

Petri Paajanen

Kuorma-auton tiedonsiirtoväylät ja HMS 990:n käyttö

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Auto- ja kuljetustekniikka

Insinööriytyö

28.8.2015

Tekijä Otsikko	Petri Paajanen Kuorma-auton tiedonsiirtoväylät ja HMS 990:n käyttö
Sivumäärä Aika	40 sivua 28.8.2015
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Auto- ja kuljetustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Autosähkötekniikka
Ohjaajat	Projektivastaava Frans Malmari Tekninen kouluttaja Ari Kangaskesti
<p>Tämän insinööri työn tavoitteena on selvittää Mercedes-Benz Actros -kuorma-auton tiedonsiirtoväylien toiminnan teoriaa sekä tarkastella merkkikorjaamojen käytössä olevaan HMS 990 -diagnostiikkatyökalua. Työn tilaajana on Veho Group Oy Ab. Varsinaisen insinööri työn liitteenä syntyi koulutusmateriaalia väylävikojen diagnosointiin Veho Oy:n käyttöön.</p> <p>Väylätekniikkaa on ollut ajoneuvoissa jo vuosia. Tiedonsiirtoväylien avulla saadaan mm. yksinkertaistettua ajoneuvojen sähköjärjestelmää ja korvattua merkittävä määrä yksittäisiä johtimia. Tässä työssä tarkastellaan uusimmassa Mercedes-Benz Actros -kuorma-autossa käytettyjä tiedonsiirtoväyliä sekä niiden diagnosointia HMS 990-diagnostiikkatyökalulla.</p> <p>Suurin osa työstä tehtiin Veho Oy:n tiloissa Espoon Lommilassa. Työtä aloitettaessa korjaamolla oli yksi HMS 990 -laite mekaanikkojen käytettävissä. Alkutilanteessa laitetta ei juuri käytetty. Työn lopussa pohditaan syitä tähän ja sitä, kuinka laitteen käyttö hyödyttäisi mekaanikkoja.</p>	
Avainsanat	Mercedes-Benz, tiedonsiirtoväylä, diagnostiikka

Author Title	Petri Paajanen Automotive data buses and HMS 990 quick manual
Number of Pages Date	40 pages 28 August 2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automotive and Transport Engineering
Specialisation option	Automotive Electronics Engineering
Instructors	Frans Malmari, Project Manager Ari Kangaskesti, Technical Trainer
<p>The aim of this Bachelor's thesis is to investigate the theory of Mercedes-Benz Actros truck data buses activities, as well as to explore HMS 990 diagnostic tool. The client is Veho Oy Ab. In addition to the Bachelor's thesis will be completed training materials about data bus errors for Veho's use.</p> <p>Fieldbus technology has been present in vehicles for many years. There are compensated for a significant amount of individual conductors by fieldbus technology. This Bachelor's thesis investigates the data buses and those diagnostics by HMS 990 of Mercedes-Benz Actros.</p> <p>The most part of this works was done by Veho's premises in Lommila Espoo. The start of work a workshop had one HMS 990 device. At the moment when this Bachelor's made was started no one used it. At the end of this Bachelor's discuss the reason for this and how the use of the HMS 990 would benefits mechanics.</p>	
Keywords	Data buses, diagnostic, Mercedes-Benz

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Mercedes-Benz Actrosin väylät	3
2.1	CAN	3
2.1.1	Topologia	3
2.1.2	Ominaisuudet	5
2.1.3	Viestikehys	6
2.1.4	Virheentunnistus	7
2.2	LIN	9
2.2.1	Topologia	9
2.2.2	Ominaisuudet	10
2.2.3	Viestikehys	12
2.3	SAE J1939	13
2.3.1	Ominaisuudet	14
2.3.2	Viestikehys	14
2.4	ASIC	15
2.5	Väylien käyttö	16
2.6	Mercedes-Benz Actros Itsediagnostiikka	18
3	HMS 990	22
3.1	Tekniset tiedot	23
3.2	Kytkeminen	23
3.3	Ominaisuudet	25
3.4	Väylän diagnosointi	32
3.4.1	CAN	35
3.4.2	LIN	38
4	Yhteenveto ja loppupäätelmät	40
	Lähteet	41
	Liitteet	
	Liite 1. Väyläkoulutusmateriaali (vain työntilaajan käyttöön)	

Lyhenteet

CAN	Controller Area Network
LIN	Local Interconnect Network
ASIC	Application System Integrated Circuit
MOST	Media Oriented Systems Transport
ID	Identifier
NRZ	No Return to Zero
SOF	Start Of Frame
RTR	Remote Transmission Request
SRR	Substitute Remote Request
IDE	Identifier Extensio
CRC	Cyclic Reduntancy Code
ACK	Acknowledge
EOF	End Of Frame
ITM	Intermission
UART	Universal Asynchronous Receiver/Transmitter
SCI	Serial Communications Interface
NAD	Network Acces Device
SAE	Society of Automotive Engineers
ISO	International Organization for Standardization
PG	Parameter Group
PGN	Parameter Group Number
SPN	Suspect Parameter Number
PDU	Protocol Data Unit
PF	Protocol Data Unit Format

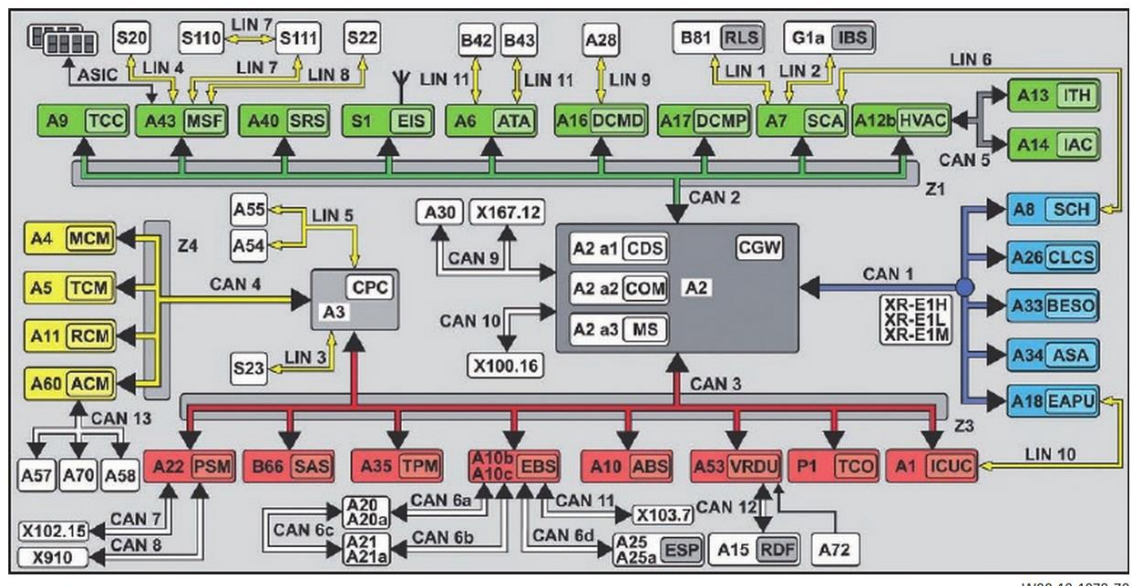
1 Johdanto

Tässä insinööriyössä tutkitaan ajoneuvoväyliä, joita on käytetty uusimmassa Mercedes-Benz Actros -kuorma-autossa sekä tehdään ohjeet väylävikojen diagnosointiin HMS 990-oskilloskoopilla. Työn liitteenä valmistuu koulutusmateriaali HMS 990:n käytöstä, joka on tarkoitettu vain työn tilaajan käyttöön. Työn tilaaja on Veho Oy, jonka tiloissa pääosa työstä tehtiin.

Daimler AG ei tarjoa korjaamojen käyttöön selkeää ja yksinkertaista käyttöohjetta HMS 990:n käyttöön. Koulutus laitteen käytöstä on sisällytetty osittain muihin koulutuksiin ja on täten puutteellista. Tämä on johtanut siihen, että monipuolista oskilloskooppia ei hyödynnetä korjaamoissa niin paljon sähkövikojen tutkimisessa kuin olisi mahdollista.

Lähtökohtana pidettiin raskaan kaluston mekaanikkojen koulutuksen täydentämistä erityisesti väylävikojen osalta. Väylien lisäksi HMS 990 sisältää mm. oman ominaisuuden anturien testaamiseksi. Työssä käytettiin apuna Mercedes-Benz Actros 963 -kuorma-autoa. Käsiteltävät väylät valittiin sen mukaan, mitä Mercedes-Benz on käyttänyt uusimmassa Actros-mallissaan. Actrosin väyläjärjestelmä on esitelty kuvassa 1.

MODEL 963



Kuva 1. Mercedes-Benz Actrosin väyläjärjestelmä [1]

Työssä käsitellään Mercedes-Benz Actros -kuorma-autoon kuuluvat väylät ja niiden perustoiminta sekä HMS 990:n ominaisuudet ja toiminta. Lopuksi käsitellään esimerkkien kautta väylävian diagnosointia. Työn liitteenä valmistuu koulutusmateriaali Veho Oy:n ja Daimler AG:n käyttöön.

Daimler AG on saksalainen sijoittajien omistama pörssiyhtiö, jonka pääkonttori on Stuttgartissa Saksassa. Daimlerin liikevaihto vuonna 2014 oli 129 miljardia euroa. Vuonna 2014 Daimler myi 2 545 985 ajoneuvoa, joista kuorma-autoja oli 495 668. Työntekijöitä yhtiössä on 279 972 (31.12.2014). Daimlerin tunnetuin brändi on Mercedes-Benz.

Veho Group Oy Ab on vuonna 1939 perustettu Suomalainen autoalan yritys. Se perustettiin alun perin Mercedes-Benzin maahantuontia varten. Veho työllisti vuonna 2014 keskimäärin 2105 henkilöä. [1, s. 16; 2; 3; 4; 5.]

2 Mercedes-Benz Actrosin väylät

Mercedes-Benzin Actros -kuorma-autossa tiedonsiirtoon käytetyt väylät ovat CAN ja LIN. Lisäksi autossa on käytetty ASIC-väyläkatkaisimia. Tässä työssä käsitellään näiden väylien toimintaa, ominaisuuksia ja diagnosointia.

2.1 CAN

CAN (Controller Area Network) -väylän kehittäminen alkoi 1983 Robert Bosch GmbH:n toimesta. Tuolloin oli mietittävä ratkaisuja mm. auto- ja automaatioteollisuuden tulevaisuuden tarpeisiin. Vuonna 1991 valmistui Mercedes-Benz S, joka sisälsi viisi ohjainlaitetta, jotka kommunikoivat keskenään nopeudella 500 kbit/s hyödyntäen CAN-väylää. Tämä Mercedes-Benz S oli ensimmäinen auto, jossa käytettiin CAN-väylää.

CAN-väylästä on useita versioita, joista uusimmat ovat CAN 2.0 A ja B. Tässä työssä käsitellään vain näitä kahta versiota. CAN-väylä on ns. usean isännän verkko, eli verkossa kaikilla ohjainlaitteilla, myöhemmin puhutaan myös solmuista, on samanlaiset oikeudet lähettää viestejä verkkoon. CAN-väylän maksiminopeus on 1 Mbit/s, mikäli verkon fyysinen pituus ei ole liian pitkä ja näin rajoita tiedonsiirron nopeutta. Yleensä väylässä olevien solmujen lukumäärä on maksimissaan 110, kun käytetään IC-piirejä. [1; 6, s. 1; 7, s. 129–130; 4.] Seuraavissa kappaleissa käydään läpi CAN-väylän ominaisuuksia.

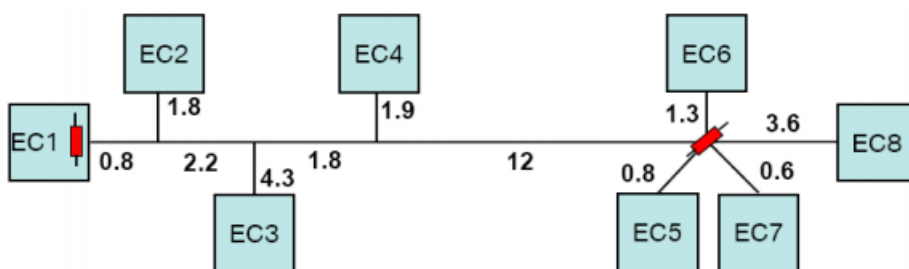
2.1.1 Topologia

Topologialla tarkoitetaan väylän muotoa niin kuin me sen näemme, eli tapaa miten ohjainlaitteet on sijoitettu toisiinsa nähden ja yhdistetty väylällä toisiinsa. Erilaisia topologioita on useita. Määrääviä asioita topologian valinnassa on käytettävä väylätyyppi ja ohjainlaitteiden fyysinen sijoittelu. Teoriassa kaikki ohjainlaitteet tulisi olla yhdistettynä väylään lyhintä mahdollista reittiä.

Fyysiseltä rakenteeltaan CAN-väylä on kierrettyä parikaapelia eli kaksi johtoa kiedottuna toistensa ympärille. Kierretyn parikaapelin kaksi johtoa ovat CAN_H ja CAN_L. Näissä kahdessa johdossa kulkee sama tieto mutta eri jännitteellä. Tämä tapa välittää tietoa vähentää virheherkkyyttä ja mahdollistaa joissakin tapauksissa tiedon kulkemisen esimerkiksi tilanteessa, jossa toinen kaapeleista on vaurioitunut. Toisissa tapauksissa toisen väyläjohtimen katkeaminen aiheuttaa koko väylän kaatumisen. Väylä päätetään tyypillisesti kahdella 120 Ω :n päätevastuksella, joilla estetään viestien palaaminen kaikumaan takaisin väylään ja näin häiritsemään muuta liikennettä.

CAN-väylää voidaan käyttää perinteisen lineaarisen mallin lisäksi esimerkiksi tähti-, ringi- tai hybridimallisena. Esimerkki hybridimallista on esitelty kuvassa 2. Tähtimallisessa topologiassa, jota mm. Mercedes-Benz pääsääntöisesti käyttää, on ns. tähtipisteet, joiden kautta väylä haarautuu eri suuntiin solmuille. Tähtipisteet eivät ole itsenäisiä solmuja, eivätkä ne voi lähettää tietoa väylään. Mercedes-Benzin valmistamissa autoissa tähtipisteet sijaitsevat usein molempien etuovien saranoiden läheisyydessä.

Rinkimallisessa verkossa solmut on yhdistetty toisiinsa niin, että väylä kulkee jokaisen solmun läpi seuraavalle. Rinkimallinen topologia on yleisintä MOST-verkossa (Media Oriented System Transport), jossa tiedonsiirto tapahtuu optista kaapelia pitkin.



Kuva 2. Hybridimallinen väylä [8]

Hybridimalliset verkot ovat muunnelmia muista malleista, kuten esimerkiksi yhdistelmä tähti- ja lineaarista mallia. [8; 9; 10, s. 94–97; 11, s. 1071–1075.]

2.1.2 Ominaisuudet

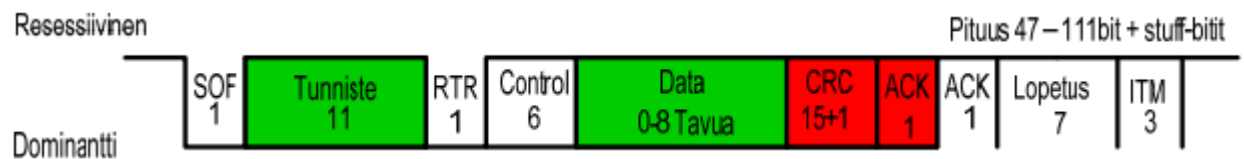
CAN-väylän maksiminopeus on 1 Mbit/s. Väylän nopeutta rajoittaa kuitenkin väylän pituus, mikäli siitä tehdään liian pitkä. Maksiminopeus saavutetaan väylällä silloin, kun väylän pituus on korkeintaan 40 metriä. Jos väylän pituus on yli 40 metriä, alkaa maksiminopeus pienemään. Esimerkiksi väylän pituuden ollessa 1000 m, saavutetaan väylällä enää nopeus noin 50 kbit/s.

CAN on virheensiedoltaan melko huono. Virhe muodostuu aina, kun viestin lähetys tai vastaanotto epäonnistuu tai viestin sisällössä on virhe. Jokainen solmu sisältää virhelaskurin näille virheille. Ehjässäkin verkossa saattaa esiintyä satunnaisia virheitä, mutta liiallinen määrä virheitä tukkii väylää ja aiheuttaa näin ongelmia. Solmun virhelaskurin kasvaessa liian suureksi solmu joutuu ensin passiiviseen virhetilaan, jossa se pystyy vielä lähettämään passiivista virhekehystä. Tämä tapahtuu kun virhelaskuri saavuttaa arvon 127. Mikäli virhelaskurin arvo kasvaa arvoon 255, laite poistuu väylältä automaattisesti.

Kuten edellä on mainittu, CAN on ns. usean isännän verkko. Tämä tarkoittaa sitä, että jokainen solmu voi lähettää samalla tavalla viestejä väylään. Väylään voidaan myös lähettää pyyntöjä sanomasta. Solmut voivat lähettää viestejä juuri silloin, kun ne itse haluavat, erityisiä lähetysvuoroja ei ole. Lähetetyillä sanomilla ei ole osoitteita, vaan ne poimitaan tunnisteiden mukaan väylästä. Jokaisessa sanomassa on ID, joka määrää sen prioriteetin ja kertoo sisällön. Näistä jokainen solmu tunnistaa sanomat, joita se itse tarvitsee ja osaa poimia ne väylästä. [11, s. 1071–1075; 10, s. 54–71; 8.]

2.1.3 Viestikehys

CAN-väylän viestikehys koostuu kahdeksasta osasta ja sen kokonaispituus voi olla enintään 111 bittiä ja sen lisäksi ns. stuff-bitit (Kuva 3). On olemassa myös laajennettu versio viestikehyksestä. Sen maksimipituus on 131 bittiä ja stuff-bitit helpottavat virheen havaitsemista. Ne tulevat menetelmästä nimeltä No Return to Zero-bitstuffing (NRZ).



Kuva 3. CAN-viestikehys [8]

Viestikehyksen ensimmäinen kenttä (SOF – Start Of Frame) on yhden bitin mittainen, ja sitä käytetään solmujen toiminnan synkronointiin.

Seuraava kenttä on tunnistekenttä, joka koostuu 11 bitistä. Laajennetussa muodossa sen pituus voi olla 11+18 bittiä. Tämä kenttä määrää sanoman prioriteetin eli tärkeyden. CAN-väylässä pienimmän prioriteetin sanoma on ns. tärkein ja pääsee näin ensimmäisenä väylään.

Tunnisteen jälkeen tulee RTR (Remote Transmission Request) -kenttä. Tämä kenttä mahdollistaa sanoman lähettämisen pyynnön perusteella. Mikäli viestikehys on laajennetussa muodossaan, RTR:n tilalla on SRR (Substitute Remote Request), IDE (Identifier Extensio) ja laajennetun tunnuksen loppuosa ennen RTR-bittiä.

Ohjaus- eli Control-kenttä on kuuden bitin mittainen ja kertoo varsinaisen tietokentän pituuden. Tietokenttä eli Data voi olla pituudeltaan 0–64 bittiä. Data-kentän ollessa tyhjä sanomaa käytetään joko kyselyssä tai toiminnan tarkastamisessa.

CRC (Cyclic Redundancy Code) eli tarkistuskenttä on pituudeltaan 15 + 1 bittiä. Varsinainen tarkistusosuus koostuu 15 ensimmäisestä bitistä. Viimeinen bitti on ns. lopetusosuus.

Seuraavaksi tulee kaksiosainen Kuittauskenttä ACK (Acknowledge). ACK:n ensimmäinen osa on varsinainen kuittausbitti. Tämän aikana kaikki sanoman vastaanottaneet solmut kuittaavat viestin saapuneeksi virheettömänä. Mikäli mikään solmu ei kuittaa viestiä ehjänä vastaanotetuksi, syntyy virheilmoitus. Toinen osa on lopetusbitti.

Varsinainen sanoman lopetuskenttä EOF (End Of Frame) on pituudeltaan seitsemän bittiä. Mikäli sanomassa on havaittu virheitä, ne lähetetään EOF:n aikana. Ensimmäinen virheen havainnut solmu saa näin aikaan virheen myös muissa solmuissa, jotka tietävät, ettei virheellistä tietoa tule käyttää.

ITM (Intermission) kenttä on viestikehyksen viimeinen kenttä. Se tarkoittaa sanomien välissä olevaa odotusaikaa, jotta viestikehykset saadaan erotettua toisistaan helpommin. Sen pituus on kolme bittiä. [8; 10, s. 40–41; 11, s. 1071–1075.]

2.1.4 Virheentunnistus

CAN-väylässä olevia virheitä on viidenlaisia:

Bittivirhe. Bitti virhe tarkoittaa kirjaimellisesti virheellistä bittiä tai bittejä, eli 1 on vaihtunut syystä tai toisesta arvoon 0 tai päinvastoin.

CRC-virhe. Tämä CRC-kenttään liittyvä viesti tarkoittaa sitä, että tarkistussummat eivät täsmää. CRC:ssä muodostetaan matemaattisesti Data-osuudesta toinen tieto, joka lisätään viestiin. Vastaanottava solmu tarkistaa, että viestin Data ja CRC vastaavat toisiaan. Mikäli vastaavuutta ei ole, kirjataan CRC-virhe.

ACK-virhe. Kaikkien solmujen odotetaan lähettävän kuittauksen vastaanotetusta viestistä lähettäjälle. Mikäli yksikään solmu ei lähetä kuittausta, kirjataan ACK-virhe.

Stuff-bittivirhe. Mikäli viestissä on yli viisi peräkkäistä samaa bittiä (resessiivejä tai dominantteja tasoja), tapahtuu bit stuffing -ilmiö. Tämä johtuu CAN-väylässä käytettävästä Non Return to Zero -koodauksesta, eli jännite taso ei palaudu jokaisen bitin jälkeen. Kun koodauksen mukaisesti jännitetaso ei palaudu, pitkien samojen bittisarjojen erottaminen hankaloituu ja silloin saattaa kirjautua Stuff-bittivirheitä.

Kehysvirhe. CAN-viestissä on kiinteät, standardin määrittelemän kentät. Näiden kenttien kokoa ja ajoitusta tarkkaillaan. Mikäli näissä havaitaan virheitä, kirjataan kehysvirhe.

Tunnistettuja virheitä ei korjata mitenkään, vaan ne jätetään käyttämättä. Kuten aikaisemmin todettu, väylän päätevastukset hoitavat ylimääräisen liikenteen pois väylästä kaikumasta. Jokaisessa solmussa on kaksi erillistä virhelaskuria, toinen lähetysvirheille ja toinen vastaanottovirheille.

Virheiden lisääntyessä väylässä solmujen virhelaskurien arvot kasvavat. Virheitä esiintyy yleensä aina jonkin verran, eikä pienistä, satunnaisista virheitä ole merkittävää haittaa. Virhelaskurien ollessa alle 96 sanotaan, että solmu on aktiivisessa virhetilassa. Silloin sen toiminta pysyy normaalina eli lähetys ja vastaanottaminen tapahtuvat normaalisti. Kun solmun virhelaskurin arvo kasvaa yli 96 tulee solmuun varoitus kasvavista virheistä. Tässä vaiheessa solmun toimintaa ei vielä rajoiteta, mutta virheitä ei saisi tulla enempää.

Virhelaskurin arvo 127 tarkoittaa passiivista virhetilaa. Passiivisessa virhetilassa solmu pystyy lähettämään vain passiivista virhekehystä, joka koostuu vain resessiivisistä bityistä. Passiivisessa virhetilassa oleva solmu ei pysty häiritsemään väylän muuta liikennettä. Passiivisesta virhetilasta on mahdollista päästä pois, mikäli virheiden määrä solmussa saadaan kuriin onnistuneiden lähetysten ja vastaanottojen seurauksena. Passiivisessa virhetilassa oleva solmu pyrkii edelleen lähettämään ja vastaanottamaan sanomia.

Solmu joutuu ns. Bus off -tilaan kun virhelaskurin arvo ylittää 255. Tällöin se poistuu väylältä eikä enää häiritse väylän liikennettä. Tämä tarkoittaa sitä, että kun yksi solmu on poissa, muiden solmujen virhelaskurit kasvavat aina, kun viesti puuttuu esim. Buss off -tilaan joutumisen vuoksi. Bus off -tilaan joutunut solmu saadaan takaisin väylälle resetoimalla eli nollaamalla solmun muisti. Solmun resetoiminen tulee suorittaa joko ohjelmallisesti tai fyysisesti. [10, s. 8–11, 54–76; 8.]

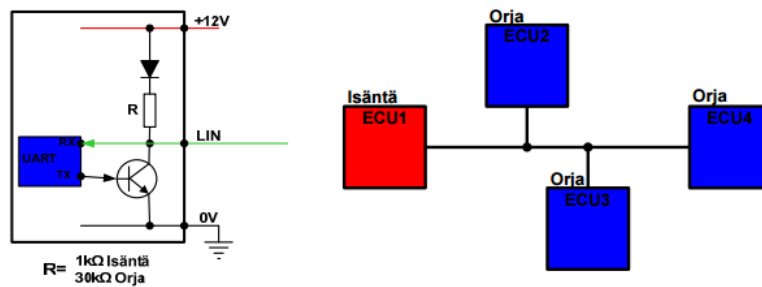
2.2 LIN

LIN (Local Interconnect Network) -väylän kehittäjiä ovat olleet Motorola ja useat autovalmistajat kuten Audi, BMW, Daimler Chrysler, Volkswagen ja Volvo. Vuonna 1999 LIN-väylän luomisen ideana oli kehittää halpa väyläratkaisu ajoneuvoihin. LIN-väylää on kehitetty pitkään. Maaliskuussa 2000 Motorola ja autovalmistajat aloittivat yhteistyön väylän kehittämiseksi. LIN-versioiden 1.2 (marraskuu 2000) ja 1.3 (joulukuu 2002) kautta saavutettu LIN 2.0 (syyskuu 2003) on käytössä monissa ajoneuvoissa. Suurimmat syyt LIN-väylän suosioon ovat luotettavuus ja kustannustehokkuus. LIN-väylää määrittää mm. SAE J2602- ja ISO 9141 -standardit.

LIN on ns. yhden isännän verkko. Tämä tarkoittaa sitä, että verkossa on vain yksi isäntä ja loput solmut, maksimissaan 16, ovat orjayksiköitä. Väyläjohtimen maksimipituus on 40 metriä ja maksiminopeus 20 kbit/s. LIN-väylää käytetään sellaisissa yksinkertaisissa toiminnoissa, joissa käskyn toimia antaa joku jollekin toiselle. Tällaisia ovat mm. sähköiset lasinostimet, sähköpeilit ja kattoluukku. [7, s. 135–138; 12, s. 10–11.]

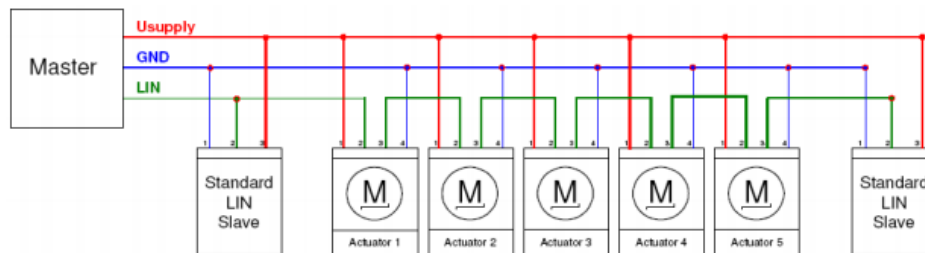
2.2.1 Topologia

LIN-väylän spesifikaatiossa ei ole määritetty väylälle tarkkaa muotoa. Usein väylä on perinteisen mallinen eli väylä-muotoinen, mutta koska orjasolmujen lisääminen on mahdollista väylään, myös sen muodon muuttaminen on mahdollista. Kuvassa 4 on esitelty LIN-väylän rakenne.



Kuva 4. LIN-väylän rakenne [8]

Kuten aikaisemmin todettu, LIN-väylä on yksijohtoinen. Kuitenkin yleensä aina väyläjohtimen mukana seuraa maa-johdin ja mahdollisesti käyttöjännite. LIN-väylän fyysinen toteutus on esitelty kuvassa 5.



Kuva 5. LIN-väylän fyysinen toteutus [8]

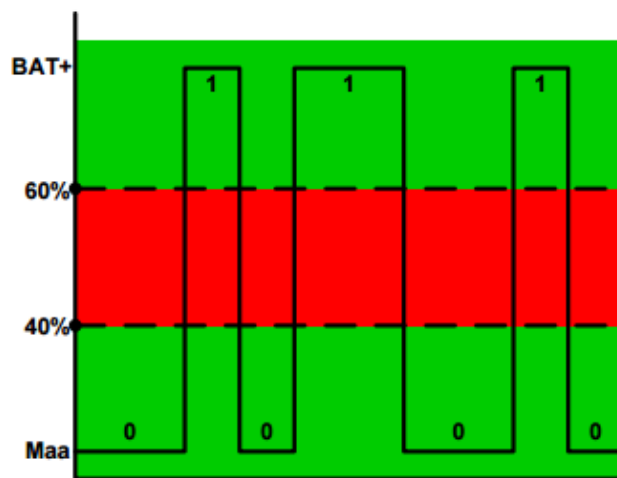
LIN-väylän isäntä toimii usein väylien välisenä porttina eli on yhteydessä myös esim. CAN-väylään. [8; 12.]

2.2.2 Ominaisuudet

LIN-väylän maksiminopeus on 20 kbit/s. Väylälle on joitakin suositeltuja nopeuksia mm. 19200 bit/s, 9600 bit/s ja 2400 bit/s. Nopeuden käyttö riippuu käyttökohteesta. Väylän edullinen fyysinen toteutus perustuu sarjamuotoiseen tiedonsiirtoon UART/SCI (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter, Serial Communications Interface). LIN on yhden isännän synkronoimaton verkko. Isäntäsolmun lisäksi väylässä voi olla maksimissaan 16 orjayksikköä. Väylän fyysinen maksimipituus on 40 metriä. Väyläjohtimia

on vain yksi (vrt. CAN High ja Low). Väylällä päätevastukset ovat sekä isännällä että orjilla. Isännän päätevastuksen suuruus on 1 k Ω ja orjan 30 k Ω . Väylä pääteasteen toteutus noudattaa ISO 9141 -standardia.

Väylän määräävä- eli nollabitti on maataso. Väistyvän- eli ykkösbittin jännite on järjestelmän jännitetaso. Tämä voi olla spesifikaation mukaan välillä 8–18 V. Raskaassa kalustossa käytetään jonkin verran myös standardin ulkopuolisia ratkaisuja johtuen järjestelmien yleisestä 24 V:n jännitteestä. Kuvassa 6 esitellään LIN-väylän bittien tunnistusta.



Kuva 6. LIN-väylän bittien tunnistus [8]

Jotta järjestelmässä tunnistetaan jännitteet biteiksi, tarvitaan rajat, jotka jännitteen pitää joko alittaa tai ylittää. Rajojen avulla saadaan suodatettua ylimääräistä melua pois viestistä. Nollabitti tunnistetaan, mikäli jännite on alle 40 % ns. akkujännitteestä. Vastavasti ykkösbitti tunnistetaan, jos jännite on yli 60 % akkujännitteestä. Näiden alueiden väliin jää alue, jossa jännitetasoa ei tunnisteta ykköseksi eikä nollassi.

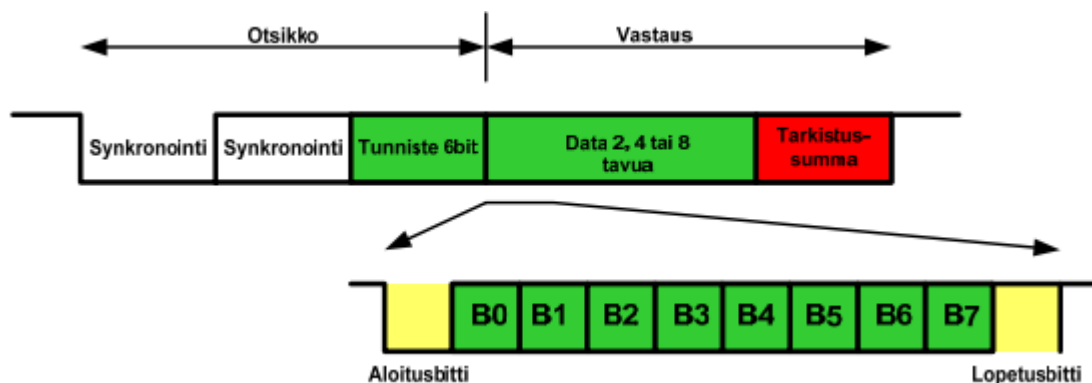
LIN-väylässä viestin lähettäjä tarkkailee laitteiden toimintaa vertailemalla niiden toteutunutta toimintaa haluttuun toimintaan. Isäntä havaitsee orjan vastaamattomuuden ja tulkitsee sen virheeksi. Vastaamattomuusvirheen havaitseminen perustuu siihen, että viestikehys ei ole täydellinen ennalta määrätyn ajan kuluessa. Tämä aika on 90, 120, tai 175 bittijakson pituinen riippuen viestipituudesta. Väylän toimimattomuus havaitaan, mikäli synkronointijaksoa ei ole vastaanotettu 25 000 bittijakson kuluessa. Havainnon

tekee orja. Kyse ei välttämättä ole virheestä, mikäli väylä on vain ollut käyttämättä tuon ajan. LIN-spesifikaation mukaan virheistä ei raportoida automaattisesti vaan ohjainlaitteet kirjaavat ne paikallisesti ja tarvittaessa raportoivat niistä. Isäntä ohjaa virheiden käsittelyä. LIN-väylässä isännän tehtävä on määritellä viestien lähetyjärjestys ja tärkeys eli prioriteetti.

Spesifikaatiossa määritellään erityisen sleep-mode. Tämä tarkoittaa sitä, että isäntä voi halutessaan nukuttaa orjat yhden kerrallaan, jolloin ne menevät virransäästötilaan. Orjat ovat virransäästötilassa, kunnes isäntä tai jokin orjista antaa herätyksen. Orjen herättäminen tapahtuu yhdellä tavulla (0 x 80). Myös isäntä on mahdollista nukuttaa, jolloin herätyksen tekee orja lähettämällä herätyksen. [7, s. 135–138; 11, s. 286–300; 8.]

2.2.3 Viestikehys

LIN-viestikehys muodostuu otsikosta ja vastauksesta (kuva 7). Isäntäyksikkö lähettää aina otsikon. Vastauksen voi lähettää joko isäntä itse tai orjayksikkö.



Kuva 7. LIN-väylän viestikehys [8]

Viestikehys alkaa isännän lähettämällä synkronoinnilla. Synkronointi sisältää vähintään 13 peräkkäistä dominanttia ja yhden resessiivin tason. Synkronointikenttä tulee aina synkronointijakson jälkeen. Synkronointikentän arvo on 0 x 55, joka tarkoittaa käytännössä viittä laskevaa reunaa kahdeksan bitin aikana. Tämän ansiosta orjayksiköt pysyvät synkronoimaan vastaanottonopeutensa isännän kello kanssa. Isännän kellossa

sallitaan vain 0,5 % poikkeama. Orjalla poikkeamaa sallitaan jopa 15 %. Eron tulee kuitenkin pienentyä korkeintaan 2 %:n suuruiseksi viestin loppuun mennessä.

Isännän lähettämä tunniste (identifier) sisältää 6 bittiä. Tunnisteen ensimmäiset 6 bittiä muodostavat varsinaisen tunnisteen. Tunnistetta seuraa kaksi tarkistusbittiä, joiden avulla saadaan selville mahdolliset bitti- ja siirtovirheet. Tunniste kertoo viestin sisällön. Tunnisteen avulla kukin solmu päättää, tarvitsevatko viestin sisältämää tietoa, muokkaavatko ne sitä vai hylkäävätkö viestin. Tunnisteella on 64 erilaista mahdollista yhdistettä. Tunnisteiden merkitykset ovat seuraavat:

ID=0-59 (0x00-0x3B) Normaalkäyttö, signaalien välitys

ID=60 (0x3C) Diagnostiikkaviesti

ID=61 (0x3D) Orjan vastaus diagnostiikkaviestiin

ID=62 (0x3E) Varattu valmistajan määriteltäväksi

ID=63 (0x3F) Varattu protokollan laajenemiseen tulevaisuudessa.

Vastaus koostuu datasta eli tiedosta, jota mahtuu yhteen viestiin maksimissaan 8 tavua, ja kaksi bittisestä tarkistussummasta. Datan voi kirjoittaa joko isäntä tai orja.

[11, s. 1079–1081; 8.]

2.3 SAE J1939

Society of Automotive Engineers (SAE) on luonut standardi kirjaston nimeltä J1939. J1939 sisältää useita eri standardeja liittyen kuorma-autojen, bussien ja työkoneiden tiedonsiirtoon esimerkiksi voimansiirrossa. J1939 standardit ovat melko samanlaisia kuin vanhemmat J1708 ja J1587 sillä erotuksella, että uudempi J1939 käyttää CAN-väylää fyysisenä toteutuksena tiedonsiirtoon. J1939:n eri standardit määrittelevät hie-man eriasioita. J1939/11 määrittelee väylän elektronista rajapintaa, kun taas J1939/21

määrittelee viestien rakennetta, väylään pääsyä ja virheiden käsittelyä. J1939 sisältää yhteensä 18 standardia ja liitännäiset sekä viittaukset standardiin. Tämä standardi on julkaistu vuonna 1998. [8; 13; 15.]

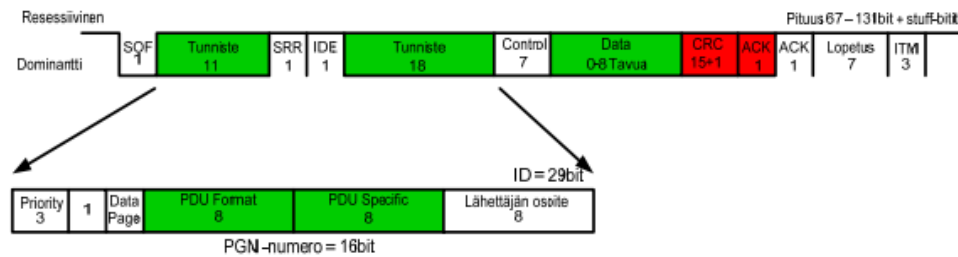
2.3.1 Ominaisuudet

J1939 käyttää nopeata CAN-väylää ISO11898 -standardin mukaisesti. J1939:n liitännäinen ISO11992 määrittää raskaassa kalustossa vetoauton ja perävaunun käyttöliittymää. J1939 on siis hyvin CAN-väylän kaltainen. Se on usean isännän verkko, jossa viestejä voidaan lähettää joko yleiseen jakeluun tai osoitteella kohdistettuna jollekin tietylle solmulle. Suurin osa viesteistä lähetetään yleiseen jakeluun. Viestit eli sanomat lähetetään väylään ilman erillisiä vuoroja ja jokainen solmu poimii väylästä tarvitsemansa. Solmujen maksimimäärä on 30 ja väylän maksimipituus 40 metriä. Tiedonsiirtonopeus on J1939-standardin mukaisesti 250 kbit/s. Fyysisesti väylä on lineaarinen kierrettyparikaapeli. J1939:ssä virheet luokitellaan ja käsitellään samalla tavalla kuin CAN-väylässä.

Tieto on kuvattu parametrien signaaleissa yhdistettyihin parametriryhmiin (parameter group – PG). Jokaisella parametriryhmällä on omat numeronsa (parametric group number – PGN). Riippumatta tästä, jokaiselle parametrille annetaan oma yksilöllinen numeronsa (suspect parameter number – SPN). Parametriryhmät on optimoitu kahdeksan tavun mittaisille viesteille, joka mahdollistaa CAN-protokollan tehokkaan hyödyntämisen. Parametriryhmä riippuu viestin tyypistä eli siitä, onko se tarkoitettu suoraan solmulta toiselle osoitteella vai yleiseen jakeluun kaikille sitä tarvitseville. [8; 13; 16.]

2.3.2 Viestikehys

SAE J1939 käyttää CAN 2.0B -protokollaan perustuvaa viestikehystä eli laajennettua 29-bittistä viestiformaattia (kuva 8).



Kuva 8. SAE J1939 -viestikehys [8]

PGN-numero muodostuu PDU Format- ja PDU Specific -osista ja on 16 bitin mittainen. PDU on lyhenne sanoista Protocol Data Unit ja tarkoittaa viestiformaattia. Parametriyhmien ansiosta voidaan lähettää useampia tietoja samanaikaisesti. Tunnistetta (identifier) käytetään hieman erilailla viestissä riippuen siitä, onko viesti lähetetty osoitteella jollekin solmulle (PDU 1) vai tarkoitettu yleiseen jakeluun kaikille väylässä oleville solmuille (PDU 2). SOF-, SRR- ja IDE-bitit on määritelty CAN-protokollassa, mutta eivät ole käytössä tässä standardissa. RTR-bitti on aina asetettu nolaksi.

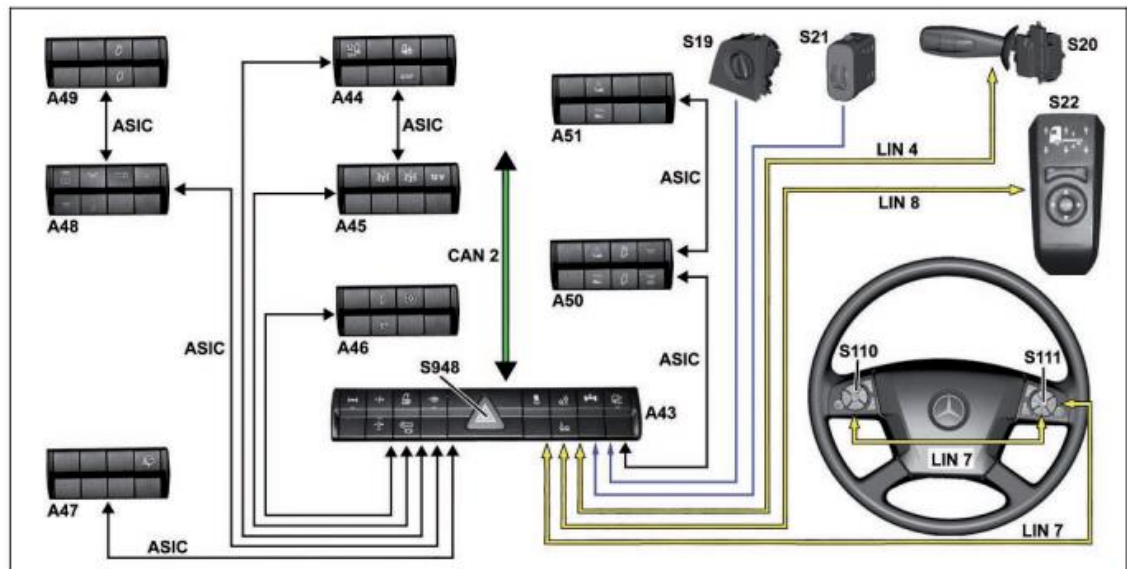
Ensimmäiset kolme bittiä määrittelevät CAN-protokollan tapaan viestin tärkeyden eli prioriteetin. Seuraavan bitin käyttötarkoitusta ei ole vielä määritelty. Se on ns. reservissä tulevaa varten ja nyt määritelty nolaksi. Data Page -bitti määrittää sen, kumpaa parametrieriä käytetään sanomassa. PDU format (PF) määrittää sen, lähetetäänkö viesti osoitteella vai ilman. Mikäli PF arvo on alle 240, lähetetään sanoma PDU 1:n mukaisesti osoitteella jollekin toiselle solmulle. Jos taas arvo on 240–255, sanoma lähetetään PDU 2:n mukaisesti yleiseen jakeluun väylään. PDU Specific -kenttä tarkoittaa viestin sisältöä, mikäli se on lähetetty yleiseen jakeluun. Jos viesti on tarkoitettu jollekin tietylle solmulle, PDU Specific on nolla ja sen paikalla lähetetään vastaanottajan osoite. Viimeiseksi tulee viestin lähettäjän osoite. [8; 13.]

2.4 ASIC

ASIC (Application System Integrated Circuit) tarkoittaa yleisesti johonkin tiettyyn tehtävään räätälöityä mikro-ohjainta tai -piiriä. ASIC voi olla analoginen, digitaalinen tai yhdistelmä näistä sisältäen analogisia ja digitaalisia osia. ASIC yhdistetään monesti radiotekniikkaan tai muuhun elektroniikkaan, ei niinkään autoihin. Tässä tapauksessa

ASIC tarkoittaa väyläohjattua signaalinkatkaisijaa. Kuvassa 9 esitellään Mercedes-Benz Actros -mallin ASIC-järjestelmä.

MODEL 963, 964



W54.25-1156-79

Kuva 9. Actrosin ASIC-katkaisimet

Kuvassa oleva A43 on Modular switch panel control unit (MSF) eli yksi auton ohjainlaitteista. Se on yhdistetty auton muihin yksiköihin sisätilojen CAN-väylällä (CAN 2). Numeroidut LIN-väylät (LIN 4, 7 ja 8) menevät vilkkuviikselle (Left multifunction control lever), auton tasonsäädön ohjaimelle (Level vontrol operating unit) sekä monitoimiratin nappularyhmälle (Left/Right multifunction steering wheel button group). MSF:stä muihin katkaisinryhmiin kulkee myös LIN-väylät. Nämä katkaisimet ovat väyläkatkaisimia (ASIC katkaisimia). Niillä jokaisella on oma osoite, joka mahdollistaa mm. niiden paikkojen vapaan vaihtamisen jopa paneelista toiseen. MSF toimii jokaisen kuvassa näkyvän LIN-väylän isäntänä. [1]

2.5 Väyliä käyttö

Ajoneuvotekniikassa, ja tekniikassa ylipäätään, on käytössä kymmeniä erilaisia väyliä. Kulloinkin käytettävän väylän valintaan on oltava kriteerit, joiden avulla pystytään valit-

semaan paras aiheeseen sopiva väylä. Ensimmäinen askel onkin juuri se, mihin väylää tullaan käyttämään. Väylän käyttötarkoitus asettaa väylälle sen vaatimukset.

Väylän valintaan vaikuttavia asioita on karkeasti neljä:

Vaadittava tiedonsiirtonopeus. Tiedonsiirtonopeuteen liittyvät vaihtoehdot alkavat hietaasta 1 kbit/s -ratkaisusta aina yli 10 Mbit/s -ratkaisuihin.

Väylän vikasietoisuus. Jotkin kohteet ajoneuvoissa ovat erittäin tärkeitä esimerkiksi turvallisuuden kannalta tai niihin liittyy jokin muu ominaisuus, joka ei siedä virheitä.

Käyttötarkoitus. Monen toiminnon suorittamiseen riittää verrattain hidaskin tiedonsiirtonopeus. Esimerkiksi peruutuskameran kuvaa ja ääntä välittävän väylän ei tarvitse olla kovinkaan nopea näyttääkseen ihmisen näkökulmasta riittävän reaaliaikaiselta. Jotkin voimansiirron sovellukset, kuten vaihteiston ohjaus, taas vaativat nopeaa tiedonsiirtoa toimiakseen optimaalisesti. Myös monet turvallisuuteen liittyvät sovellukset vaativat erityisen nopeaa tiedonsiirtoa, kuten kaistavahti, hätäjarrutustoiminto tai turvatyyny.

Verkkoon kytkettyjen ohjainlaitteiden lukumäärä. Mikäli väylään kytkettäviä ohjainlaitteita on paljon, saattaa se sulkea joitakin vaihtoehtoja pois.

Kun nämä neljä seikkaa on otettu huomioon ja saatu karsittua käyttötarkoitukseen soveltumattomat vaihtoehdot pois, jäljelle jää monesti se ratkaisevin: hinta. Kustannustehokkuus on avainasemassa kaikessa teollisuudessa, eikä väylätekniikka tee poikkeusta. Mitä enemmän tiedonsiirto ratkaisulta vaaditaan, sitä enemmän se myös maksaa sekä valmistajalle että kuluttajalle. Verkkotekniikoita voidaan jakaa luokkiin esimerkiksi seuraavan kuvan mukaisesti.

Luokka A

- Tiedonsiirtonopeus 0 – 20kbit/s
- Paikallisverkko
- Halpa
- Tunnistimet ja toimilaitteet

Luokka B

- Tiedonsiirtonopeus 20kbit/s - 125kbit/s
- Koriverkko

Luokka C

- Tiedonsiirtonopeus 125kbit/s – 1Mbit/s
- Voimansiirtoverkko
- Aikaansidottua tiedonsiirtoa
- Jonkinlaista "reaaliaikaisuutta"

Diagnostiikka**Media (Luokka D)**

- Tiedonsiirtonopeus >10Mbit/s
- Reaaliaikainen kuva ja ääni

Langaton verkko**Turvalaitteet**

- Vikasietoisuus
- Reaaliaikaisuus

Drive By Wire (Luokka C+)

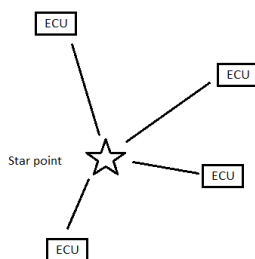
- Tiedonsiirtonopeus 1Mbit/s – 10Mbit/s
- Reaaliaikaisuus
- Drive By Wire

Kuva 10. Verkkotekniikkaluokat [8]

Mercedes-Benzin Actros-kuorma-autossa käytettävä LIN-väylä sijoittuu luokkaan A. Sen maksiminopeus on 20 kbit/s ja kuten aiemmin todettiin, se on edullinen ratkaisu paikallisiin tiedonsiirtotarpeisiin. Isäntä-orjatyypinen verkko toimii hyvin paikallisesti käytettynä esimerkiksi ohjainlaitteen ja katkaisijan välillä. Luokkaan C sijoittuvaa CAN-väylää käytetään ohjainlaitteiden väliseen tiedonsiirtoon tai tarkoituksiin, joissa muuten tarvitaan nopeampaa ja/tai vaativampaa tiedonsiirtoa. [8]

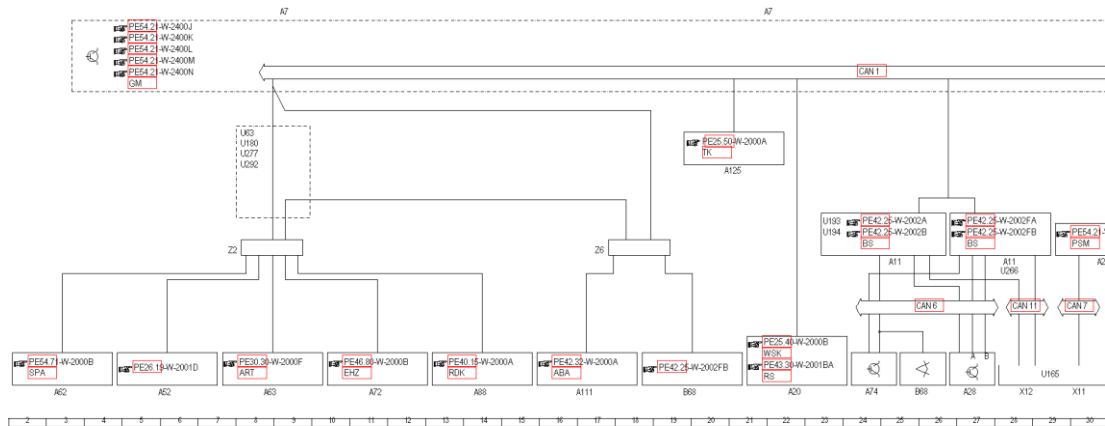
2.6 Mercedes-Benz Actros Itsediagnostiikka

Mercedes-Benz käyttää monissa automalleissaan ns. tähtimallista CAN-väylää (kuva 11). Tämä tuo joitakin eroavaisuuksia väylän diagnosointiin verrattuna esimerkiksi perinteiseen väylämalliseen väylään.



Kuva 11. Tähtimallinen väylä

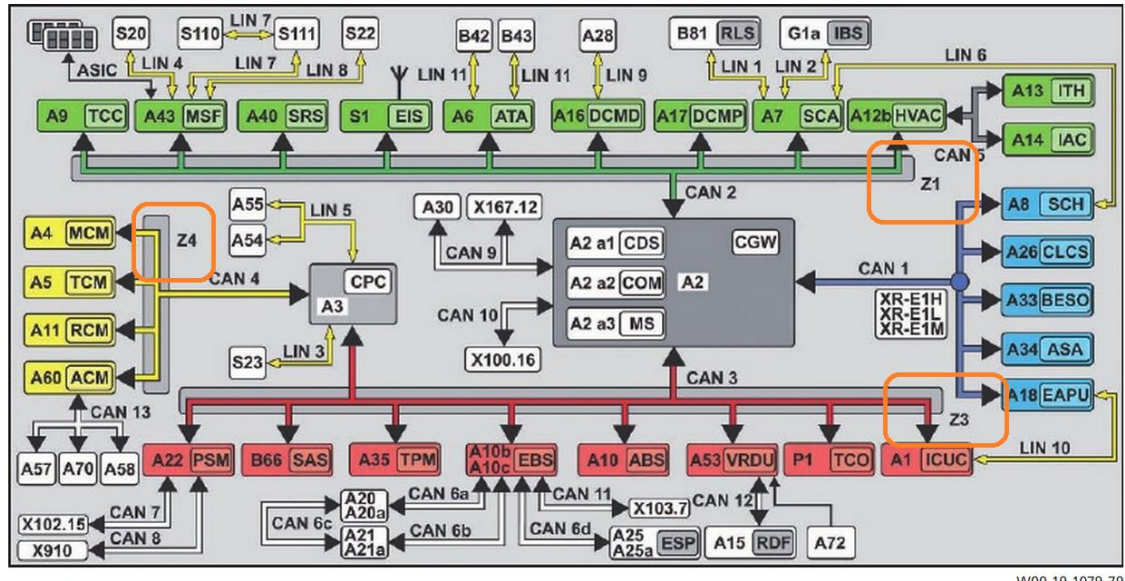
Tähtimallisessa väylässä väylät kulkevat tähtipisteiden kautta (kuva 12). Tilanteessa, jossa jokin ohjainlaite aiheuttaa häiriötä väylään, kulkee myös häiriösignaali tähtipisteiden kautta. Väylässä oleva ohjainlaite on kohtalaisen helposti irrotettavissa väylästä, niin että väylään jäävät ohjainlaitteet jatkavat kommunikointiaan normaalisti.



Kuva 12. Actrosin kytkentäkaavion osa, tähtipiste Z2

Tähtimallisen väylän kuormituksen tarkastelu eroaa myös hieman muista. Väylän kuormitusta mitattaessa tulee mitata jokainen sakara erikseen tähtipisteestä katsottuna. Tämä johtuu siitä, että tähtipisteessä sijaitsee väylän päätevastus, joka poistaa kaikumaan jääviä sanomia. Näin ollen väylän kuormituksen saa mitattua vain sakara kerrallaan. Seuraavaan kuvaan 13 on merkitty ajoneuvon verkotuskaavio tähtipisteineen.

MODEL 963



Kuva 13. Mercedes-Benz Actros väyläjärjestelmä tähtipisteineen [1]

Mercedes-Benz Actros antaa joitakin CAN-väylään liittyviä vikakoodeja testerillä luettaviksi. Seuraavassa esimerkkinä lista kahden ohjainlaitteen vikakoodeista niiltä osin, kuin ne koskettavat väylää:

Moottorinohjainlaite MR:

0100 CAN-H link to FR drive control faulty, CAN-H yhteys FR-moduuliin virheellinen.

0101 CAN-L link to FR drive control faulty, CAN-L yhteys FR-moduuliin virheellinen.

0104 CAN link to FR drive control faulty, CAN yhteys FR-moduuliin virheellinen.

0149 CAN parameterizing error, CAN-parametri virhe.

0204 Malfunction of high speed CAN bus to SCR frame module on Euro-4/5 engine, nopean CAN väylän toimintahäiriö SCR moduuliin.

3604 CAN message "AIR temperature" is missing, CAN-viesti "Ilman lämpötilatieto" puuttuu.

9963 No transponder code through engine CAN bus, ei kuittausta moottorin CAN-väylästä

Parametritettava erikoismoduuli PSM:

0160 Communication fault on vehicle CAN bus, kommunikointivirhe auton CAN-väylässä.

0270 Single-wire mode of body CAN bus is not possible, yksijohdin toiminta runkoväylässä mahdotonta.

0271 CAN-H line of body CAN bus faulty, rungon CAN-H johtimen toiminta virheellinen.

0272 CAN-L line of body CAN bus faulty, rungon CAN-L johtimen toiminta virheellinen.

0370 Single-wire mode of trailer CAN bus is not possible, yksijohdin toiminta peräkärryn CAN-väylässä mahdotonta.

0371 CAN-H line of trailer CAN bus faulty, peräkärryn CAN-H johtimen toiminta virheellinen.

0372 CAN-L line of trailer CAN bus faulty, peräkärryn CAN-L johtimen toiminta virheellinen.

Näiden lisäksi auto itse osaa diagnosoida katkoksen sekä oikosulun plussaan ja maihin. Testeri antaa joihinkin vikakoodeihin liittyen lisätietoja, mutta ei läheskään kaikkiin. Lisätiedotkaan eivät välttämättä kerro yksiselitteisesti vian aiheuttajaa. Mikäli testeri ei kerro vian aiheuttajaa, tarvitaan jokin muu väline vian todentamiseen. Paras väline tällaisessa tilanteessa on oskilloskooppi.

3 HMS 990

Monet sähköviat ovat sellaisia, joita on mahdotonta diagnosoida varmasti pelkällä yleismittarilla. Jopa lamppujen toimimattomuuden syyn selvittämiseen saattaa tarvita oskilloskooppia, pulssimuotoisesta jännitteestä johtuen. Ilman oskilloskooppia tehtävät diagnoosit perustuvat usein enemmän arvaukseen kuin mittaustulokseen. On toki mahdollista kokeilla toisella osalla, mikäli epäilee jonkin komponentin olevan viallinen. Tämä on kuitenkin epävarmaa, kallista ja monissa tilanteissa täysin mahdotonta. Merkkitestesteriä taitavasti hyödyntämällä saa hyvää yleiskuvaa viasta, kuten esimerkiksi järjestelmän tai sen osa-alueen, jossa vika on. Testeri ei kuitenkaan kovinkaan usein osaa eritellä tarkasti komponenttia, jossa vika on. Tässä luvussa käsitellään laitetta nimeltä HMS 990 (kuva 14). HMS 990 (myöhemmin HMS) on Daimlerin korjaamoille tarjoama diagnostiikkalaitte, joka sisältää mm. kolme erilaista oskilloskooppia, yleismittaritoiminnon sekä erilaisia tunnistin- ja sensorianalysointeja.

XENTRY HMS 990 USB Measurement Technology



Kuva 14. HMS 990 [17]

HMS ei ole itsenäinen laite, vaan tarvitsee toimiakseen Xentry Tabin [17]. Seuraavat luvut käsittelevät HMS:n toimintaa tarkemmin.

3.1 Tekniset tiedot

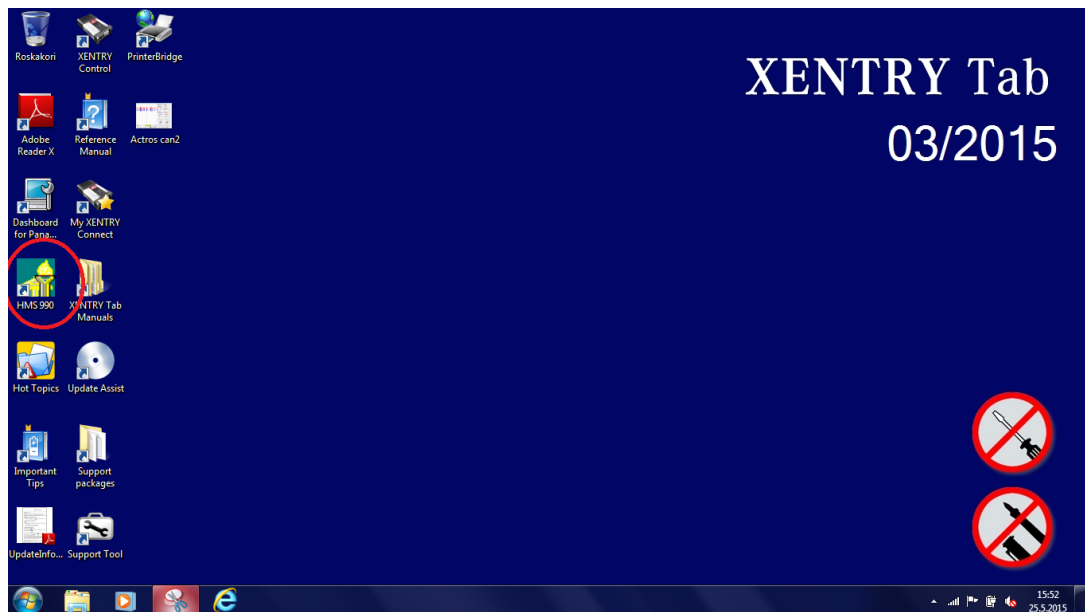
HMS 990:n tekniset tiedot ovat seuraavat:

- Signaalitasot 0–50 V DC/ 0–400 V AC
 - Virtatasot 1A jatkuva, max. 7 A:n jännitepiikki
 - Sisäinen resistanssi 10MΩ yleismittari, 475kΩ oskilloskoopit
 - Tarkkuus 1–3 % ±1 numero
 - Maksimi näytteenottotaajuus 50 kHz
 - Tehon kulutus ~ 25 W
 - Käyttölämpötila 0–50 °C
 - Säilytyslämpötila -10–60 °C
 - Suhteellinen kosteus ≤ 95 %
 - Mitat (W x D x H) 270 mm x 320 mm x 85 mm
- [18]

3.2 Kytkeminen

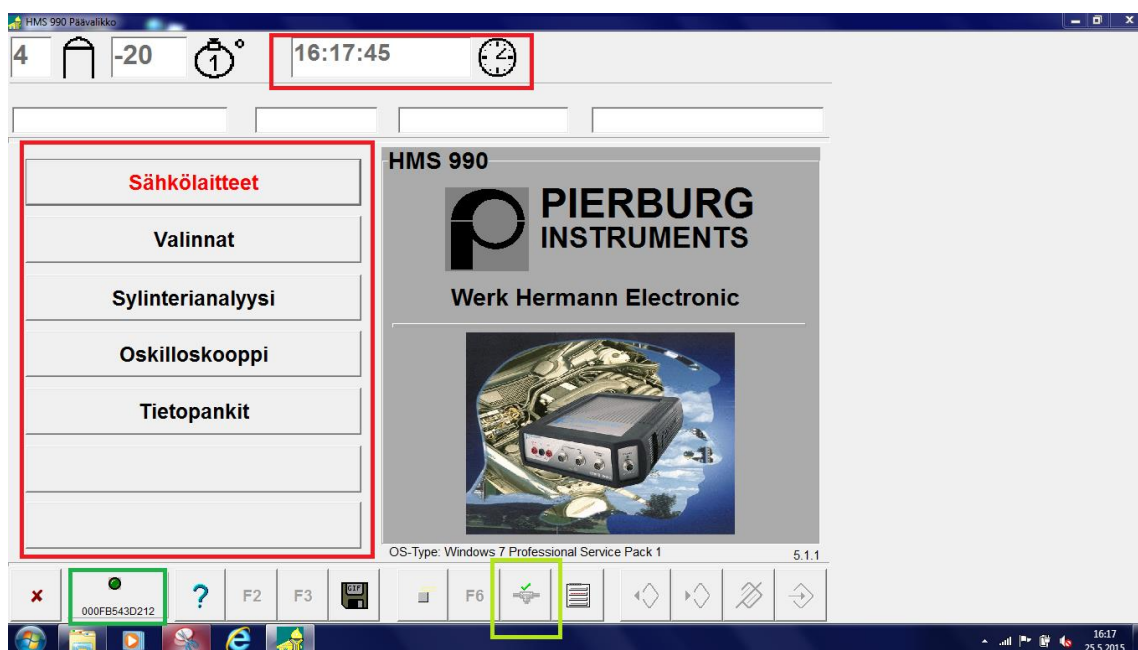
HMS:n käyttö aloitetaan kytkemällä virta itse HMS:ään sekä tietokoneeseen, joka sisältää tarvittavan ohjelmiston HMS:n käyttämiseksi. Vehon toimipisteissä tämä tietokone on Panasonicin valmistama Xentry Tab -niminen, tablettia muistuttava laite. Samalla Xentry Tabilla käytetään myös varsinaista testeriä, Xentry Connectia. Itse HMS ei sisällä muita valoja kuin yhden merkkivalon virtajohdon yläpuolella, laitteen etukulmassa. Tämän valon tulee palaa vaalean vihreänä laitteen ollessa päällä. Laite käynnistyy heti, kun se yhdistetään virtalähteeseen; erillistä virtakatkaisijaa ei ole.

Kun tietokone on käynnistynyt, avautuu normaali Windows-työpöytä näkymä, josta etsitään HMS:n ohjelmiston kuvake (kuva 15).



Kuva 15. Työpöytänäkymä ja HMS-pikakuvake

Kun kuvaketta kaksoisklikataan, avautuu HMS:lle tarkoitettu ohjelma. Ohjelman pääikkunassa on nähtävissä ylhäällä kellonaika ja ikkunan vasemmalla puolella laitteen ominaisuuksien päävalikko (punaiset laatikot kuvassa 16). Tumman- ja vaaleanvihreissä laatikoissa olevat symbolit kertovat laitteen käyttövalmiudesta. Tummassa laatikossa olevan valon tulee palaa tai vilkkua vaaleanvihreänä laitteen ollessa valmiina. Vaaleassa laatikossa näkyy symboli, joka kertoo laitteen yhdistyneen onnistuneesti tietokoneeseen ja näin olevan käyttövalmis.



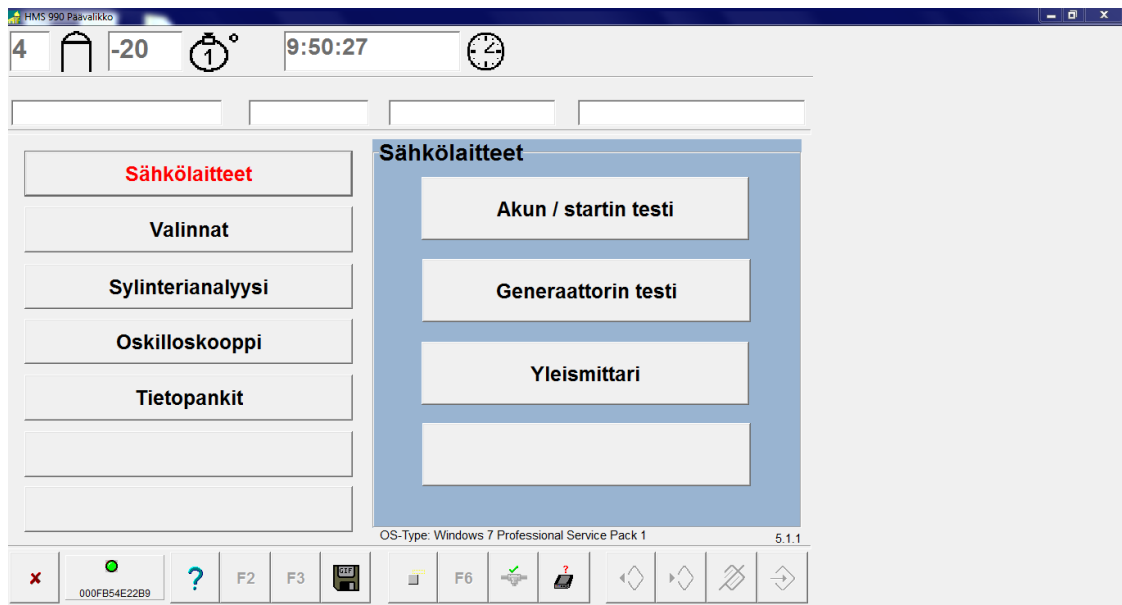
Kuva 16. HMS 990 Päävalikko

Nyt laite on valmis käytettäväksi. Mikäli Xentry Tab on ollut käynnissä jo valmiiksi esimerkiksi testerin käytön takia, saattaa olla tarpeellista käynnistää laite uudelleen ennen HMS:n kytkemistä. Mikäli laite ei kytkeydy Xentry Tabiin, tummassa ruudussa oleva valo vilkkuu tai palaa punaisena sekä vaaleassa ruudussa oleva symboli on punainen huutomerkki. Tällöin helpoin ja nopein tapa ratkaista ongelma on käynnistää Xentry Tab ja HMS uudelleen.

3.3 Ominaisuudet

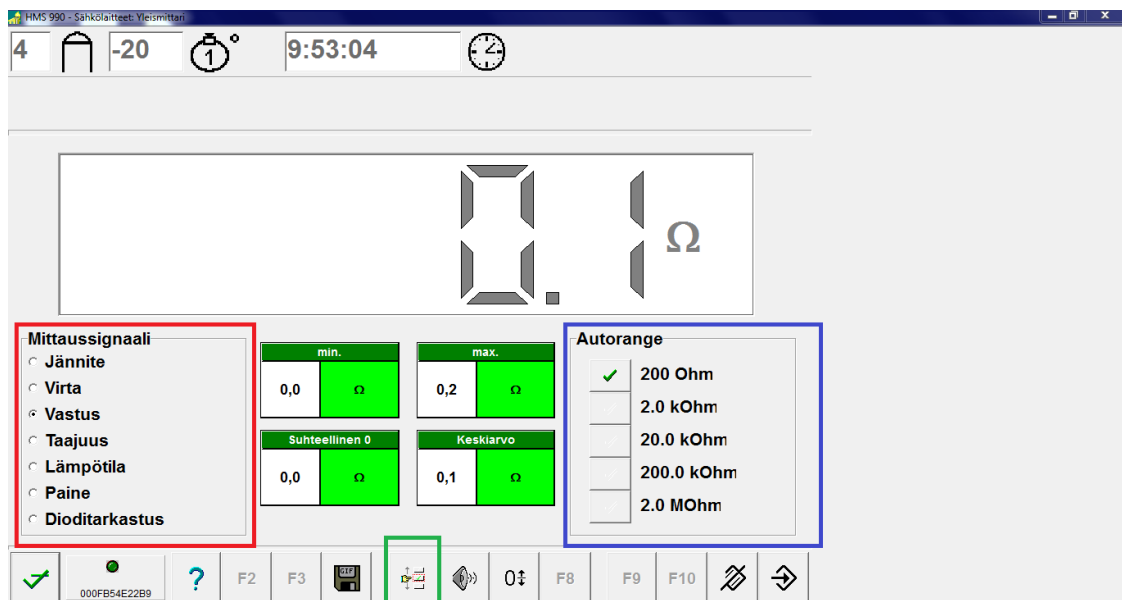
Kuten aikaisemmin todettu, HMS on monipuolinen diagnoosityökalu, joka sisältää 12-kanavaisen oskilloskoopin ja monia muita ominaisuuksia. Ominaisuuksien käyttö vaatii paljon erilaisia liitännäisiä laitteeseen (erilaisia johtoja jne), eikä niitä kaikkia käydä läpi samalla tarkkuudella. Tässä työssä käsitellään laitteen ominaisuudet ja perehdytään hieman syvemmin niihin, jotka koskettavat väylävikojen tutkimista kaikkein eniten.

HMS:n päävalikon ensimmäinen ryhmä on ”Sähkölaitteet” (kuva 17). Tähän ryhmään kuuluvat akun/startin testi, generaattorin testi ja perinteinen yleismittaritoiminto.



Kuva 17. HMS Sähkölaitteet

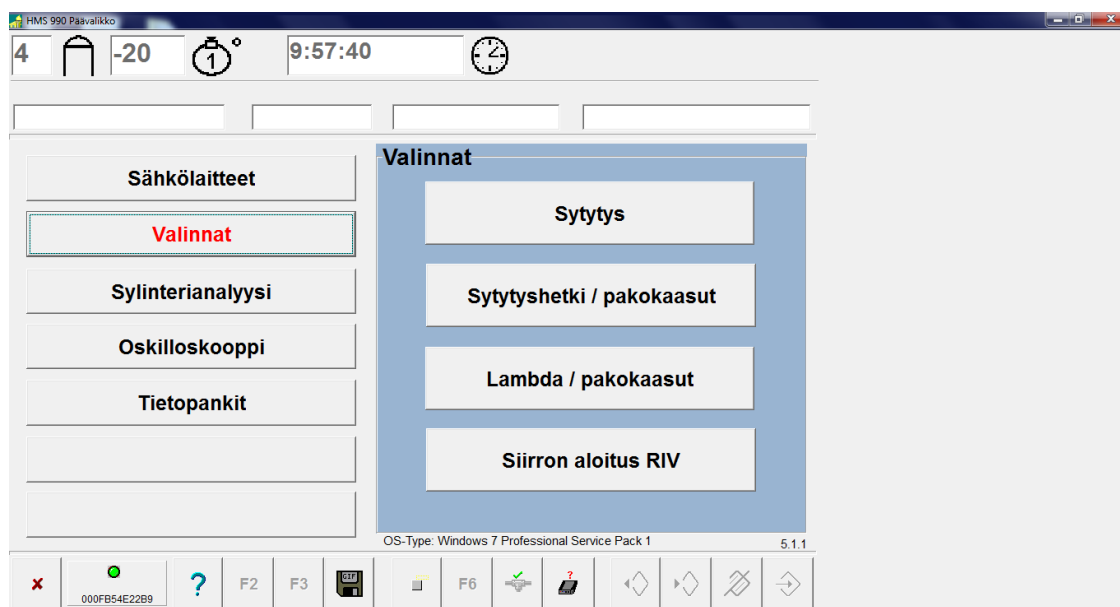
Yleismittaritoiminto (kuva 18) sisältää kaikki samat ominaisuudet kuin perinteinen yleismittari. HMS:sä on yleismittarin johdoille sopivat liitännät samalla tavalla kuin normaalissa yleismittarissa (virta, maa ja jännite/resistanssi jne.).



Kuva 18. HMS Yleismittari

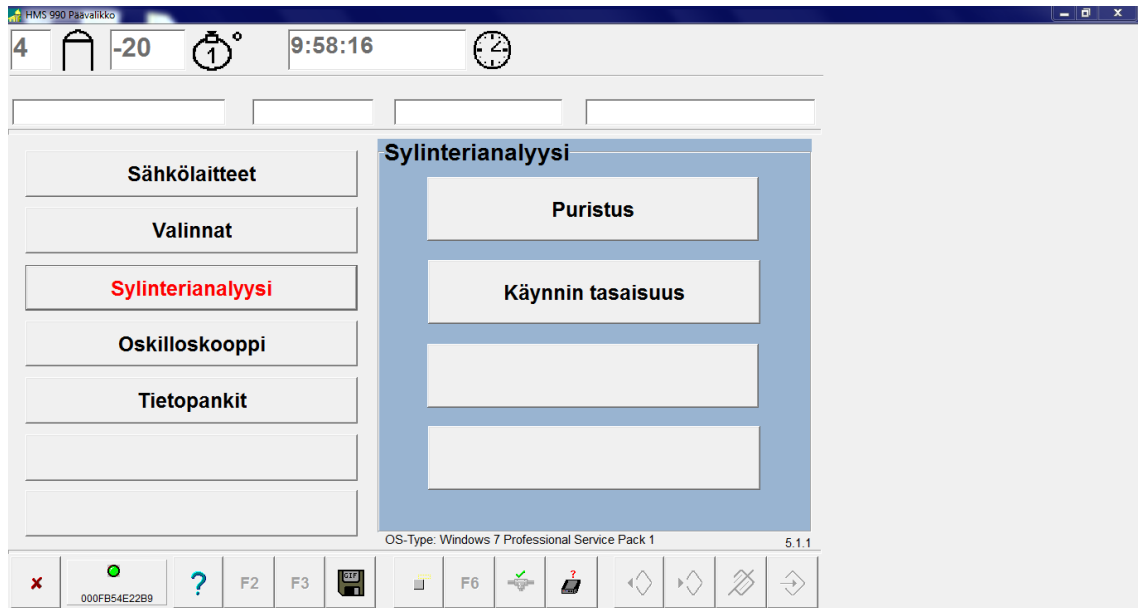
Yleismittarinäkymän vasemmasta reunasta valitaan mitattava suure (osoitettu punaisella laatikolla) ja oikeasta reunasta mittausalue ("Autorange", osoitettu sinisellä laatikolla). Mikäli käyttäjä haluaa valita automaattisen alueen määrittämisen, valitaan alhaalta keskeltä kuvake (vihreä laatikko). Mittausarvon alapuolella, keskellä ruutua, näkyy tietoja käynnissä olevasta mittauksesta.

Seuraavana päävalikossa on "Valinnat" (kuva 19). Valinnat sisältävät sytytystapahtuman ja -hetken sekä pakokaasuihin liittyviä mittausmahdollisuuksia. Nämä mittaukset eivät juuri kosketa väylävikoja, joten niitä ei käsitellä tarkemmin. Käytössä ei myöskään ollut tarpeellisia liitännäisiä kyseisten ominaisuuksien käyttöön.



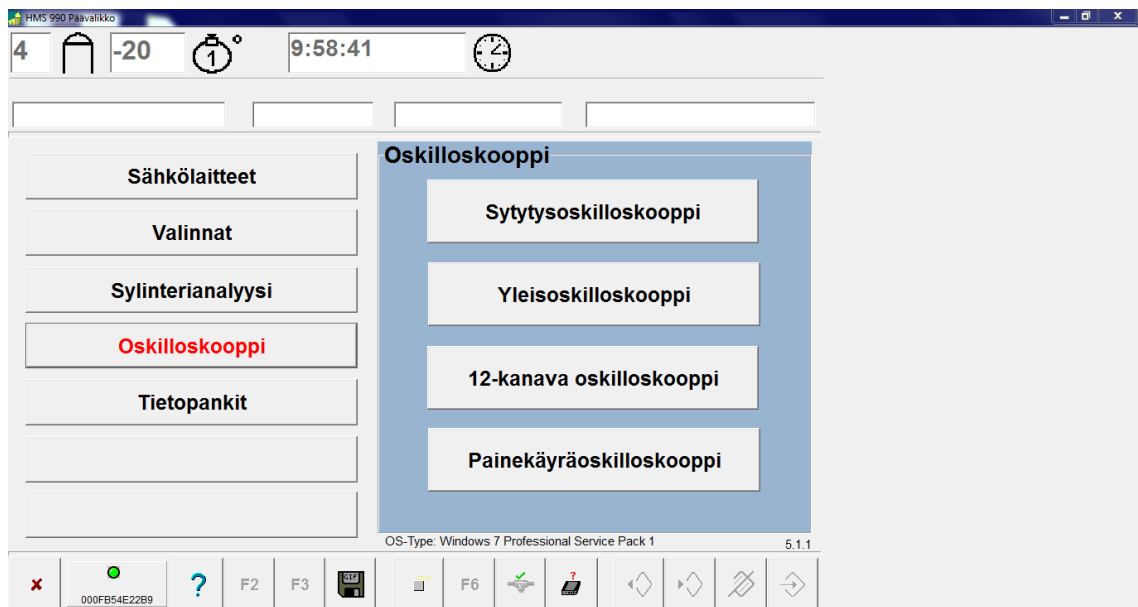
Kuva 19. HMS Valinnat

Seuraavana osa-alueena on "Sylinterianalyysi" (kuva 20). Nämä ominaisuudet liittyvät läheisesti moottorin perusominaisuuksien mittaamiseen, eikä niitä käsitellä tässä työssä tarkemmin.



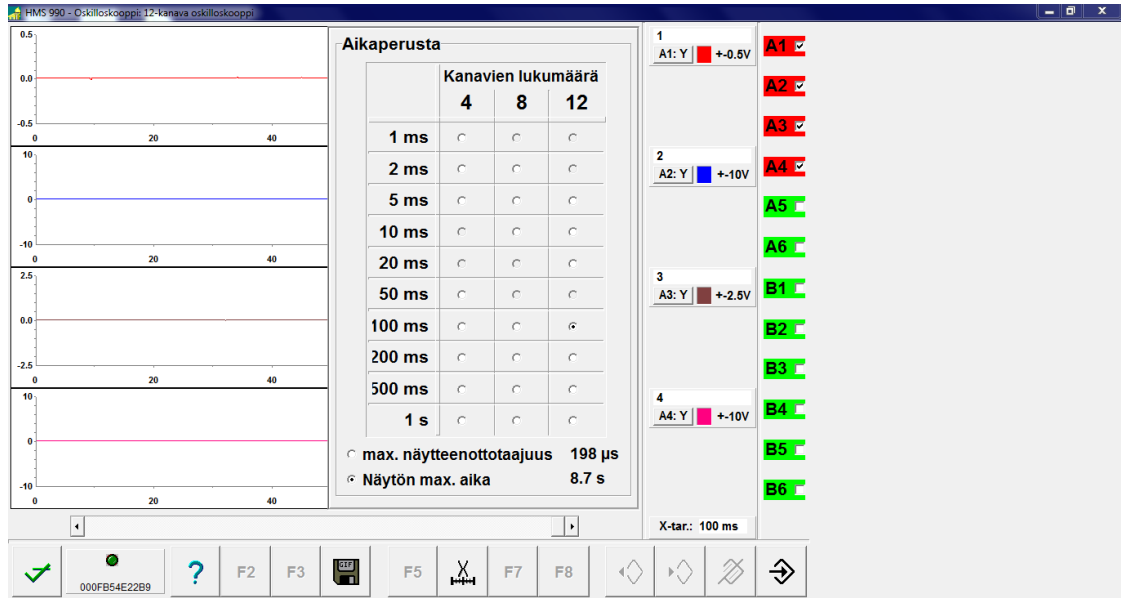
Kuva 20. HMS Sylinterianalyysi

Oskilloskooppi (kuva 21) on väylän mittaamisen kannalta HMS:n tärkein ominaisuus. Oskilloskoopilla mitataan perinteisesti jännitettä tai muuta signaalia, joka esitetään ajan funktiona ruudulla.



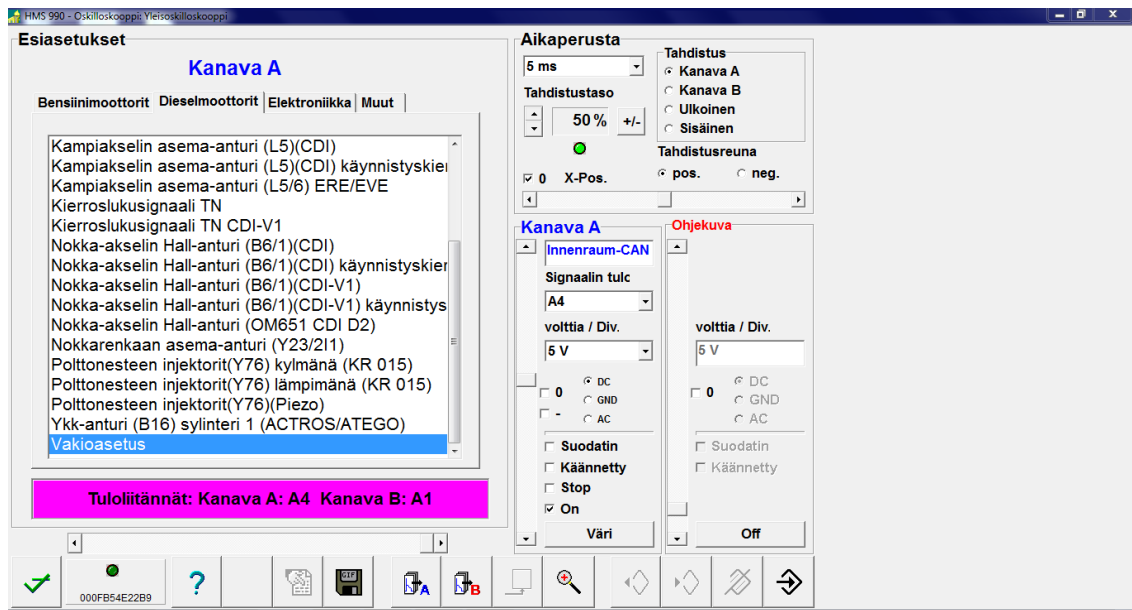
Kuva 21. HMS Oskilloskooppi

Neljästä erilaisesta oskilloskoopista väylän mittaamiseen parhaiten soveltuvat yleisoskilloskooppi ja 12-kanavainen oskilloskooppi kuten kuvassa 22. Näiden kahden ero on siinä, että 12-kanavaisella oskilloskoopilla voi mitata 12 signaalia samaan aikaan ja asettaa kuvaajat vierekkäin ruudulle.



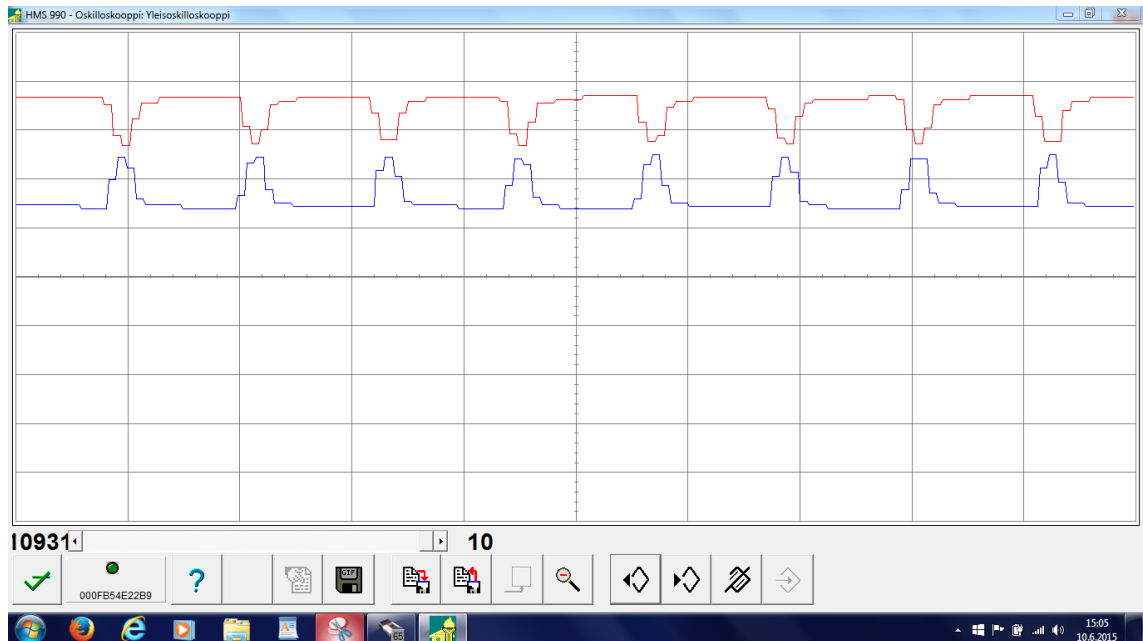
Kuva 22. HMS 12-kanavainen oskilloskooppi

Jokaiselle kuvaajalle on valittavissa tarpeen mukaan eri mittausalue (kuva 23). Eri signaalin erottaa toisistaan helposti numeroinnin ja värien avulla. Signaalien nimet esim. A1 tulee kanavasta A ja mittajohdonnumerosta 1. Samalla logiikalla on nimetty muutkin signaalit.

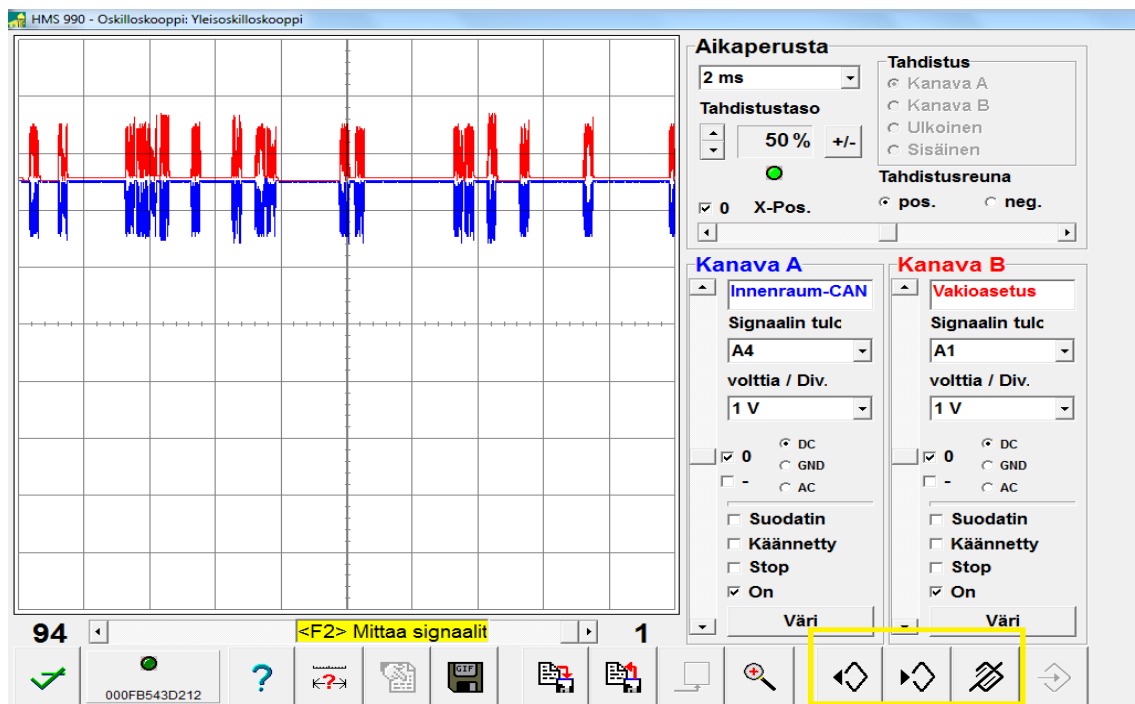


Kuva 23. HMS Yleisoskilloskoopin asetukset

Yleisoskilloskoopin etuna on ohjekuva, joka on mahdollista ottaa näkymään mitattavan signaalin rinnalle. Ohjekuvalle on tarjolla paljon erilaisia vaihtoehtoja, mutta ei esim. CAN- tai LIN-väylän ohjekuvaa. Ohjekuvan saa myös halutessaan pois, kuten kuvassa 23 on esitelty. Tärkeimmät valittavat ovat aikaperusta ja tahdistustaso, käytettävä kanava, signaalin tulo sekä mittausalue. Kun laite on kytketty signaalin lähteeseen, päästään katsomaan signaalia painamalla vihreää kuvaketta vasemmasta alareunasta. Yleisoskilloskoopilla onnistuu myös kahden signaalin samanaikainen mittaaminen käyttämällä kahta mittapäätä kuten kuvissa 24 ja 25.



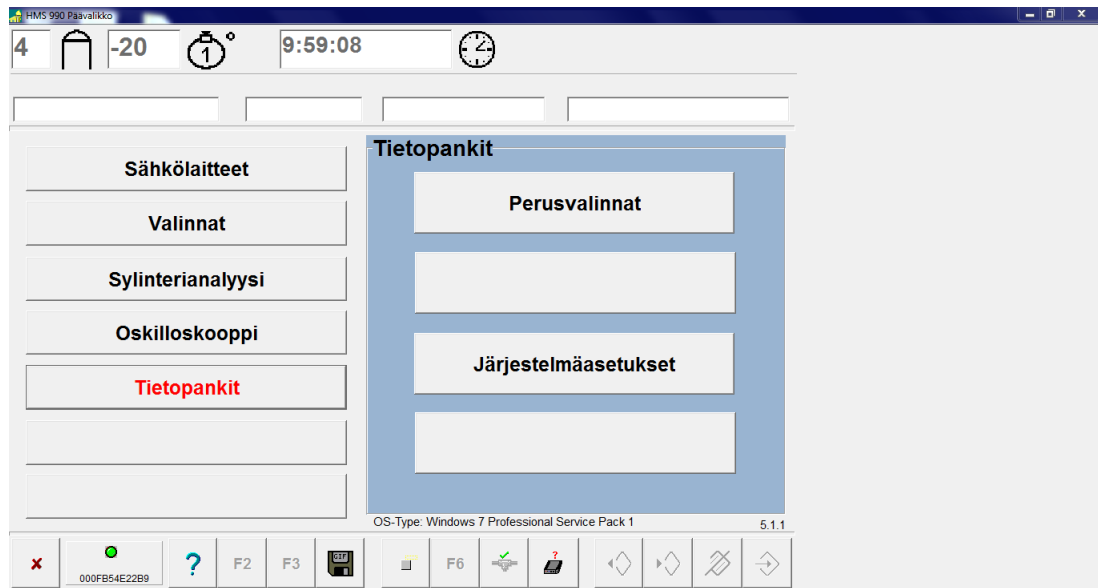
Kuva 24. HMS CAN-väylä, taajuus 50 kHz



Kuva 25. HMS Mercedes-Benz Actros CAN-väylä

Signaalia on myös mahdollista tallentaa ruudulle ja katsoa myöhemmin keltaisella laatikolla merkityillä painikkeilla. Näkymä on mahdollista tallentaa kuvana erilliseksi tiedostoksi keskellä alhaalla olevasta levykkeen kuvasta.

Viimeinen osuus päävalikossa on ”Tietopankit” (kuva 26), josta löytyy järjestelmään liittyviä asetuksia.

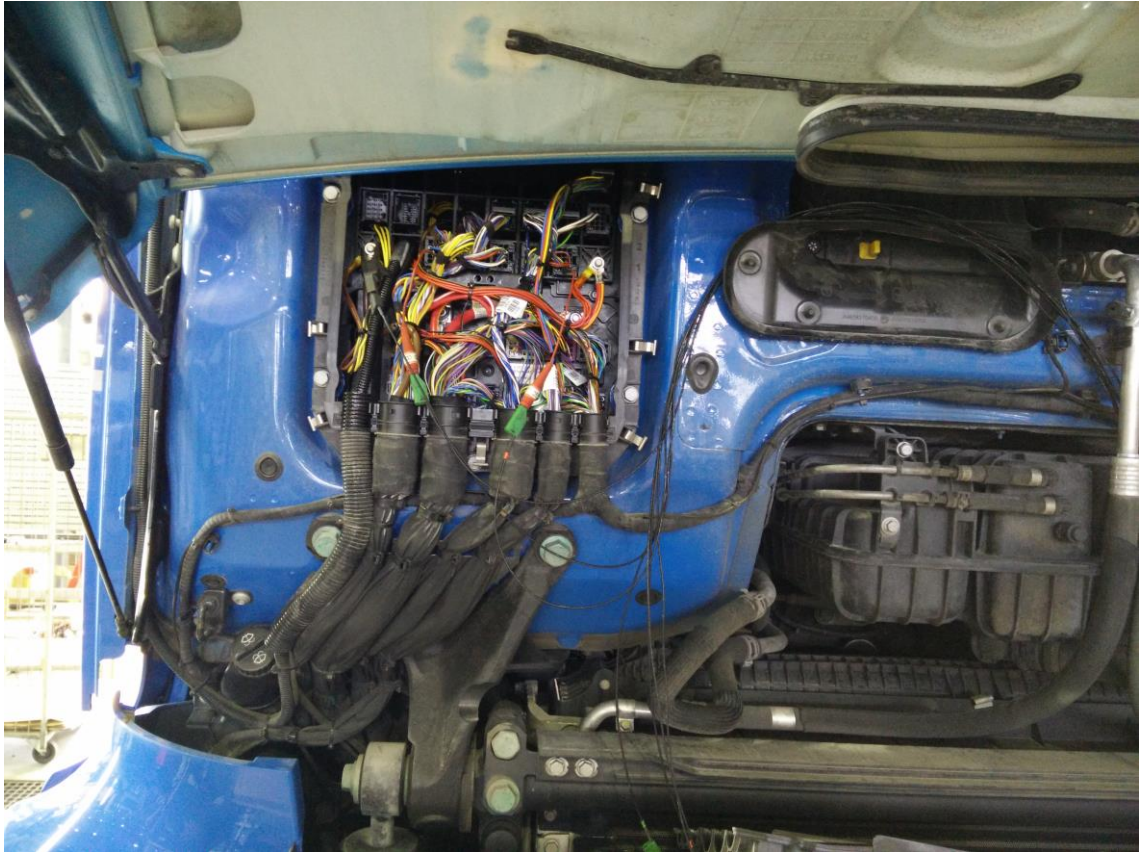


Kuva 26. HMS Tietopankit

3.4 Väylän diagnosointi

Ajoneuvoväylien diagnosoinnissa paras laite on oskilloskooppi. Oskilloskoopin avulla saadaan mitattua jännitettä ja mahdollisesti tarvittaessa tallennettua saatua dataa väylän jännitteistä myöhempää tarkastelua varten. Verrattuna perinteiseen yleismittariin, oskilloskooppi tarjoaa huomattavasti monipuolisemmat ominaisuudet signaalin mittamiseen. Esimerkiksi jännitettä mitattaessa yleismittari näyttää jännitteestä jonkinlaista keskiarvoa, joka antaa väärän tuloksen silloin, kun pitäisi tietää signaalin todellinen muoto ja vaihtuvat arvot. Yleismittarilla onnistuu toki väylän vastuksen mittausta, joka on yksi osa väylien mittausta ja diagnosointia. HMS 990:n kytkeminen todettiin aikaisemmin tässä työssä. Paras ominaisuus väylien mittaamiseen on joko yleisoskilloskooppi tai 12-kanavainen oskilloskooppi käytettäessä HMS 990-laitetta. 12-kanavainen oskilloskooppi sopii erityisen hyvin tilanteisiin, joissa samaan aikaan mitattavia signaaleja on useita. Väylän diagnosoinnissa on ehdottoman tärkeää tietää, miltä mitattavan signaalin tulisi näyttää. Tätä varten käyttäjän tulee perehtyä ensin mitattavaan väylään siinä määrin, että on mahdollista todeta signaalin oikeellisuus tai virheellisyys. Mikäli

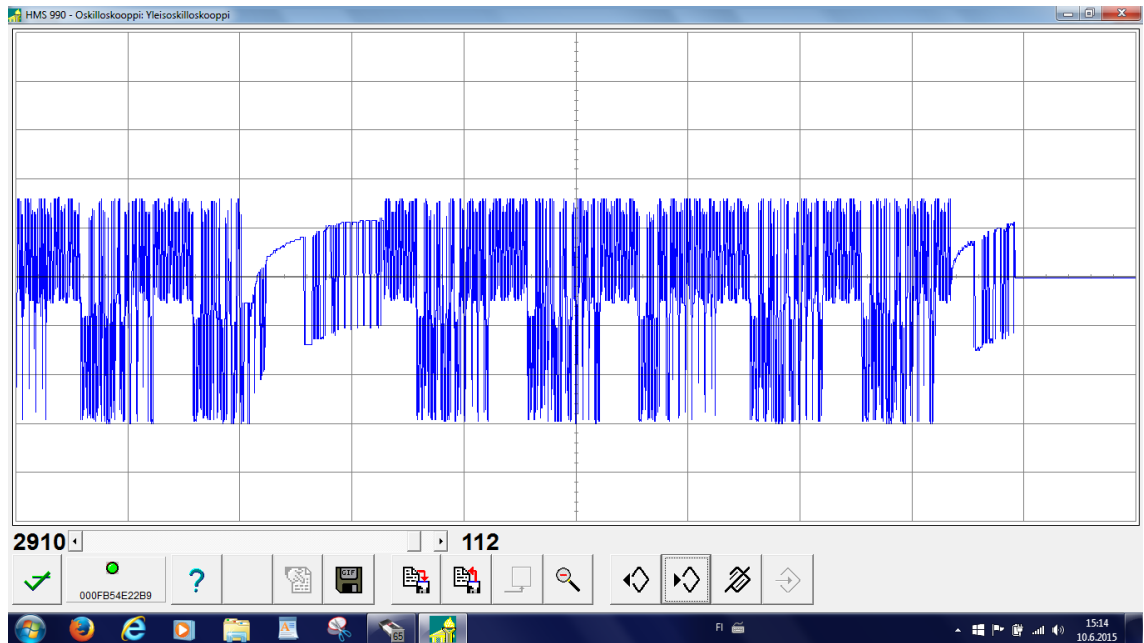
väyläsignaali on häiriötä tai muuta virhettä, saattaa se näyttää lähes miltä tahansa. On myös tärkeää tietää, mistä väylää voidaan mitata. Usein helpoin tapa löytää tietty väyläsignaali on etsiä aiheeseen kuuluva ohjainlaite, gateway-moduuli tai muu piste, johon väyläjohtimet tulevat kuten kuvassa 27. Väyläsignaalin saa esille esimerkiksi liittimen välistä mittajohtimen avulla tai liittämällä mittajohdin suoraan väyläjohtimeen. Nämä eri mittaustavat sopivat hieman eri tilanteisiin riippuen ongelmatilanteesta.



Kuva 27. Actros SSAM

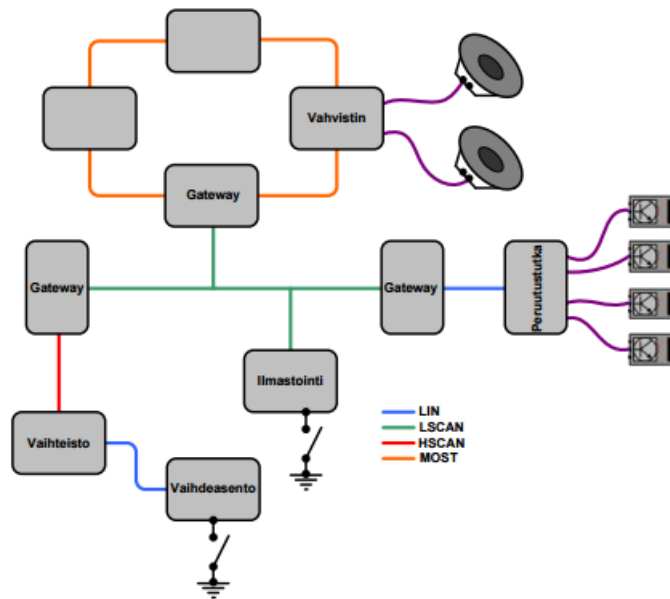
Mercedes-Benz Actrosissa väyläsignaali löytyy helposti esimerkiksi suoraan maskin alta. Kytkentäkaaviosta voi tarkistaa, mitkä väylät kulkevat Kuvan 27 osoittaman paikan kautta.

Viallisen väyläsignaalin tunnistaminen on yleensä helppoa, koska se poikkeaa reilusti oletusarvosta kuten kuvassa 28. Häiriöllinen väyläsignaali saattaa näyttää melkein miltä tahansa. Tästä syystä on tiedettävä, minkälainen signaalin kuuluisi olla.



Kuva 28. Häiritty LIN-väyläsignaali

Monet ajoneuvojen verkotusratkaisut ovat ns. hajautettuja järjestelmiä. Tämä tarkoittaa sitä, että yksi toiminto sisältää useita eri osia, väyliä ja integroituja toimintoja. Näiden hahmottamisen helpottamiseksi kannattaa usein piirtää itselleen toimintokaavio. Toimintokaavioon piirretään kaikki järjestelmän osat, jotka vaikuttavat kyseiseen toimintoon. Kuvassa 29 on esimerkkinä peruutustutka.

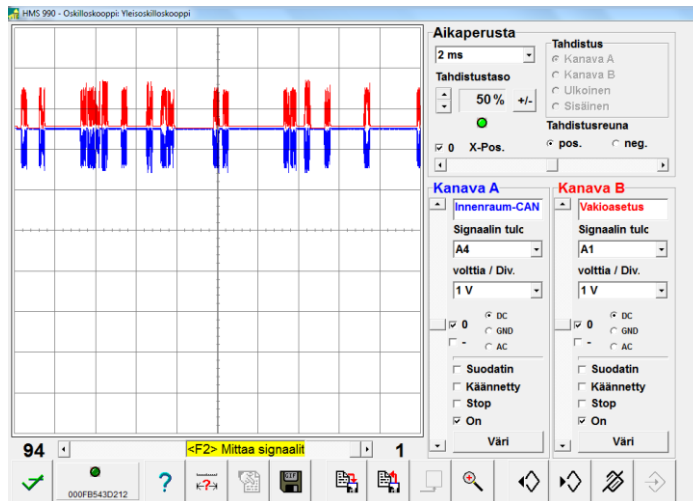


Kuva 29. Hajautettu järjestelmä [8]

Mikäli peruutusutkassa on vikaa, toimintokaavio voisi näyttää esimerkiksi kuvan 29 mukaiselta. Toimintokaavioon on piirretty kaikki toimintoon vaikuttavat osat ja väylät. Kuva 29 ei liity Mercedes-Benz Actros -kuorma-autoon. [8]

3.4.1 CAN

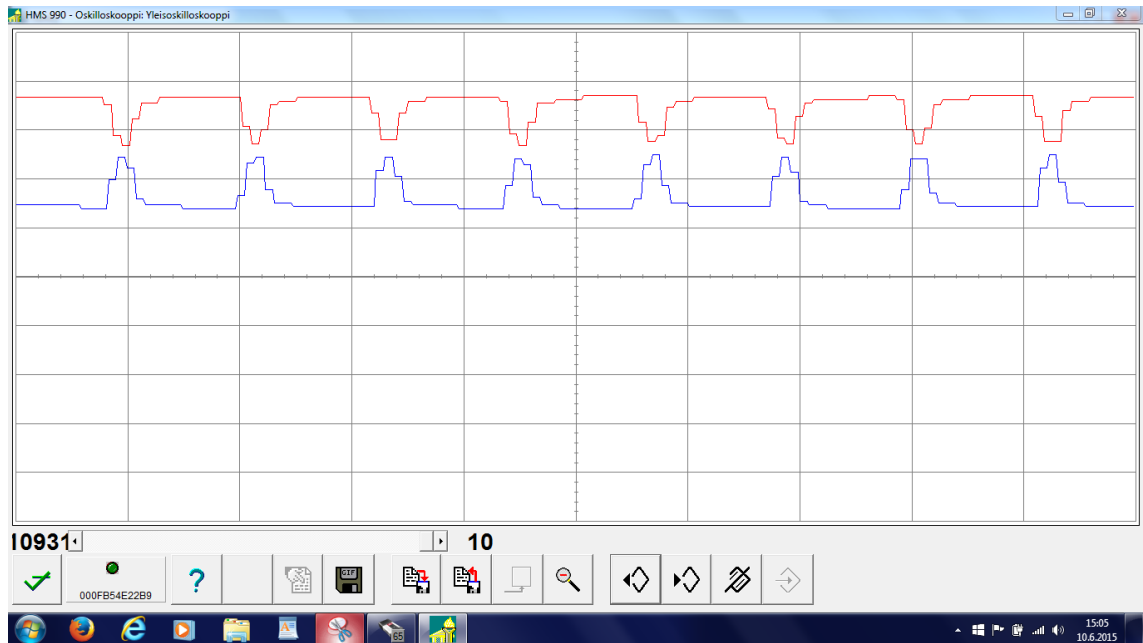
Perussääntönä CAN-väylän mittaamiseen ja diagnosointiin on, että väylästä saisi olla kuormitettuna korkeintaan 50 %. Täysin kunnossa oleva ja hyvin toimiva CAN-väylä on noin 20–30 %:n kuormituksella, kuten kuvassa 30.



Kuva 30. Oikein toimivat CAN High ja CAN Low

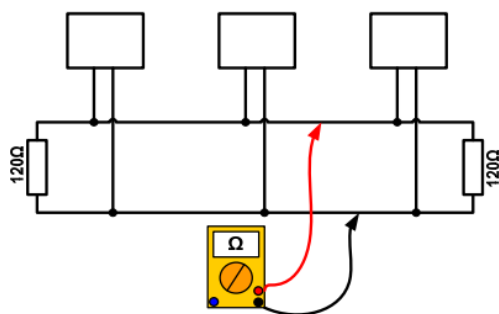
Kuvan 30 mukainen väylä toimii hyvin. Kuvan 30 tilanteessa on mitattu saman väylän CAN High- ja CAN Low -johdinta kahdella eri kanavalla. Kanava A mittaa CAN Low -johdinta ja kanava B CAN High -johdinta. Väylän tunnistaa oikein toimivaksi mm. riittävästä dominanteista jännitetasoista ja kohtalaisen tasaisista signaalitasoista. Mikäli väyläsignaalissa on vikaa eli yksi tai useampi ohjainlaite häiritsee väylän liikennettä, signaali saattaa vaelttaa, jännitepiikkejä voi olla havaittavissa tai koko kuvaaja olla täysin erinäköinen. Tällöin kannattaa irrottaa väylältä ohjainlaitteita yksi kerrallaan ja tarkkailla samalla väyläliikennettä. Sen ohjainlaitteen kohdalla, jonka irrotuksen aikana väyläliikenne normalisoituu, voi olettaa olevan vikaa.

HMS 990 mahdollistaa kohtalaisen tarkan väylän mittaamisen. Laitteella on mahdollista tarkastella signaalia jopa 20 μ s:n näytteenottovälillä eli 50 kHz:n taajuudella (kuva 31).



Kuva 31. CAN-väylä, taajuus 50 kHz

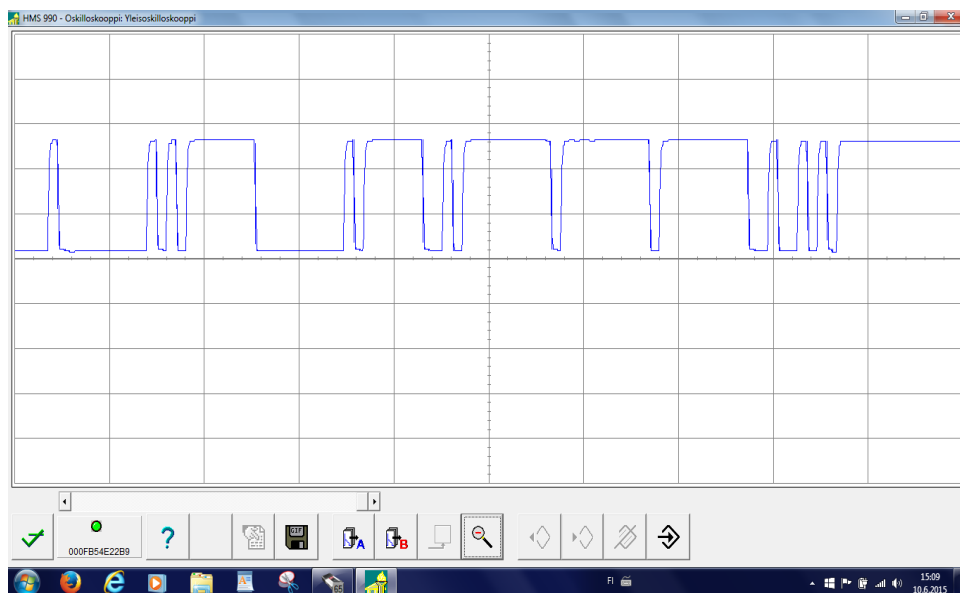
Väylävastuksen mittaus on myös hyvä keino arvioida väylän toimivuutta. Mittaus voidaan suorittaa yleismittarilla tai esimerkiksi HMS:n yleismittaritoiminnolla. CAN-väylässä on kaksi rinnankytkettyä päätevastusta, joiden molempien vastusarvo on $120\ \Omega$. Tällöin väylävastusta mitattaessa vastuksen arvoksi tulisi saada noin $60\ \Omega$ (45–67 Ω) kuvan 32 mittausjärjestelyn mukaisesti. [8]



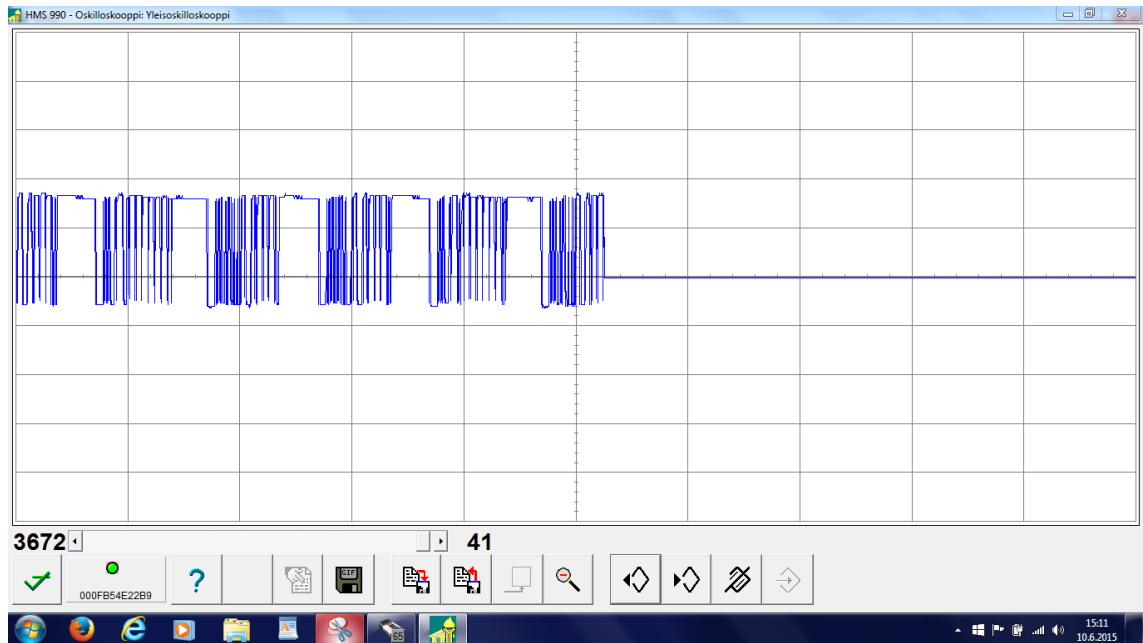
Kuva 32. Väylävastuksen mittaus [8]

3.4.2 LIN

LIN-väylän diagnosointi kannattaa aloittaa varmistamalla, että verkko on hereillä. Parhaiten tämä onnistuu käynnistämällä auto ja käyttämällä kyseisen verkon jotakin toimintoa. Yleensä LIN-väylän toiminnot ovat yksinkertaisia, eikä verkon fyysinen pituus ole kovin pitkä. LIN-väylän diagnosointi on näinollen jonkin verran yksinkertaisempaa kuin esim. CAN-väylän. Tyypillinen hyvin toimivan väylän keskimääräinen jännite yleismittarilla mitattuna on noin 6–10 V. Tämä on seurausta siitä, että LIN-väylässä on spesifikaation mukaan 12 V:n jännite ja ohjainlaitteet keskustelelevat maadoittamalla. LIN-väylään pätee sama ohje kuin CAN-väylään, eli verkon kuormitus ei saa nousta liian suureksi. Kuvan 33 LIN-väylä toimii oikein, toisin kuin kuvassa 34 esitelty signaali.



Kuva 33. Mercedes-Benz Actrosin LIN-väylän signaali.



Kuva 34. Häiritty LIN-väyläsignaali, aikaperusta 10 ms

Mikäli LIN-väylästä mitataan yleismittarilla tasainen 12 V:n jännite, ei väylässä silloin ole liikennettä mutta ainakin yksi ohjainlaite on kytkeytynyt väylään. Jos on syytä epäillä vikaa jossakin toiminnossa, on hyvä tarkistaa isäntäsolmun yhteys verkkoon, virransaanti ja maadoitus. Jos väylästä mitataan tasainen nolla volttia, on väylä joko virransäätötilassa tai oikosulussa. Tällöin kannattaa irrottaa ohjainlaitteita yksi kerrallaan väylästä ja tarkkailla signaalin nousemista. Mikäli nousemista ei tapahdu, on väylä oikosulussa maahan. Oskilloskoopilla jännitettä mitattaessa on hyvä kiinnittää huomiota signaalin muotoon ja häiriöttömyyteen sekä jännitetasoihin. [8]

4 Yhteenveto ja loppupäätelmät

Yleisesti kuorma-autojen ja muun raskaan kaluston innovatiiviset ratkaisut nähdään tuotannossa ja asiakkaiden käytössä hieman myöhemmin kuin henkilöautojen puolella. Suuri yritys, joka valmistaa montaa eri ajoneuvomerkkiä ja -luokkaa, usein kokeilee uusia ratkaisuja ensin henkilöautoissa. Yksiselitteistä syytä tähän harvoin kerrotaan, mutta kustannukset ja mahdollisesti jonkinasteinen turvallisuusajattelu lienee tämän tavan takana. Tämä näkyy myös Mercedes-Benzin tuotteissa. Sen valmistamissa henkilöautoissa on tämän työn aikana käytössä hieman monipuolisemmin mm. väylätekniikkaa, vaikkei sitä olekaan tässä työssä esitelty. Tämän työn väylätekniikan esittelyssä rajaus tehtiin Mercedes-Benzin Actros 963 -mallissa käytettyihin tiedonsiirtoväyliin ja yleisesti raskaassa kalustossa käytössä olevaan SAE J1939 -standardiin. Tässä onnistuttiin ja väylistä saatiin koottua yhteenveto.

HMS 990:n käytön esittelyssä keskityttiin vahvasti niihin ominaisuuksiin, joista on hyötyä väylävikojen diagnosoinnissa. Muut ominaisuudet mainittiin, mutta ei niinkään käsitelty. HMS:n käytön pääkohdat on koottu tiiviiksi yhteenvedoksi. Kuten aikaisemmin työssä on todettu, oskilloskoopin käyttö nykyaikaisten ajoneuvojen vianhaussa vaatii syvempää ymmärrystä sähkötekniikkaan. Mikäli on vika, jonka paikantamiseen ja diagnosointiin oikeasti tarvitsee oskilloskoopin tapaista työkalua, autosta ollaan usein kiinnostuneita jo tehdasta ja maahantuontia myöten. Tämän takia ei ole mielestäni perusteltua hankkia korjaamolle suurta määrää oskilloskooppeja, vaan yksi tai kaksi oskilloskooppia korjaamo kohti on riittävä määrä. Mekaanikkojen koulutukseen on myös sisällytettävä kyseisen laitteen käyttöä, jotta investoinnista saataisiin toivottu hyöty. Erityisesti sähkömekaanikkojen tulisi osata käyttää laitetta sujuvasti, mikäli korjaamalla on tehty jaottelu esim. sähkömekaanikkoihin ja huoltomekaanikkoihin.

Kaiken kaikkiaan ajoneuvojen väylätekniikka kehittyy koko ajan ja tiedonsiirtoratkaisuja viedään yhä pidemmälle. Jotta tuntisi aiheeseen liittyvän viimeisimmän tekniikan, on päivitettävä omaa tietämystä väylätekniikkaan lähes koko ajan. Tämä on myös suuri haaste alan kouluttajille. Tässä työssä ei varsinaisesti esitelty alan viimeisimpiä innovaatioita vaan otettiin näkökulma tiettyyn automalliin ja tilaajan tarpeisiin.

Lähteet

1. Mercedes-Benz. 2011. Actros 963 Electronic systems. Daimler AG:n koulutusmateriaali.
2. Daimler. 2015. Verkkodokumentti. Daimler AG. <www.daimler.com> Luettu 10.5.2015.
3. Veho. 2015. Verkkodokumentti. Veho Oy <www.veho.fi> Luettu 10.5.2015.
4. Mercedes-Benz Finland. 2015. Verkkodokumentti. Mercedes-Benz AG <www.mercedes-benz.fi> Luettu 10.5.2015
5. Veho Group Oy Ab Vuosikatsaus 2014.
6. CAN Specification version 2.0. 1991. Robert Bosch GmbH.
7. Juhala, Matti, Lehtinen, Arto, Suominen, Matti & Tammi, Kari. 2005. Moottorialan sähköoppi. 8. painos. Autoalan Koulutuskeskus Oy.
8. Malmari, Frans. 2015. Kurssimateriaali kurssilta Väylätekniikka. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
9. Saha, Heikki. 2005. Johdatus väylätekniikkaan. Verkkodokumentti. <<http://www.canopen.fi/artikkelit/Johdanto.pdf>>. Luettu 18.5.2015.
10. Paret, Dominique. 2007. Multiplexed Networks for Embedded Systems. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons.
11. Robert Bosch GmbH. 2011 Automotive Handbook 8th Edition
12. LIN Specification Package Revision 2.1 November 24, 2006.
13. About CAN – Kvaser Resources and Education. 2014. Verkkodokumentti. Kvaser. <<http://www.kvaser.com/about-can/>>. Luettu 10.5.2015
14. SAE International Digital Library. 2005. Verkkodokumentti. SAE International. <<http://www.saedigitallibrary.org/corporate/small-business/j1939/>> Luettu 16.5.2015
15. CAN in Automation (CiA): SAE J1939 set of profiles. 2015. Verkkodokumentti. CAN in Automation. <<http://www.can-cia.org/index.php?id=487>> Luettu 16.5.2015
16. J1939 Basics. 2015. Verkkodokumentti. Vector Informatic GmbH. <http://vector.com/vi_j1939_en.html> Luettu 16.5.2015
17. Mercedes-Benz. 2011. Measurement Technology HMS 990 USB Brochure.

18. HMS_990_Technical_data.pdf. 2015. Verkkodokumentti. AVL DiTEST GmbH.
<http://www.avlditest.com/magento/media/wysiwyg/HMS_990_Technical_data.pdf> Päivitetty 30.7.2012. Luettu 16.5.2015