



Moottorilaboratorion koekäyttö- johtosarjojen päivitystarveselvitys

Juho Salo

OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2024

Autotekniikan tutkinto-ohjelma
Auto- ja työkonetekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Autotekniikan tutkinto-ohjelma
Auto- ja työkonetekniikka

SALO, JUHO:

Moottorilaboratorion koekäyttöjohtosarjojen päivitystarveselvitys

Opinnäytetyö 58 sivua
Huhtikuu 2024

Moottorien kehitystyössä testauksen mahdollistava johtosarja on oleellisessa osassa tuotekehityksen sujuvuutta ja luotettavuutta. Johtosarjan yhdistäessä moottorinohjaimen eri moottorinohjaukseen kuuluvia toimilaitteita ja pakokaasun jälkikäsittelylaitteiston antureita, johtosarjan pitää toimia moitteettomasti. Tällöin voidaan varmistua näiden antureiden ja toimilaitteiden tarkasta ohjauksesta ja kalibroinnista. Luotettavasti toimiva johtosarja luo vaivattoman moottorien testausprosessin ja tehokkaamman työskentely-ympäristön kehitystyölle.

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan AGCO Power Oy:n Linnavuoren toimipisteen tuotekehityksen moottorilaboratorion koekäyttöjohtosarjojen päivitystarvetta. Opinnäytetyössä selvitettiin käytössä olevien koekäyttöjohtosarjojen mahdolliset puutteet ja ongelmakohdat, joita voitaisiin parantaa. Koekäyttöjohtosarjojen kanssa työskennelleiden henkilöiden kokemuksia kerättiin kyselyillä ja haastatteluilla. Käytössä olevien koekäyttöjohtosarjojen nykyiset ominaisuudet listattiin, jolloin päivitettäville johtosarjoille saatiin koottua halutut vaatimukset.

Työn lopputuloksena esitellään muutama vaihtoehto päivityssuunnista koekäyttöjohtosarjojen kehittämiseksi, sekä tarkempia yksittäisiä päivityskohteita koekäyttöjohtosarjoissa. Päivitysehdotusten avulla työn tilaaja saa ideoita käytössä olleiden johtosarjojen kehitykseen ja arvioita eri ehdotusten sopivuudesta päivitystarpeen kiireellisyyden perusteella. Päivitystarveselvityksen avulla, valittavasta päivityssuunnasta riippumatta, tuotekehitysosasto hyötyy selvityksessä tehdyistä havainnoista kehittäessään johtosarjaa myös tulevaisuudessa. Työn pohjalta jatketaan aloitettu johtosarjojen päivitystyö loppuun.

Asiasanat: johtosarja, moottorilaboratorio, päivitystarveselvitys, tuotekehitys

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Vehicle engineering
Automotive and Industrial Vehicle Engineering

SALO, JUHO:

Requirements Study of Updating Engine Testing Wiring Harnesses in an Engine Laboratory

Bachelor's thesis 58 pages
April 2024

The wiring harness that makes engine testing possible is in an essential role when it comes to smoothness and reliability of the testing process. As the wiring harness attaches different engine actuators and exhaust aftertreatment sensors to the engine control unit, the wiring harness must function properly to ensure the precise control and calibration of these sensors and actuators. A reliable wiring harness enables effortless engine testing process and more efficient working environment for the engine development.

In this Bachelor's thesis, a requirements study of updating wiring harnesses in an engine laboratory was implemented for AGCO Power Oy research and development department in Linnavuori. Possible flaws and deficiencies were sorted out in the wiring harnesses used in engine testing. Experiences from the wiring harnesses were gathered with enquiries and interviews with persons familiar with the wiring harnesses. A list of features of the wiring harnesses in use were collected to gather requirements for the upcoming updated wiring harnesses.

As a result of this thesis, a couple of directions of updates are shown to develop the wiring harnesses used in engine testing along the side of more in detail updates to the harnesses. The research and development department will get evaluations of suitability of different development suggestions based on the urgency of the updates. The research and development department will benefit from the observations made in this requirements study while developing the wiring harnesses in the future and while completing the update process.

Key words: engine laboratory, wiring harness, requirements study, research and development

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	DIESELMOOTTORIEN PÄÄSTÖJENHALLINTA	8
2.1	Dieselmoottorin tuottamat päästöt.....	8
2.2	Työkonepäästölainsäädäntö	11
2.3	Jälkikäsittelyn osat	14
2.3.1	Hapetuskatalysaattori	15
2.3.2	Dieselhiukkassuodatin.....	15
2.3.3	Selektiivinen katalyyttinen pelkistäminen.....	16
2.3.4	Dieselpakokaasunesteen annostelujärjestelmä.....	16
2.4	Moottorinohjainlaitteet	17
2.5	Tiedonsiirtoväylä	18
3	MOOTTORILABORATORION KOEKÄYTTÖJOHTOSARJAN PERUSKOMPONENTIT	19
3.1	Johtimet	20
3.2	Materiaalit	21
3.3	Suojaus ja reititys	22
3.4	Liittimet.....	22
3.5	Sarjan anturit.....	23
4	KOEKÄYTTÖJOHTOSARJOJEN TILANTEEN KARTOITUS	26
4.1	Nykytilanteen kartoituksen tiedonkeruu.....	26
4.2	Asentajien kokemukset	27
4.3	Testijaoksien koekäyttäjien kokemukset	29
4.4	Sähkötekniikan kokemuksia.....	30
4.5	Johtopäätöksiä kokemuksista	31
5	KOEKÄYTTÖJOHTOSARJOJEN NYKYISET OMINAISUUDET JA VAATIMUKSET	35
5.1	Ajojohtosarja	35
5.2	ECU-johtosarja.....	37
5.3	EAT-johtosarja	38
6	KOEKÄYTTÖJOHTOSARJOJEN PÄIVITYSEHDOTUKSET	41
6.1	Koekäyttöjohtosarjojen päivitys kokonaisuutena	41
6.1.1	Nykyisen toteutuksen päivityksen viimeistely	42
6.1.2	Nykyisen toteutuksen jalostaminen	44
6.1.3	Tulevaisuuden kokonaisuudistus.....	47
6.2	Yksittäiset huomiot koekäyttöjohtosarjojen päivityksissä	49
7	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA.....	54

LÄHTEET	57
---------------	----

LYHENTEET JA TERMIT

DEF	Diesel Exhaust Fluid – dieselpakokaasuneste, ureave-siliuos
DOC	Diesel Oxidation Catalyst – dieselmoottorin hapetuska-talysaattori
DPF	Diesel Particulate Filter – dieselhiukkassuodatin
EAT	Exhaust After Treatment – pakokaasun jälkikäsittely
ECU	Electronic Control Unit – sähköinen ohjausyksikkö
CAN	Controller Area Network - automaatioväyläjärjestelmä
PM	Particulate Matter – kiintoainehiukkaset, kiintoainehiuk-kasten massapohjainen arvo
PN	Particle Number – kiintoainehiukkasten lukumäärälli-nen arvo
SCR	Selective Catalytic Reduction – selektiivinen katalyytti-nen pelkistäminen

1 JOHDANTO

Yhtenä tuotekehityksen tärkeimmistä osa-alueista on tuotteen testaus. Testauksen sujuvuudella ja luotettavuudella voidaan vaikuttaa tuotteen toimivuuteen ja laatuun. Jotta tuote saadaan markkinoille ajallaan, on prototyypin testaustoiminnan oltava paikoittain hyvinkin aikataulutettua, jolloin ylimääraisten viivästysten minimointi on tärkeää. Kun testaustoiminta on jouhevaa ja katkotonta, voidaan keskittyä itse olennaiseen, eli tuotteen kehitykseen ilman keskeytyksiä.

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan AGCO Power Oy:n tuotekehitysosaston moottorilaboratorion koekäyttöjohtosarjojen päivitystarvetta kartoittamalla koekäyttöjohtosarjojen nykytilanne, keräten koekäyttöjohtosarjoihin liittyviä kokemuksia niiden parissa työskennelleiltä henkilöiltä ja käyden läpi koekäyttöjohtosarjoihin liittyviä ominaisuuksia ja vaatimuksia. Lisäksi työssä esitellään vaihtoehtoisia menetelmiä nykyisten koekäyttöjohtosarjojen toteutukselle, tarkastelemalla niiden tuomia mahdollisuuksia ja toteutustapoja.

AGCO Power Oy on osa AGCO Corporation yhtiötä, jonka Nokian Linnavuoressa toimiva tehdas on keskittynyt pääasiassa dieselmoottoreiden tuotantoon ja kehittämiseen. Tehdas on aloittanut toimintansa Linnavuoressa 1940-luvulla ja se on aiemmin tunnettu muun muassa nimellä SisuDiesel sekä AGCO Sisu Power. Sulautuessaan AGCO-konserniin vuonna 2004, kymmenien miljoonien eurojen investoinnit nostivat AGCO Powerin yhdeksi maailman merkittävimmäksi dieselmoottoreiden valmistajaksi. Linnavuoren tehdas valmistaa vuodessa noin 30 000 Dieselmoottoria ja työllistää noin 750 henkilöä.

Linnavuoren tehdas valmistaa moottoreita muun muassa Valtralle, Massey Fergusonille, Fendtille ja Challengerille. Yrityksellä on Tesomalla sijaitseva voimantuotannon yksikkö, joka valmistaa, asentaa ja huoltaa generaattoreita ja varavoiimalaitoksia yksityisille ja julkisille toimijoille. Myös Hervannassa Tampereen yliopiston kanssa samoissa tiloissa toimii tuotekehityksen yksikkö, jossa on erikoistuttu tulevaisuuden voimantuotannon ratkaisuihin. Linnavuoren lisäksi AGCO Powerin moottoritehtaat sijaitsevat Brasiliassa, Kiinassa ja Argentiinassa.

2 DIESELMOOTTORIENT PÄÄSTÖJENHALLINTA

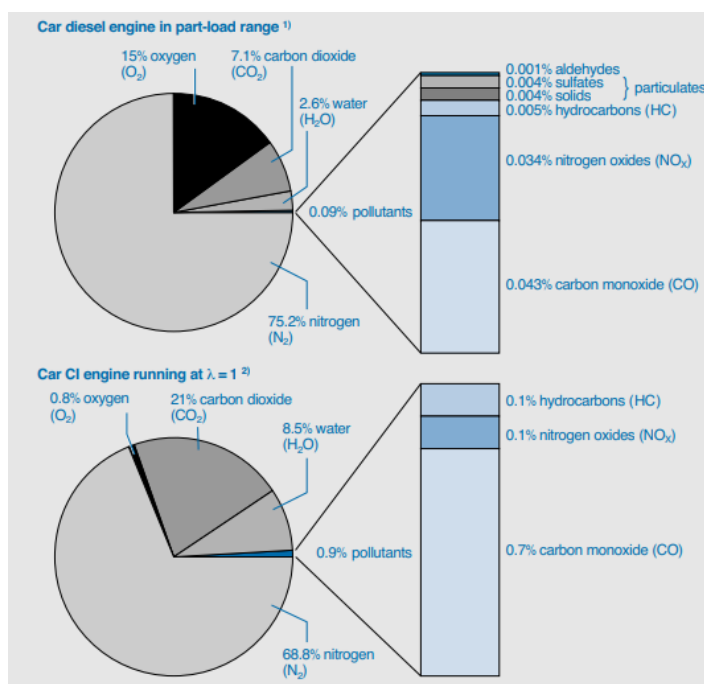
Yleisesti polttomoottoreiden päästöihin on 1950-luvulta lähtien kiinnitetty enemmän huomiota (DieselNet 2024), niiden muodostaessa oman osansa ihmisten tuottamasta ympäristökuormasta. Dieselyökonemoottoreiden tuottamia päästöjä on pienennetty erilaisin päästörajoituksin, joiden johdosta päästöjä on eri teknisin keinoin pystytty vähentämään merkittävästi verrattuna aikaisempiin, säännöstemättömiin moottoreihin. Moottorin peruskehityksen lisäksi erilaisten jälkikäsitteilylaitteiden avulla päästöt on onnistuttu tuomaan nykyiselle tasolle. Jatkuvasti kehittyvän ohjaustekniikan avulla näiden laitteiden ohjaus on saatu yhä tarkemmaksi ja nopeammaksi, jolloin polttomoottorien päästöjä voitaisiin vähentää vielä tulevaisuudessakin moottorikehityksellä, polttoaineiden kehitystyön rinnalla.

2.1 Dieselmoottorin tuottamat päästöt

Jokaisen polttomoottorin perussääntönä on, että täydellistä palamisreaktiota ei tapahdu, vaikka palamisseos olisikin ilmaylijäämäinen. Epätäydellinen palamisreaktio johtaa korkeampiin haitallisten, hiiltä sisältävien yhdisteiden pitoisuuksiin pakokaasussa. Valtaosin harmittomien jälkituotteiden lisäksi polttomoottorien pakokaasu sisältää sivutuotteita; hiilimonoksidia, palamattomia hiilivetyjä, typenoksideja, rikkidioksidia sekä kiintoainehiukkasia, jotka vähintään korkeina pitoisuuksina ovat ympäristösaasteiden lähteitä. (Robert Bosch GmbH 2014, 328.)

Ihanteellisten palamisolosuhteiden puuttuessa ja itse polttoaineen koostumuksen yhteisvaikutuksesta, palamisreaktiossa syntyy tietty määrä myrkyllisiä aineita primääristen palamistuotteiden, veden ja hiilidioksidin lisäksi. Polttoaineen palaessa muodostuu palamisen aikana vesihöyryä hiilivetyjen hapettumisen tuotteena, joka enimmäkseen kondensoituu viiletessään. Palamisreaktion aikana polttoaineen kemiallisten sidosten hiilivedyt muuttuvat hiilidioksidiksi, joka on luonnostaan ilmakehässä esiintyvä kaasu, jota ei olla luokiteltu pakokaasupäästöissä saastuttavaksi aineeksi. Kuitenkin hiilidioksidi on yksi merkittävimmistä tekijöistä kasvihuoneilmiön taustalla, jonka vuoksi hiilidioksidipäästöjen vähentäminen on tulevaisuuden suuntaus polttomoottoreiden saralla. Veden ja hiilidioksidin suhteellinen määrä pakokaasussa riippuu dieselmoottorin toimintapisteestä (kuvio

1). Typpikaasu on suurin yksittäinen ainesosa pakokaasuista, sillä sitä esiintyy pääainesosana moottoriin sisään imettävässä ilmassa, vaikkakin se ei ole suoraan osallisena palamisprosessissa. (Robert Bosch GmbH 2014, 328–329.)



KUVIO 1. Puristussytytteisten moottorien käsittelemättömät päästöt prosentteina painosta osakuormalla ja arvolla $\lambda=1$ (Robert Bosch GmbH 2014, 329).

Hiilivedyt (HC)

Hiilivedyt ovat yleinen nimitys usealle eri kemiallisille yhdisteille, jotka yhdistävät vetyatomien hiiliatomiin. Hiilivetypäästöt dieselmoottorissa johtuvat usein riittämättömästä hapen läsnäolosta ilma-polttoaineseoksen täydellisen palamisen tueksi, jonka vuoksi nämä päästöt muodostuvat usein palamattomasta polttoaineesta. Palamisprosessi kuitenkin muodostaa myös uusia hiilivety-yhdisteitä, joita ei alun perin ollut alkuperäisessä polttoaineessa, esimerkiksi erottelemalla pitkiä molekyyliketjuja. (Robert Bosch GmbH 2014, 330.)

Hiilivedyt reagoivat ilmakehässä toisten typen oksidien kanssa ja altistuessaan auringonvalolle ne luovat savusumua. Tämän katsotaan olevan yhteydessä terveysongelmiin, kuten syöpään, etenkin pitkäaikaisessa altistumisessa tietyille pi-

toisuuksille. Dieselmoottorit kuitenkin tuottavat vähemmän hiilivetypäästöjä verrattuna ottomoottoreihin niiden korkean sylinteripaineen, lämpötilojen sekä ilmaylijäämän ansiosta. (Wright 2013, 24–27.)

Hiilimonoksidi (CO)

Hiilimonoksidi on myös haitallinen päästö, jota muodostuu epätäydellisestä palamisesta. Hiilimonoksidia muodostuu, kun polttoaine on vain osittain reagoinut hapen kanssa, muodostaen vain osittaisen seoksen, kuten hetkellisissä rikasseoksissa tilanteissa tai kun polttoaineilmaseoksessa on muita poikkeavaisuuksia. Dieselmoottorissa näin on kuitenkin vain hetkittäin, sillä ilmaylijäämä ja korkeat puristussuhteet edesauttavat ilman ja polttoaineen välisiä kemiallisia reaktioita. Hiilimonoksidipäästöjen lisääntyminen onkin yleensä yhteydessä mataliin lämpötiloihin ja paineisiin, vähäiseen hapen määrään tai paikallisesti esiintyvään happivajeeseen. (Majewski & Khair 2006, 109–110.)

Typen oksidit (NO_x)

Typen oksidit ovat yleisnimitys ryhmälle kemiallisia yhdisteitä, joita syntyy typen ja hapen reaktiosta. Typen oksideja syntyy etenkin sekundäärireaktioista, joita esiintyy palamisprosessissa, kun typpeä sisältävää ilmaa poltetaan. Polttomoottorissa pääasiassa syntyviä typen oksideja ovat typpioksidi (NO) ja typpidioksidi (NO₂) sekä dityppioksidi (N₂O) pieninä pitoisuuksina. (Robert Bosch GmbH 2014, 330.)

Dieselmoottoreille on luontaista synnyttää ottomoottoreita korkeammat NO_x päästöt, sillä yli noin 1370 °C palamislämpötilat edesauttavat NO_x päästöjen syntymistä, jonka jälkeen korkeammat lämpötilat nostavat NO_x päästöjä eksponentiaalisesti. Korkeat puristussuhteet, sylinterinpaineet ja lämpötilat ovat pääsyy dieselmoottoreiden korkeampiin NO_x päästöihin. (Wright 2013, 25–27.)

Kiintoainehiukkaset

Kiinteäainehiukkasilla tarkoitetaan yhdistelmiä nesteitä ja kiinteitä partikkeleita, joita vapautuu dieselmoottorin pakoputkesta ja kampikammioista. Pakokaasusta

peräisin olevia hiukkasia nimitetään noeksi, jotka ovat lähtöisin epätäydellisestä palamisesta, joista ensisijainen rakenneosia on musta hiili. (Wright 2013, 27.)

Hiukkaset yleisesti koostuvat orgaanisista ja epäorgaanisista yhdisteistä, jotka kulkeutuvat moottoriin ilman ja polttoaineen mukana. Esimerkiksi pöly ilmassa ja pienet epäpuhtaudet polttoaineessa voivat näkyä partikkeleina pakokaasussa. Myös metallijäämät moottorin komponenttien kuluessa voivat kulkeutua öljyn mukana palotilaan ja kulkeutua pakokaasun mukana pakoputken hiukkassuodattimeen. (Majewski & Khair 2006, 112–114.)

2.2 Työkonepäästölainsäädäntö

Pakokaasupäästöjä on jo muutaman vuosikymmenen ajan säädelty työkoneiden osalta, mikä on tuonut kyseisistä ajoneuvoista peräisin olevia haitallisia päästöjä alaspäin ympäri maailman. Etenkin valmistajien, jotka toimittavat tuotteitansa eri maanosiin, tulee kiinnittää huomiota eri maanosien ja maiden omiin päästölainsäädäntöihin ja säädöksiin. Vuonna 2024 merkittäviä liikkuvien työkoneiden päästölainsäädäntöjä ovat Tier 2, Tier 3, Tier 4F, EU Stage V, China IV ja MAR-1 Brazil. (DieselNet n.d.)

Esimerkkeinä liikkuvista työkoneista, joita nämä päästöluokat koskevat, ovat traktorit, puimurit, telatraktorit ja metsäkoneet. Tämän vuoksi myös tuotekehityksessä on testattava näiden päästötasojen vaatimuksille sekä erilaisiin ajoneuvosovelluksiin soveltuvia jälkikäsittelylaitteita. Eri päästöluokkien ollessa voimassa eri alueilla sekä luokkien päivittyessä tulee myös ajoneuvojen johtosarjoihin muutoksia, kun esimerkiksi pakokaasujen jälkikäsittelylaitteistossa käytettävien anturien määrä kasvaa.

Tier -päästöluokitukset

Yhdysvalloissa vaikuttaneiden, taulukossa 1 esiteltyjen Tier -päästöluokitusten Tier 2 ja Tier 3 päästöluokat otettiin käyttöön vaiheittain vuodesta 2000 vuoteen 2008, joiden asettamiin rajoituksiin päästiin pääosin kehitetyllä moottorinsuunnittelulla, jolloin jälkikäsittelylaitteiden käyttö ei ollut vääjäämätöntä, lukuun ottamatta hapetuskatalysaattoreita sovelluksissa, joissa rajoihin ei päästy. Pääerona

Tier 2 ja Tier 3 välillä on Tier 3 -luokassa asetetuissa NO_x+HC päästöissä tiukennus, vastaamaan tieliikennekäytössä olleiden raskaan kaluston dieselmoottoireiden tasolle. Tier 4 päästöluokka astui voimaan asteittain vuosina 2008–2015, jonka myötä hiukkas- ja NO_x päästöjä vähennettiin merkittävästi. Jotta näihin rajoihin päästiin, tulivat jälkikäsittelylaitteet käytännössä pakollisiksi. (DieselNet 2023.)

TAULUKKO 1. US Tier 2, -3 ja -4 päästötasojen raja-arvoja (DieselNet 2023).

Päästö-luokka	Teho (kW)	CO (g/kWh)	NMHC+NO _x (g/kWh)	NMHC (g/kWh)	NO _x (g/kWh)	PM (g/kWh)
Tier 2	37≤P<75	5,0	7,5	-	-	0,4
Tier 2	75≤P<130	5,0	6,6	-	-	0,3
Tier 2	130≤P<225	3,5	6,6	-	-	0,2
Tier 2	225≤P<450	3,5	6,4	-	-	0,2
Tier 3	37≤P<75	5,0	4,7	-	-	0,4
Tier 3	75≤P<130	5,0	4,0	-	-	0,3
Tier 3	130≤P<225	3,5	4,0	-	-	0,2
Tier 3	225≤P<450	3,5	4,0	-	-	0,2
Tier 4	37≤P<56	5,0	4,7	-	-	0,03
Tier 4	56≤P<130	5,0	-	0,19	0,4	0,02
Tier 4	130≤P≤560	3,5	-	0,19	0,4	0,02

Stage -päästötasot

Euroopassa vaikuttavien, taulukossa 2 esiteltyjen Stage -luokitusten Stage 3 päästötaso jakautuu kahteen alikategoriaan, vuosina 2006–2008 voimaan astuneet Stage 3a säädökset, ja vuosina 2011–2013 voimaan tulleet Stage 3b säädökset. Stage 3 toi Stage 2 päästötasoon verrattuna alemmat NO_x päästörajat, jonka vuoksi NO_x -päästöjen hallintaan liittyvien jälkikäsittelylaitteiden kehitys alkoi. Stage 3b tason myötä tiukentuneet hiukkaspäästöt suunniteltiin pakottamaan hiukkaskatalysaattorin käyttöä, mutta käytännössä raja-arvoihin pystyttiin pääsemään myös optimoimalla palotapahtumaa. Stage 4 päästötaso astui voimaan vuoden 2014 aikana, mikä toi mukanaan merkittävästi tiukentuneet NO_x päästöt,

jotka aiheuttivat NO_x päästöjen hallintaan liittyvien jälkikäsittelylaitteiden laajan leistyksen. Stage 3 ja Stage 4 standardit sisältävät lisäksi rajan ammoniakkipäästöille, joita ei saa syntyä yli 25 ppm testisyklin aikana. Stage 5 päästötaso toi vuosina 2019 ja 2020 voimaan astuessaan lisää rajoitteita hiukkasten massapohjaiseen arvoon, jonka lisäksi nyt myös hiukkasten lukumäärää alettiin tarkastella. (DieselNet 2021a.)

TAULUKKO 2. EU Stage 3b, -4 ja -5 päästötasojen raja-arvoja (DieselNet 2021a).

Päästö-luokka	Teho (kW)	CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NO _x (g/kWh)	PM (g/kWh)	PN (n/kWh)
Stage 3b	56≤P<75	5,0	0,19	3,3	0,025	-
Stage 3b	75≤P<130	5,0	0,19	3,3	0,025	-
Stage 3b	130≤P≤560	3,5	0,19	2,0	0,025	-
Stage 4	56≤P<130	5,0	0,19	0,4	0,025	-
Stage 4	130≤P≤560	3,5	0,19	0,4	0,025	-
Stage 5	56≤P<130	5,0	0,19	0,4	0,015	1·10 ¹²
Stage 5	130≤P≤560	3,50	0,19	0,4	0,015	1·10 ¹²

ChinaIV ja MAR-1 Brazil -päästötasot

Kiinassa vuonna 2020 julkistettu, taulukossa 3 esitelty ChinaIV päästöluokka pohjautuu pitkälti EU Stage 3b ja US Tier 2 standardeista (DieselNet 2021b). Myös Brasiliassa voimassa oleva, taulukossa 4 esitelty, vuosina 2017–2019 voimaan astunut MAR-1 päästöluokka pohjautuu EU Stage 3a ja US Tier 3 päästötasoihin (TransportPolicy.net 2018), jolloin näiden päästöluokkien myötä jo kyseisiin eurooppalaisiin ja yhdysvaltalaisiin päästötasoihin yltäneiden valmistajien ei tarvinnut tehdä merkittäviä lisätoimia täyttääkseen myös nämä päästöt.

TAULUKKO 3. ChinaIV päästötason raja-arvoja (DieselNet 2021b).

Päästö-luokka	Teho (kW)	CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NO _x (g/kWh)	PM (g/kWh)	PN (n/kWh)
ChinaIV	56≤P<75	5,0	0,19	3,3	0,025	5·10 ¹²
ChinaIV	75≤P<130	5,0	0,19	3,3	0,025	5·10 ¹²
ChinaIV	130≤P≤560	3,5	0,19	2,0	0,025	5·10 ¹²

TAULUKKO 4. MAR-1 päästötason raja-arvoja (TransportPolicy.net 2018).

Päästö-luokka	Teho (kW)	CO (g/kWh)	HC+NO _x (g/kWh)	PM (g/kWh)
MAR-1	37≤P<75	5,0	4,7	0,4
MAR-1	75≤P<130	5,0	4,0	0,3
MAR-1	130≤P≤560	3,5	4,0	0,2

2.3 Jälkikäsittelyn osat

Päästötavoitteiden kiristyessä ja työkonien pakokaasupäästöjä säätelevien luokitusten ja määräyksien kehittyessä pakokaasunhallintaan liittyviä jälkikäsittelylaitteita on kehitelty päästöjen vähentämiseksi. Jo pelkällä moottorinohjauksella ja moottorin geometriaan liittyvällä suunnittelulla ja optimoinnilla päästöjen vähentäminen on mahdollista, mutta loppujen lopuksi pakokaasujen jälkikäsittelylaitteisto on tarpeellinen paloprosessissa syntyneiden jälkituotteiden puhdistamiseksi.

Nykyinen Stage 5 lainsäädäntö käytännössä velvoittaa jälkikäsittelyssä hapetuskatalysaattorin, dieselhiukkassuodattimen, selektiiviseen katalyyttiseen pelkistämiseen käytettävän katalysaattorin ja dieselpakokaasunesteen, eli vesiureaseoksen käytön. Näiden jälkikäsittelylaitteiden avulla työkonien dieselmoottorien tuottamia haitallisia päästöjä saadaan alennettua lainsäädännössä määritettyihin raja-arvoihin.

2.3.1 Hapetuskatalysaattori

Hapetuskatalysaattori pyrkii hapettamaan vajavaisesti palamisreaktiossa syttyneet polttoaineet. Hiilimonoksidit ja vajavaisesti syttyneet hiilivedyt ($C_xH_yO_z$), mukaan lukien noki ja vetykaasu, muuntuvat kyseisessä prosessissa pakokaasussa olevien hapettavien aineiden avulla. Katalysaattorissa esiintyvät jalometallit, tyypillisesti platina ja palladium, toimivat katalyyttinä, kun vähintään stoikiometrinen määrä happea sisältävää pakokaasua virtaa katalysaattorin läpi. (Robert Bosch GmbH 2018, 772.)

Perustasolla hapetuskatalysaattorissa yhdisteiden välinen reaktio selittyy aktiivisten katalyyttisten alueiden avulla, joita on katalysaattorin sisäpinnoilla, jotka kykenevät sitomaan pinnoilleen happea ohuiksi kerroksiksi. Reagoivat aineet, kuten hiilimonoksidi ja hiilivedyt diffundoituvat näille pinnoille ja reagoivat hapen kanssa. Jälkituotteena syntyy hiilidioksidia ja vesihöyryä, jotka irtoavat reaktion jälkeen pinnoilta. Lisäksi hapetuskatalysaattori hapettaa typpimonoksidia sopivassa suhteessa typpioksidiksi SCR-reaktiota varten, jonka lisäksi typpidioksidia käytetään dieselhiukkassuodattimessa noen hapettamiseen. (DieselNet 2021c.)

2.3.2 Dieselhiukkassuodatin

Kiinteähiukkasia varten tarvitaan dieselhiukkassuodatin, mikä on enimmäkseen keraamisia kennorakenteisia kanavia, jotka ovat vuorotellen suljettuja päistään, jolloin pakokaasun on kuljettava kanavien huokoisten seinien läpi, mutta hiukkas-
set jäävät suodattimeen. Jotkin palamistapahtuman jäämistä, kuten moottoriöljy, polttoaine, palamisilma ja moottorin kulumisesta syntyvät metallijäämät eivät poistu palamalla, vaan ne jäävät tuhkana suodattimeen. Toisaalta suodattimeen jää myös palavia yhdisteitä, kuten nokea, jota varten suodattimessa on samankaltainen hapettava pinnoite, kuin hapetuskatalysaattorissa, jonka avulla myös hapetetaan vajavaisesti palanut polttoaine ja katalysoidaan hiilimonoksidi, jota syntyy noen polton aikana. (Robert Bosch GmbH 2018, 773.)

Koska noki hapettuu hapen avulla noin yli 550 °C lämpötilassa, tarvitsee hiukkassuodattimelle suorittaa aktiivinen regenerointi, jossa pakokaasun lämpötila nostetaan normaalia korkeammaksi, säätämällä esimerkiksi sytytyksen ohjausta.

Noen polttaminen voi tapahtua myös passiivisen regeneroinnin avulla, typpidioksidin hapettaessa nokea pakokaasun normaaleissa lämpötiloissa. (Robert Bosch GmbH 2018, 773.)

2.3.3 Selektiivinen katalyyttinen pelkistäminen

Selektiivinen katalyyttinen pelkistäminen perustuu periaatteeseen, jossa pakokaasuun lisätään pelkistävä aine. Moottorin käydessä ilmaylijäämäisellä toimintapisteellä, hiilimonoksidi ja hiilivedyt ovat hapettuneet korkean jäännöshappipitoisuuden ansiosta, eivätkä näin ole saatavilla typen oksidien pelkistämiseen. Työkoneiden dieselmootoreille tyypillisesti pelkistävänä aineena käytetään ammoniakin vesiliuosta. Tyypillisesti selektiivisen katalyyttisen pelkistämisen katalyysaattorissa, eli SCR-katalyysaattorissa on katalyyttisesti aktiivinen pinnoite keraamisella kennokuvioinnilla, joihin pinnoitteeksi sopivat muun muassa vanadiinioksidit ja rauta sekä kuparizeoliitit (Robert Bosch GmbH 2018, 777).

Jos pelkistävää ainetta lisätään enemmän kuin mitä typen oksidien pelkistämiseen vaaditaan, voi tämä aiheuttaa ammoniakin vuotoa. Tällöin ammoniakkia pääsisi jatkamaan katalyysaattorista eteenpäin ulos pakoputkesta. Tämän vuoksi SCR-katalyysaattorin yhteyteen onkin pinnoitettu samaan katalyysaattoriin ylimääräinen ammoniakin hapetuskatalyysaattori, joka hapettaa ammoniakin typpikaasuksi ja vedeksi. (Robert Bosch GmbH 2014, 206.)

2.3.4 Dieselpakokaasunesteen annostelujärjestelmä

Selektiivisessä katalyyttisessä pelkistämisessä käytettävällä pelkistävällä aineella, dieseltymootorikäytössä tyypillisesti pakokaasunesteenä käytettävällä ammoniakkivesiliuoksella on oma järjestelmänsä, jotta neste voidaan kuljettaa liikkuvassa työkoneessa ja annostella pakolinjaan. Neste kuljetetaan ja varastoidaan DEF-tankkiin, joka on varusteltu lämmittimellä, sillä kaupallisesti saatavat ureanesteet jäätyvät alle -11 °C lämpötilassa (Robert Bosch GmbH 2018, 778).

Annostelujärjestelmään kuuluva kuljetusmoduuli suodattaa nesteen likapartikkeleista, ja paineistaa ja kuljettaa liuoksen annostelumoduulille. Annostelumoduuli

sumuttaa ja ruiskuttaa nesteen pakokaasuvirtaan. Annostelumoduulin sähköisesti ohjatun venttiilin avulla pakokaasunesteen sumutusta ja ruiskutusta voidaan ohjata tarkasti tarpeen mukaan juuri haluttu määrä. (Robert Bosch GmbH 2020.)

2.4 Moottorinohjainlaitteet

Sähköinen ohjausteknologia ohjelmoitavine ohjauslaitteineen tuo lukuisia mahdollisuuksia eri osa-alueille ajoneuvotekniikan saralla. Yhä useammat toimilaitteet ja komponentit ovat sähköisesti ohjattuja, ja tarkempien ohjaussignaalien avulla muun muassa nykyiset päästötasot ovatkin olleet saavutettavissa. Esimerkiksi moottorinohjausyksikkö käsittelee lukuisia signaaleja ja parametrejä liittyen eri järjestelmiin ja sensoreihin, joiden pohjalta ohjataan moottorin toimintaa kulloisellakin toimintapisteellä.

Sähköinen moottorinohjausyksikkö, eli ECU toimii siis ajoneuvon eri antureiden ja niiden elektronisia signaaleja lähettävien ohjainlaitteiden yhdistäjänä. Nämä signaalit välitetään ECU:lle johtosarjojen ja liitinten välityksellä eri käyttöliittymien kautta. Fyysisiä määreitä, kuten lämpötiloja ja paineita välitetään ECU:lle yleensä pääosin analogisina viesteinä tietyn vaihteluvälin sisällä. ECU:n mikro-ohjaimessa A/D muuntimen kautta analogiset signaalit kääntyvät digitaalimuotoon. Digitaalisilla viesteillä, joita ECU vastaanottaa, on vain kaksi muotoa, ”high” tai ”low”, eli looginen 1 tai looginen 0. Digitaalisia viestejä ECU vastaanottaa suoraan antureilta, esimerkiksi pyörimisnopeusantureilta. ECU:lle sisään tulevat signaalit antureista ja muista järjestelmiä yhdistävistä liitännöistä, kuten CAN väylästä toimivat sisääntulo parametreinä. Näiden avulla ECU osaa tehdä tarvittavia toimenpiteitä, ohjaten eri toimilaitteita halutulla tavalla. (Robert Bosch GmbH 2014, 273.)

Mikro-ohjaimen kautta lähtevät myös ECU:n ulostulosignaalit, jotka laukaisevat ohjausasteita, jotka vievät tarvittavan virran toimilaitteille. Ulostulosignaaleja ovat muun muassa kytkentäsignaalit, jotka kytkevät eri toimilaitteita päälle ja pois, sekä pulssinleveysmodulaatiosignaalit, jotka ovat digitaalisia ulostulosignaaleja lähetettynä tietyllä taajuudella ajan muuttujana, jolloin toimilaitteita, esimerkiksi imuilmaläppää, voidaan ohjata eri toimintapisteisiin. (Robert Bosch GmbH 2018, 1427.)

2.5 Tiedonsiirtoväylä

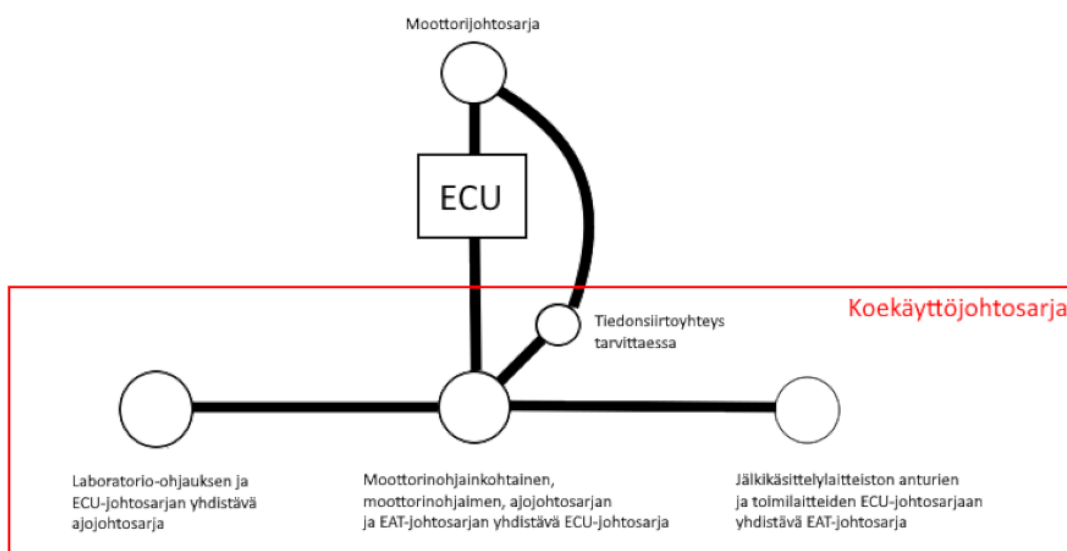
Tietotekniikan käytön lisääntyminen ajoneuvoissa asettaa myös uusia vaatimuksia johdinjärjestelmille, kun anturiviestien ja ohjauskäskyjen nopea ja varma siirto halutaan varmistaa. Tämän vuoksi on siirrytty digitaaliseen tiedonsiirtoon, johon tavallinen johdinjärjestelmä ei ole kelvollinen. Tiedonsiirtoväylän toimintaperiaatteena on digitaalinen tiedonsiirto, jossa kaikki viestit muutetaan lukujen 0 ja 1-sarjoiksi. Tietoyksikkö 0 tai 1 on pienin tallennusyksikkö, jota kutsutaan bitiksi. Bittimuotoisessa tiedonsiirrossa viestit siirretään ajoneuvokäytössä yleisimmin peräkkäin yhdessä johdossa, peräkkäisellä siirrolla. Tiedonsiirron nopeuden mittaussikkönä käytetään bit/s, eli bittiä sekunnissa. (Nieminen 2008, 180–181.)

Yleisin väyläjärjestelmä on CAN-väylä, jossa on kolme erilaista järjestelmää; nopea, keskinopea ja hidas tiedonsiirto. Nopeaa tiedonsiirtoväylää käytetään ajoneuvoissa etenkin moottorin, jarrujen, ajonhallinnan ja turvalaitteiden ohjaukseen. Nopean tiedonsiirtoväylän nopeus on 500 kbps – 1 Mbps. CAN-väylä muodostuu johdinsilmukasta, johon anturit ja toimilaitteet liittyvät väyläsovittimen, kontrollerin ja ohjainlaitteen avulla. (Nieminen 2008, 181.)

Väyläjohdin muodostuu toistensa ympärille kierretyistä johtimista ja päätevastuksista, jotka erottavat johtimet toisistaan. Väylässä kulkeva viesti kulkee kummasakin johtimessa niin, että näiden jännitteet ovat vastakkaisesti, jolloin estetään ulkopuolisten häiriöiden vaikutus viestiin, ja saadaan samalla yksi viestin virheettömyyden kontrollointijärjestelmä. Ohjainlaite vastaanottaa tietoja antureilta ja välittää niitä kontrollerille, ottaa kontrollerilta väylältä tulevia tietoja vastaan ja ohjaa toimilaitteita. Kontrolleri toimii välitulkitijana ohjainlaitteiden ja väyläsovittimen välissä ja muotoilee tietovirtaa siirtokelpoiseksi. Väyläsovitin muokkaa tiedon bittimuotoon ja vie sen väyläjohtimeen tai vastaavasti vastaanottaa bittimuotoista tietoa ja siirtää sen kontrollerille. (Nieminen 2008, 181–182.)

3 MOOTTORILABORATORION KOEKÄYTTÖJOHTOSARJAN PERUS-KOMPONENTIT

Moottorilaboratorion koekäyttöjohtosarjalla tarkoitetaan johtosarjan osaa, joka yhdistää moottorinohjainlaitteen, eri anturit pois lukien moottorissa kiinni olevat anturit, aktuaattorit ja laboratoriojärjestelmän (kuvio 2). Koekäyttöjohtosarjaan kuuluu ajojohtosarja, ECU-johtosarja ja EAT-johtosarja. Lisäksi virransyöttö moottorinohjaimelle, aktuaattoreille ja antureille tapahtuu tämän johtosarjan osan kautta. Käytännössä koekäyttöjohtosarjalla tarkoitetaan siis muuta johtosarjan osaa, kuin moottorin omaa johtosarjaa, jolla moottori saadaan toimimaan laboratorio-olosuhteissa.



KUVIO 2. Havainnekuva koekäyttöjohtosarjasta

Johtosarjan tehtävänä moottoriajoneuvossa on jakaa virtaa ja signaaleja tarvittaviin kohtiin ajoneuvoa. Tekniikan kehittyessä, ominaisuuksien lisääntyessä ja päästötavoitteiden kiristyessä erilaisten liitosten lukumäärä on kasvanut. Tarkan ohjauksen vaativat aktuaattorit tarvitsevat yhä luotettavampaa virran- ja signaalien kulkua, kun anturitietoja käytetään hyväksi eri parametrien määrittämisessä.

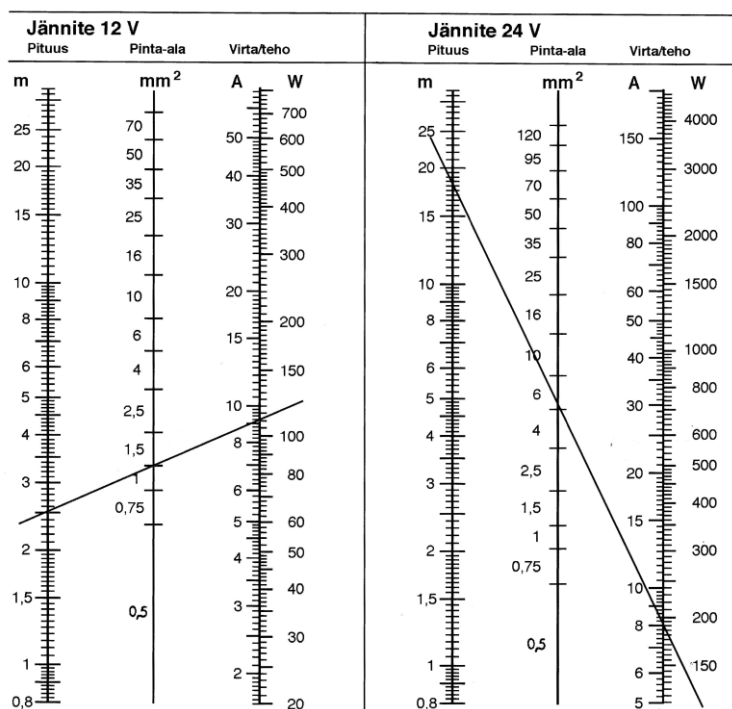
Johtosarjan suunnittelussa huomioon otettavia seikkoja ovat muun muassa joh-
tojen poikkipinta-alan mitoitus, materiaalien valinta, sopivien liittimien valinta ja

johtojen reititys. Lisäksi suunnittelussa tulisi ottaa huomioon lian ja materian läpäisevyys, elektromagneettinen yhteensopivuus, lämpötilat sekä suojaus kulumista vastaan. Vaatimusten lisäksi johtosarjaa suunnitellessa etenkin kaupalliseen käyttöön, sarjan kokonaiskustannuksilla voi olla vaikutusta käytettäviin materiaaleihin.

3.1 Johtimet

Pienjännitejohtimet, joita ajoneuvoissa käytetään, ovat oikeastaan poikkeuksetta muovieristeisiä monisäikeisiä kuparijohtimia. Monisäikeiset johtimet kestävät paremmin taivutusta ja tärinää, minkä vuoksi ne ovatkin yleisiä ajoneuvokäytössä. Johtimen mitoituksessa otetaan huomioon johtimen vaadittu pituus sekä johtimen läpi kulkeva sähkövirta tai teho, jonka perusteella johtimen poikkipinta-ala määrittyy. (Mikkolainen & Koivisto 2008, 248.)

Johtimen läpi kulkeva sähkövirta saa johtimen aina hieman lämpiämään, sitä voimakkaammin, mitä suurempi virta ja johtimen resistanssi on. Nämä aiheuttavat jännitehäviöitä ja sitä kautta tehonhukkaa, jonka vuoksi johdin pyritään mitoittamaan mahdollisimman pienihäiriöiseksi. Johtimien poikkipinta-alan valinnassa käytetään apuna nomogrammeja (kuvio 3), jotka ovat yleisimmin laadittu tilanteille, joissa sähkövirta kulkee johtimessa jatkuvasti. Johtimen poikkipinta-alassa voidaankin ottaa huomioon käyttöajan pituus, jos johdin ei ehdi lämpiämään paljon virran kulkiessa sen läpi. Johtimien eristeenä käytetyn muovin paksuus riippuu johtimessa vaikuttavasta jännitteestä. (Mikkolainen & Koivisto 2008, 248–249.)



KUVIO 3. Johtimen pituuden, poikkipinta-alan ja virran/tehon nomogrammi (Mikkolainen & Koivisto 2008, 249).

3.2 Materiaalit

Korkean sähkönjohtavuuden vuoksi kupari on yleisesti käytetty johdinmateriaali. Eristemateriaali riippuu pitkälti lämpötilasta, jolle johto altistuu. Tämän takia on tärkeää käyttää materiaaleja, joilla on hyvä pitkäkestoinen lämmönsietokyky, ottaen materiaalivalinnassa huomioon sekä ympäristön että itse sähkövirran aiheuttama lämpökuorma. Eristemateriaalit ovat tyypillisesti kestäviä, kuten PE, PA tai PVC, fluoripolymeerejä, kuten ETFE tai FEP, ja elastomeereja, kuten CSM tai SIR. (Robert Bosch GmbH 2018, 1379–1380.)

Mikäli johtimet ovat alttiina korkeille käyttölämpötiloille, kuten yli 100 °C, liitosmateriaalit voivat antaa periksi mekaanisen rasituksen vuoksi. Tämän vuoksi kyseisissä tilanteissa materiaalien kestävyys voi vaikuttaa käyttämällä suuremman halkaisijan johtimia, tai mekaanisesti kestävämpiä ja jalompia materiaaleja, kuten kultaa tai hopeaa, korkeampien rajalämpötilojen saavuttamiseksi. (Robert Bosch GmbH 2018, 1379–1380.)

3.3 Suojaus ja reititys

Sähköjohtimien suojaus on tärkeää muun muassa oikosulkuvaaran vuoksi sekä korroosion ja kosteuden estämiseksi. Johtimien oikosulkuvaaraa lisää johtimien suora kosketus hankaumien ja liikkumisen seurauksena. Muun muassa kutiste-suojauksen avulla johdinliitoksia voidaan suojata ja tiivistää liitoksen päälle lämmön avulla kutistettavalla muovisukalla, jolloin liitoksesta tulee parhaimmillaan jopa vesitiivis. Vesitiiveyttä voidaan varmistaa myös liitinrasian ja liittimien tiivisteillä. (Mikkolainen & Koivisto 2008, 258–260.)

Johtosarjat tulisi reitittää siten, ettei niihin synny vahinkoa, tai että linja ei katkeaisi. Näitä pystytään ennaltaehkäisemään erilaisilla kiinnikkeillä ja tuilla johtosarjan eri haaroissa. Ennen kaikkea johtosarjat ovat alttiita korkealle lämpötilalle, tärinälle ja lialle. (Robert Bosch GmbH 2018, 1380.) Tärinäkuormaa kontakteissa ja liitoksissa voidaan vähentää kiinnittämällä johtosarja kiinni tukeen mahdollisimman lähelle liittimiä ja samalle tasolle, missä tärinää esiintyy, kun näin on mahdollista. Linjojen tulee olla suojattuja hankaumilta, teräviltä kulmilta ja korkealta lämpötilalta, esimerkiksi tarkoituksenmukaisella liimateipillä, aaltosuojaputkella tai kaapelikanavilla. (Bell 2007, 80–81.)

3.4 Liittimet

Liittimien tulee mahdollistaa luotettava yhteys eri järjestelmien välillä ja näin taata turvallinen järjestelmän toiminta kaikissa toimintaolosuhteissa. Liittimien tulisi kestää monipuoliset rasitteet, joille ne altistuvat elinikänsä aikana, kuten tärinää, lämpötilojen vaihteluita, korkeaa ja matalaa lämpötilaa, kosteutta ja roiskeita, voimakkaasti vaikuttavia nesteitä ja korroosiota aiheuttavia kaasuja, sekä kontaktien välisiä pienliikkeitä, jotka johtavat kulumiskorroosioon. Nämä rasitteet voivat johtaa liitännöiden välisten pinnien välisen vastuksen kasvuun jopa virrankulun keskeytymiseen asti. Näiden ominaisuuksien lisäksi liitosten tulisi myös asennuksessa täyttää eri vaatimuksia, kuten helppo käsiteltävyys ja käänteisnapaisuus-kytkennän esto asentaessa, turvallinen ja huomattava lukitus ja avaus sekä jyrkevä tekoisuus. (Robert Bosch GmbH 2018, 1380.)

Sähkötoimilaitteiden keskinäinen yhtenäistyminen asettaa liittimille korkeita vaatimuksia. Ajoneuvokäytössä liitosten tulisi kestää koko ajoneuvon eliniän ajan ja välittää luotettava yhteys ja signaalin vienti ECU:n, antureiden ja toimilaitteiden välillä. Tiukentuvat päästölainsäädännöt muiden muassa asettavat korkeat standardit signaalien tarkempaan ja täsmällisempään kulkuun liittimien välillä. Liittimien välillä yleisimpiä ongelmienaiheuttajia ovat värinä ja lämpötilat, jotka aiheuttavat kulumaa kontakteissa. Värinän ja lämpötilojen aiheuttama kuluma edistää liitosten hapettumista, mikä taas lisää resistanssia, jolloin liitokseen voi kohdistua suurempia lämpökuormia, joka voi johtaa jopa kuparijohdon sulamiseen (Robert Bosch GmbH 2018, 1381).

3.5 Sarjan anturit

Pakokaasun jälkikäsittelylaitteiden toiminnanvalvonnan ja -ohjauksen mahdollistamiseksi koekäyttöjohtosarjassa on kokonaan oma osa jälkikäsittelylaitteiden antureille. Anturit muuttavat fysikaalisia, tyypillisesti muita kuin sähköisiä suureita sähköiseen muotoon, joiden ulostulo voi olla jännite, virta tai yhä useammin myös digitaalinen viesti. Jälkikäsittelylaitteiden osalta vuonna 2024 laajimmassa päästöluokassa, Stage 5 -luokituksessa jälkikäsittelylaitteiston antureihin kuuluu paine-eroantureita, pakokaasulämpötila-antureita, ympäröivän ilman lämpötila-anturi, NO_x-antureita sekä dieselpakokaasunesteen annostelulaitteistoon kuuluvat taso- ja lämpötila-anturit.

Paine-eroanturi

Paine-eroanturia käytetään pakolinjassa muun muassa molemmilla puolilla dieselhiukkassuodatinta mittaamaan paineenalenemaa hiukkassuodattimen välillä. Anturilla siis tarkkaillaan suodattimen virtausvastusta, jolloin tiedetään muun muassa, kuinka paljon suodattimeen on kerääntynyt esimerkiksi nokea (Sensata 2018a). Sen avulla saadaan myös selville, mikäli pakolinjassa on vuotoja tai halkeamia. Mitatun paine-eron avulla voidaan myös laskea moottorille vaikuttava pakokaasun vastapaine, jolle voidaan tämän pohjalta määrittää suurin sallittu arvo.

Lämpötila-anturi

Pakokaasulämpötila-antureita käytetään pakolinjassa useassa eri kohtaa Stage 5 applikaatiossa, muun muassa hapetuskatalysaattorin molemmilla puolin, jotta saadaan selville katalysaattorin toimintalämpötila, ja sitä kautta erilaiset pakokaasureaktiot, esimerkiksi NO₂ tuotto, dieselhiukkassuodattimen nokimalli ja regeneroinnin ohjaus. Myös SCR-katalysaattorin molemmilla puolilla olevia lämpötila-antureita käytetään emissiovalvontaan ja urearuiskutuksen ohjaukseen, joka alkaa optimaalisessa lämpötilassa NO_x päästöjen vähentämiseksi.

Kaikkia pakolinjan lämpötila-antureita käytetään myös yleiseen lämpötilavalvontaan pakolinjan eri osissa. Pakokaasulinjaan sijoitettavilla lämpötila-antureilla voidaan mitata hyvinkin laajoja lämpötila-alueita, -40°C lämpötilasta 1150°C lämpötilaan jopa ±0,9°C tarkkuudella (Sensata 2018b). Lisäksi koekäyttöjohtosarjassa on kiinni ympäröivän ilman lämpötila-anturi, jota käytetään avuksi ohjatessa muun muassa dieselpakokaasunesteen lämmitintä.

NO_x-anturi

NO_x-antureita käytetään denitrifikaatiojärjestelmissä, ja dieselmootoreissa NO_x-anturit asennetaan pakolinjaan ennen ja jälkeen SCR-katalysaattorin. Tällöin NO_x-anturi mittaa typpioksidin ja hapen pitoisuuksia pakokaasussa, sekä ammoniakkin pitoisuuksia SCR-katalysaattorin jälkeen. Tällä tavoin anturit havaitsevat hetkellisen jäännöstyppioksidin määrän moottorinohjaimelle ja näin mahdolliset viat pakokaasujärjestelmässä. Anturin avulla saadaan siis tarvittavat tiedot urearuiskutuksen ohjaukseen. Anturissa on lämmityselementti, joka lämmittää anturin keramiikan noin 600°C - 800°C toimintalämpötilaan. (Robert Bosch GmbH 2018, 1552.)

Dieselpakokaasunesteen taso- ja lämpötila-anturit

Dieselpakokaasunesteen säiliöistä on saatavilla kokonaisratkaisuna lämpötila-antureilla, tasoantureilla ja laatuantureilla olevia yksiköjä, jonka kautta neste imetään säiliöstä, palaa säiliöön ja pysyy sulana (KUS-USA n.d.). Yksikön nesteenpinnantasoanturilla pystytään tarkkailemaan nesteen määrää ja kulutusta, ja

laatuantureilla itse nesteen ominaisuuksia, kuten ureapitoisuuksia tai nesteessä olevia epäpuhtauksia. Näiden avulla voidaan varmistua nesteen laadusta ja pakokaasujen puhdistusjärjestelmän toivotusta toiminnasta, ja estetään laitteiden epäkunto ja vikaantuminen.

4 KOEKÄYTTÖJOHTOSARJOJEN TILANTEEN KARTOITUS

Tuotekehitysosaston moottorilaboratorion koekäyttöjohtosarjat ovat nykyhetkellä toimivia, ja niiden avulla pystytään suorittamaan moottorien kehitystyössä olennaisessa roolissa olevaa käytännön testausta. Koekäyttöjohtosarjoihin on kuitenkin tehty jatkuvasti muutoksia ja lisäyksiä, muun muassa eri päästöluokitusten päivittyessä, mikä tekee johtosarjoista vaikeasti ylläpidettäviä ja nykytilanteesta hankalaa ja tehotonta.

Sarjoja on päivitetty tarpeiden mukaan yksitellen, mikä on johtanut ominaisuuksiltaanakin erilaisten sarjojen syntymiseen. Tämä tuottaa muun muassa erilaisten moottori-jälkikäsitteilylaitteistokokoonpanojen kanssa yhteensopivuusongelmia. Näiden ja muiden ongelmien myötä koekäyttöjohtosarjat vievät osittain aikaa testauksilta ja muilta työtehtäviltä, joten niiden päivitysmahdollisuuksien tarkastelu on koettu tarpeelliseksi.

4.1 Nykytilanteen kartoituksen tiedonkeruu

Koekäyttöjohtosarjojen nykytilanteen kartoitus aloitettiin keräämällä kokemuksia ja ajatuksia henkilöiltä, jotka ovat eniten tekemisissä koekäyttöjohtosarjojen kanssa. Tuotekehityksen asentajat käsittelevät johtosarjoja asentaessa moottoreita jarrusoluihin, jolloin he kytkevät koekäyttöjohtosarjan kokonaisuudessaan kiinni moottorinohjausyksikköön, jälkikäsitteilylaitteistoon sekä testisolun ohjaus-tietokoneelle vievälle anturikaapille. Täten heillä on laajalti kokemusta sarjojen käsittelystä.

Tuotekehityksen moottoritestauksia suorittavat henkilöt näkevät asentajien kytkentöjen toiminnan käytännössä, kun he tarkistavat kytkentöjen oikeellisuudet ennen testausta, ja todentavat koekäyttöjohtosarjan eri osien toiminnan tallentaessa ja monitoroidessa antureilta tulevaa dataa. Näin ollen he näkevät testidatasta ajon jälkeen, tai ajo-ohjelmasta muun muassa vikakoodin muodossa kesken testiajojen, mikäli koekäyttöjohtosarjassa on ollut ongelmia.

Koekäyttöjohtosarjat on tuotettu ja muokattu tuotekehityksen testikäyttöön soveltuvaan tuotekehityksessä moottoriverstaalla työskentelevän sähkötekniikan toimesta, jolle myös raportoidaan johtosarjoihin liittyvistä huomioista. Näin ollen hänellä on tietoa sarjojen teknisestä toteutuksesta käytännössä sekä yleisimmistä vioista ja ongelmakohtista.

Asentajille sekä eri testijaosten tiimivetoajille lähetettiin sähköpostilla koekäyttöjohtosarjojen ongelmakysely, johon he saivat vastata vapaamuotoisesti kokemuksista nykyisistä johtosarjoista ja niissä havaituista huomioista. Tiimivetoajat keräsivät jaoksensa henkilöstöltä yhteenvedon huomioista ja koostivat ne yhteen. Asentajien kanssa käytiin myös kahdenkeskeisiä keskusteluja koekäyttöjohtosarjoihin liittyen, jonka lisäksi yhden testijaoksen kanssa pidettiin palaverimuotoinen keskustelu aiheeseen liittyen. Sähkötekniikan kanssa käytiin useita kahdenkeskeisiä keskusteluja koekäyttöjohtosarjoihin liittyen ja tutustuttiin sarjoihin käytännössä.

4.2 Asentajien kokemukset

Tuotekehityksen asentajien mielteet koekäyttöjohtosarjoista olivat yhdenmukaisia. Koekäyttöjohtosarjoissa esiintyviksi ongelmakohtiksi nousi johtojen merkinnät, koekäyttöjohtosarjojen eri osien säilytys, päivityksien tuomat epäjohtonmukaisuudet eri johtosarjojen välillä ja koekäyttöjohtosarjojen lukumäärä. Hyviksi tekijöiksi koekäyttöjohtosarjoissa koettiin etenkin niissä käytettävät liittimet ja johtojen pituudet.

Asentajien mukaan koekäyttöjohtosarjoissa olevat merkinnät ovat kuluneet osittain pois, jolloin etenkin samanlaisten liittinten erottaminen toisistaan on käytännössä mahdotonta. Lisäksi merkinnät ovat hieman erilaisia eri testisolujen johtosarjoissa, jolloin ne on koettu myös osittain sekaviksi ja epäjohtonmukaisiksi. Ilman merkintöjä, esimerkiksi jälkikäsitteilylaitteiston antureihin kytkeytyvässä johtosarjan osassa olevia pakokaasunlämpötila-antureita, NO_x-antureita ja paineroantureita on ollut mahdollista kytkeä väärään järjestykseen.

Eri päästötasojen tuomien anturilisäyksien takia koekäyttöjohtosarjoja on päivitetty erinäisten tarpeiden mukaan, mikä on johtanut siihen, että eri johtosarjoja ja

niiden eri osia on päivitelty eri tahtia. Tämän vuoksi eri koekäyttösoluissa on erilaisia sarjoja eri ominaisuuksilla. Osa asentajista on kokenut tämän sekavaksi ja tilanne on johtanut satunnaisesti myös siihen, että koekäyttöjohtosarjoja lainataan muista testisolusta, kun kokoonpanoon sopivaa johtosarjaa ei ole löytynyt käytettäväksi testisolusta, johon moottoria on asennettu. Sarjoja on myös muokattu erilaisten, tavallisesta testauksista poikkeavien moottorien, kuten merimoottorikokoonpanojen testausta varten, jolloin johtosarjoihin on lisätty yhteitä, joita ei käytetä tavallisemmissa testeissä työkonemoottorikokoonpanoissa. Tämä on nähty hämmentävänä etenkin uusien asentajien keskuudessa, joilla ei ole vielä kertynyt työkokemuksen tuomaa ammattitaitoa. Heitä on jäänyt mietityttämään, kun johtosarjoissa onkin ollut ylimääräisiä liitäntöjä, joille ei ole löytynyt paikkaa mihin kytkeä niitä, vaikka todellisuudessa liitännät olivatkin ylimääräisiä, eikä niille ollut kytkentäpaikkaa.

Osittain johtosarjojen muokkauksesta ja nykyisestä päivityskäytännöstä johtuen, koekäyttöjohtosarjojen lukumäärä koettiin riittämättömäksi. Koekäyttöjohtosarjoja kaivattaisiin jokaiseen testisoluun omat versiot, jolloin niitä ei tarvitsisi lainata toisesta solusta toiseen, sillä testiajojen kestot ovat erimittaisia testien sisällön mukaan. Tämän takia sarjan tarve testisolussa voi vaihdella päivästä aina kuukausiin. Toisaalta johtosarjoja on koettu myös olevan liikaa testisoluisissa, kun soluissa varastoidaan myös päivittämättömiä johtosarjoja, joita vaikuttaa olevan enemmän suhteessa käytettäviin, jo päivitettyihin johtosarjoihin nähden. Tämän vuoksi osaan testisolusta kerääntyy useampia käyttämättömiä johtosarjojen osia, jolloin aktiivisemmin käytettyjä johtosarjoja ei ole mahtunut niille tarkoitettuihin seinäkoukuille säilytykseen. Muutamista testisolusta seinäkoukut ovat puuttuneet kokonaan, jolloin johtosarjoja on säilötty testisolujen lattioilla.

Asentajat kokivat, että nykyiset koekäyttöjohtosarjat ovat riittävän pitkiä eri kokoonpanoihin. Eri sarjojen johdot ovat ylettäneet pääsääntöisesti hyvin antureille, eivätkä ne tyypillisesti jää liian kireälle. Tällöin ne eivät myöskään jää esimerkiksi kiinni kuumiin pakokaasun jälkikäsitteilylaitteisiin, vaan ne on saatu reititettyä sitten, etteivät ne sula testiajojen aikana. Mikäli johdot ovat tiedostetusti jääneet kuumuudelle alttiiseen paikkaan, niiden päälle on lisätty lämpöeristeitä, joilla on pyritty estämään johtojen sulaminen. Riittävän pituuden takia johdot on voitu myös kiinnittää helpommin vedonpoistoa varten.

Koekäyttöjohtosarjojen liittimet koettiin myös hyviksi ja helppokäyttöisiksi. Liittimet ovat helppo yhdistää anturijohtoihin ja niissä ei koettu olevan väärinkytken-
nän riskiä. Jos liittimiä ei ole saatu eroteltua sormin toisistaan, pienen ruuvimeis-
selin avulla liitoksen on saanut erilleen ilman ponnisteluja. Liittimien osalta ongel-
makohdaksi on koettu kuitenkin liittimissä olevien tiivistekumien turpoaminen, jos
ne ovat altistuneet esimerkiksi jäähdytysnesteelle tai öljylle. Näissä tapauksissa
tiiviste on laittanut vastaan liittimiä asentaessa, jolloin liittimiä ei ole saatu kytket-
tyä. Ongelmaan on ollut ratkaisuna tiivistekumin poisto, jolloin liitoksen tiiveys-
ominaisuuksia on tiedostetusti huononnettu.

4.3 Testijaoksien koekäyttäjien kokemukset

Testijaosten koekäyttäjien kokemukset koekäyttöjohtosarjoista olivat myös yh-
denmukaisia, ja ne koskivat samoja aiheita, kun asentajien ajatukset. Ongelma-
kohtia havaittiin johtosarjojen liittimien merkinnöissä, johtosarjojen säilytyksessä,
niiden lukumäärässä sekä niiden yleiskunnon huonontumisessa.

Yleisimpänä ongelmana koekäyttäjät kertoivat johtosarjoihin tehdyistä yksittäi-
sistä muokkauksista johtuvan sarjojen standardoimattomuuden. Sarjoista halu-
taan yhdenmukaisempia tavanomaisiin testiajoihin, ja erikoiskokoonpanoihin
voisi muokata erillisiä johtosarjoja. Tällöin yleisimmissä testiajoissa käytettäviin
johtosarjoihin ei tarvitsisi tehdä ylimääräisiä yhteitä. Koekäyttäjien mukaan tämä
lisää myös sarjojen määrää testisoluissa, jolloin tavanomaisesta testauksesta
poikkeavien moottorien testaukseen tarkoitettuja koekäyttöjohtosarjoja jää moot-
toreiden testauksien jälkeen testisoluihin, eikä niitä käytetä yleisesti muissa tes-
teissä.

Koekäyttöjohtosarjojen johtojen tai niihin lisättyjen linjojen merkkamattomuus tai
merkkauksien kulumisen koettiin ongelmaksi. Koekäyttäjät ovat jatkuvasti joutu-
neet tarkistamaan anturijohtojen oikeat kytkennät, kun samanlaisia liittimiä on ol-
lut käytännössä mahdotonta erottaa toisistaan. Kyseisen ongelman koettiin vie-
vän turhaa aikaa testaukselta, kun liittimet oikein merkattuna testit voitaisiin aloit-
taa heti tehokkaasti.

Toiseksi yleiseksi ongelmaksi koekäyttäjät kokivat koekäyttöjohtosarjojen yleiskunnon huonontumisen. Satunnaisesti liian kuumiin paikkoihin jäävissä johtosarjojen osissa on esiintynyt lämmöstä johtuvaa sulamisjälkeä, etenkin hukkaportin aktuaattorin johdossa sekä pakokaasun jälkikäsitteilylaitteiston lämpötila-antureiden johdoissa. Joskus johtimet ovat jääneet liian kireälle, ja tämä on aiheuttanut niiden hankautumista. Jälkikäsitteilylaitteiston paine-eromittauksille kulkeutuviin johtimiin kohdistuu paikoin värinää, mikä on rikkonut johtimia tai itse paine-eranturit. Liittimissä kerrottiin esiintyneen satunnaisesti kosketushäiriöitä, johtuen liittimien altistumisesta lialle ja kosteudelle. Johtojen sekä liittimien vaurioiden takia on aiheutunut vikakoodeja, sekä myös signaali- ja kosketushäiriöitä ilman varsinaisia vikakoodi-ilmoituksia. Joissakin tapauksissa virhekoodit ovat johtaneet myös epätoivottuun moottorin sammumiseen kesken testien.

Koekäyttäjät toivoivat pysyvää ratkaisua koekäyttöjohtosarjojen säilytykseen. Lattioilla olevat koekäyttöjohtosarjat testisoluissa, joissa ei ole seinäkoukkuja aiheuttavat osaltaan työturvallisuusriskin, sillä niihin voi kompastua. Tämän lisäksi lattioilla olevien johtojen liittimet voivat rikkoutua niiden päälle astuessa. Lattioilla olevat sarjat ovat myös alttiimpia lialle ja kosteudelle, jonka lisäksi testisoluja ja niiden lattioita on hankalampi pitää siistinä, kun johtosarjat ovat tiellä. Johtosarjojen johtojen kerrottiin toisinaan olevan liian pitkiä joissain kokoonpanoissa, johon toivottiin parempaa johtojen pituuksien optimointia.

4.4 Sähkötekniikan kokemuksia

Tuotekehityksen moottoriverstaan sähkötekniikan mukaan koekäyttösarjat ovat toimineet niiden käyttöasteeseen nähden yleisesti hyvin. Koekäyttöjohtosarjoissa on käytetty ajoneuvokäyttöön suunniteltuja johtoja ja liittimiä, joilla on näihin applikaatioihin soveltuvat ominaisuudet. Eniten huolta johtosarjojen kestävyudessa on herättänyt liittimien kunto, sillä ajoneuvokäytössä kyseisiä liittimiä ei yleensä irrotella kuin huoltojen yhteydessä, mutta moottoritestauksen osalta irrotuksia ja takaisinkytkentöjä tulee jopa useita päivässä. Tästä huolimatta liittimet ovat kestäneet suhteellisen hyvin, eikä ole havaittu, että liittimiä olisi jouduttu vaihtamaan käyttösykliä vuoksi.

Koekäyttöjohtosarjoihin liittyvät yleisimmät huoltokohteet ovat sähkötekniikan mukaan olleet hukkaportin aktuaattorin johto sekä paine-eroantureiden johdot. Hukkaportin aktuaattorin johto on alttiina korkeille lämpötiloille kuumentuvan turboahtimen läheisyydessä. Tälle johdolle onkin määritetty käytettäväksi korkean lämmönkestävyyden omaavaa eristysjohtoa. Tuotekehityksen moottoritestauksessa jälkikäsitteilylaitteiden paine-eroanturit ovat asennettuna niin, että ne ovat joutuneet alttiiksi tärinälle, mikä on paikoin johtanut johtosarjoissa johtimien katkeamiseen, mikäli johtoja ei ole kiinnitetty samalle värähtelytaajuudelle paine-eroanturien kanssa. Kiinnitettyinäkin sähkötekniikan mukaan näissä johtimissa on esiintynyt tärinästä johtuvaa katkeamista paine-eroanturien liitinten läheisyydestä.

Johtosarjojen päivitystyötä on tehty pääsääntöisesti ilmenneiden tarpeiden mukaan, lisäten halutut liitokset johtosarjoihin. Nämä ovat pääosin toteutuneet yhden moottoriverstaan sähkötekniikan toimesta, kenellä on ollut eniten kokemuksia johtosarjoista ja joka aktiivisesti työskentelee johtosarjojen parissa. Johtosarjoihin liittyneet työpyynnöt ovat usein kiireellisiä paikkaustöitä, joiden takia johtosarjat voivat poiketa toisistaan. Johtosarjoja on myös päivitetty suunniteltuina kokonaisuuksina, etenkin uusien päästöluokkien toteutusvaiheessa, kun esimerkiksi jälkikäsitteilylaitteiden anturit ovat lisääntyneet. Nykyisten johtosarjojen vanhentuneet versiot on tiedostettu, ja niitä on päivitetty osassa testisoluja vastaamaan testien tarpeita. Kuitenkin muiden töiden ohella päivitystyö on ollut vain ajoittain mahdollista, ja tästä syystä osaan testisoluista on jäänyt vanhempia koekäyttöjohtosarjojen versioita, joita on päivitelty pikaparakannuksilla.

4.5 Johtopäätöksiä kokemuksista

Asentajien sekä koekäyttäjien ja sähkötekniikan esille tuomien kohtien perusteella koekäyttöjohtosarjoissa esiintyy ongelmia painotetusti niiden merkinnöissä, päivitysten tuomissa epä johdonmukaisuuksissa, yleiskunnossa, riittävydessä sekä säilytyksessä. Etenkin nämä tekijät muiden havaintojen ohella ovat aiheuttaneet ongelmatilanteita ja haitanneet testien optimaalista kulkua. Kyseisten ongelmien minimoiminen sujuvoittaisi niin asennustyötä, kuin myös testien kulkua, eikä veisi asentajilta ja koekäyttäjiltä, tai suuremmassa kaavassa koko testausverkostolta aikaa ja resursseja.

Koekäyttöjohtosarjoissa esiintyvät merkinnät on saatava pysyvämmiksi kuin nykyiset. Uusien merkintöjen tulee kestää kulumaa ja nesteitä, tai ne on ainakin suojattava näiltä, jotta niiden pyyhkiytyminen ja rikkoutuminen estettäisiin. Vastaavasti merkkaustavaksi kehitettäisiin jokin tapa, jossa kuluminen ei ole ongelma. Tämän lisäksi merkintöjä voisi lisätä useaan eri kohtaan, esimerkiksi johtojen molempiin päihin. Tähän asti merkinnät ovat olleet vain johtojen toisessa päädyssä, mikä on samalla ollut lika- ja kulumisaltis. Merkinnät tulisi myös olla samankaltaiset jokaisessa koekäytösarjassa, jotta ne olisivat yhdenmukaiset.

Liittimien ollessa hyväksi koettuja, niiden päivittämiselle ei ole tarvetta. Kuitenkin johtosarjojen säilytykseen on tehtävä muutoksia, jotta liitinten tiivistekumit eivät altistuisi lialle ja nesteelle. Tyhjiksi jäävät liittimet on suojattava, jotta ne eivät esimerkiksi urealetkun tai öljyvuodon hajoamisen seurauksena kastuisi liitinpintoilta. Näin estettäisiin liitinpintojen korroosioitumista ja tästä johtuvia jännite- ja signaalihäiriöitä.

Asentajien mukaan usein koekäyttöjohtosarjojen johdoissa riitti pituus reitittää ne antureille, jolloin ne eivät jääneet kuumiin paikkoihin, joissa ne voisivat olla sulamisvaarassa. Riittävän pitkien johtojen avulla myös johtojen kiinnitys oli helpompaa toteuttaa, jolloin voitiin toteuttaa vedonpoisto sekä vähentää tärinää. Koekäyttäjät kuitenkin huomioivat johdoissa näkyviä kulumia tai nirhaumia, joita he osittain selittivät liian lyhyillä johdoilla. Toisaalta koekäyttäjät myös kokivat johtojen olevan toisinaan liiankin pitkiä. Johtosarjan yhtenä positiivisena ongelmana onkin sen sopivuus useampaan eri kokoonpanoon, jolloin johtojen pituuden optimointi ei ole aina toimivaa niiden laajan yhteensopivuuden takia.

Johtojen kerrottiin täriseen satunnaisesti poikki, joten tärinästä johtuvaa rasitusta tulisi vähentää tehokkaammalla kiinnityksellä. Voimakkaasti tärisevän anturin tärinää tulisi yrittää ennaltaehkäistä pyrkimällä tukemaan anturit tilanteen mukaan mahdollisimman hyvin, jonka lisäksi anturille vievä johtosarjan johto tulisi myös pyrkiä sitomaan tärinätaajuudelle. Tällä pyrittäisiin estämään johtojen katkeaminen liitinten läheltä. Asentajat kertoivat lisänneensä ylimääräisiä lämpöeristeitä ennaltaehkäisemään tiedostetusti kuumien paikkojen lähetyville jääneiden johtojen päälle. Sulamisvaaraa aiheuttavien komponenttien lähellä kulkeutuvien johtosarjan johtojen eristemateriaaliksi voitaisiin kuitenkin valita lähtökohtaisesti

lämmönkesto-ominaisuuksiltaan sopivaa materiaalia, jotta sulamisesta johtuvia häiriöitä voitaisiin ennaltaehkäistä.

Koekäyttöjohtosarjojen kanssa työskennelleiden henkilöiden näkemysten mukaan suurimpana ongelmana koekäyttöjohtosarjojen nykytilanteessa on sarjojen jääminen päivitysvaiheeseen. Sarjoja on päivitetty tarpeen mukaan yksitellen, jolloin päivityksistä ei ole tullut yhdenmukaisia, mikä on tehnyt sarjoista osin vaikeaselkoisia. Päivitykset ovat toteutettu yhden sähkötekniikon toimesta, eikä niistä ole tehty suunniteltuja piirustuksia. Tämä ei varsinaisesti haittaa suljetulla tuotekehitysosastolla, mutta tuo hankaluuksia esimerkiksi tilanteissa, joissa johtosarjoihin tarvittaisiin joitakin tarkempia korjaus- tai lisäystoimenpiteitä, kun tämä sähkötekniikko ei ole tavoiteltavissa. Tällöin muiden henkilöiden korjauksiin on kulunut huomattavasti enemmän aikaa, kun sarjoista ei ole ollut selkeää mallia tai esimerkkiä, jonka mukaan toimenpiteet suoritettaisiin. Tämän vuoksi johtosarjoja tulisi yhdenmukaistaa, esimerkiksi uudistamalla kaikki tarvittavat sarjat kerralla sellaisiin kokoonpanoihin, joita yleensä testataan, ja erillisiin erikoistestauksiin tehtäisiin omat sarjat, esimerkiksi nykyisistä sarjoista muokkaamalla, jolloin uusiin sarjoihin ei syntyisi tavanomaisten testauksien osalta tarpeettomia lisäyksiä, eikä satunnaisiin erikoistestauksiin tarvitsisi tehdä kokonaan uusia johtosarjoja.

Sarjojen jäädessä päivitysvaiheeseen, täysin päivitettyjen johtosarjojen lukumäärä moottorien testikäyttöön on riittämätön. Johtosarjoja tulisi olla jokaiseen testisoluuun niiden tarpeiden verran, jolloin jokaisessa solussa tarvittavia johtosarjoja ei lainattaisi toisista soluista. Sellaisia johtosarjoja, joilla ei ole toistuvaa tarvetta, ei tarvitsisi olla jokaisessa testisolussa omaa, mutta niitä tulisi olla sen verran, etteivät ne loppuisi kesken. Johtosarjoja tulisi kutakin olla myös muutama varakappale, jotta testauksia voitaisiin jatkaa heti varasarjalla, sillä välin kun testisolun oman sarjan vikaa diagnosoidaan ja korjataan.

Johtosarjoilla ei ole yksiselitteisesti sovittua säilytyspaikkaa testisoluissa. Joissakin testisoluissa on seinäkoukkuja, joihin meneillään olevassa testissä käyttämättömiä johtosarjoja ripustetaan, mutta osista testisoluista nämä puuttuvat, jolloin johtosarjoja säilötään usein lattioilla testisolujen nurkissa. Lattioilla olevat johtosarjat ovat alttiita rikkoutua niiden päältä kävellessä, ja ne aiheuttavat turvallisuusriskin, sillä niihin on vaarana kompastua. Mikäli testisoluissa on tilaa, tulisi

loppuihinkin testisoluihin asentaa seinäkoukut johtosarjojen säilytykseen ja poistaa soluista käyttökelvottomat johtosarjat. Vastaavasti jos testisoluissa ei ole tilaa säilöä johtosarjoja, tulisi niille olla sopiva paikka muualla, mistä ne ovat helposti saatavilla ja missä ne eivät vaurioidu.

5 KOEKÄYTTÖJOHTOSARJOJEN NYKYISET OMINAISUUDET JA VAATIMUKSET

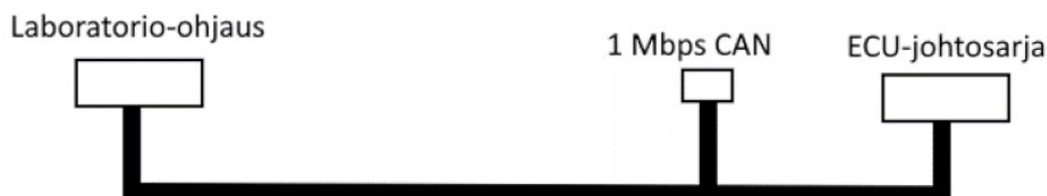
Moottorilaboratorion testiympäristö tuo koekäyttöjohtosarjoille tiettyjä ominaisuuksia ja vaatimuksia, jotta ne toimisivat oikein ja olisivat sopivia kyseiseen ympäristöön. Esimerkiksi ajoneuvokäyttöön verrattuna, moottorilaboratoriossa johtosarjat ovat kiinnitettynä eri kohdista, niihin kohdistuu erilaisia värinävoimia kuin ajoneuvossa ja niihin kohdistuu erilainen lämpökuorma, kun niiden toimintaympäristössä on tasaisempi lämpötila, verraten ajoneuvossa viilentävään ajoilmavirtaan ja moottorin tuulettimen tuottamaan ilmapvirtaan. Moottorilaboratoriossa johtosarjoihin kohdistuu myös pienempi sähkömagneettinen säteily, verrattuna ajoneuvoon, joka on varusteltu esimerkiksi tehokkaalla navigointijärjestelmällä tai muunlaisella signaaleja lähettävällä ja vastaanottavalla laitteella. Oleellisessa osassa moottorilaboratorion koekäyttöjohtosarjoihin liittyviä ominaisuuksia on etenkin liittinten yhteensopivuus, johtojen pituus ja eristys sekä johtosarjojen riittävyys. Vaatimuksienmukaiset johtosarjat varmistaisivat niiden yhteensopivuuden testisoluissa, eikä sattuisi tilanteita, joissa sopivaa johtosarjaa ei olisi saatavilla.

Käytössä olevissa koekäyttöjohtosarjoissa on useita liittimiä, joita on tehty vuosien saatossa päästötasojen päivittyessä. Kuitenkin monet näistä liittimistä on siirretty toiseen paikkaan koekäyttöjohtosarjoja, jolloin useampi liitin on jäänyt käyttämättömäksi, kun jo nyt päivitetyn johtosarjoja on alettu ottaa käyttöön. Laboratoriokäytön osalta koekäyttöjohtosarjoissa on myös kokonaan käyttämättömiä liittimiä, sillä koekäyttöjohtosarjojen pohjalla on toiminut ajoneuvokäytössä olevia johtosarjoja. Näiden liittimien toiminnot on korvattu erillisellä laboratorio-ohjauksilla, jolloin liittimille ei ole varsinaista käyttöä koekäyttöjohtosarjoissa.

5.1 Ajojohtosarja

Laboratorio-ohjauksen ja moottorinohjausyksikköön kiinnittyvän ECU-johtosarjan yhdistävä ajojohtosarja mahdollistaa moottorien laboratorioajon. Sen päätehtävänä on toimia välittäjäjohtona ECU-johtosarjan ja laboratorio-ohjauksen välissä

ja tiedonsiirtoyhteudet laboratorio-ohjaukseen (kuvio 4). Ajojohtosarjat ovat yhteensopivia kaikkien ECU-johtosarjojen kanssa, sillä ne kiinnittyvät toisiinsa samoilla liittimillä. 250 kbps yhteys ECU:lta laboratorio-ohjaukselle viedään ajosarjan läpi ECU-johtosarjan liittimen kautta, mutta 1 Mbps tiedonsiirtoyhteys on sijoitettu ajojohtosarjaan erillisellä liittimellä yhteyden toiminnan varmistamiseksi.



*Ei mittakaavassa

KUVIO 4. Esimerkkikuva ajojohtosarjasta liittimiseen.

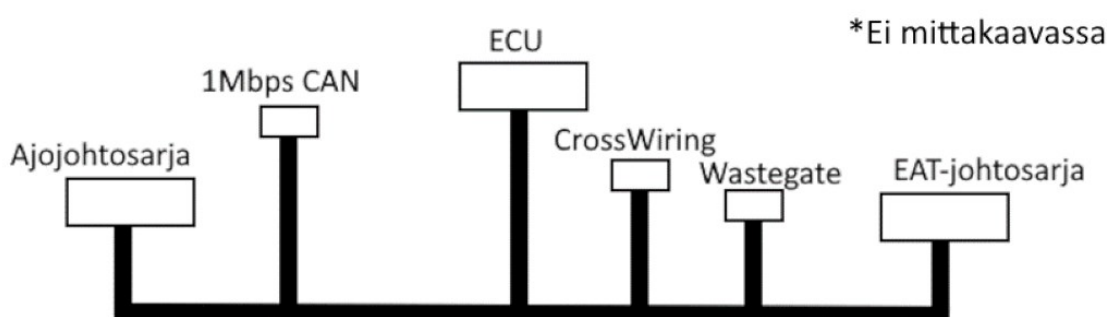
Tällä hetkellä käytössä olevissa ajojohtosarjoja on useampia eri versioita, johtuen eri päästötasojen tuomista vaatimuksista päivittää sarjoihin muun muassa valmiuksia tiedonsiirtoväylille ja jälkikäsittelylaitteiden antureille. Kuitenkin useiden ominaisuuksien siirryttyä pois ajojohtosarjasta, kuten jälkikäsittelyantureiden siirtyminen kokonaan jälkikäteen rakennettuun EAT-johtosarjaan, nämä liitännät ovat jääneet ylimääräisiksi. Tarvittavat liittimet ajojohtosarjoihin ovat taulukossa 5 lueteltuna. Ajojohtosarjojen pituus laboratorio-ohjaukseen vievältä puomilta ECU-johtosarjan liittimeen vaihtelee testisolujen rakenteen mukaan noin 3,5 metrin ja 4,5 metrin välillä. CAN-väylän liitäntä on sijoitettuna ECU-johtosarjan liittimen läheisyyteen ja sen johtohaara on myös testisolun rakenteen mukaan pituudeltaan noin 1–1,5 metriä.

TAULUKKO 5. Vaaditut liittimet ajojohtosarjassa.

Käyttökohde:	Lukumäärä:	Liitin:	Liitospinnipaikat:
ECU- ja ajojohtosarjan yhdistävä liitin	1	AMP MCP LEAVYSEAL musta (naaras)	62
Ajojohtosarjan ja laboratorio-ohjauksen yhdistävä liitin	1	AMP MCP 2,8 vihreä (naaras)	39
CAN-liitin 1Mbps	1	AMP HDSCS (naaras)	6

5.2 ECU-johtosarja

Laboratorio-ohjauksen mahdollistavaan ajojohtosarjaan, moottorinohjaimeen sekä jälkikäsittelylaitteiston antureihin ja toimilaitteisiin yhdistyvään EAT-johtosarjaan kiinnittyvän ECU-johtosarjan päätehtävinä on yhdistää johtosarjakokonaisuuksia moottorinohjausyksikköön sekä kuljettaa viestejä moottorinohjausyksikölle jälkikäsittelylaitteistolta ja laboratorio-ohjaukselta (kuvio 5). Koska erilaisilla liittimillä kiinnittyviä moottorinohjausyksiköitä on käytössä useampia, on myös ECU-johtosarjoja oltava erilaisia.



KUVIO 5. Esimerkkikuva ECU-johtosarjasta

Moottorinohjaimen sijainti testiajojen aikana luo vaatimuksen ECU-johtosarjan johtolinjojen pituuksille. Toisessa moottoriperheessä moottorinohjausyksikkö voi olla kiinnitettynä moottorin kylkeen kiinni, kun taas toisessa se voi olla kiinnitettynä väliaikaiseen telineeseen moottorin viereen. Moottorijohtosarjan moottorinohjausyksikölle tulevan johtolinjan pituus määrittelee pitkälti mahdollisuudet moottorinohjausyksikön mahdolliselle sijainnille testiajojen aikana. Moottorinohjausyksikköjen liittimien lisäksi myös moottorin johtosarjaan kiinnittyvän tiedonsiirtoväylän liitin on erilainen eri moottoriperheissä. Ahtimen hukkaportin aktuaattorin ohjaus on myös yhdessä mallissa toteutettu moottorijohtosarjan sijaan ECU-johtosarjasta.

Tällä hetkellä ECU-johtosarjoissa tarvittavat liittimet ovat lueteltuna taulukossa 6. Taulukossa ECU- ja ajojohtosarjan yhdistävä liitin ja ECU- ja EAT-johtosarjan yhdistävä liitin on käytössä jokaisessa ECU-johtosarjassa moottorinohjausyksikön mallista riippumatta. Eri moottorinohjainmallien lisälaitetiedonsiirtoyhteyksiin käytettävien CrossWiring liitäntöjen liittimet ovat kuitenkin erilaisia eri moottorinoh-

jausyksikkömallien välillä. ECU-johtosarjojen pituudet ovat ajojohtosarjan liittimestä ECU:n liitimeen keskimäärin yhden metrin mittaisia, ja ajojohtosarjan liittimestä EAT-johtosarjan liitimeen noin 50 cm mittaisia.

TAULUKKO 6. Yleisimpien käytössä olevien ECU-johtosarjojen liittimiä.

Käyttökohde:	Lukumäärä:	Liitin:	Liitospinni-paikat:
Ahtimen hukkaportin aktuaattori (ECU 3)	1	TE HDSCS (naaras)	12
CrossWiring (ECU 1)	1	TE HDSCS (naaras)	18
CrossWiring (ECU 2 ja ECU 3)	1	TE HDSCS (naaras)	12
ECU 1 -liitin	1	Bosch 192/228P EMS	96
ECU 2 -liitin	1	Bosch 154P-V EMS	94
ECU 3 -liitin	4	Bosch 336P-CV EMS	48
ECU- ja ajojohtosarjan yhdistävä liitin	1	AMP MCP 2,8 musta (uros)	62
ECU- ja EAT-johtosarjan yhdistävä liitin	1	AMP MCP 2,8 vihreä (naaras)	39

5.3 EAT-johtosarja

Jälkikäsittelylaitteiston antureiden ja toimilaitteiden moottorinohjausyksikköön yhdistävän johtosarjan päätehtävänä on toimittaa antureiden mittaamat määreet moottorinohjausyksikölle ja toimittaa moottorinohjausyksikön lähettämiä käskyjä toimilaitteille. Käytössä olevien jälkikäsittelylaitteiden antureiden liittimet ovat samanlaisia moottorityypistä ja päästötasosta riippumatta, joten käytännössä yksi jälkikäsittelylaitteiden johtosarja, eli EAT-johtosarja kävisi jokaiseen testikokoonpanoon. Tällä hetkellä varustelluin EAT-johtosarja on Stage 5 -päästötasolle tarkoitettu johtosarja. Kyseisellä johtosarjalla voisi siis toteuttaa jokaisen päästötason kokoonpanot, kun alemman päästötason kokoonpanoissa ylimääräiset liittimet jäävät kytkemättä.

Tällä hetkellä käytössä olevissa Stage 5 EAT-johtosarjoissa ovat taulukossa 7 esitellyt, yhteensä 12 liitintä antureille ja toimilaitteille, jonka lisäksi EAT-johtosarja ja ECU-johtosarja yhdistetään isommalla johtosarjojen välisellä liittimellä. Jokaisen johdon pituus johtosarjat yhdistävältä liittimeltä anturiliittimelle on kolme metriä, pois lukien ympäröivän ilman lämpötila-anturille kulkeutuva johto, joka on 30 cm – 1 m pituinen tällä hetkellä käytössä olevissa sarjoissa. Johdot lähtevät erillisinä heti johtosarjat yhdistävältä liittimeltä (kuva 1), jotta johdot voidaan rei-tittää heti tarvittavaan asennussuuntaan haluttua anturia kohti.

TAULUKKO 7. EAT-johtosarjan antureiden ja toimilaitteiden liittimet.

Käyttökohde:	Lukumäärä:	Liitin:	Liitospinni-paikat:
Lämpötila-anturi	4	AMP Superseal (naaras)	2
NO _x -anturi	2	Hirschmann 1.2 Sealstar FA (naaras)	5
Paine-eroanturi	2	AMP HDSCS (naaras)	3
DEF-tankki (lämpötila ja taso)	1	AMP HDSCS (naaras)	4
DEF-syöttömoduuli	1	TE HDSCS (naaras)	12
DEF-annostelumuoduuli	1	Bosch Kompakt connector 4 (naaras)	2
Ympäristön lämpötila-anturi	1	Bosch Kompakt connector 4 (naaras)	2
EAT- ja ECU-johtosarjan yhdistävä liitin	1	AMP MCP 2,8 vihreä (uros)	39



KUVA 1. Stage 5 EAT-johtosarja (Kuva: Juho Salo)

Kyseisillä varusteilla olevia EAT-johtosarjoja vaadittaisiin yksi jokaiseen testisoluuun, jonka lisäksi muutama sarja valmistettaisiin varakappaleeksi. Varakappaleita voitaisiin käyttää esimerkiksi silloin, kun jonkun testisolun omaa vaurioitunutta johtosarjaa huolletaan. Tällä varmistettaisiin johtosarjojen riittävyys jokaiseen testisoluuun myös vikatilanteissa. Johtosarjoissa olisi merkittynä numeroilla, mistä testisolusta kyseinen sarja on, jotta huoltojen yhteydessä ne palautuisivat omille paikoilleensa. Myös varakappaleet olisivat nimetyt, jottei kyseisiä sarjoja jäisi testisoluihin, kun varsinaiset johtosarjat ovat huollettu. Johtosarjojen numeroinnilla pyritään kartoittamaan johtosarjoihin mahdollisesti ilmaantuvia vikoja. Vaikka johtosarjat tulevat olemaan samanlaisia riippumatta niiden valmistajasta ja valmistustavasta, voi niissä silti esiintyä laadullisia eroja. Merkityillä johtosarjoilla voidaan myös selvittää, miten tietyt testit vaikuttavat niiden kestävyyskykyyn, kun tietyn testisolun testit voidaan jäljittää. Tällöin johtosarjoihin pystytään tulevaisuudessa tekemään vielä tarkempia parannuksia erilaisissa testikäyttötilanteita varten.

6 KOEKÄYTTÖJOHTOSARJOJEN PÄIVITYSEHDOTUKSET

Koekäyttösarjojen päivitysten jäädessä jälkeen jatkuvasti kehittyviä testisuunnitelmia eri moottorinohjaimilla, kaikkien testisolujen tulisi olla päivitettyinä johtosarjojen osalta. Tällöin voitaisiin varmistua siitä, että testauksia voidaan suorittaa ilman viivästyksiä koekäyttöjohtosarjojen asennuksiin liittyen, kun jokaisessa testisolussa olisi aina varmuudella sopivat johtosarjat. Tämän saavuttamiseksi koekäyttöjohtosarjoja tulisi olla riittävästi ja niiden tulisi olla määritettyjen ominaisuuksien ja vaatimusten mukaisia.

Päivitystarpeiden mukaan, koekäyttöjohtosarjojen päivityksen toteutukselle on useita eri mahdollisuuksia, jotka tuovat hyötyä eri aikaväleillä. Nopeaan päivitystarpeeseen voitaisiin luoda tulevaisuuden osalta tiedettyjen päivitystarpeiden kestävä ratkaisu, kun taas pidemmällä aikavälillä kannattavampi uudistus olisi mahdollisesti hitaampi toteuttaa.

6.1 Koekäyttöjohtosarjojen päivitys kokonaisuutena

Koekäyttöjohtosarjojen päivitys olisi tuotekehityksen resurssit huomioiden todennäköisesti tehokkainta toteuttaa tilaamalla halutunlaiset johtosarjat ulkoiselta tekijältä, jolloin johtosarjat saataisiin käyttöön kaikki yhdellä kertaa, ja todennäköisesti nopeammin kuin tehden ne itse. Nopein siirtymä nykyisellä käytöllä tarvittaviin koekäyttöjohtosarjoihin tavallisissa testikokoonpanoissa olisi teettää nykyisiin moottorinohjausyksikköihin yhteensopivat, tarvittavilla liittimillä varustellut koekäyttösarjat, jotka sopisivat suoraan tämänhetkisten toteutusten paikalle ja vastaisivat koekäyttöjohtosarjojen nykyisiä vaatimuksia.

Nykyistä toteutusta voisi kuitenkin jalostaa eteenpäin yhtenäistämällä koekäyttöjohtosarjojen osia, jolloin päivitettyihin johtosarjoihin siirtyminen olisi mahdollisesti hitaampaa kuin vain nykyisen järjestelmän päivitys, mutta johtosarjoista saataisiin toisiinsa nähden samankaltaisempia. Koekäyttöjohtosarjojen toteutuksen voisi uudistaa myös tulevaisuutta ajatellen kokonaisuudistuksella, joka kuitenkin vaatisi suuremman mittakaavan suunnittelua, ja olisi vielä hitaampi toteuttaa verrattuna nykyisen toteutuksen jalostamisvaihtoehtoon.

6.1.1 Nykyisen toteutuksen päivityksen viimeistely

Tämänhetkisten koekäyttöjohtosarjojen tilalle suoraan sopivien sarjojen toteutuksessa jokaiseen aktiivisessa käytössä olevaan moottorinohjausyksikön ja laboratorio-ohjauksen yhdistävään ECU-johtosarjaan lisättäisiin haara EAT-johtosarjalle, kuten jo suurimmassa osassa tähän mennessä päivitetystä ECU-johtosarjoista on tehty. Täten ajoneuvojohtosarjoihin saataisiin yhdistettyä jo olemassa olevia EAT-johtosarjoja, joita voitaisiin käyttää varakappaleina, jos tuleviin EAT-johtosarjoihin tarvitsisi tehdä huoltoja, tai niitä voitaisiin mahdollisuuksien mukaan käyttää testeissä, joissa johtosarjaan tarvittaisiin lisäänturointia tai muuten muokkausta. ECU-johtosarjoista muokattaisiin yksinkertaisempia, eli niistä poistettaisiin liittimet, joita ei olla käytetty laboratoriotestauksessa.

Ajojohtosarjat ovat jokaisessa koekäyttösolussa melko hyvässä kunnossa, tosin käytännössä jokaisessa niissä on nykyisin tarpeettomia liittimiä, kuten liittimet NO_x-antureille, jotka ovat nykyisessä toteutuksessa siirtyneet EAT-johtosarjaan. Tämän vuoksi ajojohtosarjojen päivittäminen uudempiin ei ole niiden ominaisuuksien puolesta pakollista, vaan käytössä olevat ajojohtosarjat ovat hyvin kelvollisia. Perusteluna kuitenkin mahdolliselle ajojohtosarjojen päivitykselle voisi olla ylimääräisten liitântöjen karsiminen pois, jolloin johtosarjanipuista tulisi siistimmät.

EAT-johtosarjat päivitettäisiin käytössä olevien johtosarjojen kanssa samankaltaisiin, mutta paremmin suojattuihin versioihin. EAT-johtosarjat olisivat siis Stage 5 yhteensopivia, jolloin ne kävisivät kaikkiin tähänastisiin päästöluokkiin. Alempien päästötasojen testeissä tyhjiksi jääviin liittimiin laitettaisiin tulpat, jotka estäisivät likaa ja nesteitä kulkeutumasta liitinpinnoihin. Johtojen eristysmateriaalin sekä johdinten lämmönkestävyyttä tulee tarkastella tarkemmin, sillä nykyisissä johtosarjoissa on esiintynyt johtimien sulamista yhteen ulkoisten eristysputkien sisällä. Tämä voisi johtua esimerkiksi käyttökohteeseen nähden sopimattoman johtimen mitoituksesta, mutta myös liian kuumaan paikkaan asetetuista johdoista asennettaessa johtosarjaa kiinni jälkikäsitteilylaitteistoon.

Jokainen johtosarjan haara tulisi olla merkitty, jotta se osattaisiin kytkeä oikeaan jälkikäsitteilyanturiin tai toimilaitteeseen. Merkintöjen tulee olla kulutusta kestäviä, jotta ne säilyisivät selkeinä ja luettavina. Lisäksi ne olisivat samanlaiset jokaisessa erillisessä EAT-johtosarjassa, jotta sarjat olisivat yhdenmukaiset. Mikäli merkinnät menevät mahdollisten päivitysten tai huoltojen myötä ristiin samanlaiset liittimet omaavissa johdoissa, merkinnät korjataan heti ongelman tultua ilmi.

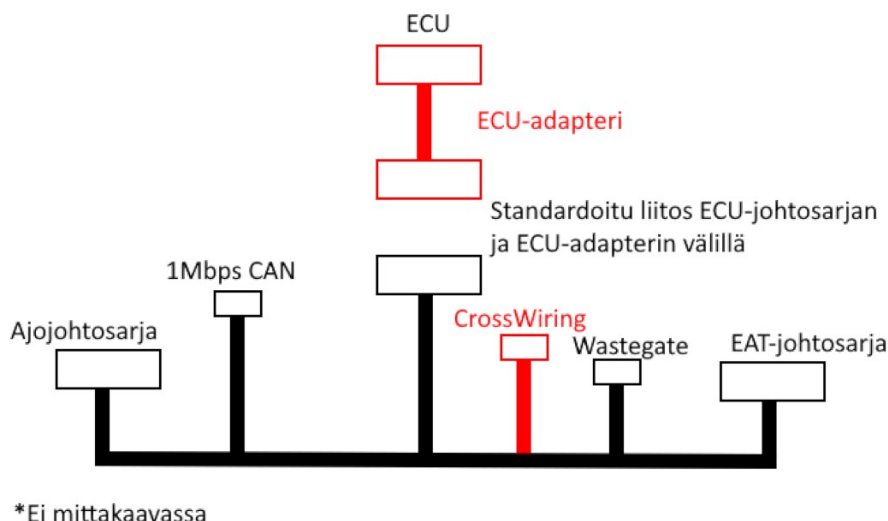
Nykyisen toteutuksen päivityksen viimeistely olisi todennäköisesti helpoin vaihtoehto nykyisten koekäyttöjohtosarjojen päivitykseen. Mikäli johtosarjat olisivat toteutettu nykyisten johtosarjojen mallien mukaan, sopisivat ne todennäköisesti suoraan paikoilleen ja niiden käyttöönotto olisi nopeampaa, verrattuna tilanteeseen, jossa uusia järjestelmiä testattaisiin ennen kaikkien testisolujen päivitystä. Kuitenkin tarvittavien päivitysten lisäämisenkin jälkeen, johtosarja toisi rakenteellaan mahdollisuuksien lisäksi mukanaan myös uhkia (taulukko 8). Koska nykyisilläkin koekäyttöjohtosarjoilla on pystytty toimimaan, vaikkakin välillä välttävästi, olisi johtosarjojen määrällinen lisääminen ja luotettavuuden parantaminen yksinkertaisin tapa tehostaa nykyistä toteutusta. Koska liittimet pysyisivät samoina ja johtosarjat olisivat ulkomuodoltaan käytännössä muutamia muokkauksia lukuun ottamatta samankaltaiset, ne sopisivat suoraan paikoilleen ilman muun laboratoriojärjestelmän muuttamista ja asentajien ei tarvitsisi opetella toimimaan kokonaan uusien johtosarjojen kanssa. Johtosarjojen varastointi testisolujen sisällä kuitenkin mahdollisesti hankaloituisi, sillä lisäsuojukset kasvattaisivat hieman etenkin EAT-johtosarjan kokoa, tuoden johtoihin lisää paksuutta.

TAULUKKO 8. Nykyisen toteutuksen päivityksen SWOT-analyysi.

Vahvuudet <ul style="list-style-type: none"> • Sopii suoraan nykyiseen järjestelmään • Asentajille tuttu vaihtoehto • Vaihtoehtoista halvin toteuttaa 	Heikkoudet <ul style="list-style-type: none"> • Sarjan koko säilyy nykyiseen tilanteeseen verrattuna samana tai hieman kasvaa • Erilaisten johtojen kokonaismäärä pysyy nykyiseen tilanteeseen verrattuna samana
Mahdollisuudet <ul style="list-style-type: none"> • Helppo päivittää nykyisten johtosarjojen pohjalta • Mahdollisuus ottaa heti käyttöön johtosarjojen valmistuttua 	Uhat <ul style="list-style-type: none"> • Yhtä kankea tai kankeampi kuin nykyinen johtosarja • Johtosarjojen varastointi testisolujen sisällä hankaloituisi

6.1.2 Nykyisen toteutuksen jalostaminen

Nykyistä toteutusta koekäyttöjohtosarjoista olisi mahdollista jalostaa yhtenäisemmäksi kokonaisuudeksi, muokkaamalla tähän mennessä moottorinohjaintyypeille yksilölliset ECU-johtosarjat kaikille moottorinohjaimille sopiviksi. Tämän voisi toteuttaa tekemällä yhden ECU-johtosarjamallin, johon eri moottorinohjaimet voisi yhdistää adapteripalalla (kuvio 6), jolloin liitospinnit saataisiin yhdistettyä haluttuihin johtimiin. Adapteripala olisi siis yksilöllisten moottorinohjausyksikkömallien pinnijärjestyksen ja laboratoriokäyttöön standardoidun ECU-johtosarjan pinnijärjestyksen yhdistävä liitos. ECU-johtosarjoja tarvitsisi näin ollen olla vain yhdenlaisia testisoluisia, joka vähentäisi ECU-johtosarjojen kokonaislukumäärää. Kyseinen ratkaisu voisi mahdollistaa ajoneuvojohtosarjan asennuksen kiinteäksi testisolun, kun sitä ei tarvitsisi enää vaihtaa eri moottorinohjaimille sopivaksi.



KUVIO 6. ECU-adapteripala yhtenäistetyssä ECU-johtosarjassa

Testijaosten koekäyttäjiä haastatellessa keskustelut kääntyivät myös moottorilaboratorion kehittämiseen koekäyttöjohtosarjojen rinnalla. Tällä hetkellä koekäyttöjohtosarjat kulkeutuvat laboratorio-ohjauksen mahdollistavaan valvomoon puomia pitkin, johon koekäyttöjohtosarja kiinnittyy ajojohtosarjalla. Jokaisen testisolun puomissa on kiinni koekäyttöjohtosarjan lisäksi vain muutama laboratoriomittaus, jonka vuoksi usein tilaa vievä ja hankalasti käsiteltävä puomi on koettu enemmän haitaksi kuin hyödyksi. Tämän takia koekäyttöjohtosarjojen päivityksessä voisi ottaa huomioon myös koekäyttöjohtosarjojen läpiviennin valvomoon toista vaihtoehtoista reittiä pitkin, jolloin puomeista olisi mahdollista luopua. Eri-laisen läpiviennin avulla voitaisiin myös paremmin mahdollistaa koekäyttöjohtosarjan kiinteämpää asennusta, jolloin johtosarjan voisi sijoittaa huomaamattomampaan ja vähemmän tiellä olevaan paikkaan.

Ajojohtosarjan päivittäminen ei ole myöskään tässä vaihtoehdossa pakollista, sillä se olisi yhä todennäköisesti yhteensopiva yhtenäistetyn ECU-johtosarjan kanssa. Kuitenkin, jos edellä mainituista puomeista luovuttaisiin tulevaisuudessa, tulisi ajojohtosarjojen pituudet ja reititykset määritellä uudelleen. Tässä tilanteessa kokonaan uusien ajojohtosarjojen teettäminen ilman ylimääräisiä liitäntöjä halutulla pituudella toisi siistityt ja yksinkertaistetummat ajojohtosarjat testisoluihin.

Yhtenäisen ECU-johtosarjan huonona puolena on sen tuoma suunnittelutyö, sillä usean eri moottorinohjaimen sovittaminen sopivaksi yhteen liittimeen vaatisi tarkempaa pinnikohtaista tarkastelua. Tämän lisäksi ECU-johtosarjan ja moottorinohjaimien adapteripalan välillä tulisi olla liitin varusteltuna riittävän monella pinnipaikalla, jotta se olisi yhteensopiva eri moottorien välisten anturien kanssa. Lisäksi ECU-johtosarjan CrossWiring liitännässäkin tulisi olla standardoitu liitos, johon eri moottorimallien CrossWiring liitännät olisivat yhteensopivia adapterilla. Moottorinohjaimien ja CrossWiring liitäntöjen mahdollisuus toteuttaa yhteen ECU-johtosarjaan ei kuitenkaan ole täysin varmaa, ja toteutuksen käyttöönotto tarvitsisi näin ollen mahdollisesti muutoksia myös ajojohtosarjaan.

Moottorinohjausyksikkömalleja olisi todennäköisemmin mahdollista yhdistää kaikkien käytössä olevien mallien sijaan helpommin vain muutama yhteen ECU-johtosarjaan adapteripalalla, jolloin ECU-johtosarjoja tulisi olla useampia. Tämä kuitenkin veisi mahdollisuuden tehdä ECU-johtosarjasta kiinteästi testisoluun asennettavan, kun sarjoja joutuisi vaihtamaan eri moottorinohjainmallien välille. Lisäliittimien tuonti johtosarjaan tuo myös lisää liitoksia, joissa erilaiset häviöt jännitteessä ovat mahdollisia ja joissa voisi esiintyä vikaa, joten liitoksen suojauksesta ja tiiveydestä tulee huolehtia samalla lailla kuin muidenkin liitosten kohdalla.

Nykyisen toteutuksen jalostamisvaihtoehto olisi siis kutakuinkin samankaltainen vaihtoehto kuin nykyisen toteutuksen päivitys, pitäen sisällään samat päivitykset, ainoastaan muuttaen moottorinohjausyksikkömallikohtaiset johtosarjat yhtenäiseksi johtosarjan osaksi, johon jokainen käytössä oleva moottorinohjausyksikkö sopisi adapterilla liitettynä. Kyseinen vaihtoehto toisi mukanaan erilaisia mahdollisuuksia (taulukko 9) myös laboratorion kehittämiseen, mutta herättää kysymyksen, tuoko se riittävästi uudistusta, jotta se olisi kannattava toteuttaa.

TAULUKKO 9. Nykyisen toteutuksen jalostamisen SWOT-analyysi.

Vahvuudet <ul style="list-style-type: none"> • Sopisi suoraan nykyiseen järjestelmään • Asentajille tutunlainen perusta • Vähemmän johtosarjoja testisoluissa 	Heikkoudet <ul style="list-style-type: none"> • Johtosarjojen koko voi kasvaa, kun sarjoista tehtäisiin kaikille moottorinohjaintyypeille sopivat • Vaatii ylimääräistä suunnittelutyötä
Mahdollisuudet <ul style="list-style-type: none"> • Mahdollisuus tehdä kiinteä asennus, johon lisätä adapteripaloja • Puomin poiston mahdollisuus kiinteässä asennuksessa • Mahdollisuus toteuttaa nykyiseen järjestelmään sidottuna rajallinen määrä uudistuksia 	Uhat <ul style="list-style-type: none"> • Lisäliittimiä, joiden tiiveydestä täytyy pitää huolta • Ei välttämättä tuo merkittävää uudistusta verrattuna nykyisen toteutuksen päivitykseen ollakseen kannattava

6.1.3 Tulevaisuuden kokonaisuudistus

Mikäli koekäyttöjohtosarjojen toteutusta lähdettäisiin uudistamaan siten, että se vaatisi laajempaa suunnittelutyötä, voisi johtosarjat uudistaa kokonaisuudessaan siten, ettei nykyinen toteutus toisi rajoitteita haluttuihin ominaisuuksiin. Pidemmän aikavälin uudistuksena koekäyttöjohtosarjat voitaisiin toteuttaa esimerkiksi breakout box -tyylisenä johtosarjalaatikkona. Johtosarjalaatikon avulla voitaisiin lisätä koekäyttöjohtosarjojen modulaarisuutta ja yhtenäisyyttä, luomalla tietyt rajapinnat, joiden sisällä toimia. Tämän tyyllisen toteutuksen valmisteleminen ja suunnittelu voi kuitenkin olla pitkäkestoista, joten kyseinen ratkaisu ei olisi sopiva lyhyellä aikavälillä ja kiireelliseen tarpeeseen.

Johtosarjalaatikko olisi yhteensopiva jokaisen moottorinohjausyksikkömallin kanssa, joko yhdellä liittimellä ja adapterijohdoilla, tai jokaiselle moottorinohjausyksikölle olisi oma liitin laatikossa. Laatikosta lähtisi jokaiselle anturille ja toimilaitteelle omat johdot omilta liittimiltä. Näin saataisiin vaihdettua vaurioituneet johdot yksitellen, eikä suurempaa osaa johtosarjasta tarvitsisi vaihtaa tai ottaa tarkasteluun korjaustoimien ajaksi. Tällöin ei olisi enää tarvetta tehdä esimerkiksi

kokonaisia EAT-johtosarjoja varalle, vaan pelkästään varajohdot eri antureille riittäisivät. Johtosarjalaatikon kokoa voitaisiin kuitenkin pienentää, mikäli samasta liittimestä lähtisi useammalle anturille johtimia,

Johtosarjalaatikon ja anturien välillä yksittäin kytkettävät johdot mahdollistavat myös sen, että tietyissä testeissä ylimääräiseksi jäävät johdot voidaan jättää kokonaan pois. Tällöin johtojen kokonaismäärä vähenisi näissä testeissä, eikä johtoja olisi testisoluissa tiellä. Johtojen pituuksia voitaisiin myös optimoida eri kokoonpanoihin eri jälkikäsittelyvarustuksilla. Lisäksi laatikossa voisi olla valo-merkki jokaisen liittimen yhteydessä, josta näkisi johtojen toiminnan, kun jännite olisi kytkettynä. Näin vianetsintää ja diagnosointia voitaisiin nopeuttaa ja helpottaa.

Johtosarjalaatikon koko voi tuoda haasteen sen sijoittamisessa testisoluun. Eri-laisten liittimien sisällyttäminen ja sijoittaminen laatikkoon voi kasvattaa sen kokoa, jonka vuoksi laatikkoa suunnitellessa tulee muistaa vaihtoehdon käytettävyyden. Liian suuri laatikko olisi mahdollisesti hankala sijoittaa testisoluun, tai se vaatisi erillisen telineen, joka voi viedä liikaa tilaa jo valmiiksi ahtaiksi todetuissa testisoluissa. Kuitenkin optimaalisesti mitoitettu ja sijoitettu laatikko toisi testisoluihin enemmän tilaa verrattuna nykyiseen toteutukseen, kun lattioilla olevien kokonaisten johtosarjojen sijaan laatikko voitaisiin asettaa esimerkiksi moottorin yläpuolelle, josta johdoilla olisi yleisesti suoraviivainen reitti antureille.

Johtosarjalaatikko olisi siis samankaltainen toteutus, kuin yhtenäinen ajoneuvosarja, mutta vähemmällä määrällä näkyviä johtoja. Laatikon suunnittelu todennäköisesti veisi aikaa, jolloin uudistus olisi hitaampi toteuttaa kuin vain nykyisen toteutuksen päivittäminen. Samalla laajempi päivitys voi olla myös kalliimpi ker-tainvestointi, mutta pitemmällä aikavälillä kannattava uudistus. Kuitenkin näiden uhkien lisäksi johtosarjalaatikko toisi suunnitteluvaiheessa melko vapaat kädet mahdollisuuksille valikoida eri ominaisuuksia (taulukko 10).

TAULUKKO 10. Tulevaisuuden kokonaisuudistuksen SWOT-analyysi.

Vahvuudet <ul style="list-style-type: none"> • Täysin uuteen kokonaisuuteen helpompi lisätä haluttuja ominaisuuksia kuin päivitettävään, olemassa olevaan sarjaan • Tiivis kokonaisuus kytkentöjä 	Heikkoudet <ul style="list-style-type: none"> • Pitempiaikainen suunnittelu verrattuna nykyisen toteutuksen jalostamiseen • Mahdollisesti kalliimpi vaihtoehto kertainvestointina
Mahdollisuudet <ul style="list-style-type: none"> • Mahdollistaa uusien toteutustapojen miettimisen • Johtojen pituuksien optimointi eri kokoonpanoihin 	Uhat <ul style="list-style-type: none"> • Alkuun mahdollisesti vaikeasti opittava asennus • Laatikon sijoitusmahdollisuudet testisoluihin

6.2 Yksittäiset huomiot koekäyttöjohtosarjojen päivityksissä

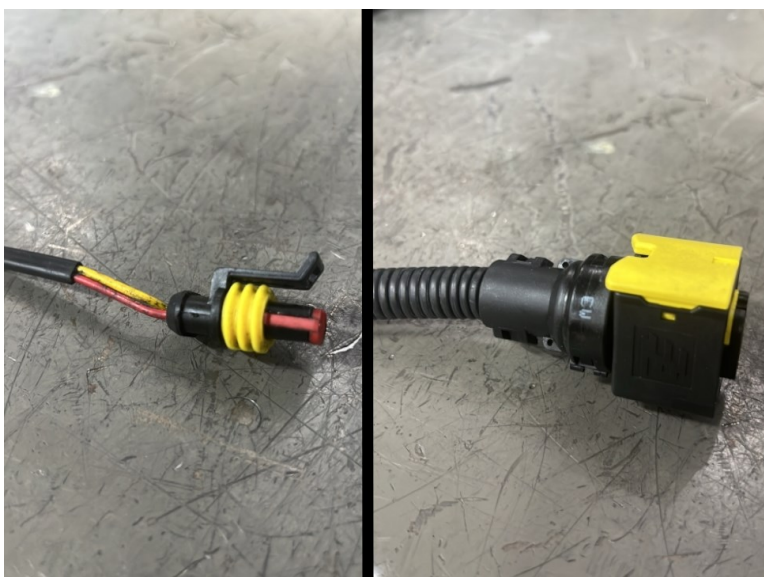
Johtosarjoja päivittäessä on keskeisimmässä osassa tärkeää huomioida myös aikaisemmista kokemuksista huomattuja ongelmakohtia. Toimivien johtosarjojen lisäksi niistä olisi tehtävä myös käyttöä kestäviä, jotta ylimääräisiltä johtosarjojen huolloilta vältyttäisiin. Johtosarjojen tulisi säilyä myös yhtä käytännöllisinä kuin aikaisemmin, eikä esimerkiksi lisäsuojauksien tulisi haitata johtosarjojen käytettävyyttä huomattavasti. Ongelmakohdista havaittuja huomioita voitaisiin lähteä korjaamaan jo heti, viimeistellessä nykyisten koekäyttöjohtosarjojen päivitystä, tai viimeistään pohtiessa kokonaisvaltaisempaa päivitystä.

Liitinpinnien korroosioitumista voitaisiin vähentää suojaamalla tyhjiksi jäävät liittimet aina liitoksiin sopivilla tulpilla (kuva 2). Tällöin mahdollisesti vuotavat nesteet tai pöly ei pääsisi liitospinnoille ja aiheuttaisi ongelmia virtapiirissä pidemmällä aikavälillä. Öljyn tai muun nesteen takia turvonneet eristekumit tulisi vaihtaa uusiin niiden poistamisen ja liittimien suojaamatta jättämisen sijaan, jolloin liitosten tiiveys voitaisiin varmistaa.



KUVA 2. Esimerkki liittimeen asetettavasta tulpasta (Kuva: Juho Salo)

Liittimien suojauksen lisäksi myös johtojen suojauksesta tulisi huolehtia. Nyt osa johtimista on niputettu yhteen vain kutistesuojalla, jolloin kutistesuojan päissä yksittäiset johtimet voivat jäädä suojaamattomiksi. Kutistesuojan voisi korvata, tai yhdessä sen kanssa johtimien päälle voitaisiin asettaa haitarimuoviputkea, joka toisi johdoille lisäsuojaa, estäen johtojen suoraa hankautumista pintoja vasten. Johtimien suojausta voitaisiin tehostaa myös liittimien taustasuojilla. Erityisesti EAT-johtosarjojen anturien ja toimilaitteiden kiinnittyviin liittimiin voisi lisätä taustasuojia (kuva 3). Liittimien taustasuojien ja johtojen päälle asetettavan haitari-suojaputken kanssa saataisiin vaurioille alttiina olevat johtimet suojattua ja vähennettyä johdoille syntyvää vedosta johtuvaa rasitetta.



KUVA 3. Suojaamaton lämpötila-anturin johto ja suojattu tiedonsiirtoväylän johto (Kuva: Juho Salo)

Toisaalta haitarisuojaputki vie enemmän tilaa kuin kutistemuoviin suojattu johdotus, jonka lisäksi se on myös kankeampaa käsitellä. Näin ollen näiden haarojen

asentamisesta ja reitittämisestä tulisi vaikeampaa. Vaihtoehtoisena ratkaisuna onkin valita johdin- ja suojamateriaaleiksi riittävän kestäviä materiaaleja, jotka suojaavat johtimia lämmöltä ja hankautumiselta. Mikäli liittimien taustasuojat eivät sopisi hyvin yhteen kutistemuoviin suojattua johtoa, voisi liittimen taustan suojata esimerkiksi liimattavalla kutistesukalla, joka toimisi suojana likaa ja nesteitä vastaan, ja vähentäisi johtimiin kohdistuvia rasituksia. Vedonpoiston huomioimisessa yhtenä päätekijänä on myös johtojen kiinnitys, mikä auttaa etenkin paljon värisevissä kohteissa. Johtoihin voitaisiin esimerkiksi merkitä antureilta lähteviin päihin liittimiltä noin 100 mm mittainen alue, jonka sisällä johdot tulisi kiinnittää esimerkiksi nippusiteillä tukirautaan, joka värisee samalla taajuudella, jotta tärinöistä aiheutuvia vaurioita voitaisiin vähentää.

Johtojen merkinnöistä tulisi tehdä selkeämmät ja kestävämmät. Johtosarjoista lähteviin eri haaroihin, erityisesti jokaisiin EAT-johtosarjan yksittäisiin johtoihin tulisi merkitä, mille anturille johto on, jotta väärinkytkennoilta välttyttäisiin. Merkinnän voisi tehdä johtojen molempiin päihin, jolloin merkinnän mahdollisesti kuluessa pois toisesta päästä, johto olisi vielä tunnistettavissa toisesta päästä, kun johto merkitään uudelleen. Merkintöjen tulisi olla veden- ja hankauksenkestäviä, jolloin ne eivät pääsisi kulumaan. Mikäli merkintöjen kulumisenesto koetaan hankalaksi, voisi johdot merkata eri värein kirjoitettujen merkintöjen sijaan, jolloin kuluminen on epätodennäköisempää. Värikoodaus voitaisiin toteuttaa esimerkiksi värillisten kutistesuojien avulla.

EAT-johtosarjan haarojen sekä etenkin hukkaportin aktuaattorin johdon materiaalina tulisi käyttää eristettyä lämpöä kestävää eristemateriaalia, jälkikäsitteilylaitteiden ja ahtimen korkeiden lämpötilojen vuoksi. Näin voitaisiin ennaltaehkäistä johtojen sulamista ja siitä johtuvia häiriöitä. Yleisimmät EAT-antureiden omat johdot, jotka yhdistävät itse anturin ja liittimen, käyttävätkin lämpöä kestäviä johtimia ja eristemateriaaleja. Tällöin EAT-johtosarjan johtojen jäädessä tarpeeksi etäälle korkeasta lämpötilasta, ei lämpöä kestävää eristemateriaalia ole välttämätöntä käyttää. Kuitenkin hukkaportille menevässä linjassa olisi aina hyvä käyttää korkean lämpötilan kestäviä johtimia yhdessä korkean lämpötilan kestävien eristeiden kanssa. Esimerkkinä korkean lämpötilan kestävästä johtimista on TE connectivity:n Raychem 55E johtimet, jotka ovat eristetty standardin ISO 6722 luokka F

fluoripolymeeri eristeellä, jolloin kyseinen sovellus kestää jatkuvaa käyttöä lämpötilavälillä -40 °C - +200 °C (TE connectivity 2012, 34).

Johtojen hyvä suojaus tuo kuitenkin hyvien puolien lisäksi muutamia haittoja johtosarjojen käsittelyyn. Vaikka johdot ovat hyvin suojassa lämmöltä ja liialta, sekä johtimiin kohdistuvaa veto- ja värinäkuormaa on pyritty estämään, hyvin suojatut johtosarjat ovat hitaampia ja kalliimpia tehdä. Myös muokkaus- ja korjaustöiden teko vaikeutuu ja hidastuu, kun johdoista joutuu poistamaan suojakuoria ja -kerroksia, ennen kuin mahdollista vikaa päästään tutkimaan. Toisaalta hyvin suojatuilla johdoilla erilaiset korjaustyöt pyritään estämään, joten suojakuorien tuomat hyödyt säästävät todennäköisesti enemmän aikaa ennaltaehkäisten korjauksia, kuin mitä korjausajassa säästettäisiin huonommalla suojauksella.

Johtosarjojen ollessa lattialla, niihin liittyy oleellisesti erilaisia työturvallisuusriskejä. Johtosarjojen pitkien linjojen mennessä solmuun, sarjoihin muodostuu erilaisia sykkyröitä, joihin kompastuminen on vaarallista. Tämän vuoksi johtosarjoja haluttaisiin sijoittaa pois lattioilta, johon ratkaisuna voisi olla moottorin läheisyyteen sivusta tai katosta vedettävä teline, johon johtosarjan voisi sijoittaa moottorin asennuksen jälkeen. Tällöin johtosarjat saataisiin pois lattioilta, jolloin myös testisolujen siivoaminen olisi helpompaa, mikäli testien yhteydessä on tapahtunut esimerkiksi nestevuotoja. Vedettävät telineet helpottaisivat myös asentajien työtä, kun ne olisivat pois tieltä moottoriasennuksen aikana.

Johtosarjojen säilytys on toteutunut eri testisoluissa eri tavoin, kun jokaisessa testisolussa ei ole ollut seinällä koukkuja, joihin johtosarjoja ripustaa, tai johtosarjoja on ollut testisoluissa niin paljon, ettei ne ole mahtuneet ripustettavaksi. Johtosarjoja päivittäessä, testisoluista poistetaan tarpeettomat johtosarjat, jolloin päivitetyt sarjat mahtuvat jo valmiisiin koukkuihin ripustettaviksi. Testisoluihin, joissa ei ole seinällä koukkuja, asennettaisiin koukut paikkaan, jossa ne eivät häiritse muita asennustöitä. Kun jokaisessa testisolussa olisi kaikki tarvittavat koekäyttöjohtosarjat, niitä ei tarvitsisi lainailla muista testisoluista, eikä syntyisi tilanteita, että testiajoja jouduttaisiin lykkäämään sen takia, että sopivaa johtosarjaa ei ole löytynyt. Johtosarjojen päivitystyön edetessä, koukut voitaisiin poistaa, mikäli päivityksessä päädyttäisiin ratkaisuun, jossa koekäyttöjohtosarja olisi kiinteästi

asennettuna koko ajan, eikä sen eri osia tarvitsisi irrottaa. Mikäli seinälle asetettavat koukut havaitaan olevan tiellä testisoluissa, johtosarjat voisi varastoida selkeästi lajiteltuina ja numeroituna esimerkiksi moottoreiden koekäyttövarustelupisteen läheisyyteen, josta moottorin mukaan voisi ottaa sopivan johtosarjan viessä moottoria testisoluun, ja johon johtosarjan voisi palauttaa, kun moottorin testit ovat päättyneet. Tällöin johtosarjojen lukumäärä olisi selvillä ja ne olisivat aina löydettävissä samasta sovitusta paikasta.

Jotta tulevat koekäyttöjohtosarjat pysyisivät yhdenmukaisina, ei niihin saisi tehdä toisistaan merkittävästi poikkeavia muokkauksia. Jos tulevaisuudessa havaittaisiin tarve lisäänturoinnille, pidettäisiin huoli siitä, että tarvittavat muokkaukset tehtäisiin jokaiseen koekäyttöjohtosarjaan. Mikäli moottorilaboratoriossa olisi tarve suorittaa tavallisista testeistä poikkeavia testiajoja, tai jotain muuta kokonaan tavallisesta poikkeavaa kokoonpanoa, tulisi näille olla omat koekäyttöjohtosarjat, joita saisi vapaammin muokata testitarpeiden mukaan. Näissä testiajoissa voitaisiin käyttää hyväksi esimerkiksi tällä hetkellä käytössä olevia, päivittämättömiä johtosarjoja, jotka poistuisivat jatkuvasta käytöstä päivitettyjen koekäyttöjohtosarjojen käytön aloittamisen jälkeen.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Tämän työn pohjalta voidaan aloittaa koekäyttöjohtosarjojen varsinainen päivitystyö, jossa toteutetaan sähkötekkinen suunnittelu piirustuksineen ja itse lopullisen tuotteen teko. Esiteltyjen päivitysvaihtoehtoehdotuksien ja niiden osalta pohdittujen mahdollisuuksien ja ominaisuuksien perusteella voidaan tehdä päätöksiä siitä, miten koekäyttöjohtosarjoja ja niihin liittyvää järjestelmää voitaisiin päivittää. Myös yhteen kerättyjen nykyisten koekäyttöjohtosarjojen ominaisuuksien ja vaatimusten pohjalta on vaivattomampaa aloittaa kehitystyö, kun lähtöteitoja on jo kerätty valmiiksi yhteen. Mikäli päivitysvaihtoehtoehdotukset eivät olisi-kaan sopivanlaisia käytettäväksi, saadaan niistä silti kehitysideoita varsinaiseen toteutukseen tulevaisuudessa. Koekäyttöjohtosarjoille kerätyt vaatimuksien ja ominaisuuksien pohjalla ovat olleet sen hetkiset käytössä olevat koekäyttöjohtosarjat, joten tiedossa tai pohdinnassa olevien muokkauksien mukaiset toimenpiteet tulee ottaa vielä huomioon ennen tulevien johtosarjatoteutusten tekemistä. Esimerkiksi koekäyttöjohtosarjojen eri osien pituudet tulee vielä tarkistaa ja mitoittaa sopiviksi testisolujen rakenteen mukaan. Jos esimerkiksi ajojohtosarjat olisivat jokaisessa testisolussa samanpituisia, voisi toisessa testisolussa johtosarja olla liian lyhyt ja toisessa liian pitkä.

Koekäyttöjohtosarjojen päivitystarve varmistui kerätessä tietoa kyseisten johtosarjojen kanssa työskenteleviltä henkilöiltä. Useampien vuosien ajan koekäyttöjohtosarjoja käsitelleiden henkilöiden käytännön kokemukseen ja aihepiiriin liittyvään tieteellisen kirjallisuuteen perustuen, käytössä olevat koekäyttöjohtosarjat eivät ole siinä toimintakunnossa, missä ne voisivat olla. Koska johtosarjoilla on vaikutusta muun muassa erilaisten ohjainlaitteiden kalibrointeihin, niiden on oltava toimintavarmoja, jotta jatkuvasti tarkempaa ohjausta vaativien komponenttien halutunlainen toiminta voitaisiin taata. Vaikka tähänastisella toteutuksella on pystytty toimimaan ja sen avulla on saatu kehitettyä lukuisia moottori-pakolinjayhdistelmiä, on tulevaisuuden kannalta kestävämpää, että johtosarjat ovat yhdenmukaisia ja dokumentoituja. Tämän osalta voidaan myös pienentää riskejä, joissa esimerkiksi kirjoittamaton tieto katoaisi tai osaston henkilöstössä tapahtuisi merkittäviä muutoksia, jonka myötä tiedot johtosarjoihin liittyen vähenisivät.

Koekäyttöjohtosarjojen tilanteen kartoitusvaiheessa tehty kysely tavoitti suuren osan testilaboratoriossa johtosarjojen kanssa työskennelleistä henkilöistä, joten hyvän osallistumisen ansiosta koekäyttöjohtosarjojen nykytilanteesta ja niiden toimivuudesta saatiin paljon tietoa. Vaikka johtosarjojen toimivuus ja kestävyys ovat tärkeimpiä huomioon otettavia asioita niiden suunnittelussa, jotta ne olisivat mahdollisimman luotettavia, on johtosarjoista myös tehtävä sopivia laboratorioympäristöön käsiteltäväksi. On melko tyypillistä, että testisoluissa testataan peräkkäin eri moottorinohjausyksiköillä varustettuja moottoreita, jolloin asentajat vaihtavat usein koekäyttöjohtosarjoja moottorinvaihtojen välissä. Tämän vuoksi helposti käsiteltävät ja selkeästi merkityt johtosarjat olisivat mielekkäämpiä asentaa testisoluihin ja huoltaa, kuin esimerkiksi liiallisen suojauksen vuoksi kankeat tai toteutukseltaan monimutkaiset johtosarjat.

Tulevien päivitettyjen koekäyttöjohtosarjojen toteutuksen valitsemisessa vaikuttaa myös käytettävyyden ja niiden halutun käyttöönottoajankohdan lisäksi niihin käytössä oleva budjetti. Henkilöstörakenteen huomioiden tuotekehityksellä ei ole resursseja toteuttaa koekäyttöjohtosarjojen päivytystä pikaisella aikataululla itse, joten haluttu toteutus tulisi tilata ulkopuoliselta toimittajalta tehtynä. Tämän vuoksi johtosarjoista tarvitsisi toteuttaa tekniset piirustukset, joiden pohjalta halutut sarjat voitaisiin tilata. Nykyisten koekäyttöjohtosarjojen pohjalta piirustukset voisi toteuttaa suoraan vain tarkistaen nykyisten mitoituksien riittävyys, mutta mikäli johtosarjoihin haluttaisiin lisäominaisuuksia, tarvitsisi teknisten piirustuksien lisäksi myös suunnitella ja mitoittaa lisäykset.

Tulevan toteutustavan valitsemisessa voidaan myös ottaa huomioon sen käyttöönoton nopeus. Päivitettyjä johtosarjoja testattaisiin ensin muutamassa testisolussa kerrallaan, jotta ulkopuolisella toimittajalla teetettyjen johtosarjojen toiminnasta voitaisiin varmistua. Näin ollen, mikäli johtosarjoissa ilmenisi puutteita tai häiriöitä, nämä tekijät eivät vaikuttaisi kaikkien testisolujen testeihin. Täysin uudenlaiseen toteutukseen siirtyessä asentajat ja koekäyttäjät tulisi opastaa perusteellisemmin uuteen kokonaisuuteen, kun taas edellisiin koekäyttöjohtosarjoihin perustuvilla päivitettyillä versioilla riittäisi todennäköisesti neuvonta ongelmatilanteissa.

Vaikka tuotekehityksessä keskitytään pääosin tulevaan ja uuden kehittämiseen, joudutaan välillä palaamaan myös menneisyydessä toteutettuihin asioihin. Näin voisi tapahtua myös esimerkiksi vanhoja moottorimalleja uudistaessa, jolloin tarpeen vaatiessa vanhemmista moottorimalleista tarkastellaan ensin vertailukohdetta ennen uudistuksen tekoa. Tämä näkyy koekäyttöjohtosarjojen kohdalla myös tarpeena säilyttää vanhempia versioita, vaikka nykyisin käytössä olevat johtosarjat päivitetäisiinkin. Tämän vuoksi tulevan koekäyttöjohtosarjojen toteutustavan rinnalla tulisi pohtia myös nykyisen toteutustavan käyttömahdollisuuden säilyttämistä, jotta tarvittaessa voidaan suorittaa myös vanhempien moottorimallien testausta, ilman että näille jouduttaisiin teettämään kokonaan uusia koekäyttösarjoja päivitettyyn järjestelmään.

Päivitys- tai kehitystyössä on mahdollisuuksien mukaan hyvä, että tarpeita tarkastellaan ensin yrityksen sisältäpäin itse perehtyen ja sitten, kun tarvittavat tiedot on kerätty ja halutut kehityssuunnat on päätetty, otetaan mukaan toteutuspuolen suunnittelija. Mikäli selvitystyön aloittaminen ei olisi yrityksellä itsellään mahdollista, esimerkiksi henkilöstöresurssien ja ajankäytön takia, ja päivitystyö aloitettaisiinkin heti ulkoistamalla, menisi selvitystyöhön todennäköisesti enemmän aikaa ja rahaa, jonka lisäksi lopputuloksesta ei välttämättä tulisi sellainen, kuin alun perin oli ajateltu. Kun päivityssuunta on päätetty, johtosarjoista on toteutettu tekniset piirustukset ja päivitettävien johtosarjojen toteuttaja on valittu, alkaa varsinainen johtosarjojen tekeminen. On kuitenkin tärkeää, että selvitystyön jälkeen päivitystyön alettua työn tilaava ja toteuttava taho ovat yhä tiiviissä yhteistyössä, jotta voidaan varmistua halutunlaisen lopputuloksen toteutumisesta, vaikka erilaisia kompromisseja jouduttaisiinkin tekemään.

LÄHTEET

Bell, J. 2007. Modern Diesel Technology: Electricity and Electronics. Clifton Park, N.Y.: Thomson Delmar Learning.

DieselNet. 2021a. Emission Standards: Europe: Nonroad Engines. Viitattu 26.2.2024. <https://dieselnet.com/standards/eu/nonroad.php>

DieselNet. 2021b. Emission Standards: China: Nonroad Engines. Viitattu 26.2.2024. <https://dieselnet.com/standards/cn/nonroad.php>

DieselNet. 2021c. Diesel Oxidation Catalyst. Viitattu 5.2.2024. https://dieselnet.com/tech/cat_doc.php

DieselNet. 2023. Emission Standards: USA: Nonroad Engines. Viitattu 26.2.2024. <https://dieselnet.com/standards/us/nonroad.php>

DieselNet. 2024. How Emissions Are Regulated. Viitattu 26.2.2024. <https://dieselnet.com/standards/intro.html>

DieselNet. n.d. Engine Emission Standards. Viitattu 26.2.2024. <https://dieselnet.com/standards/>

KUS-USA. DEF Level Sender with Quality Sensor. Viitattu 8.2.2024. <https://kus-usa.com/product/def-quality-sensor/>

Majewski, W. & Khair, M. 2006. Diesel Emissions and Their Control. Warrendale, PA: SAE International.

Mikkolainen, P. & Koivisto, J-P. 2008. Auto- ja kuljetusalan perusoppi. 7, Sähkölaitteiden perusteet. Helsinki: Otava.

Nieminen, S. 2008. Auton sähkölaitteet. Helsinki: WSOY Oppimateriaalit.

Robert Bosch GmbH. 2014. Diesel Engine Management: Systems and Components. Wiesbaden: Springer Vieweg.

Robert Bosch GmbH. 2018. Bosch Automotive Handbook. 10th Edition. Karlsruhe: Wiley.

Robert Bosch GmbH. 2020. Denoxtronic from Bosch. Viitattu 8.2.2024. https://www.boschaftermarket.com/xrm/media/images/services/downloads/parts_14/denoxtronic_brochure_pc_lcv_en_89301.pdf

Sensata. 2018a. DPS Differential Pressure Sensors. Viitattu 7.2.2024. <https://www.sensata.com/sites/default/files/a/sensata-dps-differential%20pressure%20sensors.pdf>

Sensata. 2018b. HTS High Temperature Sensor. Viitattu 7.2.2024.
https://www.sensata.com/sites/default/files/a/sensata-high%20temperature%20sensor-datasheet_1.pdf

TE connectivity. 2012. Wire and Cable Products for the Automotive Industry. Viitattu 20.3.2024. <https://www.te.com/content/dam/te-com/documents/automotive/global/1654295-3-wire-and-cable-products.pdf>

TransportPolicy. 2018. Brazil: Nonroad: Emissions. Viitattu 26.2.2024.
<https://www.transportpolicy.net/standard/brazil-nonroad-emissions-2/>

Wright, G. 2013. Automotive Diesel Technology. Boston: Pearson.