

Emil Marttinen

Johtosarjan suunnittelu ja valmistus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Auto- ja kuljetustekniikka

Insinööriytyö

15.4.2018

Tekijä Otsikko	Emil Marttinen Johtosarjan suunnittelu ja valmistus
Sivumäärä Aika	25 sivua + 2 liitettä 15.4.2018
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Auto- ja kuljetustekniikka
Ammatillinen pääaine	Autosähkötekniikka
Ohjaajat	Lehtori Pasi Kovanen
<p>Tässä insinööriyössä suunniteltiin, valmistettiin ja dokumentoitiin uusi johtosarja Electric Raceabout -autoon. Uuden johtosarjan tarkoitus on korvata autossa jo oleva vanha johtosarja. Työ oli Metropolia Ammattikorkeakoulun projekti ja se alkoi syyskuussa 2016 suunnittelulla ja työn sisällön määrittelyllä.</p> <p>Insinööriyön raportissa käydään läpi mikä on johtosarja sekä kaikki siihen kuuluvat komponentit. Lisäksi tarkastellaan kunkin yksittäisen osan vaikutusta kokonaisuuteen sekä pyritään huomioimaan kuinka välttää suurimmat ongelmat valmistuksen ja toimivan tuotteen osalta. Teoriasta saa hyvän käsityksen siitä, mitä johtosarjan valmistus vaatii ja mitä pitää ottaa huomioon sen suunnittelussa.</p> <p>Työn tuloksena syntyi käsin valmistettu johtosarja ja dokumentointi Angelicaan. Se osoittaa, että yksittäisen johtosarjan voi valmistaa käsityökaluilla ilman teollisuustason työkaluja. Myös dokumentoinnin voi toteuttaa helposti saatavissa olevilla ohjelmistoilla.</p>	
Avainsanat	Johtosarja, E-RA, Angelica

Author Title	Emil Marttinen Design and Manufacturing of Wiring Harness
Number of Pages Date	25 pages + 2 appendices 15 April 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automotive and Transport Engineering
Professional Major	Automotive Electronic Engineering
Instructors	Pasi Kovanen, Senior Lecturer
<p>The objective of this Bachelor's thesis was to design and manufacture a new wiring harness for the Electric RaceAbout and document the process. The new wiring harness was meant to be replace the car's earlier wiring harness. The work was assigned by Helsinki Metropolia University of Applied Sciences and it began in September 2016 with designing and defining the work area. The objective was to complete the physical wiring harness before the end of January 2017, and after that write documentation on this project.</p> <p>This thesis explains the basics of designing a wiring harness, from choosing the components to finishing the manufacturing process. It also describes every element of the wiring harness and explains how these elements affect the complete wiring harness and how to avoid drawbacks when designing and manufacturing it. The thesis describes quite well what is included in designing and manufacturing a wiring harness.</p> <p>As a result of this thesis a hand-made wiring harness was built and the building process was documented. The thesis clearly explains that wiring harness can be made by hand-held tools on a table without any special equipment, and also that the documentation can be done with easily available and understandable programs.</p>	
Keywords	wiring harness, Electric RaceAbout, Angelica

Sisällys

Lyhenteet

1	Työn tarkoitus ja alueen rajaus	1
2	Suunnittelu	2
2.1	Mikä on johtosarja	2
2.2	Suunnittelun aloitus	3
2.3	Hinta	6
2.4	Ohjelmat suunnittelussa	7
2.5	CAN-väylä	8
3	Materiaalit ja komponentit	10
3.1	Moduulit ja virranjako	10
3.2	Johdot	13
3.3	Liittimet	15
3.4	Kiinnitys ja suojaus	16
4	Valmistus teoriatasolla	18
4.1	Aloitus	18
4.2	Kontaktit ja liittimet	19
4.3	Johtojen suojaaminen ja merkitseminen	20
5	Valmistus	20
6	Pohdintaa	23
	Lähteet	25

Liitteet

Liite 1. Angelican kytkentäkaavio

Liite 2. Ampseal kontaktien tekniset tiedot

1 Työn tarkoitus ja alueen rajaus

Tarkoituksena oli suunnitella uusi 12 V:n johtosarja Electric Raceaboutiin (jäljempänä E-RA). Tähän sisältyi johtosarjan komponenttien valinta, suunnittelu, valmistus, asentaminen autoon ja työn dokumentointi. Aivan ensimmäisissä suunnitelmissa oli vielä mukana korimoduulien ohjelmointi, mutta tämä jäi lopulta pois opinäytetyöstä johtuen liian suuresta työmäärästä.

E-RA on Metropolia ammattikorkeakoulun kehittämä ja Lappeenrannan teknillisen yliopiston kanssa yhteistyössä rakentama nelivetoinen sähköauto. E-RA esiteltiin yleisölle ensimmäisen kerran 2009, minkä jälkeen se osallistui Automotive X Prize -kilpailuun. Tämän jälkeen sillä on rikottu useita sähköautojen ennätyksiä; esimerkiksi 2012 se oli nopein sähköauto jäällä. (Tervola 2016.)

Auton jokaisella pyörällä on oma sähkömoottori suoravedolla, joita ohjataan neljällä taa-juusmuuntajalla. Kokonaisteho sähkömoottoreilla on 436 kW ja jatkuva vääntömomentti 1000 Nm. Vääntömomentti voi käydä kuitenkin hetkellisesti jopa 3000 Nm:n tasolla. Akkukapasiteetti on 55,4 kWh, jolla pystyy ajamaan noin 300 km:n matkan. Kiihtyvyys 0–100 km/h sujuu noin 6 sekunnissa ja paikoiltaan 200 km/h saavutetaan noin 14 sekunnissa, vaikka autolla on painoa lähes kaksi tonnia.



Kuva 1. Angelica valmiina julkaisutilaisuudessaan (kuva Emil Marttinen 2017)

E-RA:n vanha järjestelmä oli täysin toimiva, mutta se oli muuttunut sekavaksi ajan kuluessa sen saadessa päivityksiä. Lisäksi siitä ei ollut olemassa tarvittavaa dokumentointia tilaajan tarpeisiin. Samalla uusittiin vanhat korimoduulit ja muutettiin johtosarjan toimintaa enemmän väyläpohjaiseksi. Vanhat korimoduulit oli valmistanut suomalainen yritys nimeltään IWS International Oy. Kyseistä yritystä ei enää ole olemassa, joten korimoduulien uusiminen oli tehtävä pakon edessä. Tämä oli kuitenkin jo tiedossa työtä aloittaessa, joten siihen oli valmistauduttu. Uusiksi vaihtoehtoiksi valmistajina valikoitui Epec Oy ja Microteam Oy, kummatkin yritykset ovat täysin suomalaisia. Lopulta uudet korimoduulit päätettiin ottaa Microteamilta.

Auto nimettiin uudestaan Angelicaksi työn aikana. Aikataulu työlle oli jo valmiina tilaajan toimesta, tämä käytiin läpi projektin ensimmäisessä palaverissa. Auto tulisi lähtemään maaliskuussa 2017 asiakkaalle. Minun osuuteni työstä eli johtosarjan uusiminen tulisi olla valmiina tammikuun 2017 loppuun mennessä, jättäen näin aikaa korin viimeistelyyn. Aikataulu kuitenkin venähti kaikkien osa-alueiden osalta pidemmäksi ja Angelica julkistettiin (kuva 1) lopulta alkuperäisestä aikataulustaan myöhässä.

2 Suunnittelu

2.1 Mikä on johtosarja

Boschin autotekninen käsikirja luonnehtii johtosarjaa seuraavasti:

Johtosarjan tarkoituksena on jakaa virtaa ja signaaleja ympäri moottoriajoneuvoa. Johtosarjassa nykyaikaisessa keskiluokan autossa keskimääräisillä varusteilla varustettuna on noin 750 erillistä johtoa ja niiden yhteispituus on suurin piirtein 1500 metriä. (Automotive Handbook 2011: 1008.)

Johtosarjan voisi määritellä siten, että vähintään kaksi erillistä johtoa, jotka ovat kiinnitetty toisiinsa sekä edelleen kiinteästi jollekin alustalle ja joiden tehtävänä on kuljettaa sähköä joko virran tai signaalien muodossa. Tutustumme tässä työssä erityisesti ajoneuvoissa oleviin johtosarjoihin, mutta johtosarjan voi löytää vaikkapa jääkaapin sisältä.

Asennettavien johtojen määrä on ollut kovassa kasvussa viime vuosina erilaisten toimintojen yleistyessä keskiluokkaisessa autossa. Samalla kun uusien autojen kehitykseen käytettävä aika on lyhentynyt, ovat asiakkaiden vaatimukset laadun ja hinnan suhteen

vain kohonneet. Vaaditaan siis halvempia ja laadukkaampia tuotteita. Tämä lisää tarvetta tietokonepohjaiselle suunnittelulle. Tietokoneella simulointi on huomattavasti nopeampaa ja halvempaa verrattuna suunnitteluun paperilla.

Normaalisti ajoneuvokäytössä olevan johtosarjan voi jakaa kahteen hyvin erilaiseen osaan: voimansiirron johtosarjaan ja korin johtosarjaan. Korin johtosarja joutuu huomattavasti pienemmälle rasitukselle kuin voimansiirron johtosarja. Voimansiirron johtosarja moottorin ja vaihteiston ympärillä joutuu kestäämään tärinää, kuumuutta ja erinäisiä autossa esiintyviä aineita kuten öljyjä ja polttoainetta.

2.2 Suunnittelun aloitus

Alun perin tarkoituksena oli, ettei autoa enää rekisteröitäisi tiekäyttöön vaan siitä tehtäisiin enemmänkin vain näyttelyesine kiinalaisen AET Corporationin aulaan. Tämä suunnitelma olisi sallinut muotoilijalle hyvin vapaat kädet auton ilmeen toteuttamiseen; esimerkiksi auton valot olisi toteutettu vain ulkonäköä ajatellen. Suunnitelma muuttui tilaajan toimesta käytännöllisempään suuntaan, esimerkiksi autoon haluttiin täysin toimivat ajovalot. Tarkoituksena ei kuitenkaan ollut rekisteröidä autoa uudestaan tieliikennekäyttöön kummassakaan maassa vaan ainoastaan tehdä siitä käytännöllisempi sekä toimintoiltaan hieman enemmän oikeaa autoa muistuttava.

Työ alkoi vanhan johtosarjan pois purkamisella (kuva 2) sekä mahdollisimman tarkalla dokumentoinnilla. Autoon löytyi vanhan johtosarjan suunnitelmat sekä dokumentointi Excelillä. Valitettavasti ajan kuluessa suurinta osaa autosta oli muutettu, joten vanhoihin kuviin ei voinut luottaa. Mikäli jokainen muutos ajan kuluessa olisi päivitetty alkuperäisiin kuviin, olisi niitä pystynyt käyttämään hyödyksi. Vanhan toteutuksen dokumentointi suoritettiin samaan aikaan kuin muun auton sekä johtosarjan purkaminen.

Samalla selvitettiin mitä autoon oli asennettu ja mitä kaikkea siihen oli tarkoitus laittaa uudelleen kootessa. Vanha johtosarja säilytettiin vielä mahdollisimman ehjänä hallilla mahdollisten ongelmien selvittämiseksi. Vanhasta järjestelmästä jäi lopulta pois suhteellisen vähän kuten esimerkiksi Racelogic ja alustassa kiinni olleet jousituksen asentoanturit.

Uusia järjestelmiä sen sijaan tuli mukaan huomattavan paljon: mm. Bluetooth sekä mobiililaitteita että auton käyttöä varten, vahvistin äänentoistoa varten, kosketusnäyttö auton keskiliinjan ja monitoimiratti. Lisäksi vanhat ksenon projektorit korvattiin uusilla LED-projektoreilla sekä mittariston näyttöpaneeli korvattiin uudella.

Suunnitelmissa oli myös korvata normaalit sivupeilit kameroilla ja kahdella pienellä näytöllä. Kiinan lainsäädäntö ei kuitenkaan sallinut pelkkien kameroiden käyttöä. Myöskään kameran ja peilin kombinaatiosta ei olisi ollut hyötyä, joten kameroista luovuttiin lopulta kokonaan. Peruutuskamera jäi kuitenkin käyttöön. Siitä on huomattavaa apua auton peruuttamisessa, koska auton sisältä ei ole käytännössä näkyvyyttä taaksepäin. Tämän takakameran kuvan saa näkyviin keskikonsoliin sijoitetusta näytöstä.

Kuljettajalle yritettiin myös saada käyttöön HUD-näyttö eli Head Up Display. Siinä näytön kuva heijastetaan tuulilasiin. Näytöllä voidaan sitten esittää kuljettajalle tärkeitä tietoja, esimerkiksi ajonopeus tai akun varaus, eikä kuljettajan tarvitse irrottaa katsettaan tiestä. Tämä ei kuitenkaan onnistunut, sillä pakkausteknisesti kojelaudan sisäosat olivat lopulta liian täynnä tarvittavan asennuksen suorittamiseksi.



Kuva 2. Vanha johtosarja osittain purettuna auton keulalla (kuva Emil Martinen 2016)

Kun kaikki toimilaitteet ja kytkimet oli listattu paperille, alkoi niiden sijoittelu autoon. Tämän lisäksi ne jaoteltiin eri korimoduuleille yrittäen samalla pitää johtosarjan osat mahdollisimman yksinkertaisina.

En halunnut tehdä johtosarjasta yhtä isoa ja koko auton kattavaa nippua. Ensinnäkin sen valmistaminen olisi ollut erittäin haastavaa. Toisekseen sen asentaminen autoon olisi ollut lähes mahdotonta johtuen auton edestä taakse kulkevan kanavan pienestä koosta.

Lisäksi johtosarjan vioittuessa sen korjaaminen olisi huomattavasti haastavampaa kuin pienemmissä osissa olevan korjaaminen. Lisäksi piti ottaa huomioon, millaiseen ympäristöön kukin johtosarjan osa tultaisiin asentamaan. Tämä asetti vaatimuksia sekä liittimille että johtojen suojaukselle.

Johtosarjan osat tuli jaettua kullekin korimoduulille kuuluvaksi. Tämä päätös helpotti huomattavasti kunkin johtosarjan osan suunnittelua Excelillä. Vaihtoehtoinen tapa olisi ollut jakaa johtosarja auton eri osien mukaan, kuten matkustamo, takamoottoritila, etumoottoritila ja ovet. Tällä tavoin johtosarjan osien suunnittelu olisi vaatinut paljon enemmän aikaa sekä johtojen mitoittaminen olisi vaatinut enemmän tarkkuutta valmistusvaiheessa. Nyt kun osat oli jaettu kunkin korimoduulin alaisuuteen, ei tarvinnut kuin arvioida kullekin toimilaitteelle ja kytkimelle tarvittava johtopituus ja kytkeä ne toisesta päästä kiinni korimoduulin liittimeen. Näin johtonipuista saataisiin siistejä, kun niiden niputtaminen ja haaroittaminen voitaisiin toteuttaa autossa paikoillaan.

Suunnitteluun käytettiin aikaa ja päätökset auton toiminnoista lyötiin lukkoon ajoissa, mutta lisäyksiä auton sähköisiin toimilaitteisiin tuli käytännössä aivan auton valmistumiseen asti, vaikka tarkoituksena oli saada kaikki toiminnot listattua ennen johtosarjan valmistusta. Tämä aiheutti muutoksia jo osittain sekä jo kokonaan valmistettuun johtosarjaan.

Suunnittelun alkuvaiheessa jouduttiin määrittelemään virtoja kullekin toimilaitteelle. Tarkoitus oli pystyä tilaamaan johdot hyvissä ajoin. Vaikka kaikkea ei saatukaan mitattua etukäteen tai tarkastettua suoraan valmistajien teknisestä dokumentaatiosta, päästiin arvioimalla tarpeeksi lähelle. Lisäksi tehtiin hyvin karkea arvio tarvittavasta johtojen kokonaispituudesta. Tämän perusteella johtosarjaa varten tilattiin kokoja 0,5 mm², 0,75 mm², 1 mm² ja 1,5 mm². Suurinta kokoa tilattiin vain kahta väriä, kaikkia loppuja tuli enemmän. Useamman värin avulla on helpompi erottaa johdot toisistaan valmistuksen aikana. Lisäksi saman aikaisesti pystyy vetämään monta johtoa samaan paikkaan.

Toimilaitteissa valmiina oleviin liittimiin en pystynyt itse vaikuttamaan. Tosin suurin osa toimilaitteista oli suunniteltu ajoneuvokäyttöön, joten liittimet olivat soveltuvia ajoneuvokäyttöön. Toisaalta taas itse johtosarjassa sisäisesti osien välillä olevat liittimet olivat täysin itse valittavissa. Suurimmassa osassa liitoksia päädyin käyttämään Deutschin DT-liitintä sen varmasta toiminnasta ja tiivistetystä rakenteesta johtuen. Lisäksi oviin meneviin haaroihin lisäsin saranaa ennen AMPSeal 16 -liittimiä kaksi kappaletta kummallekin

puolelle. Kummankin itse valitun liitintyyppin IP-luokitus on 67, joka on vähintäänkin riittävä.

Alkuperäisenä ideana oli, ettei autoon tulisi yhtään perinteistä relettä vaan kaikki virranhallintaan liittyvät ratkaisut toteutettaisiin tehopuolijohteilla. Tämä olisi toteutettu käytännössä korimoduuleilla itsellään, niin sanottuna unitilana. Tällöin yksi moduuli olisi jäänyt hereille, pitäen virrankulutuksen parkissa mahdollisimman pienenä. Muut moduulit olisi ajettu uneen aina tilanteen sen salliessa ja tarpeen vaatiessa hereillä oleva moduuli olisi herättänyt muut moduulit toimintakuntoon.

Valitettavasti ohjelmisto unitilan suhteen oli vielä suunnittelu- ja toteutusvaiheessa toimimaton. Korimoduuleita ei siis pystynyt ajamaan tilaan, jossa niiden virrankulutus olisi ollut tarpeeksi pieni. Tästä syystä tilalle jouduttiin asentamaan perinteiset releet. Hereillä oleva korimoduuli voisi kytkeä kaikkien muiden korimoduulien virrat päälle.

2.3 Hinta

Johtosarjan valmistuksessa työn ja materiaalien osuus on noin 80 % kaikista kuluista (Ask & Laseter 1998). Oikeanlaiset työkalut säästävät paljon aikaa ja vaivaa, kun työ sujuu nopeasti ja tulee tehtyä kerralla oikein. Isompia sarjoja ei edes lähdetä tekemään ilman osaamista ja tarvittavaa laitteistoa. Yritykset, jotka ovat erikoistuneet johtosarjojen suunnitteluun ja tekoon, pystyvät tekemään helposti hyvinkin yksilöllisiä sarjoja. Käytännössä näin tapahtuukin, ja vain murto-osa valmistetuista sarjoista on samanlaisia.

Tämän työn aikana ei minulle ollut asetettu muita vaatimuksia, kuin että hinta pysyisi kohtuullisena. Mikä sitten on kohtuullista? Koska johtosarjalle ei ollut asetettu liian suuria vaatimuksia painon tai toimintavarmuuden suhteen, pystyin hyvin käyttämään normaaleja ajoneuvokäyttöön soveltuvia tuotteita. Tällaisten tuotteiden hinnat ovat hyvin kohtuullisia, jos niitä vertaa kilpailu- tai ilmailuteollisuuden käyttöön tarkoitettuihin tuotteisiin.

2.4 Ohjelmat suunnittelussa

Johtosarjan suunnittelu ja dokumentointi tapahtui käytännössä Excelillä ja Visiolla. Lisäksi suunnittelussa kokeiltiin apuna Zuken E3:a ja Catiaa. Näiden kahden ohjelman käyttö kaatui lopulta liian tiukkaan aikatauluun.

Catia on CAD-pohjainen (Computer Aided Design) suunnitteluohjelma. Sitä käytetään pääasiassa mekaanisten osien suunnitteluun ja valmistukseen. Samaan ohjelmaan sisältyy lisäosa, joka on tarkoitettu täysin johtosarjan suunnittelua varten. Käytännössä johtosarja piirretään 3D-muotoon jo valmiiksi suunnitellun auton koriin, jolloin saadaan erittäin tarkat pituudet johtosarjan valmistukseen. 3D-mallista voidaan sitten luoda tasolle piirretty 2D-malli.

Suunnittelu vaatii tietenkin, että auto on hyvin mallinnettu ja että kaikista toimilaitteista on mallit sijoitettuna autoon. Näillä lähtökohdilla voidaan aloittaa johtosarjan mallintaminen. Mallintaminen voitaisiin suorittaa jopa johdintasolla eli kaikki voitaisiin tehdä Catiilla. Tämä on kuitenkin hyvin paljon aikaa kuluttavaa sekä jopa hieman turhaa yksittäisen johtosarjan kohdalla. Tällaisessa työssä riittää hyvin, että komponenteista on luotu pakkausmallit. Näin kaikki suunnittelijat osaavat ottaa huomioon muiden komponenttien vievän tilan.

Mallintaminen Catiilla kaatui lopulta jatkuviin muutoksiin toimilaitteiden sijainneissa. Kuten työn aikana tultiin huomaamaan, osa toimilaitteista siirtyi vielä aivan auton valmistamisen aikoihin.

Catiilla suunnittelu on kannattavinta siinä kohtaa, kun on jo valmistettu yksi prototyyppi ja voidaan sanoa varmasti kaikkien komponenttien sijainnit. Tällöin pystyttäisiin helposti määrittelemään johtosarjan reitit ja oikea pituus. Näin voidaan minimoida johtohävikki määrittelemällä kunkin johtimen pituus erittäin tarkasti. Isossa mittakaavassa sillä voidaan päästä jo suuriin säästöihin.

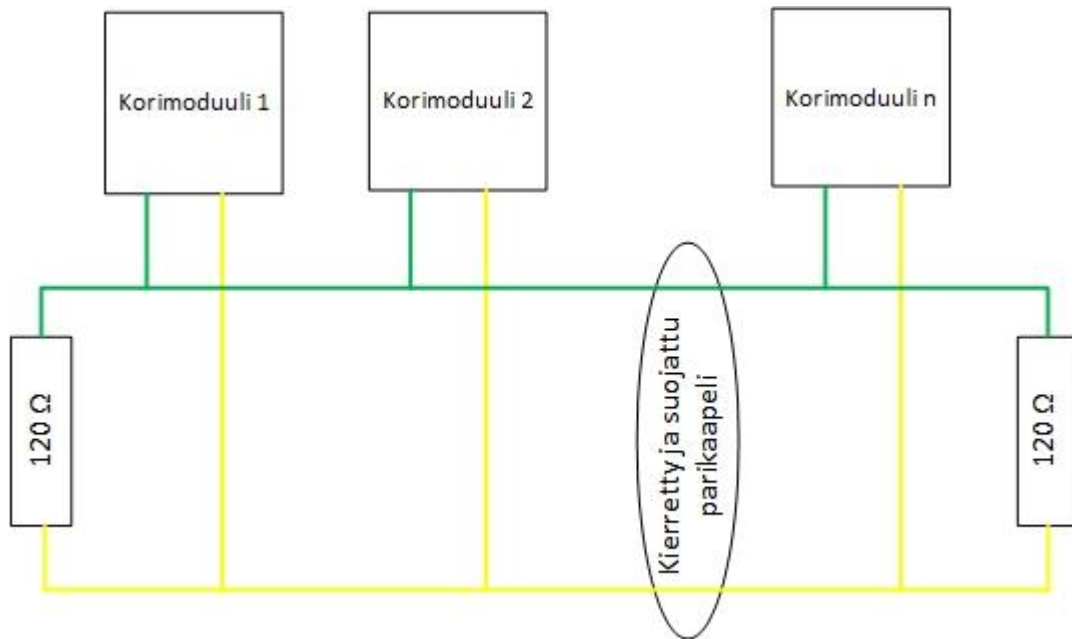
Zuken E3 on hieman eri lähtökohdasta toimiva ohjelma. Siinä suunnittelija tekee johtosarjan johdintasolla alusta alkaen ja lopulta luo siitä 2D-mallin. E3:lla saa luotua myös tarkat valmistuskuvat. Valitettavasti työlle varattu aika ei riittänyt ohjelman opiskeluun.

Lopulta kaikki johtosarjan osat tuli suunniteltua Excelillä. Vaikka Excel ei olekaan kaikin paras ohjelma tähän, sillä oli helppo luoda taulukot kullekin korimoduulin liittimelle ja määrittellä johtimien pituudet ja toiseen päähän tulevat toimilaitteet ja kytkimet. Jokaiselle korinohjainmoduulille luotiin oma välilehti, mihin kirjattiin kaikki johtimien väristä niiden pituuksiin. Näiden taulukoiden avulla johtosarjan valmistus on helppoa.

Visio on Microsoftin 2D-piirustusohjelma, jolla on helppo luoda yleismallisia kaavioita. Tässä insinööriyössä Visiolla luotiin johtosarjan valmistumisen jälkeen yksinkertaiset kuvat johtosarjan rakenteesta. Nämä antavat kuitenkin huomattavasti paremman kuvan johdotuksista, kuin mitä selittämällä olisi saanut aikaan. Visiosta minulla ei ollut hirveästi aikaisempaa kokemusta, mutta sen oppiminen oli hyvin helppoa. Visiolla luotiin kuvat jokaisen korimoduulin omasta johtosarjasta sekä yleiskuvat CAN-väylästä ja virransyötöstä.

2.5 CAN-väylä

CAN eli Controller area network on hyvin yleinen ja käytetty tiedonsiirron protokolla. Se sisältää sekä fyysisen että sähköisen rajapinnan tiedon siirtoon. Se otettiin käyttöön ensimmäisen kerran jo 1991 ja on ollut siitä asti hyvin vahvassa asemassa. Nykyään sen rinnalle on kehitetty ja otettu käyttöön huomattavasti nopeampia tiedonsiirtotapoja. Näitä ovat esimerkiksi MOST- ja FlexRay, jotka on kehitetty suurten tietovirtojen tarpeita varten. (Automotive Handbook 2011: 1071–1075.) Esimerkiksi videokuvan siirto vaatii tällaisen nopeamman väylän.



Kuva 3. Periaatekuva CAN-väylän rakenteesta (kuva Emil Marttinen 2018)

CAN-väylä koostuu fyysisesti kahdesta toisiinsa kierretystä johtimesta, joiden välinen resistanssi on noin 60Ω (kuva 3). Väylässä kulkevat viestit näkyvät kaikille siinä kiinni oleville laitteille. Laitteet on ketjutettu toistensa perään yhdeksi väyläksi. Sen kumpaankin päähän on asennettu 120Ω :n vastus, mistä syntyy väylän nominaaliresistanssi. Väylässä jokaisella viestillä on oma prioriteetti, minkä mukaan määräytyy viestien lähtöjärjestys. Kaikki väylässä olevat laitteet kuulevat jokaisen lähetetyn viestin, eikä yksittäistä tietoa tarvitse lähettää kaikille erikseen. Väylän nopeus voi olla 10 kbit/s tai jopa 1 Mbit/s .

Angelican väylän johdotukseen valittiin suojattua parikaapelia, jossa oli sekä folio että punottu sukka. Sukka maadoitettiin aina väylän päistä ja jatkettiin eteenpäin jokaisella liittimellä. Väylän liittiminä käytettiin Deutschin kolmella kontaktilla varustettua DT-liitintä. Liitin on käytännössä vakioitunut väyläkäyttöön raskaassa kalustossa kuten kuorma-autoissa ja työkoneissa. Tällä liittimellä saa sekä High- ja Low-johtimet että suojamaan jatkamaan liitoskohdan ohi.

Kaikki korimoduulit keskustelevat keskenään CAN-väylän välityksellä. Lisäksi korimoduulit keskustelevat ulkopuolisten laitteiden kuten latureiden ja kahden ElectroBitin kanssa, joista toinen on BMS:ää (Battery Management System) varten ja toinen hallitsee auton ajoa. CAN-väylä kulkee myös inverttereissä, mutta tämä väylä on vain EB ja inverttereiden välinen. Käytännössä näiden kahden väylän välisenä siltana toimi hereillä

oleva korimoduuli. Sen tehtävänä on välittää tarpeelliset tiedot väylästä toiseen, jättäen kaikki ylimääräiset viestit pois. Mikäli tällaista ei tehtäisi nousisi väylien kuormitus liian korkeaksi. Korimoduulien väylän nopeudeksi säädettiin 1 Mbit/s, joka on samalla CAN-väylän suurin mahdollinen nopeus.

CAN-väylään liitettyjä laitteita voi nimittää yleisesti korinohjain moduuliksi. Sen englanninkielinen nimi on node tai I/O-ECU eli Input Output Electronic Control Unit. Se kykenee nimensä mukaisesti ottamaan vastaan viestejä sekä lähettämään niitä ulos. Se sisältää aina jonkinlaisen suorittimen sekä mahdollisesti vahvistimen lähdöille ja ulostuloille. Se voi sisältää hyvin paljon laskentatehoa, tai se voi olla hyvinkin yksinkertainen. Tässä tapauksessa kutsumme näitä laitteita korimoduuleiksi, ja ne ovat Microteamin valmistamia.

3 Materiaalit ja komponentit

3.1 Moduulit ja virranjako

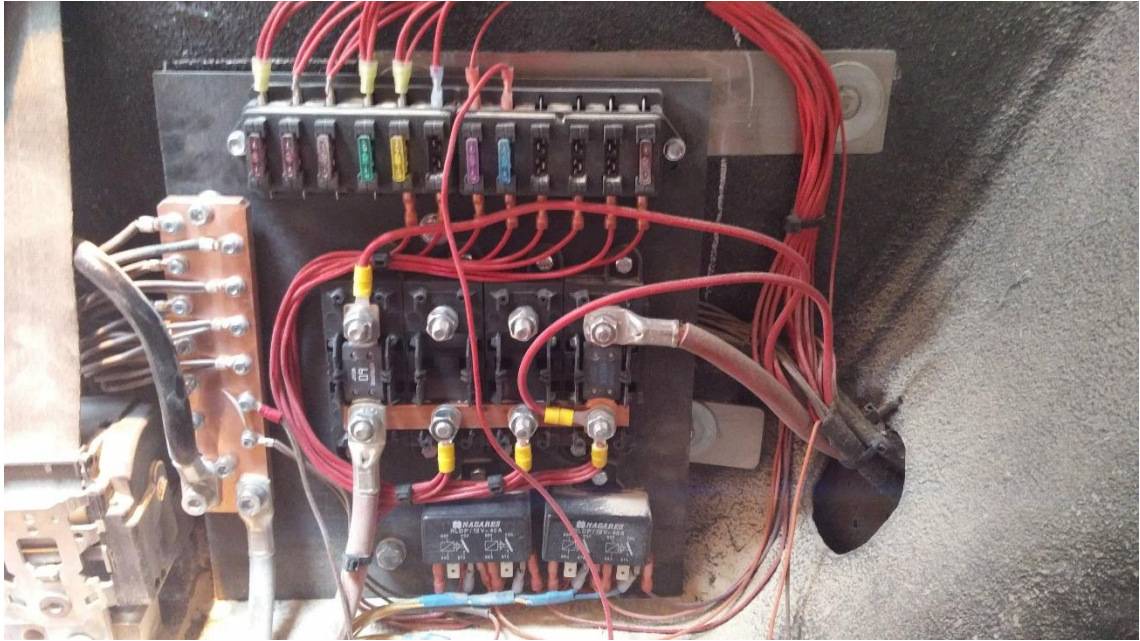
Korimoduuleiksi valittiin Microteamin valmistamat korimoduulit (kuva 4). Näissä oli etuna muihin vaihtoehtoihin nähden jokaisen lähdön toiminta PWM:llä sekä toteemipaaluna. PWM tulee sanoista Pulse Width Modulation eli suomeksi pulssinleveysmodulaatio. Toteemipaalu taas tarkoittaa, että lähtö voi toimia sekä positiivisella että negatiivisella puolella. Tämä tekee lähdöistä erinomaisia esimerkiksi ikkunan nostomoottorien ajamiseen, koska moottorin pyörimissuunnan muutos on erittäin helppo toteuttaa.



Kuva 4. Microteamin valmistama korimoduuli (kuva Sami Tirkkonen 2018)

Nämä korimoduulit on varustettu kahdella liittimellä, 23- ja 35-kontaktisilla AmpSealeilla. Suurempi on tarkoitettu itse moduulin sähköistämiseen, ja sen kautta saadaan myös käyttöjännitteet toimilaitteille. Saman liittimen kautta kulkevat myös kaikkien toimilaitteiden maat. Pienempi liitin on varattu anturoinneille sekä laitteen väylälle. Jokaisessa korimoduulissa on 15 kappaletta lähtöjä sekä yhdeksän sisääntuloa anturoinnille. Kutakin lähtöä voidaan kuormittaa 16 A, mutta kunkin moduulin läpi voi kulkea yhteensä vain 30 A.

Kullekin moduulille tarvitaan kolme käyttöjännitteen syöttöjohdinta. Kaksi näistä on suoraan lähtöjen virransyöttöä varten ja kolmas taas on logiikan virransyöttö. Kaikkien kolmen virransyöttö täytyy katkaista silloin, kun moduuli halutaan sammuttaa. Koska kokonaisvaatimus yksittäisen korimoduulin syöttöä varten on suurempi kuin yhdestä lähdestä saadaan ulos, ei hereillä olevalla korimoduulilla voida ajaa suoraan kuutta muuta korimoduulia. Tästä syystä hereillä oleva korimoduuli ohjaa kuutta erillistä relettä, jotka sitten syöttävät virtaa muiden korimoduulien logiikoille ja virransyötöille.



Kuva 5. Vielä keskeneräinen sulakeryhmä apukuljettajan penkin takana (kuva Emil Marttinen 2017)

Virransyöttö on jaettu kahteen eri paikkaan autossa. Ensimmäinen on takana takakontin sisäverhoilun sisäpuolella, sinne on sijoitettu kahden korimoduulin virransyöttö sekä sulakkeet käsijarrulle, BMS:lle, akkulatorille ja akun pääsulake. Toinen sulakekeskus on sijoitettu apukuljettajan penkin taakse (kuva 5) ja siellä on sulakkeet lopuille viidelle korimoduulille sekä lopuille autossa oleville laitteille, joita ei ajeta suoraan korimoduuleilta.

Autoon on sijoitettu 12 V:n toimilaitteita varten yksi huoltovapaa lyijyakku, joka on sijoitettu takakontin pohjalle verhoilujen alle. Lyijyakku ladataan Defan 12 V:n laturi, jonka nimellinen latausteho on 10 A. Tämä laturi toimii vain auton ollessa paikallaan ja latausjohdon ollessa kytkettynä. Se on teholtaan suurempi kuin normaali ylläpitolaturi, koska se joutuu usein syöttämään virtaa vesipumpuille ja puhaltimille ajoakun latauksen aikana. Muutoin olisi vaarana, että lyijyakku pääsisi tyhjenemään.

Auton keulalle on sijoitettu Brusan valmistama DC/DC-muunnin johon syötetään sisään jännite ajoakustolta ja sieltä saadaan ulos 12 V:n jännite. Tämä muunnin on toiminnassa vain, kun auto on ajotilassa eli korkeajännite kytkettynä. Koska auton laskennallinen maksimivirrankulutus on noin 100 A, riittää muuntimen suurin 120 A:n latausteho syöttämään auton järjestelmiä hyvin jättäen vielä varaa akun lataamiseen. Muuntimen ohjaus tapahtuu CAN-väylää pitkin.

3.2 Johdot

Johto koostuu kahdesta tekijästä: johtimesta ja sitä ympäröivästä kuoresta. Johtimen pinta-ala vaikuttaa siihen, kuinka paljon virtaa se kykenee kuljettamaan lämpenemättä liikaa. Pinta-alan valintaan vaikuttaa kaksi päätekijää, jotka ovat virta ja johtimen pituus. Sekä suuremmalla viralla että johtimen pituudella tulee kasvattaa johtimen pinta-alaa. Ohut johdin kasvattaa resistanssia ja tätä myöten jännitehäviötä toimilaitteelle. Ohut johdin myös lämpenee huomattavasti enemmän käytössä; liian suurilla virroilla se voi aiheuttaa jopa tulipalon. Liian kuumana käyvä johdin sulattaa ympärillään olevan eristeen mahdollisesti sytyttäen sen.

Johdin itsessään koostuu säikeistä. Mitä ohuempia säikeet ovat, sitä joustavampaa ja taipuvaisempaa johdin on. Jos säikeitä on vähän ja ne ovat erittäin paksuja, johdin ei jousta ja murtuu helposti taivuttaessa. Tallainen johdin ei käytännössä sovi tärinälle alttiiseen asennukseen ajoneuvoihin. Johtimen perusmateriaali on useimmiten kupari johtuen sen hyvästä sähkönjohtavuudesta. Kupari ei useinkaan ole täysin puhdasta vaan seostettua. Lisäksi johtimen kupariydin on voitu suojata tinauksella, jonka tarkoitus on estää kuparin hapettumista.

Kuori voi rakentua yhdestä tai useammasta kerroksesta, ja sillä on useita tehtäviä. Kuoren tärkein tehtävä on johtimen eristäminen sähköisesti, ja tämän lisäksi kuori suojaa itse johdinta ulkoisilta uhilta, kuten vedeltä ja öljyltä. Kolmantena tehtävänä kuoren väri toimii käyttäjälle merkintänä, ja näin johtojen erottaminen toisistaan on helpompaa. Eristeen materiaalit eroavat toisistaan useiden tekijöiden mukaan. Näistä tärkeimpiä ovat lämpötilan, jännitteen ja kulutuksen kesto.

Johtimen valinta tehdään aina käyttötarkoituksen mukaan. Eri tuotteiden vertaileminen on helpoin tehdä vertaamalla valmistajien teknistä informaatiota. Sinne on määritelty valmistajan toimesta rajat: maksimiarvot jännitteelle, virralle ja lämpötilalle. Lisäksi sieltä voi löytyä pienin asennussäde käytön sekä asennuksen ajaksi.

Koska kupari on sopivin materiaali johtimessa, varsinkin autokäytössä, valittiin se käyttöön myös tähän työhön. Kuparin resistiivisyys on $[\rho] 1,678E-8 \Omega m$. Kuparia parempi johdin olisi hopea $[\rho] 1,59E-8 \Omega m$, mutta sen hinta rajoittaa käyttöä hyvin rajusti. (Maol- taulukkokirja 2005: 93.) Johtimen resistanssi saadaan laskettua kaavalla 1, jossa $[\rho] \Omega m$ on resistiivisyys, $[l]$ m johtimen pituus ja $[A]$ mm^2 johtimen pinta-ala.

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad (1)$$

Pyrin pitämään jokaisella johtimella suurimpana jännitehäviönä 2 % eli $[U_{\text{häviö}}]$ 0,24 V. Kaavan 1 avulla voimme laskea jokaisen johtimen resistanssin. Nyt kun pystymme laskemaan johtimen resistanssin ja tiedämme nimellisen käyttöjännitteen $[U]$ 12 V, kykenemme laskemaan kaavan 2 avulla virran kullekin resistanssin arvolle. Näiden tietojen avulla pystymme myös luomaan taulukon, jonka avulla on helppo määrittää maksimivirta johtimen pituuden ja pinta-alan suhteella.

$$I = \frac{U_{\text{häviö}}}{R} \quad (2)$$

Taulukko 1. Maksimivirta 2 %:n jännitehäviöllä

A (mm ²)	l (m)						
	1	2	3	4	5	6	7
0,5	7,2	3,6	2,4	1,8	1,4	1,2	1,0
0,75	10,7	5,4	3,6	2,7	2,1	1,8	1,5
1	14,3	7,2	4,8	3,6	2,9	2,4	2,0
1,5	21,5	10,7	7,2	5,4	4,3	3,6	3,1
50	715,1	357,6	238,4	178,8	143,0	119,2	102,2

Taulukosta 1 näemme helposti, kuinka anturoinnissa voi käyttää huoletta 0,5 mm² johdinta, kun taas vähänkään enemmän energiaa käyttävät laitteet tarvitsevat heti suurempaa johdinkokoa. Suurimmassa osassa johtosarjaa johtojen pituudet pysyvät hyvin mallillisina noin 2–3 m, tällöin voimme helposti käyttää 1,5 mm²:n johdinta.

Ainoa sijainti, missä jännitehäviö kasvaa suuremmaksi kuin 2 %, on auton keulalle sijoitetuilla puhaltimilla. Näiden puhaltimien ottama virta maksimiteholla on noin 6 A, ja johdonpituus sulakkeelta korimoduulin kautta puhaltimelle on noin 6 m. Mikäli laskemme jännitehäviön näillä arvoilla, saadaan tulokseksi noin 4,8 %. Tätä tietysti kasvattaa liittimien resistanssi kontakteissa sekä puristuksissa. Vastavuoroisesti taas korimoduulille menee kaksi kappaletta johtimia virransyöttönä, jolloin osan matkasta johtimen pinta-ala on yhteensä 3 mm².

3.3 Liittimet

Liittimen pääasiallinen tarkoitus on luoda johtoon liitoskohta esimerkiksi toimilaitetta varten ja mahdollistaa johdon helppo irrotus ja takaisin liittäminen. Liitin koostuu aina vähintään kahdesta eri tekijästä: kontaktista ja liitinrungosta. Kontakti on sähköä johtavaa materiaalia, joka on liitetty puristamalla johtoon. Liitinrunko on sähköä johtamatonta materiaalia ja sen tarkoituksena on pitää liittimen kontaktit erillään toisistaan. Siihen sisältyy aina myös lukitus, jolla liitin ja sen vastakappale lukittuvat toisiinsa. Liitinrunko voi myös sisältää tiivisteiden pitäkseen veden ulkona, ja siinä on aina myös lukitus kontaktien paikallaan pysymistä varten.

Kontaktin on kyettävä luomaan varma ja kestävä liitos vastakkaisen kontaktin kanssa. Sen on kyettävä luomaan tämä kontakti vielä useiden kytkentöjen jälkeenkin. Kontaktin koko ja rakenne määrittää kuinka suuria virtoja se kykenee hallitsemaan. Sen koko myös määrää, minkä kokoisen johtimen siihen saa liittää.

Liittimien on oltava käyttötarkoitukseen sopivat sekä sähköisiltä että mekaanisilta ominaisuuksiltaan. Sähköisesti liittimen jännitteen kestävyys on oltava tarpeeksi korkea. Sen on kyettävä kestämaan tarvittava virta. Mekaanisesti sen on kestävä ympäristön rasitukset. Pyöränkoteloissa liittimen on oltava suojattu vedeltä; tätä ominaisuutta ei kuitenkaan vaadita auton sisälle tulevalta liittimeltä. Ajoneuvokäytössä liittimen on kestävä tärinää ilman pelkoa kontaktin pettämisestä. (Workmanship standard for crimping, interconnecting cables, harnesses, and wiring 2016.)

Microteamin korimoduuleissa liittiminä on TE Connectivityn Ampseal-liittimet 23- ja 35-kontaktin versiona. Liittimen suurimmaksi sallituksi virraksi on valmistaja ilmoittanut 17 A. Tämä riittää auton virtatarpeiden käyttöön erinomaisesti. Suurempi ongelma on se, että valmistaja on ilmoittanut kontaktiin liitettävän johtimen suurimmaksi pinta-alaksi 1,25 mm². Tämä on pienempi kuin käyttöön valittu 1,5 mm²:n johdin. Ongelmaa saattaa vielä kasvattaa johtimen ympärillä oleva eriste. Onnekseni 1,5 mm²:n johdin puristuu kontaktiin aivan yhtä tukevasti sekä asettuu liittimeen ilman ongelmia. (Liite 2.) Totesin vielä johtimien pysyvyyden kontaktissa käsin suoritetuilla vetotesteillä.

Ensimmäinen itse käyttööni valitsema liitin on saman valmistajan Ampseal 16 -liitin. Liittimen maksimivirrankesto on 13 A. Siinä on nimensä mukaisesti 16 kontaktia yhdessä liittimessä. Liittimestä on myös olemassa versioita pienemmällä kontaktimäärällä. Näitä

liittimiä jouduin käyttämään kaksi kappaletta kummallakin ovella. Liittimen kontaktit saa kiinnittää valmistajan teknisten tietojen mukaan jopa 2,0 mm²:n johtimeen. (Liite 2.)

Toinen valitsemani liitin on Deutschin DT-liitin. Se on hyvin yleisessä käytössä oleva liitin. Siitä on saatavilla runkokokoja kahden kontaktin versiosta jopa 12 kontaktin versioon. Nämä liittimet ovat täysin suojattuja vedeltä ja lialta, kunhan johdon kuori on oikean kokoinen liittimen tiivisteseeseen. Näiden kontaktien virrankesto on sama 13 A, kuin Ampseal 16 -liittimillä. Kontakteja on saatavilla kahdelle eri johdinkoolle. Pienempi on 0,5 mm²–1 mm² ja suuremman suunniteltu koko on 2 mm². (Liite 2.)

Valmistettavuuden kannalta on kätevämpää, jos voidaan käyttää samoja liittimiä mahdollisimman monessa paikassa. Tämä vähentää työssä tarvittavien työkalujen määrää sekä yksinkertaistaa työvaiheita. Tästä syystä olisin muuten käyttänyt samaa liittintä ovissa ja Microteamin korimoduuleissa, mutta Ampsealin isommasta liittimestä ei ollut saatavilla johdosta johtoon -versiota.

3.4 Kiinnitys ja suojaus

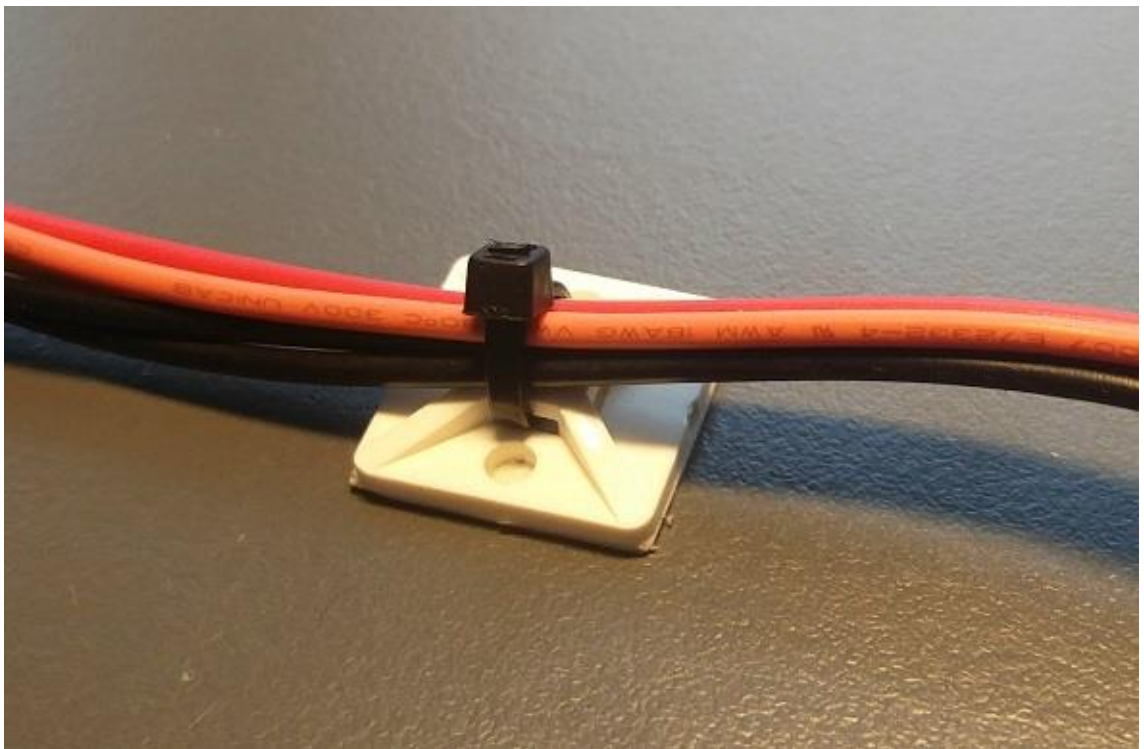
Johtosarjan osat on kiinnitettävä auton koriin, jotta ne eivät hankautuisi auton liikkuessa ja täristessä. Näin myös estetään johtosarjan aiheuttamia ääniä sen väristessä auton runkoa vasten. Kiinnitykseen on monia erilaisia tuotteita esimerkiksi liimattavia, reiän läpi pujotettavia ja pokkauksen reunaan asennettavia. Tärkeää on estää johtosarjan hankautuminen auton teräviä osia vasten. Osansa tästä tekee johtimien suojaus, mutta johtojen oikeaoppinen reititys ja kiinnitys ovat myös tärkeässä osassa. Johtonippua ei voi myöskään kiristää liian tiukoilla nippusiteillä autoon, koska tämä aiheuttaa johtimien hankautumista toisiinsa.

Suojaus voidaan jakaa kahteen osaan: mekaaniseen ja sähköiseen. Mekaaninen suojaus on käytännössä kulumista, hankaamista, lämpöä ja kemikaaleja vastaan. Sen tehtävänä on pitää sähköä johtavat johtimet sähköisesti eristettynä ja johtavina. Sähköinen suojaus on esimerkiksi suojaus liian suurta virtaa vastaan. Sähköiseen suojaukseen voidaan myös laskea EMC-suojaus (Electromagnetic Compatibility) eli suomeksi sähkömagneettinen yhteensopivuus. Tarkoituksena on, ettei laite tuota ympäristöön sellaista sähkömagneettista häiriötä, joka voisi häiritä muita. Lisäksi laitteen tulee kestää ja toimia

oikein, mikäli ympäristössä esiintyy pientä sähkömagneettista häiriötä. (Automotive Handbook 2011: 1014–1021.)

Angelicassa ei ole normaalia polttomoottoria kuumine osineen. Tästä syystä johtosarjan mitään osaa ei tarvitse suojata normaalia paremmin lämpötilalta. Lisäksi autossa ei esiinny vahvoja nesteitä kuten polttoainetta tai öljyä, mikä helpottaa johtojen suojausta. Suurimmat ongelmat voivat kuitenkin aiheutua auton sähkömoottoreista ja niiden mahdollisista EMC-häiriöistä. Tähän varautuneena väyläjohtimeksi valittiin punotulla suo-
jauksella varustettu parikaapeli.

Auton molemmat päävirtalähteet on suojattu pääsulakkeilla. Nämä on asennettu sekä akun plusnapaan, että DC/DC-muuntimen pluslähtöön. Tämän lisäksi jokaiselle korimoduulille lähtevä pienemmän virran lähtö on suojattu perinteisillä autoissa käytettävillä lat-
tasulakkeilla. Elektroniset korimoduulit sisältävät myös virran mittauksen sekä elektroni-
set sulakkeet. Nämä elektroniset sulakkeet ovat siitä erikoisia, että niillä on täysin me-
kaanista sulaketta vastaava laukaisukäyrä. Ne siis laukeavat sitä nopeammin, mitä suu-
rempi virta niiden läpi kulkee. Tämä toiminto on rakennettu komponentti- ja ohjelmisto-
tasolla.



Kuva 6. Johdinsideankkuri ja johdinside sekä kiinnitetyt johdot (kuva Emil Marttinen 2018)

Itse johtosarjat teipattiin kokonaisuudessaan Tesan valmistamalla kangasteipillä. Tätä teippiä on helppo käsitellä ja asentaa, minkä lisäksi se ei jätä liimajäämiä, jos sen joutuu poistamaan. Johtosarjojen kiinnityksen autoon päätiin toteuttaa pääasiassa johdinsiteillä ja johdinside ankkureilla (kuva 6). Näiden kiinnityspaikat piti sijoitella tarpeeksi tiheään, jotta johtosarja ei pääsisi hankautumaan mitään pintaa vasten. Näin pystyttäisiin välttämään suurimmat ongelmat tulevaisuudessa.

4 Valmistus teoriatasolla

4.1 Aloitus

Kun johtosarjasta on olemassa piirretty malli joko 2D- tai 3D- toteutuksella, sen avulla määritetään kunkin yksittäisen johtimen pituus. Johtimet leikataan joko koneellisesti tai käsin ja merkitään johtimen yksilöivällä merkinnällä. Tässä vaiheessa voidaan johdot kuoria ja kontaktit puristaa paikoilleen. Merkityt ja kontakteilla varustetut johtimet lajitellaan asennusjärjestyksen mukaan ja toimitetaan asennuspaikalle.

Tämän jälkeen johdot asetellaan niille valmistettuun sabluunaan. Sabluuna on levy, joka on täynnä reikiä sekä niihin sopivia tappeja, ohjaimia ja kiinnittimiä. Levy voi myös olla metallista, jolloin ohjaimet asennetaan siihen kiinni magneeteilla. Johtosarja tulee kulkemaan levyllä näiden ohjaimien välissä. Ne myös auttavat kertomalla, missä kohtaa kunkin haaroituksen tulee irrota päänipusta. Levyyn on myös merkitty kaikkien liittimien paikat sekä tarkasti, mikä liitin mihinkin tulee. Tällä tavalla toteutettuna voidaan valmistaa nopeasti ja suuria määriä laadukkaita johtosarjoja. Lisäksi yksittäisten johtosarjojen ei tarvitse olla täysin identtisiä, vaan kyseinen valmistusmalli sallii helposti eroavaisuuksia johtosarjoihin.

Samalla kuin johtimia asetellaan levyllä niille kuuluville paikoille, aletaan niitä kiinnittämään toisiinsa. Tässä vaiheessa ei kuitenkaan tehdä vielä lopullista niputusta, vaan ennemminkin varmistetaan johtojen pysyminen paikoillaan. On tärkeää, että kunkin johtonipun päähän jää tarpeeksi käsittelyvaraa liitinrunkojen kiinnitystä varten. Mikäli kontakteja ei ole vielä asennettu, täytyy niillekin jättää työskentelyvaraa. Toisaalta nipun täytyy olla tarpeeksi koossa, jotteivat sen haarojen ja liittimen paikat pääse liikkumaan.

4.2 Kontaktit ja liittimet

Kontaktien kiinnitys alkaa johtimen kuorinnalla. On erittäin tärkeää, että kaikki liitokset johtimien, kontaktien ja liittinrunkojen välillä onnistuvat. Kuoriessa onkin tärkeää huomioida, että johtimesta ei saa katkaista säikeitä, eikä kuorintatyökalu saisi raapia säikeiden pintaa. Tämä heikentää sen korroosionkestävyyttä sekä ohentaa tehollista pinta-alaa. Johdin on myös kuorittava oikealta pituudelta, jotta se sopisi kontaktiin valmistajan ohjeiden mukaan.

Kuorinnan jälkeen on kontaktien puristaminen eli ”crimppaaminen”. Pinnejä ja valmistajia on vaikka kuinka paljon, joten on tärkeää tarkistaa jokaiselle kontaktille oikea puristamistapa ja työkalu. Usein valmistaja antaa vielä kuvallisia esimerkkejä oikeista ja vääristä puristuksista. Kontaktia ei saa puristaa liikaa eikä liian vähän. Liikaa puristettu kontakti voi katkaista johtimen säikeitä, tai sen jalat voivat murtua. Liian löysälle jätetty puristus taas ei pidä johdinta paikoillaan, vaan johto pääsee liukumaan pois kontaktista.

Kontaktin koon on oltava oikea johtimelle ja lisäksi johtimen kuoren on sovittava kontaktiin. Joskus joutuu kuitenkin asentamaan väärän kokoisen johtimen kontaktiin, niin kuin jouduttiin tämän työn aikana tekemään useasti. Tällöin on kuitenkin varmistettava johtimen pysyvyys kontaktissa useilla testikappaleilla. Tässä tapauksessa johdin oli vain 0,25 mm² isompi kuin valmistajan ohjeistus. Liitokset myös näyttivät ulkoisesti samalle 1 mm²:n ja 1,5 mm²:n johtimilla. Lisäksi käsin johdinta ja kontaktia toisistaan irti vetämällä en havainnut eroa eri johtokokojen välillä.

Kontaktien asentaminen liittimen runkoon on tehtävä valmistajan ohjeistamalla tavalla. Toisinaan työ vaatii jotain erikoistyökalua, ja toisinaan taas johtimen ja kontaktin voi työntää käsin liittinrunkoon. Väärin suoritettussa asennuksessa voi jokin kontakti jäädä löysälle ja irrota mahdollisesti myöhemmin.

Mikäli asennuksessa pitäisi käyttää valmistaja ohjeistuksen mukaan työkalua kontaktin paikalleen painamiseen mutta asennus toteutetaan käsin johdosta työntämällä, on mahdollista, että johto pääsee taipumaan kontaktin juuresta. Tätä taipumaa tai mahdollista murtumaa ei aina voi havaita ulkoisesti tarkastelemalla, mutta se vaikuttaa ratkaisevasti johtimen ja liittimen välisen liitoksen kestävyYTEEN.

Lopuksi pitää varmistaa kontaktien pysyvyys liittimessä. Joissakin liittimissä kontaktit pitää vielä lukita paikoilleen erilaisilla salvoilla, jotta ne eivät pääsisi irtoamaan. Tämän lisäksi on hyvä vetää jokaista johdinta kevyesti ulos liitinrungosta. Näin saa itselleen varmuuden, että johdin on kunnolla kiinni kontaktissa ja kontakti liittimessä.

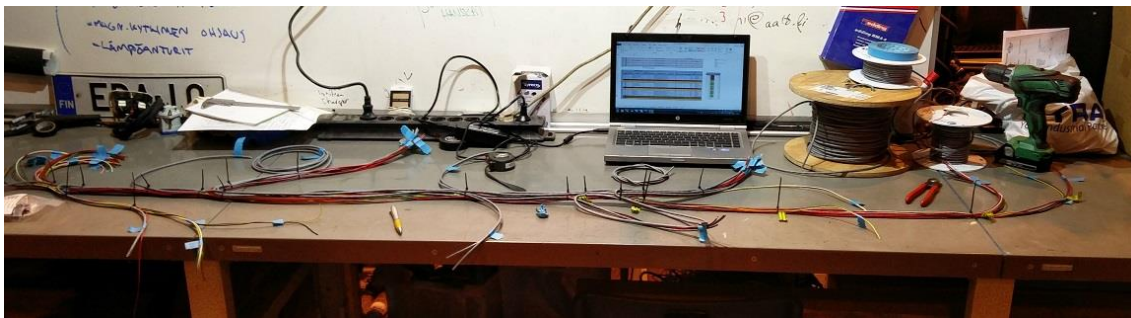
4.3 Johtojen suojaaminen ja merkitseminen

Lopuksi johtosarja suojataan ja sen haarat merkitään. Suojaaminen voidaan toteuttaa teippaamalla kangasteipillä, kuten tässä työssä. Kuitenkin jos tiedetään, että johtosarjan osa tulee märkään tai muuten kovalle rasitukselle, voidaan sen ympärille asentaa halki leikattu suojaputki. Tällainen suojaputki antaa huomattavasti paremman suojan kuin pelkkä nipun yhteen teippaaminen. Vielä parempi suojauksesta saadaan, kun yhdistetään kummatkin tavat eli teipataan nippu kokoon ja suojataan se vielä putkella. Joskus ei suojausta tarvita ollenkaan, vain nippu vain pidetään teipillä koossa. Tällainen tapa sopii hyvin ajoneuvojen sisään, missä ei ole pelkoa hankauksesta ja olosuhteet ovat muutenkin paljon suosiollisemmat.

5 Valmistus

Johtosarja päätettiin tehdä käsin pöydällä. Tämä on hyvin toimiva ja melko yleinen tapa, kun puhutaan yksittäisestä johtosarjasta. Vaihtoehtona oli valmistuttaa johtosarja ulko-
puolisella tekijällä. Ulkoistamalla valmistuksen olisi johtosarjan suunnitelman pitänyt olla valmis hyvissä ajoin. Lisäksi oli erittäin todennäköistä, että sitä olisi joutunut muuttamaan itse jälkikäteen. Lopulta johtosarja päätettiin valmistaa itse Metropolian projektihallissa.

Koska käytössä ei ollut toimivaa 3D mallia autosta en pystynyt määrittelemään johtimien pituuksia valmiiksi. Tästä syystä aloitettiin johtosarjan valmistus auton sisältä. Työ alkoi sijoittamalla autoon kustakin johtosarjan osasta pisimmät haarat ja merkkäämällä kuhunkin johtoon johtosarjan loput haarapaikat. Tietystikään kaikkia haaroja ei saatu merkittyä eikä varsinkaan niitä, jotka eivät haarautuneet pisimmän johtimen rinnalta. Tämän jälkeen johdot otettiin autosta pöydälle ja niihin alettiin lisäämään loppuja johtimia (kuva 7).



Kuva 7. Johtosarjan osa valmiina autoon sovitusta varten (kuva Emil Marttinen 2017)

Kunkin nipun kaikki päät merkittiin väliaikaisesti maalarinteipillä ja kynällä. Tämän jälkeen suoritettiin uusi sovittaminen autoon (kuva 8) johtimien ja haarojen oikean mitoituksen varmistamiseksi.



Kuva 8. Osien ja johtosarjan sovitusta auton keulalle (kuva Emil Marttinen 2017)

Kun kaikki johtosarjan johdot oli vedetty ja niputettu, aloitettiin korimoduulien puoleisten päiden kontaktien liittäminen. Tämä siksi koska kaikki johdot alkavat samasta kohtaa. Näihin päihin asennettiin Ampseal-liittimet. Korimoduuliin menee kaksi liittintä, joista ensimmäinen on 35-kontaktinen liitin ja toinen on 23-kontaktinen liitin. Isompi on ecun virransyötölle ja toimilaitteille, pienempi on taas väylille ja anturoinnille. Luonnollisesti tämän jälkeen kontaktit pujotettiin liittimiin oikeille paikoilleen. Tätä helpottamaan olin luonut Excel-taulukon, jossa on merkattuna jokaisen liittimen johdot. Kun ensimmäiset liittimet oli asennettu paikoilleen, teipattiin johtonippujen päärungot yhteen. Jokaiselle haaralle jätettiin kuitenkin vielä varaa siirtyä sekä eteen- että taaksepäin.

Kun kaikki seitsemän nippua olivat alustavasti valmiina ja varustettu liittimillä toisesta päästä, oli aika jatkaa sovitusta autoon. Tässä vaiheessa korimoduulit oli jo asennettu paikoilleen eli niiden paikat eivät enää tulisi muuttumaan. Liittimet liitettiin korimoduuleihin ja johtosarjat asennettiin paikoilleen. Reititykseen tuli vielä jonkin verran muutoksia, suurin osa oli kuitenkin reittiä parantavia. Samalla kohdistettiin haaroitusten paikat uudelleen ja varmistettiin johtojen pituuksien riittävyys. Lopuksi aloitettiin lopullinen teippaaminen. Tämän jouduttiin tekemään johtosarjojen sijaitessa niiden lopullisilla asennuspaikoilla. Ainoat paikat, jotka jätettiin suojaamatta teipillä, olivat saranapaikat kummastakin ovesta ja takaluukusta. Näin saatiin aikaan paremmin joustava nippu, joka tulisi kestämään huomattavasti enemmän taivuttelua.

Kumpaankin oveen päätettiin lisätä valmistusvaiheessa liittimet, jotta ovien irrottaminen olisi tulevaisuudessa helpompaa. Alkuperäiseen suunnitelmaan en ollut tätä jostain syystä lisätty. Nyt ovea irrotettaessa ei sitä tarvitse purkaa johtosarjan ulos pujottamista varten.

Aina ennen kuin sain johtosarjan päät valmiiksi, lisäsin sinne tulevalle toimilaitteelle tarvittavat kontaktit ja liittimen ja tämän jälkeen teippasin nipun loppuun. Kukin osa kiinnitettiin tukevasti paikoilleen johdinsiteillä ja liimattavilla johdinsideankkureilla. Joissain paikoissa, missä erilliset niput kulkivat samaan suuntaan, kiinnitettiin niput myös toisiinsa johdinsiteillä.

Vaikein osuus valmistuksen ja asennuksen osalta oli johtosarjan osa takaa eteen. Sen sijainniksi oli jouduttu valitsemaan auton oikeanpuoleinen kynnyskotelo. Koteloon oli olemassa jo valmiiksi aukot edellisen johtosarjan osalta. Aukkojen pieni koko ei kuitenkaan helpottanut asennusta yhtään. Lisäksi ei ollut mahdollisuutta niiden koon kasvattamiseen. Pujottaminen onnistui, kun käytti vanhoja johtoja apuna. Vaihtoehtoinen reitti taakse olisi ollut keskitunnelin päällä. Sen käyttäminen olisi ollut huomattavasti helpompaa, ja sen sisällä oli enemmän tilaa. Tätä samaa reittiä käyttivät kuitenkin jo valmiiksi auton inverttereiden syöttökaapelit. Näistä syöttökaapeleista tulee oletettavasti ajon aikana huomattava määrä EMC-häiriöitä. Häiriöiden välttämiseksi johtoja ei reititetty keskitunnelia pitkin auton takaa eteen.

Autoon tulleet ecut ohjelmoitiin Microteamin kehittämällä ohjelmistoympäristöllä. Käytännössä se oli vielä kehitysasteella ohjelmoinnin aloituksen aikana. Ohjelmointi tapahtui

käytännössä yhdistämällä eri toimintoja sisältäviä blokkeja toisiinsa. Aloitin itse ensimmäisten toimintojen ohjelmoinnin autoon. Huomasin kuitenkin nopeasti, että ohjelmointi tulisi viemään minulta aivan liian paljon aikaa. Johtosarjaa piti kuitenkin muuttella jatkuvasti ja autoon lisättiin vielä uusia toimilaitteita. Ajan säästämiseksi ohjelmointiin rekrytoitiin avuksi toinen henkilö.

6 Pohdintaa

Kokonaisuutena johtosarjan suunnittelu ja valmistus suoritettiin toivotulla tavalla ja onnistuneesti. Suurimmat ongelmat olivat aikataulussa pysyminen ja työn lopullinen dokumentointi. Johtosarjasta tuli kuitenkin täysin toimiva, ja se toteuttaa kaikki ne toiminnallisuudet, joita siltä vaaditaan.

Kaikkea pystyy aina parantamaan, eikä tämä työ tee poikkeusta sääntöön. Kuten jo aikaisemmin mainitsin, oli pääasiallisena ongelmana aikataulussa pysyminen. Alkuperäinen aikataulu oli liian kireä suunnittelun ja toteutuksen läpivientiin. Kahden hengen tiimillä olisi aikataulussa pysyminen ollut huomattavasti helpompaa johtosarjan osalta. Tällöinkin olisi suunnittelu pitänyt viedä läpi erittäin nopealla aikataululla, jotta toteutukselle olisi jäänyt mahdollisimman paljon aikaa. Lisäksi kaikkien materiaalien tilaukset olisi pitänyt toteuttaa heti suunnittelun jälkeen, mielellään samaan aikaan suunnittelun kanssa. On hyvin mahdollista, että toimittajalla on ongelmia saada juuri tarvittavaa tuotetta toimitettua tai toimitusaika venyy jostain muusta syystä. Tällöin käy usein niin, että koko projekti jää odottamaan jotain yksittäistä osaa.

Toinen suuremmista ongelmista liittyi johtosarjojen dokumentointiin. Dokumentointi toteutettiin tällä kertaa Excelillä ja Visiolla. Tämä on täysin toimiva tapa, kun puhutaan yksittäisestä ja pienestä johtosarjasta. Olisi kuitenkin huomattavasti käytännöllisempää, mikäli käytössä olisi ohjelmisto, joka on tarkoitettu kyseiseen työhön. Tällä tavoin myös asiakkaalle saataisiin nopeammin ja siistimmät dokumentit johtosarjasta. Lisäksi piirroksot ja johtosarjan kuvat ovat nyt täysin vapaalla kädellä piirretyt. Tämä voi vaikeuttaa niiden lukemista ja ymmärtämistä. Pidänkin tätä suurimpana syynä ammattimaisen ohjelman käyttöönottoon.

Edellä mainittujen suoranaisten ongelmien lisäksi muuttaisin useampaa muutakin asiaa valmistuksen ja suunnittelun suhteen. Johtosarjaa ei kannata tehdä modulaarisena jakaen sitä kullekin korimoduulille omaksi. Näin tehtynä varsinkin auton sisäpuoleisesta osasta tuli hyvin rikkonaisen oloinen johtuen siitä, että johtonippuja kulkee useita erillisiä. Rakenteesta olisi tullut huomattavasti siistimpi, mikäli sen olisi toteuttanut yhtenäisenä nippuna. Tällöinkin johtosarja olisi voitu jakaa helposti osiin eri alueiden välille. Tästä hyvänä esimerkkinä toimivat kummatkin ovet, joiden johtosarjan osista tuli erittäin siistit. Vaikkakin kokonaisen johtosarjan tekeminen olisi ollut haastavampaa, näkisin itse sen hyödyt kuitenkin haittoja suurempina. Näin johtosarjan osien määrä olisi laskenut nykyisestä kymmenestä kappaleesta kuuteen tekemättä samalla liian isoja osia.

Liittimien määrä kannattaa aina pitää mahdollisimman pienenä, koska liitos hajoaa aina helpommin kuin yhtenäinen johto. Lisäksi liitos aiheuttaa resistanssin kasvua, joka johtaa tehohäviöön ja lämpöön. Ja jos ottaa huomioon valmistuksen kustannukset ja aikataulun, voi yksittäisen liittimen vaikutus olla huomattava. Johdosta johtoon kulkevaan liittimeen täytyy kuitenkin aina liittää kontaktit liittimen kummallekin puolelle. Kun tällaisia liitoksia aletaan lisäämään jokaiseen valmistettavaan johtosarjaan, ei enää puhuta mistään pienestä kustannustekijästä.

Johtosarjan tekeminen itse ei loppujen lopuksi ole kovin vaikeaa. Jos puhuttaisiin yhdestä pienikokoisesta ajoneuvosta, kuten Angelica, niin voisin tehdä sen uudestaan samalla tavalla kuin nyt. Jos taas joutuisin tekemään useamman tai huomattavasti suuremman johtosarjan kuin nyt, haluaisin muuttaa toteutustapaa yllä mainitsemissani tavoilla.

Lähteet

Ask Julie A. & Laseter Timothy M. 1998. Cost Modeling: A Foundation Purchasing Skill. Verkkojulkaisu, <<https://www.strategy-business.com/article/9625?gko=ba075>>. Luettu 21.3.2018.

Automotive Handbook. 2011. Robert Bosch GmbH. Eglanti, West Sussex: John Wiley & Sons Ltd.

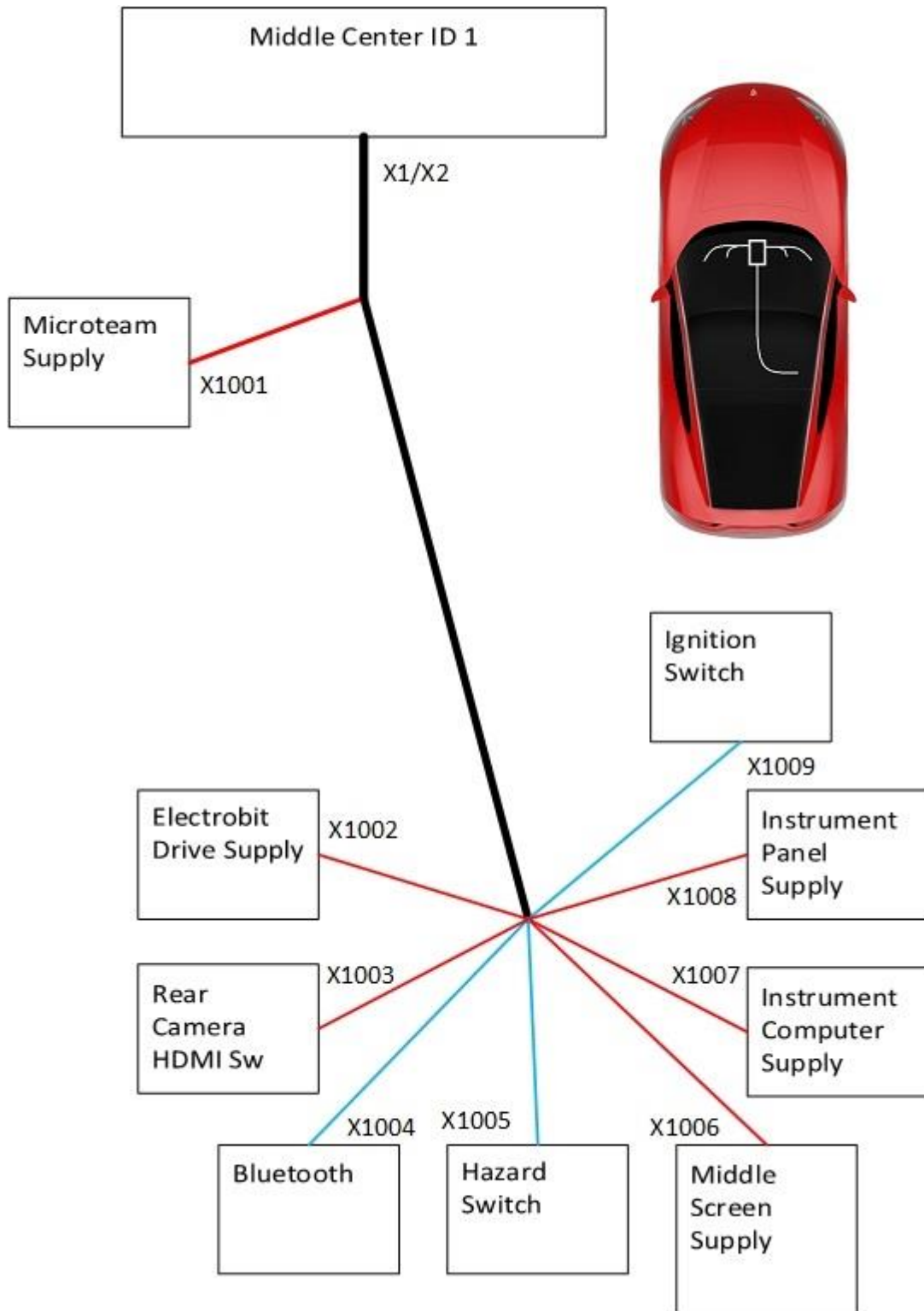
Maol-taulukot. 2005. Matemaattisten Aineiden Opettajien Liitto MAOL ry. Helsinki: Otava.

Tervola Janne. 2016. Tekniikka & talous. Metropolia suomalainen superauto Electric Raceabout – tällainen se on. Verkkodokumentti, <<https://www.tekniikkatalous.fi/tekniikka/metalli/metropolian-suomalainen-superauto-electric-raceabout-tallainen-se-on-6604412>>. Luettu 21.3.2018.

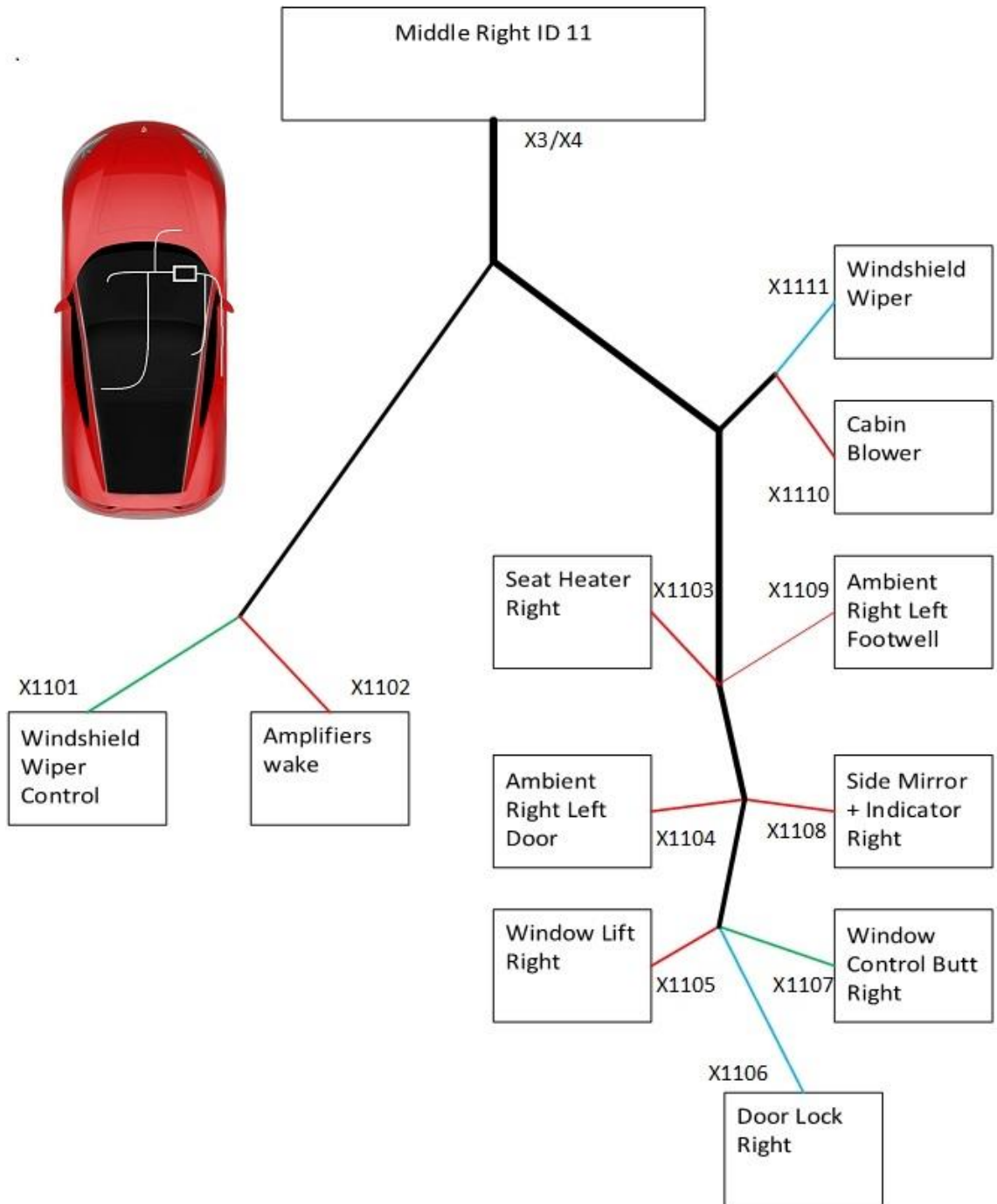
Workmanship standard for crimping, interconnecting cables, harnesses, and wiring. 2016. Nasa. Verkkodokumentti, <<https://standards.nasa.gov/file/2615/download?token=jqZ-qz2k>>. Luettu 21.3.2018.

Angelican kytkentäkaavio

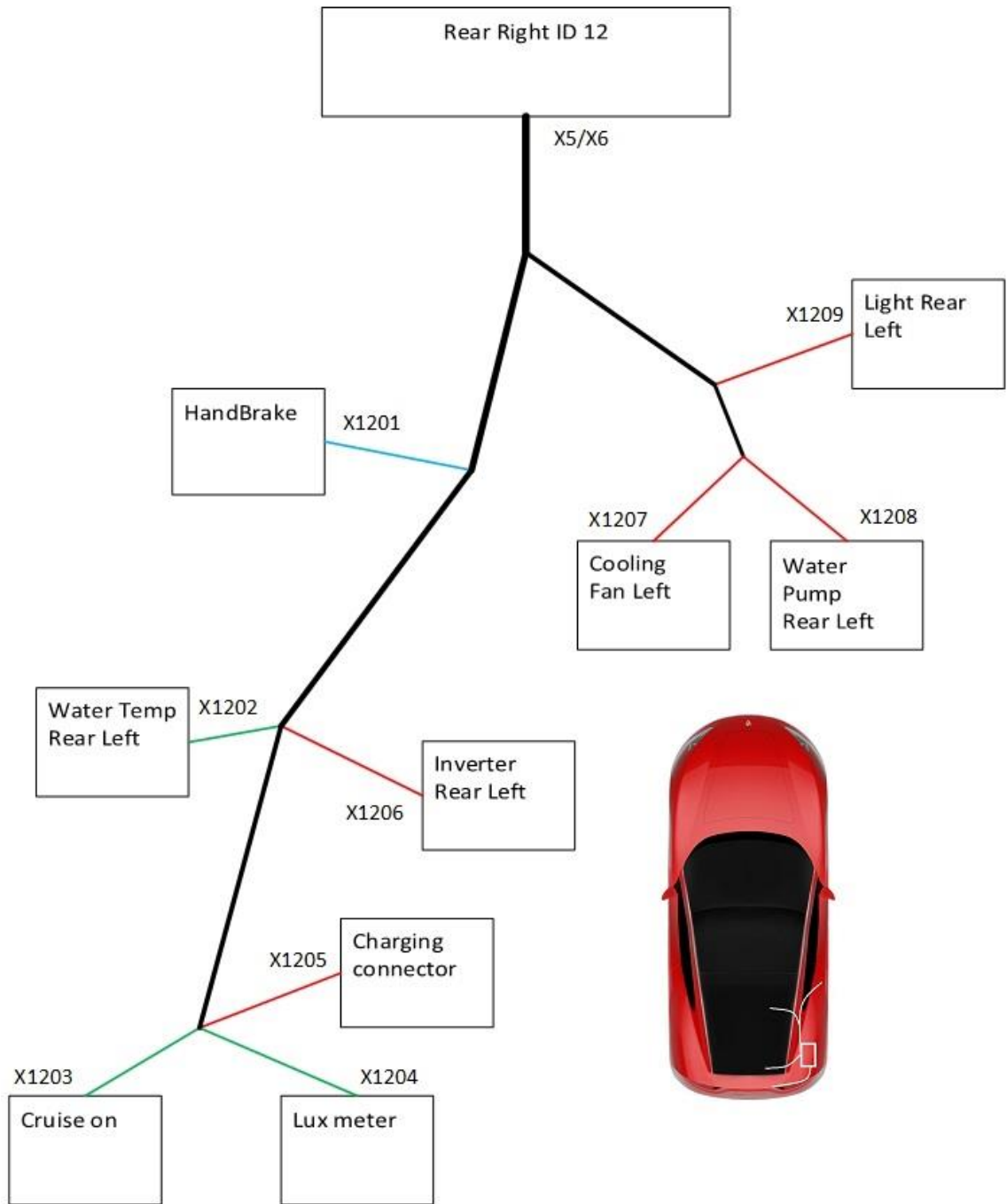
1	Type	Function	Connector	Wire size (mm ²)	Wire colour
X1.1	out	ElectroBit Drive	X1002	0,75	Red
X1.2	GND	ElectroBit Drive	X1002	0,75	Black/Grey
X1.3	out	Rear Right Supply	X1001	0,5	Yellow
X1.4	GND				
X1.5	out	Rear Left Supply	X1001	0,5	White
X1.6	GND	Rear Supply	X1001	0,5	Green
X1.7	out	BMS Supply	X1001	0,5	Red
X1.8	GND				
X1.9	out	Middle Right Supply	X1001	0,75	Violet
X1.10	GND				
X1.11	out	Middle Left Supply	X1001	0,75	Pink
X1.12	Vio	Power supply		1,5	Red
X1.13	aa	Middle screen	X1006	0,75	Pink
X1.14	GND	Middle screen	X1006	0,75	Black/Grey
X1.15	out	Instrument panel	X1008	0,75	Orange
X1.16	GND	Instrument panel	X1008	0,75	Black/Grey
X1.17	out	Instrument computer	X1007	0,75	Purple
X1.18	GND	Instrument computer	X1007	0,75	Black/Grey
X1.19	VLogic	Logic power supply		1	Red
X1.20	GNDpwr	Power GND		1,5	Brown
X1.21	GND				
X1.22	GNDpwr	PowerGD		1,5	Brown
X1.23	Vio	Power supply		1,5	Red
X1.24	out	Ignition SW LED	X1009	0,5	Yellow
X1.25	GND	Ignition SW GND	X1009	0,5	Black
X1.26	out	Hazard light switch led	X1005	0,5	Red
X1.27	GND	Hazard light switch led	X1005	0,5	Black
X1.28	out	Front Right Supply	X1001	0,75	Orange
X1.29	GND				
X1.30	out	Front Left Supply	X1001	0,75	Red
X1.31	GND				
X1.32	out	Rear camera HDMI switch	X1003	0,5	Black/Yellow
X1.33	GND	Rear camera HDMI switch	X1003	0,5	Black/Brown
X1.34	out	Middle screen backlight PWM	X1006	0,5	Red
X1.35	GND				
X2.1	REF out				
X2.2	in	Ignition SW	X1009	0,5	White
X2.3	in	BT door open	X1004	0,5	Yellow
X2.4	in	BT stop charge	X1004	0,5	Red
X2.5	in	Charge CP		0,5	Red
X2.6	CAN1-H	CAN-bus		0,5	Twisted
X2.7	ID-1	Connect to ID-2	X2	0,5	White
X2.8	ID-2	Connect to ID-1	X2	0,5	White
X2.9	GND	BT GND	X1004	0,5	Black
X2.10	GND	Brake pedal GND		0,5	Black
X2.11	GND	Emergency switch gnd		0,5	Black
X2.12	GND				
X2.13	CAN1-L	CAN-bus		0,5	Twisted
X2.14	ID-3				
X2.15	ID-4				
X2.16	in	Brusa in charge mode		0,5	Green
X2.17	in	BT Lights	X1004	0,5	White
X2.18	in	Hazard light switch	X1005	0,5	White
X2.19	in	BT Tailgate open	X1004	0,5	Green
X2.20	in	BT Close	X1004	0,5	Black/Yellow
X2.21	CAN2-H				
X2.22	CAN2-L				
X2.23	ID-5				



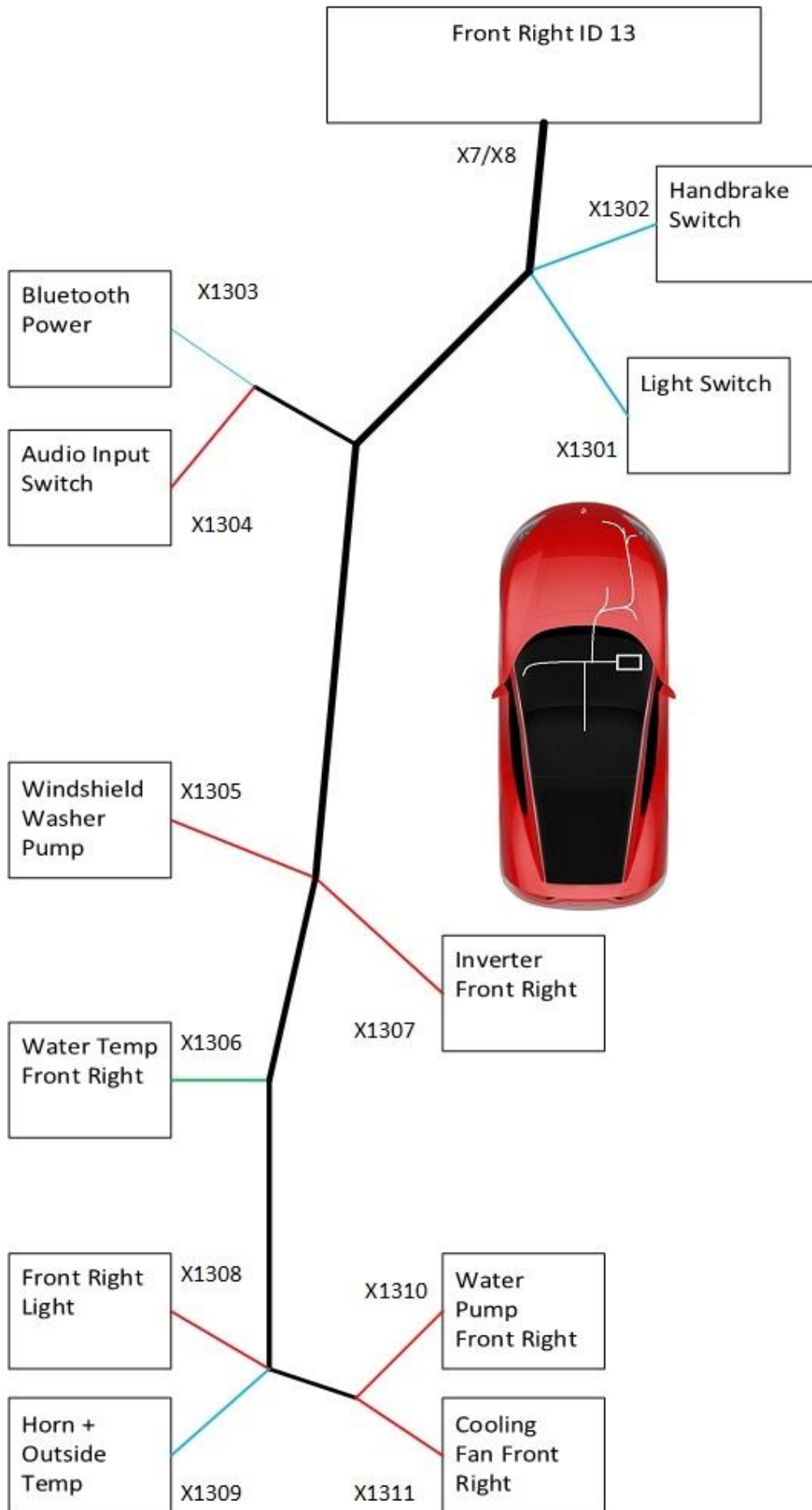
11	Type	Function	To connector	Wire size (mm ²)	Wire colour
X3.1	out	Window lifter Right - Up	X1105	1	Red
X3.2	GND				
X3.3	out	Window lifter Right - Down	X1105	1	Yellow
X3.4	GND				
X3.5	out	Door lock Right	X1106	0,75	Orange
X3.6	GND				
X3.7	out	Door lock Right	X1106	0,75	Brown
X3.8	GND				
X3.9	out	Ambient light door Right	X1104	0,5	Red
X3.10	GND	Ambient light door Right	X1104	0,5	Black
X3.11	out				
X3.12	Vio	Power supply		1,5	Red
X3.13	out	Ambient light inside Right	X1109	0,5	Red
X3.14	GND	Ambient light inside Right	X1109	0,5	Black
X3.15	out	Right side Indicator	X1108	0,75	Pink
X3.16	GND	Right side Indicator	X1108	0,75	Black/Green
X3.17	out	Seat Right	X1103	1,5	Red
X3.18	GND	Seat Right	X1103	1,5	Brown
X3.19	VLogic	Logic power supply		1	Red
X3.20	GNDpwr	Power GND		1,5	Brown
X3.21	GND				
X3.22	GNDpwr	PowerGD		1,5	Brown
X3.23	Vio	Power supply		1,5	Red
X3.24	out	Windshield wiper	X1111	1	Yellow
X3.25	GND	Windshield wiper	X1111	1	Black
X3.26	out	Window control led	X1107	0,5	Red
X3.27	GND	Window control led	X1107	0,5	Black
X3.28	out	Amplifiers wake	X1102	0,75	Orange
X3.29	GND	Amplifiers wake	X1102	0,75	Brown
X3.30	out	Cabin Blower	X1110	0,75	Orange
X3.31	GND	Cabin Blower	X1110	0,75	Brown
X3.32	out	MirrorHeater ?	X1108		Pink
X3.33	GND				
X3.34	out	Window control switch led	X1107		
X3.35	GND				
X4.1	REF out				
X4.2	in	Window control up Right	X1107	0,5	Black/Yellow
X4.3	in	Window control down Right	X1107	0,5	Black/Brown
X4.4	in	Windshield wiper Drizzle speed	X1101	0,5	Red
X4.5	in		X1101	0,5	White
X4.6	CAN1-H	CAN-bus		0,5	Twisted
X4.7	ID-1	Connect to ID-2	X4	0,5	White
X4.8	ID-2	Connect to ID-1	X4	0,5	White
X4.9	GND	Window control	X1107	0,5	Black
X4.10	GND	Windshield wiper/washer control	X1101	0,5	Black/Brown
X4.11	GND	Door lock position	X1106	0,5	Green
X4.12	GND	Windshield wiper reed switch	X1111	0,5	Black/Yellow
X4.13	CAN1-L			0,5	
X4.14	ID-3	Connect to ID-4	X4	0,5	White
X4.15	ID-4	Connect to ID-3	X4	0,5	White
X4.16	in	Windshield wiper speed	X1101	0,5	Yellow
X4.17	in			0,5	Black/Yellow
X4.18	in	Door Position	X1106	0,5	Yellow
X4.19	in	Door lock position	X1106	0,5	White
X4.20	in	Windshield wiper reed switch	X1111	0,5	Yellow
X4.21	CAN2-H				
X4.22	CAN2-L				
X4.23	ID-5				



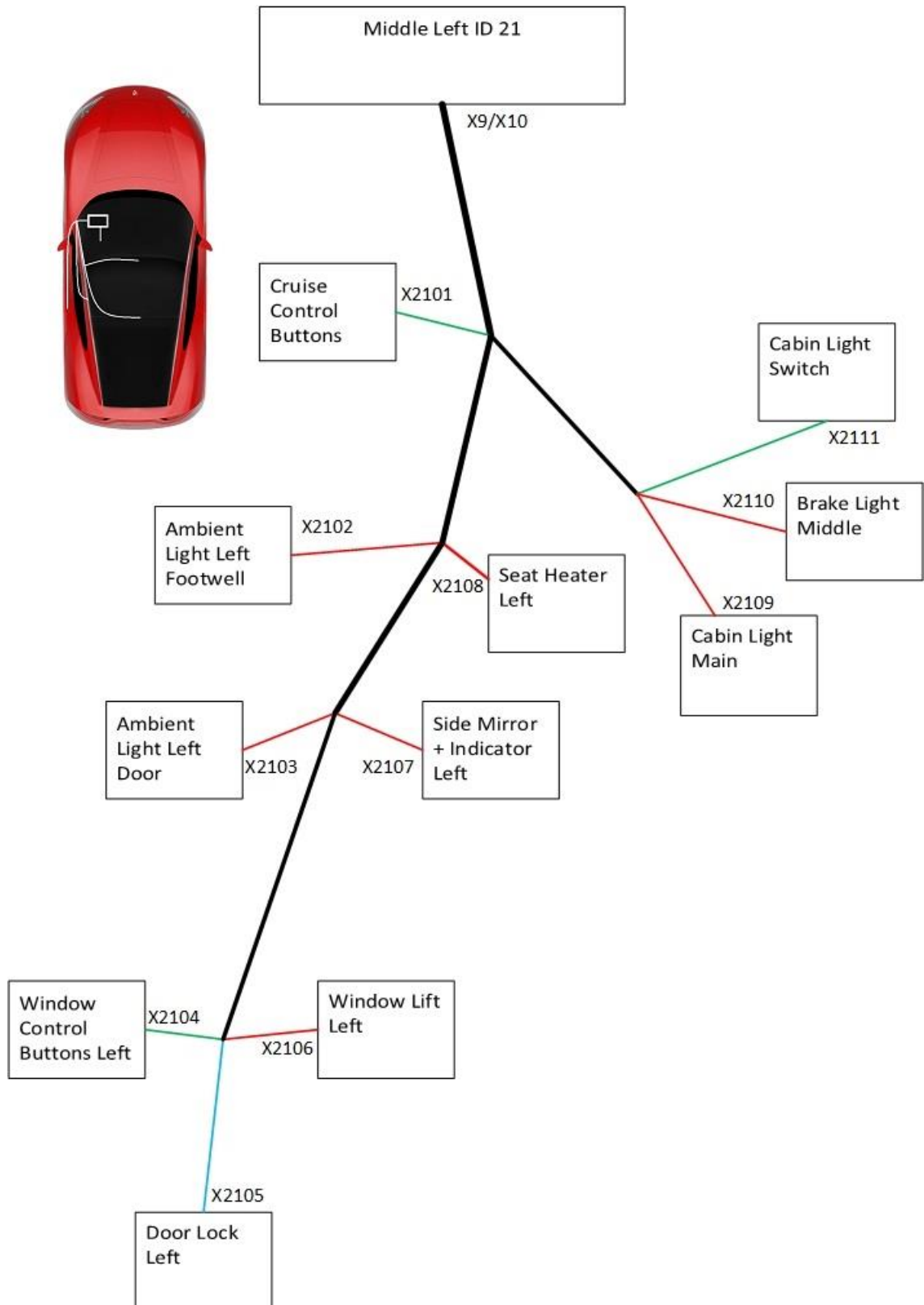
12	Type	Function	Connector	Wire size (mm ²)	Wire colour
X5.1	out	Fan Right	X1207	1	Red
X5.2	GND	Fan Right	X1207	1	Black
X5.3	out	Water pump Right	X1208	0,75	Orange
X5.4	GND	Water pump Right	X1208	0,75	Black/Grey
X5.5	out	Indicator RR	X1209	0,5	Red
X5.6	GND	Indicator RR	X1209	0,5	Black
X5.7	out	Park & Brake light RR	X1209	0,5	White
X5.8	GND	Park & Brake light RR	X1209	0,5	Black/Brown
X5.9	out	Inverter Right	X1206	1	Red
X5.10	GND	Inverter Right	X1206	1	Black
X5.11	out	Parking light RR	X1209	0,5	Yellow
X5.12	Vio	Power supply		1,5	Red
X5.13	out	Charge LED Red	X1205	0,5	Red
X5.14	GND	Charge LED	X1205	0,5	Black
X5.15	out	Charge LED Green	X1205	0,5	Green
X5.16	GND				
X5.17	out	Revese Light	X1209	0,5	Red
X5.18	GND	Revese Light	X1209	0,5	Black/Yellow
X5.19	VLogic	Logic power supply		1	Red
X5.20	GNDpwr	Power GND		1,5	Brown
X5.21	GND	Parking light RR		0,5	Green
X5.22	GNDpwr	PowerGD		1,5	Brown
X5.23	Vio	Power supply		1,5	Red
X5.24	out	Handbreak Open - High Side	X1201	0,5	Yellow
X5.25	GND				
X5.26	out	Handbreak Open - Low Side	X1201	0,5	Black/Yellow
X5.27	GND				
X5.28	out	Handbreak Close - High Side	X1201	0,5	Red
X5.29	GND				
X5.30	out	Handbreak Close - Low Side	X1201	0,5	Black/Brown
X5.31	GND				
X5.32	out	Mennekes Pulg Lock	X1205	0,5	Yellow
X5.33	GND				
X5.34	out	Mennekes Pulg Unlock	X1205	0,5	Black/Yellow
X5.35	GND				
X6.1	REF out	Handbrake force		0,5	Green
X6.2	in	Water temp Right	X1202	0,5	Yellow
X6.3	in	Handbrake force	X1201	0,5	White
X6.4	in	Ground Fault Detector (Bender IMD)		0,5	Yellow
X6.5	in	Mennekes lock status	X1205	0,5	White
X6.6	CAN1-H	CAN-bus		0,5	Twisted
X6.7	ID-1	Connect to ID-3	X6	0,5	White
X6.8	ID-2	Connect to ID-4	X6	0,5	White
X6.9	GND	Water temp	X1202	0,5	Green
X6.10	GND	Handbrake force	X1201	0,5	Black
X6.11	GND	Lux meter	X1204	0,5	
X6.12	GND				
X6.13	CAN1-L	CAN-bus		0,5	Twisted
X6.14	ID-3	Connect to ID-1	X6	0,5	White
X6.15	ID-4	Connect to ID-2	X6	0,5	White
X6.16	in	Lux meter	X1204	0,5	
X6.17	in				
X6.18	in				
X6.19	in				
X6.20	in	Cruise off	X1203	0,5	
X6.21	CAN2-H				
X6.22	CAN2-L				
X6.23	ID-5				



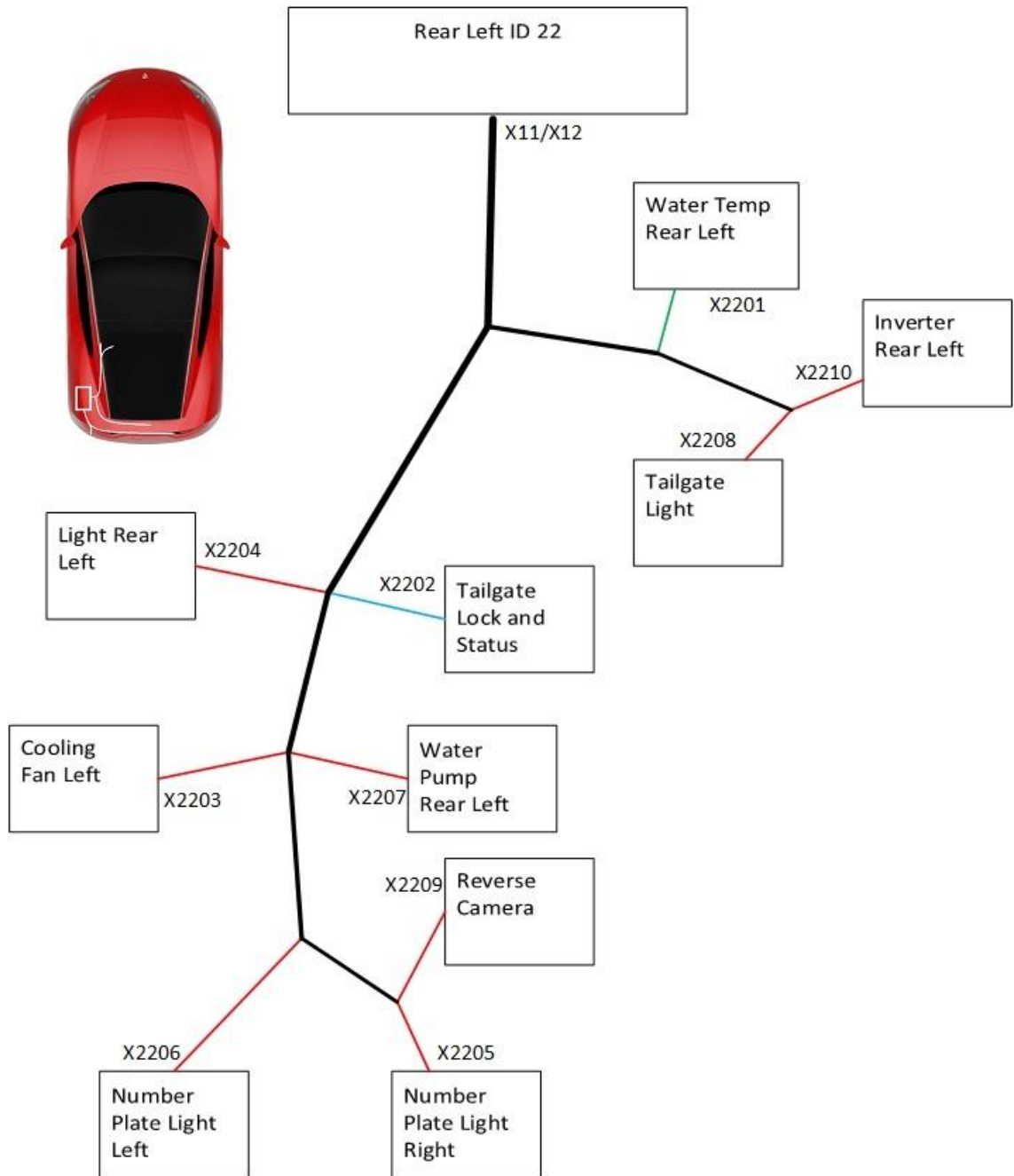
13	Type	Function	To connector	Wire size (mm ²)	Wire colour
X7.1	out	Fan front Right	X1311	1,5	Red
X7.2	GND	Fan front Right	X1311	1,5	Brown
X7.3	out	Waterpump front Right	X1310	1	Yellow
X7.4	GND	Waterpump front Right	X1310	1	Black
X7.5	out	Inverter front Right	X1307	1	Red
X7.6	GND	Inverter front Right	X1307	1	Black
X7.7	out	Parking/daytime light Right	X1308	0,75	Pink
X7.8	GND	Parking/daytime light Right	X1308	0,75	Black/Green
X7.9	out	Low beam Right	X1308	1,5	Red
X7.10	GND	Main light	X1308	1,5	Black
X7.11	out	High beam Right	X1308	1,5	Red
X7.12	Vio	Power supply		1,5	Red
X7.13	out	Indicator Right	X1308	0,75	Red
X7.14	GND	Indicator Right	X1308	0,75	Brown
X7.15	out	Horn	X1309	0,75	Orange
X7.16	GND	Horn	X1309	0,75	Black/Grey
X7.17	out	Windshield washer	X1305	0,75	Pink
X7.18	GND	Windshield washer	X1305	0,75	Violet
X7.19	VLogic	Logic power supply		1	Red
X7.20	GNDpwr	Power GND		1,5	Brown
X7.21	GND				
X7.22	GNDpwr	PowerGD		1,5	Brown
X7.23	Vio	Power supply		1,5	Red
X7.24	out			0,75	Pink
X7.25	GND			0,75	Black/Green
X7.26	out	Audio input switch	X1304	0,5	Red
X7.27	GND	Audio input switch	X1304	0,5	Green
X7.28	out	Bluetooth power	X1303	0,75	Orange
X7.29	GND	Bluetooth power	X1303	0,75	Black/Grey
X7.30	out				
X7.31	GND				
X7.32	out	Ambient Light			
X7.33	GND				
X7.34	out	Light Switch led	X1301	0,5	Red
X7.35	GND				
X8.1	REF out				
X8.2	in	Motor water temp sensor	X1306	0,5	Yellow
X8.3	in	Light switch	X1301	0,5	Yellow
X8.4	in	Light switch	X1301	0,5	Black/Yellow
X8.5	in	Light switch	X1301	0,5	Green
X8.6	CAN1-H	CAN-bus		0,5	Twin1
X8.7	ID-1	Connec to ID-4	X8	0,5	White
X8.8	ID-2	Connec to ID-2	X8	0,5	White
X8.9	GND	Motor water temp	X1306	0,5	Green
X8.10	GND	Light switch	X1301	0,5	Black/Brown
X8.11	GND	Outside temp	X1309	0,5	Black/Brown
X8.12	GND	HandBreak GND	X1302	0,5	Black/Yellow
X8.13	CAN1-L	CAN-bus		0,5	Twin1
X8.14	ID-3	Connec to ID-3	X8	0,5	White
X8.15	ID-4	Connec to ID-1	X8	0,5	White
X8.16	in	Hella Function	X1308	0,5	White
X8.17	in				
X8.18	in	Outside temp	X1309	0,5	White
X8.19	in	Handbrake close	X1302	0,5	Yellow
X8.20	in	Handbrake release	X1302	0,5	Black
X8.21	CAN2-H				
X8.22	CAN2-L				
X8.23	ID-5				



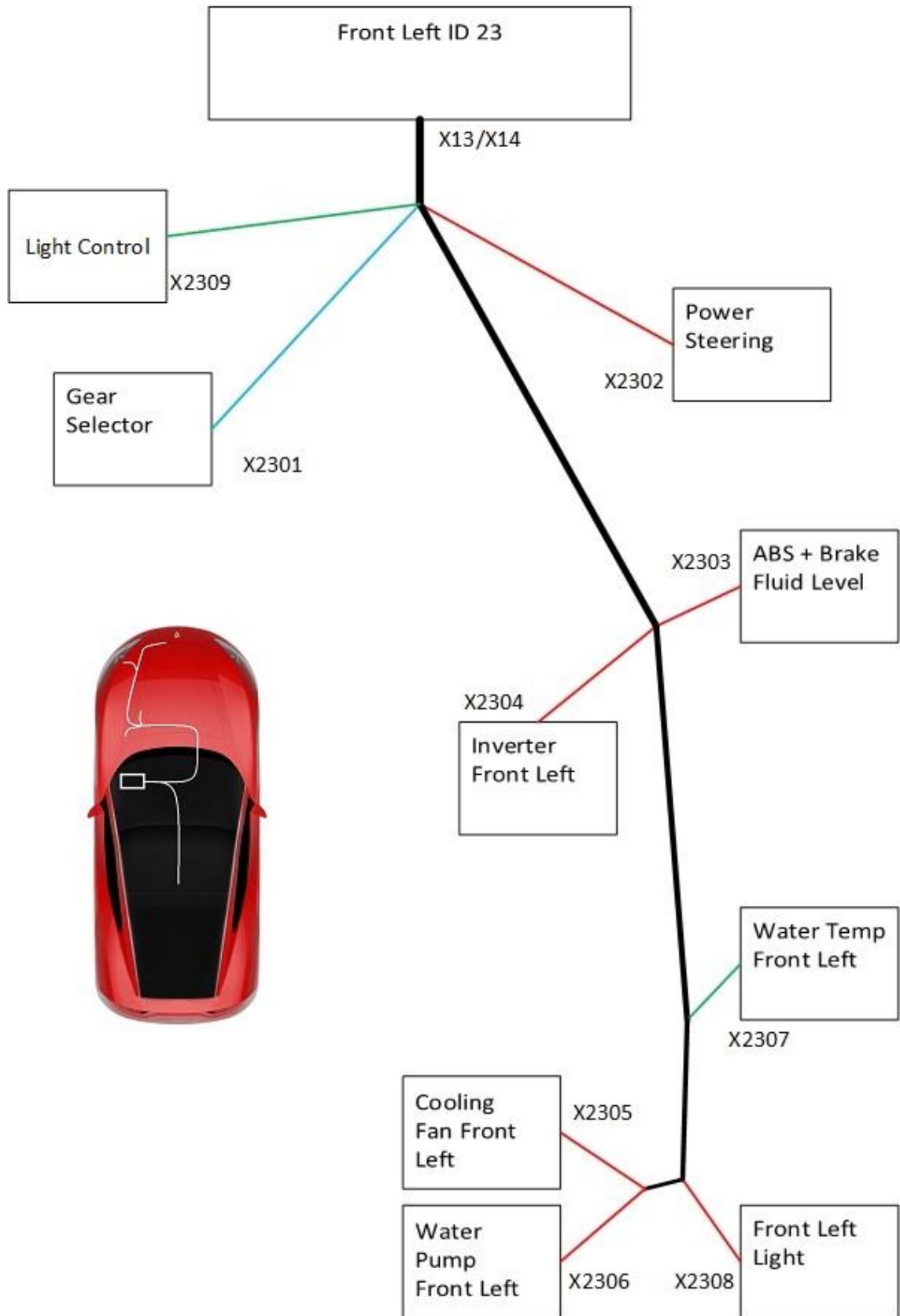
21	Type	Function	Connector	Wire size (mm ²)	Wire colour
X9.1	out	Window lift Left - Up	X2106	1	Red
X9.2	GND				
X9.3	out	Window lift Left - Down	X2106	1	Yellow
X9.4	GND				
X9.5	out	Door Lock Left - Close	X2105	0,75	Orange
X9.6	GND				
X9.7	out	Door Lock Left - Open	X2105	0,75	Brown
X9.8	GND				
X9.9	out	Ambient light door Left	X2103	0,5	Red
X9.10	GND	Ambient light door Left	X2103	0,5	Black
X9.11	out				
X9.12	Vio	Power supply		1,5	Red
X9.13	out	Ambient light inside Left	X2102	0,5	Red
X9.14	GND	Ambient light inside Left	X2102	0,5	Black
X9.15	out	Left side Indicator	X2107	0,75	Pink
X9.16	GND	Left side Indicator	X2107	0,75	Black/Grey
X9.17	out	Mirror movement supply	X2104	0,5	Red
X9.18	GND				
X9.19	VLogic	Logic power supply		1	Red
X9.20	GNDpwr	Power GND		1,5	Brown
X9.21	GND				
X9.22	GNDpwr	PowerGD		1,5	Brown
X9.23	Vio	Power supply		1,5	Red
X9.24	out	Seat Left	X2108	1,5	Red
X9.25	GND	Seat Left	X2108	1,5	Brown
X9.26	out	Window control switch led	X2104	0,5	Red
X9.27	GND				
X9.28	out	Cabin Light	X2109	0,5	Red
X9.29	GND	Cabin Light	X2109	0,5	Black
X9.30	out	Brake Light Mid	X2110	0,5	Red
X9.31	GND	Brake Light Mid	X2110	0,5	Black
X9.32	out	Cabin Light	X2111	0,5	Red
X9.33	GND	Cabin Light	X2111	0,5	Black
X9.34	out	Mirror Heater	X2107	0,75	Orange
X9.35	GND				
X10.1	REF out				
X10.2	in	Window control up Left	X2104	0,5	Green
X10.3	in	Window control down Left	X2104	0,5	White
X10.4	in	Window control up Right	X2104	0,5	Black/Brown
X10.5	in	Window control down Right	X2104	0,5	Black/Yellow
X10.6	CAN1-H	CAN-bus		0,5	Twin1
X10.7	ID-1	Connect to ID-4	X10	0,5	White
X10.8	ID-2				
X10.9	GND	Window control	X2104	0,5	Black
X10.10	GND	Door lock position	X2105	0,5	Green
X10.11	GND				
X10.12	GND	CRUISE GND	X2101		
X10.13	CAN1-L	CAN-bus		0,5	Twisted
X10.14	ID-3	Connect to ID-5	X10	0,5	White
X10.15	ID-4	Connect to ID-1	X10	0,5	White
X10.16	in	Door lock position	X2105	0,5	White
X10.17	in	Door Position	X2105	0,5	Yellow
X10.18	in	Lock doors button	X2104	0,5	Yellow
X10.19	in	CRUISE1	X2101	0,5	
X10.20	in	CRUISE2	X2101	0,5	
X10.21	CAN2-H				
X10.22	CAN2-L				
X10.23	ID-5	Connect to ID-3	X10	0,5	White

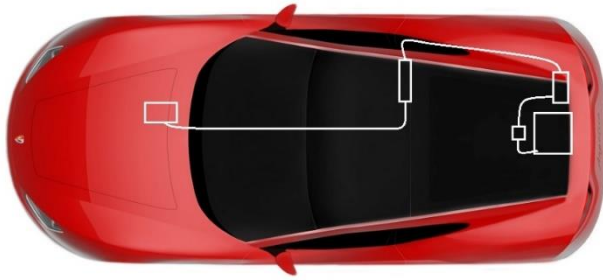


22	Type	Function	Connector	Wire size (mm ²)	Wire colour
X11.1	out	Fan Left	X2203	1	Red
X11.2	GND	Fan Left	X2203	1	Black
X11.3	out	Water pump Left	X2207	0,75	Pink
X11.4	GND	Water pump Left	X2207	0,75	Brown
X11.5	out	Indicator RL	X2204	0,5	Red
X11.6	GND	Indicator RL	X2204	0,5	Black
X11.7	out	Brake light RL	X2204	0,5	Yellow
X11.8	GND	Brake light RL	X2204	0,5	Black
X11.9	out	Inverter Left	X2210	1	Red
X11.10	GND	Inverter Left	X2210	1	Black
X11.11	out				
X11.12	Vio	Power supply		1,5	Red
X11.13	out	Tailgate Light	X2208	0,5	Yellow
X11.14	GND	Tailgate Light	X2208	0,5	Black
X11.15	out	Parking light RL	X2204	0,5	White
X11.16	GND	Parking light RL	X2204	0,5	Black/Yellow
X11.17	out	Fog Light	X2204	0,5	Green
X11.18	GND	Fog Light	X2204	0,5	Black/Brown
X11.19	VLogic	Logic power supply		1	Red
X11.20	GNDpwr	Power GND		1,5	Brown
X11.21	GND				
X11.22	GNDpwr	PowerGD		1,5	Brown
X11.23	Vio	Power supply		1,5	Red
X11.24	out				
X11.25	GND				
X11.26	out	Tailgate Lock	X2202	0,75	Orange
X11.27	GND	Tailgate Lock	X2202	0,75	Black/Grey
X11.28	out	Reverse Camera	X2209	0,5	Yellow
X11.29	GND	Reverse Camera	X2209	0,5	Black/Yellow
X11.30	out	Number plate Light	X2205/X2206	0,5	Red
X11.31	GND	Number plate Light	X2205/X2206	0,5	Green
X11.32	out				
X11.33	GND				
X11.34	out				
X11.35	GND				
X12.1	REF out				
X12.2	in	Water temp Left	X2201	0,5	Yellow
X12.3	in	Tailgate lock position	X2202	0,5	Green
X12.4	in				
X12.5	in				
X12.6	CAN1-H	CAN-bus		0,5	Twisted
X12.7	ID-1	Connec to ID-5	X12	0,5	White
X12.8	ID-2				
X12.9	GND	Water temp	X2201	0,5	Green
X12.10	GND				
X12.11	GND				
X12.12	GND				
X12.13	CAN1-L	CAN-bus		0,5	Twisted
X12.14	ID-3	Connec to ID-3	X12	0,5	White
X12.15	ID-4	Connec to ID-4	X12	0,5	White
X12.16	in				
X12.17	in				
X12.18	in				
X12.19	in				
X12.20	in				
X12.21	CAN2-H				
X12.22	CAN2-L				
X12.23	ID-5	Connec to ID-1	X12	0,5	White

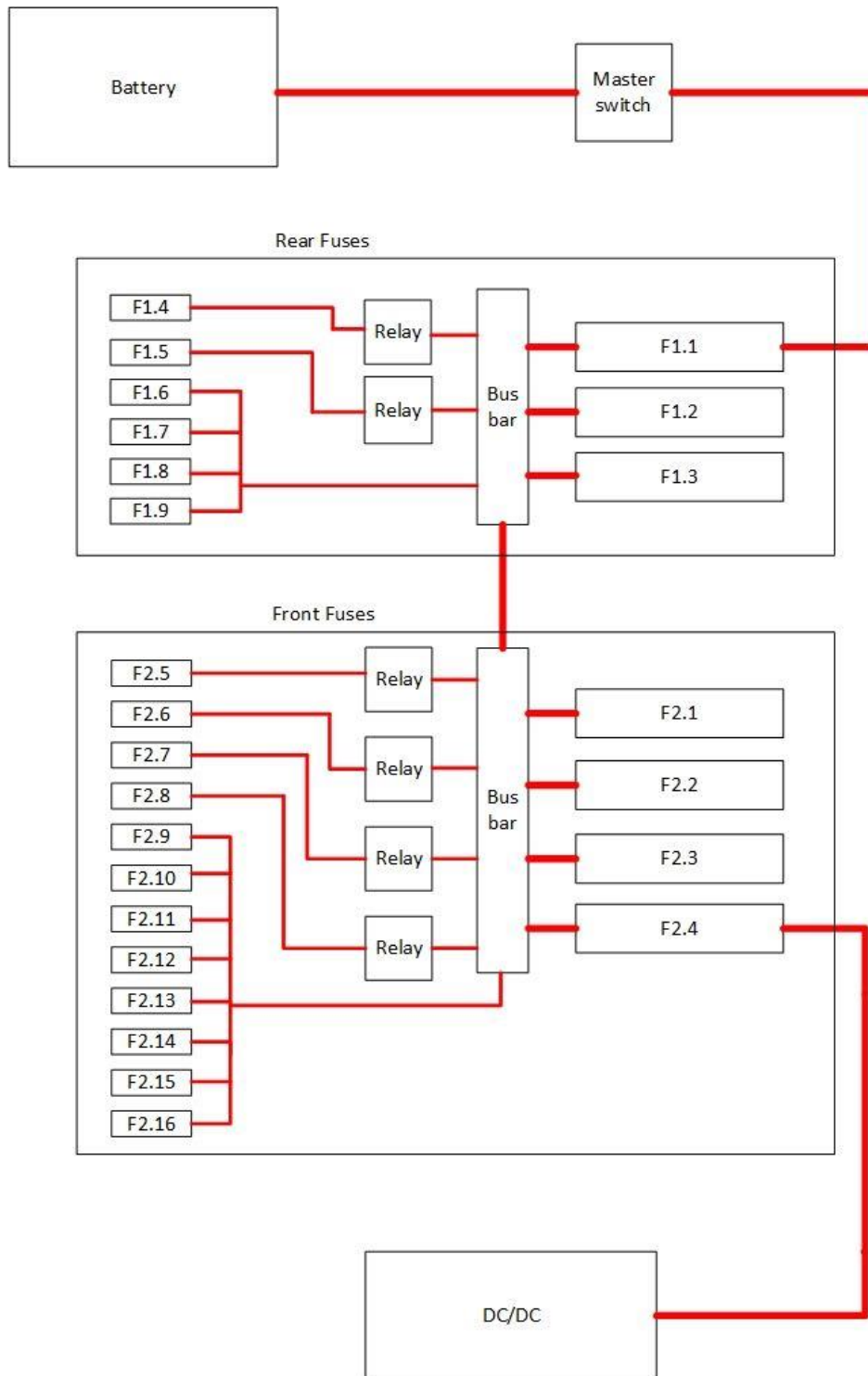


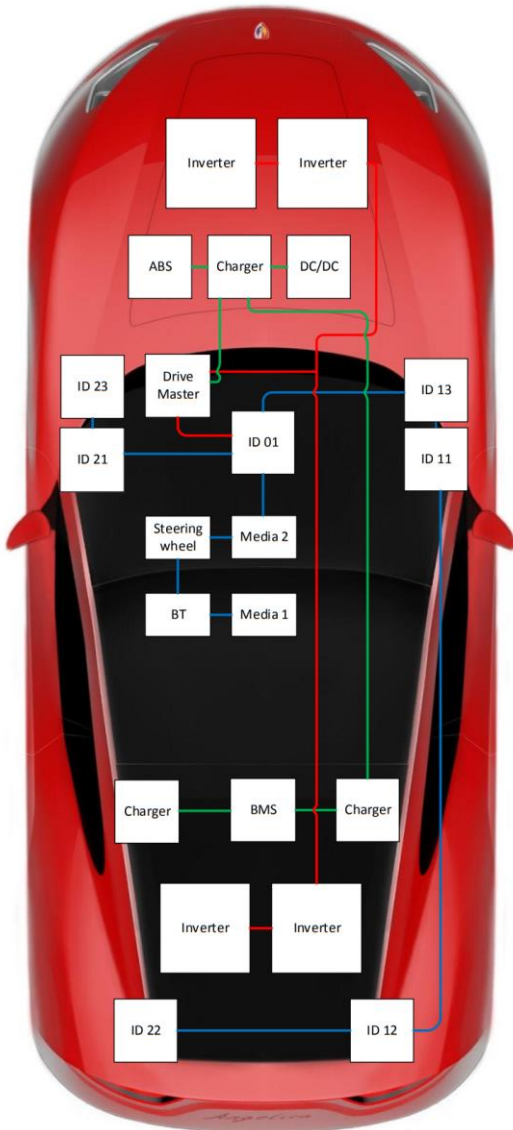
23	Type	Function	To connector	Wire size (mm ²)	Wire colour
X13.1	out	Fan front Left	X2305	1,5	Red
X13.2	GND	Fan front Left	X2305	1,5	Brown
X13.3	out	Waterpump front Left	X2306	1	Yellow
X13.4	GND	Waterpump front Left	X2306	1	Black
X13.5	out	Inverter front Left	X2304	1	Red
X13.6	GND	Inverter front Left	X2304	1	Black
X13.7	out	Parking/daytime light Left	X2308	0,75	Pink
X13.8	GND	Parking/daytime light Left	X2308	0,75	Black/Green
X13.9	out	Low beam Left	X2308	1,5	Red
X13.10	GND	Main Beam	X2308	1,5	Black
X13.11	out	High beam Left	X2308	1,5	Red
X13.12	Vio	Power supply		1,5	Red
X13.13	out	Indicator Left	X2308	0,75	Red
X13.14	GND	Indicator Left	X2308	0,75	Brown
X13.15	out	ABS brakeswitch	X2303	0,5	Yellow
X13.16	GND				
X13.17	out	ABS ignition	X2303	0,5	Red
X13.18	GND				
X13.19	VLogic	Logic power supply		1	Red
X13.20	GNDpwr	Power GND		1,5	Brown
X13.21	GND				
X13.22	GNDpwr	PowerGD		1,5	Brown
X13.23	Vio	Power supply		1,5	Red
X13.24	out	Gear selector P-LED	X2301	0,5	White
X13.25	GND	Gear selector GND	X2301	0,5	Black
X13.26	out	Gear selector R-LED	X2301	0,5	Green
X13.27	GND				
X13.28	out	Gear selector N-LED	X2301	0,5	Yellow
X13.29	GND				
X13.30	out	Power steering ignition	X2302	0,5	Red
X13.31	GND				
X13.32	out	Gear selector D-LED	X2301	0,5	Black/Yellow
X13.33	GND				
X13.34	out	Gear selector backlight	X2301	0,5	Red
X13.35	GND				
X14.1	REF out				
X14.2	in	Motor water temp sensor	X2307	0,5	Yellow
X14.3	in	Brake fluid level sensor	X2303	0,5	White
X14.4	in	Hella Function	X2308	0,5	White
X14.5	in	CRUISE set	X2309	0,5	
X14.6	CAN1-H	CAN-bus		0,5	Twisted
X14.7	ID-1				
X14.8	ID-2	Connect to ID-3	X14	0,5	White
X14.9	GND	Motor water temp	X2307	0,5	Green
X14.10	GND	Indicator/high beam	X2309	0,5	Black/Brown
X14.11	GND	Brake fluid level sensor	X2303	0,5	Black/Yellow
X14.12	GND			0,5	Black
X14.13	CAN1-L	CAN-bus		0,5	Twisted
X14.14	ID-3	Connect to ID-2	X14	0,5	White
X14.15	ID-4	Connect to ID-5	X14	0,5	White
X14.16	in	Incator switch	X2309	0,5	White
X14.17	in				
X14.18	in	High beam	X2309	0,5	Green
X14.19	in	High beam flash	X2309	0,5	Red
X14.20	in				
X14.21	CAN2-H				
X14.22	CAN2-L				
X14.23	ID-5	Connect to ID-4	X14	0,5	White





Fuse	Device	Current rating (A)
F1.1	Battery Main	200
F1.2		
F1.3		
F1.4	Microteam	20
F1.5	Microteam	20
F1.6	Handbrake	20
F1.7	Defa charger	15
F1.8	Boot loader	4
F1.9	BMS	10
F2.1	Power steering	60
F2.2		
F2.3		
F2.4	DC/DC Main	175
F2.5	Microteam	20
F2.6	Microteam	20
F2.7	Microteam	20
F2.8	Microteam	20
F2.9	Microteam	20
F2.10	ABS	20
F2.11	Bluethoot	2
F2.12	Windscreen wiper	15
F2.13	Amplifier	25
F2.14	Sub Driver	20
F2.15	Sub Passenger	20
F2.16	Crash camera	2





Ampseal-kontaktien tekniset tiedot



AMPSEAL Sealed Connector Series Contact System

Section Catalog 1654285-2
Revised 4-2010
Main Catalog 1654400-1
Chapter 29 – Issued 4-2010

Receptacle Contacts

Product Features

Contact Material:

Cu-Alloy

Contact Finish:

Tin plated, gold plated

Current Rating:

Up to 17 amps

Temperature Range:

-40 °C to +105 °C (tin plated)
-40 °C to +125 °C (gold plated)

Wire Size Range:

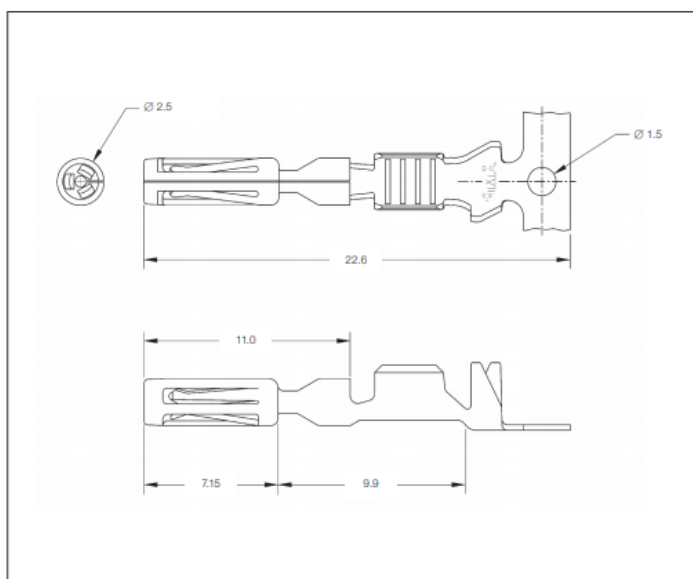
Accept 0.5 – 1.25 mm²
(20 – 16 AWG) wire with
insulation diameter of
1.7 – 2.7 mm

Product Specification:

108-1329

Application Specification:

114-16016



Receptacle Contacts

Wire Size Range		Insulation Diameter (mm)	Material and Finish	Part Numbers				Applicator	Hand Tool
(mm ²)	(AWG)			Strip Form	Package Quantity	Loose-Piece	Package Quantity		
0.5–1.25	20–16	1.7–2.7	Cu-Alloy, pre-tin plated	770520-1	5,000	770854-1	1,000	567333-2	58440-1
			Cu-Alloy, selective gold plated	770520-3	5,000	770854-3	1,000		

Note: All Part Numbers are RoHS and ELV compliant.

(AMPSEAL Sealed Connector Series. 2010. TE Connectivity. Verkkodokumentti, <
<http://www.powerandsignal.com/images/pdfs/TEAMPSEALSealedConnectors.pdf>>. Lu-
ettu 21.3.2018)



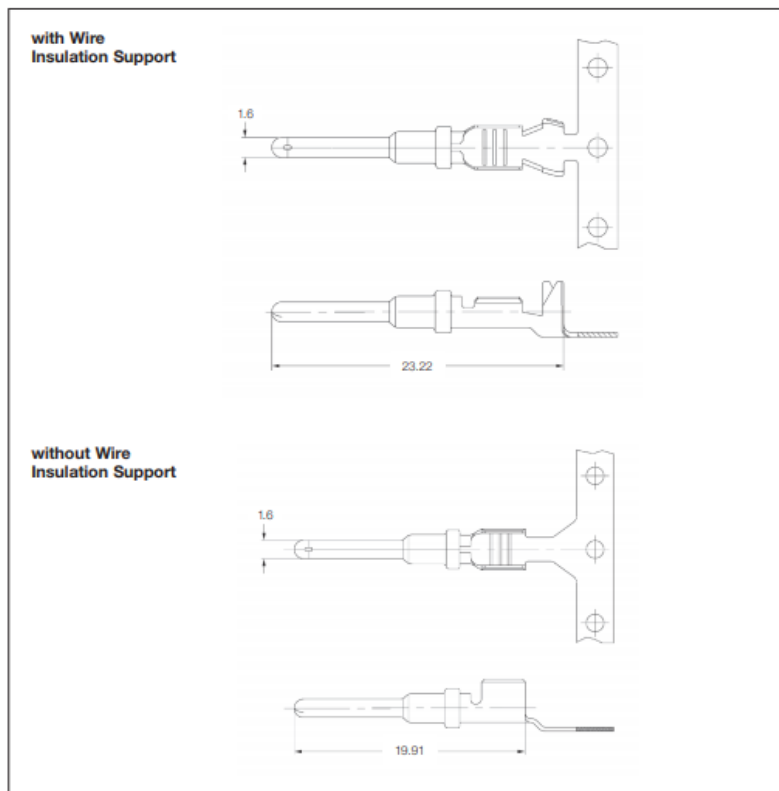
AMPSEAL 16 Connector System
Contact System

Section Catalog 1654281-2
Revised 4-2010
Main Catalog 1654400-1
Chapter 30 – Issued 4-2010

Pin Contacts

Technical Features

- Contact Material:**
Copper Alloy
- Contact Finish:**
Gold or Nickel
- Wire Size Range:**
0.5–2.0 mm² (20–14 AWG)
- Insulation Diameter:**
1.27–3.67 mm
- Current Carrying Capacity:**
13 amps
- Temperature Range**
–40 °C to +125 °C
- Product Specification:**
108-2184
- Application Specification:**
114-13045



Pin Contacts with Wire Insulation Support

Wire Size Range		Insulation Diameter (mm)	Material and Finish	Part Numbers				Applicator	Hand Tool
(mm ²)	(AWG)			Strip Form	Package Quantity	Loose-Piece	Package Quantity		
0.5–0.8	20–18	1.27–2.72	Copper Alloy, Gold	1924463-1	4,000	1924579-1	1,000	See Application Specification 114-13045	
			Copper Alloy, Nickel	1924463-3	4,000	1924579-3	1,000		
0.8–2.0	18–14	2.26–3.33	Copper Alloy, Gold	638078-1	4,000	776300-1	1,000		
			Copper Alloy, Nickel	638078-3	4,000	776300-2	1,000		

Note: All Part Numbers are RoHS and ELV compliant.

(AMPSEAL 16 Connector System. 2010. TE Connectivity. Verkkodokumentti, <
<http://www.powerandsignal.com/images/pdfs/TEAMPSEAL16Connectors.pdf>>. Luettu
21.3.2018)



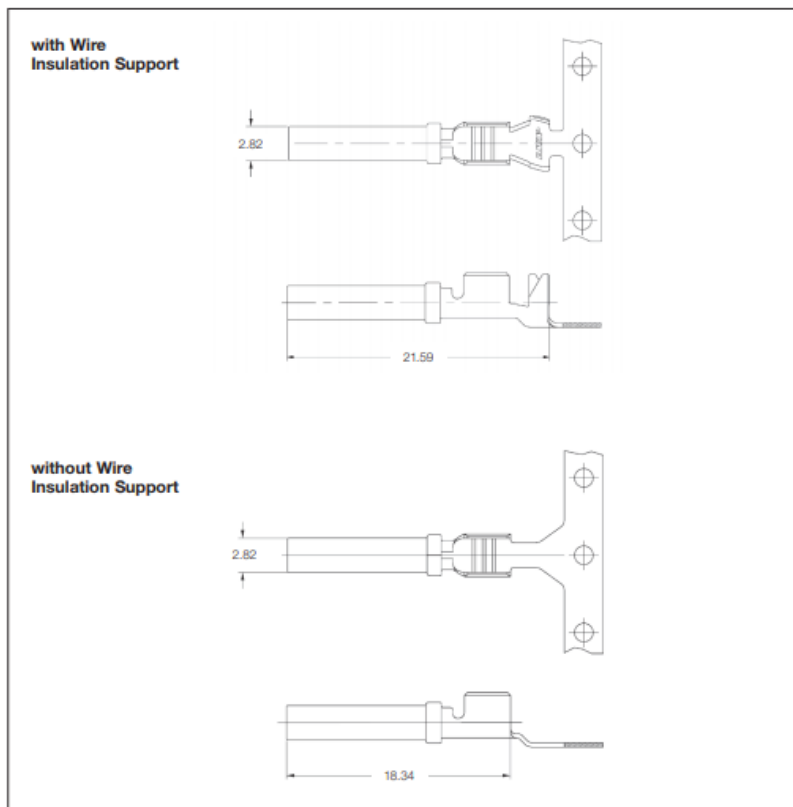
AMPSEAL 16 Connector System
Contact System

Section Catalog 1654281-2
Revised 4-2010
Main Catalog 1654400-1
Chapter 30 – Issued 4-2010

Receptacle Contacts (Sockets)

Technical Features

- Contact Material:**
Copper Alloy
- Contact Finish:**
Gold or Nickel
- Wire Size Range:**
0.5–2.0 mm² (20–14 AWG)
- Insulation Diameter:**
1.27–3.67 mm
- Current Carrying Capacity:**
13 amps
- Temperature Range**
–40 °C to +125 °C
- Product Specification:**
108-2184
- Application Specification:**
114-13045



Receptacle Contacts with Wire Insulation Support

Wire Size Range		Insulation Diameter (mm)	Material and Finish	Part Numbers			Applicator	Hand Tool
(mm ²)	(AWG)			Strip Form	Package Quantity	Loose-Piece		
0.5–0.8	20–18	1.27–2.72	Copper Alloy, Gold	1924464-1	4,000	1924580-1	1,000	See Application Specification 114-13045
			Copper Alloy, Nickel	1924464-2	4,000	1924580-2		
0.8–2.0	18–14	2.26–3.33	Copper Alloy, Gold	776492-1	4,000	776299-1	1,000	
			Copper Alloy, Nickel	776492-2	4,000	776299-2		

Note: All Part Numbers are RoHS and ELV compliant.

(AMPSEAL 16 Connector System. 2010. TE Connectivity. Verkkodokumentti, <
<http://www.powerandsignal.com/images/pdfs/TEAMPSEAL16Connectors.pdf>>. Luettu
21.3.2018)