

Mikael Ranta

Huoltoauton varustelu ja autosähkösuunnittelu

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Auto- ja kuljetustekniikka

Insinöörityö

23.5.2018

Tekijä Otsikko	Mikael Ranta Huoltoauton varustelu ja autosähkösuunnittelu
Sivumäärä Aika	46 sivua + 2 liitettä 23.5.2018
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Auto- ja kuljetustekniikka
Ammatillinen pääaine	Tuotetekniikka
Ohjaajat	Pasi Kovanen, Lehtori Erno Kniivilä, Työnjohtaja SE Mäkinen Logistics Oy, Vantaa
<p>Tämän insinööriyön tavoitteena oli suunnitella ja valmistaa huoltoauto SE Mäkinen Logistics Oy:n käyttöön sekä perehtyä johdinsarja- ja sähkösuunnitteluun. Huoltoautoksi valikoitui uusi VW Caravelle, joka varusteltiin vastaamaan käyttökohteen mukaisia vaatimuksia. Autoa käytetään miehistön kuljetuksessa, huoltotehtävissä ja edustuskäytössä. Lisäksi asiakkaille annetaan mahdollisuus tutustua auton varusteisiin.</p> <p>Auton varusteluun oli varattu normaalia enemmän aikaa, jotta voitiin perehtyä uusiin varusteisiin, asennuksien suunnitteluun ja niiden dokumentointiin. Suurin osa ajasta kului Mini Service -ohjausjärjestelmän johdinsarjan valmistukseen ja järjestelmään liittyvien komponenttien asennukseen. Komponenteista suurin osa oli erilaisia valoja.</p> <p>Insinööriyöraportissa kuvataan varusteiden lisäksi johdinsarjasuunnitteluun liittyviä asioita, kuten kytkentöjä, mitoitusta, komponenttien valintaa ja suojausta. Johdinsarjasuunnittelu on tärkeä osa nykyajan varustelua, jossa on mukana paljon elektroniikkaa. Johdinsarjasuunnittelu on osa sähkösuunnittelua, jota tarkastellaan työssä järjestelmätasolla. Sähkösuunnittelu koostuu lukuisista vaiheista ja ne luokitellaan teknisiin sekä hallinnollisiin prosesseihin.</p> <p>Työn tuloksena syntyi huoltoauto, joka luovutettiin yrityksen käyttöön. Autoon asennettiin halutut varusteet ja asennukset dokumentoitiin myöhempää käyttöä varten. Suunnitteluohjelmiin tutustuttiin valmistamalla kytkentäkaavio releiden kytkennöistä. Auton valmistaminen syvensi insinööriyön tekijän ja varusteluosaston ammattitaitoa ja antoi hyvät lähtökohdat toiminnan kehittämiseen.</p>	
Avainsanat	huoltoauto, varustelu, johdinsarjasuunnittelu, sähkösuunnittelu

Author Title	Mikael Ranta Accessorization and Electrical Design of a Service Vehicle
Number of Pages Date	46 pages + 2 appendices 23 May 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automotive Engineering
Professional Major	Automotive Design Engineering
Instructors	Pasi Kovanen, Lecturer Erno Kniivilä, Team Leader, SE Mäkinen Logistics Oy, Vantaa
<p>The objective of this Bachelor's thesis was to design and manufacture a service vehicle for SE Mäkinen Logistics Oy and get acquainted with electrical and wire harness design. The new VW Caravelle was selected as a service vehicle, which was accessorized to meet the requirements of the application. The vehicle is used for the transporting the crew, maintenance and representative purposes. In addition, the customers are given a chance to get familiar with the vehicle's accessories.</p> <p>More time than usually was reserved for the vehicle buildup to get acquainted with the new accessories, installation designing and documentation. Most of the time was spent on manufacturing the wiring harness of a Mini-Service control system and installing the components of the system. Most of these components were different lights.</p> <p>In addition to the accessories, this thesis describes also the design of the wiring harness, such as couplings, sizing and component selection and protection. The wiring harness is an important part of modern accessorizing, which includes a lot of electronics. The wiring harness is a part of the electrical design that is discussed in the thesis at system level. Electrical design consists of a number of phases and it is classified as technical and management processes.</p> <p>The finished product was a service vehicle, which was delivered to the company. All the accessories required were installed and the installations were documented for later use. Designing programs were explored by making a wiring diagram of the relay connections. Manufacturing the vehicle improved the professionalism of the Bachelor's thesis writer and the accessory department and it gave a good basis for developing the business further.</p>	
Keywords	service vehicle, accessorize, wiring harness design, electrical design

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	SE Mäkinen Logistics Oy	1
2.1	Historia	1
2.2	Varustelu	2
3	Sähkösuunnittelu autoteollisuudessa	3
3.1	Sähköjärjestelmät nykyaikana	3
3.2	Autosähköjärjestelmät	4
3.3	Suunnittelun vaatimukset	6
3.3.1	Vaatimusten selvitys	6
3.3.2	Analyysit	6
3.3.3	Dokumentointi ja validointi	7
3.4	Arkkitehtuuri ja suunnittelu	7
3.4.1	Looginen järjestelmäarkkitehtuuri	7
3.4.2	Tekninen järjestelmäarkkitehtuuri	7
3.5	Komponenttien kehittäminen	9
3.5.1	ECU-laitteistot ja sulautetut ohjelmistot	9
3.5.2	Sovellusohjelmistosuunnittelu	9
3.5.3	Komponenttitestit	10
3.6	Integraatio ja validaatio	10
3.6.1	Osajärjestelmien integraatio	10
3.6.2	Täydellisen autosähköjärjestelmän integraatio	11
3.7	Hallintaprosessien tukeminen	12
3.7.1	Kokoonpanon hallinta	12
3.7.2	Riskienhallinta	12
4	Johdinsarjasuunnittelu	13
4.1	Johtimet	13
4.1.1	Eriste	14
4.1.2	Mitoitus	15
4.2	Liitokset	17

4.2.1	Tinaliitos	18
4.2.2	Ruuviliitos	19
4.2.3	Puristettavat johdinliittimet	20
4.2.4	Jatko- ja haaroitusliittimet	20
4.3	Suojaus	21
4.4	Sulakkeet	21
4.5	Kytkennäreleet	23
4.6	Johdinsarjat	24
5	Varusteet	26
5.1	Standby Mini Service -ohjausjärjestelmä	26
5.1.1	Toiminnot	27
5.1.2	Kytkennät	27
5.1.3	Lepovirran kulutus	28
5.1.4	Kaksoisakkujärjestelmä	28
5.2	Sähkötoiminen Auto Cool -liukuovi kauko-ohjauksella	29
5.3	Solenoidilla ohjattava apuvirtapistoke	33
5.4	Aluca-ajoneuvokalusteet	35
5.5	Valaistus	36
5.5.1	Tavaratila	36
5.5.2	Työvalot	37
5.5.3	Lisävalo	38
5.5.4	Varoitusvalot	39
5.5.5	Askelmavalo	40
5.6	Muut varusteet	41
6	Lopputulokset ja johtopäätökset	42
6.1	Huoltoauto	42
6.2	Johdinsarja- ja sähkösuunnittelu	43
6.3	Johdinsarjan valmistus	44
6.4	Ongelmakohtat	44
	Lähteet	45
	Liitteet	
	Liite 1. Sähköisen liukuoven lohkokaavio	
	Liite 2. Apuvirtapistokkeen releiden kytkentäkaavio	

Lyhenteet

ECU	Elektroninen ohjausyksikkö (Electronic Control Unit)
ABS	Lukkiutumaton jarrujärjestelmä (Anti Lock Braking System)
ESP	Ajonvakautusjärjestelmä (Electronic Stability Program)
OBD	(On Board Diagnostics)
CAN-C	Nopea CAN-väylä
CAN-B	Hidas CAN-väylä
CAN	Automaatioväylä (Controller Area Network)
GPS	Maailmanlaajuinen paikallistamisjärjestelmä (Global Positioning System)
OEM	Alkuperäinen laitevalmistaja (Original Equipment Manufacturer)
MOST	Median siirtoon tarkoitettu väylä (Media Oriented Systems Transport)
AUTOSAR	Ajoneuvojen avoin arkkitehtuurijärjestelmä (Automotive Open System Architecture)
HIL	Laitteisto testijärjestelmässä (Hardware In the Loop)
CoC	Vaatimustenmukaisuus (Certificate of Conformity)
PVC	Polyvinyylikloridi (Polyvinyl Chloride)
PEX	Ristisilloitettu polyeteeni (Crosslinked Polyethylene)
PE	Polyeteeni (Polyethylene)
PP	Polypropeeni (Polypropylene)

EPDM	Etyleeni-propeeni-dieenimonomeeri (Ethylene Propylene Diene Monomer)
HFFR	Halogeeniton ja palonkestävä (Halogen Free Flame Retardant)
FLRY	Ohennettu seinämäpaksuus
FLY	Normaali seinämäpaksuus
AGM	Imeytetty lasikuitumatto (Absorbed Glass Mat)
EN	Eurooppalainen (European)
PWM	Pulssinleveysmodulaatio (Pulse-Width Modulation)
LED	Hohtodiodi (Light Emitting Diode)
RST	Ruostumaton teräs

1 Johdanto

Insinööriyössä valmistettiin SE Mäkinen Logistics Oy:n sisäiseen käyttöön huoltoauto. Autolla kuljetetaan miehistöä autojen varastointikentällä ja siitä löytyy valmiudet pieni-muotoisiin huoltotehtäviin. Autoa voidaan hyödyntää virkistys- ja edustuskäytössä sekä se on esiteltävissä asiakkaille.

Autoksi oli valittu yrityksen toimesta uusi Volkswagen Caravelle. Varusteluun oli varattu normaalia enemmän aikaa, jotta voitiin kokeilla uusia varusteita ja asennustapoja. Valmistukseen kului aikaa noin kolme kuukautta, sillä sitä tehtiin muiden töiden ohessa. Asennuksissa otettiin huomioon auton käyttötarkoitus, mutta samalla siitä tehtiin edustavan näköinen. Auto oli yrityksen suunnittelukompetenssin ja prosessien näytekappale.

Työn tarkoituksena oli kokonaisvarustelun suunnittelun ja toteutuksen lisäksi keskittyä erityisesti johdinsarja- ja sähkösuunnitteluun. Johdinsarjasuunnitteluun perehdyttiin tarkemmin autoon asennetun Mini Service -ohjausjärjestelmän avulla, joka hankittiin ilman johdinsarjaa. Valmistajalta saatiin käyttöön kytkentäkaaviot ja liittimien runkoja. Johdinsarja valmistettiin itse. Työn aikana tehtiin vertailuja eri suunnitteluohjelmien välillä ja päädyttiin hankkimaan 3D- sekä sähkösuunnitteluohjelmisto.

Insinööriyöraportissa kerrotaan aluksi yrityksestä, jolle työ tehtiin. Yrityksen esittelyn jälkeen kuvataan suunnitteluprosessin vaiheita autoteollisuudessa järjestelmätasolla. Prosessit esitellään teknisten ja hallinnollisten asioiden näkökulmasta. Järjestelmätason sähkösuunnittelusta siirrytään johdinsarjasuunnitteluun. Johdinsarjasuunnittelussa perehdytään komponenttien valintaan, mitoitukseen, suojaukseen ja liitostapoihin. Seuraavaksi tutustutaan työn auton varusteisiin ja niiden asennustapoihin. Lopuksi esitellään lopputulokset ja johtopäätökset.

2 SE Mäkinen Logistics Oy

2.1 Historia

SE Mäkinen on yli 60-vuotias perheyritys, jonka toiminnan aloitti Antero Mäkinen ja Sylvi Elisabeth yhdellä kuorma-autolla vuonna 1952. Toiminta alkoi lehtienjakelulla, joka

laajeni 1960-luvulla autojenkuljetukseen tuontisatamista piirimyyjille. Autonkuljetuksen paluuvirtoina Espooseen kuljetettiin vakuutusyhtiöiden lunastamia kolariautoja. 1970-luvun lopulla lehtienkuljetukseen oli varattu jo 30 autoa sekä 60 kuljettajaa. Samalla vuosikymmenellä panostettiin erityisesti liikenneturvallisuuteen. Autojen väriksi valittiin kirkaankeltainen, jotta autot näkyisivät hyvin liikenteessä sekä autoissa otettiin käyttöön SE Mäkisen kehittämät kolmipisteturvavyöt. Myös ympäristöasioihin panostettiin tekemällä autojen moottoreihin tarvittavat muutokset, jotta voitiin käyttää lyijytöntä polttoainetta. Vuonna 1978 Turkuun perustettiin Trailer-Auto Oy:n kanssa yhteinen kuljetustoimisto ja se loi pohjan koko maan kattavalle kuljetusjärjestelmälle. 1980-luvulla mukaan tuli autojen varastointipalvelu autokaupalle Hangossa. 1990-luvulla panostettiin tietotekniikan hyödyntämiseen kuljetuksissa ja otettiin käyttöön toiminnanohjausjärjestelmä, jonka avulla pystyttiin hallinnoimaan kuljetuksia tehokkaammin. 2000-luvulla toiminta laajeni maahantulotarkastuksiin ja varusteluihin. [1]

2.2 Varustelu

Yritys on vuodesta 2004 asti tehnyt ja suunnitellut erilaisia yksittäisiä varusteluja sekä asiakkaille räätälöityjä varustelukokonaisuuksia. 2017 vuoden lopulla hyötyautojen varustelu sai oman erikoisvarusteluosastonsa. Erikoisvarustelussa toteutetaan vaativampia varusteluja, joissa tarvitaan asentajien ammattitaidon lisäksi suunnittelua etukäteen. Osasto on erikoistunut huoltoautoihin, joihin asennettavia varusteita voivat olla esimerkiksi:

- lämmityslaitteet ja niiden ohjainyksiköt
- sisätilojen valaistusratkaisut
- työ- ja lisävalot auton ulkopuolelle
- taakkatelineet ja kylkiputket
- kalustus
- media- ja viihdejärjestelmät
- paikannuslaitteet ja hälytinjärjestelmät
- toimilaitteiden ohjausjärjestelmät
- latausjärjestelmät
- alustan muokkaus
- vanerointi ja väliseinät.

Työn tarkoituksena oli kehittää varusteluosaston osaamista ja lisätä suunnittelutyökalujen käyttökokemusta.

3 Sähkösuunnittelu autoteollisuudessa

3.1 Sähköjärjestelmät nykyaikana

Perinteisen auton kehittäminen on pääasiassa mekaanisten ja sähkömekaanisten komponenttien ja kokoonpanojen suunnittelua sekä testausta. Viime vuosikymmeninä autoihin on tullut mukaan monimutkaisia sähkö- ja elektroniikkajärjestelmiä. Elektroniikka- ja ohjelmistokehitys on integroitu autoalan kehitysprosesseihin. Tulevaisuudessa sähkölaitteistot, käyttöjärjestelmäohjelmat ja käyttöliittymät tulevat entistä enemmän standardisoiduksi, jolloin eri valmistajien erot perustuvat pääasiassa sovellusohjelmistoihin. Suunnittelussa tulisi käyttää viimeisimpiä järjestelmäarkkitehtuurin prosesseja, menetelmiä ja työkaluja. Näin suunnitelmia voidaan käyttää myös tulevaisuudessa. [2, s. 53–54.]

Nykyajan autoissa on yli 2500 ohjelmilla ohjattavaa toimintoa sisältäen 10 miljoonaa riviä ohjelmakoodia. Toimintoja ohjataan parhaimmillaan 80 elektronisella ohjainyksiköllä, jotka kommunikoivat jopa kuudella erilaisella väylätyypillä. [2, s. 53–54.] Ohjainyksiköiden välisen tehokkaan verkottumisen ansiosta voidaan toteuttaa monia uusia toimintoja ilman komponenttien lisäämistä tiedonsiirron ja ohjelmistojen avulla. Tästä esimerkkinä sivuikkunoiden avaaminen keskuslukituksen kytkimen pitkällä painalluksella, jolloin ikkunoiden ja keskuslukituksen ohjainyksiköt kommunikoivat keskenään. [3, s. 106.]

Korielektroniikan osalta on ajautettu elektronisten ohjainyksiköiden integrointiin, jossa muodostetaan yksi keskitetty ohjainlaite. Keskitetyt ohjainlaitteet yhdistetään antureihin ja toimilaitteisiin analogijohtimilla tai väylätekniikkaa käyttäen. Väylätekniikkaa käyttämällä vähennetään huomattavasti liittimien ja johtimien lukumäärää, mikä vähentää kustannuksia. Toisaalta elektroniikan käyttö toimilaitteissa ja antureissa lisää kustannuksia, jolloin kokonaiskustannusten arvioinnin tärkeys korostuu. [3, s. 106.] Auton kustannuksista yli 40 % koostuu elektroniikasta ja ohjelmista, joilla toteutetaan 90% kaikista innovaatioista. [2, s. 53–54.]

3.2 Autosähköjärjestelmät

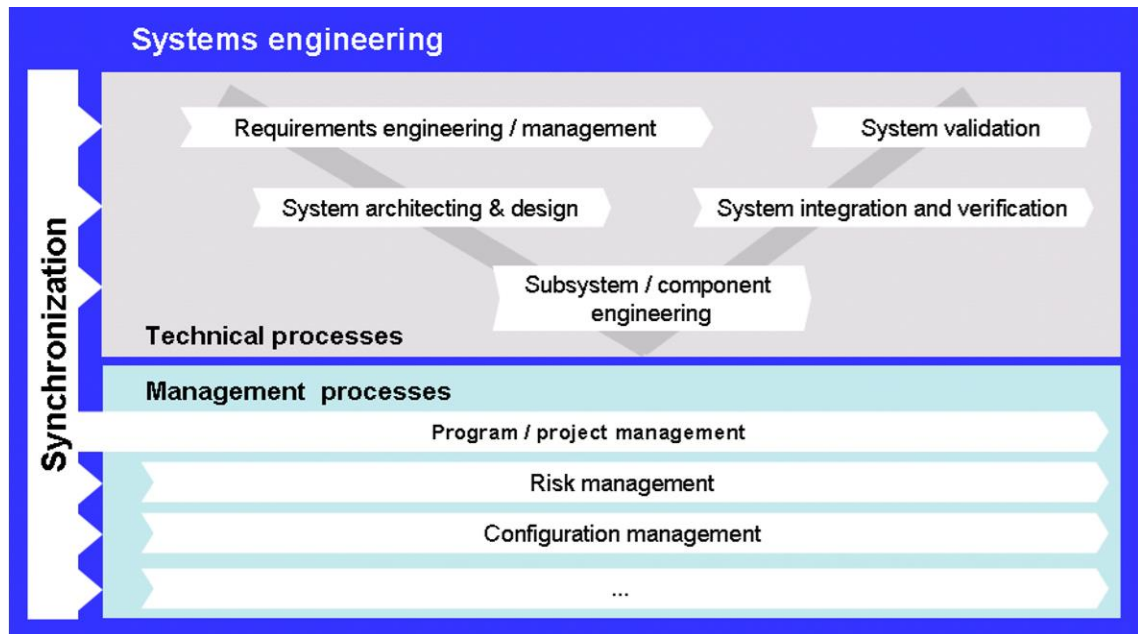
Autosähköjärjestelmässä auton elektroninen toiminto toteutetaan toimilaitteella, joka esim. liikkuu, valaisee, lämmittää tai näyttää anturin tuottamaa tietoa. Toimilaitetta ohjataan ECUun ladatulla ohjelmalla. Autosähköjärjestelmä koostuu komponenteista, joissa kulkee sähkövirta. Näitä komponentteja ovat anturit, syöttölaitteet, ECUt, toimilaitteet, näytöt, kaiuttimet, johdinsarjat, akku ja laturi. [2, s. 54–55.]

Autoteollisuudessa järjestelmät jaetaan usein seuraavasti:

- Tietoviihdejärjestelmä, johon kuuluvat tiedotus-, viihde- ja viestintätoiminnot. Näitä ovat esimerkiksi mittaristo, äänentoistolaitteet, antenniviritin, videomoduuli, navigointijärjestelmä ja puhelin. Järjestelmään sisältyvät kaikki laitteet, joiden avulla voi olla vuorovaikutuksessa koneen kanssa.
- Korielektroniikka, johon sisältyy keskusyksikön toimintoja, kuten kulunvalvontajärjestelmät ja varkaudenestolaitteet, ikkunannostimien, takaluukun, penkkien ja pyyhkijöiden hallinta sekä matkustamon ilmanvaihto.
- Alusta ja kuljettajan apujärjestelmät, joita ovat esimerkiksi ABS ja ESP.
- Voimansiirto, johon kuuluvat kaikki komponentit, jotka kontrolloivat voimantuottoa ja sen välitystä ajoalustaan. Näitä ovat esimerkiksi moottorin- ja vaihteiston ohjaus, polttoainepumppu ja OBD-diagnoosipistoke.
- Passiivinen turvallisuus, johon kuuluvat törmäyksen havaitsemiseen ja vammojen lieventämiseen liittyvät toiminnot, kuten turvavöiden esikiristimet ja turvatyynt. [2, s. 54–55.]

Järjestelmät tarvitsevat usein samoja tietoja, joita ovat esimerkiksi auton nopeus, moottorin pyörintänopeus, ovitieto, peruutusvaihteen kytkentä, sytytysvirta ja akun varaus. Järjestelmien ohjainyksiköt lähettävät ja vastaanottavat tietoa toisiltaan sekä antureilta. Näitä yhteisesti käytettäviä tietoja ei voida kaapeloida jokaiselle toimilaitteelle erikseen. Tiedonsiirrossa käytettävien johdinten määrä kasvaisi liian suureksi, jolloin ne eivät mahdusi ajoneuvoon ja paino kasvaisi merkittävästi. Se lisäisi myös huomattavasti kustannuksia, joiden minimoiminen on yksi sähkösuunnittelun tarkoituksista. Tiedonsiirrossa käytetäänkin nykyisin väyläjärjestelmiä, joilla pystytään nopeaan ja tehokkaaseen tiedonsiirtoon. [4, s. 181.]

Järjestelmäsuunnitteluprosessin pääelementit on jaettu V-mallin mukaisesti (kuva 1). Prosessi koostuu teknisestä ja hallinnollisesta prosessista. Teknisen prosessin suunnittelu etenee kuvassa vasemmalta oikealle vaatimuksista validointiin. Hallinnolliset prosessit toimivat teknisten prosessien taustalla varmistamassa onnistunutta lopputulosta.



Kuva 1. Suunnittelun päävaiheet [2, s. 58.]

Tiedonsiirtoesimerkki

Otetaan esimerkiksi auton ajonopeus. Ajovakauden säädin laskee ajonopeuden pyörillä olevilta nopeusantureilta. Tieto siirretään CAN-C-väylää pitkin moottorin hallintajärjestelmälle, joka tarvitsee tietoa ajonopeuden säätöön. Vaihteiston ohjausyksikkö päättää käytettävän vaihteen ajonopeuden perusteella. Adaptiivinen vakionopeudensäädin tarvitsee ajonopeustietoa laskiessaan haluttua etäisyyttä edellä ajavaan. Ajonopeuden näyttämiseksi mittaristolle välitetään nopeustieto yhdyskäytävän kautta. Yleisimmissä autoissa istuimen ja pehmusteen ilmatiloja säädetään ajonopeuden perusteella CAN-B-väylän (mukavuus-CAN) kautta. Nopeustieto saadaan informaatio-CAN-väylälle yhdyskäytävän kautta ja välitetään auton äänijärjestelmään, jotta äänenvoimakkuutta voidaan säätää ajonopeuden perusteella. Lisäksi navigointijärjestelmä käyttää nopeustietoa sijainnin laskemisessa, kun se kadottaa GPS-signaalin esimerkiksi tunnelissa. Ilman tiedonsiirtoväyliä, datan käsittelyyn tarvittaisiin erittäin paljon johtimia.

3.3 Suunnittelun vaatimukset

Jäsennetty kokoelma ja analyysit vaatimuksista sekä hallintaprosesseista, jotka pitävät ne ajan tasalla projektin aikana, ovat välttämättömiä menestyksekkään järjestelmän toteutuksessa. Suunnittelun vaatimukset koostuvat selvityksestä, analyysistä, määrittelystä ja validoinnista.

3.3.1 Vaatimusten selvitys

Selvityksessä peruseriaatteena on, että kaikkien järjestelmää käyttävien sidosryhmien vaatimukset on otettu huomioon heti alussa. Vaatimusten tunnistaminen onkin ensimmäinen oleellinen askel suunnittelussa. Suunnittelussa täytyy ottaa huomioon järjestelmän pääkäyttäjän lisäksi kaikki epäsuorat käyttäjät koko elinkaaren aikana. Näitä ovat järjestelmän kehittäjät, valmistajat, käyttöönottajat, tukihenkilöt, hävittäjät ja kouluttajat. Toinen askel on ottaa konkreettisesti selvää vaatimuksista tunnistetuilta sidosryhmiltä. Tässä haasteena on muuntaa sidosryhmien eri kielet ja käsitteelliset mallit yhtenäiseksi kuvaukseksi. Se edellyttää suunnittelijalta erottelukykä ja hyvää ymmärrystä sidosryhmien maailmankatsomuksesta. Tyypillisiä selvitystapoja ovat sidosryhmien haastattelu, tarkkailu, prototyypin testaus ja nykyisten järjestelmien testaus. [2, s. 58–59.]

3.3.2 Analyysit

Vaatimusten analysoinnin tuloksena saadaan luettelo toiminnoista, joita järjestelmän täytyy pystyä toteuttamaan. Analyysi kertoo, kuinka hyvin järjestelmä pystyy toteuttamaan nämä tehtävät. Analysoinnissa määritetään, ovatko vaatimukset yksiselitteiset, johdonmukaiset, selkeät ja täydelliset. Lisäksi selvitetään, pystyykö järjestelmä ratkaisemaan mahdolliset ristiriidat.

Vaatimukset luokitellaan toiminnallisiin ja ei-toiminnallisiin vaatimuksiin. Toiminnalliset vaatimukset kuvaavat järjestelmän toiminnallisuutta ensisijaisen käyttäjän näkökulmasta. Ei-toiminnalliset vaatimukset kuvaavat toimintoja, jotka eivät koske suoraan ensisijaista käyttäjää, mutta ovat oleellisia toimintoja, jotka järjestelmän on täytettävä. Ne ovat teknillisiä ratkaisuja, joita nimitetään myös suunnittelun rajoitteiksi. Tästä esimerkkinä on avoauton katon avausmekanismi. Toiminnallinen vaatimus on, että katto voidaan

avata matkustamon napista. Ei-toiminnallinen vaatimus on, että katon avaaminen on esitetty nopeuden ollessa yli 30 km/h. [2, s. 59; 3, s. 113.]

3.3.3 Dokumentointi ja validointi

Järjestelmävaatimukset täytyy dokumentoida asiakirjoihin, joita voidaan tarkastella ja arvioida. Ne toimivat tulevien järjestelmien suunnittelun perustana. Tyypillisiä asiakirjojen muotoja ovat käyttötavat tai prosessin määrittelyt. Käyttötapoihin sisältyy kaikki toiminnot, joilla on merkitystä käyttäjälle. Prosessin määrittelyssä käsitellään, kuinka suunnitelmasta edetään tuotokseen. [2, s. 60.]

3.4 Arkkitehtuuri ja suunnittelu

Järjestelmän suunnittelu aloitetaan luomalla arkkitehtuuri, joka on johdettu vaatimuksista. Vaatimuksissa määritellään mitä auton sähköjärjestelmän täytyy tehdä. Arkkitehtuuri kuvaa, miten järjestelmän tulisi toimia loogisella ja toiminnallisella tasolla. Siinä määritellään käytettävät käyttöliittymät. Arkkitehtuurin luominen on autoteollisuuden OEM-alan ydinosaa. [2, s. 69.]

3.4.1 Looginen järjestelmäarkkitehtuuri

Järjestelmätason vaatimukset hajautetaan osajärjestelmiin, jotka muodostavat eri rajapintojen kanssa loogisen järjestelmäarkkitehtuurin. Sisäiset rajapinnat kuvaavat tietoliikennelinjoja osajärjestelmien välillä. Ulkoiset rajapinnat kuvaavat järjestelmän ja sen ympäristön välistä tietoliikennettä kuten kuljettajalta tulevia käskyjä. Looginen arkkitehtuuri esitetään lohkokaaaviolla, jossa jokaista osajärjestelmää edustaa yksi lohko. [2, s. 60.] Liitteenä 1 on tämän työn autoon asennetun sähköisen liukuoven lohkokaavio.

3.4.2 Tekninen järjestelmäarkkitehtuuri

Loogisen järjestelmäarkkitehtuurin toiminnot kartoitetaan teknisen järjestelmäarkkitehtuurin toimintoihin. Tekninen järjestelmäarkkitehtuuri integroidaan osaksi valmistusprosessia ja sitä tuetaan IT-työkaluilla. Arkkitehtuuriin kuuluvia elementtejä ovat ECUt,

anturit, toimilaitteet, väyläjärjestelmät ja sovellusohjelmat. Sovellusohjelmien kartoittamista erillisiin ECUihin kutsutaan käyttöönotoksi. [2, s. 61.]

Järjestelmän optimoimiseksi luodaan ja luokitellaan vaihtoehtoja, jotka koskevat seuraavia kriteereitä:

- vaatimusten täyttö
- teknologia- ja kehitysriskit
- prosessinäkökohdat
- järjestelmän suorituskyky
- organisaatio
- yhteensopivuus
- pitkäikäisyys. [2, s. 62.]

Teknisen järjestelmän rakenteen luomiseen kuuluu myös väyläjärjestelmien määrittely. Väyläjärjestelmiä käytetään esimerkiksi eri ECUjen välisessä viestinnässä. Protokolla määrittelee käytettävän väyläjärjestelmän, komponenttien tekniset ominaisuudet ja verkotopologian. Verkkotopologialla tarkoitetaan rakennetta, jolla ECUt on yhdistetty toisiinsa. Käytettävä väyläjärjestelmä riippuu tiedonsiirron vaatimuksista, joita ovat nopeus, kuormitettavuus ja luotettavuus. Järjestelmissä käytettäviä erilaisia väyliä ovat seuraavat:

- Tietoviihdejärjestelmissä käytetään korkeita lähetysoopeuksia, mutta luotettavuusvaatimukset ovat verrattain alhaiset. Tyypilliset väyläprotokollat ovat MOST ja Ethernet.
- Korielektronikassa vaatimuksena on luotettavuus ja siinä käytetään alhaisia tiedonsiirtonopeuksia. Tyypillisesti käytetään CAN-väylää.
- Alustan ja kuljettajan apujärjestelmissä tarvitaan reaaliaikaista tietoa luotettavasti. Tyypillinen väylä on CAN-C, joka on nopea väylä.
- Voimansiirrossa vaatimukset ovat samat kuin alustalla ja ohjainympäristöllä eli käytetään CAN-C-väylää.
- Passiivisen turvallisuuden järjestelmissä tarvitaan korkeaa luotettavuutta ja reaaliaikaista vastetta. Tyypillisiä väyliä ovat TT CAN, byteflight tai FlexRay. [2, s. 62–63.]

3.5 Komponenttien kehittäminen

3.5.1 ECU-laitteistot ja sulautetut ohjelmistot

Sähköisten järjestelmien yhteydessä komponenttien kehittäminen tarkoittaa ECUjen, antureiden ja toimilaitteiden suunnittelua sekä niistä saadun alijärjestelmän validointia. ECU koostuu seuraavista elementeistä:

- Mikro-ohjain ts. mikrokontrolleri, joka on yhteen siruun rakennettu toimiva tietokone. Siitä löytyy mikroprosessori, muistia ja input/output -nastoja.
- ECU-perusohjelmisto, joka sisältää käyttöjärjestelmän, sisäisen ja ulkoisen tietoliikenteen ja verkonhallinnan.
- Sovellusohjelmisto, joka ohjaa ja suorittaa vaaditut toiminnot.
- Väliohjelmisto, joka on rajapintana osille ja sovelluksille.
- Mekaaniset elementit, joita ovat painettu piirilevy, kotelo, suojus ja liittimet. [2, s. 64–65.]

Väliohjelma on tärkeä edellytys ohjelmistojen ja laitteistokomponenttien jakamisessa eri valmistajien kesken. Autoteollisuudessa tähän käyttöön kehitettiin AUTOSAR-yhteenliittymä. Yhteenliittymän tavoite on ECUjen perusohjelmistojen tiedonsiirtoformaatin ja toiminnallisten liityntöjen standardisointi. Perusohjelmiston standardisointi, muunneltavuus ja jakaminen AUTOSAR-organisaatioon kuuluville yrityksille mahdollistaa perusohjelma-moduulien uudelleenkäytön eri automalleissa. Perusohjelmien standardoitu runko vähentää tuotekehityskustannuksia ja muodostaa pohjan sovellusohjelmille. Sovellusohjelmilla kukin valmistaja voi toteuttaa oman erityissisältönsä. [2, s. 65–66; 3, s. 114–115.]

ECUn suunnittelu edellyttää valittavien komponenttien mitoitusta ja valintaa, virtapiiri-suunnittelua, piirilevyn, tarvittavien rajapintojen määrittämistä ja sijoittamista sekä komponenttikotelon suunnittelua. [2, s. 66.]

3.5.2 Sovellusohjelmistosuunnittelu

Sovellusohjelmiston suunnittelu on komponenttisuunnittelun ydintä. Sovellusohjelmat määrittävät, kuinka komponentti käyttäytyy. Ohjelmaan luodaan toimintamalli, jossa

määritetään matemaattiset funktiot, algoritmit ja komponenttirajapinnat. Tässä käytetään apuna erilaisia IT-työkaluja esimerkiksi Matlab-sovellusta. Seuraavaksi määritetään ohjelmiston parametrit, joita moottorinohjaimelle ovat esimerkiksi moottorin ja vaihteiston tyyppi. [2, s. 66–67.]

3.5.3 Komponenttitestit

Komponenttisuunnittelun seuraava vaihe on ECUjen testaus sulautettujen sovellusohjelmien avulla. ECU:n ja sen oheiskomponenttien testaus suoritetaan HIL-testipenkissä, jossa ECUlle tulevien antureiden ja toimilaitteiden signaalit simuloidaan. HIL-testipenkissä voidaan simuloida esimerkiksi mittariston toimintaa syöttämällä sille erilaisia input-tietoja. Tällöin ei tarvitse odottaa ensimmäisen auton prototyypin valmistusta vaan HIL-simulointia voidaan tehdä sen kehittämisen ohessa. [2, s. 67.]

3.6 Integraatio ja validaatio

Järjestelmäintegraatiossa komponentit testataan yhdistämällä ne fyysisesti ja toiminnallisesti täydelliseen autosähköjärjestelmään. Prosessin alussa jokainen ajoneuvon sähköjärjestelmään kuuluva komponentti täytyy rekisteröidä järjestelmäintegraatioon CoC-todistusta varten. CoC-todistuksella todistetaan, että ajoneuvo täyttää yhteisön ajoneuvoja koskevan lainsäädännön. Määritellyt komponentit otetaan tiukkaan seurantaan, jossa niitä arvioidaan osana osajärjestelmää tai täydellistä autosähköjärjestelmää. [2, s. 68.]

3.6.1 Osajärjestelmien integraatio

Osajärjestelmien testipenkissä testataan kaikki komponentit, jotka täyttävät jonkin tietyn toiminnon. Komponentit liitetään testipenkkiin asianmukaisilla väyläjärjestelmillä. Osajärjestelmien todellista käyttäytymistä testataan simuloimalla siihen kuulumattomia komponentteja. Testit sisältävät asiakkaan ja järjestelmän toimintoja, joita ovat esimerkiksi mekaaniset ja kemialliset rasitukset, lepovirran kulutus ja elektromagneettinen yhteensopivuus. Osajärjestelmien testit sisältävät seuraavat vaiheet:

- koodaus
- flash-muisti

- diagnoosityöt
- väylädiagnoosi
- käynnistys ja sammutus
- valitut toiminnot. [2, s. 68–69.]

Jos osajärjestelmätestien aikana esiintyy ongelmia, ne välitetään takaisin suunnittelijoille ja käsitellään, kunnes testattava osajärjestelmä on validoitu.

3.6.2 Täydellisen autosähköjärjestelmän integraatio

Kun osajärjestelmät on rakennettu, testattu ja luokiteltu, ne voidaan integroida yhdeksi kokonaisuudeksi. Osajärjestelmien muodostamaa kokonaisuutta testataan järjestelmätasolla fyysisesti ja toiminnallisesti. Ensimmäiseksi katsotaan, että kaikki komponentit on kytketty ja sijoitettu testiautoon. Sitten tehdään useita erilaisia testejä, joissa mitataan, testataan ja tarkistetaan seuraavia asioita:

- johdinsarjan pinnitys ja johdotus
- väylärakenne
- käynnistys ja sammutus
- jännitetestit
- valitut toiminnot
- lepovirran kulutus
- 24h-testi
- väylän kuormitus
- väärinkäyttö
- yhdyskäytävä
- koodaus
- flash-muisti
- diagnoosityöt. [2, s. 70–71.]

Testiautossa on n. 80 % valmiin ajoneuvon sähköjärjestelmästä. Jos halutaan testata järjestelmäkokonaisuutta sisäisten ja ulkoisten vaikuttajien näkökulmasta, täytyy tutkittavan auton olla täydellinen kokonaisuus. Testauksessa käytettävä laboratorio täytyy varustaa kattavilla mittauslaitteilla, jotka dokumentoivat kaiken dataliikenteen.

Mittauslaitteet mahdollistavat elektronisten toimintahäiriöiden seurannan sekä dynaamisten toimintojen kuten moottorin-, vaihteiston- ja alustanohjauksen validoinnin. [2, s. 71.]

3.7 Hallintaprosessien tukeminen

Teknisten kehitysprosessien lisäksi tarvitaan hallintaprosesseja, jotka tukevat järjestelmien toteutusta. Yleisen prosessinhallinnan lisäksi tärkeitä tukiprosesseja ovat kokoonpano- ja riskienhallinta. [2, s. 72.]

3.7.1 Kokoonpanon hallinta

Kokoonpanon hallinnan tehtävänä on rakentaa, merkitä, dokumentoida ja hallita kaikkia laitteistokomponenttien versioita ja järjestelmien kokoonpanoja. Ohjelmistoihin tai komponentteihin tehtävät muutokset arvioidaan tapauskohtaisesti, jolloin selvitetään mahdolliset edut ja riskit koko järjestelmälle. Kokoonpanon hallinta kartoittaa eri autovaihtoehtojen voimassa olevat järjestelmäkokoonpanot; esimerkiksi moottoriversiot, varustelutasot ja maakohtaiset eroavaisuudet, sekä varmistaa, että käytetään vain uusimpia validoituja kokoonpanoja. [2, s. 72.]

3.7.2 Riskienhallinta

Jokaisessa sähköjärjestelmän kehityshankkeessa eteen voi tulla useita asioita, jotka vaikuttavat negatiivisesti suunniteltujen tavoitteiden saavuttamiseen, suorituskykyyn, laatuun ja kustannuksiin. Riskien tunnistamisella voidaan välttää mahdollisia ongelmia. Kaksi riskiä määrittävää parametria ovat sen alkuperän esiintymisen todennäköisyys ja seuraukset. Riskienhallinta sisältää neljä pääosaa:

- tavoitteiden, toiminnan, resurssien ja viestinnän suunnittelu
- riskien tunnistaminen ja määrällinen arviointi
- riskien vaikutusten lieventäminen tai poistaminen, joihin sisältyvät riskien välttäminen, tai pienentäminen hyväksyttävälle tasolle järjestelmän suunnittelun avulla sekä riskin hyväksyminen tai siirtäminen järjestelmäalueesta toiseen.

- toteutettujen toimenpiteiden seuranta, dokumentointi ja raportointi, joiden avulla taataan onnistunut riskien lieventäminen, uudelleenarviointi ja viestinnänhallinta. [2, s. 73–73.]

4 Johdinsarjasuunnittelu

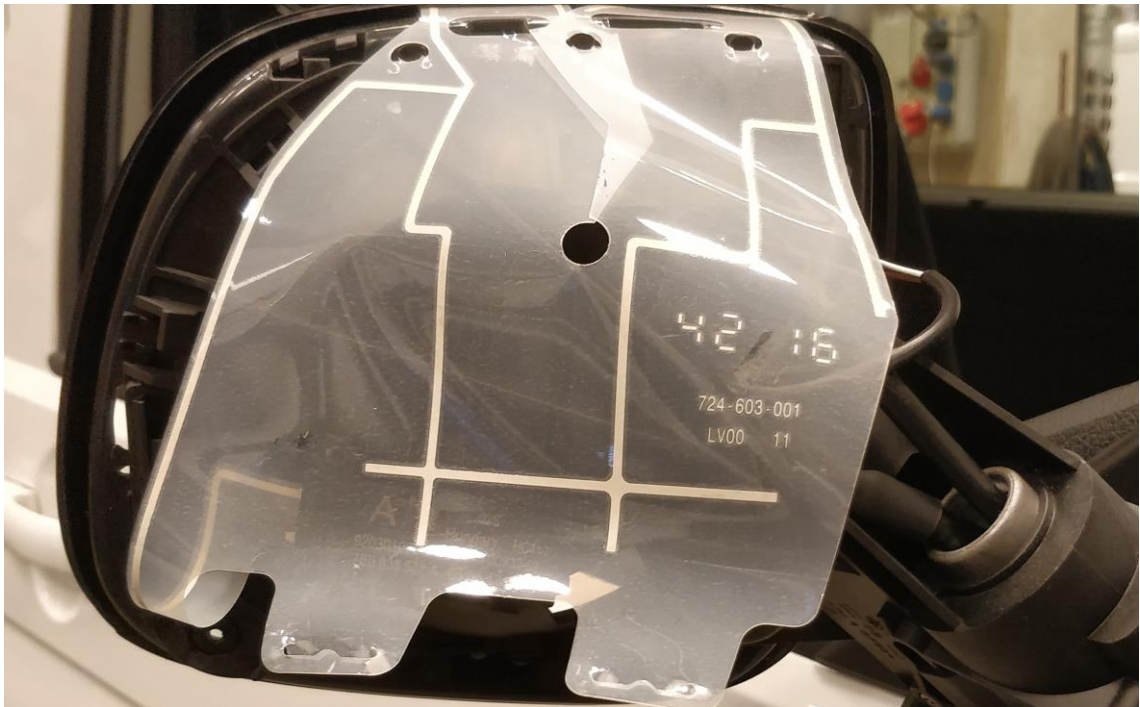
Johdinsarjasuunnittelussa selvitetään minkälaisia johtimia, liittimiä, sulakkeita ja releitä käytetään ja kuinka ne suojataan. Olennaista on, että valitaan käyttökohteeseen riittävän kestävä komponentti, mutta ei kuitenkaan ylimitoiteta sitä. Ylimitoitettujen komponenttien käyttö lisää kustannuksia ja painoa. Alimitoitettut komponentit ja saattavat aiheuttaa vaurioita ja järjestelmän toimimattomuutta.

4.1 Johtimet

Johtimien valinnassa tarkastellaan johtimen poikkipinta-alaa, materiaalia ja johtimen eristyksen paksuutta sekä materiaalia. Poikkipinta-alan arvot tarkoittavat johtimen säikeiden osuutta. Nämä asiat vaikuttavat mm. johtimen virrankestoon, jännitehäviöihin ja fyysiseen kestävyYTEEN. Ajoneuvossa on tärkeää, että johdin kestää taivutusta ja tärinää. Tästä syystä autonjohtimet on kierretty ohuista kuparisäikeistä. Yksi- tai harvasäikeiset johtimet katkeavat helposti, koska ne eivät jousta. [4, s. 147.]

Ajoneuvoissa käytetään yksittäisten johtimien lisäksi kaapeleita, joissa saman eristeen sisään on laitettu useampi johdin. Tällaisia moninapaisia kaapeleita voidaan käyttää esimerkiksi perävaunun sähköliitännöissä. Moninapaisia kaapeleita käytetään, kun tarvitaan pitkälle välille paljon johtimia ilman haaroituksia. Kaapelin tunnusmerkinnässä ilmoitetaan johtimien lukumäärä ja yhden johtimen poikkipinta-ala, esimerkiksi 4 x 0,75 mm². [5, s. 256–258.]

Johtimia voidaan sijoittaa myös esimerkiksi kaapelimattoon tai kalvoon. Tässä autossa radion antennin johtimet on painettu muovikalvoon ja se on sijoitettu peilin sisälle (kuva 2).



Kuva 2. Antennikalvo

4.1.1 Eriste

Johtimen eristeenä toimii muovista tai kumista tehty vaippa ja sen tarkoituksena on suojata johdinta kosteudelta, kemikaaleilta, mekaaniselta rasitukselta ja kuumuudelta. Muovivaipoissa käytetään useimmiten PVC-, PEX-, PE- tai PP-muovia. Kumipäällysteisissä kaapeleissa käytetään EPDM-kumia, ja ne ovat usein öljynkestäviä. Lisäksi on olemassa palonkestäviä halogeenittomia kaapeleita kuten HFFR-kaapeli. Halogeenittomat kaapelit eivät sisällä PVC:tä, ja niiden valmistusmateriaalit ovat helposti kierrätettäviä. [6, s. 22.]

Johtimen eristeen paksuus riippuu siinä vaikuttavasta jännitteestä. Sytytysjohtimen eristeen paksuus on moninkertainen verrattuna tavalliseen valojohtimen eristeen paksuuteen. Sytytysjohtimissa vaikuttaa kilovolttien jännitteet, jolloin eristeen merkitys kasvaa. [4, s. 147.] Tässä työssä käytettiin yksittäisiä Drakan 0,75–2,5 mm²:n johtimia sekä ICC:n suojattuja parikaapeleita. Lisäksi käytettiin 50 mm²:n käynnistyskaapelia apuvirtapistokkeelle. Johtimien eristeenä toimii PVC-muovi ja niiden seinämäpaksuus on tyypiltään FLRY, jota käytetään tyypillisesti alle 2,5 mm²:n johtimissa. Yli 2,5 mm²:n johtimissa käytetään FLY-tyyppistä seinämäpaksuutta. Käynnistyskaapelin eristeenä käytetään kumia. [7, s. 977.]

4.1.2 Mitoitus

Sähköjärjestelmän komponenttien mitoitus perustuu siinä kulkevan virran määrään ja käyttöaikaan. Johtimessa kulkeva sähkövirta saa sen aina lämpiämään. Mitä suurempi virta ja johtimen resistanssi, sitä enemmän se lämpiää. Johtimen lämmitessä resistanssi kasvaa sitä enemmän, mitä kauemmin virta on kytkettynä. Tästä syystä johtimen valinnassa täytyy ottaa huomioon käyttöajan pituus. Ajovalon johtimiksi täytyy valita suhteellisesti suurempi johdin, kuin esimerkiksi äänimerkinantolaitteeseen, jossa käyttöaika on lyhyt. Jos johdin on virrallisena harvoin ja lyhyen ajan, voidaan poikkipinta-alaa suhteellisesti vähentää. [5, s. 254.] Virta ja resistanssi yhdessä aiheuttavat jännitehäviötä, joka pyritään pitämään mahdollisimman pienenä. Jännitehäviön suuruuteen vaikuttavat virran ja poikkipinta-alan lisäksi johtimen materiaalin ominaisvastus ja pituus. [4, s. 147–148.] Johtimen ollessa huomattavan pitkä, syntyy suuri jännitehäviö ja poikkipinta-alaa täytyy kasvattaa. Jos johtimia täytyy uusida, täytyy aina käyttää vähintään yhtä paksua johdinta. [5, s. 254.]

Kuluttajien virranvoimakkuus I lasketaan kaavalla 1.

$$I = \frac{P}{U_N} = \frac{U_N}{R} \quad (1)$$

P on kuluttajan tehontarve

U_N on nimellisjännite

R on vastus.

Johdinlangan poikkipinta-ala A lasketaan kaavalla 2.

$$A = I * \rho * \frac{l}{U_{vl}} \quad (2)$$

I on virranvoimakkuus

ρ on johdinlangan materiaalin ominaisvastus

l on johtimen pituus

U_{vl} on sallittu jännitehäviö eristetyssä johtimessa.

Todellinen jännitehäviö lasketaan kaavalla 3.

$$U_{vl} = I * \rho * \frac{l}{A} \quad (3)$$

ρ on johdinlangan materiaalin ominaisvastus

l on johtimen pituus

A on johdinlangan poikkipinta-ala.

Jännitehäviöille on olemassa suositusarvoja, jotka näkyvät taulukossa 1. Maadoituspuolen jännitehäviöitä ei ole otettu huomioon. Eristetyssä maadoitusjohtimessa tulee kuitenkin käyttää meno- ja paluujohtimen yhteenlaskettua pituutta johtimen pituutta määriteltäessä. Taulukossa 1 esitetyt U_{vg} arvot ovat tarkistusarvoja, eikä niitä voida suoraan käyttää mitoituslaskelmissa, koska niihin sisältyvät johtimen vastuksen lisäksi mm. kytkimen kosketinvastukset ja sulakkeet. [7, s. 979.]

Taulukko 1. Sallittu jännitehäviö 12V-järjestelmissä [7, s. 979, muokattu]

Johtimen laji	Sallittu jännitehäviö plus- johtimessa U_{vl}	Sallittu jännitehäviö koko virtapiirissä U_{vg}	Huomautukset
Nimellisjännite	12 V	12 V	
Valojohtimet			
Valokatkaisimen liittimeltä 30 valoille <15W Perävaunun pistorasiaan Perävaunun pistorasialta valoille	0,1 V	0,6 V	Virta nimellisjännitteellä ja nimellisteholla
Valokatkaisimen liittimeltä 30 valoille >15W Perävaunun pistorasialle	0,5 V	0,9 V	
Valokatkaisimen liittimeltä 30 valonheittimille	0,3 V	0,6 V	
Latausjohdin	0,4 V	-	Virta nimellisjännitteellä ja nimellisteholla
Käynnistimen päävirtajohdin	0,5 V	-	Käynnistimen oikosulkuvirta +20 °C:ssa
Käynnistimen ohjausjohdin			
Käynnistyskytkimeltä käynnistimen liittimelle 50 Työntösolenoidi yksinkertaisella käämillä Työntösolenoidi veto- ja pitokäämeillä	1,4 V 1,5 V	1,7 V 1,9 V	Maksimi ohjausvirta
Muut ohjausjohtimet katkaisimelta releelle	0,5 V	1,5 V	

Virtapiirin virran ollessa suuri, johtimesta tehdään mahdollisimman lyhyt. Suurivirtaisia johtimia ovat käynnistys- ja latausjohtimet, jotka ovat yleensä poikkipinta-alaltaan 25–70 mm². Johtimien pituutta voidaan vähentää käyttämällä kytkentärelettä, jolloin päävirtajohtimia ei tarvitse viedä kojelaudassa olevalle käyttökytkimelle. Kytkimeltä releelle riittää ohjausvirtajohdin, jossa kulkee pieni virta. [4, s. 147–148.]

Samoin kuin muissakin mitoituksissa myös johtimien mitoituksessa käytetään varmuuskertoimia. Sulamisvarmuuden kannalta kestovirran täytyisi olla koko ajan alle 80 % virrankestosta. Huippuvirta ei saisi ylittää varmuusvirran nimellisarvoa, jotta vältetään enenaikaiselta purkautumiselta tai varmuusarvon muuttumiselta. Varmuuslaskentaan ja johtimen mitoitukseen vaikuttavat lisäksi liittimet, asennuspaikka- ja tapa. [7, s. 977–978.]

Taulukossa 2 on esitetty eri kokoisille johtimille varmuusnimellisarvot ja jatkuvat virrankestot. Siitä nähdään, että jatkuva virrankesto on aina pienempi kuin varmuusnimellisarvo.

Taulukko 2. Sulamisvarmuuden tyyppilliset varmuusarvot [7, s. 978]

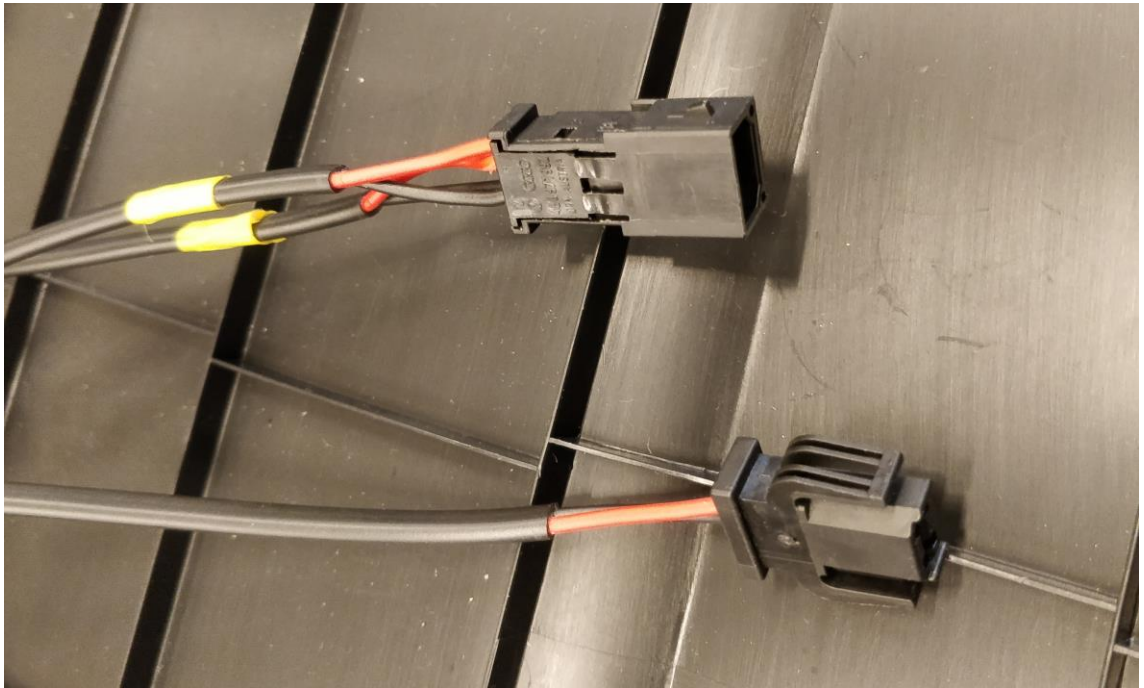
Johtimen poikkipinta-ala (mm ²)	0,35	0,5	0,75	1	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70
Varmuusnimellisarvo (A)	5	7,5	10	15	20	30	40	50	70	100	125	150	200	250
Jatkuva kesto- virta (A)	4	6	8	12	16	24	32	40	56	80	100	120	160	200

4.2 Liitokset

Johtimien liitoksissa käytetään autoissa useita erilaisia liittimiä. Liittimillä yhdistetään johtimia sähkölaitteisiin, maadoituksiin ja toisiin johtimiin. Liittimen tulee tarjota luotettava liitos komponenttien välille kaikissa olosuhteissa. Ne suunnitellaan kestäväksi erilaisiin olosuhteisiin kuten värähtelyä, lämpötilanmuutoksia, ääriämpötiloja, kosteutta, syövyttäviä nesteitä ja kaasuja sekä liitännöiden mikroliikettä, joka johtuu kitkakorroosiosta. Liitoksen jännitehäviön tulee olla mahdollisimman pieni eikä se saa aiheuttaa oikosulun vaaraa. Käytettäessä uros- ja naarasliittimiä, liitos täytyy tehdä niin, että johdinten

mahdollisesti irrotessa, eristetty liitin jää jännitteelliseksi. Näin on pienempi todennäköisyys, että liitin pääsee osumaan esimerkiksi auton runkoon. Moninapaisia liittimiä käytettäessä kytkettävät puoliskot on usein muotoiltu siten, että väärinkytkeä on estetty. Moninapaisen liittimien runkomateriaalina käytetään muovia, jossa liittimet on ryhmitelty yhteen tai useampaan riviin neliö- tai ympyrämuotoon. Liittimissä olevat väkäset lukitsevat ne liitinrunkoon ja niiden irrottamiseen tarvitaan usein erikoistyökaluja. [5, s. 254–256; 7, s. 980.]

Tässä työssä takaluukun kytkennöissä käytettiin irrotettavia liittimiä, jotta muovi voidaan poistaa tarvittaessa. Liittiminä käytettiin VW:n kaksinapaisia liittimiä (kuva 3). Varoitusvalot kytkettiin naarasliittimillä ja LED-valot urosliittimillä. Tällä varmistettiin, että niitä ei voida kytkeä väärin.



Kuva 3. Takaluukun liittimet

4.2.1 Tinaliitos

Tinan matalan sulamispisteen ja pehmeiden ansiosta saadaan liitokseen suuri kosketuspinta-ala. Tina yhdistää johdinsäikeet toisiinsa ja muodostaa liitoksen päälle suojaavan kerroksen. Tinaliitoksia käytetään tavallisesti laitteiden sisäisissä kytkennöissä, joita ei tarvitse avata. Tässä työssä tinaliitosta käytettiin käynnistyskaapelin liittämiseksi

apuvirtapistokkeen kaapelikenkään. Tinaliitoksen tekeminen vaatii paljon lämpöä, minkä vuoksi johdon eristeen sulamista on syytä varoa. Jos liitoksen haluaa purkaa, täytyy tina sulattaa uudestaan. Tinaliitoksen yhteydessä käytetään usein lämmössä kutistuvaa muovia, jolloin saadaan hyvin tärinää, kosteutta ja lämpötilanvaihteluja kestävä liitos. [4, s. 149–150.]

4.2.2 Ruuviliitos

Ruuviliitosta käytetään kohteissa, joissa liitoksen läpi kulkee suuri virta. Tyypillisiä kohteita ovat akkuihin tai käynnistimelle liittyvät johtimet. Autojen maadoituspisteissä käytetään usein rengasliittimiä, jotka ovat kiinni auton rungossa ruuviliitoksella. Sen hyviä ominaisuuksia ovat suuri kosketuspinta ja avattavuus. Liitos voi kuitenkin löystyä ja hapettua ajan myötä, jolloin se ei enää yhdistä kunnolla. Jousialuslevyn laittaminen liitokseen ehkäisee löystymistä. Hapettumista voidaan välttää suojaamalla liitos akkukengän suojuksella. Kuvassa 4 on solenoidi, johon on yhdistetty kaapelikengät ruuviliitoksella. Ruuviliitos on suojattu akkukengän suojuksella ja kaapeli haitariputkella sekä kutistesukalla. [4, s. 151.]



Kuva 4. Solenoidin ruuviliitokset

4.2.3 Puristettavat johdinliittimet

Nykyisin useimmat liittimet kiinnitetään puristamalla. Hyvä liitos on saatu aikaan liittimien muotoilulla ja puristus tapahtuu erikoispihdeillä. Erikoispihdeillä saadaan aikaan riittävä puristusvoima, jolloin samalla puristuksella johtimen kupari ja eriste muokkautuvat muodostaen tiiviin liitoksen. Liittimet voidaan jakaa eristettyihin ja eristämättömiin. Eristettyjä liittimiä käytetään liitettäessä yksittäiset johtimet sähkölaitteeseen tai toiseen johtimeen, jolloin liitin jää näkyviin. Eristämättömiä liittimiä käytetään liitosrasioiden yhteydessä, jolloin liitin jää rasian sisälle suojaan. Jos liitin jää näkyviin tai on altis esimerkiksi kosteudelle, on se hyvä suojata kutistesukalla. [4, s. 151–153.]

Molempia liittintyyppäjä valmistetaan monia eri liitostapoja varten eri poikkipinta-alueille. Liitin on aina pyrittävä valitsemaan johtimen poikkipinta-alan mukaan. Kun samaan liittimeen laitetaan useampi johdin, valitaan liittimen koko johtimien yhteisen poikkipinta-alan mukaan. Käytettäessä eristettyjä liittimiä, eristeen väri kertoo minkä kokoiselle johtimelle se on tarkoitettu. Myös puristuspihdeissä on värit, jotka kertovat, millä kohdalla liittintä puristetaan. Eristämättömille liittimille on omat erikoispihdit, joilla johdin sekä eriste puristetaan kiinni. Liittimessä on isompi poikkipinta-ala johtimen eristeelle. Eristämättömissä liittimissä on väkänen, jolla se lukittuu liitinrasiaan. Lisäksi autoteollisuudessa käytetään liitinrasioita, joissa on lukitussalpa. Lukitussalpa varmistaa liittimen kiinnipysymisen ja tiivistää liitoksen niin, että liitin ei pääse heilumaan liitinrungossa. [4, s. 151–153, 162.]

4.2.4 Jatko- ja haaroitusliittimet

Johtimien jatkaminen ja haaroittaminen voidaan tehdä kiinteäksi tai avattavaksi. Tähän vaikuttaa liitoksen sijainti. Suunniteltaessa auton johdinsarjaa on tärkeää huomioida liitostapa alueilla, joissa osia täytyy irrottaa huollon ajaksi. Silloin on mahdollista, että johdinsarja täytyy katkaista liittimistä esimerkiksi ovea irrottaessa. Sijainti vaikuttaa myös liittimen suojausasteeseen. Auton alustassa ja moottoritilassa käytetään usein vesitiiviitä liittimiä. Tässä työssä johtimien jatkamiseen ja haaroitukseen käytettiin kutistettavia putkiliittimiä. Vesitiiviys voidaan toteuttaa kutistesuojauksen lisäksi tiivisteiden avulla. [4, s. 154.]

4.3 Suojaus

Johtimien ja liitosten suojaus on tärkeätä autoteollisuudessa. Suojauksen laiminlyönnin vaarana on oikosulku, joka voi johtua esimerkiksi hankauksesta tai korroosiosta. Korrosio aiheuttaa jännitehäviöitä, jonka vuoksi kosteuden ja kemikaalien pääsy liittimiin on estettävä. Auton sähkölaitteiden jännitteiset osat tulisi suojata eristävällä materiaalilla niin, että koskettaminen ei aiheuta oikosulun vaaraa. Tämä on tärkeätä erityisesti akuissa ja liittimissä, jotka ovat jännitteellisiä myös virtojen ollessa pois päältä. [4, s. 155–156.]

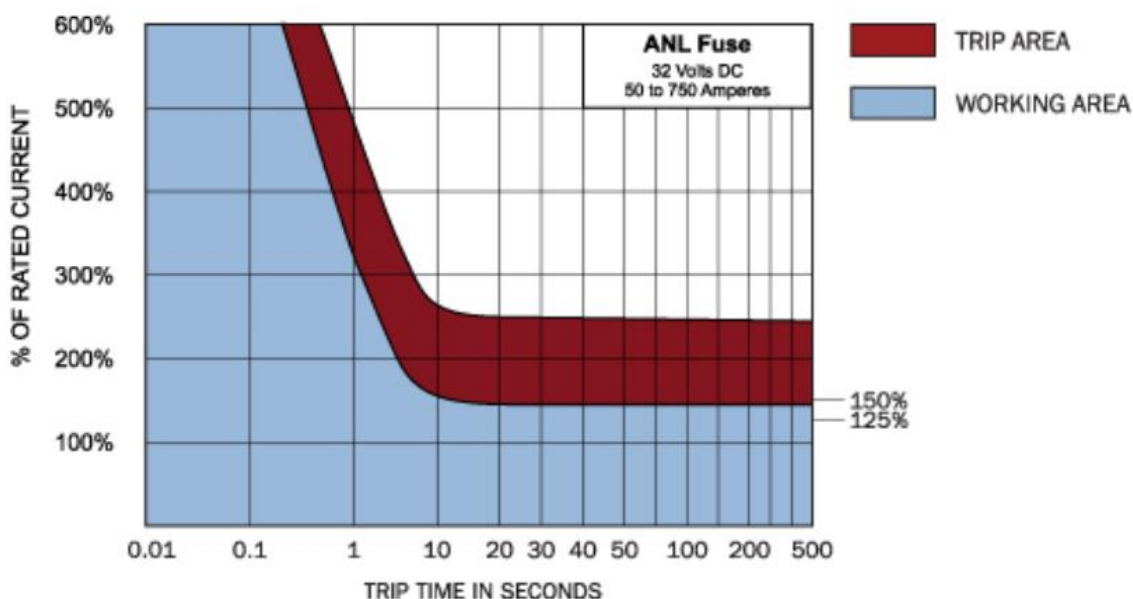
Johtimien liikkuminen ja hankautuminen estetään niputtamalla ne toisiinsa ja kiinnittämällä kiinteisiin kohteisiin esimerkiksi johdinsideankkureilla ja nippusiteillä. Johdinten sitomisessa ja suojana voidaan käyttää verkkosukkaa, spiraalisidettä, kutistesukkaa ja haitariputkea. Vietäessä johdin jonkin pellin läpi käytetään läpivientikumia. Muihin teräviin reunoihin voidaan käyttää reunasuojanauhaa. [4, s. 155–156.]

4.4 Sulakkeet

Oikosulun sattuessa voi virtapiirin virta kasvaa moninkertaiseksi verrattuna normaalilanteeseen. Koska virtapiiriä ei ole mitoitettu niin suurille virroille, oikosulku aiheuttaa ylikuumentumista ja pahimmassa tapauksessa tulipalon tai räjähdyksen. Sitä varten piiri täytyy suojata oikosulun varalta suojalaitteella, joka autossa on useimmiten sulake. Sulake mitoitetaan niin, että se on heikoin osa virtapiirissä ja sulaa halutulla virran voimakkuudella. Sulakkeessa on lämmönkestävä eriste, jonka sisällä on hyvästä johteesta tehty helposti sulava lanka tai kisko. Virran kasvaessa liian suureksi sulake lämpenee tehohäviön vuoksi ja sulaa poikki, jolloin virtapiiri katkeaa. [4, s. 167–168.]

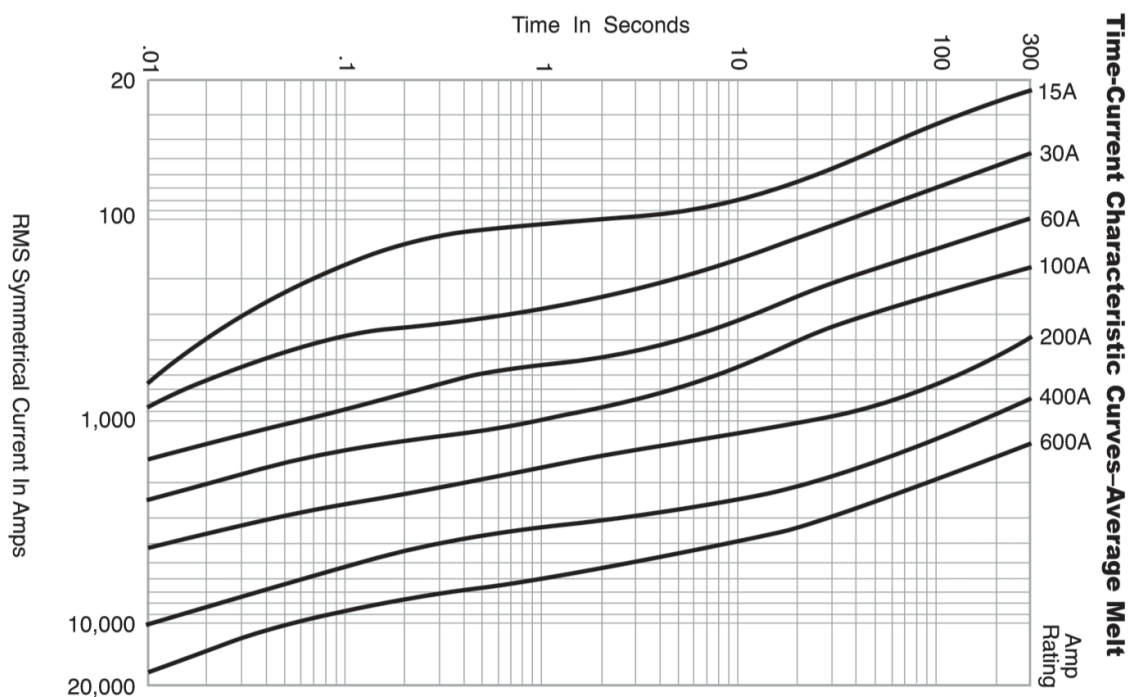
Sulakkeet erotetaan toisistaan väreillä ja merkinnöillä. Sulakkeeseen tehty merkintä tarkoittaa nimellisvirtaa, joka on suurin virta, jolla toimilaitetta voidaan käyttää. Ylivirrasta nopeasti vaurioituvien sähkölaitteiden kanssa täytyy käyttää nopeasti laukeavia sulakkeita. Auton käynnistyshetkellä syntyy lyhytaikainen virtahuippu, jolloin on käytettävä hidasta sulaketta. Työn autossa apuvirtapistokkeen sulakkeena käytetään 600 A:n ANL-sulaketta.

Autossa on AGM-käynnistysakku, jonka kylmäkäynnistysvirta on EN-standardin mukaan 800 A. AGM-akuista saadaan suuri kylmäkäynnistysvirta, mutta ne ovat arkoja ylivaraukselle. Akun ollessa $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, se pystyy standardin mukaan antamaan 800 A:n virtaa kymmenen sekuntia. Kuormituksen jälkeen akun jännite on vähintään 7,5 V. [8, s. 166.] 600 A:n ANL-sulake kestää jatkuvasti maksimissaan n. 840 A:n virtaa (kuva 5). Kuvan mukaan sulake päästää läpi n. 900 A virtaa vielä kymmenen sekunnin kohdalla. Auton hetkelliseksi käynnistysvirraksi mitattiin Fluke i1010 -pihtivirtamittarilla n. 500 A. Mittauksessa täytyy huomioida, että virtapiikki oli nopea, koska auto lähti heti käyntiin, jolloin tulosta ei voida pitää tarkkana.



Kuva 5. ANL-sulakkeen virrankesto [9]

Käytettäessä aikaviivesulaketta, voidaan käyttää pienempää sulaketta. Käynnistystapahtuma kestää kovimmillakin pakkasilla alle 10 s, jolloin n. 150 A:n aikaviivesulake (kuva 6) riittäisi. Sulake antaa akulta yli 800 A kymmenen sekunnin ajan, jonka jälkeen sen virrankesto laskee alle 800 A:iin.



Kuva 6. Aikaviivesulakkeiden virrankestot [10]

4.5 Kytkentäreleet

Rele on yleisin autossa käytettävä sähkömagneettinen kytkin. Sen avulla voidaan vähentää suurivirtaisten johtimien määrää virtapiirissä ohjaamalla niitä pienillä ohjausvirroilla. Lisäksi sillä voidaan tehdä ehtoja virtapiiriin ja nopeuttaa kytkeytymistäpahtumaa. [4, s. 174.] Kosketintyyppiltään se voi olla avautuva, sulkeutuva tai vaihtava. Tässä työssä käytettiin vaihtavia releitä. Tavallisessa releessä liittimien DIN-tunnukset ovat seuraavia:

30 yhteys akkuun

87 yhteys kytkettävään laitteeseen releen vetäessä

87a yhteys kytkettävään laitteeseen releen lepoasennossa

86 ohjausvirta esimerkiksi akulta käyttökytkimen kautta

85 maadoitus

[5, s. 269.]

Toimintaperiaate

Releen rautasydämen ja napojen 85 sekä 86 välisen käämin avulla muodostuu sähkömagneetti. Vaikka rele toimii myös napojen 85 ja 86 ollessa kytkettynä toisinpäin, voi releen mahdollinen suojadiodi vahingoittua. Kun käämiin kytketään jännite, sen läpi kulkee virta, joka saa rautasydämen magnetoitumaan. Sydän vetää liikkuvaa ankkuria puoleensa, jolloin siihen kiinnitetty kosketin yhdistää navat 30 ja 87 tai erottaa navat 30 ja 87a. Kun käämin jännite katkaistaan, rele palautuu lepoasentoon, jolloin navat 30 ja 87a ovat yhdessä. [5, s. 269.] Releellä voidaan tehdä useita erilaisia kytkentöjä ohjaamalla napoja 85, 86 ja 30. Koska rele sulkeutuu ja avautuu nopeasti, sen käämiin indusoituu jännite. Jännite puretaan releen sisällä olevalla vastuksella tai diodilla, jotta vältetään herkkien elektronisten laitteiden vahingoittumiselta. [4, s. 174.]

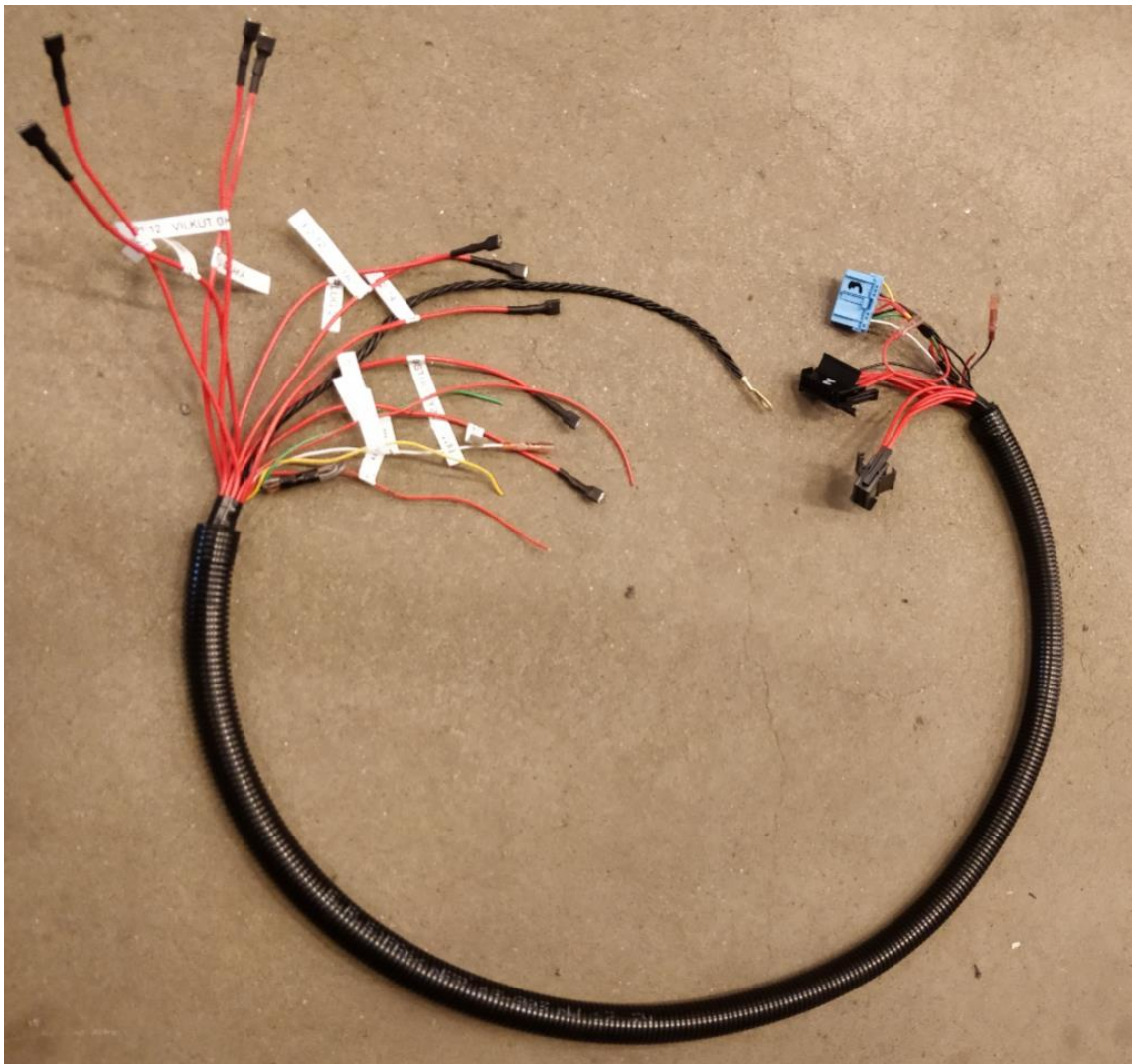
4.6 Johdinsarjat

Johdinsarja koostuu yhdeksi kokonaisuudeksi kootuista johtimista. Sitä käytetään tehon syötössä ja informaation siirrossa. Johtimet liitetään toisiinsa usein moninapaisilla liittinrasioilla. Johdinsarjojen sijoitus autoon on helpompaa ja vie vähemmän tilaa kuin yksittäiset johtimet. Korjauksessa vaihdetaan usein koko johdinsarja, mikä helpottaa varaosahuoltoa. Yksittäisten virtapiirien korjauksesta tulee kuitenkin vaikeampaa, sillä johdinsarjat ovat usein suojattuja ja johtimien värit saattavat muuttua kytkennöissä johdinsarjojen sisällä. Painetuilla piireillä voidaan korvata osa johdinsarjoista esimerkiksi mitaristossa tai takavaloissa. Niiden rakenne helpottaa asennustyötä ja ne ovat toimintavarmoja. Nykyaikaisissa autoissa johdinsarjoja voi olla jopa yli 30 kappaletta. Hyvin varustellussa autossa johtimia on useita kilometrejä, ja niistä kertyy huomattavasti painoa. [4, s. 164–165.]

Johdinsarjojen valmistuksessa joudutaan tekemään paljon käsityötä, mikä tekee siitä epäedullista. Käyttökohteesta riippuen johdinsarjoille asetetaan erilaisia vaatimuksia. Näitä voivat olla esimerkiksi lämmön- ja kosteudenkesto, mekaanisen hankauksen kesto tai sähkömagneettinen häiriöttömyys. Valmistuksessa käytetään usein asennuspöytiä/seiniä, joihin johdinsarjat voidaan niputtaa. Asennuspöytään johdinsarjojen muoto ja haaritus on tehty valmiiksi, jolloin niitä on helpompi käsitellä. Liittimien puristamiseen ts. krimppaamiseen, johdon katkaisuun ja kuorintaan, merkkaamiseen sekä liittimien ja kaapelin syöttöön on olemassa automaattisia koneita ja työkaluja. Niiden avulla voidaan

nopeuttaa johdinsarjan valmistusprosessia ja vähentää esimerkiksi virheellisiä liittimien puristuksia. Johdinsarjojen valmistuttua niille tehdään laadunvalvontaa ja sähköisiä testejä.

Kuvassa 7 näkyy Mini Service -ohjausjärjestelmälle valmistettu johdinsarja. Johdinsarja kulkee järjestelmän käyttöpaneelin ja ohjainyksikön välillä. Johtimet on merkitty tarrakirjoittimella ja liittimet numeroilla. Johdinsarjan toisessa päässä on käytetty moninapaisia liittimiä, jotka liitetään järjestelmän ohjainyksikköön. Suojaukseen on käytetty haitariputkea, sähköteippiä sekä kutistesukkaa.



Kuva 7. Johdinsarja Mini Service -ohjausjärjestelmän käyttöpaneelille

5 Varusteet

Lähtökohtana oli, että autoon asennetaan varusteita, joita voidaan tarjota tulevaisuudessa asiakkaille ja esitellä autosta. Tällöin asiakas näkee käytännössä, miltä asennus näyttää ja kuinka varuste toimii. Haluttiin myös testata uusia varusteita, niiden asennusta ja kestävyyttä käytännön työssä. Valinnoissa pyrittiin valitsemaan tuotteita, joilla on kilpailukykyinen hinta ja hyvä saatavuus.

5.1 Standby Mini Service -ohjausjärjestelmä

Mini Service on ohjausjärjestelmä, joka on tarkoitettu työ- tai huoltokäyttöön rakennetun ajoneuvon lisävarusteiden hallitsemiseen. Sen avulla voidaan hallita erilaisia työ-, varoitus-, sisä- ja peruutusvaloja sekä lämmityspuhallinta. Lisäksi siinä on kolme vapaavalintaista katkaisijaa, joista yksi toimii joko katkaisijana tai puhaltimen nopeuden/valon kirkkauden säätimenä. Sääto tapahtuu PWM-signaalia käyttäen. [11]

Ohjausjärjestelmä sisältää käyttöpaneelin, ohjausyksikön ja johdinsarjan. Järjestelmä on mahdollista hankkia myös ilman johdinsarjaa, kuten tässä tapauksessa tehtiin. Tällöin valmistajalta on mahdollista saada kytkentäkaaviot ja liitinrunkoja. Käyttöpaneelin ja ohjausyksikön välillä on CAN-väylä. CAN-väylän avulla voidaan vähentää paneelin ja ohjausyksikön välillä kulkevia johtimia. Tätä ei pidä sekoittaa auton omaan CAN-väylään, johon järjestelmää ei ole yhdistetty.

Nykyajan huoltoautoissa on paljon sähköisiä varusteita, jotka vaativat oman katkaisijan, sulakkeen ja mahdollisesti myös releen. Jälkiasennettujen lisävarusteiden katkaisijoita voi parhaimmillaan olla yli kymmenen. Jokaiselle katkaisijalle täytyy tehdä kojelautaan reikä. Tämä vähentää auton jälleenmyyntiarvoa ja ei ole visuaalisesti ammattimaisen näköinen. Ohjausjärjestelmässä tarvittavat napit löytyvät käyttöpaneelistä (kuva 8), joka voidaan kiinnittää kojelautaan tekemättä reikiä. Paneelin napit ovat varustettu taustavalaistuksella ja napin ollessa aktiivinen sen vieressä palaa punainen valo.



Kuva 8. Käyttöpaneeli sekä katkaisijat solenoidille ja lisäpitkälle

5.1.1 Toiminnot

Järjestelmä seuraa akkujännitteen tasoa ja sulkee toimintoja kolmessa vaiheessa, jos akun jännite laskee. Työvalot ja katkaisimet kytkeytyvät pois päältä, jos jännite laskee alle 11,5 V:n (12 V:n järjestelmä). Toiminnot voidaan kytkeä uudelleen päälle jännitteen ollessa 13 V. Jos jännite laskee alle 10,5 V:n, sisä- ja varoitusvalot kytkeytyvät pois päältä. Ne saadaan uudelleen toimintaan jännitteen noustua 11,5 V. Jännitteen laskeessa alle 9,5 V järjestelmä menee automaattisesti pois päältä ja voidaan käynnistää uudelleen, kun jännite on 10,5 V. [12, s. 3.]

5.1.2 Kytkenät

Järjestelmä kytkettiin siten, että se menee itsestään päälle, kun sytytysvirta aktivoituu ja virransäästötilaan kun sytytysvirta, pääkatkaisin tai ovikytkin on pois päältä yli viiden

sekunnin ajan. Virransäästötilassa ohjausjärjestelmän lepovirran kulutus on pieni. Järjestelmään kytkettiin erilaisia sisääntulotietoja kuten ovitieto, sytytysvirta ja peruutusvaihe. Sisääntuloon tuotava signaali on joko high (+12 V) tai low (0 V). Tämä tarkoittaa sitä, että high- sisääntuloon kytketään toimilaitteen plusjohdin ja low- sisääntuloon miinusjohdin. Järjestelmästä löytyy 14 x 10 A, 2 x 20 A ja 6 x 0,75 A ulostulot, jotka ovat suojattu automaattisulakkeilla. Sulakkeet resetoituvat automaattisesti, kun ylivirtatila on poistunut. Releille on varattu kolme 0,75 A:n ulostuloa, joista yhtä käytettiin majakkapaneelissa olevalle sisäiselle releelle ohjausvirraksi. Ulostulot on jaettu työvaloille oikealle, vasemmalle ja taakse sekä varoitusvaloille eteen ja taakse. [11; 12, s. 3.]

5.1.3 Lepovirran kulutus

Lepovirran kulutus on tärkeä huomioida auton varustelussa ja suunnittelussa. Lepovirralla tarkoitetaan virtaa, jota auto tai toimilaitte kuluttaa ollessaan pois päältä. Jos lepovirta on liian suuri, ajoneuvon akku tyhjenee auton seisoessa. Lepovirran mittausta voidaan tehdä pihtivirtamittarilla akun kaapelin ympäriltä tai laittamalla yleismittari akun kengän ja navan väliin. Lepovirran kulutus tulisi olla joitain kymmeniä milliampeereja. Mini Servicen-ohjausjärjestelmän lepovirraksi mitattiin 115 mA. Valmistaja ilmoittaa lepovirran kulutukseksi 120 mA. Auton ollessa ”nukkumassa” käyttöakun lepovirran kulutukseksi mitattiin 65 mA. Mittaukset tehtiin Fluke 88 -yleismittarilla akun plusnavan ja akkukengän välistä. Mittausta kokeiltiin myös pihtivirtamittarilla, joka osoittautui liian epätarkaksi.

5.1.4 Kaksoisakkujärjestelmä

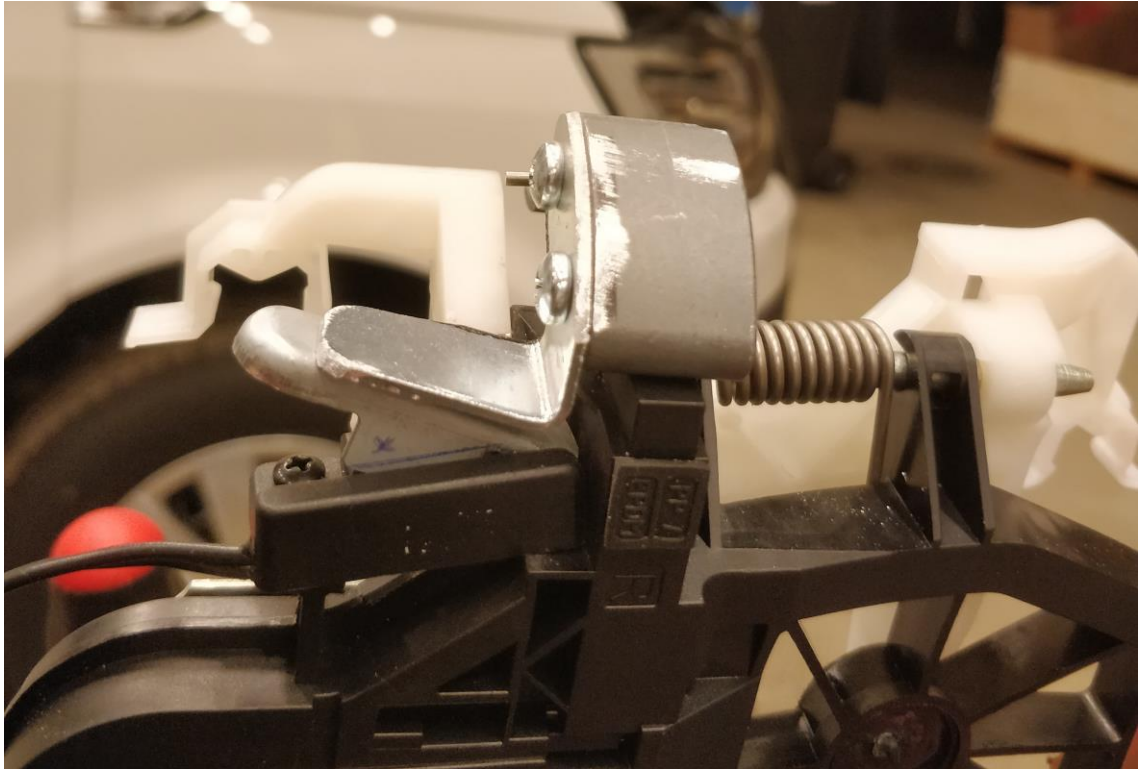
Ajoneuvo on varustettu kaksoisakkujärjestelmällä. Kaksoisakkujärjestelmää käytetään ajoneuvoissa, jotka on varustettu suurella määrällä sähkölaitteita. Tällöin järjestelmässä on erillinen käynnistys- ja käyttöakku. Käynnistysakku toimii pääasiassa käynnistinmoottorin virtalähteenä ja käyttöakusta saadaan virta muille sähkölaitteille. Käynnistysakku sijoitetaan usein moottoritilaan, jolloin käynnistyskaapelin jännitehäviö jää pieneksi. Käyttöakku sijoitetaan yleensä tavaratilaan tai ohjaamoon, johon jotkin autovalmistajat sijoittavat myös käynnistysakun. Akkujen varaustilaa valvotaan ohjainyksiköllä, joka kuuluu järjestelmään. Kaksoisakkujärjestelmässä käytetään usein erotinrelettä, joka yhdistää akut rinnakkain, kun releelle tulee latausjännite eli kun auto on käynnissä. Rele erottaa akut toisistaan, kun jännite laskee eli auto sammuu. Tällä pyritään varmistamaan,

että käynnistysakussa riittää aina virtaa käynnistymiseen. Jos jokin toimilaite jää päälle auton ollessa sammunut ja akkujen ollessa yhdistettynä rinnakkain, molempien akkujen varaus laskee. Siksi erotinrele erottaa akut auton ollessa sammunut. [5, s. 250.]

Akkujen lataustilan varmistamiseksi akuille kytkettiin omat ylläpitolaturit. Latureina käytettiin Defan 10 A:n ja 4 A:n latureita, joista 10 A:n laturi kytkettiin käynnistysakulle ja 4 A:n laturi käyttöakulle. Käynnistysakulla on suurempi laturi, jotta varmistetaan auton käynnistyminen pakkasella. Molemmat laturit kytkettiin samaan ulkopistokkeeseen.

5.2 Sähkötoiminen Auto Cool -liukuovi kauko-ohjauksella

Työhön valittu auto oli varustettu mekaanisella liukuovella ja siitä haluttiin tehdä sähkötoiminen. Normaalisti kyseiseen automalliin saa jo tehtaalta liukuoven, mutta tässä tapauksessa autoksi valikoitui mekaanisella liukuovella oleva yksilö. Auto Coolilta löytyi valmis asennussarja liukuoven sähköistämiseen, mutta sarja oli tarkoitettu vanhemman T5-korimallin Caravelleen. Lisäksi sarjaan ei kuulunut mikrokytkintä, jonka avulla ovi voidaan avata ulkokahvasta. Asennussarjan johtojen pituuksia jouduttiin muokkaamaan ja mikrokytkimenä käytettiin omaa kytkintä, joka sovellettiin liukuoven avausmekanismiin. Kun liukuoven ulkokahvasta vedetään, mikrokytkin yhdistää johtimet, joihin kytketty kaukosäädin aktivoituu ja lähettää avauskäskyn liukuoven ohjainlaitteelle. Kaukosäädin ja mikrokytkin sijaitsevat liukuoven sisällä. Kytkin on kiinnitetty oven alkuperäiseen avausmekanismiin (kuva 9) ja sen päälle on valmistettu metallinen painin. Kun kahvaa vedetään, painin painaa mikrokytkimen metallilevyä alas ja johtimet yhdistyvät.



Kuva 9. Liukuoven mikrokytkin

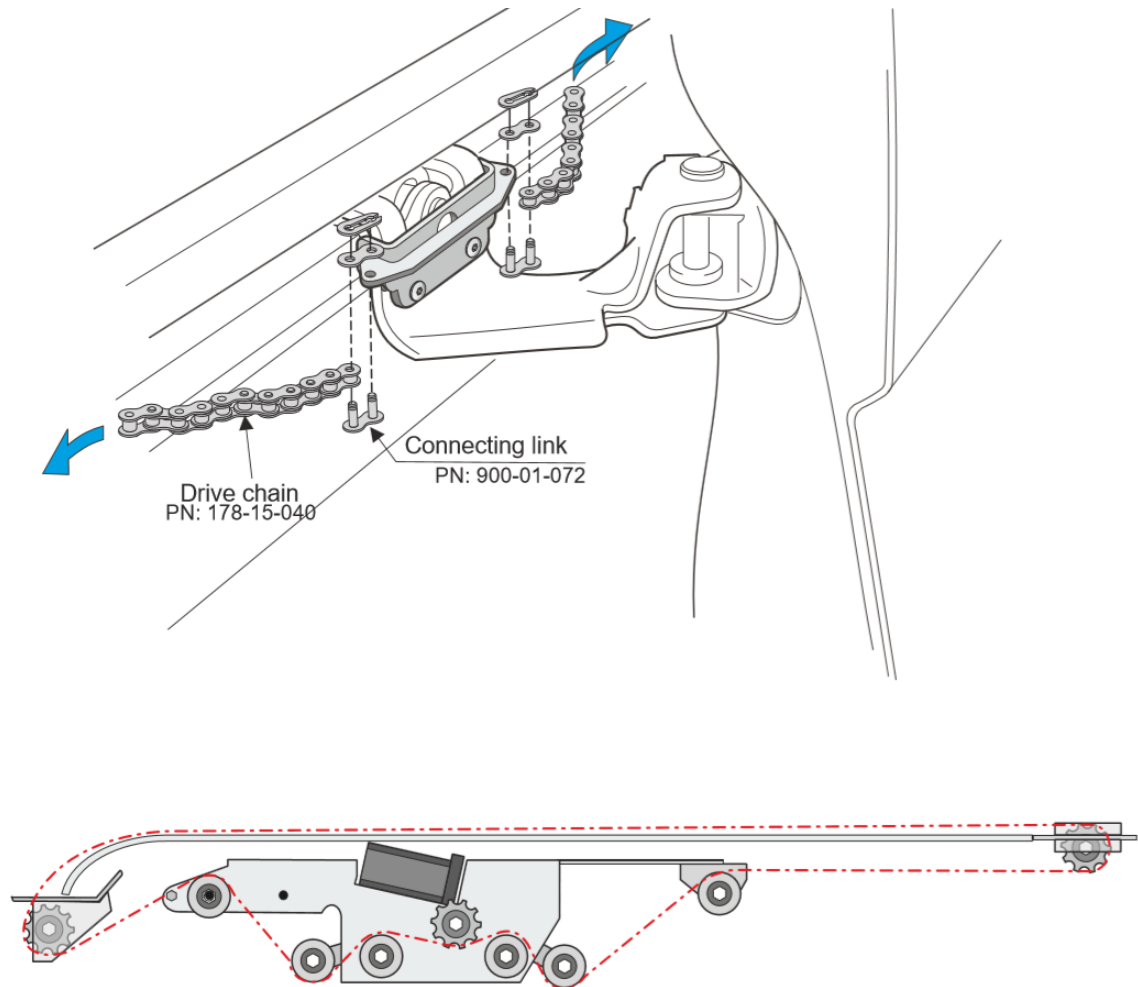
Asennuksessa käytettiin sähköiselle liukuovelle tarkoitettuja Volkswagenin alkuperäisiä katkaisijoita asennussarjassa tulevan katkaisijan sijasta. Katkaisijat sijoitettiin kojelautaan ja tavaratilan b-pilariin. Ne kytkettiin toimimaan samoin, kuin ne toimisivat, jos autossa olisi alkuperäinen sähköinen liukuovi. Ovea voidaan katkaisijoiden lisäksi ohjata liukuoven ulkokahvasta sekä kaukosäätimestä.

Asennuksessa auton tavaratilassa olevaa kaiutinta ja maadoituspistettä jouduttiin siirtämään, jotta mekanismi (kuva 10) mahtui oikealle paikalle.



Kuva 10. Liukuoven mekanismi ja kaiuttimen uusi paikka

Liukuovea liikuttaa ketju, joka kiertää auton ulkopuolelta takaisin sisäpuolelle. Mekanismin kannalta on erittäin tärkeää, että ketjulinja kulkee suoraan. Ketju kulkee auton ulkopuolelle hammasrattaiden kautta ja on suojassa liukuoven kiskon sisällä (kuva 11). Ketju on kiinnitetty liukuoven saranaan kiinnitettyyn kiinnitysrautaan. Kiinnitysraudassa ketju on kiinni ketjulukoilla.



Kuva 11. Ketjun kiinnitys liukuoven saranaan sekä ketjun reitti [13]

Mekanismi toimii siten, että sähkömoottorin hammasratas pyörittää ketjua eri suuntiin ja mahdollistaa oven sulkeutumisen sekä avautumisen. Sähkömoottori lopettaa oven sulkeutumisen ohjainlaitteen saadessa tiedon b-pilarissa olevalta kytkimeltä, että ovi on kiinni. Tässä asennussarjassa ovi pysyy kiinni ketjun avulla. Sähkömoottorin hammasratas lukittuu paikoilleen, kun ovi on kiinni. Liukuoven sisäkahva lukittiin auki-asentoon, joten oven omat lukot ovat pois käytöstä. Oven alkuperäisten lukkojen käyttäminen edellyttäisi solenoidin asennusta oven sisään. Solenoidin avulla lukot voitaisiin avata, kun ovi halutaan auki.

Liukuoven sulkeutuminen hätätilanteessa on estetty kuormantunnistuksella ja etuoovessa olevalla pneumaattisella tiivisteellä. Kun ovi on sulkeutumassa ja väliin jää jotain, oven

ohjainlaite tunnistaa, että ovea sulkevan sähkömoottorin virrankulutus kasvaa. Tällöin oven liike vaihtaa suuntaa ja ovi avautuu. Etuoveen on saatavilla pneumaattinen tiiviste yhdistettynä paineanturiin, joka tunnistaa paineiskut. Kun tiivisteeseen osuu esimerkiksi käsi, muodostuu paineisku ja järjestelmän ohjainlaite saa tiedon, että jotain on välissä ja ovi avautuu. Pneumaattisesta tiivisteestä ei kuitenkaan ole hyötyä, jos etuovi on auki. Lisäksi todettiin, että tiiviste on altis rasitukselle etuovea suljettaessa ja saattaa irrota. Tiiviste jätettiin asentamatta, koska todettiin, että sähkömoottorin kuormantunnistus riittää. Jos ovi jää auki lähdeettäessä liikkeelle, varoitussummeri alkaa soida. Auton nopeustieto saatiin mittaristolta.

5.3 Solenoidilla ohjattava apuvirtapistoke

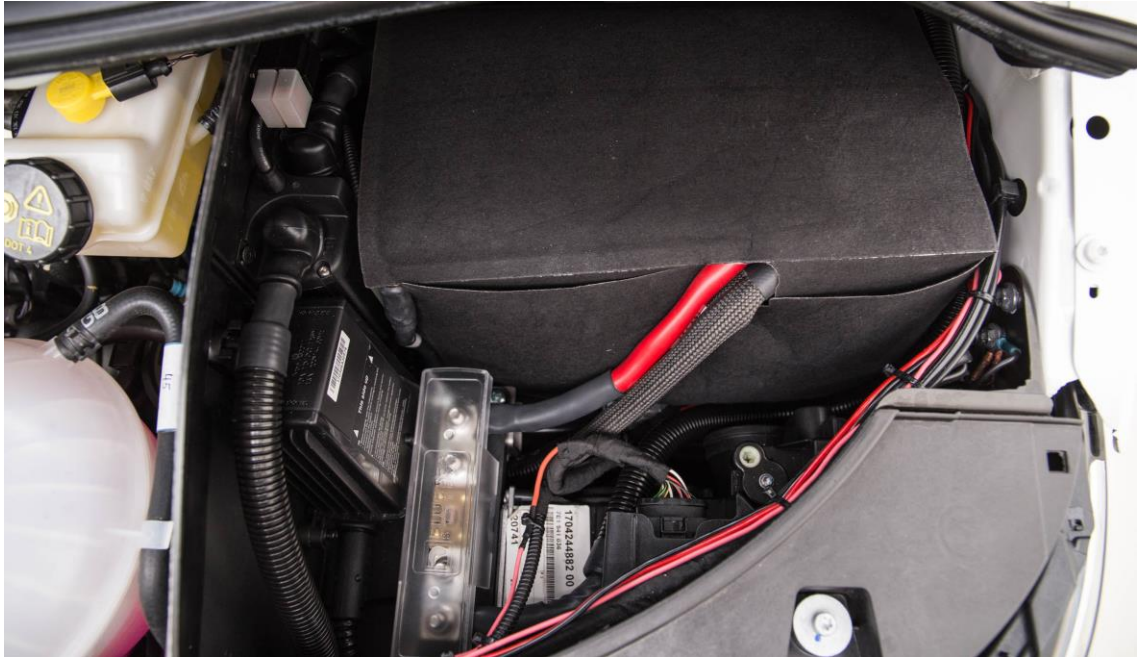
Autoa käytetään paljon apuvirran antamiseen. Toiveena oli, että apuvirran antoon tarkoitettut pistokkeet sijoitetaan auton eteen ja taakse, jolloin ei ole väliä kummin päin auto on virtaa annettaessa. Takapistokkeesta kuitenkin luovuttiin, koska virtakaapelina olisi täytynyt käyttää 70 mm²:n kaapelia, jonka reititys olisi tuonut haasteita. Pienemmällä kaapelilla jännitehäviöt olisivat kasvaneet liian suuriksi, koska matka on pitkä. Pistokkeena käytettiin 350 A:n apuvirtapistoketta, joka sijoitettiin etupuskuriin (kuva 12). Apuvirtapistoke kestää suuria virtoja (350 A jatkuvaa virtaa) ja on turvallinen käyttää.



Kuva 12. Apuvirtapistoke etupuskurissa

Solenoidi kytkettiin auton käynnistysakkuun, joka sijaitsee moottoritilassa. Akun ja solenoidin väliin kytkettiin 600 A:n sulake. Solenoidin ja sen sulakkeiden sijoitus osoittautui

hankalaksi, sillä akun ympäristössä ei ole paljoo tilaa (kuva 13). Kaapeleiden päät suojattiin kutistesukalla ja akkukengän suojuksilla sekä kaapelit muovisella haitariputkella. Solenoidille ja katkaisijalle menevien virtajohtimien sulakkeet sijoitettiin solenoidin yläpuolelle omiin sulakerasioihin. Johtimet reititettiin kojelaudassa olevalle katkaisijalle auton läpivientikummin kautta.



Kuva 13. Solenoidi, akkulaturi, käynnistysakku ja solenoidin sulakkeet

Solenoidia ohjataan ohjaamossa olevalla katkaisijalla (kuva 8). Katkaisijalle tulee virta akkujen erotusreleeltä. Kun auto on käynnissä, erotusrele vetää ja yhdistää akut rinnakkain, jolloin molemmat akut latautuvat ja katkaisijalle tulee virta. Tällöin apuvirtaa pystyy antamaan ainoastaan auton ollessa käynnissä, mikä ehkäisee akun tyhjentymisen apuvirtaa annettaessa. Lisäksi järjestelmään kytkettiin toiminto, jolla katkaistaan jännite apuvirtapistokkeelta, kun auto sammutetaan. Tämä toteutettiin pulssireleen avulla, joka saa 15-virran 15-virtareleeltä. Kun pulssireleen 15-virta katkeaa, se lähettää sekunnin mittaisen jännitepulssin katkaisijan "OPEN" johtimeen, jolloin virtapiiri aukeaa ja jännite katkeaa trukkipistokkeelta. Releiden kytkentäkaavio löytyy työn lopusta liitteenä 2.

Painettaessa katkaisijan "ON"- tai "OFF"-nappia, katkaisijalta solenoidille meneviin "CLOSE"- tai "OPEN"-johtimiin tulee hetkellinen tasavirta. Napit on suojattu liukukanella, millä estetään apuvirtapistokkeen jännitteen kytkeytyminen vahingossa. Katkaisijalle tulee tieto, kun solenoidi yhdistää ja silloin siinä palaa punainen valo.

5.4 Aluca-ajoneuvokalusteet

Huoltoautoissa ajoneuvokalusteet ovat suuressa roolissa. Ajoneuvokalusteita tekee useampi eri valmistaja, mutta tässä autossa haluttiin testata Aluca:n valmistamaa kalustetta. Kalusteen täytyy olla erittäin kestävä ja hyvin kiinnitetty kolariturvallisuuden vuoksi. Materiaalina käytetään alumiinia, joka on kevyt ja kestävä ja jolla on hyvä korroosiokestävyys. Kalusteet räätälöidään aina asiakkaan tarpeiden mukaan. Ne koostuvat erilaisista moduuleista, joita voidaan yhdistää toisiinsa. Valmistaja tekee kalusteista 3D-mallin, joka voidaan piirtää suoraan auton sisään. Näin varmistetaan, että mitat ovat oikeat.

Ennen kalusteiden asennusta osa auton tavaratilan matosta leikattiin pois. Tilalle tehtiin lattiavanerista lattia, johon laitettiin lyöntimutterit kalusteen kiinnitystä varten. Vaneri kiinnitettiin lattiaan Sikaflex®-252 -rakenneliimalla. Samaa liimaa käytettiin myös takaspoilerin liimauksessa. Sikaflex®-252 on yksikomponenttinen polyuretaaniliima, joka kovettuu ilmankosteudesta ja on kuivuttuaan elastinen. Se kestää suuria dynaamisia rasituksia, vaimentaa värinöitä sekä liimaa ja tiivistää luotettavasti erilaisia materiaalipintoja. [14]

Lattiavanerin päälle leikattiin urakumimatto. Kalusteen ja auton seinän väliin tehtiin väliseinä, joka verhoiltiin. Väliseinällä estetään tavaratilassa olevien tavaroiden päätyminen matkustamoon. Kalusteeksi valittiin toispuoleinen kaluste tavaratilan oikeaan reunaan (kuva 14). Alin laatikko avautuu täysimittaisesti, mikä helpottaa tavaroiden lastausta ja purkamista. Kalusteen viereen sen yläpuolelle kiinnitettiin 20 A:n sulakkeella olevat 12V:n pistokkeet akkuboostereille ja latureille. Pistokkeille tuotiin 2,5 mm²:n johdot käyttöakulta.



Kuva 14. Ajoneuvokalusteet, väliseinä ja tavaratilan muokkaus

5.5 Valaistus

5.5.1 Tavaratila

Tavaratilan kattoon sekä takaluukkuun lisättiin neljä pinta-asennettavaa LED-valoa. Takaluukun LED-valot (kuva 15) sijoitettiin mahdollisimman taakse, jotta ne valaisevat hyvin autoa lastattaessa. LED-valot kytkettiin siten, että ne palavat, kun takaluukku on auki ja sammuvat kun luukku on kiinni. LED-valojen ohjaukseen käytettiin relettä, joka saa ohjausvirran tavaratilassa olevan alkuperäisen valon plusjohtimelta. Plusjohtimen jännitettä säätelee auton sähköverkon ohjainlaite. Releen jatkuva virta tuotiin käyttöakulta ja se maadoitettiin alkuperäisen valon miinusjohtimeen, joka maadoittaa, kun takaluukku on auki. Ohjausjärjestelmän käyttöpaneelissa olisi ollut nappi sisävaloille, mutta todettiin, että valojen palaminen luukun ollessa auki on parempi ratkaisu.



Kuva 15. Takaluukun varoitusvalot ja LED-valot

5.5.2 Työvalot

Auton katolle sijoitettiin neljä LED-työvalotankoa (kuva 16), joita ohjataan käyttöpaneelista. Valoiksi valikoitui SAE PL-510 -työvalot, joissa on leveä valokuvio. Valoissa on 10 kpl 5 W:n Cree-ledejä, jolloin valon tehoksi saadaan 50 W. Valovirran suuruus on 3750 lm ja valoilla on IP68-luokitus. IP68-luokitus tarkoittaa, että valo on pölytiivis ja kestää jatkuvan upotuksen veteen. [15]

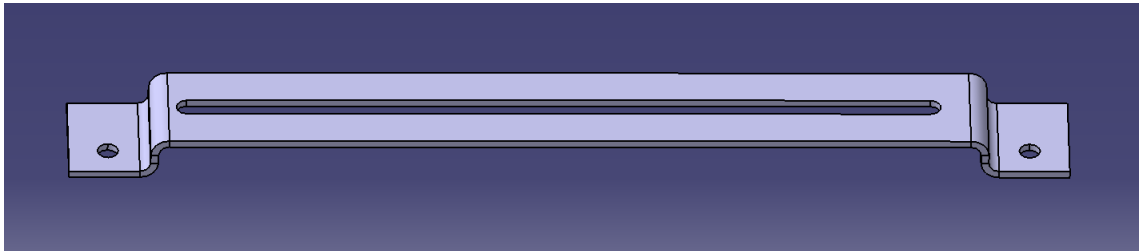


Kuva 16. LED-työvalot

Valovirta ilmaisee näkyvän valon säteilytehoa, jonka valolähde saa aikaan. Säteilyteho on painotettu suhteellisella silmäherkkyydellä. Valovirtaa käytetään siis ilmaisemaan

valaisimien valontuottoa ja arvioimaan niiden hyötysuhdetta. Valovirran yksikkönä käytetään lm. Hehkulampulle tyypillinen valovirta on 920 lm. [16]

Valoille suunniteltiin kiinnikerauta (kuva 17), joka upotetaan katossa olevaan uraan ja kiinnitetään kattokiskoille tarkoitetuilla auton pulteilla. Näin vältetään poraamista kattoon ylimääräisiä reikiä esimerkiksi niittimutterille. Kiinnikkeestä suunniteltiin universaali malli, johon voidaan kiinnittää erilaisia työvaloja. Sitä ei kuitenkaan valmistettu ajan puutteen vuoksi, vaan työvalot kiinnitettiin uraan rosterisilla kulmaraudoilla.



Kuva 17. Kiinnitysrauta työvaloille

Johtojen läpiviennissä käytettiin veneilykäytössäkin tuttua vesitiivistä TMC:n läpivientiä, joka sijoitettiin valon taakse. Läpivienti kiinnitettiin rosterisilla ruuveilla, reikä suojattiin primerilla ja tiivistettiin Würth Super RTV -silikonitiivistemassalla.

Würth Super RTV on neutraali oksiiimpohjainen silikoni, jolla on erinomainen kemiallinen kestävyys ja lämmönkesto. Sitä voidaan käyttää alueilla, jossa tiiviste on kosketuksissa nesteisiin. Ainetta on helppo levittää ja se tarttuu hyvin puhtaaseen ja kuivaan pintaan. Käytetään elastisena tiivistemassana teollisuudessa ja autoalalla. [17]

5.5.3 Lisävalo

Lisävaloksi valittiin 100W Seeker Venom -LED-paneeli. Valo on todettu hyväksi hintalaatusuhteeltaan ja se on edustavan näköinen. Asennuksessa käytettiin valmista lisävalon asennussarjaa. Ohjausjärjestelmän käyttöpaneelista puuttui katkaisija, joka muistaa tilansa virran sammussa, joten lisävalon nappi asennettiin mekaanisella katkaisijalla ja sijoitettiin kojelautaan.

Nykypäivänä lisävalojen upotukset ovat lisääntyneet. Asiakkaat ovat entistä kiinnostuneempia auton ulkonäöstä. Tässä autossa haluttiin kokeilla LED-paneelin upotusta

etumaskiin. Maskiin tehtiin valon kokoinen aukko ja se kiinnitettiin törmäyspalkkiin pulteilla (kuva 18).



Kuva 18. Seeker Venom -LED-paneeli

5.5.4 Varoitusvalot

Auton katolle sijoitettiin 142W 911 Signal -LED-majakkapaneeli (kuva 19), joka on muotoiltu matalaksi. Siinä on useita erilaisia vilkkumodeja. Paneeli kiinnitettiin kattoon neljällä niittimutterilla ja johdon läpiviennissä käytettiin samaa menetelmää kuin työvaloissa. Paneelia voidaan ohjata ohjausjärjestelmän käyttöpaneelista siten, että se vilkkuu itsestään, tai niin, että kaikki varoitusvalot vilkkuvat. Paneeliin on rakennettu sisäinen rele, jonka ansiosta valoa voidaan ohjata ohjausvirran avulla.



Kuva 19. Majakkapaneeli ja työvalot

Varoitusvaloja löytyy paneelin lisäksi etupuskurista, peileistä, takalasista sekä takaluukusta. Etupuskurissa ja takalasilla käytettiin pinta-asennettavia 911 Signal LED -varoitusvilkkuja. Takaluukun sisämuoviin ja peileihin upotettiin hälytysajoneuvoissakin käytettyjä Axitechin pyöreitä varoitusvilkkuja. Kaikki varoitusvalot synkronoitiin pareittain niin, että ne vilkkuvat samassa tahdissa.

Takaluukun sisämuovissa ja takalasilla olevat varoitusvalot (kuva 15) kytkettiin siten, että takaluukun ollessa kiinni, vilkkuvat lasilla olevat varoitusvalot. Luukun ollessa auki, lasin varoitusvalot sammuvat ja muovissa olevat varoitusvalot vilkkuvat. Kytkentä toteutettiin vaihtavalla releellä, joka sai jatkuvan virran Mini Service-ohjausjärjestelmästä. Releen maadoitus yhdistettiin tavaratilan alkuperäisen valon miinusjohtimeen ja ohjaus valon plusjohtimeen. Releen napa 87a yhdistettiin takalasin varoitusvaloille ja napa 87 takaluukun muovin varoitusvaloille. Varoitusvaloilla haluttiin varmistaa auton näkyvyys pimeässä luukun ollessa auki. Kytkennässä huomattiin, että takalasilla olevat varoitusvalot jäävät vilkkumaan himmeästi, vaikka ne oli kytketty pois päältä ja takaluukku oli kiinni. Tämän aiheutti tavaratilassa olevan hehkulampun maadoituksen ”haamujännite”, joka pääsi releen käämin kautta varoitusvaloille. Ongelma estettiin, kytkemällä diodi esto-suuntaan lampulta releelle päin, jolloin haamujännite ei päässyt releelle.

5.5.5 Askelmavalot

Liukuoven läheisyyteen sijoitettiin kaksi askelmavaloa. Toinen valo kiinnitettiin apukuskin penkin takapuolelle osoittamaan kynnystä. Liukuoven alapuolelle auton ulkopuolelle kiinnitettiin toinen askelmavalot (kuva 20), joka valaisee oven edustan. Liittiminä käytettiin vesitiiviitä putkijatkvoja ja johdon reititys kulki auton pohjamuovien alta apukuskin penkin alle. Valot syttyvät, kun liukuovi avataan. Ne saavat ohjauksen kynnyksellä olevalta alkuperäiseltä valolta.



Kuva 20. Askelmavalo

5.6 Muut varusteet

Muita asennettuja varusteita olivat

- työ-/peruutusvalot taakse
- takaspoileri
- peruutuskamera
- vetokoukku
- tavaratilan 12V-pistokkeet
- teippaus
- palosammutin
- takapuskurin RST-suoja
- matkustamon kumimatto
- istuinsuojat
- lasien tummennus.

Koko auto käsiteltiin KORREK PRO Ceramic TFC CURE -pinnoitteella, joka suojaa auton pintoja ja helpottaa puhtaanapitoa. Lisäksi takavalot koodattiin toimimaan valojen ollessa 0-asennossa.

6 Lopputulos ja johtopäätökset

6.1 Huoltoauto

Lopputuloksena syntyi SE Mäkinen käyttöön huoltoauto (kuvat 21 ja 22), joka varusteltiin monipuolisesti. Auto antaa hyvät valmiudet huoltotehtäviin, miehistönkuljetukseen ja edustuskäyttöön. Työssä keskitytään autoon asennettuihin uusiin varusteisiin, joista ei ole aiempaa kokemusta tai joiden asennustapa poikkeaa totutusta. Varusteiden kestävyys ja toiminta nähdään tulevaisuudessa, kun saadaan palautetta käyttäjiltä. Auto antaa arvokasta tietoa varusteiden toimivuudesta. Tiedon perusteella voidaan arvioida varusteiden asennuksien kannattavuutta asiakkaiden autoihin. Kokemusperäinen tieto tuo ammattimaisuutta ja parantaa luotettavuutta, mikä on tärkeää kilpailtaessa asiakkaista.



Kuva 21. Lopputulos edestä



Kuva 22. Lopputulos takaa

6.2 Johdinsarja- ja sähkösuunnittelu

Työn aikana syvennettiin johdinsarja- ja sähkösuunnittelun taitoja ja hankittiin suunnitteluun soveltuvat ohjelmistot. Ohjelmistoiksi valikoitui Autodesk Product Design & Manufacturing- kokoelma, joka sisältää mm. AutoCAD Inventorin ja Electricalin. Näistä Inventor on tarkoitettu 3D-suunnitteluun ja Electrical sähkösuunnitteluun. Työn sähkökaavio valmistettiin Electrical-ohjelmalla. Ohjelmat toimivat yhteistyössä, jolloin sähkökaavioita voidaan synkronoida suoraan 3D-malleihin. Molempiin ohjelmiin luotiin piirustusohjat ja yrityskohtaiset asetukset. Electricalin komponenttikirjastoa täydennettiin yrityksessä käytettävillä komponenteilla.

Ideana on, että jatkossa asiakkaille annetaan mukaan sähkökaaviot ja käyttöohjeet asennetuista varusteista. Tämä lisää käyttäjän tietoisuutta ja helpottaa mahdollisia korjaustoimenpiteitä.

6.3 Johdinsarjan valmistus

Autoon valmistettiin johdinsarja Mini Service-ohjausjärjestelmälle. Johdinsarjalla yhdistettiin järjestelmän käyttöpaneeli ja ohjausyksikkö sekä toteutettiin virransyöttö ohjausyksikölle. Johdotus ohjausyksiköltä toimilaitteille toteutettiin parikaapeilla ja yksittäisillä johtimilla. Johdinsarjan ja johtimien kuljetusreitit olivat tuttuja aiemmista projekteista. Valmistuksessa hyödynnettiin entuudestaan tuttuja komponentteja ja työkaluja.

Suunnittelussa tärkeimpinä parametreinä olivat komponenttien mitoitus, suojaus, liittintyytit, merkintä ja saatavuus. Mitoituksessa laskettiin johtimien jännitehäviöitä ja sulakkeiden kokoa, jotka ovat tyypillisiä asioita johdinsarjasuunnittelussa. Suojauksessa kiinnitettiin huomiota johdinsarjan sijaintiin ja rasitusasteeseen. Liitintyyppien valintaan vaikuttivat liitettävät komponentit, altistuminen kosteudelle ja irrotettavuuden tarve. Johtimet merkattiin mahdollisia korjaustilanteita varten. Työssä käytettiin komponentteja, jotka ovat helposti saatavilla.

Lopputuloksena syntyi valmis johdinsarja, joka todettiin toimivaksi. Järjestelmään liitettiin yhteensä 13 valoa, joita ohjataan käyttöpaneelilla tai releiden kautta.

6.4 Ongelmakohdat

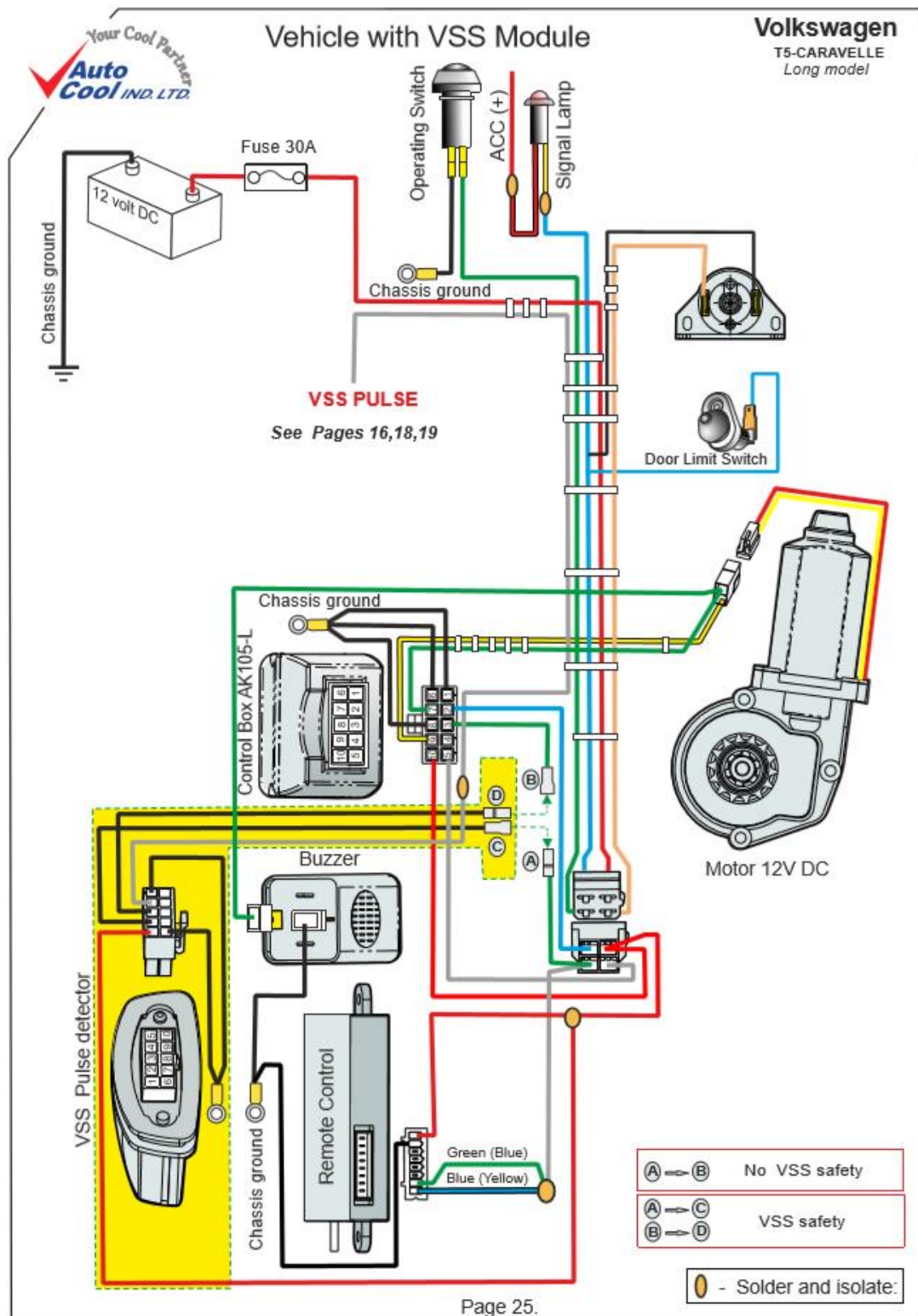
Varusteiden asennukset sujuivat pääosin hyvin. Ensimmäisten käyttökokemusten jälkeen kuitenkin huomattiin joitain ongelmia. Yksi niistä oli sähköisen liukuoven ketjun kiinnikkeen hankaaminen liukuovikiskon suojapeltiin. Asennussarjan valmistaja ei ollut huomionnut kyseistä asiaa riittävästi, ja kiinnikettä jouduttiin hiomaan pienemmäksi. Toinen ongelma liittyi auton matkustamon sisävaloihin. Varoitusvalojen releelle käytetty ohjaus alkuperäiseltä tavaratilan valolta saattoi sekoittaa auton sähkökeskuksen. Sähkökeskus ohjaa matkustamon alkuperäisiä sisävaloja, jotka saavat virran käynnistysakulta. Ongelmana oli, että matkustamon sisävalot saattoivat välillä vilkkua niiden ollessa päällä. Tähän ei vaikuttanut, oliko varoitusvalot päällä tai pois, jolloin voidaan todeta, että ongelma ei liittynyt sähkömagneettisiin häiriöihin. Ongelma esiintyi, vaikka käyttöakun akkukengät oli irrotettu. Varoitusvalot saivat virran käyttöakulta. Ongelma kuitenkin korjautui itseltään ja vika jäi mysteeriksi. Tästä opittiin, että valojen releiden ohjauksessa ei kannata käyttää auton alkuperäisiä valoja.

Lähteet

- 1 Historia. Verkkodokumentti. SE Mäkinen Logistics Oy. <<http://www.se-makinen.fi/fi/historia>>. Luettu 8.4.2018.
- 2 Weber, Julian. 2009. Automotive Development Processes. Heidelberg: Springer GmbH.
- 3 Bosch. 2008. Ajoneuvojen verkottuminen. Helsinki: Autoalan Koulutuskeskus.
- 4 Koivisto, Juha-Pekka; Mikkolainen, Pekka & Rantala, Jouko. 2012. Autotekniikka 5 Autosähkötekniikan perusteet. Helsinki: Otava.
- 5 Juhala, Matti; Lehtinen, Arto; Suominen, Matti & Tammi, Kari. 2005. Moottorialan sähköoppi. Helsinki: Autoalan koulutuskeskus.
- 6 Virtanen, Erkkä. 2012. Opinnäytetyö: Asennuskaapelit. Tampereen Ammattikorkeakoulu. <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/44049/Virtanen_Erkkä.pdf>.
- 7 Bosch. 2003. Autoteknillinen taskukirja. Helsinki: Autoalan koulutuskeskus.
- 8 Teknistä tietoa. Verkkodokumentti. Exide Technologies Oy. <http://exide.fi/wp-content/uploads/sites/15/2014/11/Exide_fi_Teknisk_info.pdf>. Luettu 17.4.2018.
- 9 ANL Fuse - 600 Amp. Verkkodokumentti. Blue Sea Systems. <https://www.blueseas.com/products/5161/ANL_Fuse_-_600_Amp>. Luettu 17.4.2018.
- 10 Fusetron™ 600V Class RK5. 2016. Verkkodokumentti. Eaton Power Quality Oy. <[http://www.cooperindustries.com/content/dam/public/bussmann/Electrical/Resources/product-datasheets-b/Bus_Ele_DS_1018_FRS-R\(65-600\)A.pdf](http://www.cooperindustries.com/content/dam/public/bussmann/Electrical/Resources/product-datasheets-b/Bus_Ele_DS_1018_FRS-R(65-600)A.pdf)>. Luettu 17.4.2018.
- 11 Mini Service-järjestelmä huoltoautoihin. Verkkodokumentti. Standby Oy Ab. <<http://www.standby.eu/fi/commercial/mini-service-control-system/>>. Luettu 2.4.2018.
- 12 Lönn Stefan. 2012. Mini Service-järjestelmän asennusohje. Asennuspöytäkirja.
- 13 ASD Automatic Sliding Door. 2016. Asennuspöytäkirja. Auto Cool Industries Ltd. Luettu 9.4.2018.

- 14 Sikaflex®-252 rakenneliima. Verkkodokumentti. Oy Sika Finland Ab.
<<https://fin.sika.com/dms/getdocument.get/1cc8ce1f-3e27-31ba-af68-c2e637cab37d/Sikaflex-252.pdf>> Luettu 8.4.2018.
- 15 IP Rating Chart. Verkkodokumentti. DSM&T Company Incorporation.
<<http://www.dsmt.com/resources/ip-rating-chart/>>. Luettu 11.4.2018.
- 16 Valovirta. Verkkodokumentti. Ensto Building Technology ja Tampereen ammatti-
korkeakoulu. <<http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/opintojak-sot/0705016/1228387313247/1228397989485/1228398034451/1228398095075.html>>. Luettu 11.4.2018.
- 17 Super RTV -silikoniliima ja tiivistysmassa. Verkkodokumentti. Würth Oy.
<https://eshop.wurth.fi/is-bin/INTERSHOP.enfinity/WFS/3106-B1-Site/fi_FI/-/EUR/ViewCatalog-Browse;pgid=QXj_KNZ3sBoYM52cj0GOG-BDp0000S3arENbA;sid=O2riZ6t5qBTwZ_GyDZz4uqRzR9xJD9fPkAlplwKz?CatalogCategoryRef=31063003070805%40WuerthGroup-Wuerth-3106&CatalogCategoryID=mpwKD92dgVMAAAFe4Zg7AN1F&SelectedFilterAttribut=%255B%255D> Luettu 9.4.2018.

Sähköisen liukuoven lohko-kaavio



[13, s. 25.]

Apuvirtapistokkeen releiden kytkentäkaavio

