



Saku Rissanen

Ajoneuvon sähköjärjestelmän suunnittelu ja toteutus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Ajoneuvotekniikka

Insinöörityö

1.2.2024

Tiivistelmä

Tekijä: Saku Rissanen
Otsikko: Ajoneuvon sähköjärjestelmän suunnittelu ja toteutus
Sivumäärä: 29 sivua + 7 liitettä
Aika: 1.2.2024

Tutkinto: Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma: Ajoneuvotekniikka
Ammatillinen pääaine: Autosähkötekniikka
Ohjaaja: Lehtori Pasi Kovanen

Tässä insinööriyössä suunniteltiin sekä toteutettiin kilpa-ajoneuvoon täydellinen sähköjärjestelmä, jonka tuli täyttää siviili liikenteen vaatimukset mukaan lukien ajoneuvon korin sekä moottorin elektroniikka ja anturit. Työssä valikoitiin ohjainlaitteiksi Maxxecun valmistamat Race-moottorinohjaimen ja PDM20- virranhallintayksikön.

Työn alussa komponentit sijoitettiin ajoneuvoon, minkä pohjalta ruvettiin selvittämään johtimien mitoituksia, CAN-väylän fyysisiä vaatimuksia sekä materiaalivalintoja. Ajoneuvo tehdään tieliikenteeseen, joten työssä oli otettava myös huomioon tieliikennekelpoisuus sähköjen osalta. Perinteisen sähkösuunnittelun erona työssä ei tarvinnut mitoittaa yhtään sulaketta tai relettä, koska virranhallintayksikkö käsittelee molemmat sisäisesti.

Työn loppuvaiheessa johtosarjat valmistettiin suunnitelmien pohjalta ja valmistus sujui hyvin suunniteltuna helposti. Johtosarjoista saatiin yksinkertaiset, varmatoimiset ja esteettiset. Kaikki dokumentit suunnitteluvaiheesta taltioitiin, jolloin vastaavia johtosarjoja pystytään tekemään myös tulevaisuudessa dokumenttien pohjalta.

Avainsanat: Autosähkötekniikka, sähkösuunnittelu, johtosarja

Abstract

Author: Saku Rissanen
Title: Automotive Electricity Designing and Implementing
Number of Pages: 29 pages + 7 appendices
Date: 1st February 2024

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Automotive Engineering
Professional Major: Automotive Electronics Engineering
Supervisor: Pasi Kovanen, Senior Lecturer

In this thesis, a complete electrical system was designed and implemented for a racing vehicle, meeting the requirements of civilian traffic regulations. The encompassed chassis electronics and engine electronics. In the thesis, Maxxecu's Race engine control unit and PDM20 power distribution module were chosen as the control devices.

In the beginning of the thesis, devices and actuators were installed in the chassis, based on which investigations into wire sizes, physical requirements of the CAN bus, and material selections were initiated. The vehicle is intended for road traffic, so work also had to consider the roadworthiness regarding the electrical systems. Unlike traditional electrical design, in this work, there was no need to size any fuses or relays, as the PDM handles both internally.

In the summary of the thesis, the wiring harnesses are manufactured based on the plans, and the production was straightforward as it was designed well. The wiring harnesses were made simple, reliable and all documents from the design phase were available. This enables the production of similar wiring harnesses in the future.

Keywords: Automotive Electronics, electrical planning, wiring harness

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Sähköjärjestelmän fyysiset vaatimukset	2
2.1	Tarve ja käyttötarkoitus	2
2.2	Tieliikennekelpoisuus	3
3	Kommunikaatio	4
3.1	Väyläprotokolla	4
3.2	CAN-väylän rakenne	5
4	Järjestelmän suunnittelu	7
4.1	Komponenttien sijoittelu	7
4.2	Maadoitukset	7
4.3	Väylästrategia	8
4.4	Toleranssit ja suunnitteluparametrit	9
4.5	Piirrokset	11
5	Komponenttivalinnat	14
5.1	Johtimet	14
5.2	Liittimet	16
5.3	Ajoneuvon korisähköt	18
5.3.1	Sulakkeet ja releet	20
5.4	Moottorin sähköt	21
5.4.1	Anturit	21
5.5	Johtosarjan suojaus	23
6	Valmistus	23
6.1	Kontaktien puristaminen	23
6.2	Johtosarjan valmistus	26
7	Päätelmät	27
	Lähteet	29

Liitteet

Liite 1: DIN72552

Liite 2: Boschin NTC-vastuksen datalehti

Liite 3: PDM:n kytkentäkuva

Liite 4: ECU:n kytkentäkuva

Liite 5: Maxxecun väyläprotokolla

Liite 6: Liittimien puristus

Liite 7: PA66 GF30:n datalehti

Lyhenteet

CAN: *Controlled Area Network*. Tiedonsiirtoväylä, joka toimii ohjainlaitteiden välisenä kommunikaatioväylänä.

ECU: *Engine Control Unit*. Moottorinohjainyksikkö.

PDM: *Power Distribution Management*. Ajoneuvon virranhallintayksikkö.

PWM: *Pulse Width Modulation*: Pulssileveysmodulaatio, jolla voidaan ohjata sähköisten käyttölaitteiden tuottamaa tehoa ja nopeutta.

UV: Ultravioletti.

1 Johdanto

Opinnäytetyössä suunniteltiin ja toteutettiin sähköjärjestelmä kilpa-ajoneuvoon, jonka tulee täyttää siviili liikenteen vaatimukset rekisteröintikatsastuksen osalta. Sähköjärjestelmän toiminnan edellytys on huolellinen suunnitelma sekä valmistus. Ajoneuvosta, johon sähköjärjestelmä suunniteltiin, oli purettu kaikki alkupe- räinen pois, sisälle oli rakennettu turvakehikko, ja näin ollen hyvin pelkistetty. Sähkösuunnitelmien lisäksi tärkeitä vaiheita työssä oli pakkaussuunnittelu, sähköpiirustukset sekä materiaalivalinnat.

Komponentit työhön valittiin tarkastelemalla datalehtiä, joita haettiin valmistajien verkkosivuilta. Työssä myös tutkittiin standardeja ja määräyksiä CAN-väylää, teknisiä piirustuksia ja siviili liikenteen vaatimuksia varten.

Sähkösuunnittelua käsitellessä tärkeänä asiana työssä nousi käytettävien sähkökomponenttien laatu. Kaikista komponenteista, joita työssä käytettiin, löytyy dokumentit niiden lämpötilan sekä kemiallisten aineiden sietokyvystä. Valmistusteknisistä asioista yhtenä tärkeimmistä asioista on oikea tapa puristaa liittimien terminaalit. Kaikki näin perusteltuna voidaan olla varmoja valmistetun johtosarjan kestosta.

Valmistusvaiheessa johtosarja valmistettiin moottoriurheilu maailmasta vivah- teita ottavalla tyyllillä dekoratiivisista syistä, jotta lopputulos on toimiva ja esteet- tinen.

2 Sähköjärjestelmän fyysiset vaatimukset

2.1 Tarve ja käyttötarkoitus

Työn suunnittelu aloitettiin projektiajoneuvon kaikkien kori- ja sisustakomponenttien poistamisen jälkeen. Komponenttien puuttuessa ajoneuvon toimi- ja ohjainlaitteiden valinnassa ei tarvitse tehdä kompromisseja. Ohjainlaitteiksi valittiin Maxxecun valmistama Race-moottorinohjainyksikkö sekä PDM20-virranhallintayksikkö. Ohjainyksiköt kommunikoivat keskenään ja tukevat lisälaitteiden liittämistä CAN-väylän kautta. Käyttötarkoitus ajoneuvolla tulee olemaan tieliikenteessä, joten ajoneuvon sähköjärjestelmän tulee olla tieliikenteeseen soveltuva ja tieliikennelain mukainen. Työssä ei ole tarkoituksena tehdä kilpa-autoa, mutta sähköissä mukaillaan moottoriurheilumaailman sähköarkkitehtuurin piirteitä. Usein moottoriurheiluun valmistettavissa sähköjärjestelmissä käytetään materiaaleja, jotka kestävät hyvin vaihtelevia olosuhteita sekä todella kuumia lämpötiloja, ja johtimien eristemateriaalit ovat paljon ohuempia ja kestävämpiä.

Sähköjärjestelmältä vaaditaan kestävyyttä ja kulutuksenkestoa. Liittimet johtosarjoihin valittiin valmistajan eikä hinnan mukaan. Liittimien tulee kestää johtosarjassa useita kertoja avaamista ja sulkemista, monet kopio liittimet ovat pitkälti kertakäyttöisiä huonon laadun takia; tämä on asia, josta ei tingitä projektissa. Tunnettujen valmistajien kuten Bosch, Tyco sekä Deutsch liittimien teknisiä tietoja pääsee tutkimaan valmistajien verkkosivuilta hakemalla liittimien numeroilla tai liitinmalleilla. Liittimien tiedoista yleensä nähdään, millaiseen tarkoitukseen ne on valmistettu ja millaisia olosuhteita ne kestävät.

Kaapeleilta sekä johtimilta vaaditaan johtosarjassa hyvää ääriolosuhteiden kestävyttä. Tärkeimpänä vaatimuksena lämpötilavaihtelut, kemikaalikuormien kesto sekä mekaanisen kuormituksen kesto. Johtosarjat sijoitetaan siten ajoneuvoon, ettei värinöistä ole haittaa johtosarjalle. Tukevasti sekä järkevästi asennetulla johtosarjalla on huomattavasti pienempi todennäköisyys hiertyä puhki. UV-säteilyä johtimien ei tarvitse kestää niin paljoa, koska johtosarjat suojataan hyvin tai asennetaan paikkoihin, joihin säteily ei kohdistu suoraan.

Sähköjärjestelmän maadoitusarkkitehtuuri myötäilee käytettävän ohjainlaitteen ohjeita, jossa ajoneuvoon tulee yksi laadultaan hyvä maadoituspiste. Käyttölaitteita ohjataan PWM:llä ja lähes kaikki maajohtimet tuodaan yhteen vahvaan maadoituspisteeseen. Tällä vältetään mahdolliset häiriöt anturivirtapiireissä, kun korkeavirtaiset PWM-ohjauksen meno- ja paluuvirrat liikkuvat omissa johtimissaan. Myös muun muassa etu- sekä takavalojen maadoitusjohtimet tuotiin samalle maadoituspistelle, jotta saataisiin varma sekä selkeä paikka maadoituskille auton sähköarkkitehtuurissa. Maadoituksissa on tärkeä huomata, että korin liitokset ovat galvaanisia, jotta mahdolliset koriliimat eivät ole eristämässä tai vastustamassa maadoitusta.

2.2 Tieliikennekelpoisuus

Ajoneuvon sähköjärjestelmä vaatimuksena on olla tieliikenteeseen soveltuva. Turvavarusteita ajoneuvossa tarvitsee olla vain ne, jotka siinä on ollut käyttöön-ottoajankohtana. Traficomien määräyksen perusteella työssä olevassa ajoneuvossa tulee olla, jotta se voi olla tieliikennekelpoinen,

- tienväläisulaiset
- merkkivalot
- huurteenpoisto
- lasinpesu
- hallintalaitteiden sekä osoittimien tunnistus
- nopeusmittari
- matkamittari
- äänimerkki.

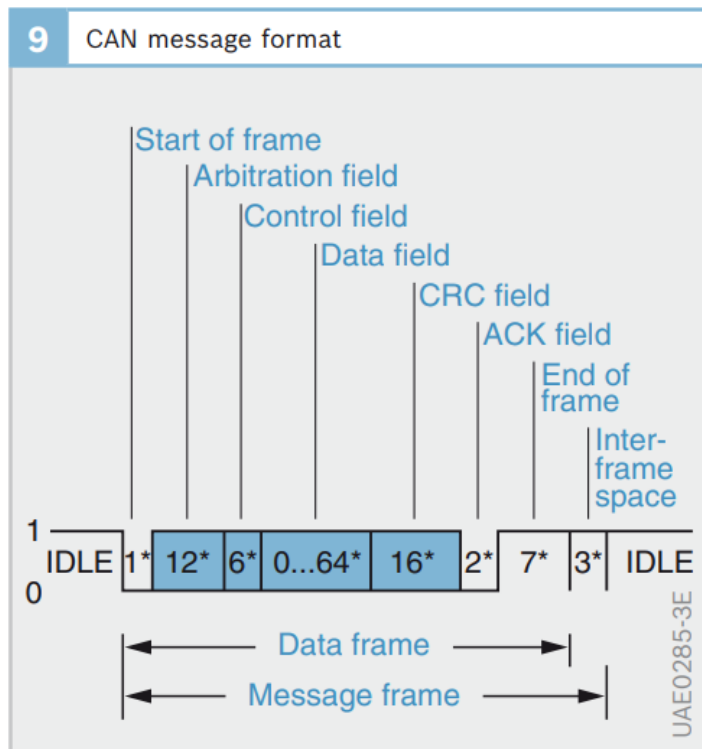
Nämä kaikki laitteet paitsi nopeus- sekä matkamittari pysyvät alkuperäisinä, joten Trafim määräysten puitteissa sähköjärjestelmässä ei pitäisi olla ongelmaa tieliikennekelpoisuuden suhteen. (Auton ja sen perävaunun rakenteen muuttaminen: 28.)

Ajoneuvon sähköjärjestelmän tulee olla paloturvallinen moottorikäyttöisessä ajoneuvossa. Paloturvallisuus otetaan suunnitellessa huomioon siten, ettei ajoneuvoon tule avoimia kontakteja, joissa on valokaaren riski. Työssä käytettävät johdot ovat ajoneuvosovelluksiin tarkoitettuja monisäikeisiä johtimia, jotka kestävät hyvin virtaa. Ajoneuvoon suunniteltavien liittimien ja johtimien virran kesto lasketaan myös niin, ettei vaaraa ylikuumentumisesta ole eikä näin ollen suoja- materiaalien sulamisesta ja valokaaren syntymisestä. (Ajoneuvolaki 2021: 13 §.)

3 Kommunikaatio

3.1 Väyläprotokolla

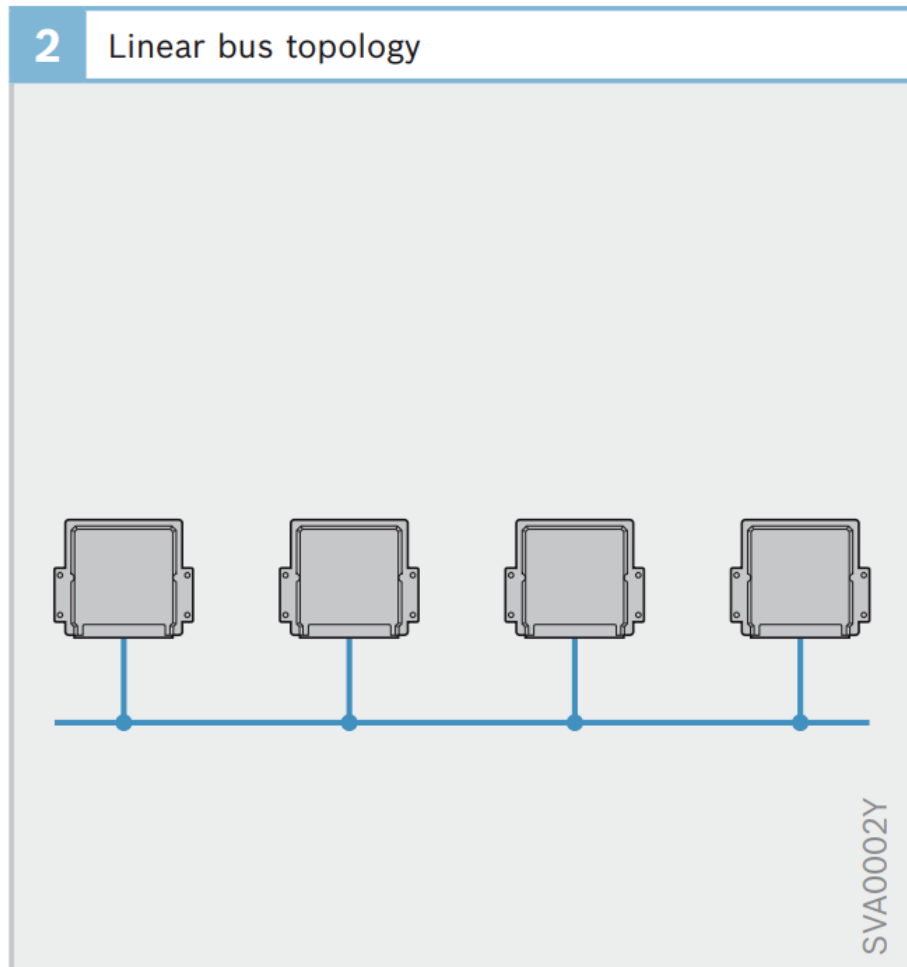
CAN-väylälle on standardisoitu tietyt määritelmät, joiden puitteissa sen kuuluu toimia. Väyläviestit koostuvat kehyksen (kuva 1) alusta, jossa ilmoitetaan viestin alkavan, sovittelukentästä, josta nähdään tunniste, mistä viesti on tulossa, sekä viestin prioriteetti. Seuraava viestin osa on kontrollikenttä, jossa ilmoitetaan databittien määrä. Viestin sisältö on kirjattu datakentässä, jonka pituus voi olla nol-lasta kahdeksaan bittiä. Varsinaisen viestin sisällön jälkeen tulee CRC-kenttä, joka varmistaa viestin pääsemisen perille virheettää sisällyttämällä tarkastussanan viestin osaan. ACK-kenttä sisällyttää viestinloppuosaan kuittaussignaalin, jolla väylässä olevat toimilaitteet voivat kuitata viestin vastaanotetuksi. Väyläviestin loppuun tulee kehyksen loppu, jolla ilmoitetaan viestin loppuminen. Näitä viestejä pystytään lukemaan ja tulkitsemaan oskilloskoopilla, jonka näyttämästä voidaan jännitetasoja tulkitsemalla erottaa viestin osat, mutta on myös työkaluja, joilla saadaan viesti käännettyä suoraan luettavaksi viestiksi binääri- tai heksadesimaaliedoksi. (Bosch Automotive Electrics and Automotive Electronics 2007: 99.)



Kuva 1. CAN-väylään lähtevän viestin kehyksen rakenne (Bosch Automotive Electrics and Automotive Electronics 2007:98).

3.2 CAN-väylän rakenne

Fyysisestä CAN-väylästä tuli muutamia kymmeniä senttimetrejä pitkä ja rakenteeltaan se koostui useammasta liittimestä. Väylän topologiasta suunniteltiin lineaarinen kuten kuvassa 2. Näin paloiteltavissa oleva väylä mahdollistaa siihen helposti lisättäväksi komponentteja. Väylästä rakennettiin Maxxecun ohjeiden sekä ISO11898 -standardin mukaan kaksi yhteen kierrettyä johdinta, josta haarautuu lähdöt virranhallintayksikölle sekä näppäimistöille.



Kuva 2. Lineaarinen väylätopologia (Bosch Automotive Electrics and Automotive Electronics 2007: 71).

Maxxecu moottorinohjaimena on asettanut protokollan tärkeysjärjestyksen kärkeen tärkeät moottorin tiedot kuten pyörimisnopeudet, kaasuläpän asennon sekä lambda-arvon taulukossa (liite 5). Kaikki ajoneuvon moottorista saapuvat anturitiedot ohjataan suoraan moottorinohjaimen, niin ettei niitä tarvitse käsitellä väylän välityksellä. Moottorin anturitietojen liikkeessa vain moottorinohjain yksikössä, kykenee se reagoimaan käsiteltävään dataan nopeammin. CAN-väylän liikenteestä suurin osa on näppäimistön, virranhallintayksikön ja moottorinohjaimen välinen kommunikaatio, joka vaikuttaa suurimmalta osin ajoneuvon korisähköihin.

4 Järjestelmän suunnittelu

Sähköjärjestelmän arkkitehtuurista pyrittiin suunnittelemaan mahdollisimman yksinkertainen. Käyttölaitteille, kuten käynnistysmoottori laturi ja virranhallintayksikkö, kulkee DIN72552 -standardin (liite 1) mukaisesti johdin numero 30 on virta, joka on yhteydessä jatkuvasti akun positiiviseen napaan. Sytytysvirralla kytkeytyy käyttölaitteet korissa sekä moottorinohjauksessa virtalukon kautta, joka on standardissa johdin numero 15. Nämä kaksi toimivat keskenään yhteisen ohjainlaitteen välityksellä. Järjestelmät suunnitellaan ja toteutetaan täysin omina johtosarjoinaan.

4.1 Komponenttien sijoittelu

Komponenttien sijoittelu ajoneuvon suunniteltiin siten, että alkuperäiset käyttölaitteet pysyvät omilla paikoillaan ja uudet ohjainlaitteet sijoitettiin helposti saataville. Ohjainlaitteiden sijoituspaikaksi päätettiin ajoneuvon keskikonsolin ja kojelaudan välinen alue, jolloin ne ovat tarvittaessa kuljettajan ja apukuljettajan ulottuvilla ajon aikana. Komponenttien sijoitus ajoneuvon sisällä suojaa ne ulkoisilta säävaihteluilta, kosteudelta ja johtosarjan pituudet pystytään minimoimaan. Ohjainlaitteiden sijoitus ajoneuvon sisään edesauttaa niiden vikaantumisen ehkäisyä kosteuden ja lian minimoinnilla.

4.2 Maadoitukset

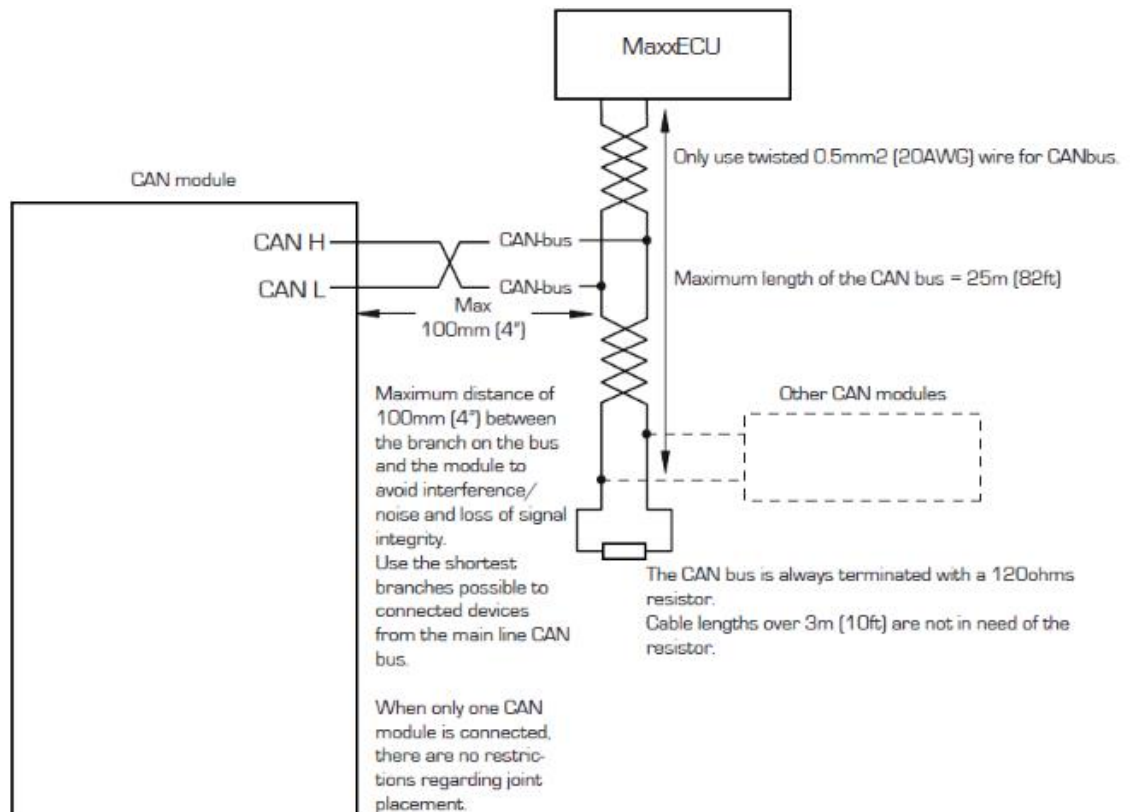
Maadoituspisteen laatu on äärimmäisen tärkeä sähköjärjestelmän luotettavan toiminnan kannalta. DIN72552 määrittelee maadoituspisteen numeroksi 31 piirustuksissa (liite 1). Ohjainlaitteiden valmistajan suositus on, että PDM:n maadoitusjohtimet ovat maksimissaan 300 mm pitkät (liite 3). PDM avulla voidaan ohjata kaikkia käyttölaitteita pulssileveysmodulaatiolla eli PWM:llä, jolloin esimerkiksi polttoainepumpun tai jäähdyttimenpuhaltimen ei tarvitse pyöriä aina täydellä teholla. Kun käyttölaitteita halutaan ohjata PWM:llä täytyy laitteet maadoittaa samaan maadoituspisteeseen kuin PDM. PWM ohjattujen laitteiden maadoitus johtimissa kulkee paluuvirtapulsseja, jotka saadaan tasoitettua

kondensaattoreilla PDM:ssä ja tämän takia maadoituspisteen täytyy olla sama kuin PDM:llä.

Moottorin johtosarjassa kulkevat maadoitusjohdot sytytyspuolilta sekä itse moottorinohjaimelta tulee maadoittaa ajoneuvon moottoriin. Samassa johtosarjassa kulkee myös antureiden signaalin maadoitusjohtimia, näitä ei saa maadoittaa moottoriin vaan moottorinohjaimen siihen tarkoitettuihin kontakteihin. Näitä ei saa maadoittaa runkoon tai moottoriin siksi, jotta väärin maadoitettuna antureiden läpi kulkevat suuret virrat eivät pääse hajottamaan moottorinohjaimen herkkiä komponentteja (liite 4).

4.3 Väylästrategia

Kuvan 3 Maxxecun moottorinohjainyksikössä, josta koko väylää ohjataan, on sisäinen päätevastus, joka on 120Ω . Tästä syystä väylään ei tarvitse suunnitella kuin vain väylän toisen pään päätevastus, joka on myös 120Ω :n suuruinen. Väylän päähän tulee liitin, jonka vastaliittimien sisään on laitettu päätevastus. Jos väylään halutaan lisätä uusia komponentteja, kuten vaihteistonohjainyksikkö tai mittaristo, pystytään väylä jakamaan päätevastuksen liittimestä ja asentamaan päätevastus ketjun seuraavan liittimen päähän. Mikäli ohjainyksiköitä olisi vain yksi väylässä, ei päätevastus olisi pakollinen. Päätevastuksia käytetään väylässä minimoimaan heijastuneita aaltoja, jotka johtuvat virheellisistä impedansseista.



Kuva 3. Maxxecun esimerkkikytkentä ja ohjeet CAN-väylän rakentamista varten (Example of CAN wiring).

4.4 Toleranssit ja suunnitteluparametrit

Kun johtosarjaa suunnitellaan, tulee ottaa huomioon toleranssit ja parametrit, jotka vaikuttavat eri osissa johtosarjaa. Pituus- ja lämpötilavaihtelut sekä virrankesto ovat asioita, joita työssä erityisesti huomioitiin.

Johtosarjojen johtimien pituudet mitattiin ajoneuvosta tekemällä esimerkiksi narusta tai yhdestä johtimesta reitti, jota johtosarjat kulkivat. Johtosarjojen haarakohdat merkattiin ja haarat tehtiin myös todenmukaisesti kulkemaan käyttölaitteille.

Mitoitusvaiheessa huomioituja asioita, joihin kiinnitettiin erityisesti huomiota, olivat

- mahdolliset mittavirheet

- noin 50 mm ylimääräistä johdinta, joka jätettiin toleranssiksi liittimiä ja virheitä varten.

Suunnitteluvaiheessa huomioituja asioita olivat seuraavat:

- Uusi johtosarja suunniteltiin ja mallinnettiin mitoitus pohjalta.
- Pyrittiin pitämään johtimet saman mittaisina kuin ajoneuvossa mitoitettut.
- Johtosarjakuivissa näkyvä toleranssi oli ± 50 mm.

Valmistusvaiheessa otettiin huomioon, että

- valmistaessa noudatettiin piirustusten mittoja
- mikäli johtimet kierretään toistensa ympäri, on johtimiin lisättävä pituutta 10–20 %.

Toleranssin valintaan vaikuttavat monet tekijät, kuten suunnittelun tarkkuus valmistusprosessin ominaisuudet ja käytävissä olevat resurssit. Tässä tapauksessa toleranssien määrittäminen perustui käytännön tarpeisiin ja mahdollisuuksiin kompensoida mittavirheitä eri vaiheissa. Suunnittelun ja valmistuksen vaiheissa otettiin huomioon manuaaliset mittaukset ja valmistusprosessin erityispiirteet, mikä vaikuttaa valittujen toleranssien suuruuteen. Tämä tasapainottelu varmistasi, että lopputuloksena on toimiva ja soveltuva johtosarja huolimatta mahdollisista mittaus- ja valmistusvirheistä.

Suunnitteluvaiheessa otettiin huomioon lämpötilan vaihteluiden parametrit, jotta johtimien käyttölämpötila ei ylitä pitkiä aikoja kuorimateriaalin määriteltyjä arvoja. Yksittäiset korkeat lämpöshokit voivat vaarantaa johtimen kuoren, mutta tätä riskiä hallitaan kutisteletkulla, joka suojaa johtimia suoralta lämpösäteilyltä. Tällä varmistettiin, ettei johtimia altisteta haitallisille lämpötilavaikutuksille pitkäaikaisessa käytössä.

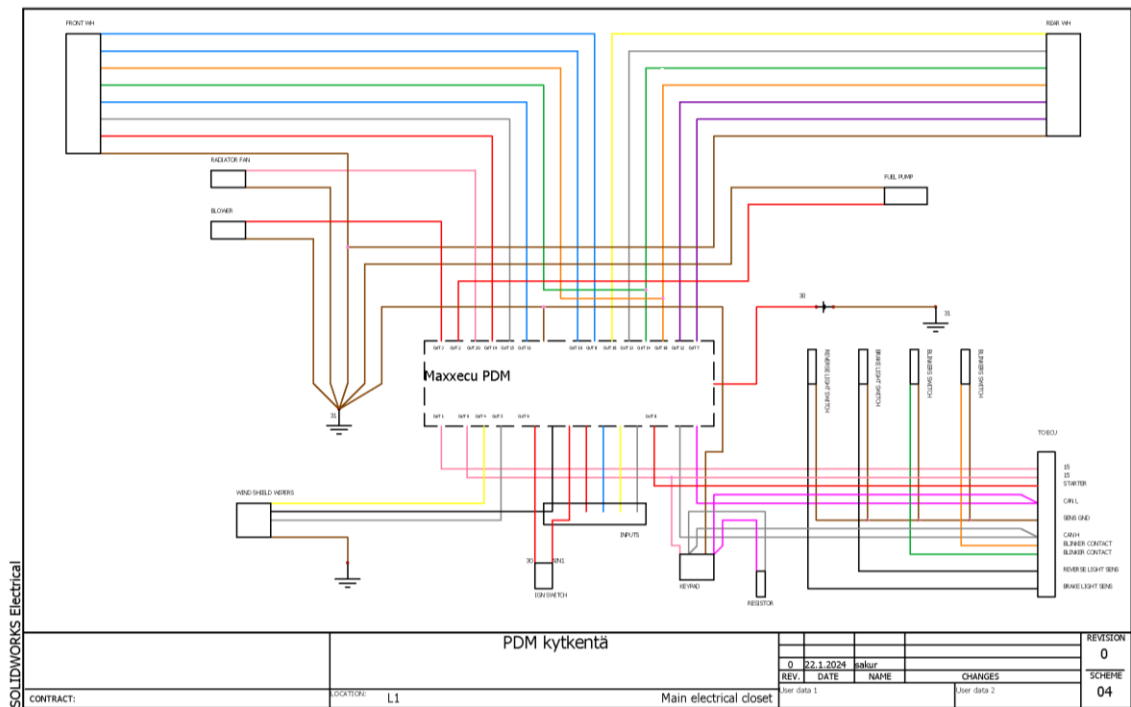
Lämpötila- sekä paineantureissa on otettava huomioon niissä esiintyvä toleranssi. Esimerkiksi Boschin valmistama lämpötila-anturi toimii NTC-vastuksella, jossa vastuksen toleranssi 20 celsiusasteessa ja 2,5 kilo-ohmilla on ± 5 %. Tämän takia, jos halutaan antureista varmasti tarkka arvo, on ne mitattava itse ja tarkastettava arvo toleranssin sisältä (liite 2).

Johtimien sekä liittimien virrankesto on yksi oleellisimmista osista johtosarjan suunnittelua. Työssä johtosarjassa käytettävien johtimien mitoituksessa jätettiin huomattava vara virrankestossa sekä jännitehäviöissä. Johtosarjan paino ei ole merkittävä, eikä näin ollen ole tarvetta mitoittaa aivan rajoille jännitehäviöissä, voitiin johtimien poikkipinta-alaa kasvattaa seuraavaan kokoon. Liittimet mitoitettiin jokainen omaan käyttötarkoitukseensa. Liittimet mitoitettiin myös hieman suuremmiksi, kuin mitä ne voisivat jossain johtosarjan kohdissa olla. Korin johtosarjan päissä on yhdet isommat liittimet, joiden läpi kulkevat ajoneuvon keulaan kulkevat johtimet sekä taakse kulkevat. Nämä liittimet on mitoitettu suurimman siitä läpi kulkevan virran mukaan, jolloin liitin ja sen terminaalit kestävät. Johtimet ja liittimet on mitoitettu kestäämään hieman enemmän virtaa kuin ne oikeasti vaatisivat. Ajoneuvossa voi virta syystä tai toisesta jännitteen laskiessa kasvaa, jolloin kaiken täytyy kestää.

4.5 Piirroksset

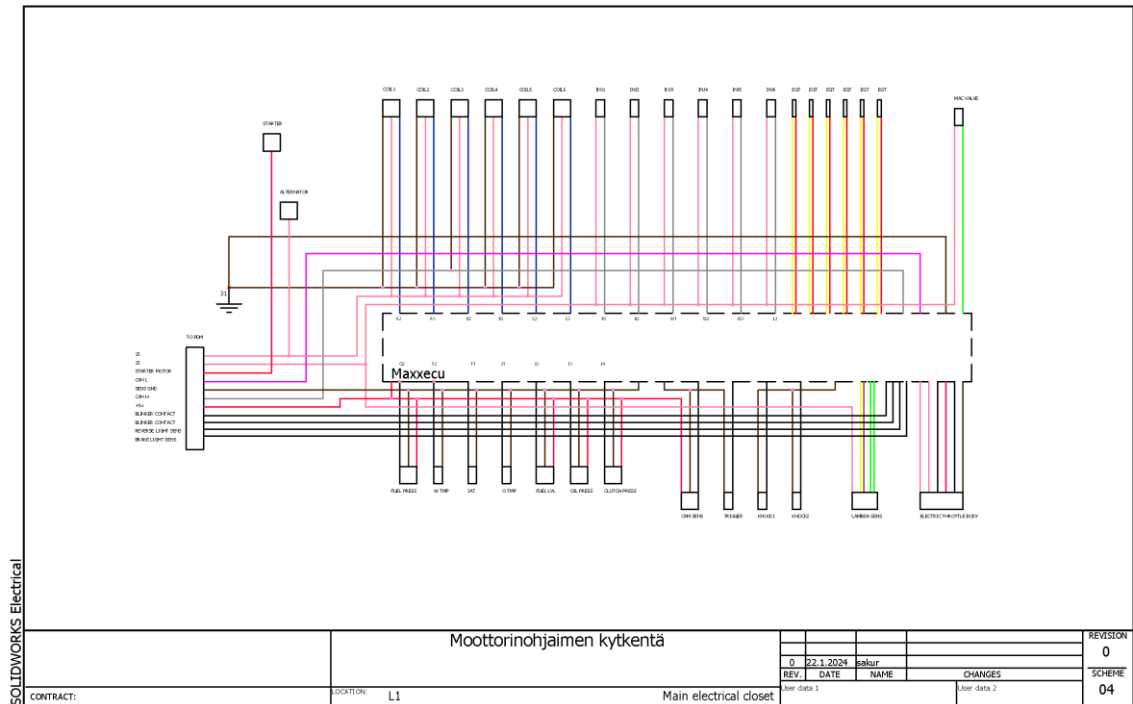
Tärkeänä osana suunnittelua on luoda piirustukset suunnittelussa käytettyjen taulukoiden sekä osa- ja komponenttilistojen pohjalta. Näin saadaan visuaalisesti luotua dokumentti, josta nähdään kuinka sähköjärjestelmä muodostuu. Kuva 4 on luotu taulukon 2 tietojen pohjalta. Työkaluna

piirtämisessä käytettiin SolidWorks Electrical 2022 -sovellusta, joka pienen perehtymisen jälkeen on melko selkeä työkalu käyttää.



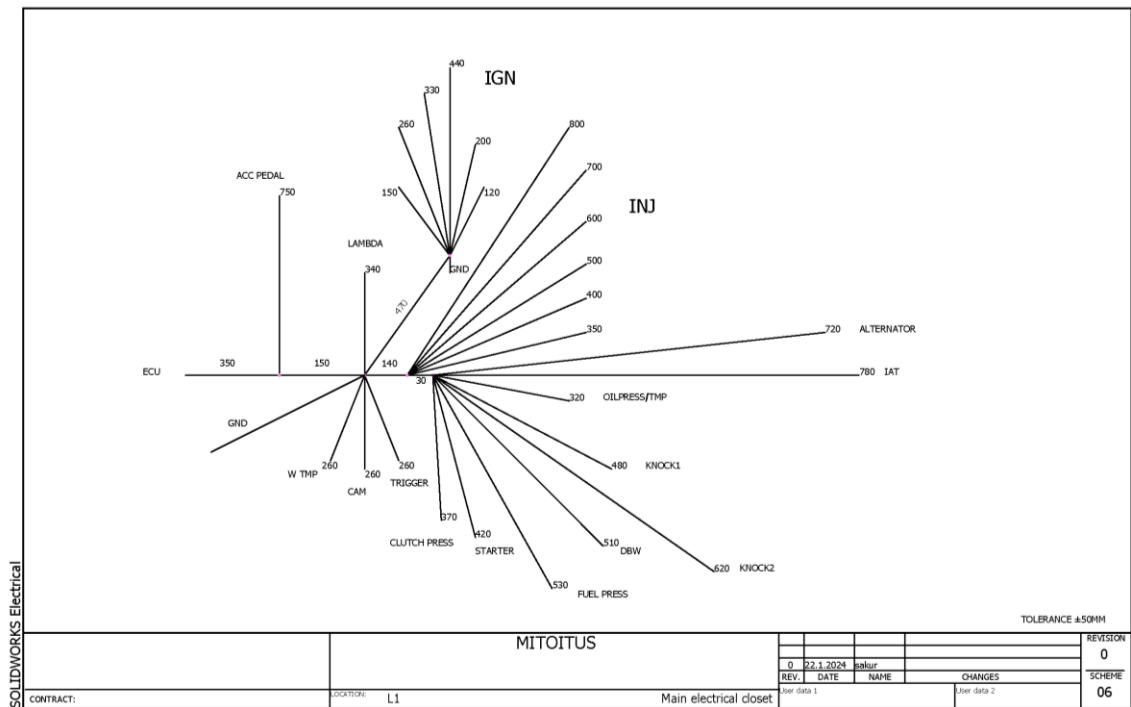
Kuva 4. KytKentäpiirustukset virranhallintayksikölle.

Maxxecun moottorinohjaimelle löytyy valmis kytkentäohje (liite 4), josta nähdään sen sisältävän paljon enemmän lähtöjä, mitä työssä tarvitaan. Moottorinohjaimen kytkentä on luotu valmiin ohjeen pohjalta ja hyödynnetty taulukkoon 3 listattua antureiden pinnijärjestystä. Näin kuvassa 5 saadaan yksinkertaistettu piirros moottorinohjaimen sähköistä sekä tietoon PDM:lle kulkevat johtimet.



Kuva 5. Kytkentäpiirustukset moottorinohjainyksikölle.

Sähköpiirustusten jälkeen luodaan johtosarjaa tehtäessä käytettävä mittakuva. Kuvaan mallinnetaan kaikki käyttöön tulevat johtimet, pituuksien kanssa, jotka nähdään kuvasta 6. Kuva pystytään mallintamaan suuremmalle alueelle 1:1 mittasuhteelle, jolloin johtosarjan johtimet voidaan suoraan leikata määrämittaansa.



Kuva 6. Moottorinjohtosarjan mitoituskuva.

5 Komponenttivalinnat

5.1 Johtimet

Johtosarjasuunnittelu tulee aloittaa selvittämällä, millaisia virtoja toimilaitteet tarvitsevat, jotta johtimien poikkipinta-alat voidaan mitoittaa oikein. Koriin liitettäviä komponentteja ovat auton alkuperäiset valaisimet etu- sekä takapäähän, lämmityslaitte, polttoainepumppu ja jäähdyttimien puhallin. Taulukosta 1 nähdään näiden edellä mainittujen käyttölaitteiden käyttämä sähkövirta.

Johtimien poikkipinta-alat määritetään selvittämällä johtimen pituus sekä johtimessa suurin sallittu jännitehäviö. Ensin lasketaan resistanssi johtimessa (kaava 1) käyttölaitteiden kuluttavan ja käyttöjännitteen avulla. Johtimien poikkipinta-ala lasketaan johtimen resistiivisuuden, poikkipinta-alan sekä pituuden avulla (kaava 2). Projektissa käytettävät ajoneuvojohtimet ovat kuparia, jonka resistiivisyys on $1,678 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}$. Käyttölaitteiden johtimien pituudet ja virrankulutus ovat tiedossa. Laskujen avulla pystytään valitsemaan poikkipinta-alaltaan

oikea johdin ja Boschin Autoteknisestä taskukirjaan taulukosta nähdään, ettei mikään jännitehäviöistä kasva liian suureksi (Autoteknillinen taskukirja: 979).

$$U = R * I \quad (1)$$

R = resistassi

ρ = resistiivisyys

l = pituus

A = pinta-ala

$$R = \rho * \frac{l}{A} \quad (2)$$

Johtosarjassa käytetään Amokabelin valmistamaa johdinta, joka on ajoneuvo-käyttöön hyväksyttyä monisäikeistä kuparijohdinta. Johtimen ominaisuudet riit-tävät hyvin käyttöön myös ajoneuvon moottorin läheisyydessä olemiseen, vaikka johtimen kuori on valmistettu PVC-muovista eikä näin ollen kestä kor-keita lämpötiloja. (Johtimien tekninen seloste.)

Taulukko 1. Käyttölaitteet ja niille mitoitettut johtimien minimipinta-alat.

Käyttölaitte	Teho		Virta		Resistanssi		Pituus		Jännitehäviö		Pinta-ala	
	W		A		Ω		m	V		mm ²		
Polttoainepumppu	250	W	18,4	A	0,013	Ω	2	m	0,2	V	2,5	mm ²
Jäähdyttimen puhallin	250	W	20,8	A	0,020	Ω	3	m	0,4	V	2,5	mm ²
Etuvalot (lyhyet)	110	W	9,2	A	0,034	Ω	3	m	0,3	V	1,5	mm ²
Etuvalot (Pitkät)	110	W	9,2	A	0,034	Ω	3	m	0,3	V	1,5	mm ²
Takavalot	20	W	1,7	A	0,084	Ω	5	m	0,1	V	1	mm ²
Jarruvalot	15	W	1,3	A	0,084	Ω	5	m	0,1	V	1	mm ²
Parkkivalot (edessä)	10	W	0,8	A	0,050	Ω	3	m	0,0	V	1	mm ²
Takasumuvalo	5	W	0,4	A	0,084	Ω	5	m	0,0	V	1	mm ²
Peruutusvalo	5	W	0,4	A	0,084	Ω	5	m	0,0	V	1	mm ²
Vasen vilkku	10	W	0,8	A	0,117	Ω	7	m	0,1	V	1	mm ²
Oikea vilkku	10	W	0,8	A	0,117	Ω	7	m	0,1	V	1	mm ²
Sisätilanlämmittimen moottori	35	W	2,9	A	0,008	Ω	0,5	m	0,0	V	1	mm ²
Moottorinhjain	150	W	12,5	A	0,008	Ω	0,5	m	0,1	V	1	mm ²
Sytytyspuolat	140	W	11,7	A	0,022	Ω	2	m	0,3	V	1,5	mm ²
Pyyhkijät hidas	50	W	4,2	A	0,034	Ω	2	m	0,1	V	1	mm ²
Pyyhkijät nopea	70	W	5,8	A	0,034	Ω	2	m	0,2	V	1	mm ²
Lasinpesunestepumppu	40	W	3,3	A	0,050	Ω	3	m	0,2	V	1	mm ²

Ajoneuvon moottorin suorituskykyä on parannettu, minkä vuoksi osa moottorinhjaimen tarvittavista tiedoista on moottorin kestävyuden ja luotettavuuden kannalta elintärkeää. Moottorista halutaan kerätä enemmän tietoa kuin saman ikäluokan alkuperäisinä yksilöinä säilyneet yksilöt tarjoavat. Siksi moottoriin on suunniteltu halutut anturit ja niiden sijainnit huomioiden käyttötarkoitus.

5.2 Liittimet

Johtosarjoista suunniteltiin kokonaisuus, jonka tulee olla purettavissa pienempiin osiin ja tästä syystä johtosarjoissa on myös muita liittimiä kuin ohjain- ja käyttölaitteiden liittimet. Tähän tarkoitukseen soveltuva liitinperhe löytyi Deutshin valikoimasta. Liittimiä on kolmea eri kokoa, ja niitä on erittäin yksinkertaisia käyttää sekä niillä on hyvä saatavuus, mikäli tulevaisuudessa tarvitsee uusia liittimiä. Jokaisessa kolmessa kokoluokan liitinterminaalit ovat pyöreitä ympäriltä puristettavia terminaleja (kuva 7), joita on myös saatavilla kullattuina, mikäli halutaan saada paras mahdollinen kontakti liittimien välillä sekä suoja

liitinterminaalien hapettumiselle. Ajoneuvon korisähköissä käytetään DT- sekä DTP-sarjan liittimiä ja moottorin johtosarjassa DTM-sarjan liittimiä. (Deutch connector user guide.)



Kuva 7. Neljäleukaisella puristimella puristettu DTM-sarjan liitinkontakti.

Deutsch-liitinsarjojen lisäksi korinjohtosarjassa käytetään myös auton alkuperäisiä liittimiä kuten valoissa. Moottorinjohtosarjassa käytetään aitoja Boschin liittimiä niiden korkean laadun vuoksi.

Boschin liitinrungot, joita käytettiin, olivat tarkoitettuja ajoneuvokäyttöön datalehtien perusteella. Kaikki johtosarjassa käytettävät Boschin liitinkotelot soveltuvat asennettavaksi kiinni moottoriin tai vaihteistoon. Lämmönkesto koteloilla on kohtuullinen, minkä lisäksi käytettävä muovi PA66 GF30 kestää hyvin polttoaineita sekä öljyä (liite 7). Liitinrunkojen muovi on myös hyvin kulutuksen kestävä, joka tekee niistä hyvän valinnan johtosarjan liittimiksi. Mikäli käytettäisiin jotain liitinrunkoja, joiden valmistajasta ei ole tietoa, voi koitua yllätyksiä liitinrunkojen kemiallisten aineiden sekä lämmönkeston kanssa. (Low Pole Connectors.)

Terminaaleina muissa kuin Deutsch-liittimissä käytetään tinattuja sekä kullattuja terminaaleja. Tina toimii hyvänä korroosio suojana perusliittimissä, sähkökemiallisen sarjan mukaan tina on hyvin inertti materiaali, kun vastassa on toinen tinattu liitin. Se tekee siitä kustannustehokkaan sekä luotettavan pinnoitteen terminaalille. Osa käytettävistä antureista on valmistettu kullatuilla terminaaleilla, niin niiden kanssa on käytettävä kullattuja terminaaleja, jotta sähkökemiallinen pari toimii parhaiten ja näin ollen hapettuman vaara on lähes olematon. Kulta on jalometalleista jaloin, joten liittimen terminaalina sen on paras mahdollinen vaihtoehto sen hapettumattomuuden ansiosta.

5.3 Ajoneuvon korisähkötekniikka

Korisähköjen tekeminen aloitettiin komponenttien sijoittaminen omille paikoille. Moottorinohjainyksikkö sekä virranhallintayksikkö sijoitettiin lähelle auton tulipeltiä, kardaanitunnelin päälle, huoltoystävällisen sijainnin vuoksi. Moottorinohjainyksikkö sijoitettiin myös sen takia lähelle tulipeltiä, jotta moottorinjohtosarjasta ei tulisi niin pitkä.

Korin sähköjärjestelmää ohjataan virranhallintayksiköllä eli PDM:llä, jossa yksikkö saadaan ohjelmoitua täysin käyttäjän haluamilla kriteereillä. Yksikön ansiosta ajoneuvon ei tule yhtään ulkoista relettä sekä lähes kaikki sulakkeet ovat myös yksikön sisällä. PDM:ssä on 20 jännitteen lähtöä, joista kaikki tulee käyttöön. Lähtöjen eri terminaaleista saadaan eri määriä virtaa käyttölaitteille, nämä määritetään taulukossa 2.

Taulukko 2. Virranhallintayksikön lähdöt jaoteltuna johtosarjan liittimien mukaan ja käyttölaitteiden johtovärit.

TO ECU			
OUT 1	25A	Moottorinohjain, näppäimistö	PUN
OUT 6	25A	Startti	PUN
OUT 9	15A	Sytytyspuolat	PUN
IGN SWITCH			
OUT 17	8A	Virtalukko	PUN
AIN1		Virtalukon heräte	PUN
FRONT WH			
OUT 8	25A	Parkkivalot (edessä)	SINMUS
OUT 10	15A	Etuvälöt (lyhyet)	SINMUS
OUT 11	15A	Etuvälöt (Pitkät)	SINPUN
OUT 14	15A	Vasen vilkku	VIH
OUT 15	8A	Äänimerkki	HARMUS
OUT 18	15A	Oikea vilkku	ORA
OUT 19	8A	Lasinpesunestepumppu	PUNMUS
FUEL PUMP			
OUT 2	25A	Polttoainepumppu	PUN
REAR WH			
OUT 7	25A	Takasumuvalo	LILMUS
OUT 12	15A	Takavälöt	LIL
OUT 13	15A	Jarruvälöt	HARPUN
OUT 14	15A	Vasen vilkku	VIH
OUT 16	8A	Peruutusvalo	KELMUS
OUT 18	15A	Oikea vilkku	ORA
WIND SHIELD WIPERS			
OUT 4	25A	Pyyhkijät hidas	KEL
OUT 5	25A	Pyyhkijät nopea	HAR
AIN2		Parkki katkaisin	MUS
BLOWER			
OUT 20	15A	Sisätilanlämmittimen moottori	PUN
RADIATOR FAN			
OUT 3	25A	Jäähdyttimen puhallin	PUN
INPUTS			
AIN3		Startti	PUN
AIN4		Pitkät kytkin	SINPUN
AIN5		Pyyhkijät hidas	KEL
AIN6		Pyyhkijät nopeat	HAR

5.3.1 Sulakkeet ja releet

Sähköjärjestelmän sulakkeet sekä releet on korvattu Maxxecun virranhallintayksiköllä. Jokaiselle käyttölaitteelle määritettiin erikseen suurin sallittu virta, jota yksikkö laitteelle jakaa. Mikäli maksimivirran raja ylittyy, voidaan yksikkö ohjelmoida käsittelemään se manuaalisesti nollaamalla tai erilaisilla automaattisilla nollauksilla kuvassa 8. Rajan ylityttyä riittävän monta kertaa automaatti nollauksilla ilmoittaa yksikkö virheestä. Yksikön pystyy myös ohjaamaan poistamaan käyttölaitteen pois päältä, mikäli käyttölaitteelle syötetään alijännitettä.

Output fault settings					
	Max A	Overcurrent reset	Undercurrent fault	Min current	Soft start
Output 1	15.00	3 retrys, 3 seconds	No undercurrent faults		Disabled
Output 2	10.00	3 retrys, 3 seconds	No undercurrent faults		Disabled
Output 3	10.00	3 retrys, 3 seconds	No undercurrent faults		0.2 sec ramp
Output 4	10.00	3 retrys, 3 seconds	No undercurrent faults		0.5 sec ramp
Output 5	10.00	3 retrys, 3 seconds	No undercurrent faults		1.0 sec ramp
Output 6	10.00	3 retrys, 3 seconds	No undercurrent faults		2.5 sec ramp
Output 7	10.00	3 retrys, 3 seconds	No undercurrent faults		5.0 sec ramp
Output 8	10.00	3 retrys, 3 seconds	No undercurrent faults		10 sec ramp
Output 9	10.00	3 retrys, 3 seconds	No undercurrent faults		Disabled
Output 10	10.00	3 retrys, 3 seconds	No undercurrent faults		Disabled
Output 11	10.00	3 retrys, 3 seconds	No undercurrent faults		Disabled
Output 12	10.00	3 retrys, 3 seconds	No undercurrent faults		Disabled
Output 13	10.00	3 retrys, 3 seconds	No undercurrent faults		Disabled
Output 14	10.00	3 retrys, 3 seconds	No undercurrent faults		Disabled
Output 15	10.00	3 retrys, 3 seconds	No undercurrent faults		Disabled
Output 16	10.00	3 retrys, 3 seconds	No undercurrent faults		Disabled
Output 17	10.00	3 retrys, 3 seconds	No undercurrent faults		Disabled
Output 18	10.00	3 retrys, 3 seconds	No undercurrent faults		Disabled
Output 19	10.00	3 retrys, 3 seconds	No undercurrent faults		Disabled
Output 20	10.00	3 retrys, 3 seconds	No undercurrent faults		Disabled

Kuva 8. Ruutukaappaus Maxxecun tietokonesovelluksesta, jolla ohjataan moottorinohjaimen lisäksi virranhallintayksikön toimia.

Releitä ei myöskään järjestelmässä ole, vaan ne on korvattu ohjainlaitteen sisäisillä puolijohdereleillä, joita pystytään ohjaamaan vapaasti PDM:n avulla. Puolijohdereleet ovat helppoja ja nopeita komponentteja; niistä ei synny valokaarta,

koska releen sisällä ei ole mekaanisia osia. Releen sisällä oleva diodi ohjaa joko tyristoria tai mosfetiä johtamaan virran käyttölaitteelle. Puolijohdereleillä voidaan ohjata käyttölaitteita PWM:llä. Näin ollen suuria virtoja vievät käyttölaitteet voidaan kytkeä pehmeästi käyntiin, jolloin järjestelmään ei kohdistu piste-mäistä virtapiikkiä. (Solid State Relays: A Basic Overview.)

5.4 Moottorin sähköjärjestelmä

Moottorille kulkeva johtosarja on olennainen suojaamisen sekä reitityksen kannalta. Anturitietoja kuljettavaan johtosarjaan ei haluta indusoituvan häiriösignaaleja, joten moottorille tärkeimmät anturitiedot johdetaan häiriösuojajohtimissa. Toisin kuin korin käyttölaitteille kulkevat johtimet moottorin johtosarja kulkee hyvin kuumissa ja vaurioalttiissa paikoissa, joten johtimien reititys nousee vielä oleellisemmaksi.

Moottorissa olevat anturit kuluttavat vain muutamia milliampeereja virtaa, ja moottorin käyttölaitteet, kuten suuttimet, puolat ja sähköinen kaasuläppä, vievät huomattavasti enemmän virtaa, joten antureiden johtimille laskettuja optimikokoja kasvatetaan, jotta johtosarja saadaan siististi rakennettua poikkipinta-alaltaan samanlaisilla johdoilla. Käyttöön tulevien antureiden johdotukset pyritään pitämään moottorin kylmällä puolella johtosarjaan kohdistuvan lämpökuorman välttämiseksi.

Moottorin johtosarjaa tehdessä on huomioitava antureille jaettavien syöttöjännitteiden ja maadoitusten jakaminen järkevissä kohdissa. Kun johtosarjasta haarautuu yksi osa, pystytään anturin syöttömaa ja maadoitus tekemään helposti haarassa, hieman porrastaen, jottei haara kohdasta tule liian paksu.

5.4.1 Anturit

Anturoinnin suunnittelu aloitetaan tutustumalla moottorinohjaimen tuloihin ja määrittelemään, mitä antureita ohjaimen kanssa voidaan käyttää. Moottoriin asennettavia antureita, joita käytetään ovat kampi- ja nokka-akselin

pyörintätunnistimet, lambda-anturi, imuilman, veden sekä öljyn lämpöanturit, öljyn- sekä polttoaineenpaineanturit ja pakolämpötieto sylinterikohtaisesti K-tyypin termoparilla valitut anturit nähdään taulukossa 3. Moottorin suorituskykyä on merkittävästi paranneltu alkuperäisestä ja nyt moottorin tilaa seurataan entistä tarkemmin kerättävän datan avulla. Esimerkiksi jäähtytynesteen painetieto helpottaa ennakoivissa toimenpiteissä; mikäli kannentiiviste vuotaisi, kannenpultit väsyisivät tai sylinterilohkossa tai -kannessa ilmenisi halkeama.

Taulukko 3. Moottorinohjaimen kytkeytyvät anturit lukuun ottamatta kaasuläpää ja poljinta.

PINNI	FUNKTIO	
G1	5V SENS	5V syöttövirta antureille
G2	ANALOG IN	Polttoaineenpaine
F2	TEMP	Vedenlämpö
F1	TEMP	Imuilmanlämpötila
J1	TEMP	Öljynlämpötila
J2	TEMP	Polttoaineen tasoanturi
J3	ANALOG IN	Öljynpaine
J4	ANALOG IN	Kytinnesteenpaine
K3	DIGITAL IN	Peruutusvalon kytkin
K4	DIGITAL IN	Jarruvalon kytkin
H1	SENS GND	Antureiden maadoitus
E3	SHIELD GND	Signaalikaapeleiden kuoren maadoitus
F3	WBO2	Lambda
F4	WBO2	Lambda
G3	WBO2	Lambda
G4	WBO2	Lambda
D1	WBO2 HTR GBOUT	Lambda
H3	TRIGGER	Kampiakselin asentotunnistin
H4	CAM	Nokka-akselin asentotunnistin
H2	VR GND	Asentotunnistimien maadoitus
M4	12V	
L4	ENGINE GND	Maadoitus
E2	CAN L	CAN high
G3	5V SENS	5V syöttövirta antureille
G4	ANALOG IN	Polttoaineenpaine
F0	TEMP	Vedenlämpö
F1	TEMP	Imuilmanlämpötila
J5	TEMP	Öljynlämpötila
J6	TEMP	Polttoaineen tasoanturi
J7	ANALOG IN	Öljynpaine
J8	ANALOG IN	Kytinnesteenpaine
K5	DIGITAL IN	Vilkun kytkin
K6	DIGITAL IN	Vilkun kytkin

5.5 Johtosarjan suojaus

Ajoneuvon korin sisällä kulkevat johtosarjat suojataan vain kieputtamalla laadukasta johtosarjateippiä harvakseltaan johtosarjan ympärille siten, että johtimet pysyvät yhdessä siististi. Ajoneuvon sisällä kulkevia johtimia ei tarvitse suojata samalla tavalla kuin konehuoneessa sijaitsevia johtimia, koska sisällä olosuhteet pysyvät hyvin maltillisina verrattuna korin ulkopuoleen. Kun korin sisäpuolella kulkevat johtosarjat on teipattu ja kiinnitetty koriin nippusiteillä siten, ettei sarja pääse hieroutumaan korin pelteihin, ei sarjalla pitäisi olla vaaraa vaurioitua millään tavalla.

Johtimet, joita käytettiin kestävät itsessään n. 100 astetta ennen kuin PVC-kuori rupeaa vaurioitumaan. Konetilaan tulleet johtimet ja johtosarjat suojattiin HellermannTytonin kutistemuoviletkulla, lämmönkesto tuotteessa on hieman korkeampi kuin johtimen kuoressa (HIS-PACK – ohutseinämäinen). Letkun avulla vaikeampiin olosuhteisiin tuleville johdinsarjoille saatiin estettyä suora johtimen kuoreen säteilevää lämpökuormaa, suojaa UV-säteilyltä sekä kosteudelta. Johtosarjasta tuli itsessään kosteuden kestävä, kun käytimme suojattuja liittimiä, mutta osa liittimien päälle tulleista lisäsuojista tehtiin näkyville tuleville liittimille vain konehuoneessa olevan yleisilmeen takia.

Johtosarjojen haarakohdissa suoja katkeaa ja jatkuu mahdollisesti ohuempina haaroina. HellermannTytonin liimallinen kutistemuoviletku olisi tähän vaihtoehto, mutta liima sulaa jo 85 Celsius asteessa, joten se ei sovellu käyttöön konehuoneessa. Haarat suojataan Tesan valmistamalla johtosarja teipillä (Tesa johtosarjateippi), jotta johtosarjan haarat saadaan pysymään kunnossa.

6 Valmistus

6.1 Kontaktien puristaminen

Kontaktia puristaessa on otettava huomioon oikea tapa kuoria johdin sekä puristaa se (liite 6). Johdinta kuoritaan vain tarvittava määrä, joka määräytyy

kontaktissa olevan puristettavan osuuden mukaan. Samassa liittimessä käytettäviä kontakteja valmistetaan useille eri johdinkoille, joten kontaktien valinta riippuu johtimen poikkipinta-alasta. Riippuen liittimestä siinä itsessään voi olla sili-koninen tiiviste johtimille tai sitten johtimeen tulee tiiviste, joka puristetaan paikalleen kontaktin takaosassa olevalla leveämmällä puristimella. Tärkeää on puristaa kontakti oikealla työkalulla kuten kuvassa 9, jossa useita vaihtoehtoja erikokoisten liittimien puristamiseen.



Kuva 9. Hozan-liitinpihdit avoimille terminaaleille.

Terminaali kuvassa 10 puristettu oikeanlaisilla pihdeillä ja oikealla puristusvoimalla, jossa johtimen kuparisäikeet puristuvat terminaaliin niin, että puristettava osuus luo johtimelle vedonpoistoa, kontakti ei väännä puristaessa eikä puristus ole liian löysä.



Kuva 10. Junior Power Timer -mallinen liitinterminaali puristettuna ohjeiden mukaan.

6.2 Johtosarjan valmistus

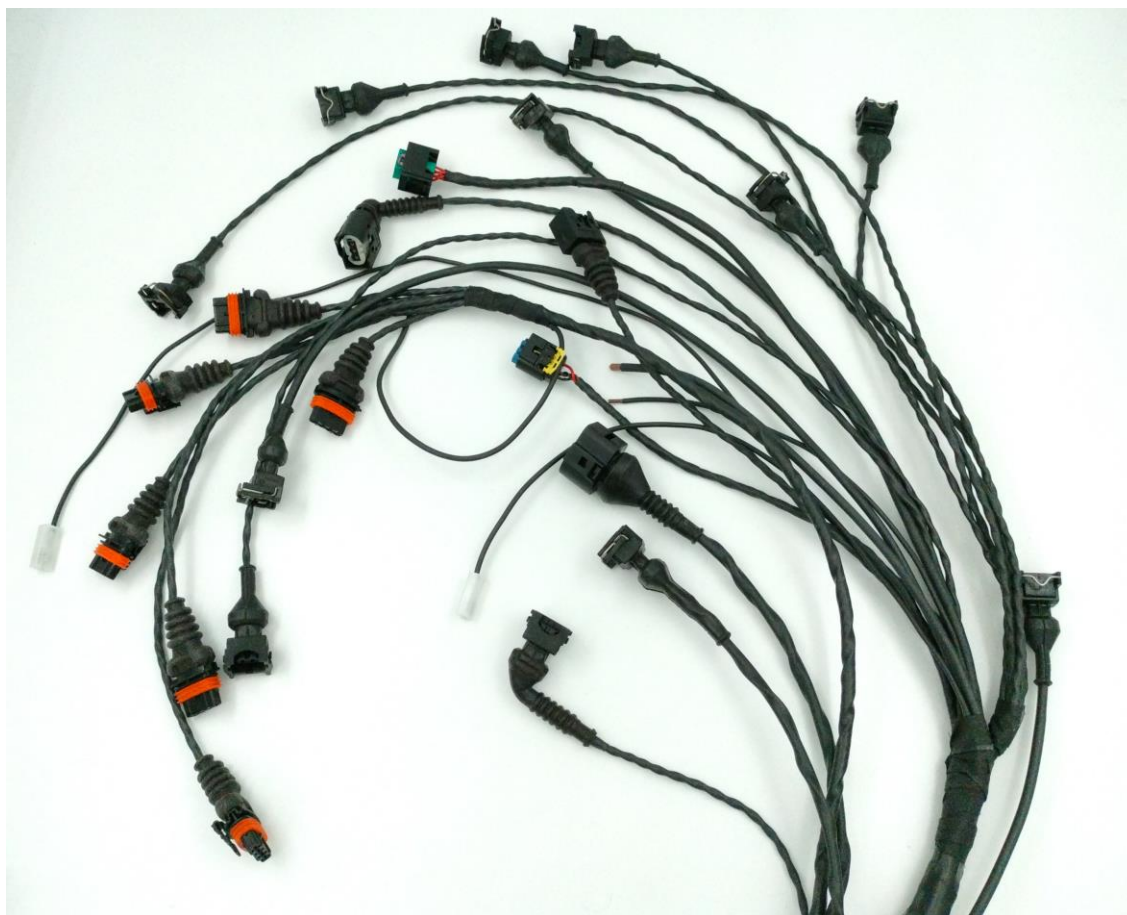
Johtosarjan valmistuksessa noudatettiin tarkasti aiemmin määriteltyjä suunniteluparametrejä ja käytettiin datalehtien perusteella valikoituja materiaaleja, jotta voitiin varmistua lopputuloksen luotettavuudesta.

Johtosarjan valmistuksen kulku oli seuraava:

- Mitattiin ja katkaistiin johdot oikean mittaan.
- Haaroitettiin 12 V tarvittaville komponenteille sekä antureiden syöttöjännitteet sekä maadoitukset johtosarjan haarakohdissa.
- Pujotettiin kutisteletkut tai kieritettiin johtosarjateippiä johtimien päälle.
- Suojattiin haarakohdat johtosarja teipillä.
- Laitettiin liittimien kumisuojat johtimien päälle ennen liittimien asennusta.
- Kuorittiin johtimet ja puristettiin terminaalit johtotiivisteiden kanssa.
- Asennettiin liittimet sekä niiden suojakumit.

Toimiessa järjestelmällisesti valmistuksen eri vaiheet olivat keskeisiä onnistuneen sähköjärjestelmän rakentamisessa. Jokainen valmistusvaihe vaikuttaa suoraan järjestelmän luotettavuuteen ja huolellinen työ varmistaa, että

sähköjärjestelmä täyttää kaikki asetetut vaatimukset. Valmiina tuotteena saadaan kuvassa 11 oleva moottorinjohdosarja.



Kuva 11. Valmis johdosarja ilman maadoitukseen käytettäviä rengasliittimiä.

7 Päätelmät

Sähköjärjestelmän suunnittelu on olennainen osa ajoneuvon kokonaisrakennetta ja toimintaa. Tässä työssä pyrittiin luomaan yksinkertainen ja toimiva sähköinen arkkitehtuuri, joka mukailee Traficomien määräyksiä, ajoneuvolakia sekä DIN72552 -standardista poimittujen yksittäisten johtimien numerointeja. Suunnitelmien mukainen johdotus toteutettiin huolellisesti huomioiden maadoituksen laadun ja sijoittelun.

Komponenttien sijoittelussa korostettiin alkuperäisten laitteiden pysymistä omilla paikoillaan ja uusien ohjainlaitteiden helppoa saavutettavuutta. Työssä

perehdyttiin CAN-väylän rakenteeseen, joka toteutettiin toimivaksi kokonaisuudeksi. Suunnitteluvaihe tuotti työssä eniten haasteita virtalaskelmien sekä sähköpiirustusten kanssa, mutta lopulta molemmista saatiin laadukkaita sekä selkeästi luettavia. Valmistuksessa haasteita ei juurikaan ilmentynyt ja johtosarjojen teko oli luontevaa sekä yksinkertaista.

Työssä käytettyjen komponenttien pitkän aikavälin kestoa on vaikea arvioida, mutta johtosarjat toistaiseksi ovat odotusten mukaiset. Johtosarjan valmistukseen olisi voitu käyttää ominaisuuksiltaan korkealaatuisempia johtimia, liittimiä, kutisteletkuja sekä kutistemuotoja sarjan haarakohtiin. Korkealaatuisemmat komponentit lisäävät johtosarjojen kestävyyttä moottoriurheilumaailmassa, jossa sarjoja irrotetaan useita kertoja lyhyissäkin ajoissa ja jossa ne altistuvat rajuille ääriolosuhteille enemmän. Koska johtosarjat tulevat käyttöön ajoneuvossa, jota ei ole tarkoitettu kilpakäyttöön, ei johtosarjatarvikkeiden tarvitse olla ääriolosuhteisiin tai nopeasti huollettavaksi suunniteltuja.

Valmiit johtosarjat ovat yhtenäinen, toimiva sekä esteettinen kokonaisuus. Suunniteltu ja toteutettu sähköjärjestelmä tarjoaa monipuolisen ja tehokkaan ratkaisun, joka vastaa niin käytännön tarpeisiin kuin tulevaisuuden laajennusmahdollisuuksiin.

Lähteet

Ajoneuvolaki. 2021. 82/15.1.2021.

Auton ja sen perävaunun rakenteen muuttaminen. 2019. Traficom.

Autoteknillinen taskukirja. 2003. 6. painos. Helsinki: Autoalan Koulutuskeskus Oy.

Low Pole Connectors. Verkkoaineisto. Bosch-connectors. <<https://bosch-connectors.com/bcp/b2bshop-psconnectors/en/EUR/Low-Pole-Connectors/c/ps1/>>. Luettu 15.1.2024.

Bosch Automotive Electrics and Automotive Electronics. 2007. E-kirja. Rober Bosch GmbH.

Control Area Network Physical Layer Requirements. 2008. E-kirja. Steve Corrigan. Texas Instruments.

Deutch connector user guide. Verkkoaineisto. Deutschconnector. <https://www.deutschconnector.com/technical/deutsch_dt_and_dtm_connector_user_guide/>. Luettu 25.1.2024.

Example of CAN wirings. Verkkoaineisto. Maxxecu. <<https://www.maxxecu.com/webhelp/wirings-can.html>>. Luettu 24.1.2024.

HIS-PACK – ohutseinämäinen. Verkkoaineisto. <<https://www.hellermannntyton.fi/tuotteet/kutistemuoviletkut/his-pack-9.5-4.7/300-30950#downloadsanchor>>. Luettu 25.11.2023.

Kangasteippi johtosarjojen tekoon ja korjaukseen. Verkkoaineisto. Finjector. <https://finjector.com/tesa_kangasteippi_johtosarjojen_tekoon_ja_korjaukseen_musta_lev_19_mm_rullassa_25_m_paksuus_260_%C2%B5m-p-483559-0>. Luettu 22.1.2024.

R2. Verkkoaineisto. Amokabel. <https://amokabel.com/en/catalog/products/R2?parent_name=Mobility&group_name=enkelledare>. Luettu 25.11.2023.

Solid State Relays: A Basic Overview. Verkkoaineisto. DigiKey. 2019. <<https://www.digikey.fi/en/blog/solid-state-relays-a-basic-overview>>. Luettu 15.1.2024.

DIN72552



Relay Terminal Designations according to DIN 72552

Terminal	Designation	Terminal	Designation
15	Switch-controlled plus downstream from battery (from ignition switch)	84	Current relay Input: Actuator and relay contacts
15a	In-line resistor terminal leading to coil and starter	84a	Output: Actuators
30	Line from battery positive terminal (direct)	85	Switching relay Output: Actuator (negative winding end or ground)
30a	Series/parallel battery switch 12/24V Line from battery positive terminal II	86	Input: Actuator
31	Return line from battery negative terminal or ground (direct)	86a	Start of winding Start of winding or first winding coil
31b	Return line to battery negative terminal or ground via switch or relay (switch-controlled ground)	87	Relay contact for NC and changeovers contacts Input
31a	Battery changeover relay 12/24 V Return line to Battery II negative pole	87a	First output (NC-contact side)
48	Terminal on starter and start-repeating relay for monitoring starting process	87b	Second output
49	Flasher relay (pulse generator) Input	87c	Third output
49a 49b	Output Output to second flasher relay	87z	First input
50	Starter Starter control (direct)	87y	Second input
50a	Battery switching relay Output for starter control	88	Relay contact for NO contact Input
50b	Starter control Dual starters in parallel operation with sequential control	88a	Relay contact for NO contact and changeover contacts (NO side) First output
50c	Starting relay for sequential control of engagement current for dual starters in parallel operation	88b	Second output
50d	Starter I input at starter relay Starter II input at starter relay	88z	Relay contact for NO contact First input
50e	Start-locking relay Input	88y	Second input
50f	Output	B+	Generator/alternator and voltage regulator Battery positive terminal
50g	Start repeating relay Input	B-	Battery negative terminal
50h	Output	D+	Generator positive terminal
52	Trailer signalling devices Supplementary signal transmission from trailer to towing vehicle	D-	Generator negative terminal
54	Trailer signalling equipment Trailer gladhand assembly and light combinations Stop lamps	DF	Generator field winding
81	Switches, NC contacts and changeover contacts Input	DF1	Generator field winding 1
81a	First output on NC-contact side	U, V, W	Alternator Three-phase terminals
81b	Second output on NC-contact side NO contacts		Turn signals (turn signal flasher)
82	Input	C	Indicator lamp 1
82a	First output	C0	Main terminal connection for indicator lamp not connected to turn-signal flasher
82b	Second output	C2	Indicator lamp 2
82z	First input	C3	Indicator lamp 3 (eg for dual trailer operations)
82y	Second input	L	Left-side turn signals
83	Multiple position switch Input		
83a	Output (Pos.1)		
83b	Output (Pos. 2)		
83L	Output (Pos. left)		



Boschin NTC-vastuksen datalehti

0 280 130 026

2/3



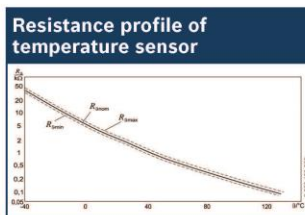
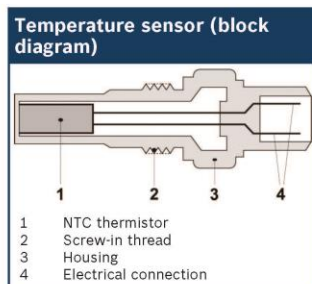
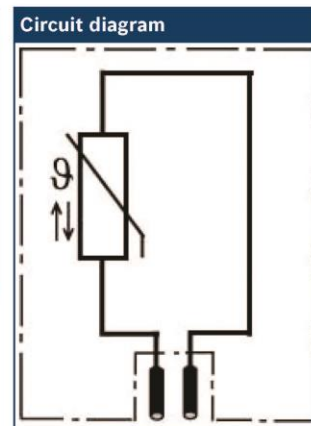
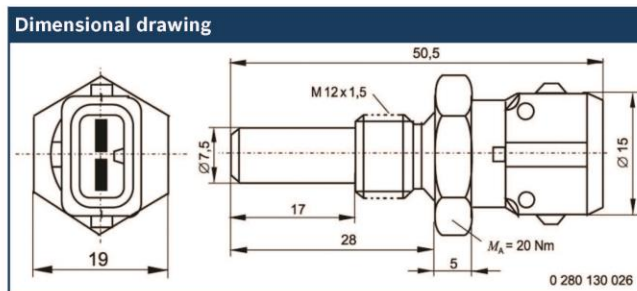
Part number

0 280 130 026

Technical data		
Application/medium		Oil/water/natural gas
Measuring range	°C	- 40 ... + 130
Tolerance at +20 °C	K	1,2
Tolerance at +100 °C	K	3,4
Rated resistance at 20 °C	kΩ	2,5 ± 5 %
Resistance at -10 °C	kΩ	8,727 ... 10,067
Resistance at +20 °C	kΩ	2,375 ... 2,625
Resistance at +80 °C	kΩ	0,296 ... 0,349
Temperature/time constant $\tau_{G3}^{1)}$	s	≤ 15
Approximate value for permissible vibration acceleration a_{sin} (sinusoidal vibration)	m/s ²	300
Degree of protection ¹⁾		IP 64K
Thread		M 12 x 1,5
Corrosion-tested as per		DIN 50 021
Connector		Jetronic, tinned pins
Tightening torque	Nm	20
Rated voltage	V	5 ± 0,15
Max. measurement current	mA	1

Accessories are not included in the scope of delivery of the sensor and are therefore to be ordered separately as required.

¹⁾ Available from Tyco Electronics.



PDM:n kytkentäkuva



PDM20 outputs, max 230A

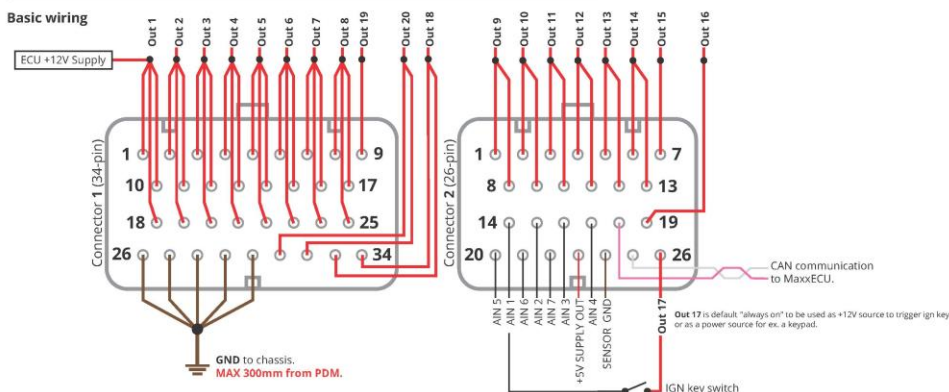
Function	Max current	Connector	Pin pos	Type	Note
OUT 1	25A	1 (34-pin)	1, 10, 18	+12V output	Default: ECU power.
OUT 2	25A	1 (34-pin)	2, 11, 19	+12V output	
OUT 3	25A	1 (34-pin)	3, 12, 20	H-bridge output (+12V or GND)	
OUT 4	25A	1 (34-pin)	4, 13, 21	H-bridge output (+12V or GND)	
OUT 5	25A	1 (34-pin)	5, 14, 22	H-bridge output (+12V or GND)	
OUT 6	25A	1 (34-pin)	6, 15, 23	H-bridge output (+12V or GND)	
OUT 7	25A	1 (34-pin)	7, 16, 24	H-bridge output (+12V or GND)	
OUT 8	25A	1 (34-pin)	8, 17, 25	H-bridge output (+12V or GND)	
OUT 9	15A	2 (26-pin)	1, 8	+12V output	
OUT 10	15A	2 (26-pin)	2, 9	+12V output	
OUT 11	15A	2 (26-pin)	3, 10	+12V output	
OUT 12	15A	2 (26-pin)	4, 11	+12V output	
OUT 13	15A	2 (26-pin)	5, 12	+12V output	
OUT 14	15A	2 (26-pin)	6, 13	+12V output	
OUT 15	8A	2 (26-pin)	7	+12V output	
OUT 16	8A	2 (26-pin)	19	+12V output	
OUT 17	8A	2 (26-pin)	26	+12V output	Default: "always on" for ex ign key or keypad power supply.
OUT 18	15A	1 (34-pin)	33, 34	+12V output	
OUT 19	8A	1 (34-pin)	9	+12V output	
OUT 20	15A	1 (34-pin)	31, 32	+12V output	
GND		1 (34-pin)	26, 27, 28, 29, 30	PDM GROUND POINTS	Wire ALL pins to CHASSIS GND.

Inputs and sensors

Function	Connector	Pin pos	Note
AIN 1 (0-2.4V)	2 (26-pin)	14	Default: Ignition KEY IN.
AIN 2 (0-2.4V)	2 (26-pin)	15	
AIN 3 (0-2.4V)	2 (26-pin)	16	
AIN 4 (0-2.4V)	2 (26-pin)	17	
AIN 5 (0-2.4V)	2 (26-pin)	20	
AIN 6 (0-2.4V)	2 (26-pin)	21	
AIN 7 (0-2.4V)	2 (26-pin)	22	
CAN L	2 (26-pin)	18	
CAN H	2 (26-pin)	25	
+5V SENSOR SUPPLY	2 (26-pin)	23	Separated from ECU +5V supply.
SENSOR GND	2 (26-pin)	24	Separated from ECU Sensor GND.

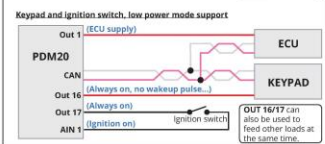
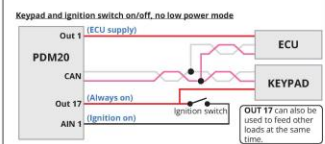
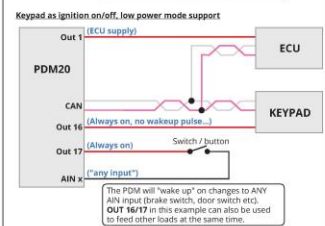
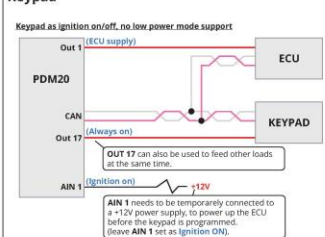


Basic wiring

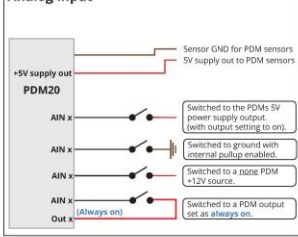


MaxxECU PDM20
2020-02-24
maxxecu.com/support

Keypad



Analog input

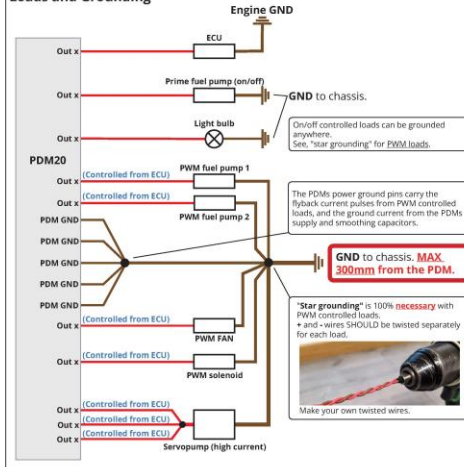


Cable size and current rating

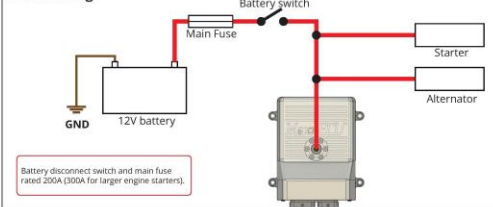
Cable area (mm ²)	Cable area (AWG)	Thin-wall (TXL B2)	Regular wire (RX, RXUB etc)
0.5	20	11A	5A
0.75		14A	7.5A
1	17	16A	10A
1.5	13	21A	15A
2.5	10	29A	25A
4	8	39A	30A
6	6	50A	40A
8	5	62A	50A
10	4	75A	60A
16	2	100A	80A

*Cables operating at higher ambient temperatures (in engine looms etc) and in looms with many heavily loaded cables need larger areas than indicated above.

Loads and Grounding



Power wiring

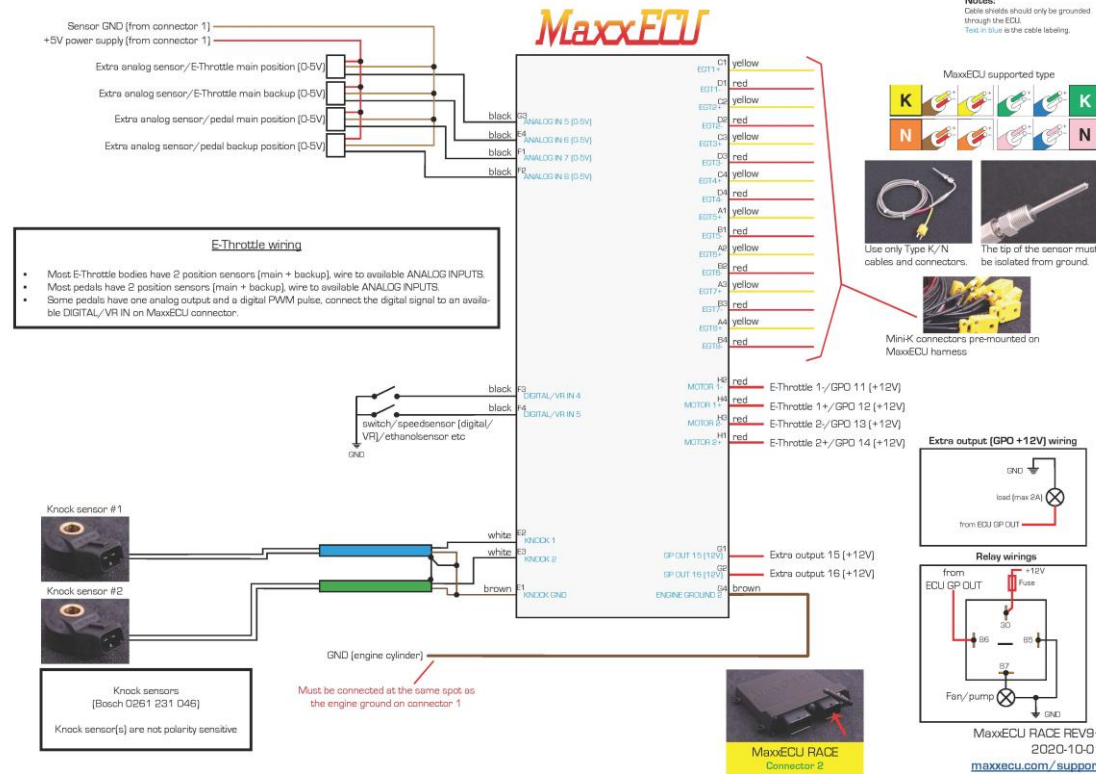
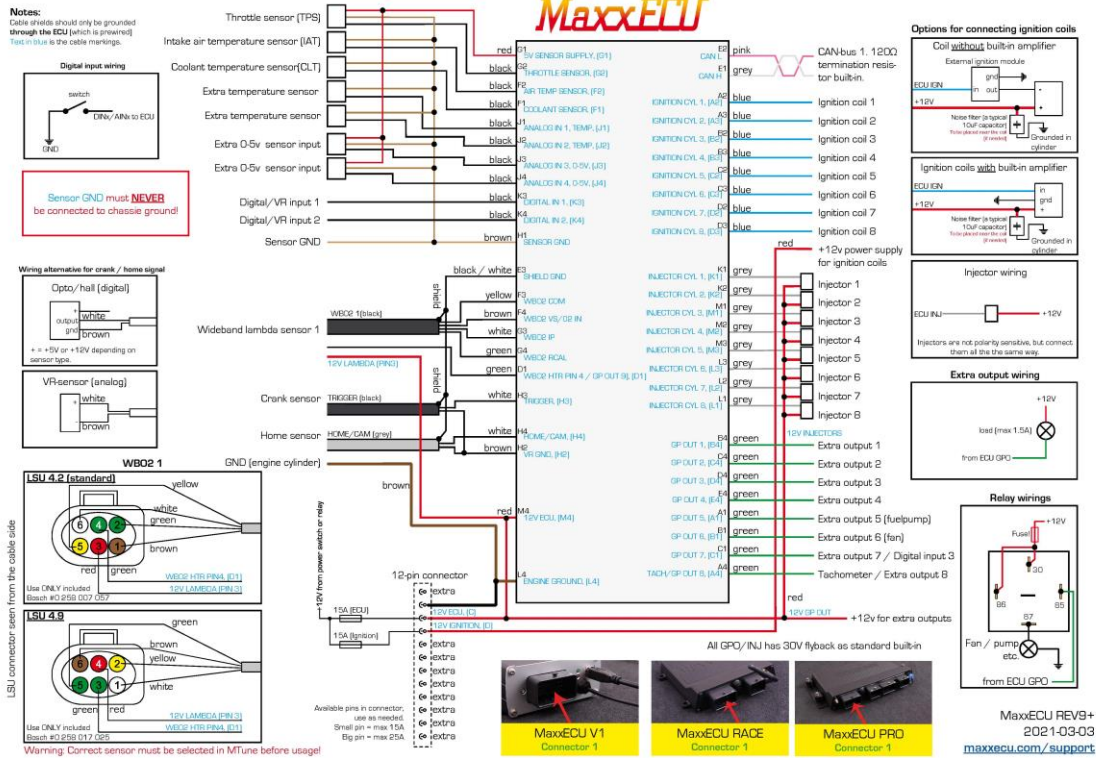


Notes

IN x / OUT x in the above examples, means any input/output or group of outputs.
If using 5V reference from PDM you MUST always use the PDM sensor GND.
DO NOT MIX 5V reference and/or Sensor GND with the ECU.

maxxecu.com/support

ECU:n kytkentäkuva



MaxxECU REV9+
2021-03-03
maxxecu.com/support

Notes:
Cable shields should only be grounded through the ECU.
Tech in blue is the cable labeling.

MaxxECU RACE REV9+
2020-10-01
maxxecu.com/support

Maxxecun väyläprotokolla

CAN ID	Offset	Name	Unit	Scale	Type	Rate	Firmware	Comment	Name	Version
0x520	0	RPM	rpm	1	int16	50Hz	1.67 and newer		FAST1	1.2
0x520	2	Throttle position/pedal	%	0,1	int16	50Hz	1.67 and newer		FAST1	1.2
0x520	4	MAP	kPa	0,1	int16	50Hz	1.67 and newer		FAST1	1.2
0x520	6	Lambda		0,001	int16	50Hz	1.67 and newer	Average lambda	FAST1	1.2
0x521	0	Lambda A		0,001	int16	50Hz	1.67 and newer	Lambda cylinder bank A	FAST2	1.2
0x521	2	Lambda B		0,001	int16	50Hz	1.67 and newer	Lambda cylinder bank B	FAST2	1.2
0x521	4	Ignition angle	BTDC	0,1	int16	50Hz	1.67 and newer		FAST2	1.2
0x521	6	Ignition cut	%	1	int16	50Hz	1.67 and newer	Percent of ignition event being cut (for rev-limit etc)	FAST2	1.2
0x522	0	Fuel pulsewidth primary	ms	0,01	int16	50Hz	1.67 and newer		FAST3	1.2
0x522	2	Fuel duty primary	%	0,1	int16	50Hz	1.67 and newer	Can be over 100%.	FAST3	1.2
0x522	4	Fuel cut	%	1	int16	50Hz	1.67 and newer	Percent of fuel event being cut (for rev-limit etc)	FAST3	1.2
0x522	6	Vehicle Speed	km/h	0,1	int16	50Hz	1.67 and newer	Speed signal for display purpose	FAST3	1.2
0x523	0	Undriven wheels avg spd	km/h	0,1	int16	50Hz	1.67 and newer	Zero when traction ctrl. system not used	FAST4	1.2
0x523	2	Driven wheels avg spd	km/h	0,1	int16	50Hz	1.67 and newer	Zero when traction ctrl. system not used	FAST4	1.2
0x523	4	Wheel slip	%	0,1	int16	50Hz	1.67 and newer	Zero when traction ctrl. system not used	FAST4	1.2
0x523	6	Target slip	%	0,1	int16	50Hz	1.67 and newer	Zero when traction ctrl. system not used	FAST4	1.2
0x524	0	Traction Ctrl Power limit	%	0,1	int16	50Hz	1.67 and newer	Zero when traction ctrl. system not used	FAST5	1.2
0x524	2	Lambda corr A	%	0,1	int16	50Hz	1.67 and newer	Short term lambda-correction applied to bank A cylinders	FAST5	1.2
0x524	4	Lambda corr B	%	0,1	int16	50Hz	1.67 and newer	Short term lambda-correction applied to bank B cylinders	FAST5	1.2
0x524	6	Firmware version		0,001	int16	50Hz	1.67 and newer	Current ECU firmware version	FAST5	1.2
0x530	0	Battery voltage	V	0,01	int16	10Hz	1.67 and newer		SLOW1	1.2
0x530	2	Baro pressure	kPa	0,1	int16	10Hz	1.67 and newer		SLOW1	1.2
0x530	4	Intake air temp	°C	0,1	int16	10Hz	1.67 and newer		SLOW1	1.2
0x530	6	Coolant temp	°C	0,1	int16	10Hz	1.67 and newer		SLOW1	1.2
0x531	0	Total fuel trim	%	0,1	int16	10Hz	1.67 and newer	Total amount of adjustment applied to the fuel pulse, excluding acceleration enrichment	SLOW2	1.2
0x531	2	Ethanol concentration	%	0,1	int16	10Hz	1.67 and newer	Outputs 85% when no sensor is used, or in case of a sensor error.	SLOW2	1.2
0x531	4	Total ignition comp	deg	0,1	int16	10Hz	1.67 and newer	Total amount of adjustment applied to the ignition angle (in degrees)	SLOW2	1.2
0x531	6	EGT 1	°C	1	int16	10Hz	1.67 and newer	Exhaust gas temperature. All values are sent, even for unconfigured sensors	SLOW2	1.2
0x532	0	EGT 2	°C	1	int16	10Hz	1.67 and newer		SLOW3	1.2
0x532	2	EGT 3	°C	1	int16	10Hz	1.67 and newer		SLOW3	1.2
0x532	4	EGT 4	°C	1	int16	10Hz	1.67 and newer		SLOW3	1.2
0x532	6	EGT 5	°C	1	int16	10Hz	1.67 and newer		SLOW3	1.2
0x533	0	EGT 6	°C	1	int16	10Hz	1.67 and newer		SLOW4	1.2
0x533	2	EGT 7	°C	1	int16	10Hz	1.67 and newer		SLOW4	1.2
0x533	4	EGT 8	°C	1	int16	10Hz	1.67 and newer		SLOW4	1.2
0x533	6	EGT Highest	°C	1	int16	10Hz	1.67 and newer		SLOW4	1.2
0x534	0	EGT Difference	°C	1	int16	10Hz	1.67 and newer	Difference between the highest and lowest EGT sensor.	SLOW5	1.2
0x534	2	CPU temp	°C	1	int16	10Hz	1.67 and newer	ECU temperature.	SLOW5	1.2
0x534	4	Error code count		1	int16	10Hz	1.67 and newer	The number of current active error codes.	SLOW5	1.2
0x534	6	Lost sync count		1	int16	10Hz	1.67 and newer	Number of times the ECU has detected errors in the engine position sensors.	SLOW5	1.2
0x535	0	User analog input 1	user	0,1	int16	10Hz	1.79 and newer		SLOW6	1.2
0x535	2	User analog input 2	user	0,1	int16	10Hz	1.79 and newer		SLOW6	1.2
0x535	4	User analog input 3	user	0,1	int16	10Hz	1.79 and newer		SLOW6	1.2
0x535	6	User analog input 4	user	0,1	int16	10Hz	1.79 and newer		SLOW6	1.2
0x536	0	Gear		1	int16	10Hz	1.79 and newer	Calculated manual transmission gear or commanded gear	SLOW7	1.2
0x536	2	Boost solenoid duty	%	0,1	int16	10Hz	1.79 and newer		SLOW7	1.2

0x536	4	Oil pressure	kPa	0,1	int16	10Hz	1.135 and newer	Updated (V1.2 did not transmit anything here)	SLOW7	1.3
0x536	6	Oil temp	°C	0,1	int16	10Hz	1.135 and newer	Updated (V1.2 did not transmit anything here)	SLOW7	1.3
0x537	0	Fuel Pressure 1	kPa	0,1	int16	10Hz	1.135 and newer		SLOW8	1.3
0x537	2	Wastegate pressure	kPa	0,1	int16	10Hz	1.135 and newer		SLOW8	1.3
0x537	4	Coolant pressure	kPa	0,1	int16	10Hz	1.135 and newer		SLOW8	1.3
0x537	6	Boost target	kPa	0,1	int16	10Hz	1.135 and newer		SLOW8	1.3
0x538	0	User channel 1	user	0,1	int16	10Hz	1.135 and newer	User selectable source sensor in MTune.	SLOW9	1.3
0x538	2	User channel 2	user	0,1	int16	10Hz	1.135 and newer	User selectable source sensor in MTune.	SLOW9	1.3
0x538	4	User channel 3	user	0,1	int16	10Hz	1.135 and newer	User selectable source sensor in MTune.	SLOW9	1.3
0x538	6	User channel 4	user	0,1	int16	10Hz	1.135 and newer	User selectable source sensor in MTune.	SLOW9	1.3
0x539	0	User channel 5	user	0,1	int16	10Hz	1.135 and newer	User selectable source sensor in MTune.	SLOW10	1.3
0x539	2	User channel 6	user	0,1	int16	10Hz	1.135 and newer	User selectable source sensor in MTune.	SLOW10	1.3
0x539	4	User channel 7	user	0,1	int16	10Hz	1.135 and newer	User selectable source sensor in MTune.	SLOW10	1.3
0x539	6	User channel 8	user	0,1	int16	10Hz	1.135 and newer	User selectable source sensor in MTune.	SLOW10	1.3
0x525	0	User channel 9	user	0,1	int16	50Hz	1.135 and newer	User selectable source sensor in MTune.	FAST6	1.3
0x525	2	User channel 10	user	0,1	int16	50Hz	1.135 and newer	User selectable source sensor in MTune.	FAST6	1.3
0x525	4	User channel 11	user	0,1	int16	50Hz	1.135 and newer	User selectable source sensor in MTune.	FAST6	1.3
0x525	6	User channel 12	user	0,1	int16	50Hz	1.135 and newer	User selectable source sensor in MTune.	FAST6	1.3
0x526	0:0	Shiftcut active			int8	50Hz	1.135 and newer		FAST7	1.3
0x526	0:1	Rev-limit active				50Hz	1.135 and newer		FAST7	1.3
0x526	0:2	Anti-lag active				50Hz	1.135 and newer		FAST7	1.3
0x526	0:3	Launch control active				50Hz	1.135 and newer		FAST7	1.3
0x526	0:4	Traction power limiter active				50Hz	1.135 and newer		FAST7	1.3
0x526	0:5	Throttle blip active				50Hz	1.135 and newer		FAST7	1.3
0x526	0:6	AC/Idle up active				50Hz	1.135 and newer		FAST7	1.3
0x526	0:7	Knock detected				50Hz	1.135 and newer	Visible for 250msec after a detected knock.	FAST7	1.3
0x526	1:0	Brake pedal active			int8	50Hz	1.135 and newer		FAST7	1.3
0x526	1:1	Clutch pedal active				50Hz	1.135 and newer		FAST7	1.3
0x526	1:2	Speed limit active				50Hz	1.135 and newer		FAST7	1.3
0x526	1:3	GP limiter active				50Hz	1.135 and newer		FAST7	1.3
0x526	1:4	User cut active				50Hz	1.135 and newer		FAST7	1.3
0x526	1:5	ECU is logging				50Hz	1.135 and newer		FAST7	1.3
0x526	1:6	Nitrous active				50Hz	1.135 and newer		FAST7	1.3
0x526	1:7	SPARE				50Hz	1.135 and newer	Reserved for future usage	FAST7	1.3
0x526	2	SPARE			int16	50Hz	1.135 and newer	Reserved for future usage	FAST7	1.3
0x526	4	Rev-limit RPM	rpm	1	int16	50Hz	1.135 and newer		FAST7	1.3
0x526	6	SPARE	rpm	1	int16	50Hz	1.135 and newer	Reserved for future usage	FAST7	1.3
0x527	0	Acceleration Forward	G	0,01	int16	50Hz	1.135 and newer		FAST8	1.3
0x527	2	Acceleration Right	G	0,01	int16	50Hz	1.135 and newer		FAST8	1.3
0x527	4	Acceleration Up	G	0,01	int16	50Hz	1.135 and newer		FAST8	1.3
0x527	6	Lambda target		0,001	int16	50Hz	1.135 and newer		FAST8	1.3
0x528	0	Knocklevel All peak		1	int16	50Hz	1.135 and newer		FAST9	1.3
0x528	2	Knock correction	deg	0,1	int16	50Hz	1.135 and newer		FAST9	1.3
0x528	4	Knock count		1	int16	50Hz	1.135 and newer		FAST9	1.3
0x528	6	Last knock cylinder		1	int16	50Hz	1.135 and newer		FAST9	1.3
0x540	0	Active boost table		1	int8	10Hz	1.135 and newer		SLOW11	1.3
0x540	1	Active Tune selector		1	int8	10Hz	1.135 and newer		SLOW11	1.3
0x540	2	Virtual fuel tank	L	0,1	int16	10Hz	1.135 and newer		SLOW11	1.3
0x540	4	Transmission temp	°C	0,1	int16	10Hz	1.135 and newer		SLOW11	1.3
0x540	6	Differential temp	°C	0,1	int16	10Hz	1.135 and newer		SLOW11	1.3
0x541	0	WT intake cam 1 position	deg	0,1	int16	10Hz	1.135 and newer		SLOW12	1.3
0x541	2	WT exhaust cam 1 position	deg	0,1	int16	10Hz	1.135 and newer		SLOW12	1.3
0x541	4	WT intake cam 2 position	deg	0,1	int16	10Hz	1.135 and newer		SLOW12	1.3
0x541	6	WT exhaust cam 2 position	deg	0,1	int16	10Hz	1.135 and newer		SLOW12	1.3
0x542	0	WT intake cam target position	deg	0,1	int16	10Hz	1.135 and newer		SLOW13	1.3
0x542	2	WT exhaust cam target position	deg	0,1	int16	10Hz	1.135 and newer		SLOW13	1.3
0x542	4	ECU errors code(s)		0,1	int16	10Hz	1.149 and newer	Rotates all stored error codes, 0x0000 when no code stored.	SLOW13	1.3
0x542	6	SPARE		0,1	int16	10Hz	1.135 and newer	Reserved for future usage	SLOW13	1.3

