

# ERIKOISAJONEUVON PIIRIKAAVIOSUUNNITTELU

LAHDEN  
AMMATTIKORKEAKOULU  
Tekniikan ala  
Tietotekniikka  
Tietokone-elektroniikka  
Opinnäytetyö  
Kevät 2015  
Samu Suomalainen

Lahden ammattikorkeakoulu  
Tietotekniikka

SUOMALAINEN, SAMU:

Erikoisajoneuvon  
piirikaaviosuunnittelu

Tietokone-elektroniikan opinnäytetyö, 33 sivua

Kevät 2015

TIIVISTELMÄ

---

Opinnäytetyössä keskityttiin erikoisajoneuvon piirikaaviosuunnitteluun ja siihen liittyviin vaatimuksiin. Opinnäytetyössä keskityttiin 24VDC-piirikaaviosuunnitteluun. Työ tehtiin Kiitokori Oy:n toimeksiannosta. Tavoitteena oli valita Kiitokori Oy:lle uudet piirilevyt käytettäväksi erikoisajoneuvoissa ja samalla suunnitella niihin sopivat piirikaaviot.

Lähtökohtana oli selvittää, mitä laitteita kytkettäisiin erikoisajoneuvoon, ja niiden tietojen perusteella valita erikoisajoneuvoon uudet piirilevyt, jotka ominaisuuksiltaan vastaavat kytkettävien laitteiden vaatimuksia. Kiitokorilla oli ennestään käytössä omat sen tarpeisiin suunnitellut piirilevyt. Työssä oli tarkoitus päivittää nämä piirilevyt uusiin kaupallisiin versioihin.

Työssä suunnitellut piirilevyt tulisivat käytettäväksi kirjastoautoihin, joita yrityksessä valmistetaan. Työssä tutustuttiin uusiin piirilevyihin ja niiden ominaisuuksiin sekä suunniteltiin niihin sopivat kytkennät ja samalla päivitettiin vanhat piirikaaviot helpommin luettaviksi ja myöskin vastaamaan uusia vaatimuksia.

Asiasanat: Vertex, 24VDC, erikoisajoneuvo, Solid-press-fit, johtosarja, rele, akusto, sähkösuunnittelu

Lahti University of Applied Sciences  
Degree Programme in Information Technology

SUOMALAINEN SAMU:                      Circuit designing for a special vehicle

Bachelor's Thesis in computer electronics, 33 pages

Spring 2015

ABSTRACT

---

This Bachelor's thesis mainly deals with electrical circuit designing of a special vehicle and the requirements that have to be met. The thesis is focused on 24VDC electrical circuit designing. The thesis was done as an assignment for Kiitokori Oy. The idea was to choose new printed circuit boards to be used in mobile libraries made by Kiitokori and also to design electrical schematics that meet the requirements of the new circuit boards. The circuit boards in this thesis work would be used in mobile library vehicles that the company manufactures.

The starting point of the thesis work was to examine what devices would be included in the special vehicle and based on those device requirements choose the new circuit boards to be used in mobile library. Kiitokori already had their own circuit boards that meet their requirements. The idea of thesis work was to update the old circuit boards to new commercial ones.

This thesis focuses on the new features of the new circuit boards and the electrical circuit design that will meet the requirements of the new circuit boards. The old electrical schematics were also updated, to be read more easily.

Key words: Vertex, 24VDC, special vehicle, Solid-press-fit, wiring harness, relay, battery, electrical design

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	AJONEUVON SÄHKÖJÄRJESTELMÄ	2
2.1	Järjestelmän virrantuotto ja käyttö	2
2.1.1	Kuluttajien virrankäyttö	2
2.2	Käynnistysakku	3
2.3	Korilaiteakusto	5
2.4	Sähkönjakokeskus	5
2.5	Ajoneuvon maadoitus	6
3	AJONEUVON SÄHKÖKESKUKSEN PIIRILEVYT	8
3.1	Pääpiirilevyt	9
3.1.1	Traffic Regulation Module -piirilevy	10
3.1.2	9-2 Module -piirilevy	11
3.1.3	16-0 Module -piirilevy	12
3.1.4	0F-12 $\mu$ R Module -piirilevy	13
3.2	Solid Press-Fit -teknologia	13
3.3	Piirilevyjen sulakkeet ja releet	14
4	ICCS-OHJAIMET	17
5	PIIRIKAAVION SUUNNITTELU	18
5.1	Käynnistys ja virransyöttö	20
5.2	Starttiakuston piirikaavio	24
5.2.1	Starttiakustoon liitettävät laitteet	24
5.2.2	Starttiakuston +30-laitteet	25
5.2.3	Starttiakuston +15-laitteet	25
5.3	Korilaiteakuston piirikaavio	26
6	JOHTOSARJA	28
7	YHTEENVETO	32
	LÄHTEET	34

# 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on laatia erikoisajoneuvon sähköjärjestelmän piirikaaviosuunnitelma ja päivittää erikoisajoneuvon piirilevyt uusiin ajoneuvoille tarkoitettuihin valmiisiin piirilevyihin. Toimeksiantajana työlle toimii kausalalainen erikoisajoneuvojen koreja valmistava yritys Kiitokori Oy.

Kiitokori on perustettu vuonna 1948. Kiitokori Oy on suomalainen erikoisajoneuvoja valmistava yritys, joka toimii myös kansainvälisesti. Kiitokorilla valmistetaan vuosittain noin 50 erikoisajoneuvoa asiakkaidensa tarpeiden mukaan. Kiitokori sijaitsee Kausalassa. Kiitokorin toiminta perustuu läheiseen yhteistyöhön asiakkaiden kanssa, tekniseen osaamiseen, päteviin työntekijöihin ja omaan tuotekehitykseen ja suunnitteluun. (Kiitokori 2015.)

Työssä on tarkoitus päivittää uusien piirilevyjen myötä myös erikoisajoneuvon sähköjärjestelmän piirikaavio selkeämmäksi ja uuden piirilevyn vaatimusten mukaiseksi. Erikoisajoneuvon sähköjärjestelmä toimii akuilla, joilta saadaan 24VDC-käyttöjännite.

Piirikaaviosuunnitelmassa on tarkoitus suunnitella erikoisajoneuvon muiden laitteiden kytkeytyminen akuille uuden piirilevyn kautta. Työssä on tarkoitus suunnitella piirilevyn sulake- ja relelähtöjen kyteminen oheislaitteisiin.

Tässä työssä tutkitaan erikoisajoneuvon sähköjärjestelmää ja sen vaatimuksia, sekä tutustutaan mahdollisuuksiin, joita voidaan toteuttaa uusilla piirilevyillä. Työhön kuuluu myös johtosarjan suunnittelu uusille piirilevyille.

## 2 AJONEUVON SÄHKÖJÄRJESTELMÄ

Auton sähköjärjestelmä on pohjimmiltaan seuraavanlainen kokoonpano: energiavarasto (akku), energian muuntaja (generaattori) ja energian kuluttaja (sähköiset/elektroniset laitteet). Akusta (varasto) saadaan energia, jonka avulla pystytään käynnistämään moottori käynnistimen (kuluttaja) avulla. Moottoria taas ohjaa moottorikohtainen ohjauslaitteisto (kuluttaja), jonka avulla moottori ohjataan pyörimään joutokäynnillä. (Haapaniemi 2002, 926.)

Moottorin ollessa käynnissä syöttää moottorin generaattori (muuntaja) virtaa auton sähköjärjestelmään, joka jännitetilän mukaan edullisessa käytössä riittää kuluttajien käyttöön ja tämän lisäksi vielä akun lataamiseen. Tähän tosin vaikuttavat laturin kierrosnopeus ja päällä olevat kuluttajalaitteet. Mikäli sähköjärjestelmään kytketyn kuorman virta on suurempi kuin generaattorin tuottama, laskee järjestelmän jännite akun jännitteen tasolle ja näin ollen alkaa akku purkautua. (Haapaniemi 2002, 926.)

### 2.1 Järjestelmän virrantuotto ja käyttö

Generaattorin virrantuotto on riippuvainen moottorin kierrosnopeudesta. Tyhjäkäyntikierrosnopeudella voi moottori antaa generaattorille vain osan sen nimellisvirrasta. Nimellisvirta määritetään moottorin kierrosnopeudella 6000 kierrosta minuutissa. Akku purkautuu, jos kuluttajien käyttämä virta ylittää generaattorin tuottaman virran. Jos taas kuluttajille menevä virta on pienempi kuin generaattorivirta, kulkeutuu osa tästä virtaerosta akulle latausvirtana. (Haapaniemi, 926-927)

#### 2.1.1 Kuluttajien virrankäyttö

Sähköisillä kulutuskohteilla on eripituisia kytkentäaikoja. Kytkentäaikojen perusteella ne voidaan erotella seuraavasti: kestokulutuskohteet (sytytys, polttonesteen suhkutus), pitkäaikaiset kohteet (valot, lasin lämmitys) ja lyhytaikaiset kohteet (vilkut, jarruvalo ja muut vain hetkellisesti päällä

olevaat laitteet). Ajoneuvon käyttöön vaadittava sähkön määrä ei ole vakio. Joihinkin kulutuslaitteisiin vaikuttavat muun muassa lämpötila, ajokäyttö ja vuodenaajat. Käynnistyksen jälkeisillä ensimmäisillä minuuteilla vaaditaan yleensä eniten virtaa ja sen jälkeen virran tarpeeseen tulee terävä pudotus. (Haapaniemi 2002, 928.)

Akun varausjännitteen suuruus riippuu lämpötilasta, ottaen huomioon akussa tapahtuvat kemialliset reaktiot. Kylmässä varausjännitteen täytyy olla suurempi kuin lämpimässä. Kulutuskohteille tulee syöttää mahdollisimman vakiona pysyvä jännite. Säädin rajoittaa jännitetasoa. Yleisesti säädin on asennettu generaattoriin. Se rajoittaa jännitetasoa ylöspäin, ja alajänniterajaan se vaikuttaa, kun mahdollinen latausvirta on suurempi kuin kuluttajien tarvitsema virta. Generaattorin ja akun välissä olevassa johtimessa tapahtuvaa jännitehäviötä voidaan kompensoida mittaamalla lisäjohtimeen asennettavan releen yli olevaa jännitettä suoraan akulta. (Haapaniemi 2002, 928.)

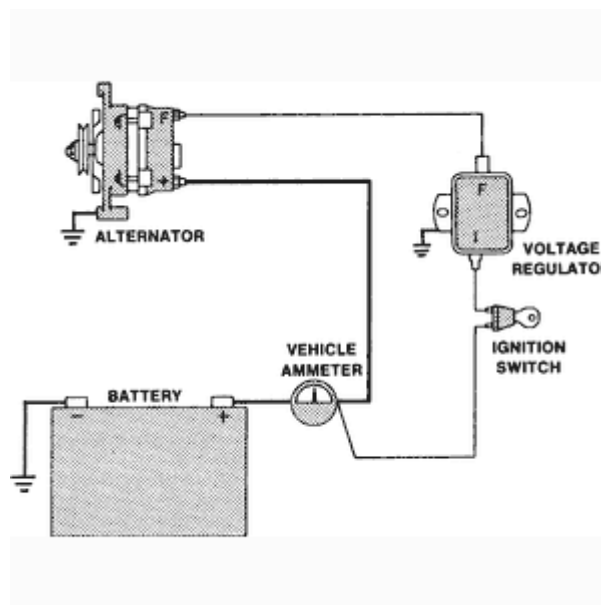
Ajoneuvon sähköjärjestelmän jännitteeseen ja akun lataustasoon vaikuttavat myös johdotus generaattoriin ja akun ja virrankuluttajien väliset johdotukset. Siksi sähkölaitteet kannattaa kytkeä siten, että ne laitteet, jotka tarvitsevat virtaa eivätkä ole niin herkkiä ylijännitteelle, kannattaa kytkeä suoraan generaattoriin. Jänniteherkät ja vähävirtaiset laitteet taas kannattaa kytkeä suoraan akulle. Turhat jännitehäviöt johtimissa voidaan minimoida johtimien sopivilla poikkileikkauksilla ja hyvillä liitoksilla. (Haapaniemi 2002, 929.)

## 2.2 Käynnistysakku

Käynnistysakun on tarkoitus olla ajoneuvon sähköisen energian kemiallinen varaaja. Sähköistä energiaa ajoneuvossa tuottaa generaattori. Autotekniikan kehittyessä ovat myös käynnistysakun vaatimuksetkin kehittyneet. Ajoneuvot, joissa on vaativia elektronisia laitteita, tarvitsevat paljon sähköenergiaa ajon aikana ja myös ajoneuvon seistessä. Dieselmootorit tarvitsevat taas korkeaa kylmäkäynnistystehoa. Käynnistysakun tulee kyetä toimittamaan lyhytaikaisesti suuria virtoja

kylmäkäynnistystä varten ja myöskin huolehtia tietyn aikaa tyhjäkäynnillä ja ajoneuvon seistessä muista ajoneuvon tärkeistä sähkölaitteista kokonaan sähköenergialla. Tähän tarkoitukseen soveltuu lyijyakku. Tavanomaisia ajoneuvon sähköjärjestelmän käyttöjänniteitä ovat henkilöautoissa 12 V ja raskaissa ajoneuvoissa 24 V. (Haapaniemi 2002, 930.)

Kuvassa 1 on esitetty yksinkertainen kuvaus ajoneuvon käynnistysjärjestelmästä. Kuvan 1 käynnistysjärjestelmässä on akun ja käynnistyskytkimen väliin kytketty vaihtovirtageneraattori, virtamittari ja jännitteen tasaaja.



KUVA 1. Auton käynnistysjärjestelmän yksinkertainen kuvaus. (Autozone 2014)

Lyijyakun aktiivisina materiaaleina toimivat positiivisen levyn lyijydioksidi ja negatiivisessa levyssä huokoinen lyijy. Elektrolyyttinä käytetään laimenettua rikkihappoa. Lyijydioksidi ja lyijy ottavat vastaan jänniteitä riippuen elektrolyysistä. Näiden jänniteiden lisääntyminen antaa ulkoapäin mitattavan kennojännitteen, joka on noin 2 V lepotilassa. Nykyaikainen 12 V-starttiakku sisältää kuuden kennon sarjaankytkennän. Yksi kenno koostuu positiivisesta ja negatiivisesta levyryhmästä. (Haapaniemi 2002, 933.)

### 2.3 Korilaiteakusto

Korilaiteakuston tarkoitus on tuottaa virtaa kuluttajalaitteistolle. Tässä työssä korilaiteakustona toimii kuusi 200Ah:n AGM-lyijyakku.

Korilaiteakusto kytketään alustaan valmistajan ohjeiden mukaisesti. Korilaiteakusto sijaitsee yleensä ajoneuvon etuosassa sille valmistetussa tilassa. Battery University sivulla (2015) kerrotaan, että AGM-lyijyakku koostuu hyvin ohuista lasikuitumatoista, joihin akun happo absorboituu tehden akusta roisketiiviin.

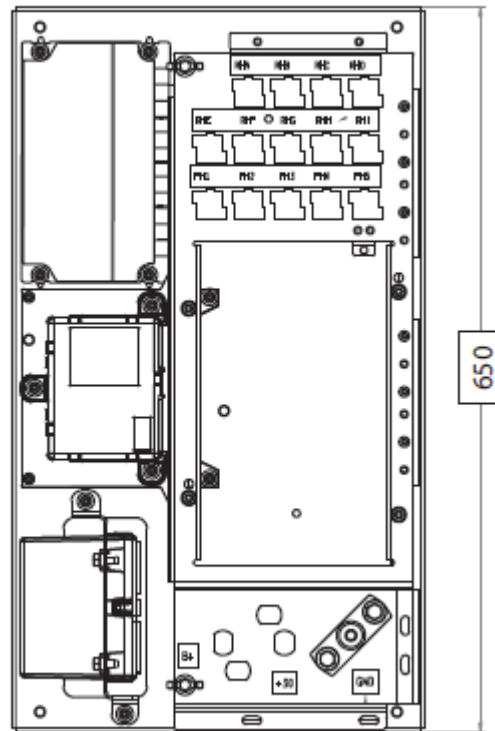
AGM-lyijyakuilla on erittäin pieni sisäinen resistanssi ja ne pystyvät tuottamaan suuria virtoja tarvittaessa. AGM-akkujen käyttöikä on myös suhteellisen pitkä. Nämä akut ovat huoltovapaita, mahdollistavat hyvän sähköisen luotettavuuden ja ovat kevyitä verrattuna tavalliseen lyijyakkuun. AGM-akun suurin etu on viisi kertaa nopeampi lataus tavalliseen lyijyakkuun nähden ja sen kyky syväpurkaukseen. Huonoja puolia AGM-tekniikassa ovat hieman pienempi ominaisenergia ja korkeammat valmistuskustannukset kuin lyijyakulla. (Battery University 2015.)

AGM-akkuja on yleisesti käytetty ajoneuvoissa tuottamaan virtaa suuritehoisille laitteille, kuten penkinlämmittimille, ohjauksentehostimille, peileille ja tuulilasin laitteille. AGM-akut kestävät myös hyvin tärinää. AGM-akut eivät kestä lämpöä, koska ne ovat suljettuja akkuja ja ne ovat myös herkkiä yllilataamiselle. (Battery University 2015.)

### 2.4 Sähkönjakokeskus

Akut kytketään ajoneuvon alustalta eteenpäin sähkönjakokeskukseen, josta kytketään ajoneuvon pääsähköt. Sähkönjakokeskuksessa sijaitsee alustan valmistajan määräämä pääsähkönjakoyksikkö.

Sähkönjakoyksiköltä kytketään sähköt työssä suunnitelluille piirilevyille. Kuvassa 2 näkyy Volvon alustan sähkönjakoyksikkö, joka sijoitetaan erikoisajoneuvon sähkönjakokeskukseen.



KUVA 2. Volvon pää sähköjakoyksikkö (Volvo Bus Corporation 2012.)

## 2.5 Ajoneuvon maadoitus

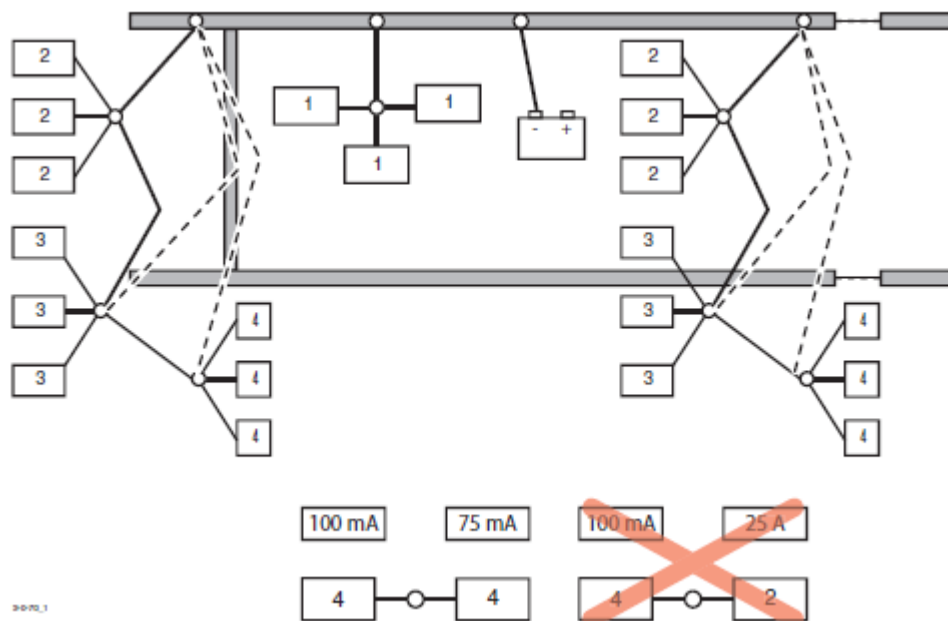
Karppinen (2008, 50) kiteyttää maadoituksen tarkoitukset seuraavasti:

- a) vaarallisten kosketusjännitteiden esto laitteiden vikatapauksissa.
- b) elektroniikka- ja tietoliikennejärjestelmien häiriöiden syntymisen estäminen
- c) ilmastollisten ylijännitteiden takia syntyvien vaurioiden ja vaaratilanteiden ehkäiseminen
- d) mahdollistaminen sähköverkon vikavirrälle kontrolloitu reitti ja suojalaitteiden luotettavan ja nopean toiminnan varmistaminen.

Maadoituksessa on tärkeää, että kaikki maapisteen kytetään samaan maatasoon. Huomattavat potentiaalierot maapisteissä voivat johtaa virheisiin signaalijännitteissä, lisätä sähkönkulutusta, pienentää väntömomenttia ja kasvattaa pakokaasujen päästöjä. (Volvo Bus Corporation 2012.)

Kaikkien maadoituspisteiden tulee olla yhteydessä ajoneuvon alustaan. Poikkeuksellisissa tilanteissa maadoituspisteet voidaan kytkeä korin osiin, jotka on hitsattu kiinni alustaan. Samantyyppisten maadoituskaapeleiden tulee olla kytkettynä samoihin maapisteesiin. On myös mahdollista yhdistää maadoituskaapeli yhdestä maadoituspisteestä toiseen, missä toisen tyyppiset maadoituskaapelit yhdistyvät. Maadoituskaapeleita, jotka on tarkoitettu erilaisille virroille, ei tulisi sekoittaa samaan maadoituspisteeseen. (Volvo Bus Corporation 2012.)

Kuvassa 3 nähdään, miten Volvon korinrakennusohjeiden perusteella voidaan ajoneuvon maadoitus toteuttaa. Kuvasta 3 huomataan myös, miten maadoituspisteet yhdistyvät ajoneuvon rungon eri kohdissa näin pienentäen potentiaalieroja maadoituspisteissä.



KUVA 3. Volvon alustan maadoitusperiaate. (Volvo Bus Corporation 2012)

### 3 AJONEUVON SÄHKÖKESKUKSEN PIIRILEVYT

Työn yhtenä tarkoituksena oli päivittää erikoisajoneuvon sähkökeskuksen piirilevyt uusiin ja suunnitella kytkennät ja johtosarjat uusiin piirilevyihin sopiviksi. Tässä luvussa tutkitaan piirilevyihin liittyviä vaatimuksia ja valittujen piirilevyjen ominaisuuksia.

Vanhat piirilevyt veivät paljon tilaa, joten uusilla piirilevyillä on mahdollista säästää tilaa sähkökeskuksessa. Piirilevyille tuodaan liitäntä akuilta ja niiden kautta liitetään muut kuluttajalaitteet erikoisajoneuvon sähköjärjestelmään. Piirilevyille kytkeytyvät laitteet kytkeytyvät piirilevyn kautta akkujen liittimiin 30, 15 ja B+. Laitteet liitetään piirilevyyn, jossa jokaiselle kytketylle piirille tai laitteelle on oma sulakkeensa ja tarvittaessa tarvittavat relekytkennät.

Erikoisajoneuvon kuluttajalaitteet kytketään akustoon ja sitä myöten piirilevyyn DIN 72 552 -normin mukaisten liitinmerkintöjen mukaisesti. Tämän liitinjärjestelmän tarkoitus on ajoneuvon sähköjärjestelmän laitteiden välisten yhteyksien lukemisen selkeyttäminen. Keskeisimmät liitinmerkinnät tässä opinnäytetyössä on esitetty taulukossa 1. (Haapaniemi 2002, 970.)

TAULUKKO 1. Sähköjärjestelmän liittimet ja niiden selitykset (Haapaniemi 2002, 970.)

Liitin	Selitys
<b>+15</b>	Kytkeyty plus akusta(virtalukon ulostulopuoli)
<b>+30</b>	Sisäänmeno akun +-navalta (suoraan)
<b>31</b>	Paluujohdin akulle - tai maa (suoraan)
<b>B+</b>	Akku, positiivinen
<b>61</b>	Generaattorin latauksen merkkivalo
<b>D+</b>	Generaattorin positiivinen lähtö

B+-liittimeen kytketyt laitteet ovat suoraan yhteydessä startti- tai korilaiteakkuun, joten kyseiseen liittiimeen ei tule kytkeä paljon virtaa kuluttavia laitteita. Suurin osa kuluttajalaitteista kytketään 30-liittimeen, joka on yhteydessä akkuun, mutta kytkin on järjestelmän takana. 15-liittimessä olevat laitteet saavat virtaa vasta, kun virtakytkintä on käännetty.

### 3.1 Pääpiirilevyt

Uudet piirilevyt valittiin Würth Elektronikin REDLINE-valikoimasta. Pääpiirilevyksi starttiakustolle ja korilaiteakustolle valittiin ”Traffic Regulation Module”, joka on suunniteltu 12 V:n tai 24 V:n käyttöjännitteille.

Starttiakuston B+ -liittimeen kytkettäviä laitteita varten valittiin 9-2-Module-piirilevy ja korilaiteakustolle valittiin 16-0- ja 0-12 -piirilevyt, jotta saatiin liitettyä erikoisajoneuvoon ne vaadittavat laitteet, jotka eivät mahdu Traffic Regulation Module-levylle.

### 3.1.1 Traffic Regulation Module -piirilevy

Piirilevyllä on olemassa liitännät akun B+/30- ja 15-liittimille. Traffic Regulation Module sisältää myös kahdeksan releliitäntää, joista neljä on minireleille ja neljä mikroreleille. Piirilevy sisältää myös 18 ATO-sulakekantaa. Piirilevyllä on myös sulaketesteri. Traffic Regulation Module -piirilevyllä on näiden ominaisuuksien lisäksi vielä kaksi paikkaa ohjelmoitaville releille. (Wurth Elektronik 2015 f.)



KUVA 4. Traffic Regulation Module-piirilevy (Wurth Elektronik 2015 g.)

Kuvassa 4 nähdään, miltä Traffic Regulation Module -piirilevy näyttää, kun siihen on liitetty sulakkeita ja releitä. Taulukossa 2 on esitetty kyseisen piirilevyn tarkempia teknisiä tietoja.

TAULUKKO 2. Traffic Regulation Modulen teknisiä ominaisuuksia  
(Wurth Elektronik 2015 f.)

Lämpötila	-40 °C - +80 °C
Maksimivirta +15- liittimeen	35A 65 °C lämmössä 25A 80 °C lämmössä
Maksimivirta B+/+30- liittimeen	70A 80 °C lämmössä 110A 65 °C lämmössä
Mitat	102 mm x 182 mm

Relekannoille on mahdollista kytkeä kullekin kannalle oma maa tai yhdistää relekantojen kaikki maat piirilevyllä olevien juotospisteiden avulla. Relekannoille on myös mahdollista kytkeä releen käämin rinnalle ohitusdiodi, jolla voidaan suojata muita laitteita kytkemisestä johtuvilta transienteilta. Valmistaja ehdottaa tähän tarkoitukseen pintaliitosdiodia SM4007. (Wurth Elektronik 2014 f.)

### 3.1.2 9-2 Module -piirilevy

Työhön valittiin myös Wurhin 9-2 Module-piirilevy, johon on tarkoitus kytkeä starttiakuston B+ liittimeen tulevat laitteet. Tässä piirilevyssä on yhteensä yhdeksän sulaketta ja kaksi paikkaa minireleille. Käyttöjännitteeksi sopii 12 V tai 24 V (Wurth Elektronik 2014 a). Kuvassa 5 on päältä päin kuvattu 9-2 Module -piirilevy, johon on kytketty sulakkeet ja kaksi minirelettä. Tämä piirilevy soveltuu käytettäväksi B+ liittimeen kytkettäviin laitteisiin, koska siinä on vähän sulakkeita. Piirilevyllä ei mahdu kytkettäväksi kuin yhdeksän sulakelähtöä, joihin voidaan mahdollisesti kytkeä vain pakolliset B+ -liittimeen tulevat laitteet.

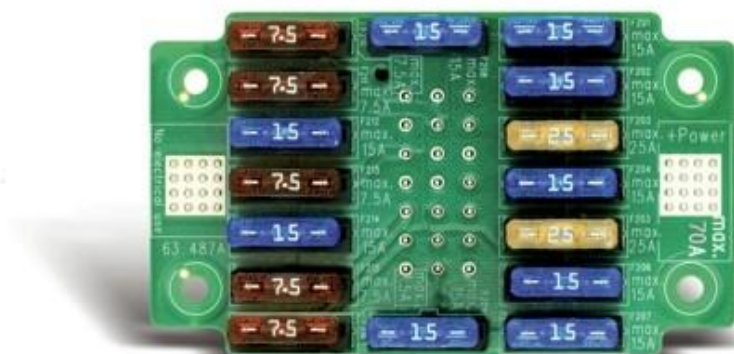


KUVA 5. 9-2 Module-piirilevy (Würth Elektronik 2014 a)

### 3.1.3 16-0 Module -piirilevy

Pääasiassa korilaiteakuston laitteille piirilevyksi valittiin samalta valmistajalta 16-0 Module- piirilevy, jolla on 16 sulakelähtöä. 16-0 Module on myös suunniteltu 12 V:n tai 24 V:n käyttöjännitteille. (Würth Elektronik 2015 c.)

Tälle piirilevyllä on tarkoitus kytkeä ainoastaan ajoneuvon sähköjärjestelmän +30-liittimeen tulevat laitteet. Tarkoitus on myös varata erikoisajoneuvon sähkökeskukseen tilaa, jotta laitteiden määrän kasvaessa voidaan sähkökeskukseen lisätä näitä kyseisiä kortteja ja tehdä niihin tarvittavat kytkennät. Kuvassa 6 nähdään sulakkeilla varustettu piirilevy.



KUVA 6. 16-0 Module (Würth Elektronik 2015 c.)

### 3.1.4 0F-12 $\mu$ R Module -piirilevy

Edellisen piirilevyn rinnalle valittiin vielä yksi piirilevy, jolle toteutettaisiin +30-liittimessä olevien laitteiden mahdolliset relekytkennät. Tähän tarkoitukseen sopii 0F-12 $\mu$ R Module -piirilevy, jolla on pelkästään relälähtöjä. Kuvassa 7 nähdään kyseinen piirilevy, johon on kytketty 12 mikrorelettä.

Piirilevyllä on 12 mikrorelekantaa. Releille on levyllä myös paikat valinnaisille suojadiodeille. Kortilla olevien relekantojen maasignaalit voidaan yhdistää toisiinsa piirilevyllä olevien juotospisteiden avulla. (Würth Elektronik 2015 b.)



KUVA 7. 0F-12 $\mu$ R Module (Würth Elektronik 2014 b.)

Näitä piirilevyjä yhdistelemällä ja ristiinkytkemällä on tarkoitus toteuttaa erikoisajoneuvon sähköjärjestelmän B+, +15 ja +30-liittimien korilaiteakuston kytkennät. Erikoisajoneuvoon tuleville lisälaitteille voidaan tarvittaessa lisätä sähkökeskukseen lisää piirilevyjä tarpeen mukaan.

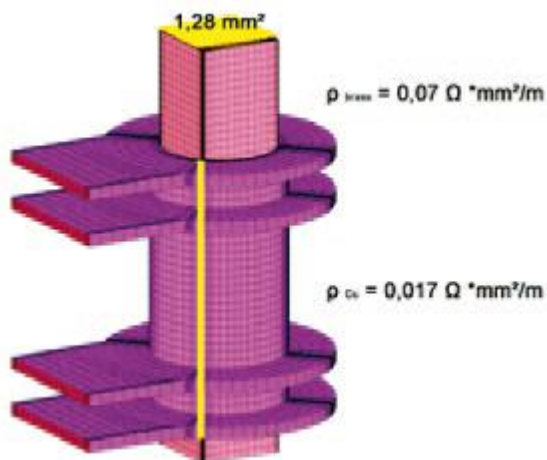
## 3.2 Solid Press-Fit -teknologia

Valitut piirilevyt on valmistettu käyttäen Solid Press-Fit -teknologiaa. Press-Fit -tekniikka on vaihtoehto juotosliitoksille piirilevyillä. Press-Fit -

tekniikalla yhteys muodostuu kontaktin ja piirilevyllä olevan päällystetyn holkin välille. Kontaktin pinta-alan on oltava hieman isompi kuin päällystetyn holkin pinta-ala. Tämä luo tehokkaan ja tiiviin sähköisen yhteyden näiden välille. (Wurth Elektronik 2015 e.)

Liitoksien resistanssi on iso tekijä piirilevyillä. Mitä suuremmaksi resistanssi liitoksessa kasvaa, sitä huonompi on liitos. Resistanssin johdosta syntyy jännitehäviötä liitoksissa ja sitä myöten lämpöä, joka on ongelma johdettaessa suuria virtoja. Tämä resistanssi voidaan minimoida press-fit -tekniikalla. Tämä johtuu siitä, että holkin ja liitettävän pinnan kontaktipinta-ala on suurempi kuin kontaktipinnan poikkipinta-ala. Kuvassa 8 nähdään Press-fit-liitos ja siinä syntyvän resistanssin periaate. (We-online 2015.)

Liitettävän kontaktin kulman tulee osua vähintään kolmen asteen verran piirilevyn press-fit-holkin seinämään. Tämä vaatimus koskee piirilevyjä, joiden paksuus on 2,4 mm. (We-online 2015.)



KUVA 8. Press-fit liitos (We-online 2015.)

### 3.3 Piirilevyjen sulakkeet ja releet

Tässä työssä käytetyissä piirilevyissä on kannat ATO-sulakeille ja mini- ja mikroreleille. Seuraavaksi hieman esitellään kyseisiä komponentteja. ATO-sulakkeen keksi ja suunnitteli Littelfuse-yritys vuonna 1976. Samalla se

otettiin standardiksi ajoneuvojen sulakkeiksi. ATO-sulakkeilla on teollisuuden määrittämät värikoodit eri virrankestoille. Kuvassa 9 nähdään ATO-sulakkeita ja niiden eri värikoodeja eri virrankestoille. (Littelfuse 2015.)

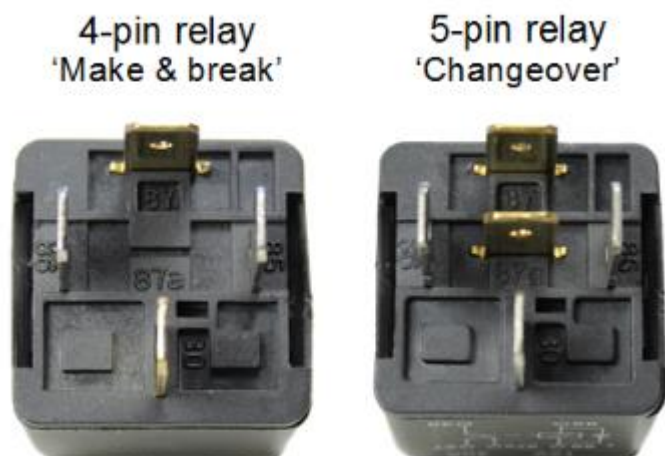


KUVA 9. ATO-sulake (Littelfuse 2015.)

Työhön valituilla piirilevyillä on paikkoja kahdelle erilaiselle relekannalle. Nämä relekannat ovat minirele ja mikrorele. Seuraavaksi hieman tutustutaan näihin relekantoihin ja niiden eroavaisuuksiin.

Minireleistä on kahdenlaista eri versiota olemassa. Toisessa 4-pinnisessä versiossa on yksi pinni, joka on yhteydessä releeltä tuotavaan käyttöjännitteeseen. Toisessa 5-pinnisessä kotelossa on kaksi pinniä, joista toinen on koko ajan yhteydessä käyttöjännitteeseen. Näitä pinnejä nimitetään nimillä NO (normally open) ja NC (normally closed). Mini-rele -kotelossa näiden pinnien numerot ovat 87(NO) ja 87a(NC). 12 volt Planet 2015.)

Kuvassa 10 on esitetty nämä kaksi eri minirele koteloa. Kuvasta 10 voidaan myös päätellä, että 4-pinnisen relekotelon voi kytkeä myös 5-pinnisen relekotelon paikalle, koska pinni 87a on keskellä relekoteloa.

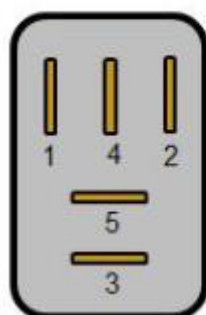


KUVA 10. Mini-rele (12 volt Planet 2015)

Mikroreleet ovat pienempiä kuin minireleet, ja ne on suunniteltu käytettäväksi sovelluksissa, joissa komponenttien koko on tärkeä. Näillä releillä on myös hieman erilainen kotelo ja niiden pinnien nimeointi on myös erilainen. Mikroreleet käyttävät tavallisen 30,85,86,87 ja 87a pinnien numeroinnin sijasta numerointia 1,2,3,4 & 5. (12 volt Planet 2015.)

Kuvassa 11 on tyypillinen mikorelekotelo ja mikroreleen pinnien numerointi.

**Micro relay pin layout**



KUVA 11. Mikrorele (12 volt Planet 2015.)

#### 4 ICCS-OHJAIMET

Työhön valittuihin piirilevyihin on myös mahdollista liittää Wurthin ICCS (Intelligent Command and Control Systems) -mikrokontrollereita. Tässä luvussa tutkitaan ja selvitetään ICCS-kontrollereiden ominaisuuksia ja soveltuvuutta erikoisajoneuvon sähköisten toimintojen ohjaukseen.

ICCS-mikrokontrollerit on koteloitu kuten releet, joten ne voidaan liittää piirilevyn relessä. ICCS-mikrokontrollereita voidaan käyttää sovelluksissa, joissa tarvitaan viiveitä, kytkimiä, kiikkuja tai impulsseihin reagoimista. Kontrollereilla voidaan toteuttaa myös vaativimpia toimintoja, kuten ikkunan lämmityksen ohjaus, ovien ohjaus ja taajuus- ja jännitevalvonta. (Wurth Elektronik 2015 d.)

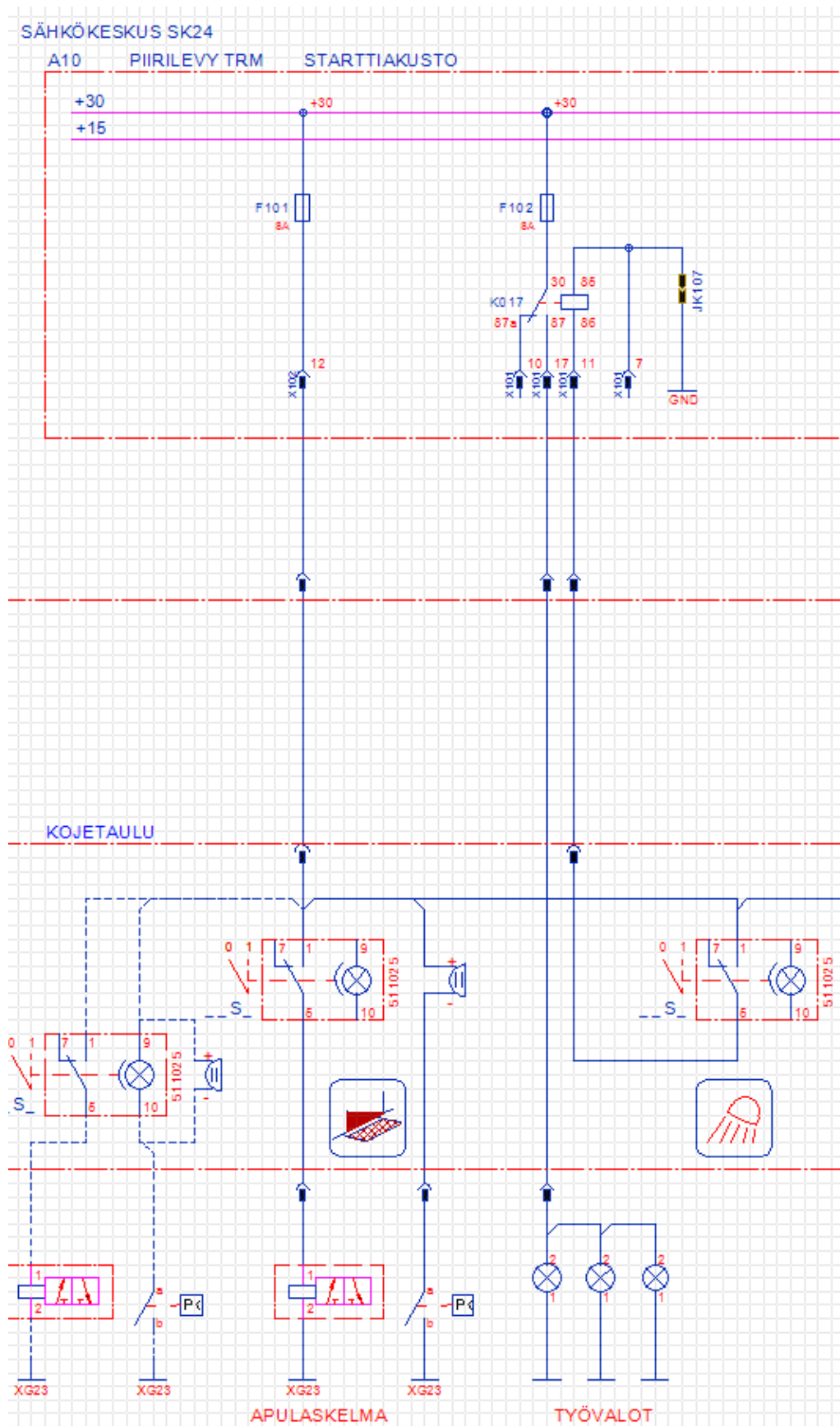
Wurthin valmistamat ICCS-mikrokontrollerit on jaettu kahteen tuotejoukkoon: Nano ICCS ja Micro ICCS. Nämä molemmat ovat kestäviä ja lämpöä sietäviä. Näitä ohjaimia voidaan käyttää joko 12 V:n tai 24 V:n jännitteellä, ja ne voivat kytkeä jopa 30 ampeerin virtoja. Nano ICCS -mikrokontrolleria käytetään ohjaamaan yksinkertaisia toimintoja, kuten valojen ohjaamista viiveellä. Micro ICCS voi ratkaista monimutkaisempia toimintoja sen useampien sisään- ja ulostulojen ansiosta. (Wurth Elektronik 2015.)

## 5 PIIRIKAAVION SUUNNITTELU

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella piirikaavio erikoisajoneuvon koriin tuleville sähkölaitteille. Piirikaaviosuunnittelu tehtiin Vertex ED -sähkösuunnitteluohjelmistolla. Piirikaavion tavoitteena on esittää ajoneuvon eri komponenttien väliset riippuvuudet ja niiden kytkennät.

Vertex ED on sähkö- ja automaatio suunnitteluun tarkoitettu ohjelma, joka sisältää piirikaaviosuunnittelua varten symbolikirjaston. Vertex-piirikaaviosovellus sisältää tehokkaita arkistointitoimintoja, joilla dokumentteja voidaan hallita projekti-, piirustus-, lehti- ja revisiotasolla. Vertexin tietokantoihin perustuvan järjestelmän avulla voidaan tehdä helposti ristiviittauksia ja tehdä erilaisia kaapeli- ja johdotusluetteloita. (Vertex 2015.)

Piirikaavio jaettiin tiettyihin osioihin, jotta on selvää missäpäin erikoisajoneuvoa piirikaaviossa esitetyt laitteet sijaitsevat. Piirikaaviot jaettiin pääasiassa kolmeen osaan. Ylimmäisenä on erikoisajoneuvon sähkökeskus ja siellä olevat kytkennät ja laitteet. Tämä osio päättyy sähkökeskuksen riviliittimeen, jossa esitetään laitteiden ja piirilevyjen välisten johtojen yhteydet. Tästä seuraava osio on tässä työssä yleensä kojetaulu, jossa sijaitsevat melkein kaikki laitteiden kytkimet. Viimeisenä piirikaaviossa on esitetty lopulta itse laitteet ja niiden maadoitus.



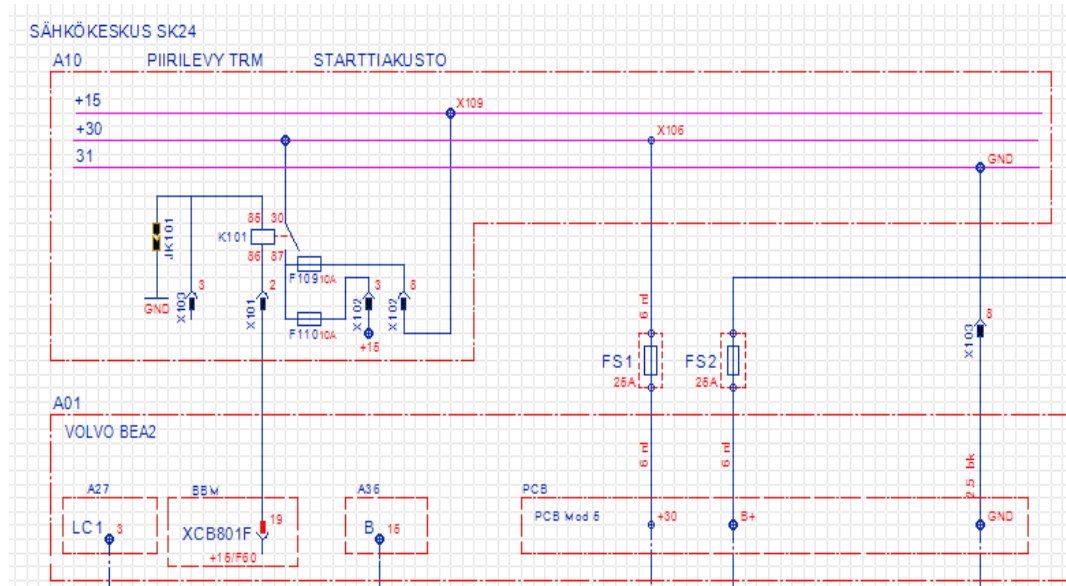
KUVA 12. Esimerkki piirikaavion jaottelusta

Kuvassa 12 on esitetty esimerkki piirikaavion jaottelusta. Pistekatkoviivoilla on esitetty erikoisajoneuvon eri osia, jotta piirikaavion lukeminen helpottuisi. Tässä esimerkissä on ylhäältä päin alkaen erotettu sähkökeskus ja siellä sijaitseva A10-piirilevy, sekä kojetaulun osuus, jossa sijaitsevat työhön suunnitellut kytkimet. Alimpana ovat itse laitteet ja niiden maadoitus.

### 5.1 Käynnistys ja virransyöttö

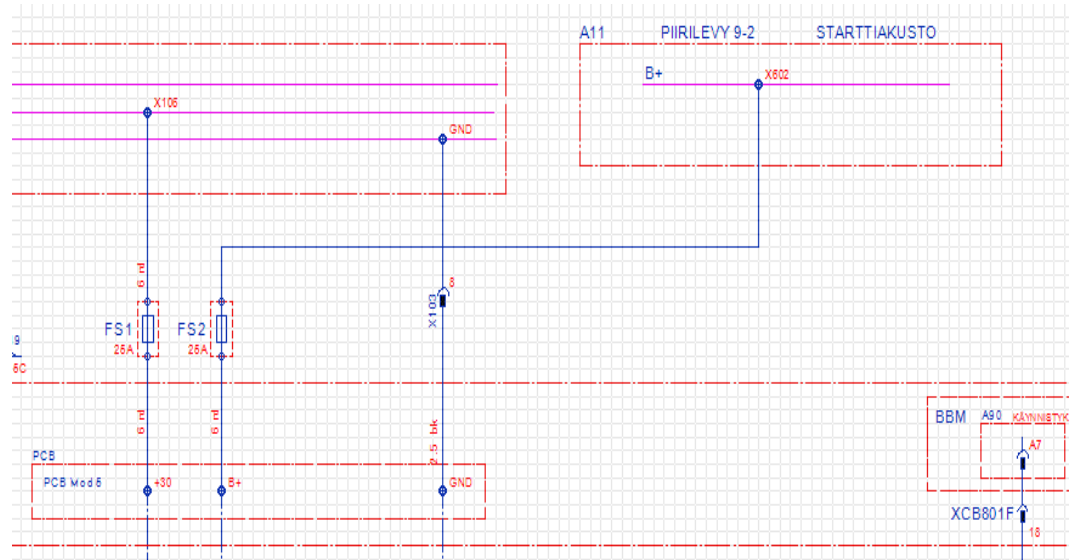
Piirikaavion suunnittelu aloitettiin suunnittelemalla erikoisajoneuvon käynnistys- ja virransyöttökytkennät. Käynnistys ja virransyöttö suunniteltiin ja kytkettiin alustanvalmistajan ohjeiden mukaisesti. Tässä osiossa määritellään, miten +15-, +30- ja B+-liittimet kytketään sähkökeskukseen tuleville piirilevyille. Käynnistys- ja virransyöttöosiossa määritellään myös, miten korilaiteakusto kytketään järjestelmään.

Käynnistys- ja virransyöttöosion olennaisin osa on erioisajoneuvon akusto. Akustolta kytketään virta työssä suunnitelluille piirilevyille alustanvalmistajan määräämien laitteiden ja kytkentöjen jälkeen. Näitä laitteita ovat muun muassa jännitteen valvontalaitteet, laturit, kytkimet, sulakkeet, releet ja sähkönjakelulaatikat.



KUVA 13. Starttiakuston piirilevyn kytkentä Volvon alustaan

Kuvassa 13 näkyy miten erikoisajoneuvossa käytettävä piirilevy kytketään erikoisajoneuvon alustaan. Esimerkiksi +30-liitin kytkeytyy tässä tapauksessa Volvon sähköjakelukeskukselta alustan sulakkeen FS1 kautta piirilevylle A10. Liitin +15 taas kytkeytyy piirilevyn A10 +30-liittimeltä releelle K101, jonka käämiä ohjataan taas Volvon sähköjakelukeskuksen kautta. Myös starttiakuston B+-liitin kytkeytyy Volvon sähköjakelukeskukselta eteenpäin piirilevylle A11, josta tehdään tarvittavat kytkennät starttiakustoon liitettäville laitteille. Kuvassa 14 nähdään A11-piirilevyn kytkeytyminen erikoisajoneuvon alustan sähköjärjestelmään. Näillä kytkennöillä tuodaan erikoisajoneuvon alustalta käyttäjännitteet työssä käytetyille piirilevylle.

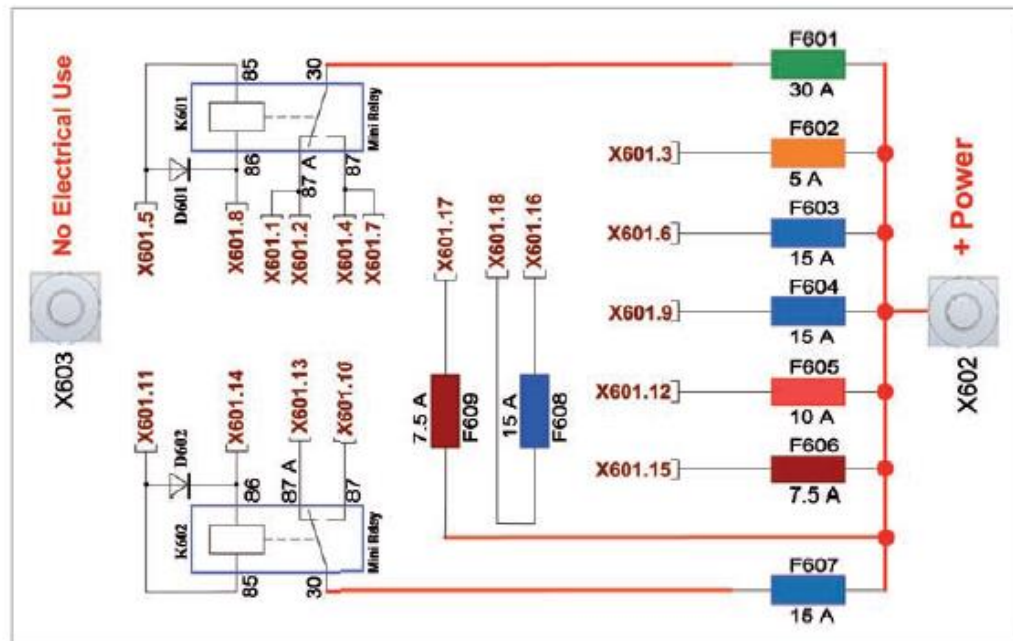


KUVA 14. A11-piirilevyn kytkentä alustan sähköjärjestelmään

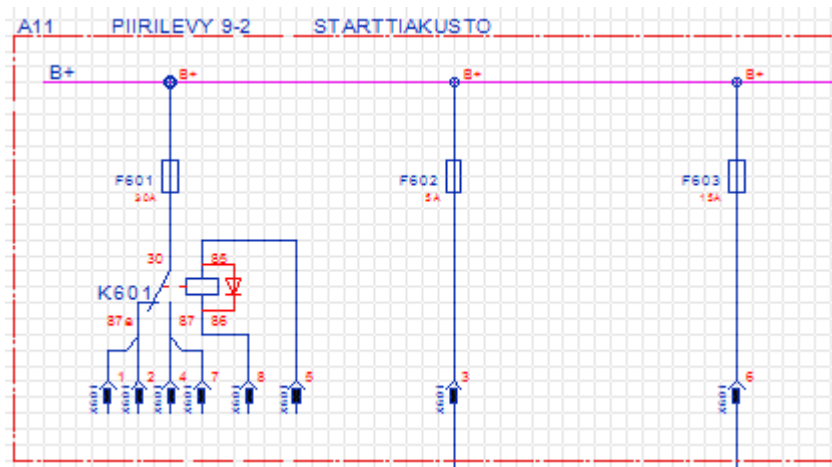
Näihin starttiakuston liittimiin tulee kytkeä vain vähän virtaa kuluttavia laitteita, jotta akustossa pysyy tarvittava virta käynnistämistä varten (Volvo Bus Corporation 2012).

Piirilevyjen esittäminen piirikaavio-ohjelmassa oli yksi työn ensimmäisistä oleellisista vaiheista. Piirilevyt täytyi esittää piirikaaviossa niin kuin ne esitetään niiden datasivuilla, jotta piirikaaviosuunnittelussa ei tapahtuisi virheitä virheellisten kuvien takia. Seuraavaksi esitellään yksi esimerkki piirilevyjen esittämisestä piirikaavio-ohjelmassa. Kuvassa 15 on 9-2-piirilevyn kuva datalehddestä, ja kuvissa 16 ja 17 on esitetty sama piirilevy piirikaavio-ohjelmassa.

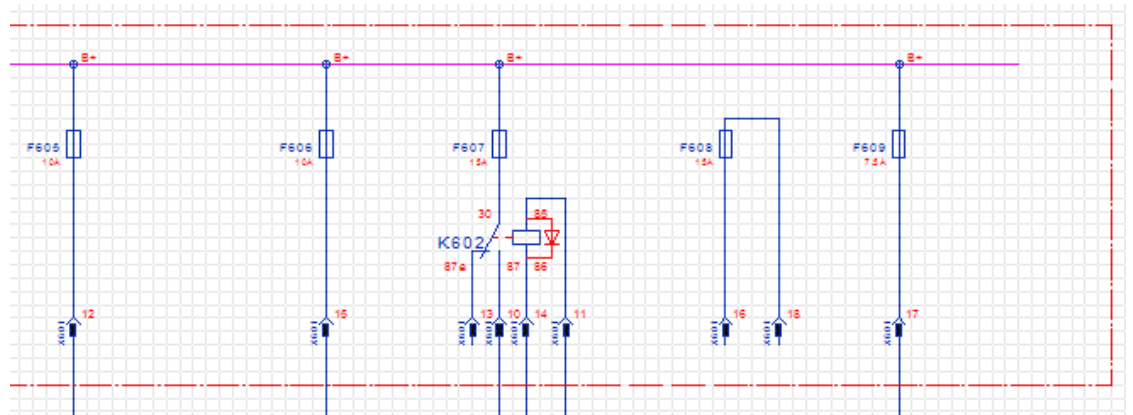
## Electrical Schematic



KUVA 15. 9-2-piirilevy (Wurth Elektronik 2015 a.)



KUVA 16. 9-2-piirilevy piirikaavio-ohjelmassa, osa 1



KUVA 17. 9-2 piirilevy piirikaavio-ohjelmassa, osa 2

## 5.2 Startiakuston piirikaavio

Startiakustoon kytkettävät korivalmistajan laitteet kytketään sähkökeskuksen piirilevyille A10 ja A11. A10-piirilevyille tulevat startiakuston +30- ja +15-liittimiin kytkettävät laitteet, ja A11-piirilevyille kytketään laitteet, jotka liitetään startiakuston B+-liittimeen. A10-piirilevyksi valittiin Wurthin Traffic Regulation Module, koska siihen on mahdollista kytkeä kaksi erillistä tehonsyöttöä. Näitä kahta tehonsyöttöä käytettiin liittimille +30 ja +15.

### 5.2.1 Startiakustoon liitettävät laitteet

Piirilevyille A11 liitettiin seuraavat laitteet:

- radio
- kojetaulun latauspistoke
- ovikoneikko
- infotaulu
- työvalot, vasen.

Nämä edellä mainitut laitteet kytkettyvät startiakuston B+ -liittimeen, joten nämä laitteet eivät saa kuluttaa liikaa virtaa, jotta akustossa säilyy käynnistämiseen tarvittava virta.

### 5.2.2 Starttiakuston +30-laitteet

Myös starttiakuston +30 -liittimeen liitettävälle laitteille valittiin Traffic regulation module -piirilevy sen tehonsyöttöoptioiden takia. Tämä kyseinen piirilevy nimettiin työssä nimellä A10. A10 -piirilevylle suunniteltiin lähdöt seuraaville laitteille:

- apulaskelma
- työvalot
- kaukovalot
- alppitorvi
- linjakilpi
- sähkönsyöttöluukku auki, merkkivalo
- sulkien lämmitys
- häikäisysuoja
- kartanlukuvalot
- ohjaamon valo
- ajovalojen pesu
- ajouravalot.

### 5.2.3 Starttiakuston +15-laitteet

Starttiakuston +15-liittimeen kytkettävälle laitteille käytettiin työssä samaa piirilevyä kuin +30-liittimeen kytkettävälle laitteille eli tässä tapauksessa Traffic regulation module -piirilevyä. +15 -liittimen sähkönsyöttö kytkeytyy A10-piirilevyllä olevan releen K101 kautta, jota ohjataan alustaltan kautta tulevalta käynnistystiedolla. +15 -liittimeen suunniteltiin tässä työssä kytkettäväksi seuraavat laitteet:

- lämpöpeilit
- penkinlämmitys
- peruutuskamera.

### 5.3 Korilaiteakuston piirikaavio

Korilaiteakuston laitteille tulee tässä työssä tehonsyöttö vain +30- ja B+ - liittimiltä, joten näiden laitteiden sulakelähtöjä varten tarvittaisiin piirilevy, jossa on mahdollisuus kahteen tehonsyöttölinjaan, tai sitten useampi piirilevy, joille olisi kullekin kytketty tarvittava tehonsyöttö. Opinnäytetyön erikoisajoneuvon korilaiteakustolle valittiin useampi piirilevy ja myös piirilevy, jossa on mahdollisuus kahteen eri tehonsyöttöön. Nämä piirilevyt ovat tässä työssä Traffic regulation module, jolle syötetään +30- ja B+ - ja 16-0-module, johon kytketään loput +30-liittimen laitteet. Näiden piirilevyjen rinnalle valittiin vielä lisäksi yksi 0-12-module-piirilevy, jolla on pelkästään releitä. Näiden releiden avulla toteutettiin laitteiden ohjauksia.

Korilaiteakuston B+ -liittimeen suunniteltiin kytkettäväksi vain lisälämmitin ja etu- ja takaosan lämmönsäätö. Nämä laitteet saavat sähkönsyöttönsä siis suoraan korilaiteakustolta, joka kytketty piirilevylle A12, joka on edellä mainittu Wurthin Traffic regulation module-piirilevy.

Korilaiteakuston laitteille on varattu eniten sulakelähtöjä, koska ne ovat pääosin päällä vasta silloin kun erikoisajoneuvon virtakytkintä on käännetty ja korilaiteakustoa ei tarvita ajoneuvon käynnistämiseen. Ajoneuvon ollessa käynnissä akusto saa generaattorilta latausvirtaa D+- liittimen kautta. +30 -liittimeen kytkettyvät laitteet suunniteltiin kytkettäväksi piirilevylle A12:Traffic regulation module, A13: 16-0-module ja A14: 0-12-module. A12-piirilevylle kytkettiin seuraavat laitteet:

- radiaattori
- kennopuhallin
- virkailijatiskin valot
- lattialämmitys
- kattovalot
- helmakotelovalot
- kylkivalot

Piirilevylle A14 taas kytkettiin seuraavat laitteet:

- wc-apulaitteet
- tuulettimet
- kohdevalot
- vedenlämmitin
- ohjaamon ilmastointi
- ilmastoinnin lauhdutin
- vesipumppu
- etulämmityslaite
- hiekoituslaite
- strobovalot
- sisäänkäyntivalot
- ovikoneikko
- sähkötoiminen kattoluukku.

A14-piirilevyllä oli siis edellisten kappaleiden perusteella pelkkiä releitä, joten tälle piirilevyille kytkettäville laittelle tuotiin ohjaus joko kojetaulun kytkimiltä tai muualla olevilta kytkimiltä.

## 6 JOHTOSARJA

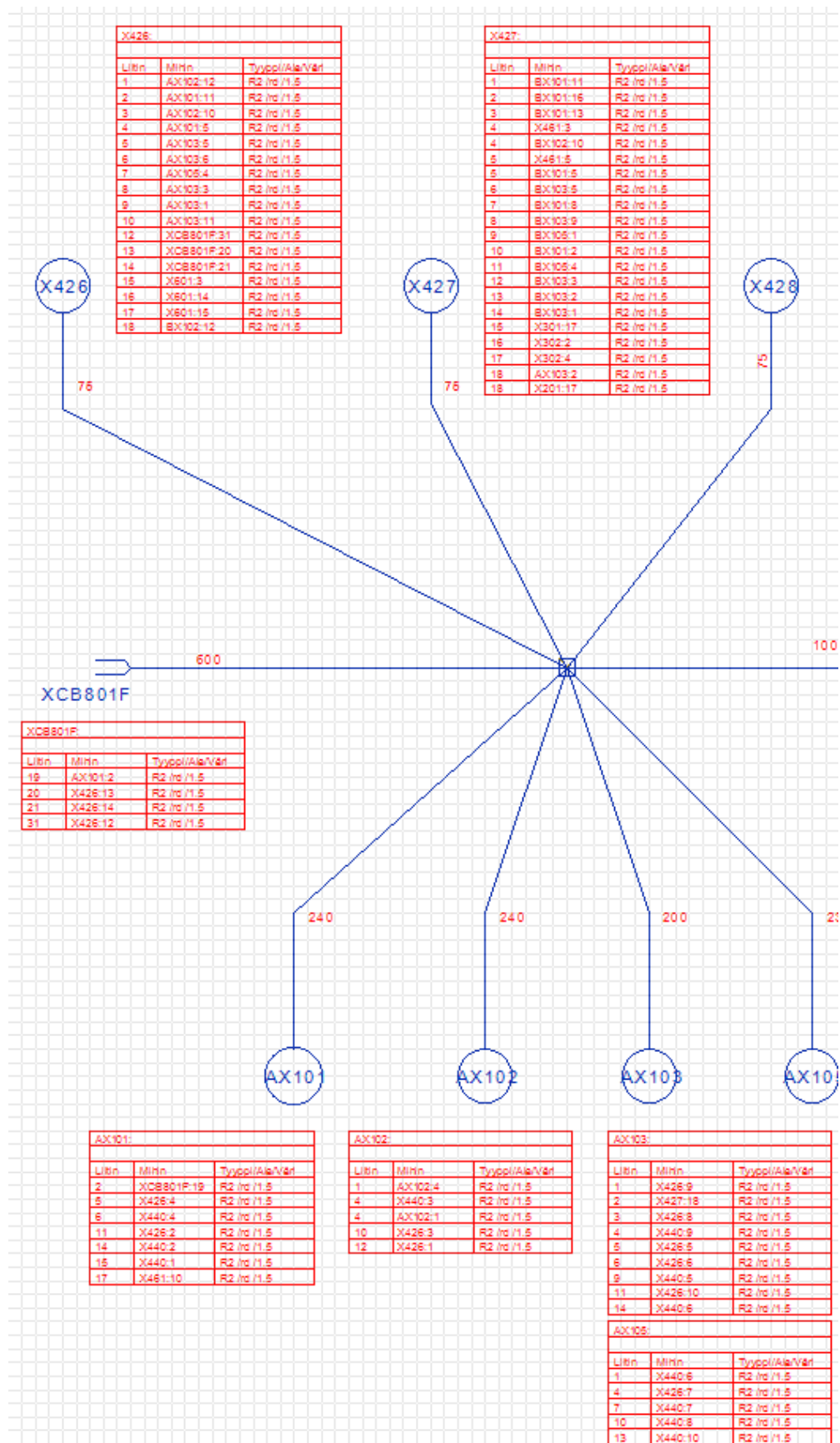
Opinnäytetyön yhtenä osana suunniteltiin piirikaavion pohjalta johtosarja sähkökeskukseen uusille piirilevyille ja siellä oleville riviliittimille. Tässä luvussa tarkastellaan, miten johtosarja suunniteltiin ja mitä johtosarjan suunnittelussa tulee ottaa huomioon.

Johtosarjan suunnittelu aloitettiin nimeämällä piirikaavion liittimet. Liittimet nimettiin sen mukaan, missä kyseisessä liittimessä oleva laite sijaitsee.

Liittimien nimeämisessä käytettiin seuraavanlaista käytäntöä:

- X400 – X419 alusta
- X420 – X439 kojetaulu
- X440 – X449 etuosa
- X450 – X459 vasen sivu
- X460 – X469 oikea sivu.

Sähkökeskuksen johtosarjaa varten täytyi myös suunnitella piirilevyjen mekaaninen sijoittelu erikoisajoneuvon sähkökeskukseen. Piirilevyjen sijoittelun avulla pystyttiin laskemaan sähkökeskuksen johtosarjan johtimien pituudet ja määrittelemään, miten johdot kulkevat sähkökeskuksessa.

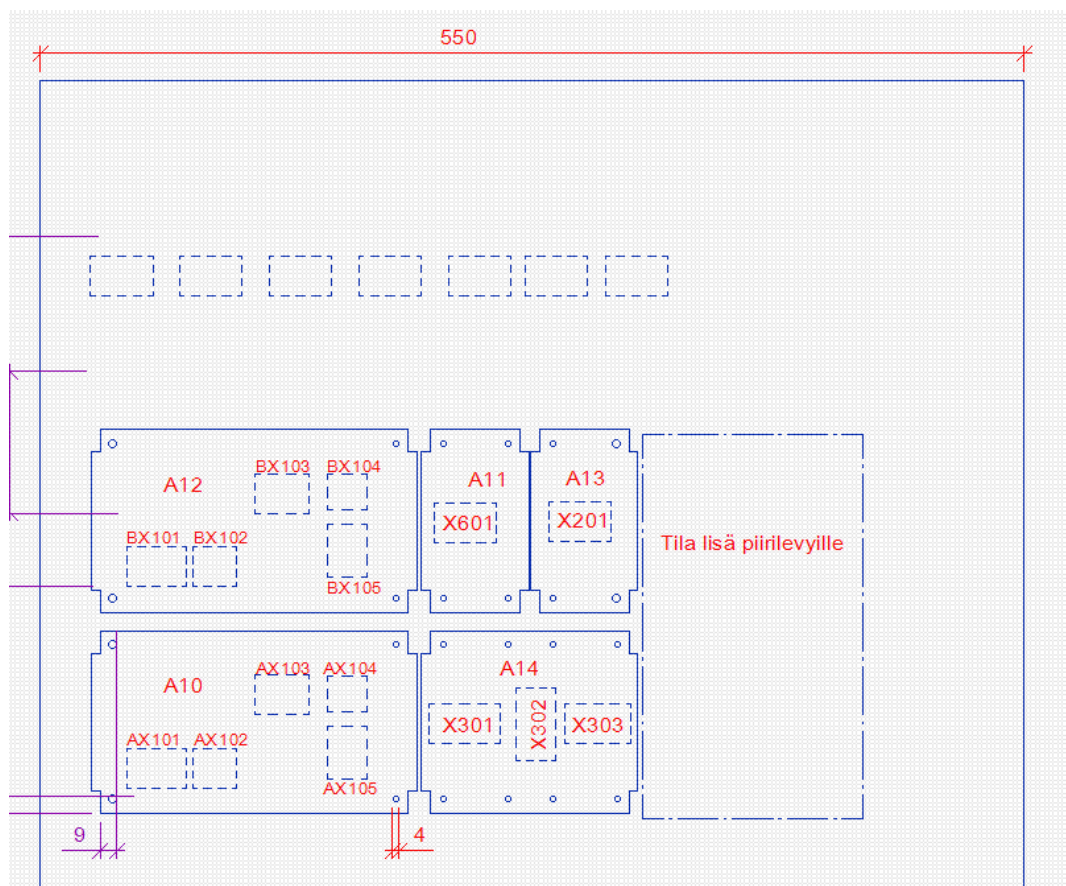


KUVA 18. Johdotustaulukko

Kuvassa 18 nähdään, miten johtosarjaa on kuvattu Vertex-ohjelmassa. Riviliittimet on kuvattu ympyröillä, joissa lukee kyseisen riviliittimen nimi. Liitinsymboleiden vieressä on taulukko, josta voidaan lukea, miten johdotus kytkeytyy muihin liittimiin.

Liittimiltä lähtee yhteysviiva, jonka viereen on merkitty johtojen pituus seuraavaan pisteeseen. Liittimien yhteysviivat yhdistyvät kuvassa 18 haaroituspisteeseen, joka on keskellä kuvaa. Haaroituspisteestä eteenpäin lähtevien johtojen pituuteen lisätään kyseisen yhteysviivan pituus ja nämä yhteenlaskemalla saadan selville tarvittava johdon pituus.

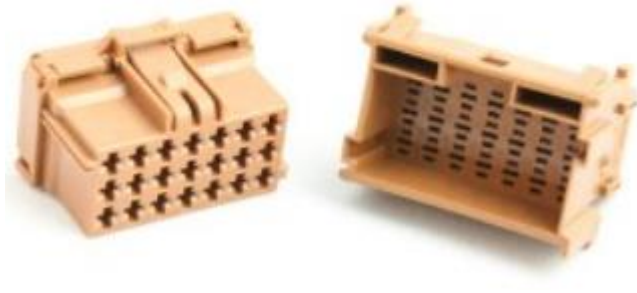
Kuvassa 18 näkyy lisäksi johdinpäät, jotka liitetään alustan sähköjakoyksikön liittimeen XCB801F. Nämä johdot on merkitty johdinpäillä, koska kyseinen riviliitin XCB801F on jo olemassa ja siihen vain lisätään tarvittavia johtoja.



KUVA 19. Piirilevyjen mekaaninen sijoittelu sähkökeskukseen

Kuvassa 19 nähdään piirilevyjen mekaanisen sijoittelun hahmotelma sähkökeskuksessa. Kuvassa 19 näkyy piirilevyjen yläpuolella riviliitin - hahmotelma, minkä perusteella määritellään johtojen pituudet.

Riviliittimiksi työhön valittiin AMP MCP -liittimet. Kuvassa 20 on esitetty 21-napainen AMP MCP -liitin. AMP MCP (multiple contact)-liittimet sopivat ajoneuvojen sähköisille ja elektronisille laitteille. MCP-liittimet ovat luotettavia ja tärinän kestäviä. Kontaktit lukittuvat MCP-runkoihin kaksoislukituksella. MCP-liittimet käyvät 0,2 - 2,5 mm<sup>2</sup>:n johdinalueelle. (Tampereen sähköpalvelu 2015.)



KUVA 20. AMP MCP -liitinkotelo (Tampereen sähköpalvelu 2015).

## 7 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella erikoisajoneuvolle piirikaavio, joka sopii käytettäväksi työhön valittujen piirilevyjen kanssa. Ennen piirikaavion suunnittelua täytyi valita työssä käytettävät piirilevyt. Piirilevyt valittiin Wurthin valikoimasta, josta löytyi erityisesti ajoneuvoihin käytettäväksi tarkoitettuja piirilevyjä erilaisilla ominaisuuksilla.

Työ aloitettiin listaamalla kaikki erikoisajoneuvoon tulevat laitteet. Tämän listauksen avulla valittiin ominaisuuksiltaan sopivat piirilevyt.

Erikoisajoneuvon laitteet kytkeytyvät akuston eri liittimiin, joten jokaiselle tarvittavalle liittimelle pitäisi löytyä kytkentämahdollisuus piirilevyiltä. Työtä varten valittiin yhteensä viisi piirilevyä. Nämä piirilevyt sopivat hyvin työn erikoisajoneuvoon, koska niillä saatiin aikaiseksi toteutettua laitteiden liitännät tarvittaviin liittimiin ja myös piirilevyillä olevilla releillä saatiin laitteiden ohjaukset. Uudet piirilevyt korvaavat vanhat piirilevyt ja samalla säästävät myös tilaa erikoisajoneuvon sähkökeskuksessa. Piirilevyihin on myös mahdollista kytkeä saman valmistajan tekemiä relekotelossa olevia mikrokontrollereja, joilla voidaan esimerkiksi lähettää CAN-väylään tietoja tai vaikkapa ohjata muita piirilevyillä olevia releitä. Tässä työssä ei kuitenkaan ollut tarvetta mikrokontrollereille.

Piirilevyjen valinnan jälkeen voitiin aloittaa piirikaaviosuunnittelu. Ensiksi piirrettiin työhön valitut piirilevyt ja niiden ominaisuudet Vertex-ohjelmalla.

Seuraavaksi suunniteltiin, miten uudet piirilevyt kytkeytyvät alustan sähköjärjestelmään. Tämän jälkeen päästiin suunnittelemaan, miten eri laitteet kytketään piirilevyille ja miten niitä mahdollisesti ohjattaisiin releillä ja kytkimillä. Suunnittelussa oli myös tarkoitus hieman päivittää vanhoja kuvia, jotta piirikaavioden lukemisesta tulisi selkeämpää. Piirikaaviot jaettiin suunnittelussa selkeisiin osiin, jotta on helppo lukea kuvasta, missä mikäkin laite tai liitin sijaitsee.

Osana opinnäytetyötä suunniteltiin uusille piirilevyille mekaaninen sijoittelu erikoisajoneuvon sähkökeskukseen ja sähkökeskuksen johtosarja. Johtosarjan tiedot saatiin Vertex-ohjelman johtosarjatyökalujen avulla.

Johtosarjakuvissa esitettiin sähkökeskuksen johtosarjan liittimien väliset riippuvuudet ja johtimien pituudet. Mekaanisella sijoittelulla saatiin sähkökeskukseen lisää tilaa, koska uudet piirilevyt vaativat vähemmän tilaa kuin vanhat.

## LÄHTEET

12 volt Planet. 2015. Relay guide [viitattu 1.3.2015]. Saatavissa:

<http://www.12voltplanet.co.uk/relay-guide.html>

Autozone. 2014. Starting and charging system [viitattu 12.12.2014].

Saatavissa:

[http://www.procarcare.com/icarumba/resourcecenter/encyclopedia/icar\\_resourcecenter\\_encyclopedia\\_starting1.asp](http://www.procarcare.com/icarumba/resourcecenter/encyclopedia/icar_resourcecenter_encyclopedia_starting1.asp)

Battery University. 2015. BU-201a:Absorbent Glass Mat (AGM) [viitattu 2.2.2015]. Saatavissa:

[http://batteryuniversity.com/learn/article/absorbent\\_glass\\_mat\\_agm](http://batteryuniversity.com/learn/article/absorbent_glass_mat_agm)

Haapaniemi, H. 2002. Autoteknillinen taskukirja. 6. painos. Jyväskylä: Gummerus.

Karppinen, E. 2008. EMC ja rakennusten sähkötekniikka. Espoo:

Sähköinfo.

Kiitokori. 2015. Company [viitattu 28.3.2015]. Saatavissa:

<http://www.kiitokori.fi/en/company/>

Littelfuse. 2015. ATO Series. Littelfuse [viitattu 24.2.2015]. Saatavissa:

<http://www.littelfuse.com/products/fuses/automotive-aftermarket-products/blade-fuses/ato.aspx>

Tampereen sähköpalvelu. 2015. AMP MCP rungot [viitattu 23.3.2015].

Saatavissa: <http://www.tsp.fi/tuotteet/tuoteryhma/amp-mcp-rungot/action/list/>

Vertex. 2015. Vertex ED Sähkö- ja automaatio suunnittelu [viitattu

23.3.2015]. Saatavissa: <http://www2.vertex.fi/web/fi/ed>

Volvo Bus Corporation. 2012. Bodybuilding Instruction Buses and Coaches. Gothenburg: Volvo Bus Corporation

We-online. 2015. Press-fit technology [viitattu 23.3.2015]. Saatavissa: [http://www.we-online.com/web/en/index.php/show/media/05\\_intelligente\\_systeme/technologien/massive\\_einpresstechnik/grundlagen/Press-fit\\_technology\\_Grundlagen\\_DE\\_EN.pdf](http://www.we-online.com/web/en/index.php/show/media/05_intelligente_systeme/technologien/massive_einpresstechnik/grundlagen/Press-fit_technology_Grundlagen_DE_EN.pdf)

Würth Elektronik. 2015 a. 9-2 Module [viitattu 10.1.2015]. Saatavissa: [http://www.we-online.com/web/en/index.php/show/media/05\\_intelligente\\_systeme/produkte\\_6/powermanagement/redline/englisch\\_franz\\_sisch/Produkt\\_info\\_9F2R\\_EN.pdf](http://www.we-online.com/web/en/index.php/show/media/05_intelligente_systeme/produkte_6/powermanagement/redline/englisch_franz_sisch/Produkt_info_9F2R_EN.pdf)

Würth Elektronik. 2015 b. 0F-12 $\mu$ R Module [viitattu 10.1.2015]. Saatavissa: [http://www.we-online.com/web/en/intelligente\\_systeme/produkte\\_neu/powermanagement/standard-zentralelektrik/0f-12r\\_modul/0F-12R\\_Modul.php](http://www.we-online.com/web/en/intelligente_systeme/produkte_neu/powermanagement/standard-zentralelektrik/0f-12r_modul/0F-12R_Modul.php)

Würth Elektronik. 2015 c. 16-0 Module [viitattu 10.1.2015]. Saatavissa: [http://www.we-online.com/web/en/index.php/show/media/05\\_intelligente\\_systeme/produkte\\_6/powermanagement/redline/englisch\\_franz\\_sisch/Produkt\\_info\\_16F\\_EN.pdf](http://www.we-online.com/web/en/index.php/show/media/05_intelligente_systeme/produkte_6/powermanagement/redline/englisch_franz_sisch/Produkt_info_16F_EN.pdf)

Würth Elektronik. 2015 d. ICCS Small Controllers [viitattu 27.1.2015]. Saatavissa: [http://www.we-online.com/web/en/intelligente\\_systeme/produkte\\_neu/steuerungen\\_sensoren/iccs\\_kleinststeuerungen/ICCS\\_Kleinststeuerungen.php](http://www.we-online.com/web/en/intelligente_systeme/produkte_neu/steuerungen_sensoren/iccs_kleinststeuerungen/ICCS_Kleinststeuerungen.php)

Würth Elektronik. 2015 e. Solid Press-Fit Technology [viitattu 04.1.2015]. Saatavissa: [http://www.we-online.com/web/en/intelligente\\_systeme/technologien/massive\\_einpresstechnik/grundlagen/Grundlagen.php](http://www.we-online.com/web/en/intelligente_systeme/technologien/massive_einpresstechnik/grundlagen/Grundlagen.php)

Wurth Elektronik. 2015 f. Traffic Regulation Module [viitattu 10.1.2015].

Saatavissa: [http://www.wurth-elektronik.com/web/en/index.php/show/media/05\\_intelligente\\_systeme/produkte\\_6/powermanagement/redline/englisch\\_franz\\_oesch/Produkt\\_info\\_TRB\\_EN.pdf](http://www.wurth-elektronik.com/web/en/index.php/show/media/05_intelligente_systeme/produkte_6/powermanagement/redline/englisch_franz_oesch/Produkt_info_TRB_EN.pdf)

Wurth Elektronik. 2015 g. Traffic Regulation Module [viitattu 10.1.2015].

Saatavissa: [http://www.wurth-elektronik.com/web/en/intelligente\\_systeme/produkte\\_neu/powermanagement/standard-zentralelektrik/trm/TRM\\_Einleitung.php](http://www.wurth-elektronik.com/web/en/intelligente_systeme/produkte_neu/powermanagement/standard-zentralelektrik/trm/TRM_Einleitung.php)

