



SÄHKÖKÄYTTÖISEN URHEILUAUTON TEHONSIIR- TOJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU JA APULAIT- TEIDEN KYTKENTÄ

Ari Mielonen

Opinnäytetyö
Toukokuu 2012
Sähkötekniikka
Sähkövoimatekniikka
Tampereen ammattikorkeakoulu

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Tampere University of Applied Sciences

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Sähkövoimatekniikan suuntautumisvaihtoehto

Tekijä	Ari Mielonen
Opinnäytetyön nimi	Sähkökäyttöisen urheiluauton tehonsiirtojärjestelmän suunnittelu ja apulaitteiden kytkentä
Vuosi	2012
Sivumäärä	34 + 11 liitettä

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella sähkökäyttöisen urheiluauton tehonsiirtojärjestelmä ja apulaitteiden kytkentä, sekä mitoittaa näihin tarvittavat komponentit. Tämä opinnäytetyö kuului osaksi yhtä suurempaa projektia, jossa Porsche 928 S4 mallinen auto pyrittiin muuntamaan polttomoottorikäytöstä sähkökäyttöiseksi. Autoa on tarkoitus rakentaa Tampereella Ruskossa Hervannan kaupunginosassa. Projektissa olivat yhteistyössä mukana Tampereen ammattikorkeakoulu, Tampereen ammattiopisto ja Tampereen Sähköajoneuvokeskus.

Tämä opinnäytetyö käsittelee asiaa pelkästään teoriatasolla, sillä projektin toteutus viivästyi rahoituksen puutteen vuoksi. Opinnäytetyössä käydään läpi miten ajoakkujärjestelmä saadaan liitettyä apusähköjärjestelmään, sekä mitä erilaisia komponentteja autoon tarvitaan ja mitä niiltä vaaditaan. Nämä asiat ovat esitetty muunnossähköauton sähkökuvan suunnitelmassa.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Electrical Engineering
Option of Electrical Power Engineering

Author	Ari Mielonen
Title	An electric sports car electric transmission system design and ancillary connections
Year	2012
Pages	34 + 11 attachments

The purpose of this bachelor's thesis was to design an electric sports car conversion's electric power transmission system and the ancillary system connections. Also choose all the right components. This thesis was part of a larger project where a Porsche 928 S4 was supposed to be converted from the original internal combustion engine to an electric car. The car is planned to be built in Rusko which is part of Hervanta in Tampere. Tampere University of Applied Sciences, Tampere College and Tampere Electric Vehicle Center where participating in this project.

This thesis is written purely on theoretical level. The project's implementation was delayed due to lack of funding. The thesis goes through how the battery system is connected to the ancillary systems and what different components is needed and what to take consideration with the components. All these are shown in the electrical picture of the electric car conversion.

Keywords: Electric, car, conversion

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ.....	2
ABSTRACT	3
1 JOHDANTO	5
2 MUUNNOSSÄHKÖAUTO.....	6
2.1 Aihio.....	6
2.2 Käyttötarkoitus	7
2.3 Tehtävät muutokset	7
3 KOMPONENTIT	8
3.1 Sähkömoottori.....	9
3.2 Taajuusmuuttaja	11
3.3 Ajoakusto	12
3.4 DC/DC-muunnin eli tasajännitemuunnin	14
3.5 Laturi.....	16
3.6 Akustonhallintajärjestelmä	17
3.7 Jarrujen alipainepumppu.....	18
3.8 Sisätilalämmitin	18
3.9 Ohjaustehostimen pumppu	19
3.10 Kontaktorit	19
3.11 Sulakkeet.....	20
3.12 Kaapelointi.....	21
3.13 Liittimet	22
4 KYTKENNÄT	24
4.1 Sähköjärjestelmä	24
4.1.1 Ajoakkujärjestelmä	24
4.1.2 Apusähköjärjestelmä	25
4.2 Hätäseiskyt kentä	26
5 YHTEENVETO	30
LÄHTEET	32
LIITTEET	34

1 JOHDANTO

Ilmaston lämpeneminen ja fossiilisten polttoaineiden hinnan jatkuva kallistuminen johtaa uusien vaihtoehtoisien energialähteiden käyttöönottoon ajoneuvo-maailmassa. Sähkökäyttöiset ajoneuvot ovat tässä asiassa yksi hyvä vaihtoehto vaihtoehtoisella energialähteellä toimivalle autolle. Sähköautoilun heikkoutena voidaan pitää akuston ajokapasiteetti, mutta tulevaisuudessa akkuteknologian odotetaan paranevan, sillä useat suuret autovalmistajat ovat jo tuoneet omia massatuotantoon tarkoitettua sähköautoja markkinoille.

Tämä opinnäytetyö on osa suurempaa kokonaisuutta, jossa pyritään muuntaamaan polttomoottoriauto sähkökäyttöiseksi. Sähkömuunnoksen teettäjä on yksityishenkilö, joka kysyi apua muunnoksen suunnittelun kanssa ja tarjosi näin samalla opinnäytetyöaiheita Tampereen ammattikorkeakoulun opiskelijoille. Tämä työ keskittyy kuinka ajoakku- ja apusähköjärjestelmä liitetään teoriassa toisiinsa ja mitä komponentteja tarvitaan tämän toteuttamiseen.

2 MUUNNOSSÄHKÖAUTO

Muunnossähköauto on auto, mikä muunnetaan normaalista polttomootoriautos-
ta sähkökäyttöiseksi. Muunnosta tehtäessä täytyy suunnitelmassa ottaa huomi-
oon alkuperäisen auton tilavuus, sekä rungon kestävyys. Autosta poistetaan
suuri määrä tarpeettomaksi käypiä osia ja asennetaan uusia sähköisiä osia tilal-
le. Akuston ja moottorin sovittaminen autoon vaatii huolellista suunnittelua, että
vältetään ylittämästä auton omamassaa, sekä rungon muutoksilta. Hyvin usein
runkoa joudutaan kuitenkin vahvistamaan.

2.1 Aihio

Muunnossähköauton runkona käytetään vuosimallin 1988 Porsche 928 S4 ur-
heiluautoa, kuva 1. Auto tarjoaa hyvän painojakauman sen ollessa 50/50 eli
auton paino jakaantuu molempien akselien tasaisesti. Suuri ja painava poltto-
moottori antaa hyvän mahdollisuuden sijoittaa suuren akkupaketin sen tilalle
auton keulaan.



KUVA 1. Porsche 928 S4. (Kuva: Antti Syvänen, 2010)

2.2 Käyttötarkoitus

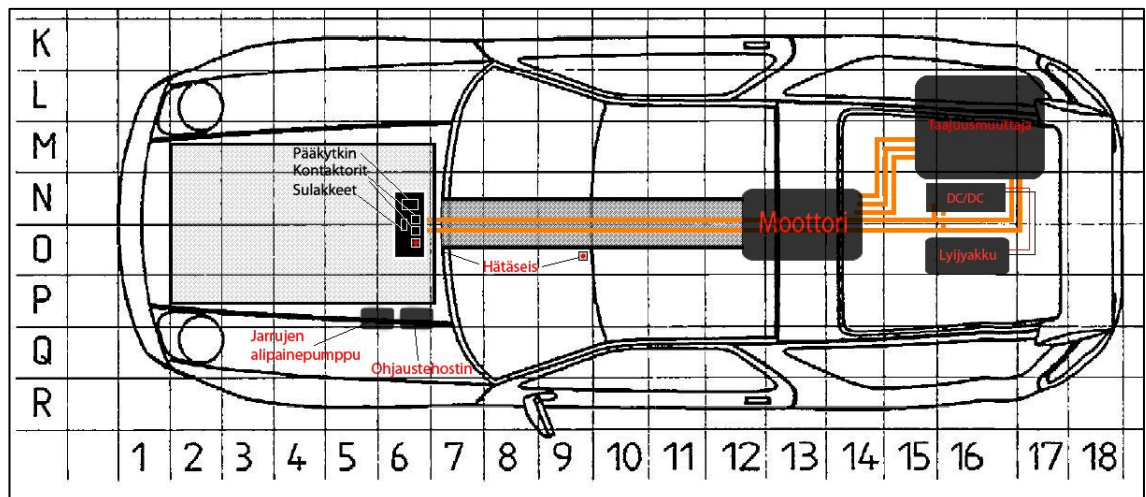
Muunnossähköauton käyttötarkoitus on hyvä määrittää ennen komponenttien valintaa. Päätetään käytetäänkö autoa mahdolliseen tavaroiden kuljettamiseen, vai voidaanko tämäkin tila autosta käyttää esimerkiksi akkumäärän lisäämiseen. Entä halutaanko panostaa ajomatkan pituuteen ja samalla kärsitään huippunopeudesta, vai tahdotaanko suorituskykyä ja kärsitään ajomatkasta. Mietitään käytetäänkö autoa pelkästään kesällä lämpimissä olosuhteissa vai suunnitellaanko ajoja myös talvipakkasilla.

2.3 Tehtävät muutokset

Aluksi autosta poistetaan kaikki ylimääräisiksi jäävät osat, joita ei tarvita sähköajoneuvossa. Tällaisia osia ovat polttomoottori, vaihteisto, pakoputkisto, kardaniakseli, bensiinitankki ja -pumppu. Autoon lisätään sähkömuunnokseen tarvittavat osat kuten akusto, taajuusmuuttaja, sähkömoottori, tasajännitemuunnin, ajoakkujen laturi, kaapeloinnit, sulakkeet, kontaktorit ja tarvittavat kytkinlaitteet. Näillä muutoksilla ja komponenteilla, yhdessä hyvän suunnitelman kanssa valmistuu muunnossähköauto.

3 KOMPONENTIT

Uusina osina autoon tulee sähkömoottori, taajuusmuuttaja, ajoakusto, tasajännitemuunnin, ajoakkujen laturi, pääkytkin, kontaktorit, sulakkeet, hätäseispainikkeet, sähkökäyttöinen ohjaustehostin, jarrujen alipainepumppu ja sisäilmanlämmitin. Kaikille näille komponenteille on suunniteltu sijoituspaikka kuvioon 1. Komponenttien kytkennät voidaan nähdä helpoiten sähkökuvasta (liite 10). Autoon laitettavien komponenttien on hyvä täyttää EU:n direktiivit kuten pienjännittdirektiivi ja CE-merkintä. Projektin budjetin pienestä koosta johtuen komponenttien saanti viivästyi, eikä komponenttien asentamista päästy toteuttamaan käytännöntasolla.



KUVIO 1. Komponenttien sijoitussuunnitelma

Auton keulaan kuva 3 polttomoottorin tilalle on suunniteltu yhtenä opinnäytetyönä akkulaatikko. Tähän tilaan saadaan sijoitettua ajoakusto ja akkukotelon päälle ja sivustoille sijoitetaan pääkytkin, kontaktorit ja sulakkeet. Komponenttien sijoituspaikkaa suunniteltaessa on hyvä ottaa huomioon myöhemmin tapahtuvat mahdolliset muutos- ja korjaustyöt, sekä mahdollisen onnettomuustilanteen riskit. Kaapelien sijainti täytyy merkitä hyvin näkyviin, että onnettomuustilanteessa auton runkoa voidaan leikata turvallisesti pelastustoimissa. Autoon sijoitettavat korkeajännitekomponentit täytyy varustaa erilaisilla varoitusmerkinnöillä, kuvio 2. Tällä merkillä ilmoitetaan vaarallisesta jännitteestä.



KUVIO 2. Yleinen vaarallisesta jännitteestä varoittava kilpi (Suomen standardisoimisliitto, 2007, muokattu)

Sähkölaitteet on asennettava siten, että on tarpeeksi tilaa asentamista ja myöhemmin tapahtuvaa yksittäisten laitteiden vaihtamista varten, ja laitteisiin päästään käsiksi käyttöä, testausta, tarkastusta, huoltoa ja korjausta varten. (Suomen standardisoimisliitto, 2007, 66)



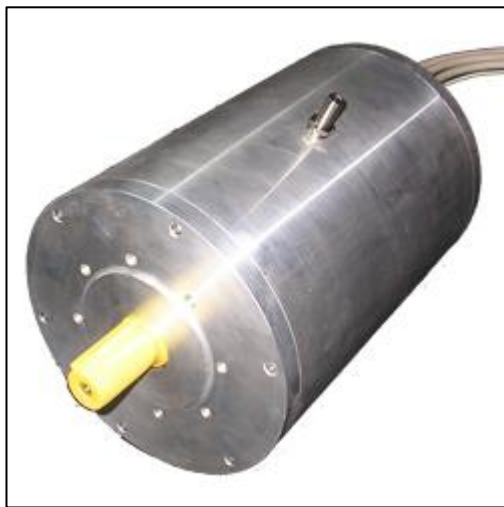
KUVA 2. Ajoakkujen sijoituspaikka (Kuva: Ari Mielonen, 2011)

3.1 Sähkömoottori

Yksi tärkeimmistä komponenteista on auton sähkömoottori. Sähkömoottorit voidaan jakaa kahteen ryhmään tasasähkö- ja vaihtosähkömoottoreihin. Kuten moottoreiden nimistä voidaan päätellä, erilainen toiminta perustuu tietynlaiseen jännitteeseen, toinen käyttää toimiakseen tasajännitettä ja toinen vaihtojännitettä. Tasasähkömoottorin etuna pidetään yksinkertaista ohjausta, mutta heikkoutena voidaan pitää kuluvia hiiliharjoja. Tasasähkömoottoria ei kannata valita

sellaiseen käyttöön, jossa moottori pyörii lähes kokoajan. Hiiliharjojen kestävyys on noin 3000 - 5000 käyttötuntia mallista riippuen. Kilometreinä mitattuna 3000 käyttötunnin mallin voidaan olettaa kestävän 80 km/h keskinopeudella 240 000 kilometriä. Määrä ei ole huono, mutta vaihtosähkömoottorilla päästään parempiin lukemiin. Tasasähkömoottoria suositellaan käytettäväksi vain hetkelliseen käyttöön. (OEM Automatic, 2011)

Yhtenä oppilastyönä oli moottorin valitseminen ja mitoitus. Moottoriksi projektiin alustavasti valikoitui EVE M2-AC30-L nestejäähdytteinen oikosulkumoottori, kuva 4. Kyseinen moottori omaa IP-67 luokituksen ja soveltuu näin ollen asennettavaksi auton pohjaan, kuva 4. IP-67 luokitus takaa, että moottori on suojattu tarpeeksi hyvin. IP-67 suojattu laite kestää väliaikaisen (30 minuuttia) veteen upottamisen. Moottoriin ei pääse vettä haitallisissa määrissä, vaikka kotelo upotettaisiin yhden metrin syvyyteen 30 minuutin ajaksi. (ABB, 2011)



KUVA 3. EVE M2-AC30-L 30kW:n oikosulkumoottori (Kuva: Electro Vehicles EU)

Oikosulkumoottorin rakenne on yksinkertainen, luja ja äärimmäisen kestävä. Se rakentuu aktiivisista ja passiivisista osista. Aktiivisia osia ovat staattorin ja roottorin käämitykset. Aktiiviset osat muodostavat koneen sähköisentoiminnan. Passiiviset osat kuten runko pitävät aktiivisia osia paikoillaan. Nämä osat myös johtavat sähkön koneeseen tai pois koneesta ja välittävät pyörivän liikkeen ulos moottorista. (Aura & Tonteri, 1997, 544)

Sähkömoottori sijoitetaan alkuperäisen vaihdelaatikon paikalle auton pohjaan, kuva 4. Suunnitelmana on saada kytkettyä moottori suoraan tasauspyörästöön, mutta alustavasti valittu EVE M2-AC30-L oikosulkumoottori ei mahdu fyysisiltä mitoiltaan sijoitettavaksi vaihdelaatikon paikalle.



KUVA 4. Sähkömoottorin sijoituspaikka (Kuva: Ari Mielonen, 2011)

3.2 Taajuusmuuttaja

Taajuusmuuttajan tehtävänä on muuntaa moottorille ajoakuilta tuleva jännite tasajännitteestä (DC) vaihtojännitteeksi (AC), sekä ohjata sähkömoottoria ja säädellä ajonopeutta. Taajuusmuuttajaksi alustavasti valikoitui ABB:n malli ACSM1, joka oli parhaiten sopiva malli tähän projektiin. Etuna kyseisessä taajuusmuuttajassa on sen modulaarinen rakenne. Tästä johtuen ajoakusto voidaan kytkeä suoraan jännitevälipiiriin, eikä verkkokäytön tasasuuntaajayksikköä tarvita.



KUVA 5. ACSM1-sarjan taajuusmuuttaja (Kuva: ABB, muokattu)



KUVA 6. Taajuusmuuttajan, tasajännitemuuntimen ja laturin sijoituspaikka (Kuva: Ari Mielonen, 2011)

3.3 Ajoakusto

Yksi sähköauton tärkeimmistä osista on ajoakusto. Akuston täytyy olla energia-kapasiteetiltaan tarvittavan suuri, että riittävä ajosäde saavutetaan. Akuston koko kuitenkin rajoittuu henkilöauton suurimman sallitun massan mukaan, sekä käytettävissä olevan asennustilan mukaan. Henkilöautossa on hyvin vähän tilaa painavalle akustolle, joten akuston tehotiheys (W/kg) olisi hyvä olla mahdollisimman suuri.

Sähköautojen ajoakkujärjestelmän jännitetaso on tyypillisesti satoja voltteja. Autoon tulevan ajoakustonsuunnittelu toteutettiin toisena oppilastyönä ja ensimmäisen vaiheen ajoakusto toteutetaan Headway 38120P -sylinteriakuilla.

Porschen tapauksessa akusto toteutetaan 105 sylinteriakun sarjoista. Näitä 105 akun sarjoja kytketään kaksi rinnan paremman ajosäteen saavuttamiseksi. Akkujen yhteismäärä nousee tällöin 210:een. Yhden sylinteriakun paino on noin 330g ja yhteispainoksi akkupaketille tulee noin 70kg. Akkupaketin käyttöjännite, sallittu purkuvirta ja oikosulkuvirta täytyy tietää suojauslaitteita ajatellen.

Akuston nimellisjännite U_N saadaan laskettua kaavan 1 mukaisesti. Yhden sylinteriakun nimellisjännite U_n on 3,2 V liitteen X datalehden mukaan.

$$U_N = Q_{\text{sarjassa}} \cdot U_n = 105 \cdot 3,2 \text{ V} = 336 \text{ V} \quad (1)$$

jossa Q_{sarjassa} on sarjaankytkettyjen sylinteriakkujen lukumäärä

Datalehden mukaan yhden sylinteriakun sallittu jatkuva purkuvirta $I_{\text{kenn-no_max_jatkuva}}$ on 15 C eli 120 A. Koko ajoakuston suurin sallittu jatkuva purkuvirta $I_{\text{kok_max_jatkuva}}$ voidaan tällöin laskea kaavalla 2.

$$I_{\text{kok_max_jatkuva}} = Q_{\text{rinnan}} \cdot I_{\text{kenno_max_jatkuva}} = 2 \cdot 120 \text{ A} = 240 \text{ A} \quad (2)$$

jossa Q_{rinnan} on rinnankytkettyjen akkusarjojen lukumäärä

Seuraavaksi tarvitaan tietää ajoakuston oikosulkuutilanteen virta. Datalehdessä löytyy ainoastaan yhden sylinteriakun sisäimpedanssi, Z_0 , joka on 5 mΩ ja tasavirralla puhtaasti resistiivinen. Ajoakuston kokonaisimpedanssi, Z_{kok} voidaan laskea kaavan 3 mukaan.

$$Z_{\text{kok}} = \frac{Q_{\text{sarjassa}} \cdot Z_0}{Q_{\text{rinnan}}} = \frac{105 \cdot 5 \text{ m}\Omega}{2} = 0,2625 \Omega \quad (3)$$

Kokonaisimpedanssin avulla pystytään laskemaan oikosulkuvirran I_k suuruus. Oikosulkuvirran arvo saadaan kaavan 4 tavalla.

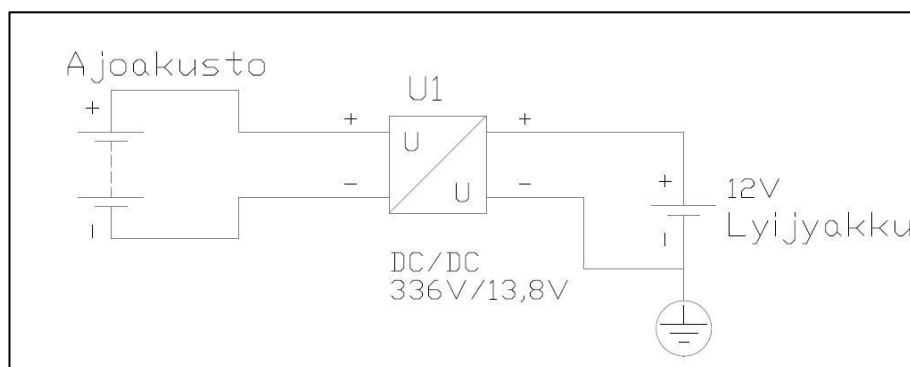
$$I_k = \frac{U_N}{Z_{\text{kok}}} = \frac{336 \text{ V}}{0,2625 \Omega} = 1280 \text{ A} \quad (4)$$

Oikosulkuvirran suuruus täytyy tietää, että akuston ja kaapeleiden suojaus voidaan toteuttaa. Ilman oikeanlaisia suojakomponentteja oikosulkuvirta tuhoaa

nopeasti akuston, sekä kaapelit ja mahdollistaa suuren onnettomuuden synty-
misen.

3.4 DC/DC-muunnin eli tasajännitemuunnin

Ajoakkujen jännitetaso on noin 336 V tasajännitettä ja apulaitejärjestelmä toimii 12 V tasajännitteellä. Tästä johtuen sähköautoon tarvitaan tasajännitemuunnin, että auton alkuperäiselle järjestelmälle voidaan syöttää 12 V tasajännitettä. Muunnin alentaa ajoakulta tulevan 336 V tasajännitteen 12 V tasajännitteeksi ilman suuria häviöitä. Vaikka autosta ei poisteta vanhaa lyijyakkua, sitä ei kuitenkaan voida ladata ajon aikana ilman tasajännitemuunninta, koska polttomoottorin mukana poistetaan myös vanha laturi. Lyijyakun lataus voidaan toteuttaa tarvittaessa erillisellä verkkolaturilla, joka on käytössä samaan aikaan, kun ajoakkuja ladataan.



KUVIO 3. Ajoakuston ja apujärjestelmän kytkeminen toisiinsa

Lyijyaku sijoitetaan sen alkuperäiselle paikalle ja alkuperäisiin kiinnikkeisiin. Tasajännitemuuntimen tulo kytketään lyijyakun kanssa rinnan, muuntimelta lähtävä negatiivinen napa kytketään auton runkoon.



KUVA 7. Lyijyakun sijainti (Kuva: Ari Mielonen, 2011)

Tasajännitemuuntimen täytyy ajon aikana tuottaa apulaitteiden tarvitsema teho, sillä lyijyakkuun ei voida täysin luottaa ilman laturia. Ajovalojen, jarruvalojen ja vilkkujen on toimittava joka tilanteessa. Normaalin henkilöauton käyttämien apulaitteiden tehonkulutus on ilmoitettu taulukossa 1. Taulukosta käy ilmi polttomoottoriajoneuvon apulaitteiden keskimääräisiä tehoja. Näistä taulukon laitteista voidaan poistaa sähköinen bensiinipumppu, sisäilmanlämmitin ja sähköinen tuuletin, kun kyseessä on sähkömuunnosauto. Täten tehonkulutus laskee hieman taulukoiduista arvoista. Tehonkulutus kuitenkin kasvaa vielä, kun ajoneuvoon lisätään uusina laitteina erillinen sisäilmanlämmitin, sähköinen ohjaustehostin ja jarrujen alipainepumppu (taulukko 2), sekä muita mahdollisia lisälaitteita.

Tasajännitemuuntimeksi ehdimme valita Eforen tarjoaman ratkaisun, liite 8. Muuntimen kanssa koimme viime hetkellä samanlaisen ikävän takaiskun kuten laturinkin kanssa. Tarkastellaan kuitenkin Eforen Elvi D tasajännitemuuntimen soveltuvuutta ePorschen käyttöön.

Taulukoista 1 ja 2 voidaan huomata, että ajoneuvon keskimääräinen teho jää muutostöiden jälkeen reilusti alle 1000 W arvoon. Eforen tasajännitemuunnin pystyy tuottamaan ulos 1400 W tehon, ja näin ollen sopii Porsche muunnokseen hyvin. Lyijyakku täytyy pystyä lataamaan tasajännitemuuntimella myös ajon aikana. Muunnin pystyy antamaan ulos maksimissaan 15,2 V tasajännitettä, joka riittää lyijyakun lataamiseen.

Normaalilla lyijyakulla latausjännite saa olla välillä 2.2 V - 2.5 V per kenno. Tämä tarkoittaa esim. kuuden kennon(12 V) akulla jännitettä: 13.2 V – 15 V (H. Honkanen)

TAULUKKO 1. Polttomoottoriajoneuvon apulaitteiden tehokulutusarvoja (Automotive Handbook, 2007, Muokattu)

Kuorma	Tehonkulutus	Keskimääräinen teho
Sähköinen bensiinipumppu	250 W	250 W
Radio	20 W	20 W
Sivuvälisimet	8 W	7 W
Lyhyet ajovalot	110 W	90 W
Rekisterikilven valo, perävalot	30 W	25 W
Varoitus- ja mittariston valot	22 W	20 W
Takaikkunan lämmitin	200 W	60 W
Sisäilman lämmitin	120 W	50 W
Sähköinen tuuletin	120 W	30 W
Tuulilasinpyyhkijät	50 W	10 W
Jarrutusvalot	42 W	11 W
Vilkut	42 W	5 W
Etusumuvalo	110 W	20 W
Sumun varoitusvalo	21 W	2 W
Yhteensä		
Asennetut kuormat	1145 W	
Keskimääräinen tehonkulutus		600 W

TAULUKKO 2. Lisättyjen apulaitteiden tehonkulutus

Kuorma	Tehonkulutus
Tyhjiöpumppu	70 W
Sisäilman lämmittimen pumppu	52 W
Ohjaustehostin	70 W
Yhteensä	192 W

3.5 Laturi

Ajoneuvo on suunniteltu ladattavaksi normaalista sähköverkosta. Energiavaroiston lataaminen voidaan toteuttaa yksivaihevirralla tai kolmivaihevirralla. Porschen tapauksessa lataukseen on suunniteltu käytettävän normaalia yksivaiheista verkkovirtaa. Lataustehoon vaikuttavia tekijöitä ovat kiinteistön sulakkeen koko, sekä laturin hyötysuhde ja tehokerroin. Normaalissa 230 V vaihtojännit-

teensyöttöverkossa etusulakkeena käytetään joko 10 A tai 16 A sulakkeita. Oletetaan kiinteistön sulakkeen olevan 16 A suuruinen. Tällöin teoreettinen latausteho ilman häviöitä olisi 3680 W.

Myös lataukseen käytettävä laturi vaikuttaa myös osaltaan lataustehoon, sillä laturissa ja kaapeleissa syntyy häviöitä. Alkuperäisen suunnitelman mukaan ePorschen käyttöön olisi tullut Eforen valmistama laturi Elvi C (liite 7). Tämän luvun kirjoittamisen jälkeen laturia jouduttiin vaihtamaan, sillä laturin toimittaja vetäytyi viime hetkellä, eikä uutta ehditty vielä löytämään. Tarkastellaan kuitenkin Efocen Elvi C laturin soveltuvuutta muunnossähköauton käyttöön. Laturin suurin sallittu virta on 16 A ja se tuottaa melkein edellä lasketun teoreettisen lataustehon. Laturi pystyy tuottamaan datalehden mukaan 3300 W tehon, joten teholtaan suurempaa laturia ei tarvitse valita.

Auton sähköjärjestelmään voidaan kytkeä laturin rinnalle avautuvarele R4, joka katkaisee kontaktorien ohjausjännitteen, kun ajoakustoa ladataan. Tällä varmistetaan, että autoa ei saada käynnistymään yhtä aikaa ajoakuston latauksen kanssa.

3.6 Akustonhallintajärjestelmä

Suuret akustot tarvitsevat aina yhteyteensä hallintaelektroniikkaa. Akun hallintaelektroniikasta käytetään tyypillisesti nimitystä BMS (Battery Management System). BMS antaa akkujärjestelmän tilatiedon ajoneuvon muille ohjausyksiköille sekä käyttäjälle. Tämä on tärkeää, koska hyvä BMS edistää akun elinikää ja varmistaa akun käyttöturvallisuuden. Akun käyttöturvallisuus käsittää yleisen sähköturvallisuuden sekä suojauksen vikatilanteessa.

Tällä hetkellä suunnitteluryhmäämme ei kuulu henkilöä, joka ymmärtäisi täysin BMS-järjestelmien toiminnan, mistä syystä BMS jää uupumaan toistaiseksi muunnosprojektista.

3.7 Jarrujen alipainepumppu

Jarrujen alkuperäistä alipainepumppua ei voida käyttää hyväksi polttomoottorin puuttuessa. Tästä johtuen täytyy ottaa käyttöön sähköinen alipainepumppu.

Valitsimme tähän käyttöön MES-DEA:n tarjoaman mallin 70/6E. Alipainepumppu voidaan liittää suoraan auton alkuperäiseen 12 V jännitepiiriin. Pumppu on aina käynnissä, kun auto on käyntitilassa, eikä erillistä käynnistyskytkintä tarvita. Datalehden (liite 4) mukaan pumpun maksimivirta on 2,5 A, joten sulakkeeksi voidaan valita 3 A lattasulake.

3.8 Sisätilalämmitin

Sähköautot eivät tuota riittävästi hukkalämpöä kuten polttomoottoriset autot, joten tästä johtuen huurteenpoisto ja matkustamon lämmönsäätö on järjestettävä joko sähköisillä vastuksilla tai erillisellä polttoainekäyttöisellä lämmittimellä. (Työ- ja elinkeinoministeriö, 2011,93)

Direktiivit EY 661/2009 ja EY 672/2010 määrittelevät vaatimukset auton huurteenpoistolle. Huurteenpoistojärjestelmä täytyy toteuttaa erillisellä sähkökäyttöisellä sisäilman lämmittimellä. Tähän soveltuu MES-DEA MR2 lämmitin. Lämmitin kytketään pääsähköjärjestelmään sen suuren jännitteen tarpeen vuoksi. Lämmittimellä voidaan tuottaa 3000 W teho 336 VDC jännitteellä. Etusulakkeeksi voidaan valita tällöin lämmittimen tehon ja ajoakkujärjestelmän jännitteen avulla kaavan 6 mukaan. Maksimi virraksi saadaan hieman alle 9 A ja sulakkeeksi valitaan tätä arvoa suurempi eli 10 A sulake.

$$I = \frac{P}{U} = \frac{3000W}{336V} = 8,93A \quad (6)$$

3.9 Ohjaustehostimen pumppu

Ohjaustehostimen pumppu täytyy vaihtaa sähkökäyttöiseksi, sillä vanhaa hydraulista pumppua ei voida käyttää ilman muutostöitä polttomoottorin puuttuessa. Sähköistä ohjaustehostimen pumppua ei vielä saatu valittua projektiin.

3.10 Kontaktorit

Kontaktori on sähkömekaaninen kytkin ja toimii samalla periaatteella kuin rele. Molempien toiminta perustuu sähkömagnetismiin. Kun kontaktorin käämiin kytetään ohjausjännite, syntyy magneettikenttä, joka saa kontaktorin kärjet sulkeutumaan. Kun ohjausjännite katkaistaan kärjet avautuvat ja palaavat alkiasentoon.

Ajoakuilta tulevassa kytkennässä käytetään kahta kontaktoria piirin positiivisella ja negatiivisella puolella. Käytettäessä kahta kontaktoria parannetaan turvallisuutta mahdollisen vikatilanteen sattuessa. Jos toisen kontaktorin navat esimerkiksi hitsautuvat kiinni, eivätkä näin ollen avaudu, parantaa toinen kontaktori mahdollisuutta avata virtapiiri päävirtakytkimen lisäksi. Kontaktorien ohjausjännitteenä käytetään 12 V tasajännitettä. Jännite saadaan tasajännitemuuntimelta tai rinnan kytketystä lyijyakusta. Kontaktorien ohjausjännitepiiriin voidaan rakentaa hätäseiskytkentä. Tällä voidaan varmistaa mahdollinen tarve saada piiri virrattomaksi nopeasti ja turvallisesti.

Käytettäväksi kontaktoreiksi valittiin TycoElectronicsin KILOVAC EV200 sarjasta malli EV200AAANA, kontaktorin datalehti liitteessä 1. Kontaktorin kärkien hetkellinen virrankesto on 2000 A 320 VDC jännitteellä ja jännitekesto 900 VDC. Kontaktorit kestävät ajoakustolta tulevan jännitteen että virran määrän. Oikosulun sattuessa kontaktorien katkaisukyky riittää hyvin, sillä aiemmin laskettu ajoakuston oikosulkuvirran suuruus 1280 A jää reilusti alle kontaktorien virrankeston.

3.11 Sulakkeet

Oikosulkuvirrat täytyy pysäyttää nopeasti, että laitteistolle ja piireille ei aiheudu vahinkoa. Oikosulkuvirta on moninkertainen normaalitoimintaan verrattuna ja tästä johtuen aiheuttaa nopean lämpötilan nousun, mistä aiheutuu ongelmia kaapeleille ja sähkölaitteille. Suuri lämpötilan nousu kaapelilla voi aiheuttaa esimerkiksi tulipalon. Tästä syystä sähkövirtapiirille valitaan sopivat sulakkeet, jotka suojaavat sähkölaitteita ja sähkökaapeleita ylikuormituksen aiheuttamilta vaaroilta. (Moottorialan sähköoppi, 2001, 241)

Sulakkeet mitoitetaan yleensä piirin heikoimmiksi osiksi, mutta niiden täytyy silti kestää tietty toimintajännite ja toimintavirta. Eri sulakkeilla on erilaiset katkaisunopeudet ja katkaisukyvyt. Katkaisunopeudelle tarkoitetaan, kuinka nopeasti sulake reagoi oikosulkuvirtaan ja kykenee toimimaan. Katkaisukyvyllä tarkoitetaan suurinta oikosulkuvirtaa, jolla sulake luotettavasti pystyy pysyvästi irrottamaan kuorman syötöstä. Katkaisunopeudella on tärkeä merkitys, että lämpötilat eivät ehdi kasvaa liian suuriksi ennen sulakkeen toimintaa.

Tärkein sulake sähkömuunnosautossa on ajoakkujärjestelmän pääsulake, mikä suojaa ajoakustoa ja kaapeleita. Pääsulakkeen arvoksi saadaan 250 A. Kaavan 2 mukaan ajoakuston suurin sallittu jatkuva purkuvirta on 240 A. Tällöin sulakkeen täytyy olla hieman isompi kuin sallittu jatkuva purkuvirta, mutta pienempi kuin oikosulkuvirta. Oikosulkuvirran arvo on 1280 A ja näin ollen reilusti suurempi kuin sulakkeen arvo ja sulake tuhoutuu varmuudella suojaten muuta järjestelmää.

Autoon lisättävät apulaitteet suojataan jokainen erikseen omalla etusulakkeellaan. Taulukossa 3 on esitetty sulakkeen koko ja tunnus eri laitteille.

TAULUKKO 3. Sulakkeiden koot

Sulakkeen tarkoitus	Sulakkeen koko	Tunnus
Pääsulake	250A	F1
Laturi	16A	F2
Tasajännitemuunnin	10A	F3
Sisätilalämmitin	10A	F4
Ohjaustehostin	ei tiedossa	F5
Alipainepumppu	3A	F6
Kiertovesipumppu	5A	F7

3.12 Kaapelointi

Ajoakkujärjestelmän kaapeli asennetaan kulkemaan ajoakuilta taajuusmuuttajalle kardaanitunnelissa (kuva 8). Asennusreitti vaikuttaa kuormitettavuuteen ja tällöin myös kaapelin valintaan. Kaapeli kiinnitetään kardaanitunneliin erillisillä kiinnikkeillä ja kaapeli suojataan hyvin alapuolelle asennettavalla panssarilla. Kaapelin jäähdytys hoituu helposti ajon aikana ilmavirran avulla. Kuvassa # näkyvä pehmuste tulee poistaa kokonaan ennen kaapelin kiinnittämistä. Tunnelissa kulkee akustolta kaksi kaapelia taajuusmuuttajalle, mistä moottorille lähtee kolme kaapelia. Kaikki korkeajännitekomponenttien ulkopuoliset korkeajännitekaapelit ovat oranssin värisiä.



KUVA 8. Kardaanitunneli (Kuva: Ari Mielonen, 2011)

Ajoakkujärjestelmän kaapelien valintaan vaikuttavat johtimessa kulkevan virran suuruus, sekä asennusolosuhteet. Kaapelin kuormitettavuus on määritettävä asennusreitin hankalimman olosuhteen mukaan. Akuston, taajuusmuuttajan ja moottorin väliin valittiin LS Cablen tarjoamaa EMC-suojattua kaapelia, EEXV-SB Cable 125 °C (liite 5). Tämä kyseinen kaapeli on suunniteltu juuri sähkö- ja sähköhybridiautojen vaatimuksiin ja kestää 275 A virran 50 °C ympäristön lämpötilassa. SFS 6000 523.8, sivu

Normaalien kuparijohtimien paksuuden määrittävät johtimessa kulkeva virta ja käyttöaika. Haitallisen lämpiämisen estämiseksi johtimen poikkipinta-alan tulee olla riittävän suuri. Johtimen poikkipinta-ala on näin ollen suoraan verrannollinen johtimessa kulkevan virran määrään. Taulukossa 4 on ilmaistu jatkuvassa käytössä olevien johtimien virransietokyky. (Moottorialan sähköoppi, 2001, 238)

TAULUKKO 4. Jatkuvassa käytössä olevien johtimien virransietokyky (Moottorialan sähköoppi, 2001, 239)

Poikkipinta mm ²	0,75	1,0	1,5	2,5	4,0	6,0
Suurin virta A	8	10	15	20	25	30

Apusähköjärjestelmän johtimet voidaan valita helposti taulukon 4 mukaan.

3.13 Liittimet

Liittimiä tarvitaan akustolta lähteville, taajuusmuuttajalle tuleville, sekä moottorille meneville kaapeleille. Tämä helpottaa akuston mahdollisen irrotuksen tarvetta ja osien vaihtoa. Liitostapoja valittaessa on hyvä ottaa huomioon riittävä mekaaninen lujuus ja suojaus. On hyvä muistaa valita sopivat liittimet myös johtimen poikkipinta-alan mukaan.

Akuston suurin sallittu jatkuva purkuvirta on 240 A, mikä saatiin laskettua kaavalla 2. Liittimen täytyy kestää tämä jatkuva purkuvirta ja mieluiten valitaan hieman isomman arvoinen kestävä liittimet kuin juuri purkuvirran suuruiset. Liittimiksi

näin ollen valikoituu esimerkiksi LS Cablen tarjoamat 300 A liittimet (kuva 9), sillä ne olivat virtakestoisuudeltaan riittävät ja sopivat suoraan aiemmin valittuihin kaapeleihin.



KUVA 9. LS Cablen kaksinapainen 300 A liitin (Kuva: LS Cable, muokattu)

4 KYTKENNÄT

4.1 Sähköjärjestelmä

Muunnossähköauton sähköjärjestelmä koostuu ajoneuvon vanhasta apusähköjärjestelmästä ja ajoakkujärjestelmästä. Apusähköjärjestelmä toimii tyypillisesti 12 V tasajännitteellä ja ajoakkujärjestelmän jännitetaso on tyypillisesti satoja voltteja. Nämä kaksi järjestelmää kytketään yhteen tasajännitemuuntimen avulla. Muunnossähköauton sähköjärjestelmä löytyy liitteestä 10.

Autojen apusähköjärjestelmässä positiivinen jännite kytketään suoraan eri laitteille ja negatiivinen napa on maadoitettu suoraan auton runkoon. Tällaisessa järjestelmässä on riski maavuotoon tai maahan kytkeytymiseen auton rungon negatiivisen potentiaalin vuoksi. Kuitenkin alhaisen jännitetason vuoksi henkilövahinkojen riski on alhainen ja kytkentätapa on yleisesti hyväksytty. (Hietalahti, 2010, 24)

Ajoakuston kytkeminen samalla tavalla apusähköjärjestelmän kanssa aiheuttaa suuren turvallisuusriskin korkean jännitetason vuoksi. Tästä johtuen ajoakkujärjestelmä toteutetaan niin sanottuna kelluvana järjestelmänä. Kelluvassa järjestelmässä akuston positiivinen ja negatiivinen napa on kaapeloitu ja jätetty kytkemättä auton runkoon. Tämä järjestelmä helpottaa akuston latausta, sillä potentiaaliero on akuston ja syöttöverkon välillä olematon. Ladattaessa akusto maadoitetaan laturin välityksellä latauspisteen potentiaaliin. (Hietalahti, 2010, 24)

4.1.1 Ajoakkujärjestelmä

Auton sähköjärjestelmän suunnitelmassa, liite 10, on esitetty ajoakkujärjestelmä ja apusähköjärjestelmä. Sähkökuvasta ilmenee, kuinka nämä kaksi järjestelmää on yhdistetty toisiinsa. Samasta kuvasta nähdään myös kuinka aiemmin mainitut komponentit kytketään sähköjärjestelmään. Kuvaa tarkisteltaessa vasemmalta katsottuna löytyy ensimmäisenä ajoakusto. Ajoakustosta lähtevä kaapeli

muodostaa ajoakkujärjestelmän. Akuston positiiviselle puolelle asennetaan sulake F1 suojaamaan kaapelia mahdollisilta vioilta. Akuston rinnalla on laturi. Laturi on suojattu sulakkeella F2 piirin positiiviselta puolelta. Laturin ohjaus suoritetaan releen R4 avulla apusähköjärjestelmällä. Mahdollinen akuston esilämmitys latauksen yhteydessä on kytketty laturin kanssa yhteen. Laturin jälkeen piiristä löytyy pääkytkin S0, jolla voidaan erottaa sähköpiiri akuston positiiviselta, että negatiiviselta puolelta. Pääkytkimen jälkeen löytyy pääkontaktori K1, jota ohjataan apusähköjärjestelmällä. Toinen pääkontaktori K2 sijaitsee piirin negatiivisella puolella. Seuraavaksi löytyy ajoakku- ja apusähköjärjestelmän yhdistävä komponentti DC/DC-muunnin eli tasajännitemuunnin. Akustolta tuleva kaapeli kulkee muuntimelle välissä olevan sulakkeen F3 ja kontaktorin K3 kautta. Muuntimelta lähtee kytkentä apusähköjärjestelmälle, missä on kaikki alkuperäiset auton sähkölaitteet ja uudet oheislaitteet. Muuntimen jälkeen ajoakkujärjestelmästä löytyy sulakkeella F4 ja kontaktorilla K4 erotettu auton sisätilälämmitin. Viimeisenä järjestelmästä löytyvät taajuusmuuttaja ja sähkömoottori.

4.1.2 Apusähköjärjestelmä

Apusähköjärjestelmää voidaan tutkia lyijyakusta alkaen, liite 2. Lyijyakun negatiivinen napa on maadoitettu auton runkoon ja positiivinen puoli muodostaa järjestelmän. Ensimmäisenä akulta lähdettäessä löytyy kytkin S1, eli virta-avaimen paikka kuten polttomoottoriautoissakin. Kytkimestä löytyy kolme eri asentoa: perusasento(0), käynti(1) ja käynnistys (2). Perusasennossa lyijyakku on kytketty irti piiristä, eikä autoa saada käyntiin. Ennen kuin auto saadaan käyntiin, täytyy kytkintä käyttää kohdassa käynnistys, että sulkeutuva rele R5 saadaan johdettavaksi tilaan. Tämän jälkeen käynti kohdassa auton apusähköjärjestelmä toimii kokonaisuudessaan. Tässä tilanteessa pääkontaktorit K1 ja K2 sulkeutuvat ja näin ollen ajoakkujärjestelmässä oleva taajuusmuuttaja saa sähköä ja moottoria voidaan käyttää.

Rele R5 johtaa niin kauan, kuin kytkin on käyntiasennossa tai painetaan hätäseispainiketta S2. Hätäseispiirin jälkeen löytyy avautuva rele R4, mikä estää auton käynnistymisen jos auton laturi on kytketty verkkovirtaan. Apujärjestelmästä löytyvät myös uudet komponentit: sähköinen ohjaustehostin, jarrujen ali-

painepumppu ja kierovesipumppu. Näiden laitteiden ohjaus on toteutettu releillä R1, R2 ja R3. Viimeisenä löytyy sisätilalämmittimen kytkin S3, mikä ohjaa kontaktoria K4.

4.2 Hätäseiskytcentä

Sähköautoja koskevia standardeja ei ole vielä olemassa montaa. Olemassa olevat standardit koskevat pääasiassa akustoa ja sen latausta. Hätäseiskytcentä ei ole mitään määräystä, mutta se on turvallisuutta lisäävä ominaisuus, ja näin ollen sellaista on mietitty tässä luvussa. Sovelletaan SFS-käsikirja 600 Pienjännitesähköasennukset ja sähkötyöturvallisuus 2007 standardeja. Käyttämällä näitä standardeja ohjenuorana voidaan parantaa muunnoksen turvallisuutta.

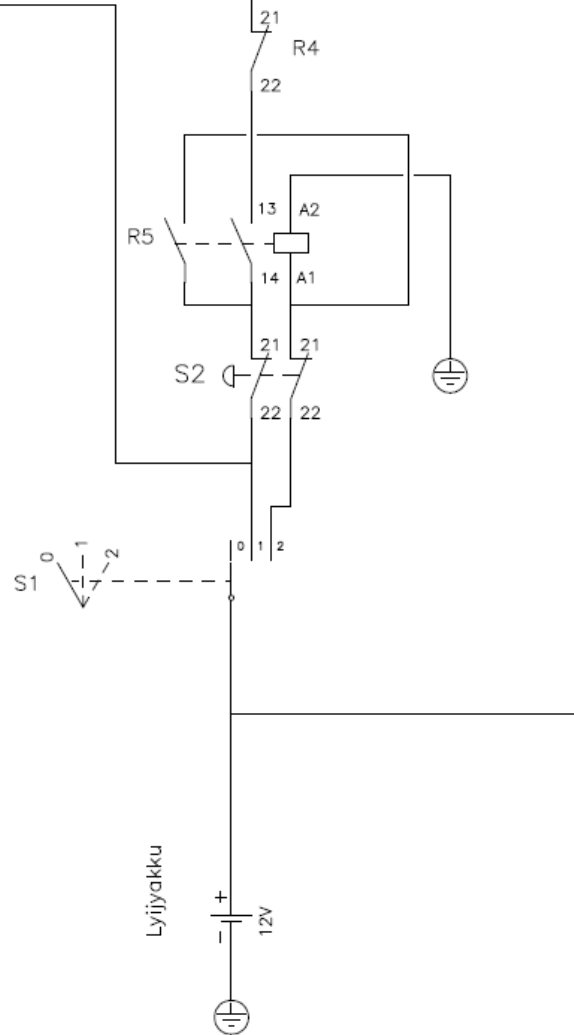
Jokaisessa laitteiston osassa, jossa voi olla tarpeen ohjata syöttöä odottamattoman vaaratilanteen poistamiseksi, on oltava hätäkytkentämahdollisuus. HUOM. Hätäkytkentä voi olla hätä(päälle)kytkentä tai hätäpoiskytkentä. (Suomen standardisoimisliitto, 2007, 305)

Hätäkytkentä tarkoittaa kytkinlaitteen avaamista, jonka avulla poistetaan asennuksesta sähköenergia vaarallisen tilanteen torjumiseksi tai sen vaikutusten lieventämiseksi. Tässä tapauksessa hätäkytkennällä tarkoitetaan hätäpoiskytkentää. Hätäseispainiketta S2 painettaessa rele R5 menee jännitteettömäksi ja kontaktorien ohjausjännite katkeaa kuvion 4 mukaisesti. Tällöin kontaktorien kärjet avautuvat ja ajoakusto kytkeytyy irti ajoakkujärjestelmästä. Kuviossa 4 on esitetty periaatteellinen hätäseiskytcentä ja sen kuittaus. Kytcentä tulee toteuttaa esimerkiksi turvareleellä, missä on kahdennettu turvapiiri.

DC/DC muuntimelta

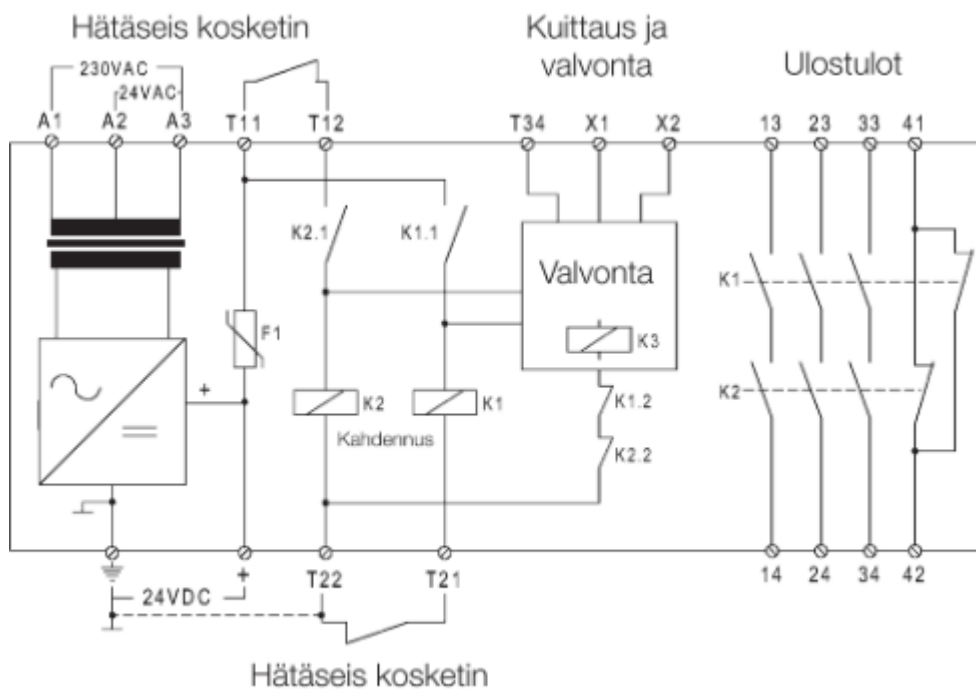
Kontaktorien ohjausjännite

Apulaitteet



KUVIO 4. Periaatteellinen esimerkki hätäseiskytkenästä

Kahdennetussa turvapiirissä on kaksi erillistä relettä joita ohjataan samalla ohjausjännitteellä. Näiden releiden kärjet on kytketty sarjaan, joka varmistaa piirin toiminnan, vaikka toinen releistä vikaantuisi. Kuviossa 5 on esitetty esimerkki kahdennetusta turvapiiristä.



KUVIO 5. Kahdennettu turvapiiri (Duelco Safety solutions)

Hätäkytkinlaitteena voidaan käyttää yhtä kytkinlaitetta, joka kykenee suoraan katkaisemaan syöttävän virtapiirin, tai yhdellä toiminnalla ohjattavaa eri laitteiden yhdistelmää, joka katkaisee syötettävän virtapiirin (Suomen standardisoimisliitto, 2007, 306)

Hätäkytkentäjärjestelmän on vaikutettava mahdollisimman suoraan asianomaisiin syöttöjohtimiin. Hätäkytkentäjärjestelmän on oltava sellainen, että syöttö katkeaa yhden ainoan toimenpiteen avulla. (Suomen standardisoimisliitto, 2007, 305)

Jos käytännössä mahdollista, käytetään käsikäyttöisiä suoraan päävirtapiirin katkaisevia kytkinlaitteita. Katkaisijoiden, kontaktorien yms. kauko-ohjattujen kytkinlaitteiden on avauduttava, kun niiden ohjauskela tulee jännitteettömäksi tai on käytettävä muuta menetelmää, jossa vika aiheuttaa turvallisen tilanteen. (Suomen standardisoimisliitto, 2007, 306)

Kuvassa oleva hätäseispiiri on toteutettu kahdella alas jäävällä hätäseispainikkeella. Toinen hätäseispainikkeista sijoitetaan akuston läheisyyteen ja toinen

auton sisälle kojelaudan yhteyteen. Hätäseispiiri toimimiseen riittää, kun toinen näistä painikkeista painetaan alas. Hätäseispiiri saadaan kuitattua nostamalla hätäseispainike ylös ja kääntämällä autonavaimella virtalukko start-asentoon. Pelkästään painikkeen ylös nostaminen ei riitä kuitauksesi, sillä kytkentä ei saa toiminnan jälkeen tulla uudelleen jännitteiseksi.

Hätäkytkinlaitteen ohjaimen pitää olla lukittavissa ”auki” – tai ”seis” -asentoon, ellei sama henkilö valvo sekä hätäkytkennän että uudelleen käynnistyksen ohjaimia. Hätäkytkennän vapauttaminen ei saa tehdä asianomaista asennuksen osaa uudelleen jännitteiseksi. (Suomen standardisoimisliitto, 2007, 306)

Hätäkytkinlaitteiden ohjaimien (kahvat, painikkeet yms.) on oltava helposti tunnistettavissa ensisijaisesti käyttäen punaista väriä kontrastin luovaa taustaa vasten. (Suomen standardisoimisliitto, 2007, 306)

Kuvassa 10 on esimerkki hätäseispainikkeesta. Painike on helposti tunnistettavissa sen punaisesta väristä.



KUVA 10. Hätäseispainike (Kuva: Ari Mielonen, 2011)

Hätäkytkinlaitteet ja hätäpysäytyslaitteet on sijoitettava ja merkittävä siten, että ne ovat helposti tunnistettavissa ja käytettävissä. (Suomen standardisoimisliitto, 2007, 306)

Ohjaimien on oltava helposti käytettävissä niissä paikoissa joissa voi esiintyä vaaraa ja tarvittaessa myös muissa paikoissa, missä kyseinen vaara voidaan poistaa. (Suomen standardisoimisliitto, 2007, 306)

5 YHTEENVETO

Muunnossähköauton suunnittelu alkoi vuoden 2010 syksyllä. Projektin alkuvaiheilla oli huomattavissa, ettei muunnossähköauto valmistu samaan aikaan keväällä 2011 opinnäytetöiden kanssa, sillä projektin pieni budjetti vaikeutti komponenttien hankintaa. Myös aihealue oli suurimmalle osalle projektin parissa työskenteleville uusi, mikä vaikeutti suunnittelua ja toteutusta suuresti. Käytännössä sähkömuunnosauton rakentaminen jäi vuosien 2010 ja 2011 aikana tekemättä, pois lukien polttomoottorin ja muiden ylimääräisiksi jäävien osien poistoa, joka tehtiin 2011 keväällä. Autoa tuskin saadaan tieliikennekäyttöön vielä vuoden 2012 aikana. Tämän työn avulla voidaan lähteä suunnittelemaan muu-
tosta pidemmälle ja harkitsemaan lisää komponenttien hankkimista.

SANASTOA JA LYHENTEITÄ

A	Virran yksikkö, Ampeeri
V	Jännitteen yksikkö, Voltti
W	Tehon yksikkö, Watti
Hz	Taajuuden yksikkö, Hertsi
AC	Alternating current, vaihtovirta on sähkövirtaa, jonka suunta vaihtelee ajan funktiona
DC	Direct current, tasavirta on sähkövirtaa, jonka suunta ei vaihtelee
EMC	Electromagnetic compatibility, sähkömagneettinen yhteensopivuus
BMS	Battery management system, akustonhallintajärjestelmä
EU	Euroopan unioni
IP	International Protection, IP-luokitus on Euroopassa käytössä oleva järjestelmä sähkölaitteiden tiiviyyden määrittämiseksi

LÄHTEET

Hietalahti, L. 2010. Sähkökäyttö- ja hybriditekniikka ajoneuvo- ja työkonikäyttöön. Tampere: Tammertekniikka.

Sähköautot - Nyt!. Teollisuusmoottorit ja ajoneuvojen moottorit. 2010. Luettu 20.3.2012.

<http://www.sahkoautot.fi/wiki:moottori>

Sähköautot - Nyt!. Sähköautojen sähköturvallisuus. Luettu 20.1.2012.

<http://www.sahkoautot.fi/wiki:saehkoeautojen-saehkoeturvallisuus>

Korpinen, L. 1997. Sähkökoneet: osa 1 ja 2. Luettu 20.5.2011.

http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/10sahkokoneet_1osa.pdf

Aura L., Tonteri A., 1996 Sähkökoneet ja tehoelektroniikan perusteet. WSOY

Työ- ja elinkeinoministeriö julkaisu, Sähköautojen tulevaisuus Suomessa. Sähköautot liikenne- ja ilmastopolitiikannäkökulmasta. Luettu 20.6.2011

http://www.lvm.fi/c/document_library/get_file?folderId=1551284&name=DLFE-11701.pdf&title=Julkaisu%2012-2011

Suojalaitteet: sulake ja sen vaihto. Luettu 16.5.2011

http://www.sahkoturva.info/sahkon_kaytto_kotona/kodin_sahkoverkko/fi_FI/suojalaitteet_sulake_ja_sen_vaihto/

H. Bauer, F. Dinkler, J. Crepin, K Dietsche, 2000. Bosch Automotive Handbook, 5th Edition

ABB, Uudet suojausluokat herättävät huomiota. Luettu 16.5.2011

[http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/c3c0b2076850542ec12575010041fd16/\\$file/tiedote%20compact%20ip67%20ja%20ip69k%20.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/c3c0b2076850542ec12575010041fd16/$file/tiedote%20compact%20ip67%20ja%20ip69k%20.pdf)

Sähkömoottori - teollisen yhteiskunnan käyttövoima. Luettu 16.5.2011

http://www.lut.fi/fi/technology/lutenergy/electrical_engineering/articles/electrical_motor/Sivut/Default.aspx

H.Honkanen. Akku- ja paristotekniikat. Kajaanin ammattikorkeakoulu. Kurssimateriaali. Luettu 17.5.2011

http://gallia.kajak.fi/opmateriaalit/yleinen/honHar/ma/REG_Akku-%20ja%20paristotekniikat.pdf

Arto Lehtinen, Erilaiset hybridirakenteet ja turvallisuusvaatimukset. Opetusmateriaali. Autotekniikan ja elektroniikan päivät 15.-16.3.2011

Suomen standardisoimisliitto. 2007. SFS-käsikirja 600, Pienjännitesähköasennukset ja sähkötyöturvallisuus.

Duelco Safety solutions – Yleistä turvareleistä. Luettu 4.5.2012

http://opisweb.oemautomatic.se/Navigate/Document.aspx?x&Catalog=productfi_kes&DbDocId=847633&Style=BasePacToPdf

Juhala M., Suominen M., Tammi K. 2001. Moottorialan sähköoppi. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Oem, Moottorin valintaopas, Luettu 16.5.2011

<http://www.oem.fi/moottori/valintaopas.html>

LIITTEET

- 1 – Tyco Electronics KILOVAC EV200 sarjan datalehti
- 2 – MES-DEA kiertovesipumpun datalehti
- 3 – MES-DEA tyhjiöpumpun datalehti
- 4 – MES-DEA lämmittimen datalehti
- 5 – LS Cablen suurjännitekaapelin datalehti
- 6 – LS Cablen 300 A liittimen datalehti
- 7 – Efore Elvi C laturin datalehti
- 8 – Efore Elvi Dtasajännitemuuntimen datalehti
- 9 – Headway 38120 datalehti
- 10 – Sähkötekniikan pääkaavio



**Tyco
Electronics**

KILOVAC EV200 Series Contactor With 1 Form X Contacts Rated 500+ Amps, 12-900VDC

Product Facts

- Designed to be the smallest, lightest weight, lowest cost sealed contactor in the industry with its current rating (500+A carry, 2000A interrupt at 320VDC).
- Built-in coil economizer – only 1.7W hold power @ 12VDC and it limits back EMF to 0V. Models requiring external economizer also available.
- Optional auxiliary contact for easy monitoring of power contact position.
- Hermetically sealed – intrinsically safe, operates in explosive/harsh environments with no oxidation or contamination of coils or contacts, including long periods of non-operation.
- Versatile coil/power connections.
- CE marked for EC applications.
- AIAG QS9000 designed, built and approved



File E208033



EV200 Series Contactor
(CZONKA® Relay, Type III)

Typical EV200 applications include battery switching and back-up, DC voltage power control, circuit protection and safety.

For factory-direct application assistance, dial 800-253-4560, ext. 2055, or 805-220-2055.

Performance Data

Parameter	Units	Value for EV200 Series
Contact Arrangement, power contacts		1 Form X (SPST-NO-DM)
Rated Operating Voltage	VDC	12 - 900
Continuous (Carry) Current, Typical	A	500 @ 85°C, 400 mcm conductors
<i>Consult Factory for required conductors for higher (500+ A) currents</i>		
Make/Break Current at Various Voltages ^{2/}	A	See next page
Break Current at 320VDC ^{2/}	A	2,000, 1 cycle ^{2/}
Contact Resistance, Typ. (@200A)	mohms	0.2
Load Life	Cycles	See next page
Mechanical Life	Cycles	1 million
Contact Arrangement, auxiliary contacts		1 Form A (SPST-NO)
Aux. Contact Current, Max.	A	2A @ 30VDC / 3A @ 125VAC
Aux. Contact Current, Min.	mA	100mA @ 8V
Aux. Contact Resistance, Max.	ohms	0.417 @ 30VDC / .150 @ 125VAC
Operate Time @ 25°C		
Close (includes bounce), Typ.	ms	15
Bounce (after close only), Max.	ms	7
Release (includes arcing), Max @ 2000A	ms	12
Dielectric Withstanding Voltage	Vrms	2,200 @ sea level (leakage <1mA)
Insulation Resistance @ 500VDC	megohms	100 ^{2/}
Shock, 11ms 1/2 sine, peak, operating	G	20
Vibration, sine, 80-2000Hz., peak	G	20
Operating Ambient Temperature	°C	-40 to +85
Weight, Nominal	lb.(kg)	.95 (.43)

^{2/} Main power contacts

^{2/} 50 at end of life

^{2/} Does not meet dielectric & IR after test, 1700 amp for unit with Aux. Contacts

Coil Operating Voltage (valid over temperature range)

Voltage (will operate)	9-36VDC	32-95VDC	48-95VDC
Voltage (Max.)	36VDC	95VDC	95VDC
Pickup (close) Voltage Max.	9VDC	32VDC	48VDC
Hold Voltage (Min.)	7.5VDC	22VDC	34VDC
Dropout (open) Voltage (Min.)	6VDC	18VDC	27VDC
Inrush Current (Max.)	3.8A	1.3A	0.7A
Holding Current (Avg.)	0.13A@12V, 0.07A@24V	0.03A@48V	0.02A@72V
Inrush Time (Max.)	130ms	130ms	130ms

Part Numbering System

Typical Part Number

EV200 A A A N A

Series:

EV200 = 500+ Amp, 12-900VDC Contactor

Contact Form:

A = Normally Open H = Normally Open with Aux. Contacts

Coil Voltage:

A = 9-36VDC (1 = requires external coil economizer)

D = 32-95VDC (2 = requires external coil economizer)

J = 48-95VDC (3 = requires external coil economizer)

R = 28VDC with Mechanical Economizer

Coil Wire Length:

A = 15.3 in (390 mm) B = 6.0 in (152 mm)

Coil Terminal Connector:

N = None

B = Yazaki 7282-5558-10 male, 7114-4102-02, 7158-3030-50

+red is pin 2 (B length only)

C = Molex Mini-fit Jr, 2 Ckt, Female 18-24, P/N 39-01-2020 &

39-00-0060 +red is pin 1 (A length only)

Mounting & Power Terminals:

A = Bottom Mount & Male 10mm x M8 Terminals

© 2004 & 2007 by Tyco Electronics Corporation. All Rights Reserved.

KILOVAC, CZONKA, TE mark and TYCO ELECTRONICS are trademarks.

Other products and company names mentioned herein may be trademarks of their respective owners.

Catalog EV200--R-TBD
Revised 8-07

www.tycoelectronics.com

Dimensions are in inches and millimeters unless otherwise specified. Values in brackets are metric equivalents.

Dimensions are shown for reference purposes only. Specifications subject to change.

USA: 1-800-522-6752
Canada: 1-905-470-4425
Mexico: 01-800-733-8926
C. America: 52-55-5-729-0425

South America: 55-11-3611-1514
Hong Kong: 852-2735-1628
Japan: 81-44-844-8013
UK: 44-141-810-8967

Tyco Electronics KILOVAC EV200 sarjan datalehti

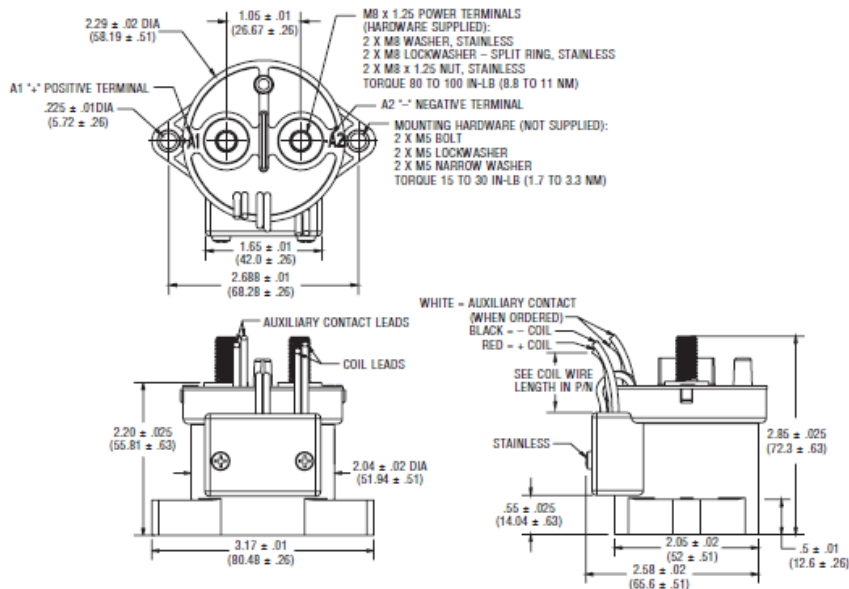
2(2)



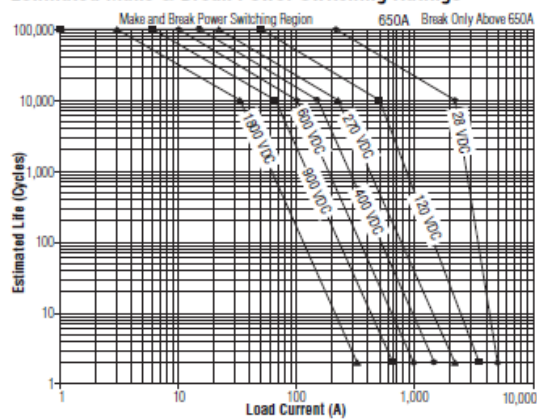
500+ Amp, 12-900VDC Contactor with
1 Form A (SPST-NO) Contacts

KILOVAC EV200 Series (CZONKA® Relay, Type III) (Continued)

Outline Dimensions



Estimated Make & Break Power Switching Ratings



NOTES:

- 1) For resistive loads with 300H maximum inductance. Consult factory for inductive loads.
- 2) Estimates based on extrapolated data. User is encouraged to confirm performance in application.
- 3) End of life when dielectric strength between terminals falls below 50 megohms @ 500VDC.
- 4) The maximum make current is 650A to avoid contact welding.

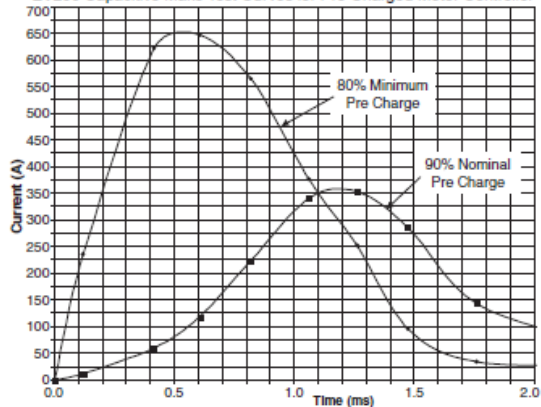
Electrical Load Life Ratings for Typical EV Applications

Make/Break Life Capacitive & Resistive Loads at 320VDC (1) (2)		
@90% capacitive pre-charge (make only) see chart below	Cycles	50,000
@80% capacitive pre-charge (make only) see chart below	Cycles	50
@200A make/break (2 consecutive, reverse polarity) (1)	Cycles	12
2,000A (break only) (1)	Cycles	1*
Mechanical Life	Cycles	1 million

- (1) Resistive load includes inductance L = 25μH. Load @ 2500A tested @ 200μH.
- (2) Life based on projected Weibull Life with 95% reliability.

* Does not meet dielectric and IR after test.

EV200 Capacitive Make Test Curves for Pre-Charged Motor Controller



EV200-R-TBD-OM-KRG-FP-8-07
Printed in U.S.A.

For factory-direct application assistance, dial
800-253-4560, ext. 2055, or 805-220-2055.

www.tycoelectronics.com

Dimensions are in inches and millimeters unless otherwise specified. Values in brackets are metric equivalents.

Dimensions are shown for reference purposes only. Specifications subject to change.

USA: 1-800-522-6752
Canada: 1-905-470-4425
Mexico: 01-800-733-8926
C. America: 52-55-5-729-0425

South America: 55-11-3611-1514
Hong Kong: 852-2735-1628
Japan: 81-44-844-8013
UK: 44-141-810-8967

MES-DEA

Divisione Energie Alternativa

Circulation Pumps**Type MR 2-20-600 MR 2-25-900 MR 2-30-1200**

Three standard types of long life circulation pumps with brushless motors, specially designed for the heating and cooling systems of EVs.

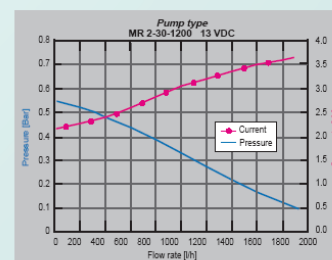
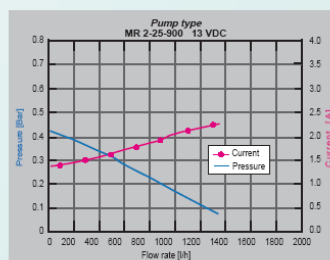
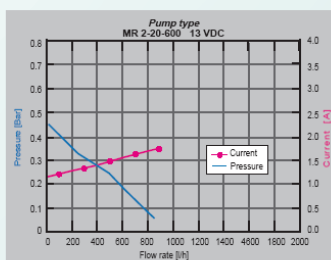
Technical data	Pump type		
	MR 2-20-600	MR 2-25-900	MR 2-30-1200
Nominal voltage:	12 V _{DC}	12 V _{DC}	12 V _{DC}
Max. pressure:	0.45 bar	0.42 bar	0.55 bar
Max. flow rate:	850 l/h	1350 l/h	1900 l/h
Max. current:	1.8 A	2.4 A	3.8 A
Outlet diameter ØA:	16.5 - 18 mm	18 - 20 mm	20 mm
Dimension B:	66.5 mm	71.5 mm	76.5 mm
Weight:	265 gr	306.2 gr	345.7 gr
Type of service:	continuous		
Max. liquid temperature:	80°C		
Mounting position:	Recommended with horizontal axe		

Test Conditions

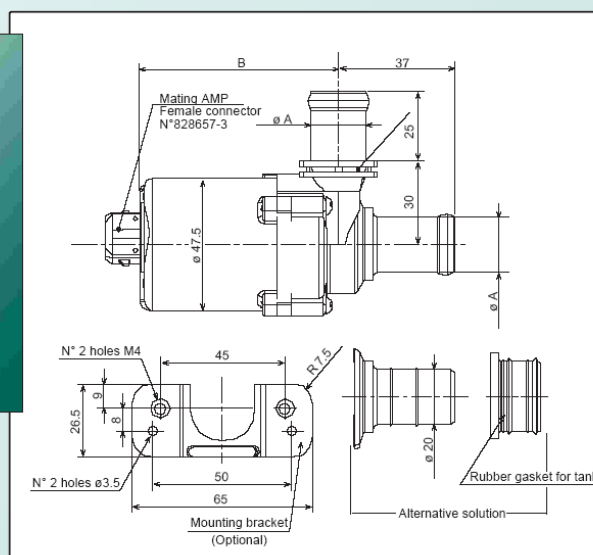
Supply: 13V_{DC}
 Temperature: 25°C
 Fluid: water + glycol 50%

Included Protections:

- Overvoltage switch-off
- Undervoltage switch-off
- Overtemperature switch-off
- Pump rotor stall-switch-off
- EMI Compatible (Automotive application)



The information contained herewith is subject to change without notice



Components for Electric Vehicles

Via Laveggio, 15 CH - 6855 Stabio - Switzerland

TEL: +41 (0)91 6415311 FAX: +41(0)91 6415333

E-mail: info@mes-dea.ch

internet: http://www.mes-dea.ch

Rev 00 del 25.02.04

MES Circulation pumps

MES-DEA

D i v i s i o n e E n e r g i e A l t e r n a t i v e

Vacuum Pump

MES-DEA vacuum pumps are designed to create vacuum in the brake boosters of electric vehicles. A vacuum pump includes a one-way valve to keep the vacuum in the booster and an electronic pressure switch: type 70/6E with relative pressure measuring sensor, type 70/6E-2 with absolute pressure measuring sensor.

The hysteresis of the pressure switch can be changed on request.

Technical data

Nominal voltage:
Max. current:

70/6E

12 VDC
2.5 A

70/6E2

12 VDC
5 A

Time to -0.5 bar in a 2 liters booster:

< 12 s

< 6 s

Max. recommended vacuum:

-0.65 bar

-0.72 bar

Min. pressure switch hysteresis:

0.050 bar

0.050 bar

Weight:

1.3 kg

1.4 kg

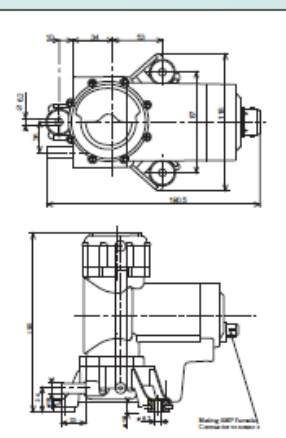
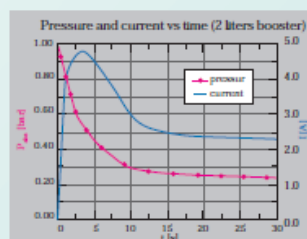
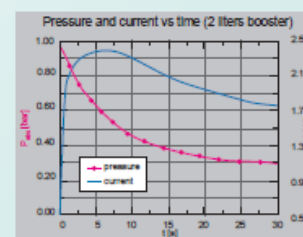
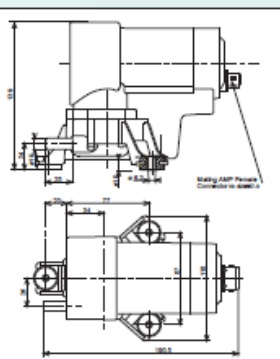
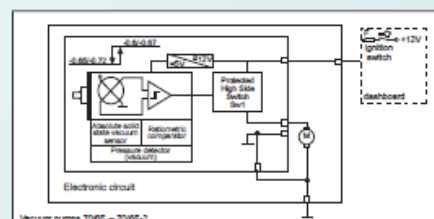
Noise level (@12VDC, 1m distance):

58 dB

62 dB

Temperature:

-20 ÷ +80 °C



The information contained herewith is subject to change without notice



Components for Electric Vehicles

Via Laveggio, 15 CH - 6855 Stabio - Switzerland

TEL: +41 (0)91 6415311 FAX: +41(0)91 6415333

E-mail: info@mes-dea.ch

internet: http://www.mes-dea.ch

Rev 02 del 15.10.07

Vacuum pump

MES-DEA

D i v i s i o n e E n e r g i e A l t e r n a t i v e

Fluid Heaters**Type RM3 and RM4**

RM3 is an electric fluid heater, powered by current supplied from traction batteries. It is controlled by a PWM circuit which keeps the power constant over the voltage range. It also includes a safety thermostat, a thermal fuse, a control device detecting fluid flow interruption and an output to signal faults and malfunctions.

RM4 includes in a single package a fluid heater RM3, a circulation pump type MR 2-20-600 (in option: MR 2-25-900 or MR 2-30-1200). Glycol expansion tank: 1.5 liters.

Technical data

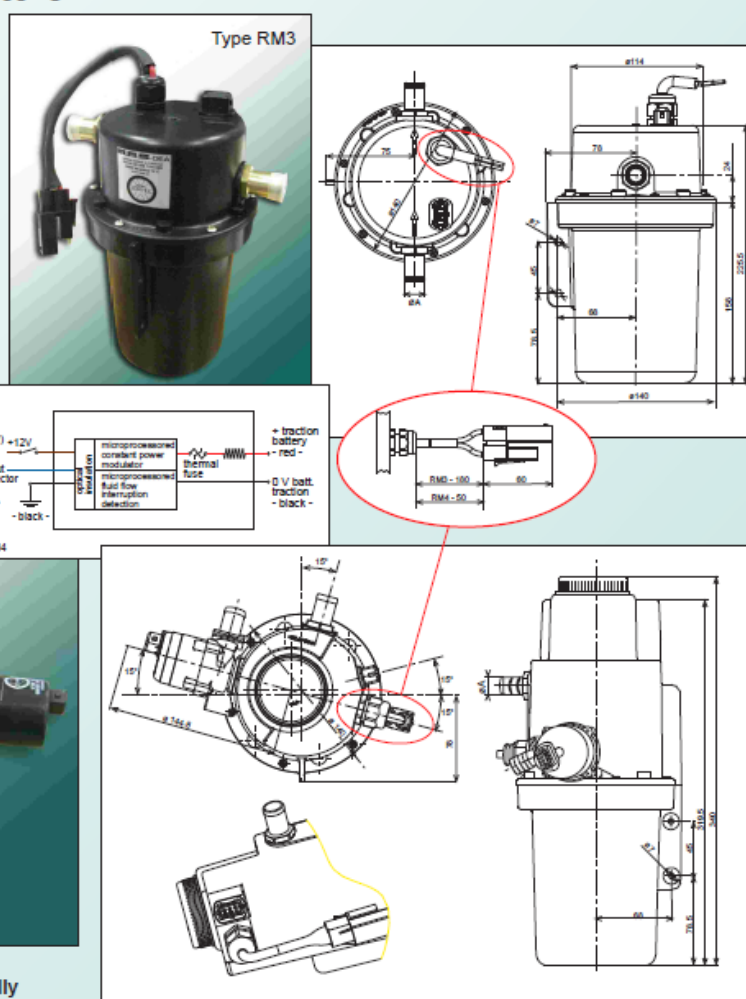
Temperature regulation: 70÷80 °C

Version 40/ 75V - 2000W
 Version 70/150V - 2000W
 Version 100/250V - 2000W
 Version 100/250V - 3000W
 Version 100/250V - 4000W
 Version 200/450V - 2000W
 Version 200/450V - 3000W
 Version 200/450V - 4000W

Weight: 1.7 kg Type RM3

Weight: 2.8 kg Type RM4

Ø A: 16.5 - 18 - 20 mm



Type RM4



NOTE:
the heaters must be mounted vertically

ATTENTION:
the heaters do not accept reverse polarity on traction battery cables

The information contained herewith is subject to change without notice



Components for Electric Vehicles

Via Laveggio, 15 CH - 6855 Stabio - Switzerland

TEL: +41 (0)91 6415311 FAX: +41(0)91 6415333

E-mail: info@mes-dea.ch

internet: http://www.mes-dea.ch

Rev 06 del 25.01.08

RM3-4

LIITE 5

EEEX, EEEXV-SB Cable (125°C Grade)



Description

High voltage, flexible, electromagnetically shielded automotive cable for applications on EV, HEV, FCEV wiring systems

Features

- Reliable to high-voltage & current conditions
- Excellent EMI, EMC noise reduction
- Eco-friendly designed materials (non PBDE, PBBs, Pb, Cr+, Cd, Hg)

Benefits

- Maximum using temperature (ISO 6722 Class C : 125 °C)
- Flexible and easy to handle for harnessing

Materials

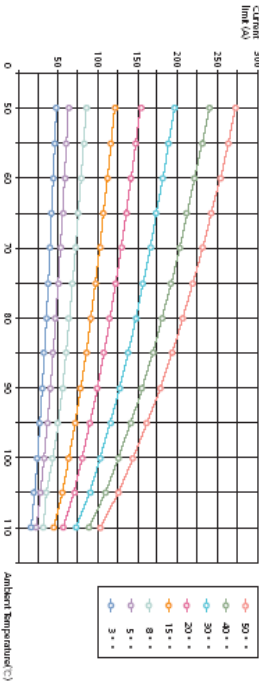
- Conductor : roped-strand tin annealed copper
- Insulation : 125 °C halogen-free XLPE
- Shield : braided by tin annealed copper strands
- Sheath : 105 °C Pb-free PVC

Structure and cable selection

Nominal size (mm ²)	Conductor			Insulation		Shield braid	Sheath	
	No. of Strand (N/mm)	Q.D (mm)	Resistance (Ω/m@20 °C)	Thickness (mm)	Q.D (mm)		Thickness (mm)	Q.D (mm)
1.25	37/0.217A	1.50	0.01550	0.60	2.70 ±0.20	24/4/0.127A	0.50	4.20 ±0.25
3	65/0.267A	2.40	0.00565	0.70	3.80 ±0.25	24/6/0.127A	0.50	5.30 ±0.30
5	65/0.327A	3.00	0.00372	0.80	4.60 ±0.30	24/7/0.147A	0.80	6.90 ±0.40
8	7/22/0.267A	4.00	0.00243	0.80	5.60 ±0.30	24/7/0.147A	0.80	7.90 ±0.40
15	19/9/0.327A	5.30	0.00144	1.10	7.50 ±0.30	24/7/0.187A	1.00	10.30 ±0.45
20	19/13/0.327A	6.50	0.00010	1.10	8.70 ±0.35	24/8/0.187A	1.00	11.50 ±0.45
25	19/16/0.327A	7.30	0.00082	1.10	9.50 ±0.35	24/8/0.187A	1.00	12.40 ±0.45
40	19/28/0.327A	9.10	0.00052	1.40	11.90 ±0.40	24/10/0.187A	1.50	15.70 ±0.55
50	19/32/0.327A	10.10	0.00042	1.60	13.30 ±0.45	24/10/0.187A	1.50	17.10 ±0.60

Current limit

- EEEXV-SB Cable



300A Connector



Description
High voltage, very high current, sealed, electromagnetically shielded connector for motor and MCU applications on HCEV systems

- Features**
- Electromagnetically shielded connector by using simplified shield structure
 - High current carrying capacity
 - Contact reliability ensured for high vibration and high temperature by using strip-form contact elements
 - Easy bolting on unit side connector

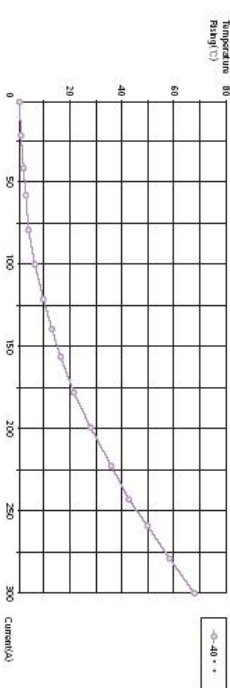
- Benefits**
- EMI shielding with independent shield part
 - Tamper-resistant CPA prevents removal by customer
 - Connectors available 5 keyways

Specification

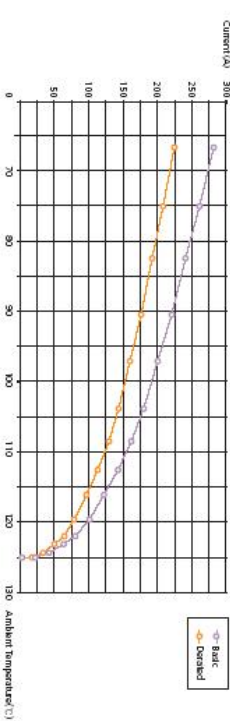
Type	Unit Side	Wire Size
	Male	Female
Poles	1P, 2P, 3P	1P, 2P, 3P
Voltage rating	~ 900 V	~ 900 V
Current rating	220 A (@40mm²)	220 A (@40mm²)
Applicable wire size	25-50 mm²	25-50 mm²
Shielding effectiveness	40 dB	40 dB

Characteristics

• Temperature Rising (SAE J 1742)



• De-rating Curve (IEC 60512-5-2)



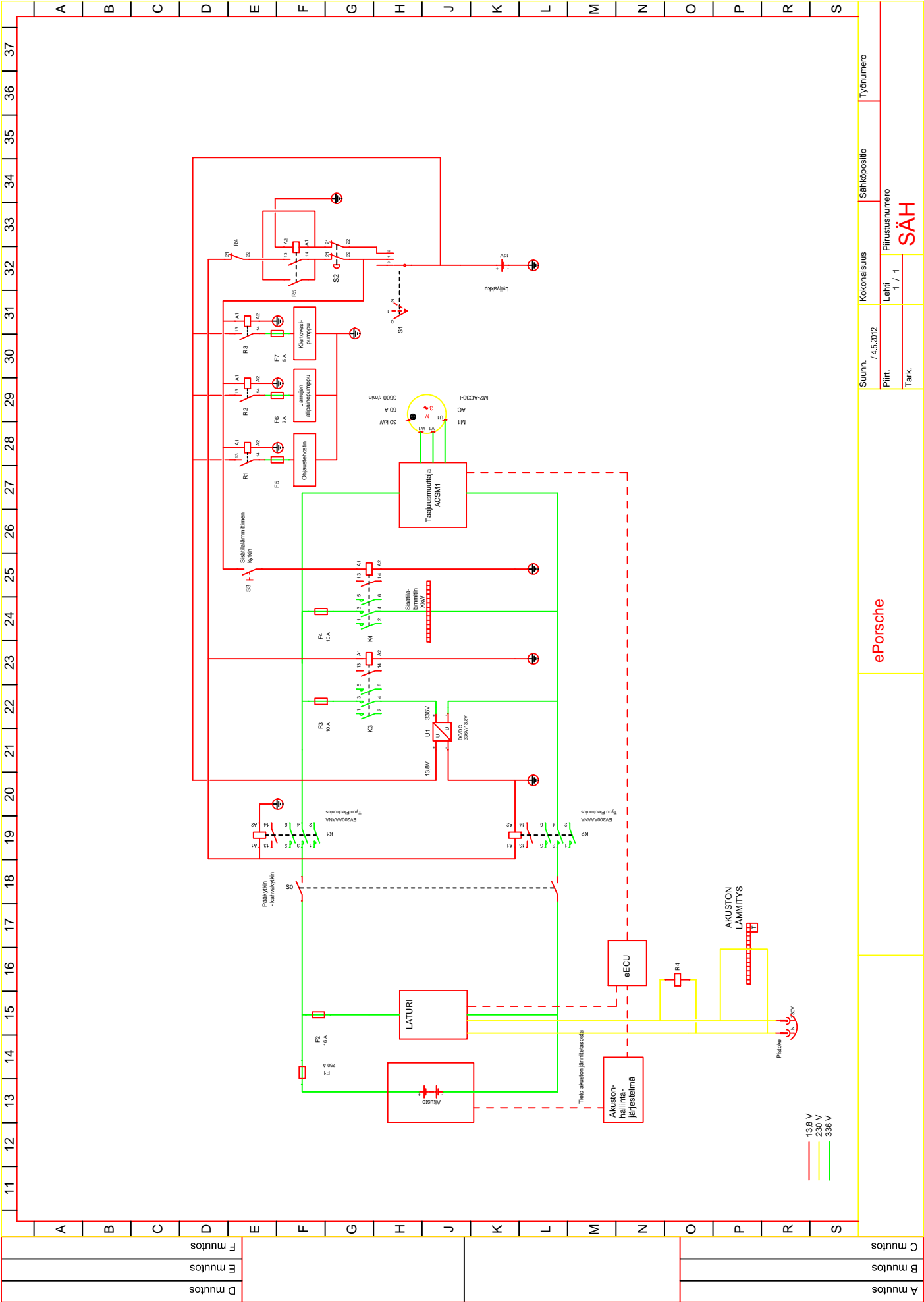
* The test data was based on single circuits in free space. This result does not account for all of the variables that would be present in an actual application.

Efore Elvi C laturin datalehti

LIITE 7

Headway 38120P(8AH)

No.	Item		Specification
1	Normal capacity		8000mAh
2	Normal Voltage		3.2V
3	Inter Impedance		<4mΩ
4	Maximum Charge Current		2C(16A)
5	Maximum Charge Voltage		3.65±0.05V
6	Maximum Continuous Discharge Current		5C(40A)
7	Maximum Peak Pulse Discharge Current		20C(160A)
8	Discharge Stop Voltage		2.0V
9	Dimension	Diameter	38±1mm
		Height	122 ±1mm (132±1mm)
10	Weight		Appro. 330g
11	Work temperature	Charge	0~45° C
		Discharge	-20~60° C
12	Store temperture	In one month	-20~45° C
		In six month	-20~35° C
13	Cycle Life	1500 cycles 1C 100% DOD	2000 cycles 1C 80% DOD



A multos
B multos
C multos

D multos
E multos
F multos

Suunn. / 4.5.2012
Piirt. 1 / 1
Tark.
Kokonaisuus
Sähköpiirio
Työnnumero

Piirustusnumero
SÄH