



Lasse Kyyhkynen

**POLTTOMOOTTORIN POISTAMISESTA AIHEUTUVAT
MUUTOSTYÖT TÄYSSÄHKÖTYÖKONEESSA**

**POLTTOMOOTTORIN POISTAMISESTA AIHEUTUVAT
MUUTOSTYÖT TÄYSSÄHKÖTYÖKONEESSA**

Lasse Kyyhkynen
Opinnäytetyö
Syksy 2013
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka, auto- ja kuljetustekniikka

Tekijä: Lasse Kyyhkynen

Opinnäytetyön nimi: Polttomoottorin poistamisesta aiheutuvat muutostyöt täyssähkötyökoneessa

Työn ohjaaja: Mauri Haataja

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: syksy 2013 Sivumäärä: 42 + 4 liitettä

Työ on osaprojekti Oulun seudun ammattikorkeakoulun tekniikan yksikön Hilux-sähköautoprojektissa. Projekti muodostaa opiskelijoille tutkimus- ja tuotekehitysympäristön, jossa muutetaan Oulun teknisen liikelaitoksen Teklin työkäytössä oleva Toyota Hilux -avolava-auto sähkökäyttöiseksi.

Työssä käsitellään polttomoottorin poistamisesta aiheutuvia muutostöitä matalajännite-, lämmitys- ja auravarustusjärjestelmän sekä ohjaus- ja jarrutehostimen osa-alueilla. Osa-alueille suunniteltiin sähkökäyttöön sopivat ratkaisut. Suunnittelun ja komponenttivalintojen apuna käytettiin lähdekirjallisuutta, asiantuntijalauseuntoja, laitevalmistajien spesifikaatioita sekä EU- ja katsastusmääräyksiä. Järjestelmät testattiin projektin loppuvaiheen koeajoissa.

Työn tuloksena syntyi toimivat matalajännite-, lämmitys- ja auravarustusjärjestelmän sekä ohjaus- ja jarrutehostimen osa-alueet. Lämmitysjärjestelmää lukuun ottamatta osa-alueet toteutettiin sähkökäyttöisiksi. Jokaiselle osa-alueelle jäi kehitettävää, kuten ajonopeuden mukaan säätyvä ohjaustehostus ja lämmitysjärjestelmän vikakartoitus. Kehitettävien kohteiden vuoksi tutkimus- ja tuotekehitysympäristöä voidaan hyödyntää jatkossakin.

Asiasanat: sähköajoneuvo, työkone, sähkömoottori, korvaaminen, suunnittelu

ALKULAUSE

Mielenkiintoisesta ja opettavaisesta opinnäytetyöstä ja sen suorittamisen mahdollistamisesta haluan kiittää Oulun seudun ammattikorkeakoulua, Oulun kaupungin teknistä liikelaitosta, työn tilaajaa Juhan Auto Oy Oulua sekä kaikkia muita projektissa mukana olleita yrityksiä. Haluan osoittaa kiitokseni myös projektin ohjaajina toimineille yliopettaja, professori Mauri Haatajalle, laboratorioinsinööri Janne Ilomäelle ja lehtori Arto Lehtoselle.

Suurimman kiitoksen ansaitsee itse projektiryhmä, jonka jäsenet ovat käyttäneet niin opiskelu- kuin vapaa-aikaansaakin projektin edistämiseen. Erityisesti kiitän projektipäällikkönä toiminutta AMK-insinööri Lassi Varista projektin loistavasta johtamisesta ja projektiryhmän jäsenien tukemista kolmen vuoden projektin aikana.

Oulussa 14.8.2013

Lasse Kyyhkynen

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ALKULAUSE	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	7
2 MATALAJÄNNITEJÄRJESTELMÄ	8
2.1 DC-DC-muuntimen valinta	9
2.2 DC-DC-muuntimen asennus	10
3 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄ	12
3.1 Lämmitysjärjestelmän vaatimukset	12
3.2 Laitteistotyypin valinta	12
3.2.1 Vesilämmitin	13
3.2.2 Ilmalämmitin	15
3.3 Lämmittimen valinta	16
3.4 Lämmittimen asennus	17
4 AURAVARUSTUS	19
4.1 Entinen järjestelmä	19
4.2 Uusi järjestelmä	20
4.2.1 Hydraulikoneikko	22
4.2.2 Hydraulikoneikon asennus	25
4.2.3 Muutokset	27
5 JARRUJÄRJESTELMÄ	30
5.1 Jarrutehostimen vaatimukset	30
5.2 Jarrutehostimen valinta	31
5.3 Jarrutehostimen asennus	31
6 OHJAUSTEHOSTUS	32
6.1 Ohjaustehostimen vaatimukset	32
6.2 Ohjaustehostimen valinta ja asennus	32
7 AJONEUVON TESTAUS	34
7.1 Matalajännitejärjestelmä	34
7.2 Lämmitysjärjestelmä	34
7.3 Auravarustus	35

7.4 Jarrujärjestelmä	35
7.5 Ohjaustehostus	36
8 YHTEENVETO	37
LÄHTEET	40

1 JOHDANTO

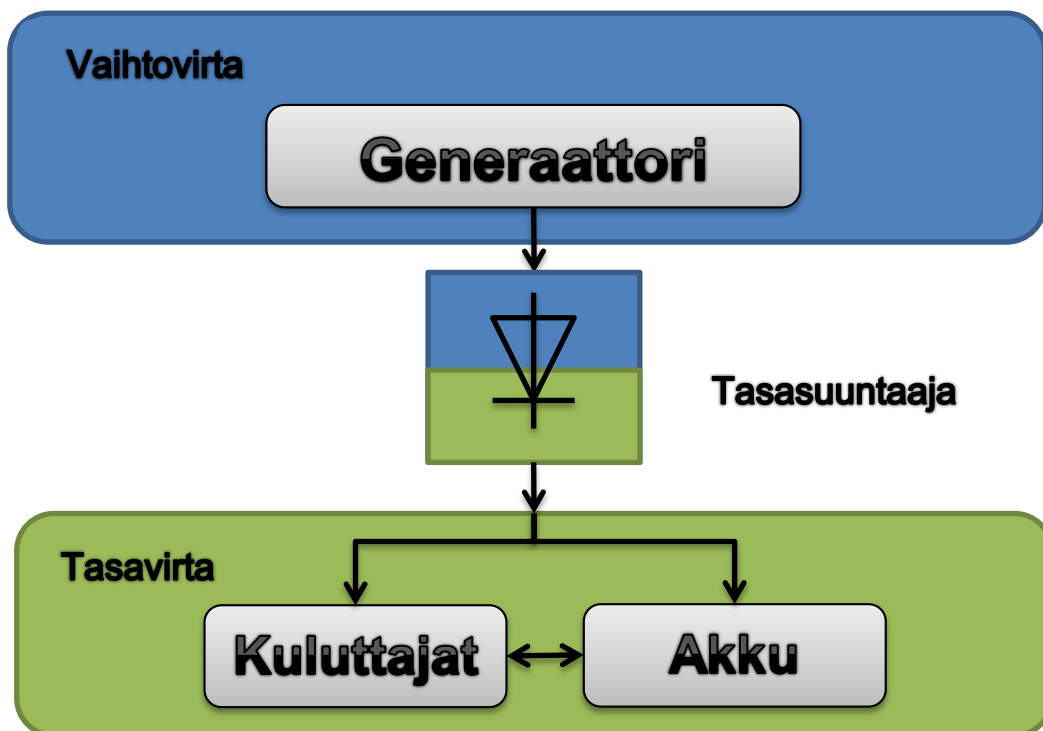
Sähköautoprojekti Hilux on Oulun seudun ammattikorkeakoulun auto- ja kuljetustekniikkaan suuntautuneiden 11 konetekniikan opiskelijan projekti, jonka tavoitteena on tuottaa Oulun kaupungin tekniselle liikelaitokselle sähköllä liikkuva Toyota Hilux Pick-Up. Sähkökäyttö toteutettiin yhdistämällä valmiita komponentteja polttomoottorikäytön tilalle. Tarkoituksena on hyödyntää sähkökäytön helppous, tehokkuus ja taloudellisuus.

Opinnäytetyössä perehdytään ajoneuvon apulaitteisiin, jotka ovat saaneet käyttöönsä polttomoottorilta. Työn tavoitteena oli korvata laitteet energiatehokkailla ratkaisulla Suomen olosuhteisiin ja työkäyttöön sopivilla komponenteilla. Opinnäytetyön osa-alueisiin kuuluvat matalajännite-, lämmitys- ja auravarustusjärjestelmän sekä ohjaus- ja jarrutehostimen muutokset.

Työ sisältää osa-aluejärjestelmien suunnittelua, komponenttien valintaa ja asennusta. Korvattavien laitteiden valintaperusteina käytetään lähdekirjallisuutta, asiantuntijalausuntoja, laitevalmistajien spesifikaatioita, EU- ja katsastusmääräyksiä. Ajoneuvoon asennettavien järjestelmämuutoksien toiminta testattiin loppuvaiheen koeajossa. (Liite 1.) Opinnäytetyön tilaajana ja projektin sponsorina toimi Juhan Auto Oy Oulu.

2 MATALAJÄNNITEJÄRJESTELMÄ

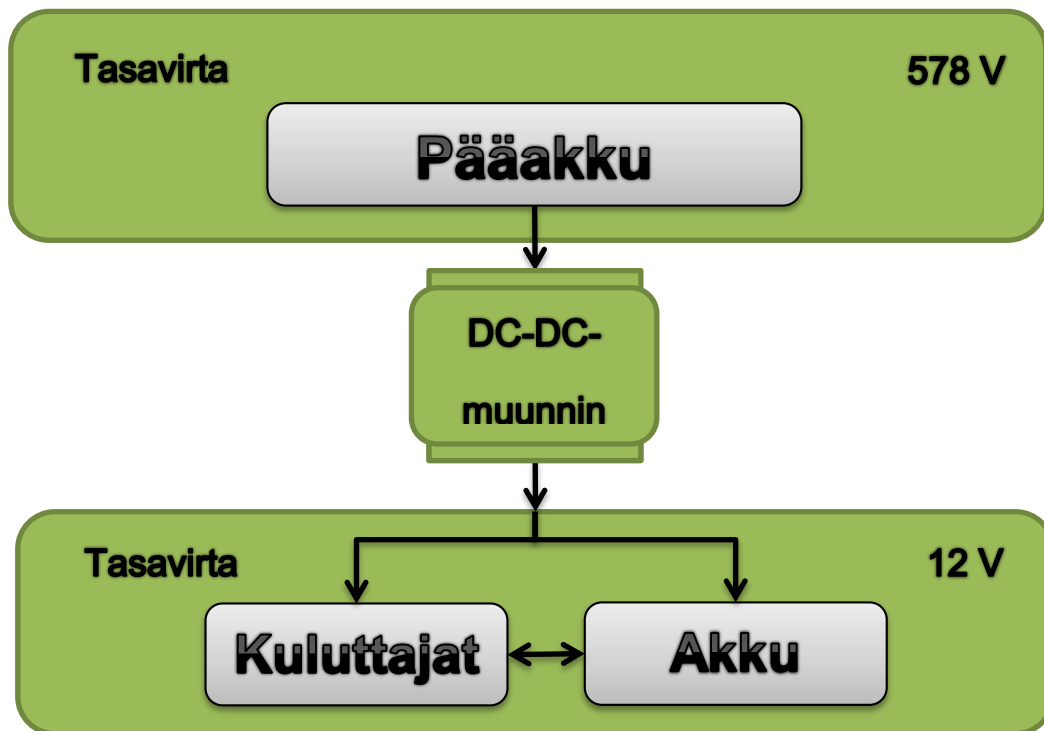
Ajoneuvokäytössä 12 voltin sähkölaitteiden, kuten moottorinohjauksen tai ajovalojen tarvitsema sähkövirta, tuotetaan generaattorilla, kansankielessä laturilla. Generaattori saa käyttövoimansa hihnapyörän välityksellä ajoneuvon polttomootorilta. Generaattori tuottaa vaihtovirtaa, mutta virrankuluttajat ajoneuvokäytössä toimivat tasavirralla. Vaihtovirta tasasuunnataan nykygeneraattoreissa diodien avulla tasavirraksi. Virtajärjestelmään kuuluu myös akku, joka toimii järjestelmän energiavarastona, mikäli generaattorin virranantokyky ylitetään tai ajoneuvo on sammutettuna, jolloin generaattori ei lataa. (1, s. 2.) Kuvassa 1 on kuvitettu perinteinen latausjärjestelmä.



KUVA 1. Perinteinen 12V latausjärjestelmä (ks. 1, s. 2)

Koeajoneuvon sähkökäyttö toteutettiin Randax Oy:n suunnittelemana ja valmistamana sähkömoottorilla, joka kiinnitettiin alkuperäiseen alennusvaihteeseen. Pääakkuina käytettiin seitsemää EBattery 30 -litium-ioniakkumoduulia, jotka kytkemällä saavutetaan 578 V:n käyttöjännite ja 24,5 kWh:n energiasisältö. Pääakkujen korkean jännitteen vuoksi tarvittiin DC-DC-muunnin, joka muuntaa pääakkujen 578 V:n tasajännitteen 12 V:n järjestelmälle sopivaksi. Pääakut toimii kuin

alkuperäisen järjestelmän polttomoottori, energianlähteenä ja DC-DC-muunnin vastaavasti virrantuottavana generaattorina. Kuvassa 2 on kuvitettu tulevan 12 voltin latausjärjestelmän toimintakaavio.



KUVA 2. Koeajoneuvon latausjärjestelmä

2.1 DC-DC-muuntimen valinta

Tärkeimmät valintakriteerit DC-DC-muunninta valittaessa oli virranantokyky ja sisääntulojännitteen taso. Muuntimen tuli soveltua ajoakuston 578 V:n antojännitteelle. Pääakkujen antojännite vaihtelee akkujen varaustilan ja kuormituksen mukaan, joten todellisuudessa muuntimen tulisi toimia pienemmällä ja suuremmalla sisääntulojännitealueella kuin 578 V. Virranannoltaan muuntimen tulisi taata vakaa virrantuotto laitteistolle kaikissa tilanteissa. Suurimmat virrankuluttajat ajoneuvossa ovat sähköinen hydraulipumppu 150 - 200 A, ohjaustehostin 80 A ja hiekoittimen sähkömoottori 50 A.

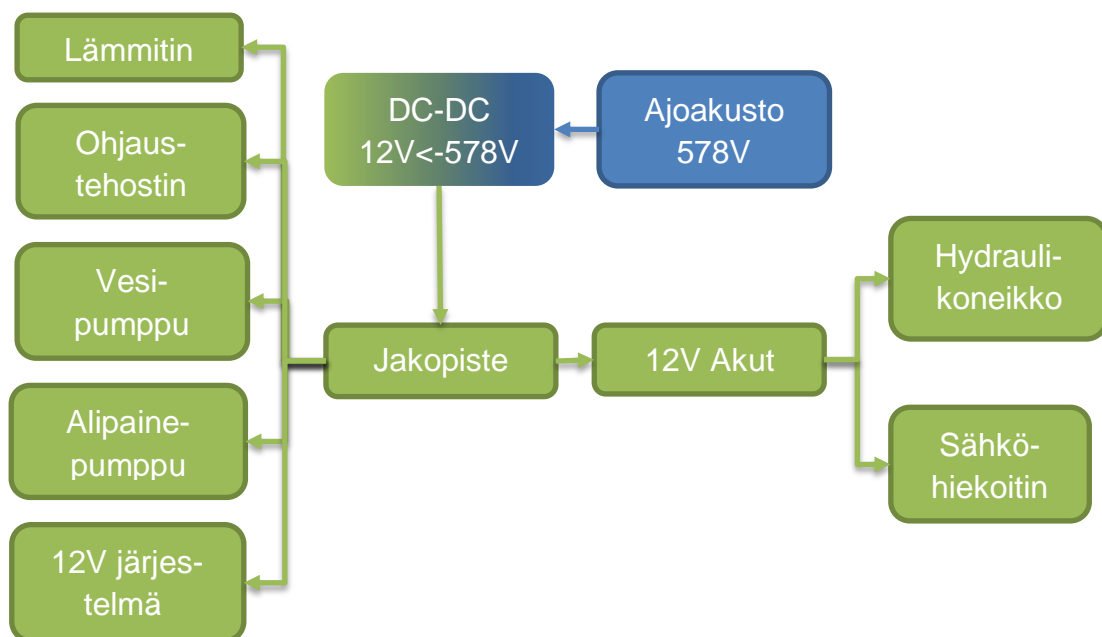
Pääakkujen korkean jännitteen vuoksi DC-DC-muuntimien saatavuus riittävällä virranantokyvyllä oli hyvin rajattu. Suurin osa markkinoilla olevista yli 500 V:n tulojännitteellisistä laitteista ei kyennyt yli 100 A:n virranantoon.

Ajoneuvoon soveltuva muunnin MMC 700-02K-12V (liite 2) löytyi Metric mind corporation -yritykseltä. Muuntimessa oli 450–850 V:n tasajännitesisääntuloalue ja maksimissaan 145 A:n virrantuotto. Virrantuotto ei tulisi riittämään tilanteessa, jossa esimerkiksi hydraulipumppua ja hiekoitinta käytetään jatkuvasti. Ongelmien välttämiseksi ajoneuvoon asennettiin puskureiksi kaksi 12 V:n 60 Ah:n starttiakua jännitenotkahdeluiden tasaamiseksi.

2.2 DC-DC-muuntimen asennus

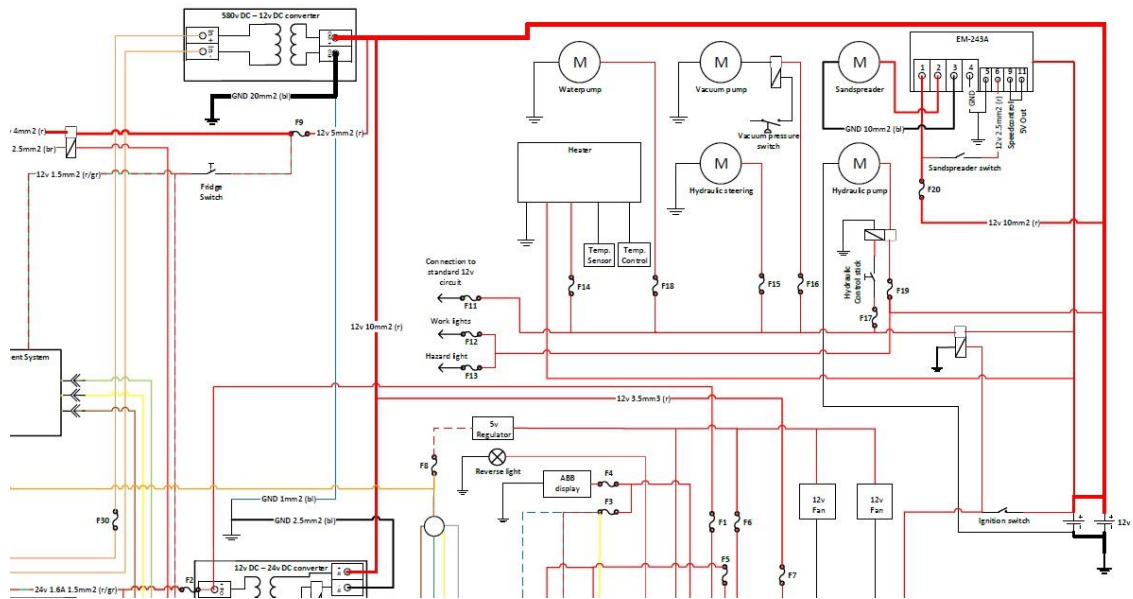
Muunnin asennettiin ajoneuvon sisätiloihin tuuletettuun kaappiin, johon oli sijoitettu myös taajuusmuuttaja, 24 V:n DC-DC-muunnin ja logiikkakomponentteja. Lähtevässä kaapeloinnissa käytettiin 50 mm² kuparikaapelia muuntimelta jakopisteelle ja 35 mm² kaapelia auton keskellä sijaitsevalta jakopisteeltä takana sijaitseville akuille ja keulassa sijaitsevalle toimilaitteiden jakopisteelle.

Sisään tulevassa kaapeloinnissa käytettiin CAT III -luokitettua 3,5 mm² kaapelia, joka suojattiin 10 A:n sulakkeella. Suurjännitekaapelit merkittiin oranssilla teipillä. Järjestelmän komponenttikaavio on kuvassa 3. Toimintakaavion komponentit on sijoitettu vastaamaan niiden sijoituspaikkoja ajoneuvossa suurpiirteisesti, katsottaessa ajoneuvoa ylhäältä päin. Sininen väri kuvaa 578 V:n korkeajännitettä ja vihreä väri 12 V:n matalajännitettä.



KUVA 3. Laitteiston komponenttikaavio muutoksen jälkeen

Kuvassa 4 on esitetty opinnäytetyön sähkökaavio, jossa on sähköiset komponentit ja kytkennät.



KUVA 4. Laitteiston sähkökaavio opinnäytetyötä koskevalta osalta (2)

3 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄ

3.1 Lämmitysjärjestelmän vaatimukset

Ajoneuvon polttomoottori korvattiin sähkömoottorilla, jolloin ei saatu tarvittavaa hukkalämpöä lämmittämään matkustamo. Lähtökohtana oli suunnitella toimiva ja riittävän lämmitystehon omaava lämmitysjärjestelmä. Sisätilan lämmityksen ja tuuletuksen suunnittelussa on tarkoitus luoda kuljettajalle ympäristö, jossa on miellyttävä ilmasto kuljettajalle, väsyttämätön ja rasittamaton toimia, puhdas hengitysilmä ja kuljettajalle esteetön näkyvyys lasien läpi. (3.)

Jään ja huurteen pois pitämiseksi laseista on säädetty laissa Neuvoston direktiivillä 78/317/ETY. Direktiivin mukaan kaikissa ajoneuvoissa on oltava järjestelmä jään, huurteen ja sumun poistamiseksi lasipinnoilta. Järjestelmän tulee olla myös niin tehokas, että se takaa riittävän näkyvyyden tuulilasin läpi kylmällä säällä. (4.)

3.2 Laitteistotyypin valinta

Ajoakkujen energian säästämiseksi päätettiin, että tarvittava lämpöenergia tuotetaan polttoainekäyttöisellä lisälämmittimellä. Markkinoilla on saatavilla sekä vettä että ilmaa lämmittäviä laitteita. Vesi- ja ilmalämmittimen ulkoiset erot tulevat selville kuvasta 5. Vesilämmittimen huomattavin ero on integroitu vesipumppu ja letkulähdöt. Ilmalämmittimen huomattavin ero on koteloitu rakenne.



KUVA 5. Vesi- ja ilmalämmitin, vasemmalla vesilämmitin (5)

3.2.1 Vesilämmitin

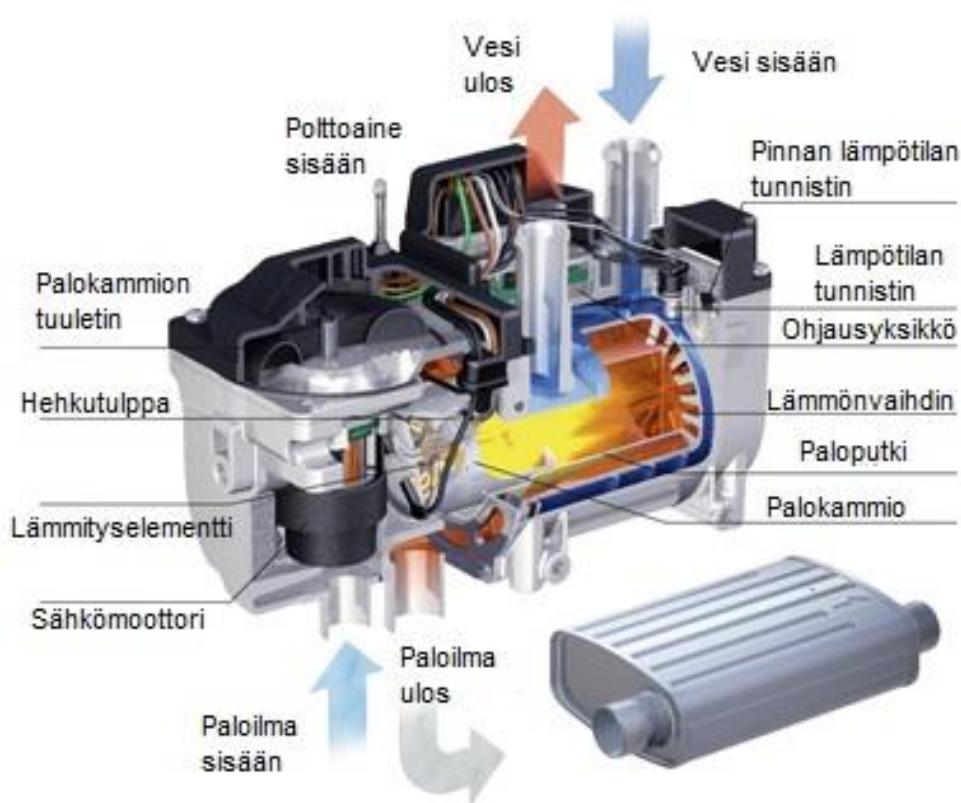
Vesilämmitin perustuu ajoneuvon jäähdytysnesteen lämmittämiseen ja sen kiertämiseen laitteen kiertovesipumpun avulla ajoneuvon moottorissa. Lämmittimellä pyritään turvaamaan ajoneuvon varma käynnistyminen alhaisilla lämpöasteilla, vähentämään polttoaineen kulutusta ja päästöjä ensimmäisillä ajokilometreillä sekä lisäämään kuljettajan ja matkustajien mukavuutta. (6.)

Vesilämmittimen toiminta

Ohjaussignaalin saatuaan lämmitin alkaa valmistella palotapahtumaa. Ensimmäisenä käynnistyy kiertovesipumppu ja sitten paloilmapuhallin, joka puhaltaa laitteen puhtaaksi vanhoista pakokaasuista tai polttoainehöyryistä. Hehkutulppa alkaa kuumentua ja lämpötilan noustua tarpeeksi polttoainepumppu käynnistyy ja alkaa syöttää polttoainetta höyrystinosaan. Palopesään muodostuu polttoainemaseos, joka höyrystyy ja syttyy, kunnes hehkutulppa on kuumentanut sen leimahduspisteeseen.

Palamistapahtuman käynnistyttyä polttoainepumppu alkaa pumpata enemmän polttoainetta, paloilmapuhaltimen pyörimisnopeus kasvaa ja palaminen voimistuu. Seuraavana pakokanavassa sijaitseva liekkivahti rekisteröi pakokaasujen lämpötilan kohoamisen. Kun riittävä lämpötila pakokaasussa on saavutettu, kytkeytyy hehkutulppa pois päältä, jolloin liekki jää palamaan itsenäisesti. Palokammion liekki ja pakokaasut kuumentavat lämmönvaihinta, jonka sisällä moottorin jäähdytysneste kiertää sähköisen vesipumpun avustamana.

Lämmittimen ohjainyksikkö seuraa palotapahtumaa lämpötilatunnistimien ja ylikuumenemistunnistimen avulla ja saatujen arvojen avulla säätää polttoainepumpun tuottoa ja paloilmapuhaltimen pyörintänopeutta. Kun ohjainlaitteelle ohjelmoitu lämpötila on saavutettu jäähdytysnesteessä, lämmitin kytkeytyy osateholle ja lopulta sammuu kokonaan. Laite sammuu kun polttoaineen syöttö katkaistaan. Sattumisen jälkeen laite käy jälkikäyntiä pakokaasujen poistamiseksi ja lämpötilan tasaamiseksi. (7; 8.) Eberspächer vesilämmittimen rakenne on esitetty kuvassa 6.



KUVA 6. Vesilämmittimen rakenne (8)

3.2.2 Ilmalämmitin

Ilmalämmittimen toimintaperiaate on hyvin samanlainen kuin vesilämmittimellä, mutta lämmitettävän veden sijaan lämmitetään ilmaa. Kylmä ulkoilmasta johdettu ilma lämpenee laitteessa, josta se johdetaan ajoneuvon sisätiloihin. Ilmalämmitin ei täten paranna moottorin käynnistyvyyttä alhaisissa lämpötiloissa tai pienennä kulutusta ensimmäisillä ajokilometreillä, vaan laitteen tarkoitus on tuottaa lämmintä ilmaa ohjaamoon tai ajoneuvon muuhun tilaan. (9.)

Ilmalämmittimen toiminta

Käynnistyssignaalin saatuaan ohjainlaite valmistelee laitteen käynnistyksen. Hehkutulppa alkaa hehkua ja paloilmapuhallin pyöriä. Polttoainepumppu käynnistyy ja polttoaineen ja ilman seos palokammiossa syttyy. Lämmönvaihdin alkaa lämmitä palotapahtuman ansiosta. Saavutettuaan täystehon hehkutulppa sammuu ja seos palaa itsenäisesti. Lämmitysilmän puhallin työntää kylmää ilmaa lämmönvaihtimen kautta lämpimän ilman ulostuloon.

Lämmittimen ohjainlaitteelle on määritetty neljä tehoasentoa, joiden mukaan ohjainlaite säännöstelee palokammioon tulevan ilman ja polttonesteen määrän ja säätää lämmitysilmän puhallinta. Tehoasetuksia säädetään ajoneuvon sisätiloihin sijoitetusta mikrosäätimestä. Pakokaasut johdetaan palokammioista ulos pakoaukosta palotilan tuulettimen avulla. Ohjainlaite seuraa palotapahtumaa antureiden avulla. (10.) Ilmalämmittimen rakenne ja osien nimitykset käyvät ilmi kuvasta 7.



KUVA 7. Ilmalämmittimen rakenne (8)

3.3 Lämmittimen valinta

Vettä lämmittävissä lämmityslaitteissa ei ole portaattomasti säädettävää lämpötilansäätöä. Vesilämmitin lämmittää lämmitettävän nesteen ohjainlaitteelle määrättyyn lämpötilaan, minkä jälkeen se laskee lämmitystehoa nesteen lämpötilan ylläpitämiseksi. Mikäli nesteen lämpö ei laske, lämmitin sammuu. Tiheä käynnistys-sammutus sykli karstoittaa lämmitintä. Ajoneuvon sisätilan lämmityskennon vesitilavuus oli pieni, joten vesilämmittimen käyttö ilman suurta nestesäiliötä ei ollut järkevää. Nestetilavuuden kasvattaminen olisi lisännyt ajoneuvon painoa.

Säädettävyyden ja keveyden puolesta päädyttiin ilmaa lämmittävään malliin. Valinta oli vielä tehtävä bensiinin ja dieselin välillä. Diesel-malliin polttoaineeksi soveltui biodiesel ja siihen oli saatavilla pakokaasupäästöjä alentava katalysaattori. Valinta kohdistui ympäristöystävällisyyden vuoksi dieselkäyttöiseen malliin. Lämmittimeksi valittiin Eberspächer Airtronic M D4 Plus (liite 3) ja lämmittimeen soveltuva katalysaattori. Lämmityslaite on hyväksytty biodieselkäyttöön FAME standardin DIN EN 14 214 mukaan. Lämmittimen toimitti Wihuri Oy.

3.4 Lämmittimen asennus

Polttolämmittimiä ja niiden asennusta koskevat vaatimukset on säädetty Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivillä 2001/56/EY (11). Valitulle Airtronic M D4 Plus -lämmittimelle on myönnetty mainitun direktiivin mukainen EY-tyyppihyväksyntä. Tämän vuoksi laitevalmistajan asennusohjeet olivat laadittu direktiivin mukaisiksi, joten asennusvaiheessa ohjeiden noudattaminen johti lailliseen laitteen asennukseen.

Lämmitin asennettiin tukevaan kehikkoon ajoneuvon moottoritilan oikeaan laitaan (kuva 8). Lämmin ilma johdetaan lämmittimestä halkaisijaltaan $\varnothing 75$ mm putkea pitkin tulipellin läpi ajoneuvon alkuperäiseen ilmanvaihtokanavaan.



KUVA 8. Lämmittimen sijoitus

Paloilman tuloputki sijoitettiin lämmittimen alle suojaisaan paikkaan. Katalysaattori asennettiin mahdollisimman lähellä lämmitintä, jotta pakokaasut lämmittävät sen nopeasti ja pakokaasun puhdistus alkaa nopeasti. Pakoputkea jatkettiin ajoneuvon alle ja loppupäähän sijoitettiin loppuvaimennin ja pakoputken pää käännettiin alas asennusohjeiden mukaisesti.

Lämmittimen polttoainetankiksi valittiin 3,5 l teräksinen säiliö, joka asennettiin kone tilaan vasemmalle puolelle (kuva 9). Polttoainetankista johdetaan polttoaine

dieselpumpulle, joka sijoitettiin ajoneuvon konetilaan jäähdyttimen säleikön taakse. Lämmittimen asennusohjeiden mukaan, polttoainepumppu on asennettava 45 asteen kulmaan sen toiminnan varmistamiseksi.



KUVA 9. Lämmittimen polttoainetankki

Lämmittimen säädin sijoitettiin ohjaamoon kuljettajan lähetyville. Ohjaamon sisätilan lämpötunnistin sijoitettiin mittariston läheisyyteen, jolloin se ei ole liian lähellä tuloilman suuttimia eikä vääristä mittaustulosta. Lämmityslaitteen säätimen avulla kuljettaja valitsee halutun lämmitystehon, käynnistää puhalluskäytön, käynnistää ja sammuttaa lämmityslaitteen (kuva 10).



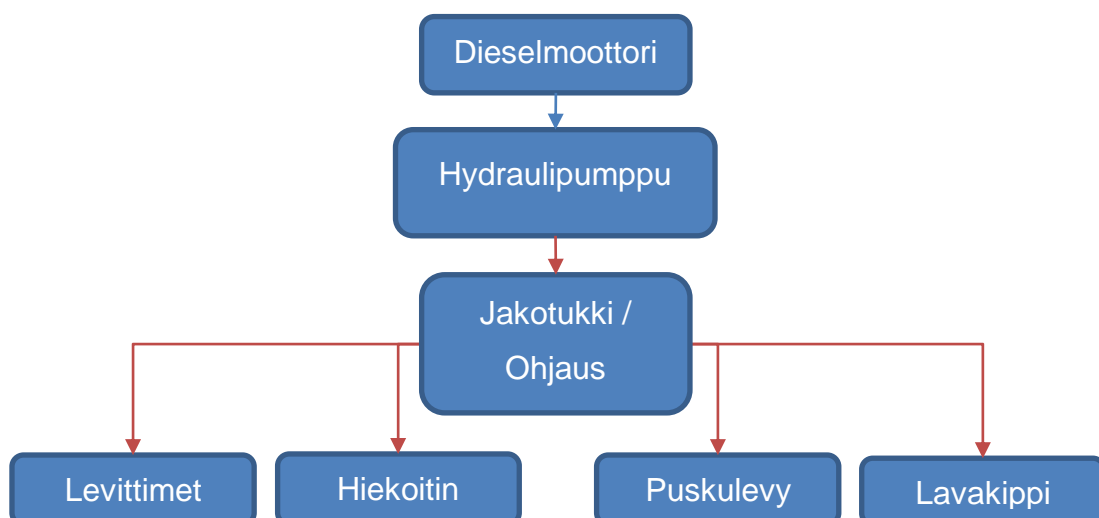
KUVA 10. Säätimen ja sisälämpötilan anturin sijoittelu

4 AURAVARUSTUS

Koeajoneuvon auravarustusjärjestelmän tehtävänä on puhdistaa ja hiekoittaa jalankulkuväylät ja risteysalueet talviolosuhteissa. Järjestelmä koostuu puskulevystä, hiekoittimesta, levittimistä ja lavakipistä. Takaosan hiekoitin sirottaa hiekoitushiekan levittimien avulla hiekoitettavalle alueelle. Lavakippi nostaa lavaa hiekoituksen tehostamiseksi. Varustuksen muihin laitteisiin kuuluvat katolla sijaitsevat taaksepäin suunnatut työvalot ja oranssi varoitusvalo. Tavoitteena oli muuttaa järjestelmä sähkökäytölle sopivaksi.

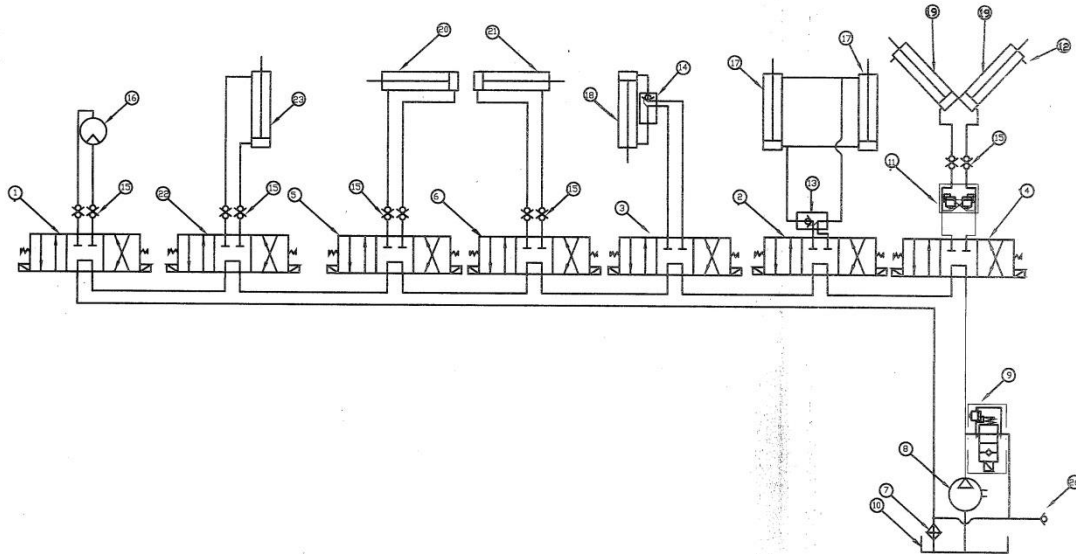
4.1 Entinen järjestelmä

Entisessä järjestelmässä päävoimanlähteenä toimi ajoneuvon dieselmoottori. Auravarustusjärjestelmän käyttövoiman tuottava hydraulipumppu sai käyttövoiman hihnapyörän välityksellä. Konehuoneessa sijaitsevan hydraulipumpun tuottama nestepaine johdettiin toimilaitteille ajoneuvon takaosassa sijaitsevan jakotukin kautta magneettiventtiileiden ohjaamana (kuva 11). Kuvassa 11 on entisen järjestelmän toimintakaavio, jossa on esitetty laitteiston komponentit. Punaiset viivat kuvaavat hydraulista yhteyttä laitteiden välillä ja sininen viiva dieselmoottorin ja hydraulipumpun välissä mekaanista yhteyttä.



KUVA 11. Entisen auravarustusjärjestelmän toimintakaavio

Kuvassa 12 on järjestelmän hydraulikaavio, jonka yläosassa on esitetty toimilaitteet, venttiilit, jakotukki ja hydraulisen paineen tuottavat komponentit. Alaosassa on komponentit osanumeroineen ja lisätietoineen.



26	Täyttöpikaliitin 1/2 Uros		1	
25				
24				
23	Hydraulisyliineri 30/16/30		1	Lautaslevitin
22	Mang.ventt. NS6 12V vap.keskias.		1	Lautaslevitin
21	Auran oikea y-sylinteri		1	
20	Auran vasen y-sylinteri		1	
19	Auran kääntösyliineri		2	
18	Auran nosto/laskusyliineri		1	
17	Kippisyliineri		2	
16	Siröttimen Moottori		1	
15	Pikaliitin 3/8 uros/naaras	Terask.	10+10	
14	Lukkoventt.1/4 yksipuol.	Oil Cont.	1	Auran nos./las.
13	Lukkoventt. 1/4 yksipuol.	Oil Cont.	1	Kipille
12	Huohotin		2	
11	2Puoleinen paineenrajoitusventt.		1	
10	Hydraulilijysallo		1	
9	2-Tieventt.12V 3/8 saad.paineraja	Oil Cont.	1	130 Bar.
8	Hydraulipumppu 5 cm ³ /1000	Roguet	1	Sis.tukilaakeri
7	Paluusuodin 3/4		1	
6	Mang.ventt. NS6 12V vap.keskias.		1	Oik.Y-toim.
5	Mang.ventt. NS6 12V vap.keskias.		1	Vas.Y-toim.
4	Mang.ventt. NS6 12V vap.keskias.		1	Aura Kaanto
3	Mang.ventt. NS6 12V vap.keskias.		1	Aura Nosto/Lask
2	Mang.ventt. NS6 12V vap.keskias.		1	Kippi
1	Mang.ventt. NS6 12V vap.keskias.		1	Sirotin

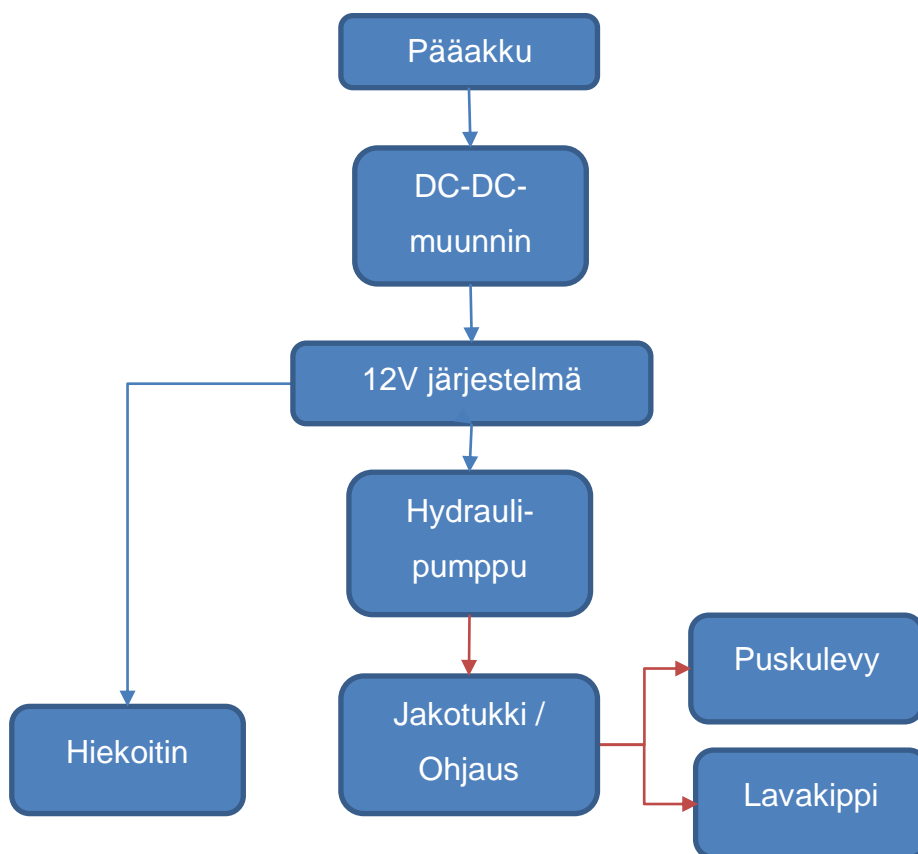
KUVA 12. Entisen auravarustusjärjestelmän hydraulikaavio

4.2 Uusi järjestelmä

Uusi järjestelmä pyrittiin toteuttamaan mahdollisimman pienin muutoksin, yksinkertaisesti ja energiatehokkaaksi. Yksinkertaisin ratkaisu oli korvata vanha pumppu uudella. Järjestelmään valittiin sähkökäyttöinen hydraulipumppu hihna-

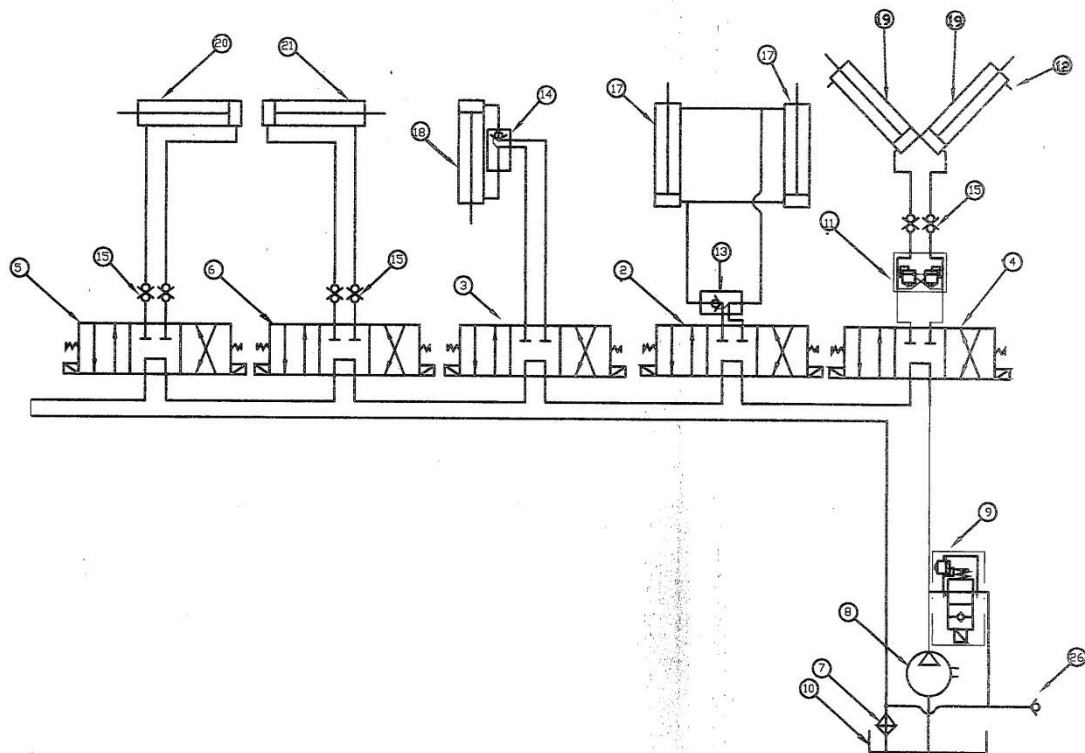
vetoisen tilalle. Pumppu sijoitettiin järjestelmän öljysäiliön ja jakotukin läheisyyteen, jotta alkuperäisen järjestelmän pumpun pitkät letkuvedot paluu- ja tuloletkuille saatiin poistettua.

Kuvassa 13 on esitetty uuden järjestelmän toimintakaavio. Pääakun 578 V:n jännite, muutetaan DC-DC-muuntimella 12 V:n. Hiekoitin ja hydraulipumppu saa käyttövoiman 12 V:n järjestelmästä. Hydraulipumppu tuottaa tarvittavan hydraulisen käyttövoiman puskulevyille ja lavakipille. Siniset viivat kuvaavat sähköistä yhteyttä laitteiden välissä ja punaiset viivat kuvaavat hydraulista yhteyttä.



KUVA 13. Uuden auravarustusjärjestelmän toimintakaavio

Kuvassa 14 on järjestelmän hydraulikaavio, jonka yläosassa on esitetty toimilaitteet, venttiilit, jakotukki ja hydraulisen paineen tuottavat komponentit. Alaosassa on komponentit osanumeroineen ja lisätietoineen.



21	Auran oikea y-sylinteri		1	
20	Auran vasen y-sylinteri		1	
19	Auran kääntösyylinteri		2	
18	Auran nosto/laskusyylinteri		1	
17	Kippisyylinteri		2	
15	Pikaliitin 3/8 uros/naaras	Terask.	10+10	
14	Lukkoventt.1/4 yksipuol.	Oil Cont.	1	Auran nos/las.
13	Lukkoventt. 1/4 yksipuol.	Oil Cont.	1	Kipille
12	Huuhotin		2	
11	2Puoleinen paineenrajoitusventt.		1	
10	Hydrauliolijsäiliö		1	
9	2-Tieventt.12V 3/8 saad.paineraja	Oil Cont.	1	130 Bar.
8	Hydraulpumppu 5 cm ³ /1000	Roguet	1	Sis.tukilaakeri
7	Paluusuodin 3/4		1	
6	Mang.ventt. NS6 12V vap.keskias.		1	Öik.Y-toim.
5	Mang.ventt. NS6 12V vap.keskias.		1	Vas.Y-toim.
4	Mang.ventt. NS6 12V vap.keskias.		1	Aura Kaanto
3	Mang.ventt. NS6 12V vap.keskias.		1	Aura Nosto/Lask
2	Mang.ventt. NS6 12V vap.keskias.		1	Kippi

KUVA 14. Uuden järjestelmän hydraulikaavio

4.2.1 Hydraulikoneikko

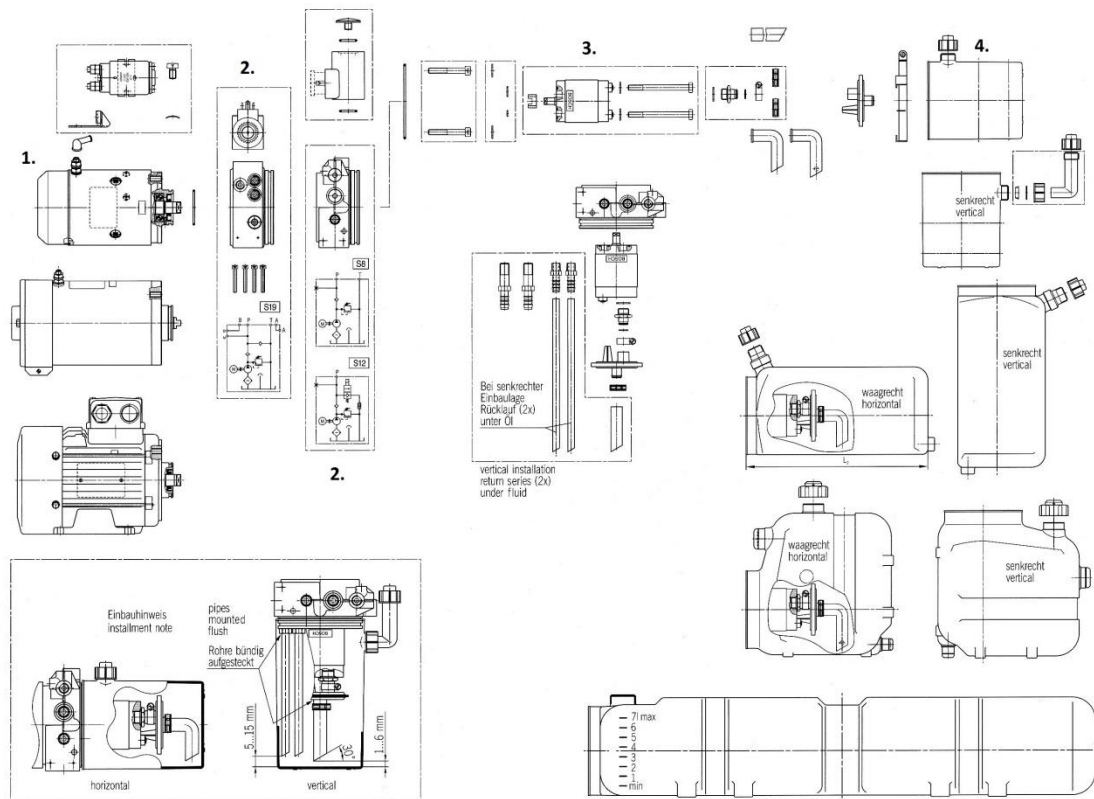
Entisen järjestelmän hihnavetoinen hydraulpumppu tulitaiiin korvaamaan sähkökäyttöisellä hydraulpumpulla. Sähkömoottorin ja hydraulpumpun yhdistelmää kutsutaan hydraulikoneikoksi. Hydraulikoneikot ovat kompaktin kokoisia yksiköitä, jotka sisältävät yleensä öljysäiliön, sähkömoottorin, venttiilitukin ja hydraulipumpun. Hydraulikoneikkoa voidaan pitää täydellisenä kokoonpanona paineenergian tuottamiseen. Kuvassa 15 on esitetty kolme erilaista hydraulikoneikkoa.



KUVA 15. Hydraulikoneikko (12)

Hydraulikoneikon osat valitaan käyttötarkoituksen mukaan. Osien valintaan vaikuttaa mm. haluttu tilavuusvirta, käyttöpainne, käyttökohde ja käytettävät toimilaitteet. Myös hydraulikoneikon asennussuunta vaikuttaa osavalintoihin, mm. vaaka- ja pystyasennossa imuputken muoto on erilainen. (13, s. 37–39.)

Kuvassa 16 on esitetty hydraulikoneikon osat. Kuvan vasemmassa laidassa numero yhdellä merkitty osa on hydraulikoneikon käyttövoiman tuottava sähkömoottori. Numero kahdella merkitty osa on venttiilitukki, joka yhdistää koneikon osat toisiinsa. Numero kolmella merkitty osa on hydraulipumppu, joka tuottaa hydraulijärjestelmän hydraulisen voiman. Numero neljällä merkitty on hydraulikoneikon öljysäiliö.



KUVA 16. Hydraulikoneikko (13, s. 37)

Hydraulikoneikon vaatimukset

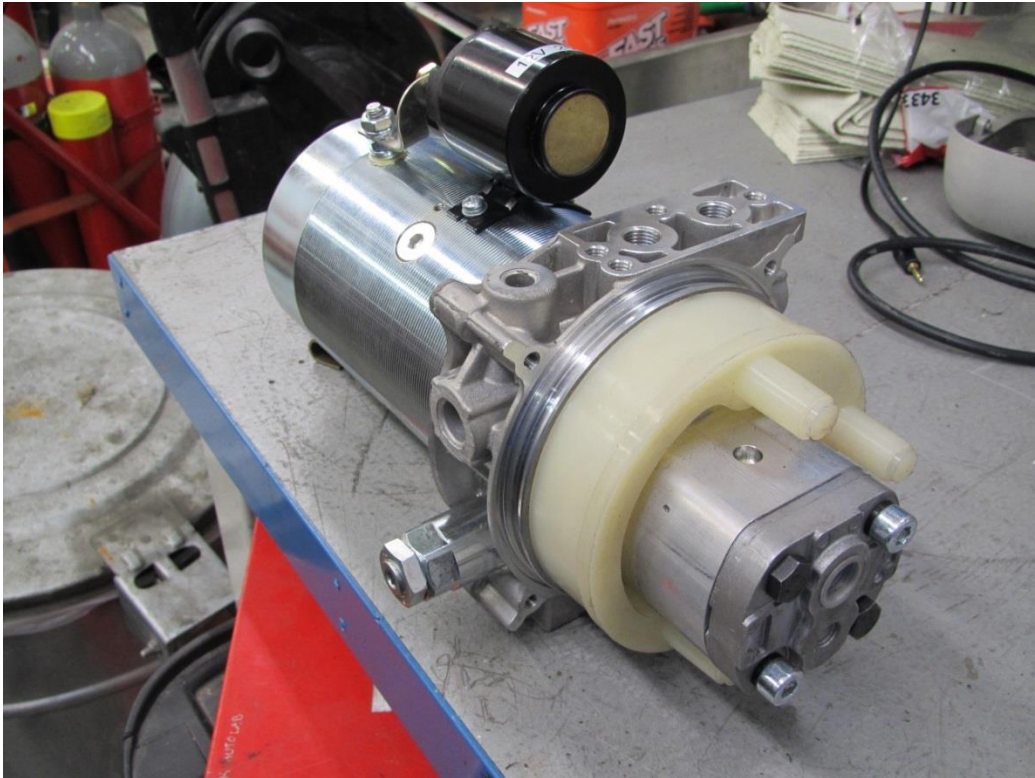
Järjestelmään valittavalle hydraulikoneikolle asetettiin tietyjä vaatimuksia. Sen tuli olla 12 V:n jännitteellä toimiva, soveltua ajoneuvokäyttöön ja vastata vanhaa hydraulipumppua tai olla tehokkaampi. Asennussuunnaltaan hydraulikoneikon tuli olla vaaka-asentoon asennettavaa mallia. Järjestelmän alkuperäisen hydraulipumpun tuotto oli 3,33 kuutiosenttimetriä/ kierros ja toimintapaine 130 bar.

Hydraulikoneikon valinta

Hydraulikoneikko räätälöitiin Argo Hytoksen liikkuvan kaluston hydraulikka valikoimasta vastaamaan vanhaa hihnavetoista hydraulipumppua. Tuotteet tilattiin Hytar Oy:n Oulun toimipisteen kautta. Hydraulikoneikko päätettiin tilata ilman säiliötä jo olemassa olevan säiliön vuoksi. Järjestelmän olemassa oleva säiliö on valmistettu 4 mm:n ruostumattomasta teräsestä ja on käyttötilavuudeltaan 6 litraa.

Hydraulikoneikkoon valittiin hammaspyöräpumppu 3,3 kuutiosenttimetrin kierrostilavuudella ja järjestelmään soveltuva venttiilitukki. Energianlähteeksi valittiin 1,5

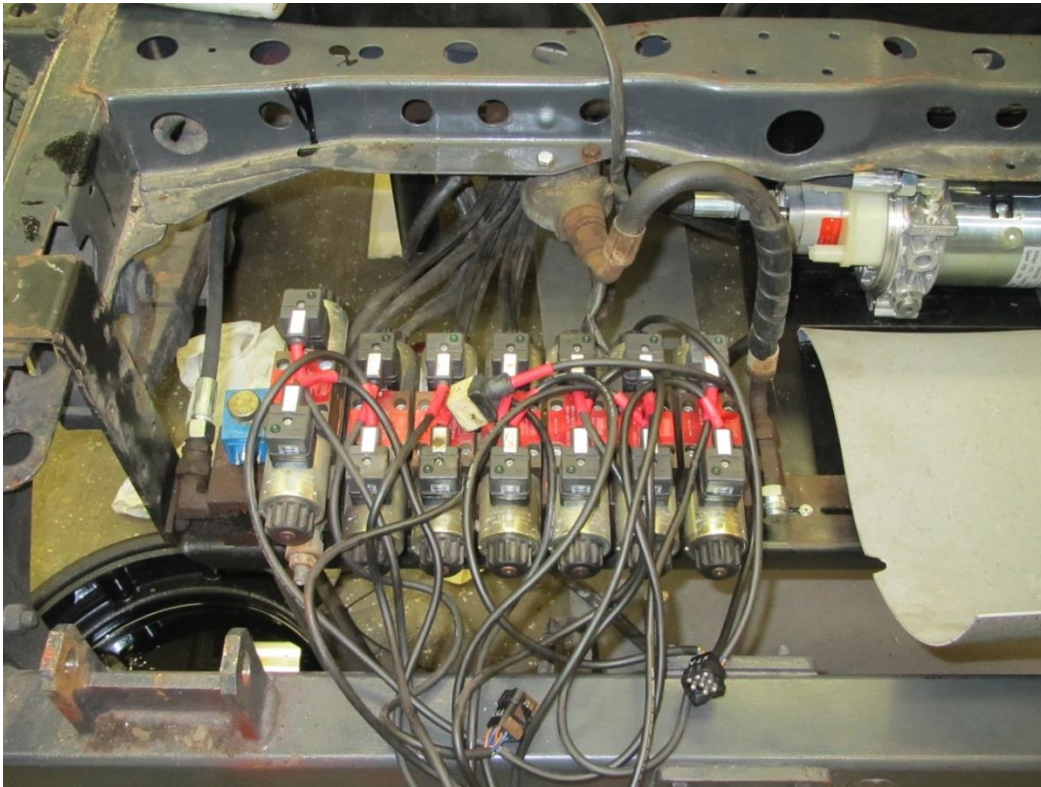
kW:n 12 V:n sähkömoottori. Koneikon paineenrajoitusventtiili esiasetettiin 160 bar:iin. Kuvassa 17 on valittu hydraulikoneikko ennen asennusta koeajoneuvoon.



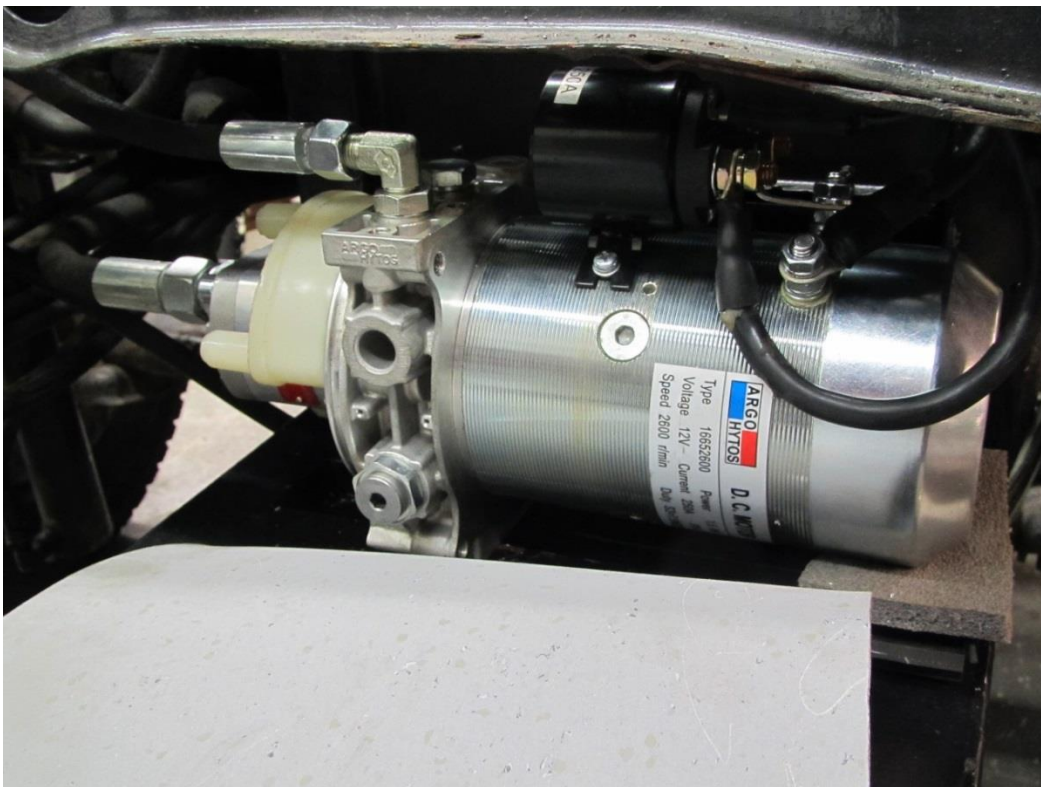
KUVA 17. Valittu hydraulikoneikko

4.2.2 Hydraulikoneikon asennus

Hydraulipumpulle valmistettiin teline 40 mm x 20 mm x 2 mm:n huonekaluputkesta taka-akselin takapuolelle. Teline kannattelee myös ajoneuvon kahta 12 V:n akkua. Teline on tuettu etupuolelta lavakipin runkokannakkeisiin ja takapuoli on tuettu hydrauliiikan jakotukin runkokannakkeeseen (kuvat 18 ja 19). Ala- ja etupuolelle telineeseen kiinnitettiin peltilevyt, etupuolen peltilevy saranoitiin, jotta hydraulikoneikon paineenrajoitusventtiiliä on mahdollista säätää irrottamatta pumppua telineestä. Sivuille asennettiin suojaksi muoviset levyt.



KUVA 18. Venttiilitukki ja hydraulikoneikko



KUVA 19. Hydraulikoneikko telineessä

Hydraulikoneikon sähkömoottori kytkettiin ajoneuvon akkuihin 35 mm² kaapeleilla kytkentäreleen kautta. Rele saa kytkentäjännitteen hydraulijärjestelmän jakotukin vapaakierron magneettiventtiin ohjausjännitteestä. Sähkömoottorin suojauksessa käytettiin 150 A:n Midi-ajoneuvosulaketta. Sulakepesä on sijoitettu siten, että sulake on mahdollista vaihtaa lavan asennosta riippumatta avaamalla muovilevy telineen kyljestä hydraulikoneikon kohdalta.

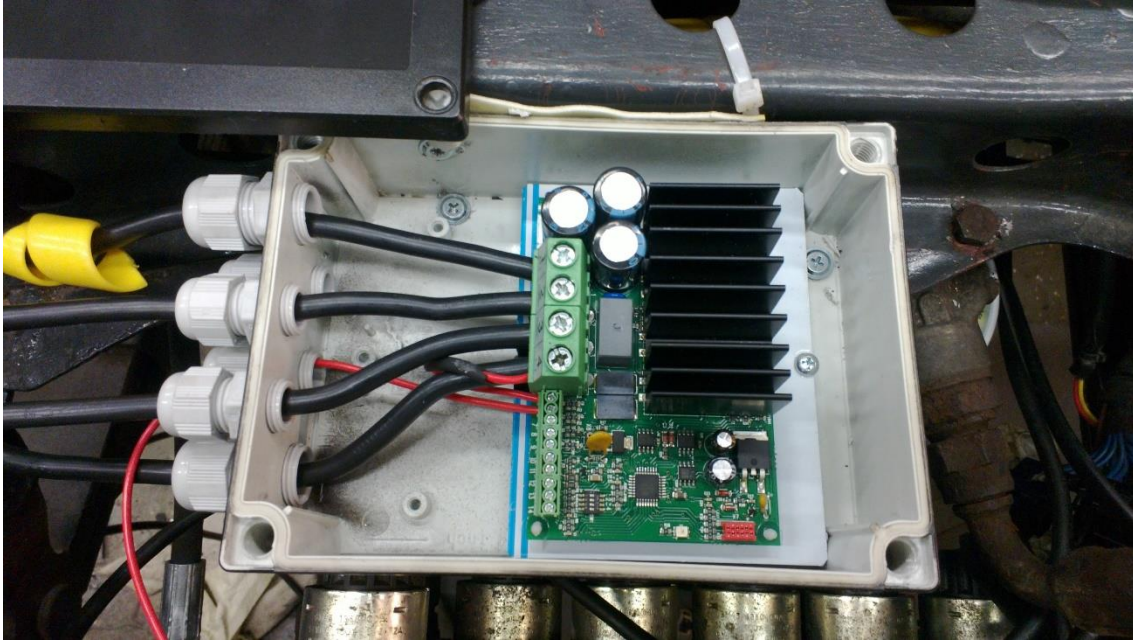
4.2.3 Muutokset

Hiekoittimen hydraulimoottori korvattiin sähkömoottorilla, joka oli suoraan Ficon Oy:n valikoimissa. Ficon FCS1300E -hiekoitinsarja sisältää 500 W:n 12V:n DC-sähkömoottorin, alennusvaihteen, DC-moottoriohjaimen, sähkömoottorisovitteen tukilaakerilla, akselin ja asennuskotelon. Hydraulimoottorin vaihtaminen sähkömoottoriin parantaa hiekoittimen hyötysuhdetta huomattavasti. Sähkömoottorin asentaminen vaati alennusvaihteen sähkömoottorin ja hiekoittimen hiekkarullan akselin välille, jotta välitys saadaan sopivaksi ja sähkömoottori oikeaan kulmaan (kuva 20).



KUVA 20. Hiekoitin asennettuna

Hiekoitinta ohjataan EM-243A-sähkömoottoriohjaimella (liite 3). Ohjelmoitu ohjain kykenee mm. tunnistamaan jumiutuneen hiekkarullan virtarajoituksen avulla ja käynnistämään hiekoituksen tasaisesti säädettävällä aloitusrampilla. Hiekoittimen käynnistystä ohjataan ohjaamosta keinukytkimellä. Ohjausyksikkö asennettiin ajoneuvon runkopalkkiin ruuvein vesitiiviiseen koteloon (kuva 21). Laitteisto kaapeloitiin 10 mm² kaapelilla ja suojattiin 50 A:n Midi-sulakkeella. Sulake sijoitettiin 12 V:n akkujen kotelon sisälle. Jotta hiekoitin voitaisiin poistaa kesäkauden ajaksi, liitettiin virtajohtoihin pikaliittimet laitteen poistamisen helpottamiseksi.



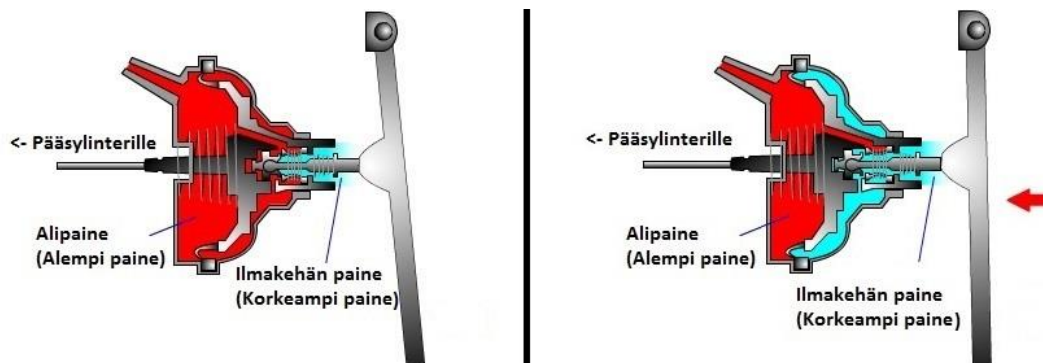
KUVA 21. Hiekoittimen ohjausyksikkö

Hiekoittimen moottori peitti kuljettajan puolen takavalon näkyvyyden takaapäin katsottaessa, minkä vuoksi takavalot kahdennettiin led-valoilla. Sijoitetuissa led-valoissa on parkki-, jarru ja vilkkuvalo. Valot kiinnitettiin hiekoittimen takalaitaan, mahdollisimman lähelle ajoneuvon alkuperäisiä takavaloja. Hiekoittimen sirotinlevyt päätettiin poistaa niiden painon ja suuren energiankulutuksen vuoksi.

5 JARRUJÄRJESTELMÄ

Koeajoneuvossa jarruvoiman tuotto oli toteutettu perinteisellä alipainetehostimella. Tehostimessa työsylinterin kalvon polkimenpuoleiseen pintaan kohdistuu ulkoilman paine ja kalvon vastakkaiselle puolelle poljinvoimaan verrannollinen alipaine. Tarvittava alipaine saadaan moottorin imusarjalta. Paine-eron synnyttämä tehostinvoima on lisävoimana polkimelta välittyvälle jalkavoiman osuudelle. Poljinvoiman ja tehostinvoiman yhteisvaikutuksesta syntyy jarrutusaine. (3, s. 720.)

Kuvassa 22 on havainnollistettu alipainetehostimen toimintaa käytössä. Kuvassa vasemmalla on tilanne, jossa ohjaustehostin on lepoasennossa. Lepoasennossa alipaine vallitsee ohjaustehostimen kalvon molemmin puolin. Oikealla on tilanne, jossa jarrupoljinta painetaan. Ilmanpaine tehostimen sisällä pyrkii tasoittumaan korkeammasta paineesta alempaan. Jarrua painettaessa ilma imeytyy jarrutehostimen sisään työntäen kammioita erottavaa kalvoa pääsylinterin suuntaan, jolloin ilmakehän paine avustaa jarrutustyötä.



KUVA 22. Vasemmalla alipainetehostin ennen jarrutusta ja vasemmalla jarrutuksen aikana (14)

5.1 Jarrutehostimen vaatimukset

Koeajoneuvoon valittavan jarrutehostimen tuli olla sähkökäyttöinen ja vastata tai olla tehokkaampi tehostusvoimakkuudeltaan kuin alkuperäinen tehostin. Laissa ei varsinaisesti käsitellä tehostusvoimaa tuottavaa laitetta vaan jarrulaitteita yleensä. Muutoskatsastuksessa saadaan hyväksyä auton jarrujen vaihtaminen seuraavalla perusteella: ”Jarrut ovat alkuperäisiä tehokkaammat ja peräisin autosta tai tarkoitettu autoon, jonka akselimassa tai valmistajan sallima akselimassa

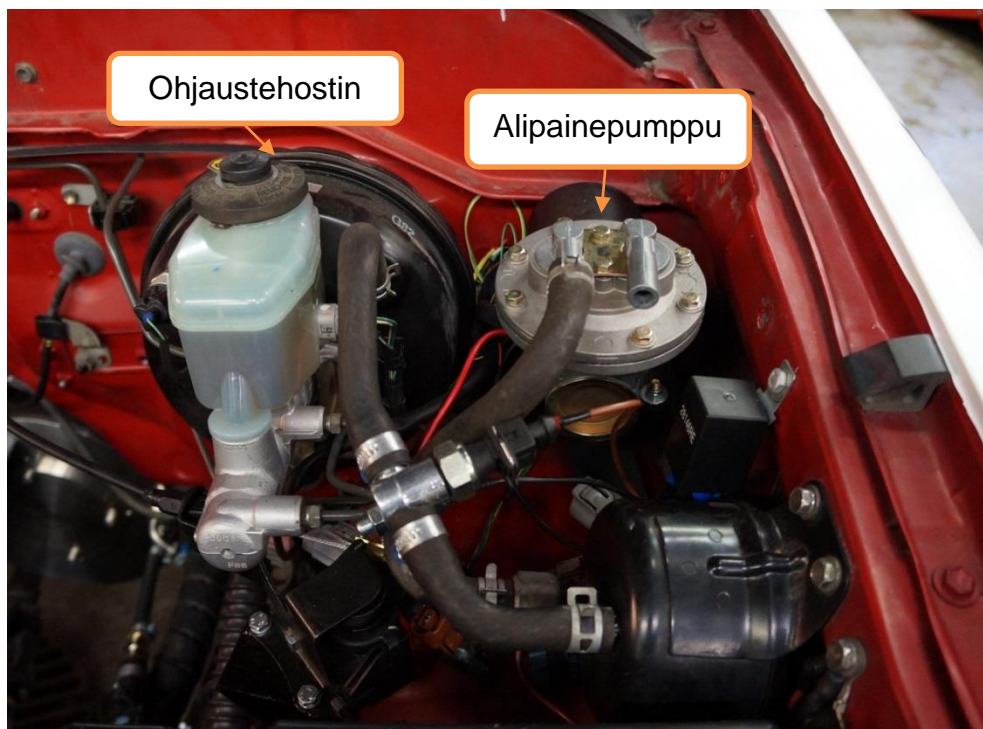
ja moottoriteho vastaavat vähintään muutettavaa autoa.” (15, luku 3, pykälä 13, kohta 1a.) Jarrulaitemuutoksen testaa ja hyväksyy muutoskatsastuksen suorittava katsastusmies.

5.2 Jarrutehostimen valinta

Jarrujärjestelmän alkuperäinen tehostin päätettiin säilyttää ja tarvittavan alipaineen kehittämiseen hankkia sähköinen alipainepumppu. Alipainepumppu löytyi SSBC:n valikoimasta (16). Pumppu on tarkoitettu järjestelmiin, jossa moottorin kehittämä alipaine ei riitä jarrutehostimelle tai muuta alipainelähdettä ei ole.

5.3 Jarrutehostimen asennus

Sähköinen alipainepumppu asennettiin konetilan oikeaan laitaan (kuva 23). Laitteen tärinän vuoksi se eristettiin asennusalustasta kumivaimentimilla. Kaapelointi toteutettiin käyttäen 4 mm² kuparikaapelia. Jatkuva alipaineen tuotto estettiin painetunnistimella. Pumpun saavutettua painetunnistimen herätepaineen arvon painetunnistin katkaisee virran pumpun releeltä, jolloin pumppu sammuu. Laitteen asennuksessa käytettiin apuna valmistajan asennusohjetta.



KUVA 23. Jarrutehostin asennettuna

6 OHJAUSTEHOSTUS

Ajoneuvon ohjauksen tehtävänä on siirtää ajajan ohjauspyörällä tekemät kääntöliikkeet auton ohjaavien pyörien kääntöliikkeiksi. Nykyautoissa kuljettajan kääntöliikkeet tehostetaan hydraulisesti käyttäen hihnavetoista öljypumppua tai sähkömoottorikäyttöisillä hammaspyörä- tai rullapumpuilla. (3, s. 702–705.) Koeajoneuvossa oli tehostettu kuulamutteriohjaus hihnavetoisella hydraulipumpulla, joka tuli korvata sähkökäyttöiseen ajoneuvoon soveltuvalla vaihtoehdolla.

6.1 Ohjaustehostimen vaatimukset

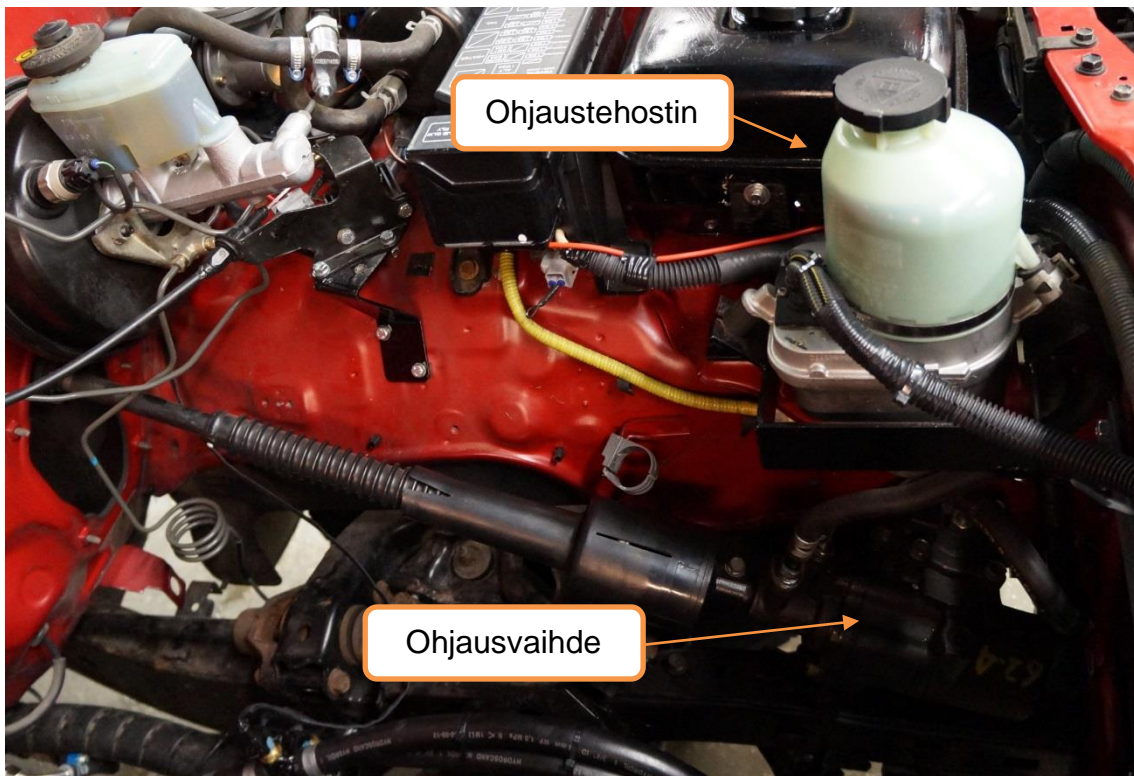
Ohjaustehostimelle asetettiin vaatimuksiksi laillisuus ja sähkökäyttöisyys. Mootoriajoneuvojen ja niiden perävaunujen ohjauslaitteita koskevia lakisäädöksiä käsittelee Neuvoston direktiivi 70/311/ETY (17), jota on mukautettu tekniikan kehitykseen Komission direktiivillä 92/62/ETY (18).

Direktiivissä (18) on mainittu tärkeä kohta muutostyön kannalta: ”Ohjauslaitteiden on varmistettava ajoneuvon helppo ja turvallinen käsittely aina sen suurimpaan rakenteelliseen nopeuteen saakka.” Direktiivissä (18) mainitaan myös, että: ”On oltava mahdollista ajaa suoralla tieosuudella ilman kuljettajan epätavallisia ohjauksen korjauksia ja ilman ohjausjärjestelmän epätavallista tärinää ajoneuvon suurimmalla rakenteellisella nopeudella.” Edellä mainitut kohdat antavat hyvän pohjan muutostyön toteuttamiseksi. Direktiivi ei käsittele energialähteen käyttövoiman muuttamista toiseksi, joten hihnavedon korvaaminen sähkökäytöllä energialähteen pysyessä hydraulisena ei muutoskatsastuksessa pitäisi tulla ongelmia lain suhteen. Myöskään liikenneministeriön päätös auton rakenteen muuttamisesta 1714/1992 (19) ei käsittele ohjauslaitteiden muutosta energianlähteen muuttamisen kannalta.

6.2 Ohjaustehostimen valinta ja asennus

Ohjaustehostimeksi valittiin sähköhydraulinen Opel Astran ohjaustehostin (kuva 24), jonka Oulun seudun ammattikorkeakoulun autolaboratorio lahjoitti projektiin. Ohjaustehostin asennettiin konehuoneen oikeaan laitaan tukevaan kehikkoon (kuva 24). Tehostimen ja ohjausvaihteen väliin tehtiin sopivat paineletkut.

Kuvassa 24 on ohjausvaihde ohjaustehostimen alapuolella. Kaapeloinnissa käytettiin 10 mm² kuparikaapelia, kytkettäessä ohjaustehostin konehuoneessa sijaitsevaan virranjakoblokkiin. Ohjaustehostimen virrankulutukseksi mitattiin maksimissaan 80 A, joten järjestelmään valittiin saman virrankeston omaavan putkisulake suojaksi laitteelle. Kytettäessä ajoneuvoon virta ohjaustehostin käynnistyy vakiopyörimisnopeudelle. Kytettäessä on suoritettu kytkemällä ohjaustehostimen herätekaapeli virtalukon herätelähtöön.



KUVA 24. Ohjaustehostin on sijoitettu konetilan oikeaan laitaan

7 AJONEUVON TESTAUS

Seuraavassa käsitellään muutettujen järjestelmien toimintaa koeajoneuvossa. Testaukset suoritettiin talvella. Kova pakkasen loi erinomaisen testiympäristön suoritettavalle testaukselle.

7.1 Matalajännitejärjestelmä

Matalajännitejärjestelmän tärkein komponentti DC-DC-muunnin todettiin toimivaksi jo ensimmäisestä testikerrasta lähtien. Muunnin tuottaa tasaisin 13,8 V:n latausjännitteen. Käytettäessä hydraulikoneikkoa, joka on järjestelmän suurin kuuttaja noin 200 A:n virrankulutuksellaan, ei todettu huomattavaa jännitenotkautusta. Jännite pysyi kaikissa kuormitustapauksissa yli 12 V:n.

Järjestelmän kaksi 12 V:n akkua kuuluivat ajoneuvon alkuperäiseen varustukseen ja ne päätettiin käyttää uudelleen. Akut kuitenkin osoittautuivat testikäytössä vanhoiksi ja niiden huomattiin purkautuvan valitettavan nopeasti itsekseen. Seuraavassa kehitysvaiheessa järjestelmän vanhat lyijyakut voisi korvata työkonikäyttöön paremmin soveltuvilla syväpurkausakuilla.

7.2 Lämmitysjärjestelmä

Valitun lämmittimen teho oli testien perusteella ajoneuvoon sopiva. Kovallakin pakkasella lämmitin kykeni nostamaan lämpötilan miellyttäväksi noin kymmenessä minuutissa. Lämmittimen ilmoitettu polttoainekulutus oli täydellä teholla 0,5 litraa tunnissa ja osateholla 0,2 litraa. Täydellä teholla polttoaine tulisi riittää 7 tunniksi. Polttoaineen kulutuksesta ei testivaiheessa tehty tarkkoja mittauksia, mutta 3,5 litran tankki todettiin riittävän kahdeksan tunnin työpäivän ajaksi.

Lämmittimen toiminta ei kuitenkaan ollut toivotun lainen. Riippuen ulkoilman lämpötilasta lämmitin sammui 10–30 minuutin käyttöjakson jälkeen eikä uudelleenkäynnistäminen onnistunut ennen laitteen jäähtymistä. Kyseinen ongelma voi olla seurausta laitteen liiallisesta kuumenemisestä, joka johtuu liian ahtaasta tuuletuskanavasta. Lämmittimen ilmaa siirtävä tuuletin ei riitä liikuttamaan lämmitettyä

ilmaa tarvittavan nopeasti tuuletuskanavassa, jolloin lämmitin ylikuumenee. Ratkaisuna ongelmaan voisi olla lisätuuletin lämmittimen ilmanottoon, joka avustaisi jo olemassa olevaa tuuletinta ilman siirtämisessä, jolloin lämmitin ei ylikuumenisi.

7.3 Auravarustus

Testeissä auravarustusjärjestelmä toimi odotetusti. Toteutettu järjestelmä on energiatehokas, koska hydraulikoneikko pyörii vain tarvittaessa, toisin kuin alkuperäisessä järjestelmässä, jossa hihnavetoinen pumppu oli rasite aina polttomoottorin käydessä. Auran ja lavakipin liikkeet olivat huomattavasti nopeampia kuin vanhassa järjestelmässä, ja tämä katsottiin sekä eduksi että haitaksi. Liian nopeat auran liikkeet ravistelivat autoa ja teki auraamisesta epämiellyttävää. Testivaiheessa järjestelmään asennettiin lisäksi säädettävä virtausvastus, jolla auran liikenoisuus rajoitettiin sopivalle tasolle.

Testivaiheessa huomattiin hydraulipumpun vuotavan ja syyksi todettiin venttiilitukin ja muovisäiliön (kuva 17) välinen tiivistys. Muovisäiliön on tarkoitus johtaa paineenrajoitusventtiilin kautta kulkeva öljy takaisin säiliöön venttiilitukin kautta. Paineenrajoitusventtiilin avautuessa öljypaine työntää säiliötä irti venttiilitukista ja aiheuttaa öljyvuodon. Ongelmaa ei olisi, mikäli järjestelmässä olisi käytetty hydraulikoneikon yhteyteen liitettävää säiliötä, jolloin öljyvuoto yksinkertaisesti palaisi säiliöön. Yksinkertaisin ratkaisu seuraavassa kehitysvaiheessa ongelmaan onkin poistaa alkuperäinen öljysäiliö, korvata se integroidulla säiliöllä ja uudelleen sijoittaa hydraulikoneikko.

7.4 Jarrujärjestelmä

Uusi jarrujärjestelmä toimi testauksissa moitteetta. Alipainepumppu kehitti tarvittavan alipaineen riittävän nopeasti normaalin ajon vaatimaan tarpeeseen. Testauksessa kävi ilmi myös pumpun tuottama melu, joka ylitti selvästi sähkömoottorin tai muiden laitteiden tuottaman melutason. Melu ei kuitenkaan ollut ajossa häiritsevää, mutta seuraavassa kehitysvaiheessa alipainepumpulle voitaisiin kehittää äänieristetty laatikko.

7.5 Ohjaustehostus

Sähköhydraulinen ohjaustehostin osoittautui testeissä toimivaksi ratkaisuksi liki kaikissa olosuhteissa. Tehostinvoima oli turhan voimakas nopeuden kasvaessa yli 60 km/h. Ohjaustehostin kytkettiin vakiopyörimisnopeudelle, joten myös tehostusvoima kaikilla nopeuksilla on vakio. Säätyvällä tehostusvoimalla saavutettaisiin parempi ohjausvaste muuttuvissa ajotilanteissa. Hitaissa ajonopeuksilla tehostusvoima voisi olla suuri ajoneuvon käsittelyn helpottamiseksi. Suurissa ajonopeuksissa tehostusvoimaa voitaisiin pienentää ohjaustuntuman parantamiseksi. Säätyvä tehostinvoima voitaisiin toteuttaa esimerkiksi käyttämällä pumppun ohjauksessa pulssinleveysmodulaatiota.

8 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli muuttaa matalajännite-, lämmitys-, auravarustusjärjestelmä, ohjaus- ja jarrutehostimen osa-alueet sähkökäyttöön soveltuviksi. Työssä edettiin asettamalla osa-alueille vaatimukset tulevan käyttötarkoituksen mukaan ja selvitettiin muutostöiden laillisuus. Seuraavana valittiin korvaavat komponentit ja päätettiin osa-alueisiin tehtävistä muutoksista. Työ eteni osa-alueiden järjestelmien muutostöihin ja komponenttien asennukseen. Viimeisenä työn vaiheena oli ajoneuvon prototyypin ja osa-alueiden testaaminen käytännössä.

Lähdekirjallisuutta oli rajoitetusti polttomoottorikäyttöisten ajoneuvojen apulaitejärjestelmien muuttamisesta sähkökäyttöön soveltuviksi, mikä teki muutostyöstä haastavan. Järjestelmiä muutettaessa ja komponentteja valittaessa apuna käytettiin asiantuntijoiden lausuntoja ja lakimääräyksiä. Työ oli haasteellinen moneen erilaiseen järjestelmään perehtymisen vuoksi. Työn olisi voinut jakaa kahdeksi tai kolmeksi opinnäytetyöksi, jolloin eri osa-alueisiin olisi voinut perehtyä tarkemmin.

Seuraavassa on esitetty lyhyet koosteet kuhunkin osa-alueeseen valituista komponenteista, muutostöistä ja ongelmakohtista.

Matalajännitejärjestelmä

Koeajoneuvoon asennettiin MMC 700-02K-12V -DC-DC-muunnin, joka tuottaa ajoakkujen 578 V:n jännitteestä tasaisen 13,8 V:n latausjännitteen ja maksimissaan 145 A:n virrantuoton matalajännitejärjestelmälle. Muunnin toimi testeissä odotetusti ja tuotti järjestelmälle riittävän virtamäärän. Ongelmakohtaksi järjestelmässä paljastui 12 V:n akut, jotka eivät varanneet latausvirtaa normaalisti.

Lämmitysjärjestelmä

Lämmitysjärjestelmä toteutettiin asentamalla koeajoneuvoon dieselkäyttöinen Eberspächer Airtronic M D4 Plus -lisälämmitin. Lämmittimen tuottama lämmin ilmavirta johdettiin koeajoneuvon alkuperäisen ilmakehän kautta ohjaamoon.

Testausvaiheessa ongelmana oli lämmittimen ajoittainen sammuminen epäselvästä syystä. Syyksi arvioitiin mm. liian ahdasta ilmakehää, jolloin itse lämmitin ylikuumenee ja sammuu vahinkojen välttämiseksi.

Auravarustus

Koeajoneuvon alkuperäistä auravarustusjärjestelmää muutettiin siten, että polttomoottorilta käyttövoimansa saanut hihnavetoinen hydraulipumppu korvattiin sähkökäyttöisellä 12 V:n hydraulikoneikolla, joka uudelleen sijoitettiin ajoneuvon takaosaan. Hydraulikoneikoksi valittiin suoritusarvoiltaan alkuperäistä pumppua vastaava. Järjestelmän alun perin hydraulitoiminen hiekoitin korvattiin muutos-sarjalla sähkökäyttöiseksi. Hiekoittimen hydraulitoimiset sirotinlevyt poistettiin niiden suuren painon ja huonon energiatehokkuuden vuoksi. Testausvaiheessa ongelmaksi osoittautui vuoto hydraulikoneikossa.

Ohjaustehostus

Ohjaustehostusvoiman tuottava hihnavetoinen hydraulipumppu korvattiin sähköhydraulisella Opel Astran ohjaustehostimella liittämällä se vanhan pumpun tilalle. Muutettu järjestelmä osoittautui testeissä toimivaksi. Testiryhmä jäi kaipaamaan nopeuden mukaan säätävää tehostusvoimaa.

Jarrujärjestelmä

Alipainetehostettuun jarrujärjestelmään valittiin SSBC:n sähkökäyttöinen alipainepumppu tuottamaan järjestelmän vaatima alipaine. Alipainepumppu kytkettiin paineohjautuvaksi, jolloin pumppu käy vain tarvittaessa. Alipainepumpun suu-rehko meluntuotto koettiin epämiellyttäväksi testausvaiheessa.

Tuloksena saatiin toteutettua koeajoneuvoon sähkökäyttöön soveltuvat osa-aluejärjestelmät. Järjestelmät testattiin ja komponenttivalintoihin ja muutostöihin oltiin pääosin tyytyväisiä. Jokaiselle osa-alueelle jäi parannettavaa, kuten hydraulipumpun vuodon korjaaminen, ajonopeuden mukaan säätävän ohjaustehostuksen kehitys ja lämmitysjärjestelmän vikakartoitus ja muutostyö.

Tätä opinnäytetyötä voi hyödyntää muutettaessa polttomoottorikäyttöisiä ajoneuvoja sähkökäyttöisiksi. Koeajoneuvo jää tutkimus- ja kehitysympäristöksi Oulun

seudun ammattikorkeakoulun insinööriopiskelijoille ja koulun kanssa yhteistyötä tekeville yrityksille.

LÄHTEET

1. Bosch, Robert 1989. Vaihtosähkögeneraattorit : Teknistä tietoutta. Suomi: Teknisten painotuotteiden osasto.
2. Reymer, Bastiaan 2013. An introduction and analysis of the Toyota Hilux electric conversion project. Karel de Grote college university, Antwerp, Belgium Departement of industrial sciences and technologie. Master thesis 2012-2013.
3. Bauer, F. – Dietsche, K-H. – Crepin, J. – Dinkler, F. – Haapaniemi, H. 2002. BOSCH, Autoteknillinen taskukirja. 6. painos. Suom. Björn Boström, Esko Haapaniemi, Asko Isonokari, Maija Korhonen, Olavi Laine, Arto Lehtinen, Jouko Lehtomäki, Tero Lehtonen, Pekka Louhos, Markus Melin, Kari Nieminen, Erkki Nuutio, Marko Paananen, Antti Saarialho, Arne Ziessler. Helsinki: Autoalan Koulutuskeskus Oy.
4. Neuvoston direktiivi 78/317/ETY. Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=DD:13:08:31978L0317:FI:PDF>. Hakupäivä 23.7.2013.
5. Isera Oy. Saatavissa: <http://isera.fi/webasto>. Hakupäivä 23.7.2013.
6. Eberspächer. HYDRONIC Water Heaters. Saatavissa: <http://www.eberspacher.com/products/heating-products/water-heating.html>. Hakupäivä 23.7.2013.
7. Wihuri Oy Tekninen Kauppa. Lämmittimen toiminta. Verkkovideo. Saatavissa: http://autola.wihuri.fi/tuoteryhmat/ajoneuvolammitimet/fi_FI/etusivu/_files/78635277942129925/default/hydronictoiminta_fin_512K.avi. Hakupäivä 23.7.2013.

8. Eberspächer. Technology in detail. Saatavissa:
<http://www.eberspacher.com/products/heating-products/water-heating/technology-in-detail.html>. Hakupäivä 23.7.2013.
9. Eberspächer. Airtronic air heaters. Saatavissa:
<http://www.eberspacher.com/en/vehicle-heaters/product-portfolio/air-heaters.html>. Hakupäivä: 23.7.2013.
10. Webasto. Air heaters. How does an air heater works. Saatavissa:
<http://www.webasto.com/int/markets-products/recreational-vehicles/heating-solutions/space-air-heaters/air-top/>. Hakupäivä. 23.7.2013.
11. Neuvoston direktiivi. Moottoriajoneuvojen ja niiden perävaunujen lämmityslaitteista 27.9.2001/56/EY. Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2001:292:0021:0040:FI:PDF>. Hakupäivä 24.7.2013.
12. Hydrauliiikkapumppu.fi. 12/24V tasavirtakoneikot. HF-C200 12V koneikko terässäiliöllä. Saatavissa: http://www.hydrauliiikkapumppu.fi/kauppa/product_details.php?p=231. Hakupäivä 24.7.2013.
13. Noack, Steffen 2001. Hydraulics in mobile equipment. Saksa: Omegon.
14. How stuff works. Vacuum booster. Saatavissa: <http://auto.howstuffworks.com/auto-parts/brakes/brake-types/power-brake2.htm>. Hakupäivä 1.8.2013.
15. Liikenneministeriön päätös auton rakenteen muuttamisesta 779/23.10.1998. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1998/19980779>. Hakupäivä 1.8.2013.
16. SSBC. Electronic vacuum pump. Saatavissa: <http://ssbrakes.com/i-10093987-electric-vacuum-pump.html>. Hakupäivä 1.8.2013.

17. Neuvoston direktiivi 8.6.1970/311/ETY moottoriajoneuvojen ja niiden perävaunujen ohjauslaitteita koskevan jäsenvaltioiden lainsäädännön lähentämisestä. Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=DD:13:01:31970L0311:FI:PDF>. Hakupäivä 1.8.2013.

18. Komission direktiivi 2.7.1992/62/ETY, moottoriajoneuvojen ja niiden perävaunujen ohjauslaitteita koskevan neuvoston direktiivin 70/311/ETY mukauttamisesta tekniikan kehitykseen. Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=DD:07:04:31992L0062:FI:PDF>. Hakupäivä 1.8.2013.

19. Liikenneministeriön päätös auton rakenteen muuttamisesta 1714/30.12.1992. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1992/19921714>. Hakupäivä 1.8.2013.

LÄHTÖTIETOMUISTIO

Tekijä Lasse Kyyhkynen

Tilaaaja Juhan Auto Oy, Oulu

Tilaaajan yhdyshenkilö ja yhteystiedot Markku Mykkänen 0207 797 754

Työn nimi

Polttomoottorin poistamisesta aiheutuvat muutostyöt täyssähkötyökoneessa

Työn kuvaus

Työssä paneudutaan polttomoottorin poistosta johtuviin muutostöihin sähkö-, ohjaus-, mukavuus- ja auravarustusjärjestelmässä muutettaessa ajoneuvoa polttomoottorikäyttöisestä täyssähköiseksi.

Työn tavoitteet

Tavoitteena on selvittää mitä korvaavia laitteita vaaditaan alkupe-
räistentoimintojen ylläpitämiseksi, kun ajoneuvosta poistetaan
polttomoottori ja asentaa vaadittavat laitteet turvallisesti ja hel-
posti huollettaviksi.

Tavoiteaikataulu

Opinnäytetyö aloitetaan tammikuussa 2012. Kevätlukukauden
2012 loppuun mennessä suunnittelutyö, mitoitukset ja kompo-
nenttien valinta valmis.

Vuoden 2012 loppuun mennessä asennustyöt valmiit. Tavoite
työn valmistumiselle on 2013 vuoden huhtikuun loppuun men-
nessä.

Päiväys ja allekirjoitukset _____

SAATAVISSA: <http://www.metricmind.com/wp-content/uploads/2011/11/specs.png>

**2kW, DC/DC converter
700Vdc to 13.8V/145A**



This rugged, high voltage DC/DC built with internal modules to generate the required output power. Cooling is by built-in fans, which suck air into the unit and push it out at the other end through perforations. Low component count, large headrooms and the use of components with established reliability results in high MTBF. Internal output separation diode allows the use of battery charging application.

Special Features: battery charging

SPECIFICATIONS

Input Voltage

700Vdc
450-835V range
Input current: 5.4A max.

Input Protection

Inrush current limiting
Varistors
Reverse polarity protection
Internal safety fuse
Lower voltage than the specified minimum input will not damage the unit

Isolation

Input to chassis 3000Vdc on each unit
Input to output 3000Vdc on each unit
5600Vdc type test
Output to chassis 500Vdc

Standards

Designed to meet EN60950 and corresponding standards, also requirements for CE marking

EMI / EMC

EN50121-3-2

Switching Frequency

55kHz +/-5kHz

Output Voltage/Current

13.8Vdc +/- 0.1V / 145A
Adjustable +/- 0.3V
Output is floating; either terminal can be grounded

Output Separation Diode

Installed internally

Line/Load Regulation

+/-2% combined from zero load to full load including separation diodes

Dynamic Response

Max 5% voltage deviation for 10% to 50% load step, with better than 1msec recovery time

Output Ripple/Noise

Better than 30mVrms and 200mVpp (@ 20MHz BW)

Output Overload Protection

Rectangular current limiting with short-circuit protection (no hiccup)
Thermal shutdown in case of insufficient airflow (self-resetting)
Current Limit: 155 +/- 8A

Warning: The battery connection wires must be fused externally

Output Over-voltage Protection

Second regulator loop, completely stable and independent of main regulator loop
OVP limit: 15.5V +/- 1V

Efficiency

80% at full load

Operating Temperature Range

0°C to +55°C for full specification

Temperature Drift

0.03% per °C over operating temperature range

Cooling

By built-in fans

Environmental Protection

Basic ruggedizing

Shock/Vibration

IEC 61373 Cat 1 A&B

Humidity

5-95% non-condensing

MTBF

110,000 hours @45°C
(Fans not included)

Indicators

None

Alarm Output

Not installed

Package/ Dimensions (WxHxL)

3U3: 187 x 132 x 407mm
(7.4" x 5.2" x 16")

Weight

Approx. 7kg (15lbs)

Connections

Input: Terminal block
Output: Threaded studs

RoHS Compliance

Not required but accepted

Warranty

Two years subject to application within good engineering practice

SAATAVISSA: <http://www.eberspacher.com/products/heating-products/air-heating/airtronic-d4.html>

EBERSPÄCHER AIRTRONIC



Diesel Version		Airtronic D4* with 90mm Hood				Airtronic D4 Plus* with 75mm Hood			
Voltage	Volt	12 / 24				12 / 24			
Controls		Low	Medium	High	Power	Low	Medium	High	Power
Heat Output	Watt	900	2,000	3,000	4,000	900	2,000	3,000	4,000
Air Flow Volume	kg / h	60	110	150	185	55	100	140	175
Electrical Power Consumption	Watt	7	13	24	40	7	16	30	55
Fuel Consumption	l / h	0.11	0.25	0.38	0.51	0.11	0.25	0.38	0.51
Dimensions L x W x H	mm	376 x 140 x 150				376 x 140 x 150			
Weight	kg	4.5				4.5			

*100% biodiesel-compatible in accordance with FAME DIN EN 14214.

EM-243A DC-MOOTTORIN OHJAIN 12-42V 50A



OMINAISUUDET

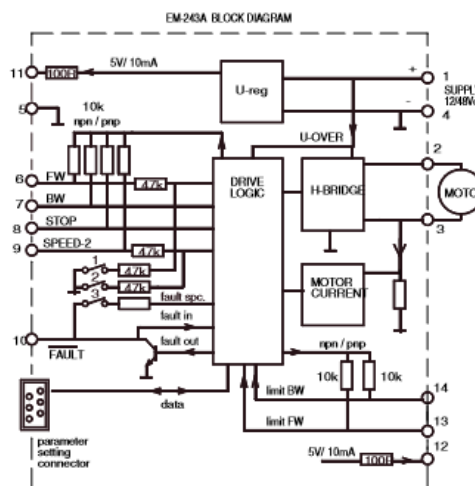
- pieni koko
- suuri lähtövirta
- virtaraja
- nollavirran ilmaisu
- aseteltavat nopeudet
- monipuoliset ohjaustulot
- jatkuva- tai impulssiohjaus
- kiskoasennettava
- digitaalinen parametrien asettelu
- A-versio yhteensopiva aikaisemman kanssa
- + laajempi käyttöjännite alue
- + tehokkaampi fault lähtö
- + tulovaimennus Dip-kytkimillä

EM-243A on täysinilta DC-moottorin ohjain. Laite on suunniteltu käytettäväksi mitä moninaisemmissa DC-moottori sovelluksissa. Siinä on aseteltavat startti- ja pysäytysrampit, jotka mahdollistavat pehmeän toiminnan. Virtaraja voidaan asettaa kumpaankin ajosuuntaan erikseen. Virtaraja suojelee moottoria ja mekaniikka ylikuormalta ja sitä voidaan käyttää esimerkiksi päätepysäytykseen. Laitteessa on kaksi esi-aseteltavaa ajonopeutta, joka helpottaa käyttöä paikoitussovelluksissa. Erikoistoimintana on myös portaaton nopeudensäätö. Ohjaustuloja ovat FW, BW, STOP ja SPEED-2 valinta. Lisäksi on vielä erilliset pysäytystulot eteen ja taakse. FW- ja BW -tuloilla annetaan ajokäskyt eteen tai taakse ja STOP-tulo pysäyttää ajon. SPEED-2 tulolla valitaan 2-nopeus käyttöön. Aina kun 2-nopeus on valittu niin hidastusrampit ohitetaan, eli pysäytys on tässä tilanteessa välitön. Erikoistapauksessa tämä SPEED-2 tulo toimii portaattomana 0-5V nopeustulona. Ohjaustavaksi voidaan valita jatkuva tai impulssi, jatkuvalla toimintatavalla ajo on päällä vain kun ohjaus on päällä, kun taas impulssi-ajossa lyhyt käsky käynnistää ajon ja vasta uusi komento pysäyttää moottorin. Ohjaustulot on jaettu kahteen ryhmään, jotka voidaan asettaa toimimaan NPN tai PNP logiikalla.

FAULT nasta on kaksisuuntainen eli toimii tulona ja lähtönä, Vikatilanteessa tämä lähtö vetää alas, mutta jos tämä nasta vedetään alas ulkopuolisella komennolla niin se pysäyttää laitteen, uusi käynnistys on mahdollinen vasta kun komento poistuu. Esimerkiksi käytettäessä useampaa ohjainta rinnakkain niin FAULT- nastat linkittämällä saadaan synkronoitu pysäytys. Vikatilanteesta annetaan myös vika vaikutus kortin ledillä, vaikutus on koodattu eri vikatilanteiden mukaan. Laitteen parametrit esim. virtajat ja rampit asetellaan sarjalikenne terminaalilla EM-236, samalla laiteella voidaan monitoroida laitteen toimintaa. Parametrit on helppo asettaa tarkasti ja tarvittaessa kopioida laitteesta toiseen.

TECHNICAL DATA

Käyttöjännite nimellinen 12-42V, max 10-55Vdc
 Käynnistysjännite 9V, sammutusjännite 8V
 Moottorivirta jatkuva max. 50A (ymp. lämpö 25°C)
 40A (ymp. lämpö 60°C) hetkellinen 100A (5s)
 Virtarajan asettelu 1-100A (käynnistys max 150A)
 Yliämpösuoja 100°C
 Käynnistys ja pysäytys rampit 0-5s
 PWM taajuus 2kHz
 Nopeustuloalue (speed-2) 0-5V tai 0-10 = 0-100% pwm
 Tulojen toimintatilat: high =4-30V, low=0-1V
 Tulojen impedanssi 47kohm
 Rajatulojen impedanssi, typ 10kohm
 Tulojen komentovive 5ms.
 Vikalähtö NPN open coil. max 50V / 1A
 Vikatulo taso $U_{in} < 1V$ (NPN)
 Moottori ja syöttöliittimet 6 mm
 Ohjausliittimet 1mm
 Mitat 107x72x25mm
 Dimensions in DIN-rail base 110x80x45mm
 CE-testattu teollisuusympäristöön (EMC)
 Käyttölämpötila (Ta) -40...60°C
 Paino 190g



ELECTROMEN Oy

www.electromen.com

SAATAVISSA: http://www.electromen.com/pdf_fi/FI_em-243a.pdf

KYTKENTÄ

Syöttöjännitte suositus on DC 12-42V, ja sen asetusuuden pitää olla < 30% täydellä kuormalla
 Syöttöjännite maksimi on 55Vdc
 HUOMIO ! väärä polariteetti voi rikkoa laitteen
 HUOMIO ! laitteessa ei ole omaa sulaketta, valitse sovellukseen sopiva ulkopuolinen sulake

MONITOROINTI ARVOT

1/5 Moottorivirta 0-100A (0-100)
 2/5 Lähtötaso 0-100% (0-100)
 3/5 ajotuntilaskuri (max.65535h)
 4/5 starttilaskuri (max.65535)
 5/5 starttilaskurin ylimeno laskuri

Ledin koodaus

1. virta päälle	ylksi vilkku
2. virranrajitus	ledi palaa kun virtaraja ylittyy
3. virtaraja katkaisu	nopeaa vilkutusta
4. nollavirtakatkaisu	pitkä vilkku - lyhyt tauko
5. ylijännite	4 x vilkku -tauko...
6. ylijämpö	lyhyt vilkutus- pitkä tauko..
7. aikakatkaisu	3 x lyhyt + 1x pitkä vilkku...
8. Vikatulo (pin 13)	2 x lyhyt + 1x pitkä vilkku...

SÄÄDÖT JA ASETUKSET

Kortin asettelut tehdään sarjaliikenne terminaalilla EM-236, joka kytketään laitteen punaiseen liittimeen
 Terminaalilaite ilmoittaa liittymisrutiinin aikana kohdelaitteen tyyppiä ja ohjelmaversiota. tämän jälkeen voidaan valita valikosta EDIT & LOAD jolloin kohdelaitteen parametrit latautuu ja ovat muunneltavissa.
 Parametrin muutos vaikuttaa heti, mutta muutokset tallentuvat painamalla terminaalin SAVE nappulaa n. 2s
 Haluttaessa kopioida edellisen laitteen arvot suoraan uuteen laitteeseen niin painetaan SAVE nappulaa heti liittymisrutiinin jälkeen.

DIP-KYTKIMET

A-version on lisätty dip-kytkimet, kun kytkimet on OFF asennossa toiminta vastaa aikaisempia versioita.

Dip-1 = ON vaimentaa tuloa FWD kahdella
 Dip-2 = ON vaimentaa tuloa Speed-2 kahdella
 Dip-3 = ON erikoistoiminta Fault lähtöön
 Dip-4 = ON erikois kello asetus

ASETELTAVAT PARAMETRIIT

ohjelmaver. 243A v1.0 (oletusarvot sulkeissa)

- 1 Ohjaustapa : jatkuva = 0, impulssi= 1 (0)
- 2 Käynnistysehto 0-3 (1)
 I-trip (virtaraja) tai STOP komennon jälkeen:
 0= startti molempiin suuntiin I-trip ja STOP jälk.
 1= startti vain vastakkaiseen suuntaan I-trip jälkeen
 2= startti vain vastakkaiseen suuntaan STOP jälkeen
 3= startti vain vast. suuntaan I-trip ja Stop jälkeen
- 3 Ohjaustulojen logiikka 0-3 PNP/NPN (0)
 0= Ohjaus- ja rajatulot PNP (positive)
 1= Ohjaustulot NPN, ja rajatulot PNP
 2= Ohjaustulot PNP, ja rajatulot NPN
 3= Ohjaus- ja rajatulot NPN (negative)
- 4 Nopeus-1: 0-100% / 0-100 (100)
- 5 Nopeus-2: 0-100% / 0-100 (50)
 Huomaa, että jos 2-nopeus on asetettu = 0 niin 2-nopeustulo toimii 0-5V nopeusohjearvo tulona
- 6 Virtaraja eteen FW: 1-100A / 1-100 (10)
- 7 Virtaraja taakse: 1-100A / 1-100 (10)
- 8 Ohjauskatkaisu ehto : 0-3 (1)
 0= ei katkaisua ylivirrasta, eikä nollavirrasta
 1= katkaisu ylivirrasta
 2= katkaisu vain nollavirrasta
 3= katkaisu yli- ja nollavirrasta
- 9 Virtakatkaisu viive: 0-255ms / 0-255 (20)
- 10 Vika lähdön toimintaehto: 0-3 (1)
 0= yli ja nollavirtakatkaisu ei aseta FAULT: ia
 1= ylivirtakatkaisu asettaa FAULT: in
 2= nollavirtakatkaisu asettaa FAULT: in
 3= yli ja nollavirtakatkaisu asettaa FAULT: in
- 11 ylijännite raja: 15-60V / 15-60 (55)
 Jarrutettaessa moottoria rämpöä pitkän moottorista generoitua energiaa, mikä nostaa käyttöjännitettä, jos jännite ylittää ylijänniterajan kytkee ohjain moottorin vapaalle, estäen näin jännitteen liiallisen nousun.
- 12 kuormituksen kompensointi: 0-255 / 0-255 (0)
 Kuorman kompensointi(FxI) parantaa moottorin vääntöä hitailla nopeuksilla, mutta liian suuri kompensointi voi aiheuttaa moottorin värinää. Sopivan kompensoinnin voi etsiä seuraavasti: Aseta moottori pyörimään nopeudella 30% ja lisää kompensointi arvoa vähitellen kunnes moottori alkaa värähdellä, vähennä kompensointia kunnes käynti tasaantuu. Voit myös koekuormittaa moottoria eri kompensointi-arvoilla.
- 13 aikakatkaisu: 0-255s. / 0-255 (0= ei käytössä) (0)
- 14 startti ja tuntilaskurin nollaus 0/1 (0)
 aseta parametri = 1 ja paina SAVE nappia -> laskurit nollautuu
- 15 käynnistysramppi : 0-5s / 0-500 (100)
- 16 hidastusramppi: 0-5s / 0-500 (100)
- 17 alkupotku 0-200ms / 0-200 (0)
 antaa täyden ohjauksen startissa asetetun ajan

