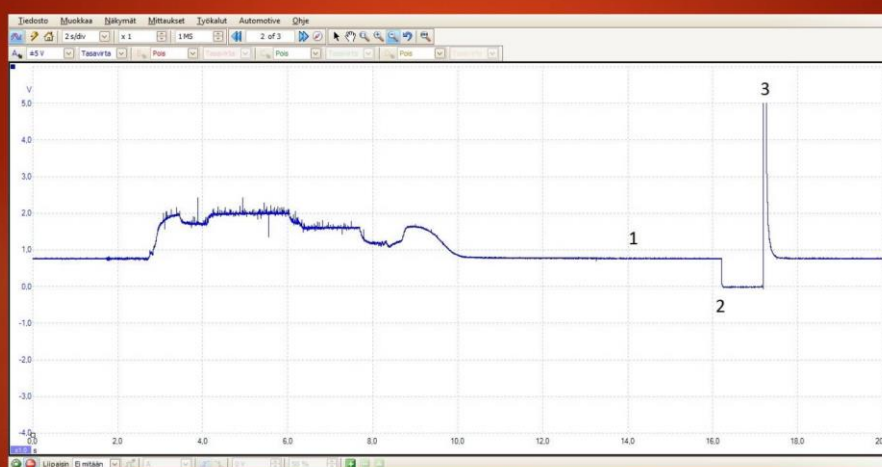
Ilmamassamittari + imuilman lämpötila



Ilmamassamittari

- ▶ 1. Sytytysvirta kytkettynä
- ▶ 2. Kaasun painaminen ja moottorin käynnistyminen
- ▶ 3. Kaasun pumppailu
- ▶ 4. Kaasu pohjassa, ajoneuvo paikoillaan
- ▶ 5. Kaasun vapautus
- ▶ 6. Imuilman lämpötila, koska moottoria käytettiin vain hetken aikaa imuilma virtaus jäähdyttää tunnustinta, minkä takia signaalijännite nousee

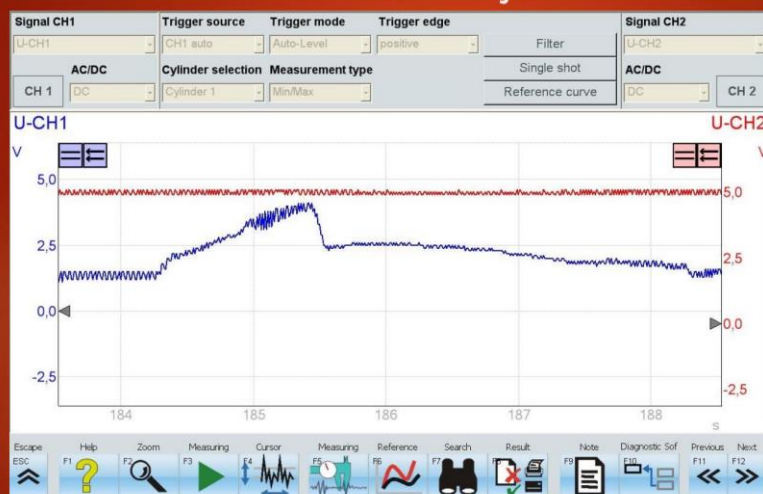
Ilmamassamittari



Ilmamassamittari

- ▶ 1. Sytytysvirta kytkettynä
- ▶ 2. Sytytysvirta katkaistuna
- ▶ 3. Sytytysvirran kytkentä ja siitä johtuva jännitepiikki

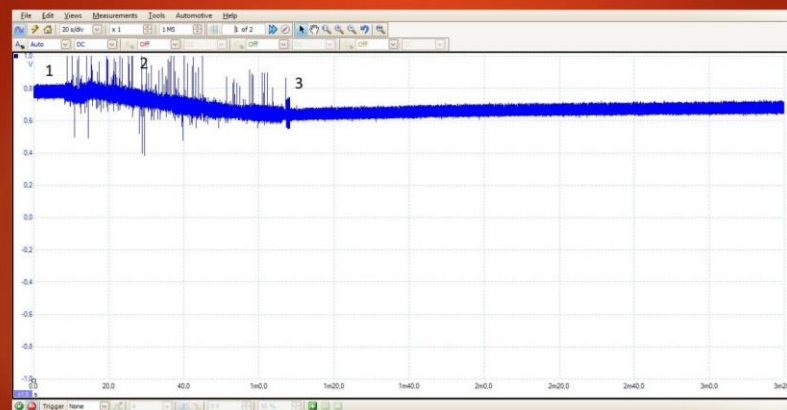
Ilmamassamittari + jännitteensyöttö 5 V



Lämpötunnistin

- ▶ Yleensä NTC- tai PTC-vastus
- ▶ NTC-vastuksen johtavuus kasvaa, eli vastus pienenee lämpötilan noustessa
 - ▶ Esimerkiksi jäähdytysnesteen lämpötunnistimen signaalijännitteen tulee laskea koko ajan tasaisesti, kunnes moottori on saavuttanut käyntilämpötilan
- ▶ PTC-vastuksen vastus taas kasvaa lämpötilan noustessa

Jäähdytysnesteen lämpötilatunnistin



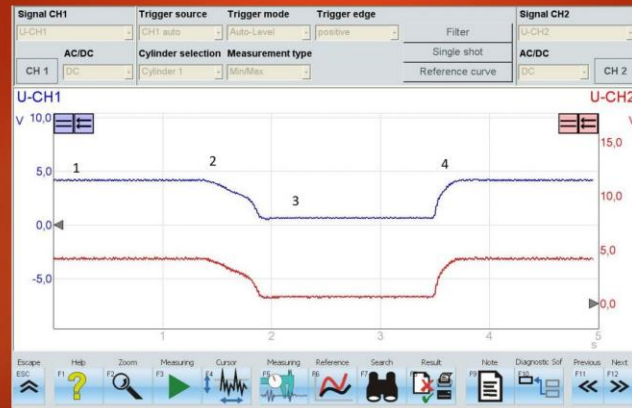
Jäähdytysnesteen lämpötilatunnistin

- ▶ 1. Moottorin käynnistyminen
- ▶ 2. Moottori korotetulla pyörintänopeudella, joten jäähdytysneste lämpenee
- ▶ 3. Moottorin sammuminen ja jäähdytysneste rupeaa jäähtymään taas hiljalleen

Asematunnistus

- ▶ Mahdollisia toteutus tapoja ovat potentiometrit, Hall-anturiin perustuvat tai yksinkertaisesti kytkimeen perustuva rakenne
- ▶ Potentiometri mitataan jatkuvuus mittauksella
 - ▶ esimerkiksi kaasupoljin potentiometri mitataan sytytysvirta kytkettynä ja rauhallisesti painetaan ja vapautetaan kaasupoljin
 - ▶ Potentiometrien signaalit voivat olla samanlaisia tai vastakkaisia, sekä eri jännitetasoissa

Kaasuläppätunnistus kahdella potentiometrillä



Kaasuläppätunnistus kahdella potentiometrillä

- ▶ 1. Sytytysvirta kytkettynä
- ▶ 2. Kaasupolkimen painallus rauhallisesti pohjaan
- ▶ 3. Kaasupoljin pohjassa
- ▶ 4. Kaasupolkimen rauhallinen vapautus

- ▶ Aika-asteikoksi on hyvä valita noin 20 sekuntia
- ▶ Identtiset signaalijännitteet

Kaasupoljintunnistus kahdella potentiometrillä

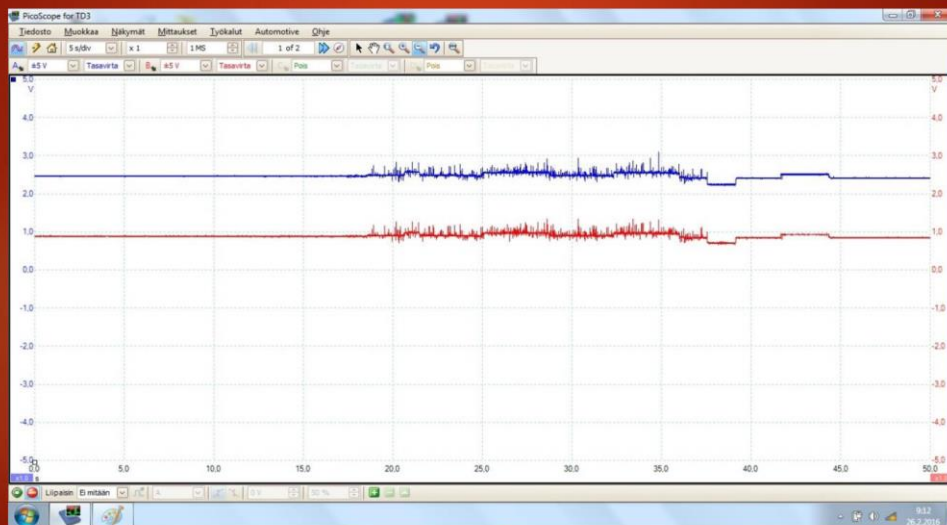


Kaasupoljintunnistus kahdella potentiometrillä

- ▶ 1. Sytytysvirta kytkettynä
- ▶ 2. Kaasupolkimen painallus rauhallisesti pohjaan
- ▶ 3. Kaasupoljin pohjassa
- ▶ 4. Kaasupolkimen rauhallinen vapautus
- ▶ 5. Kaasupoljin vapautettuna

- ▶ Signaalijännitteet ovat vastakkaiset

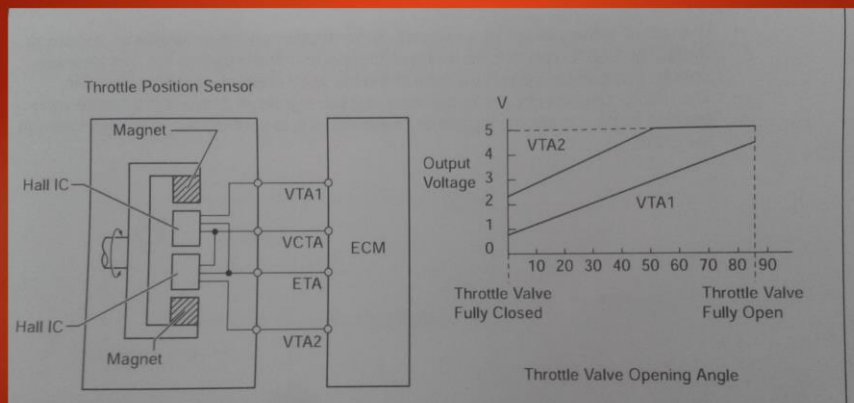
Hall-anturiin perustuva



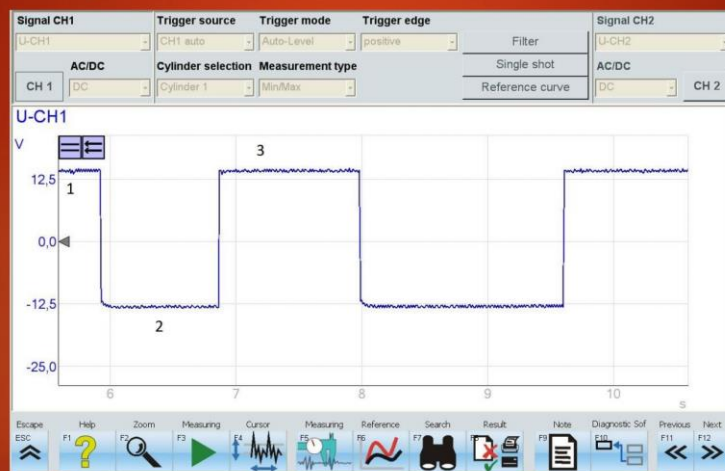
Hall-anturiin perustuva

- ▶ Priuksen kaasuläpänasentotunnistin
 - ▶ Vaatii kaasuläpän ohjauksen OBD-testerillä
 - ▶ Kaasuläppä ei avaudu, kuin minimaalisesti ajoneuvon ollessa paikoillaan
 - ▶ Helpointa olisi katsoa live-dataa kaasuläpänasentotunnistimesta OBD-testerillä ja suorittaa koeajo

Kaasuläpänasetotunnistimen ohjearvot Priukselle



Jarrupoljinkytkin



Jarrupoljinkytkin

- ▶ Jarrupoljin vapautettuna
- ▶ Jarrupoljin painettuna
- ▶ Jarrupoljin vapautettuna

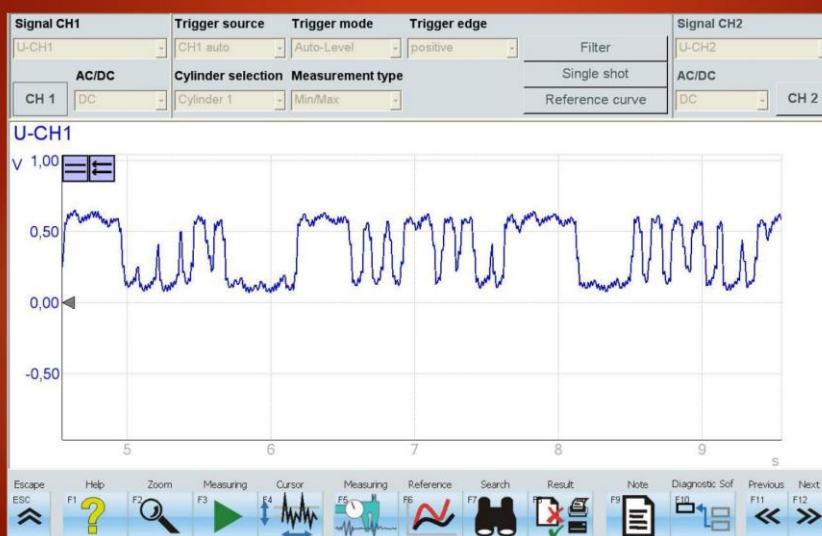
Lambda

- ▶ Laajakaistalambdan mittaaminen ei onnistu, koska se on milliampeeri alueella
 - ▶ OBD-testerillä mitatut arvot ja vertaus pakokaasuanalysaattoriin
- ▶ Zirkoniumoksiditunnistin (hyppäystunnistin)
 - ▶ Jännitevaihtelu 0,1 V ja 0,9 V välillä
- ▶ Titaanioksiditunnistin (vastustunnistin)
 - ▶ Jännitevaihtelu 5 V ja 0,6 V välillä (voi olla suurempikin)
- ▶ Katalysaattorinjälkeinen lambdatunnistin
 - ▶ Ei dynaamista jännitevaihtelua

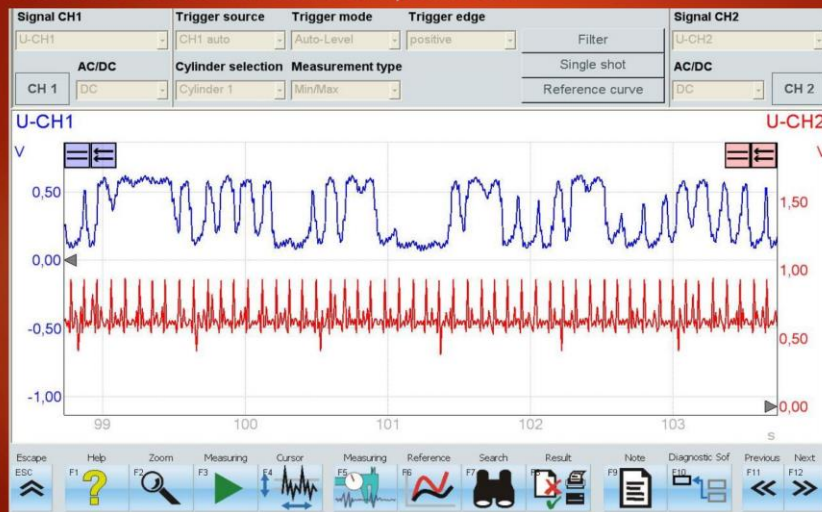
Lambdatunnistimen mittaaminen

- ▶ Jos lambdatunnistin ei ole toimintalämpötilassa ei se näytä, kuin referenssjännitettä
 - ▶ Zirkoniumoksiditunnistimella (hyppästunnistin) referenssjännite on noin 0,45 V tällöin dynaamista jännitevaihtelua ei ole
- ▶ Käyttämällä moottoria korotetulla pyörintänopeudella tai suorittamalla koeajo saadaan lambda toimintalämpötilaan
 - ▶ Jos lambdatunnistimen lämmitys ei toimi ei myöskään sen signaali ole oikeanlainen

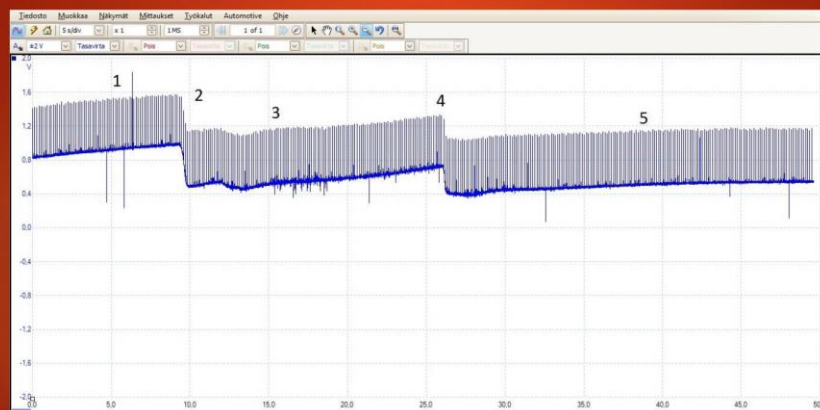
Zirkoniumoksiditunnistin



Sininen signaalijännite on zirkoniumoksiditunnistin,
Punainen signaalijännite on katalysaattorin jälkeinen lambda,
mutta se ei ole toimintalämpötilassa



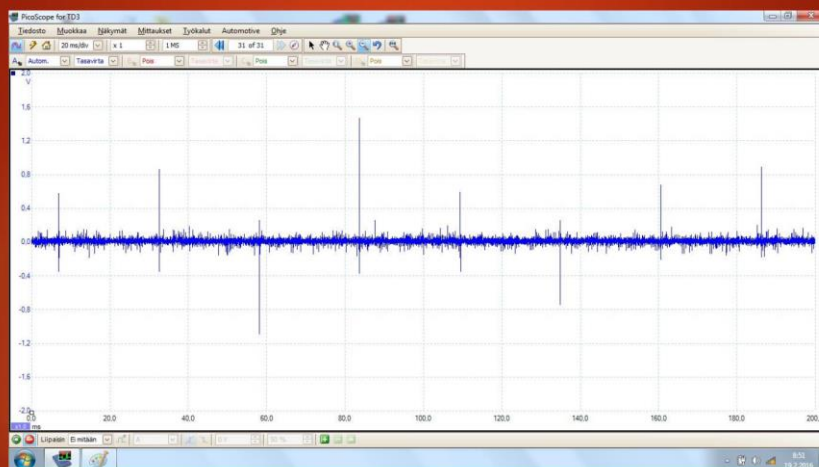
Katalysaattorin jälkeinen lambda



Katalysaattorin jälkeinen lambda

- ▶ 1. Korotettu pyörintänopeus
 - ▶ 2. Kaasunpainallus ja seos menee laihemmalle nopean painalluksen takia
 - ▶ 3. Moottorijoutokäynnillä
 - ▶ 4. Kaasunpainallus
 - ▶ 5. Moottori joutokäynnillä
- ▶ Signaalijännite reagoi seoksen muutokseen mutta ei ole dynaamista jännitevaihtelua

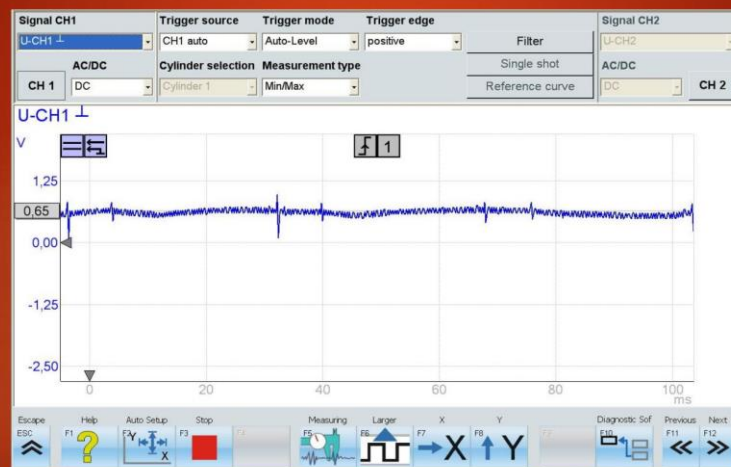
Nakutustunnistin



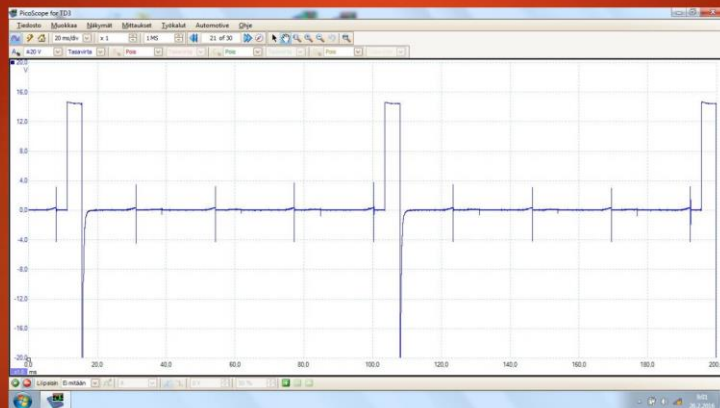
Nakutustunnistin

- ▶ Signaalijännitteen tarkempaan tutkimiseen on hyvä ottaa apusignaali esim. sytytyksen ohjaus tai Common Rail suuttimen ohjaus
 - ▶ Tällöin nähdään palotapahtuman hetki johon nakutustunnistimen pitäisi reagoida

Nakutustunnistin



Priuksen suuttimen ohjaus



Priuksen suutin

- ▶ Suuttimen toimintaa ohjataan maadoittamalla
- ▶ Mittaus on suoritettu mittaamalla suuttimelle tulevan jännitteen ja suuttimelta ECU:lle menevän jännitteen välillä
- ▶ Suuttimen aukiolo aika nähdään oskilloskooppi kuvasta
 - ▶ Muuttuu moottorin pyörintänopeuden mukaan
 - ▶ Neljällä kanavalla pystyy katsoa kaikki suuttimet yhtä aikaa
- ▶ Signaalijännite putoaa alas koska magnetiiventtiilin käämiin indusoituu uudelleen virta