

Juho Ketokulta

Katuauton sähköjärjestelmien muutos kilpa-autokäyttöön

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Auto- ja kuljetustekniikka

Insinöörityö

27.3.2019

Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika	Juho Ketokulta Katuauton sähköjärjestelmien muutos kilpa-autokäyttöön 21 sivua 27.3.2019
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Auto- ja kuljetustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Autosähkötekniikka
Ohjaaja(t)	Lehtori Vesa Linja-aho
<p>Tässä insinööriyössä käsitellään katuauton muuttamista kilpa-autoksi. Työssä perehdytään pääasiassa tarvittaviin muutoksiin sähköjärjestelmissä, mutta sivutaan myös hieman muitakin muutoksia, kuten rakenteellisia muutoksia, sillä ne vaikuttavat sähköjärjestelmien suunnitteluun ja toteutukseen. Suunnittelu ja toteutus aloitettiin heinäkuussa 2017. Kilpa-autona toimi BMW e325 M50 vuosimallia 1992. Kilpa-auto rakennettiin kilpailevaksi BMW Xtreme Cup -sarjassa. Kilpa-auton suunnittelun ja toteutuksen kannalta sarjan säännöt vaikuttivat lopputulokseen huomattavasti. Kilpa-auton omistaa Fast Fox Racing -talli. Kilpa-autoa rakentamassa oli pääasiassa kolme henkilöä, mutta maalaukset ja moottorin huolto tilattiin ulkopuolelta. Insinööriyön kirjoittaja suunnitteli ja rakensi kaikki sähköjärjestelmiin kuuluvat osiot.</p> <p>Kilpa-auton rakentamisen kannalta tärkeimpiä ominaisuuksia ovat turvallisuus, kilpailukykyisyys, luotettavuus ja helppo huolettavuus. Näitä ominaisuuksia mielessä pitäen sähköjärjestelmän muutokset suunniteltiin sääntöjen puitteissa.</p> <p>Käytännön toteutus muutosten rakentamisessa aiheutti vielä muutamia kompromisseja suunnitteluun. Rakentamisen suurimmat haasteet olivat budjetti ja varattu aika, sillä kilpa-auton rakentaminen aloitettiin vasta noin kolme viikkoa ennen kisoja, joihin oli tarkoitus osallistua.</p> <p>Lopputulos oli kuitenkin onnistunut kilpa-auto, joka onnistui kilpailemaan muutamassa kisassa kauden 2017 aikana. Sähköjärjestelmien kannalta muutos onnistui hyvin, sillä mitään isompia ongelmia ei syntynyt kisojen tai harjoitusten aikana.</p>	
Avainsanat	Kilpa-auto, Rakentaminen, Sähkö

Author(s) Title	Juho Ketokulta Modifications of the Electronic Systems of a Street Car for Race Car Use
Number of Pages Date	21 pages 27 March 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automotive Engineering
Specialisation option	Automotive Electronics Engineering
Instructor(s)	Vesa Linja-aho, Senior Lecturer
<p>This thesis deals with modifying a street car into a race car. The focus is mainly on electrical modifications, but also some other areas, such as bodywork, as they affect the designing and the practical execution of the electrical modifications. The designing and the building of the race car started in July 2017. The chosen vehicle was a BMW e325 M50 from 1992. It was built to compete in the BMW Xtreme Cup league. The rules and regulations of the league had an impact on the outcome of the designing and building of the race car. The race car is owned by a team called Fast Fox Racing. The race car was built mainly by three persons, but some aspects, such as paintwork and engine maintenance, were carried out by a third party. The writer of the thesis designed and built everything that was a part of the electrical systems.</p> <p>The main attributes when designing a race car are safety, competitiveness, reliability and easy maintainability. All these attributes were the guidelines during the design process as well as following the rules and the regulations of the league.</p> <p>The practical building and reworking of the race car required some compromises with the designing. The hardest challenge was the budget and the deadline, as the building was started about three weeks prior to the first race the car was supposed to attend.</p> <p>The final result was a successful race car. It managed to compete in a few races during the season in 2017. On behalf of the electrical modifications everything went well, and there were no major setbacks during the races or trainings.</p>	
Keywords	Race car, Building, Electronics

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Sähkömuokkausten suunnittelu	2
2.1	Kilpaluokan sähköasennuksia koskevat säännöt	2
2.1.1	FTCC Sarjasäännöt 2017	2
2.1.2	Autojen tekniset määräykset ja kuljettajien ajovarusteet liite J	3
2.1.3	BMW Xtreme Cup Technical Regulations	4
2.2	Suunnitteluvaiheet	4
2.2.1	Uusien kytkentöjen suunnittelu	4
2.2.2	Uusien kytkentöjen piirtäminen	5
3	Ajoneuvon purku ja johtosarjojen testaus	6
3.1	Ajoneuvon purku	6
3.2	Johtosarjojen siistiminen	6
3.3	Johtosarjojen tarkastus ja testaus	7
3.3.1	Silmämääräinen tarkastus	7
3.3.2	Johtosarjojen testaus	8
4	Kilpa-auton kokoaminen ja muutosten rakentaminen	8
4.1	Kilpa-auton kokoaminen	8
4.2	Uudet kytkennät	9
4.2.1	Akku	10
4.2.2	Kytkintaulu	10
4.2.3	Päävirtakatkaisin	11
4.2.4	Starttikytkin	12
4.2.5	Virtakytkin ja virtakisko	13
4.2.6	Puhaltimen moottorin ohjaus	14
4.2.7	Ajovalojen kytkin	15
4.2.8	Tuulilasin pyyhkimien kytkin	16
4.2.9	Lisäjarruvalo	17
4.2.10	MoTec CDL3	18
5	Yhteenveto	20
	Lähteet	21

1 Johdanto

Opinnäytetyöni aiheeksi valitsin kilpa-auton sähköjen suunnittelun ja rakentamisen katuauton pohjalta. Syy aiheen valitsemiseen löytyi kaveripiiristäni, jolla on kokemusta ja intohimoa kilpa-autoiluun sekä yhteinen talli. Mahdollisuudet projektin onnistumiseen olivat käsillä, ja koska jo muutenkin autoin heidän kilpa-autojensa kanssa, opinnäytetyön aihe tuntui luontevalta. Kilpa-autoluokaksi valitsimme BMW Xtreme Cupin, sillä kyseistä sarjaa talli oli jo harrastanut muutaman vuoden ajan.

Opinnäytetyössä käydään läpi kilpa-autoon tekemäni muutokset ja perehdytään kyseisen sarjan sääntöihin. Opinnäytetyö on kuitenkin rajattu kilpa-auton sähköjärjestelmiin, sillä sähköjen suunnittelu sekä niihin perehtyminen annettiin minun vastuulleni. Tavoitteena oli rakentaa ja kilpailla kilpa-autolla vuoden 2017 kilpakaudella.

Opinnäytetyössä kuvataan kilpa-auton suunnittelu ja rakennus kronologisessa järjestyksessä. Ensin aloitetaan perehtymällä sääntöihin ja suunnitteluun. Tässä osassa käydään läpi ensin kilpasarjan säännöt, sillä suunnittelu on tehtävä niiden pohjalta. Sääntöjen jälkeen käyn läpi kilpa-auton kytkentäkaaviota. Suunnittelussa käytetään apuna alkuperäisiä kytkentäkaavioita.

KytKentäkaavioista karsittiin tarpeettomat kytkennät sekä piirrettiin uudet kytkennät. Opinnäytetyössä käydään läpi katuauton johtosarjojen purku, tarkastukset ja testit ennen uudelleen kokoamista kilpa-autoksi. Katuauton purkua ei tarkastella laajasti, sillä pääasiallinen aihe on suunnittelu ja rakennus. Aikataulun ja osittain sääntöjen takia käytettiin mahdollisimman paljon vanhoja johtosarjoja, mutta kyseiset johtosarjat testattiin ja tarkastettiin toimivuudeltaan.

Lopuksi kuvataan kilpa-auton kokoaminen sekä uudet toteutetut kytkennät. Kokoonpanoa ei tarkastella yhtä yksityiskohtaisesti kuin uusia kytkentöjä, sillä kokoonpanoon liittyy paljon sähköjärjestelmien ulkopuolisia asioita, kun taas kytkennät ovat keskeinen osa opinnäytetyötä. Nämä kytkennät sisältävät niin sääntöjen määräämät kuin kuljettajan toiveiden mukaan lisätyt kytkennät.

2 Sähkömuokkausten suunnittelu

2.1 Kilpaluokan sähköasennuksia koskevat säännöt

Kilpa-auto suunniteltiin ja rakennettiin kilpailevaksi BMW Xtreme Cup -sarjassa. Tämän sarjan säännöt löytyivät kilpasarjan verkkosivuilta www.xtremerace.fi.

Sähköasennuksia koskevia sääntöjä on kuitenkin kolmessa dokumentissa, suomenkielissä "FTCC Sarjasäännöt 2017" [1] ja "Autojen tekniset määräykset ja kuljettajien ajo-varusteet liite J" [2] sekä englanninkielisessä "BMW Xtreme Cup Technical Regulations 2017" [3]. Viime mainittu dokumentti sisältää yleiset säännöt kaikille AKK-Motorsport ry:n sarjoille.

FTCC, Finnish Touring Car Championship, on kotimainen kilpa-auto sarja. Suomenkielissä FTCC:n dokumentissa on yleiset säännöt neljälle eri kilpailuluokalle, joista yksi on BMW Xtreme Cup. Englanninkielisestä dokumentista löytyy suoraan sarjakohtaiset säännöt, sillä se sisältää vain BMW Xtreme Cup -sarjan sääntöjä. Kyseinen dokumentti on englanninkielinen, koska sarja on yhteinen Suomen ja Viron kanssa ja molemmissa maissa järjestetään saman sarjan kilpailuja. Kansainvälisyydestä johtuen myös muut sarjan dokumentit on julkaistu englannin kielellä. Kaikissa kolmessa dokumentissa on myös päällekkäisyyksiä sääntöjen suhteen, sillä jokainen dokumentti sisältää perussäännöt. Ristiriitaisuuksia ei kuitenkaan sääntöjen suhteen ole.

2.1.1 FTCC Sarjasäännöt 2017

Ainoa sähköasennuksiin liittyvä sääntö FTCC Sarjasäännöt 2017 -dokumentissa koskee telemetriaa. Telemetriaa koskevissa säännöissä on neljä kohtaa, jotka on esitetty dokumentin kohdassa 3.4 [1, s. 8, kohta 3.4]:

3.4. Telemetria

3.4.1. Kaikki datan siirto liikkuvasta kilpa-autosta tai autoon on kielletty.

3.4.2. Lähetin kierrosaikojen mittaamiseksi on sallittu, kunhan se on erillinen yksikkö, eikä sitä ole mitenkään kytketty moottoriin.

3.4.3. Datan tallennin auton sisäpuolella on sallittu.

3.4.4. Viestiyhteys liikkuvasta kilpa-autosta kuljettajan ja muun tiimin välillä on sallittu. Tämä yhteys on toteutettava siten, etteivät kuljettajat kuule toisia kuljettajia.

Ensimmäinen sääntö 3.4.1 kieltää ehdottomasti kaikki tiedonsiirtovälineet kesken kisan. Vaikka langatonta tiedonsiirtoa voikin käyttää, on se kiellettyä kesken ajon. Kyseinen sääntö ei vaatinut tiimiltä erityisiä muutoksia, sillä kilpa-autossa ei ollut alun perin suunniteltu käytettävän langatonta tiedonsiirtoa.

Sääntö 3.4.2 kieltää erillisen lähettimen, kierrosaikojen mittaamiseen. Sen sijaan kierrosajat tallentuivat auton kyydissä olevaan datan keruuseen ja tallennukseen sopivaan komponenttiin, MoTec CDL3:een. MoTec CDL3 on kilpa-autoiluun suunniteltu ohjelmoitava mittaristo. Kyseisestä komponentista ja sen ominaisuuksista kerrotaan lisää opinäytetyön kohdassa 4.2.8 "MoTec CDL3", jossa käydään läpi komponentin kytkentä sekä käyttöönotetut toiminnot. Datan keruu ja tallennus on taas täysin laillista sääntöjen puitteissa, kuten kohdassa 3.4.3 todetaankin; vain lähettämistä on rajoitettu.

Viimeinen kohta 3.4.5 ei enää oikeastaan koske kilpa-auton sähköasennuksia, sillä viestiyhteys, eli puheyhteys, toteutetaan ajokypärän sisällä olevalla radiopuhelimella ja näin ollen se ei enää ole osa itse auton elektroniikkaa. Kiinteää asennusta viestiyhteyden muodostamiseksi autoon on myös turha asentaa, sillä kuljettaja ja muu tiimi eivät kuulisi toisiaan kilpa-auton melun ylitse ja kuljettajan kypärän mukana kulkeva radioyhteys on huomattavasti käytännöllisempi ratkaisu. Myöskään ajovarusteita ei saa modifioida itse, vaan niiden on oltava FIA-standardin [3, s. 2, kohta 2.4.1] mukaisia. Tästä syystä on myös turha suunnitella itse vastaavia kypäränsisäisiä viestimisvälineitä kuljettajan ja muun tiimin välille.

2.1.2 Autojen tekniset määräykset ja kuljettajien ajovarusteet liite J

Kuten aikaisemmin mainittiin, opinäytetyön luvussa 2.1 "Kilpaluokan sähköasennuksia koskevat säännöt", kyseinen dokumentti on yleinen sääntökirja AKK-Motorsport ry:n sarjoille. Tästä dokumentista löytyy myös paljon sääntöjä, jotka ovat erikoismäärityksiä muille sarjoille. Pääasiassa tässä dokumentissa ei ole mitään huomioon otettavia sähköjärjestelmiä koskevia sääntöjä, joita ei olisi jo käyty läpi kahdessa muussa dokumentissa. Sähköjärjestelmien osalta tässä dokumentissa annetaan lupa vaihtaa auton akku

[2, s. 316] ja päävirtakatkaisimen toiminta on määritelty [2, s. 307]. Dokumentista kuitenkin löytyy korin turvakehikon määritelmät. Näissä käydään läpi, ettei sähkökaapeleita saa kulkea turvakehikon ja alkuperäisen korin välissä [2, s. 298]. Vaikka tämä ei suoraan vaikuttanut sähköjärjestelmien suunnitteluun tai toteutukseen, on se silti hyvä ottaa huomioon ja mainita.

2.1.3 BMW Xtreme Cup Technical Regulations

BMW Xtreme Cup Technical Regulations -dokumentista löytyy enemmän ja tarkempia säännöksiä itse sähköasennuksia varten. Tämä tietenkin johtuu siitä, että kyseisen dokumentin säännöt on luotu vain yhdelle sarjalle, eikä yleisesti monelle eri sarjalle. Dokumentista sähköasennuksia koskevat säännöt on esitetty kohdassa 3.7 "Electronics and electrical", mutta myös muita kohtia löytyy dokumentista, joissa käsitellään sähköön liittyviä osia. Päävirtakatkaisijasta on oma lukunsa 2.5 "General circuit breaker", sekä myös valoille on oma luku 3.3 "Lights". Muuten sähköasennuksia epäsuorasti koskevia sääntöjä on ympäri dokumenttia, mutta nämä säännöt pääasiassa kertovat, mitkä sähkölaitteet tai sähköisiä komponentteja sisältävät muut laitteet saa poistaa kilpa-autosta. Nämä on mainittu erikseen, sillä dokumentin alussa kielletään kaikki muutostyöt [3, s. 1, kohta 1.2], joille ei säännöissä erikseen anneta lupaa.

2.2 Suunnitteluvaiheet

Suunnittelutyöt aloitettiin etsimällä kyseisen BMW:n kytkentäkaavio. Kytkentäkaavioksi valittiin BMW:n korjausopas [4], jonka voi tilata varaosanumerolla 01001469703. Dokumentti on tarkoitettu 9/95 – 8/96 valmistetuille malleille, mutta verratessa kytkentäkaaviota kilpa-auton sähköjärjestelmään huomattiin, ettei eroja juurikaan ollut. Kytkentäkaavio on kuitenkin yhteinen dokumentti useammalle BMW:n mallille ja moottorille. Tästä syystä suurin osa kytkentäkaaviosta oli tiimille turhaa, joten dokumenttia muokattiin omiin tarpeisiin poistamalla ylimääräiset sivut. Lopuksi muokattuun dokumenttiin lisättiin kaikki myöhemmin asennetut kytkennät, kuten päävirtakatkaisija. Näin tiimi sai käyttöönsä kytkentäkaavion, joka sisälsi kaikki kilpa-auton kytkennät.

2.2.1 Uusien kytkentöjen suunnittelu

Uusien kytkentöjen suunnittelu perustui pääasiassa piirustuksien seuraamiseen. Suunnittelussa oli kuitenkin otettava huomioon monta muuta asiaa kuin pelkästään piirustusten noudattaminen. Komponenttien valitsemisessa otettiin huomioon niiden maksimijännite ja -virta-arvot. Pääasiassa jännitteen kanssa ei ollut ongelmia, sillä kilpa-auton koko sähköjärjestelmä toimii 12 V:n jännitteellä. Virran kanssa on kuitenkin oltava hieman tarkempuna. Esimerkiksi koko kilpa-auton virta kulkee päävirtakytkimen kautta. Kytkimen on siis siedettävä huomattavan suurta virtaa esimerkiksi käynnistystilanteessa käynnistysmoottorin pyöriessä.

Päävirran kytkentä sisältää selvästi suurimman virran, ja se on itsestäänselvästi ensimmäinen kohde, jota tulee pohtia mitoitusta ajatellessa. Kuitenkin myös muualla uusissa johdotuksissa liikkuu normaalia isompi virta. Näitä ovat syöttöjännitejohdotukset. Esimerkiksi puhaltimen moottorille tuleva syöttöjännite on alun perin mitoitettu paksummasta johdosta, 2,5 mm halkaisijaltaan, kuin esimerkiksi ohjaussignaaleja kuljettavat johdot. Myös näiden johdotusten on pystyttävä kestäämään kyseinen virrankulutus ilman ylikuumenemista tai pahimmassa tapauksessa sulamista. Säännöissä ei ole annettu minimiarvoja käytettäville komponenteille ja johdotuksille, joten ne oli mitoittettava itse. Komponentit ja johdotukset ylimitoitettiin varmuuden vuoksi. Käytännössä käytettiin valmiita komponentteja ja johtoja, joita pystyi ostamaan autoliikkeistä ja tavarataloista. Tämä johtui niin budjetista kuin ajallisista syistä, sillä johdotusten ei tarvinnut olla minkään standardin mukaisia ja erityisten komponenttien etsiminen ja tilaaminen mahdollisesti ulkomailta olisi voinut kestää liian kauan tai käydä turhan kalliiksi. Alkuperäisestä kytkentäkaaviosta pystyi kuitenkin tarkastamaan alkuperäisten johtojen paksuuden. Tämä auttoi johdotusten mitoittamisessa, sillä alkuperäisiä mitoituksia pidettiin minimiarvoina.

2.2.2 Uusien kytkentöjen piirtäminen

Uudet kytkennät piirrettiin TinyCAD-ohjelmalla kytkentäkaavion mukaan. TinyCAD-ohjelma valittiin sen helppouden ja lisenssivapaan käytön takia. Aikaisempaa kokemusta TinyCADista tiimillä ei ollut, mutta ohjelma osoittautui erittäin sopivaksi tiimin tarkoituksiin. Kytkentöjen piirtämiseen kokeiltiin myös muita ilmaisohjelmia, kuten esimerkiksi SmartDraw, joka toimii verkkoselaimella ja tallentaa piirustukset suoraan pilvipalvelimelle. SmartDraw kuitenkin osoittautui hankalaksi käyttää, sillä nettiselainpohjaisessa ohjelmassa osoittautui olevan liikaa viivettä sulavan toiminnan kannalta.

TinyCAD-ohjelma osoittautui erittäin käteväksi myös alkuperäisten kytkentäkaavioiden muokkaukseen, sillä kytkentäkaavioita pystyy ohjelmalla piirtämään kuvien päälle. Kytkentäkaavion [4] muokattavat sivut muutettiin JPG-muotoon ja asetettiin TinyCADin pohjakuvaksi, jonka päälle uudet kytkennät piirrettiin.

3 Ajoneuvon purku ja johtosarjojen testaus

3.1 Ajoneuvon purku

Ajoneuvosta purettiin kaikki tekniikka ja sisusta irti. Syitä täydelliselle purulle oli monta. Kilpa-auton korin maalauttaminen on helpompaa, kun kaikki ylimääräinen on purettu pois, mutta tämä ei ollut ainoa syy purkutöille. Sisusta purettiin, sillä säännöt [3, s. 4, kohta 3.8] määräävät ylimääräisen ja kilpa-autokäytössä tarpeettoman sisustan purkamisen. Myös turvakaarien hitsausta varten on sisusta purettava. Kaiken ylimääräisen purkaminen myös tekee kilpa-autosta kevyemmän. Vaikkakin kilpa-autolle on säännöissä annettu minimipaino, on painoa helpompi lisätä kuin vähentää. Lopuksi lisäämällä painoa pystytään vaikuttamaan kilpa-auton painopisteen sijaintiin ja tasapainoon, jolla pystytään taas parantamaan ajo-ominaisuuksia. Tekniikan kannalta on moottori helpompi tarkastaa ja huoltaa sen ollessa irti korista, ja tämä myös mahdollistaa työskentelyn tekniikan kanssa korin ollessa maalauksessa, millä pystytään säästämään aikaa. Sähkötöiden kannalta irrallaan olevat johtosarjat on helpompi testata, purkaa ja laatia tarpeen mukaan uusia johdotuksia, joten tekniikan purku ei vaikuttanut myöskään sähkötöiden aikatauluun. Uusien johdotusten pituutta ei suoraan pystytty mittaamaan ilman koria johtuen läpivientien sijainneista ja maadoituspisteistä korissa, mutta muuten työskentely sähkötöiden parissa onnistui ilman koria.

3.2 Johtosarjojen siistiminen

Ensin johtosarjat purettiin niin, että johdotukset olivat näkyvissä. Tämä tarkoitti johtojen teippausten leikkaamista auki ja muovikourujen, joita pitkin johdot oli niputettu, avaamista ja irrottamista. Johtosarjojen ollessa täysin näkyvillä aloitettiin niiden johdotusten ja liittimien irrotus, joita ei enää kilpa-autokäytössä tarvittu. Tämä onnistui vertaamalla uutta ja vanhaa kytkentäkaaviota sekä lukemalla kilpaluokan sääntöjä useaan kertaan.

Poistamalla kaikki ylimääräiset johdotukset ensin ennen johtosarjojen testaamista ylimääräistä työtä vähennettiin, sillä silloin ylimääräisiä johtosarjoja ei tarvitse testata ja tarkastaa. Poistamalla ylimääräiset johdotukset vianetsintä on tulevaisuudessa huomattavasti helpompaa, sillä ei tarvitse miettiä ylimääräisten johtojen sijainteja ja pohtia, pitäisikö niiden olla yhdistettynä johonkin. Ylimääräisiä johtoja ei myöskään kannata jättää roikkumaan, sillä mahdollisen kosketuksen saadessaan ne voivat synnyttää vikoja, varsinkin jos ylimääräiset johdot on niputettu yhteen pois näkyvistä. Myös kilpa-auton painoa saatiin pudotettua jonkin verran poistamalla johdotuksia, mutta painon pudotus oli niin vähäistä, että se ei ollut päätarkoituksena ylimääräisten johtojen poistamiselle. Säännöissä myös mainitaan, että moottorin johtosarjan on pysyttävä alkuperäisenä [3, s. 4, kohta 3.7.6] ja vain rinnakkaisia liitäntöjä saa kytkeä alkuperäiseen moottorin johtosarjaan.

3.3 Johtosarjojen tarkastus ja testaus

Kun johtosarjat oli siistitty, seuraavaksi tiedossa oli niiden testaus ja tarkastus. Johtosarjojen tarkastukseen ja testaukseen kuuluu monta vaihetta, sillä johtosarjat tarkastettiin silmämääräisesti ja testaamalla.

3.3.1 Silmämääräinen tarkastus

Ensin johtosarjat käytiin läpi silmämääräisesti etsien hapertuneita tai rikkoutuneita eristeitä johtojen ympäriltä. Varsinkin osassa maadoitusjohdotuksia oli nähtävissä hapertumista johtojen muovieristeissä. Nämä johdot vaihdettiin suoraan uusiin johtoihin käyttäen läpimitaltaan ja tyyppiltään alkuperäistä vastaavia mitoituksia. Seuraavaksi silmämääräiseen tarkastukseen kuului liittimet ja johtojen liitokset. Maadoituksissa oli usein käytetty rengasliittimiä, joissa johdon ja liittimen liitosta ei ollut suojattu tarpeeksi hyvin hapettumiselta. Hapettuneet liitokset olivat usein tummentaneet johdon pitkälle eristeen sisälle, ja tämä oli toinen syy maadoitusjohtojen uusimiselle. Liittimet olivat hyvin suojattu vesi- ja pölytiiviksi, joten liittimien sisältä ei löytynyt korjattavaa. Myös liittimien nastat olivat säilyneet hyvässä kunnossa eikä hapettumista tai taittuneita nastoja ollut nähtävissä. Nastoja tarkastaessa varmistettiin myös silmämääräisesti nastojen ”jäykkyys”. Jos nasta on päässyt löystymään, voi se johtaa heikkoon kosketukseen vastapuolen kanssa. On-

neksi kuitenkin kaikki nastat olivat kunnossa, eikä nastoja tarvinnut vaihtaa. Johtosarjojen liittimen nastojen tarkastuksen jälkeen tarkastettiin myös ohjainlaitteiden nastat silmä määräisesti, jotta huono kosketuspinta ei voinut johtua vastapuolen nastoista. Ohjainlaitteiden päästä ei myöskään löytynyt vääntyneitä, katkenneita tai hapettuneita nastoja. Jos niitä olisi kuitenkin ollut, olisi ohjainlaite pitänyt vaihtaa uuteen tai korjauttaa.

3.3.2 Johtosarjojen testaus

Johtosarjojen testaus toteutettiin mittaamalla johdon resistiivisyyden yleismittarin vastusmittauksella. Vastusmittauksella saatiin selville heikko johtavuus tai jos johto oli päässyt menemään poikki eristeen sisällä. Mittaukset suoritettiin liittimien takapuolelta, sillä jos liittimen nastoihin työntää liian voimakkaasti tai kooltaan liian ison testauspään, voi vahingossa taivuttaa nastoja. Jos taas nastat pääsevät taipumaan, voi se johtaa huonoon kosketukseen vastakkaisen liittimen nastojen kanssa. Koska johtosarjat olivat täysin avattuina ja irrotettuina ajoneuvosta, oli suurin osa mittauksista helppo suorittaa ilman kytkentäkaavioita. Vain moottorin ohjainlaitteen johtosarjan tarkastuksessa kytkentäkaaviosta oli apua, sillä se nopeutti hieman oikeiden johtojen löytämistä vastakkaisista liittimistä. Syynä tähän oli se, että moottorin ohjainlaitteeseen meni 60 johtoa, ja useimmat johdoista oli hyvin pitkiä, sillä ne kulkivat sisälle hyttiin asti. Vastusmittauksen aikana johtoja liikuteltiin ja taivuteltiin mahdollisten katkosten löytämiseksi, sillä eristeen sisällä poikki mennyt johto voi vaikuttaa olevan kunnossa, jos sitä ei taivuttele. Taivuttamalla johtoa poikkimenneen johdon päät menettävät kosketuksensa ja näin paljastavat itsensä. Johtosarjat olivat kuitenkin hyvässä kunnossa, eikä vastusmittauksella löytynyt korjattavaa.

Tämän jälkeen tarkistettiin sytytyksen johdotuksien sivuvastukset. Kytkentäkaaviosta [4, s. 141] löytyy sytytyksen sivuvastusten nimellisarvot. Nimellisarvot ovat 240 ohmia. Mittaus toteutettiin samalla tavalla, yleismittarin vastusmittauksella. Mittauksessa todettiin vastusten vastaavan kytkentäkaavion nimellisarvoja, joten muita toimenpiteitä ei tarvittu.

4 Kilpa-auton kokoaminen ja muutosten rakentaminen

4.1 Kilpa-auton kokoaminen

Kilpa-auton kokoaminen aloitettiin heinäkuun puolessavälissä. Kokoonpanoon kului noin 2 viikkoa, sillä kilpa-autoa rakennettiin vain iltaisin. Kokoaminen aloitettiin vastakkaisessa järjestyksessä kuin purku. Kokoonpanon yhteydessä uusien kytkentöjen asennus oli helppoa, sillä esimerkiksi läpivientien poraaminen konehuoneen ja ohjaamon välille oli huomattavasti helpompaa, kun sisusta ja moottori oli purettu irti.

Moottorin johtosarja asennettiin moottoriin ennen moottorin kiinnittämistä runkoon. Moottorin johtosarjan asennuksessa ei ilmennyt mitään vaikeuksia, koska käytettiin alkuperäistä johtosarjaa. Vaikkakin johtosarjassa oli muutama liitin, jotka olisi voinut kytkeä väärin antureihin.

Kilpa-auton kokoamisen jälkeen kilpa-autoa ei kuitenkaan saatu käynnistymään. Tämä tuotti lisätöitä, sillä liittimien kiinnitys ja moottorin toiminta täytyi tarkastaa uudelleen. Onneksi kuitenkin moottorin toimintaa testattiin ennen kuin kilpa-auto oli täysin valmis, joten alustan, jarrujen ja lisälaitteiden asennusta pystyttiin jatkamaan samalla kun diagnosoi- tiin ongelman syytä, eikä takaisku vaikuttanut aikatauluun.

Moottorin johtosarjan testauksen jälkeen todettiin kaiken olevan kunnossa. Lopulta syyksi paljastui moottorin ohjainlaitteen väärä päivitys. Ongelma johtui ohjainlaitteesta, koska sitä ei oltu koodattu toimimaan ilman ajonestoa, joka oli poistettu purun yhteydessä. Kolmannella ohjainlaiteella testatessa kilpa-auto käynnistyi ja kaikki todettiin olevan kunnossa.

4.2 Uudet kytkennät

Uusia kytkentöjä asennettiin seitsemän kappaletta sekä MoTec CDL3. Uusiin kytkentöihin sisältyi päävirtakatkaisin, starttikytkin, virtakytkin, puhaltimen moottorin ohjaus, ajovalojen kytkin, tuulilasin pyyhkimien kytkin ja lisäjarruvalo. Kytkimille suunniteltiin oma taulu auton kojelautaan soittimen entiselle paikalle (kuva 1).

Uusien kytkentöjen kytkentäkaavioissa käytettiin yleisiä johdinmerkintöjä. Näihin kuuluu 15 – sytytysvirta, 30 – Suora yhteys akun plusnapaan ja 50 – käynnistysmoottorin ohjaus. Muut merkinnät ovat alkuperäisen kytkentäkaavion liittimien tai liitospisteiden merkintöjä, jotka ovat selitetty kyseisen kytkentäkaavion kuvassa.

4.2.1 Akku

Uusien kytkentöjen lisäksi vaihdettiin kilpa-auton akku kilpa-ajoon paremmin soveltuvaksi. Akuksi valittiin tehokas, mutta pienikokoinen ja kevyt käynnistysakku. Valintaan vaikuttivat tietenkin koko ja paino, mutta sähköjen kannalta kilpa-auto ei juurikaan akkua tarvitse muuten kuin käynnistyksessä.

Kilpa-autosta on poistettu kaikki tarpeettomat mukavuusjärjestelmät, kuten radio ja sisävalot, sekä moottorin puolelta on poistettu sähköä kuluttavia osia, esimerkiksi jäähdytysjärjestelmän tuuletin. Tästä syystä auton virrankulutus on huomattavasti pienempi normaaliin katuautoon verrattuna, eikä auton akulta vaadita suurta kapasiteettia. Akun pysyy myös helposti lataamaan täyteen niin kisapaikan varikolla kuin omassa tallissa, joten akun kapasiteetin tarpeesta ei tarvinnut huolehtia.

Akuksi valittiin 20_Ah Varley Red Top -hyytelöakku, sillä se on erityisesti valmistettu kilpa-autoilua varten pienen koon ja huoltovapaan käytön ansiosta, mutta takaa myös tarvittavan käynnistysvirran starttimoottorille.

4.2.2 Kytkintaulu

Taulu rakennettiin alumiinista ja eristettiin kumilla mahdollisten oikosulkujen välttämiseksi. Eristys toteutettiin kahdesta eri kohtaa. Ensin ettei kytkimet ja niiden johdotukset pääse osumaan alumiinitauluun ja tämän jälkeen taulu vielä eristettiin auton muusta rungosta. Lopuksi viimeisteltiin taulu hiilikuituteipillä.



Kuva 1. Kytkintaulu ja sulakerasia

Taulun suunnittelun tarkoituksena oli saada kuljettajalle tärkeät toiminnot käden ulottuville ja myöhemmässä vaiheessa lisättiin vielä taulun kytkinten sulakerasia näkyville kytkinten alle. Sulakerasian sijainnille olennaista on helppo tavoitettavuus mahdollisen vianetsinnän kannalta kuten myös nopea korjausmahdollisuus.

Osa kytkennöistä toteutettiin sääntöjen pakottamana kuten esimerkiksi päävirtakatkaisin, kun taas loput olivat kuljettajan toiveiden mukaan. Kuitenkin säännöt kielsivät joidenkin alkuperäisten kytkimien, kuten esimerkiksi tuulilasinpyyhkimien ja valojen poistamisen kokonaan [3, s. 4, kohta 3.8.4]. Tästä syystä osa kytkimistä asennettiin alkuperäisten rinnalle toimimaan toisistaan riippumatta.

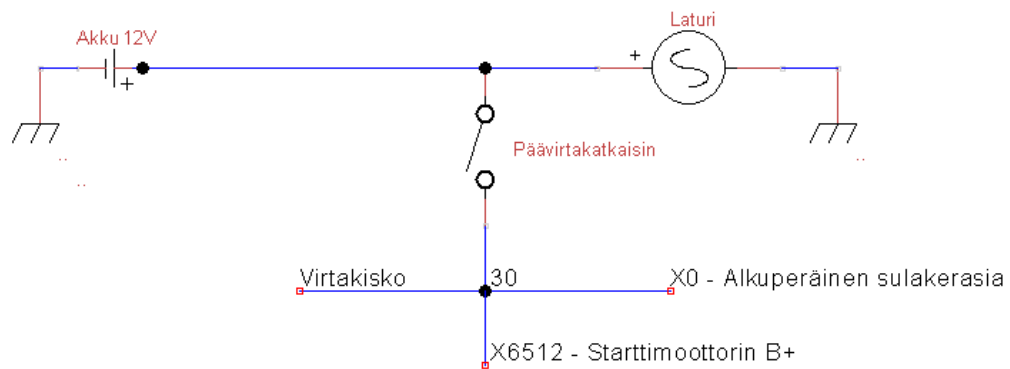
Tärkeimmät ominaisuudet kytkimien sijoittelulle olivat tietenkin helppokäyttöisyys ja varmuus, mutta myös ulkonäöllä oli väliä, sillä kilpa-autoista otetaan paljon valokuvia niin ulko- kuin sisäpuolelta.

4.2.3 Päävirtakatkaisin

Päävirtakatkaisin on luokiteltu pakolliseksi BMW Xtreme Cupin -sääntöjen mukaan [3, s. 2, kohta 2.5]. Päävirtakatkaisimella on tarkoitus toimia tappokytkimenä kilpa-autolle hätätilanteen tai onnettomuuden sattuessa. Tästä syystä päävirtakatkaisin ei pelkästään

kytke akku pois auton sähköjärjestelmästä vaan myös laturin, sillä muuten laturi voisi ylläpitää auton sähköjärjestelmää sen käydessä. Päävirtakytkimen pitää myös olla mahdollista avata auton ulkopuolelta. Tämä kuitenkin toteutettiin mekaanisesti asentamalla vaijerin päävirtakytkimen ja auton kuljettajan puoleisen A-pilarin ulkopuolelle.

Vaijeri ja päävirtakatkaisin asennettiin sellaiseen asentoon, että vaijeria vedettäessä se kääntää päävirtakytkimen auki. Vaijeri vedettiin käytöstä poistetun sisäilmanlämmityksen putken kautta, jota pitkin ennen jäähdytysneste lämmitti sisälle puhaltavaa ilmaa. Koska sisäilman lämmitystä ei enää ollut käytössä, tarjosi se hyvän läpiviennin vaijerille suoraan kojetaulussa sijaitsevan uuden kytkintaulun taakse. Päävirtakatkaisimen virtapiirikaavio on esitetty kuvassa 2.



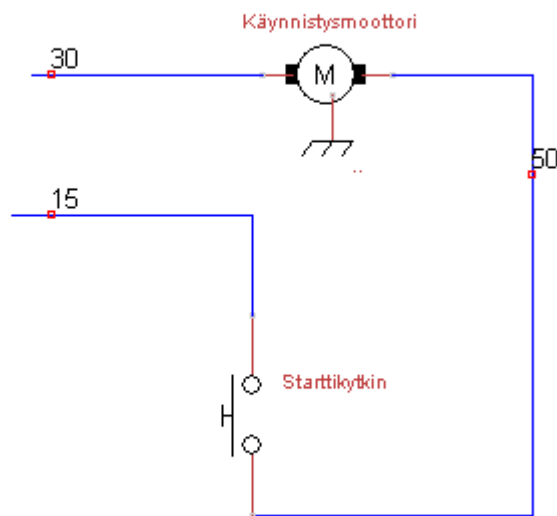
Kuva 2. Päävirtakatkaisimen kytkentäkaavio

Päävirtakatkaisimelle tulee laturin latausvirta sekä akun plus napa. Päävirtakatkaisimelta taas lähtevät johdotukset ajoneuvon pääsulakerasiaan, starttimootorille ja virtakiskolle. Kytkin oli mitoitettava kestäväksi suuriakin virtoja, sillä auton käynnistysvirta kulkee kytkimen kautta. Kuitenkin suurin osa päävirtakatkaisimista on valmiiksi suunniteltu tähän tarkoitukseen eikä sopivan kytkimen löytäminen ollut vaikeaa.

4.2.4 Starttikytin

Starttikytin ei ole pakollinen kilpa-autoissa, mutta se päätettiin silti toteuttaa. Starttikytin toimii virtalukon kolmannen asennon eli "startiasennon" tavoin. Kytkintä painettaessa se sulkeutuu ja antaa starttimootorille ohjausjännitteen. Itse käynnistysvirta ei kulje starttikytimen kautta vaan akulta päävirtakytkimen kautta starttimootorille.

Starttikytkin asenettiin ottamalla mallia virtalukon kytkennästä. Kytkimelle ei tule jatkuvaa jännitettä, vaan jännite syötetään virtakytkimen kautta. Autoa ei siis voi vahingossa yrittää käynnistää, jos virtakytkin on auki. Starttikytkimeltä virtapiirikaavion mukaisesti jännite jatkuu suoraan starttimoottorille.



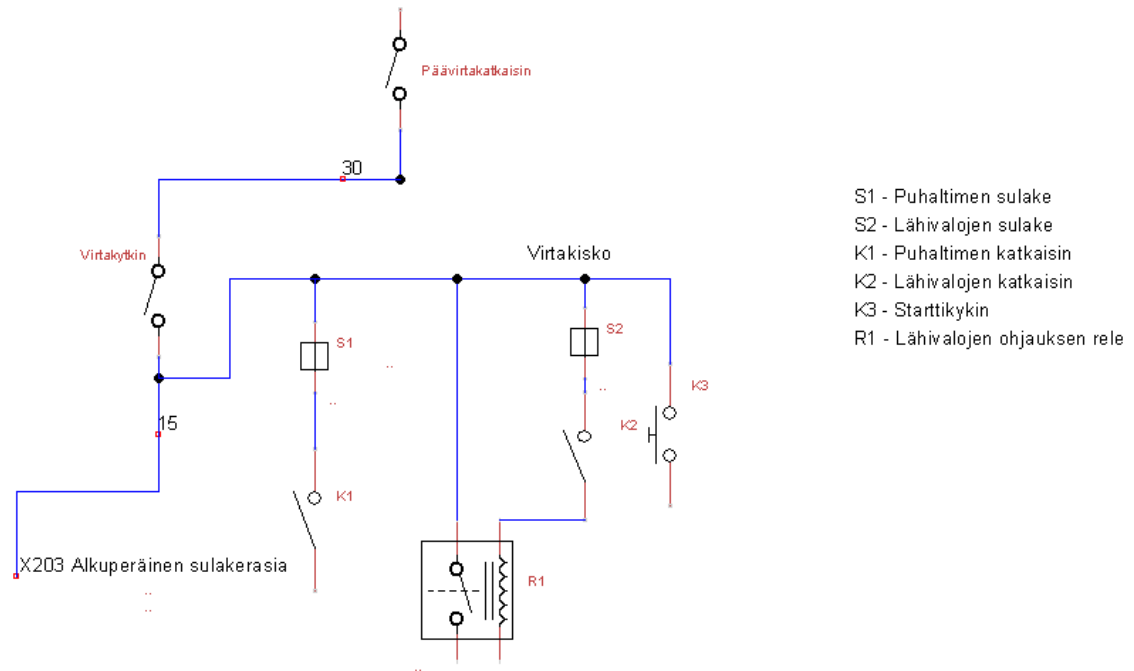
Kuva 3. Starttikytkimen kytkentäkaavio

4.2.5 Virtakytkin ja virtakisko

Virtakytkin toimii samalla tavalla kuin virtalukon asento kaksi. Virtakytkimen kytkin on toteutettu alkuperäisen virtalukon mukaan.

Tämän lisäksi uusi virtakisko asennettiin kytkimen taakse. Virtakiskon tarkoituksena on jakaa virta muille taulun kytkimille, joille virta tulisi muutenkin virtakytkimen kautta, kuten edellä mainitulle starttikytkimelle. Uuden virtakiskon etuna on, ettei jokaiselle kytkimelle tarvinnut asentaa omia johdotuksia moottorin sulakerasialle asti, vaan johtojen pituutta pystyttiin vähentämään ja kytkentöjä selkeyttämään.

Virtakiskon jälkeen sijaitsi uusi sulakerasia, sillä uudet kytkennät ohittavat alkuperäiset sulakkeet.



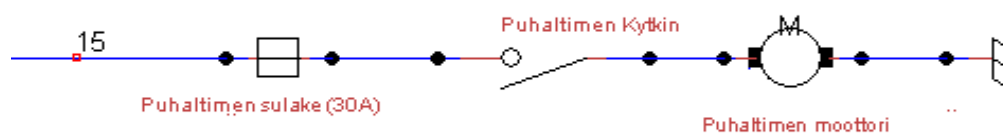
Kuva 4. Virtakytकिन ja virtakiskon kytkentäkaavio

4.2.6 Puhaltimen moottorin ohjaus

Vaikka puhaltimen saa poistaa kokonaan kilpa-autosta, [3, s. 2, kohta 3.1.3] sen jättäminen on kannattavaa, sillä tuulilasın huurtuminen on mahdollista varsinkin sadekelillä. Säännöissä mainitaankin, että näkyvyys tuulilasın läpi on varmistettava tilanteesta riippumatta.

Puhaltimelta ei kuitenkaan tarvita mitään muuta ominaisuutta kuin tuulilasın pitäminen kirkkaana. Tästä syystä suurin osa puhaltimen säädöistä ja ohjauksesta poistettiin kokonaan. Puhaltimen ilmanavat asetettiin puhaltamaan vain tuulilasille, joten niidenkään säätöä ei enää tarvittu. Toinen syy säätimien poistoon oli tietenkin kilpa-autoille tyypillinen ylimääräisten osien riisuminen, ja koska uusi kytkintaulu rakennettiin keskikonsoliin, olisivat vanhat säätimet jääneet sen taakse piiloon.

Puhaltimen ohjaus oli alun perin toteutettu säätimessä olevilla vastuksilla, jotka rajoittivat puhaltimen virtaa. Puhaltimen puhaltessa täysillä säädin ohitti vastukset [4, s. 360]. Puhaltimelta ei kuitenkaan tarvittu kuin on-of-toiminta, kunhan se puhaltaa täydellä teholla ollessaan käynnissä. Puhaltimen kytkimelle virta kulkee virtakiskon ja sulakkeen kautta jatkaen suoraan puhaltimen moottorille. Puhaltimen sulake mitoitettiin alkuperäisen sulakkeen perusteella [4, s. 359] 30:n ampeerin sulakkeeksi.



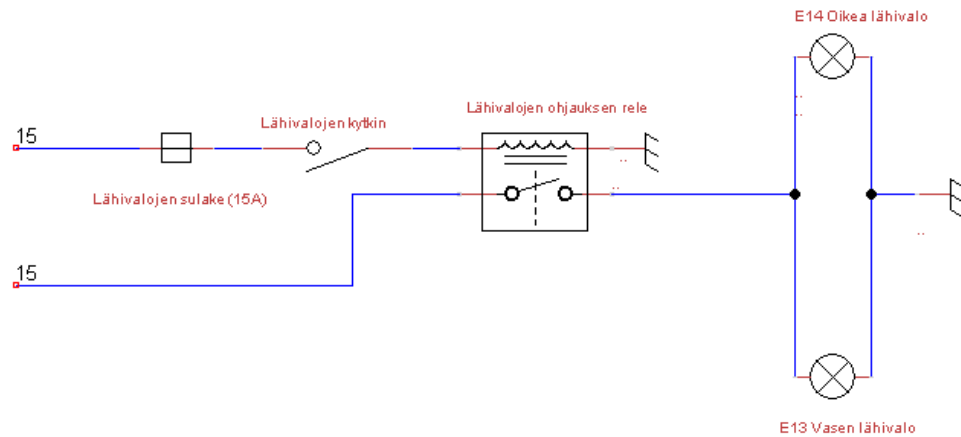
Kuva 5. Puhaltimen moottorin kytkentäkaavio

4.2.7 Ajovalojen kytkin

Ajovalojen kytkin päätettiin myös asentaa kytkintauluun. Kytkentä toteutettiin releen avulla.

Releen ohjaus tulee virtakiskon kautta kytkimelle, jolla relettä ohjataan. Kytkimen jälkeen virta kulkee releen ohjauksen kautta maahan. Ajovalojen virta taas kulkee sulakkeen kautta releen kytkimeltä ajovaloille.

Alkuperäisessä kytkennässä [4, s. 323] ajovaloilla on omat 7,5 ampeerin sulakkeet. Koska uudessa kytkennässä molempien ajovalojen virta kulkee saman sulakkeen kautta, oli sulake mitoitettava isommaksi. Tästä syystä päätettiin käyttää yhtä 15 ampeerin sulaketta ajovalojen virralle. Rele oli helppo sijoittaa piiloon uuden taulun taakse.

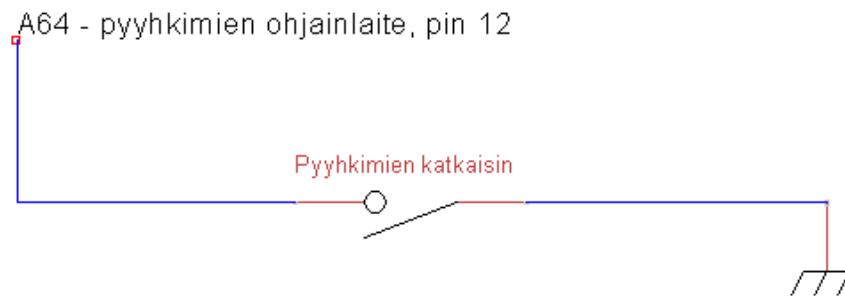


Kuva 6. Ajovalojen ohjauksen kytkentäkaavio

4.2.8 Tuulilasin pyyhkimien kytkin

Tuulilasin pyyhkimien kytkeminen tapahtui muihin kytkentöihin verrattuna eri tavalla, sillä sitä ei kytketty antamaan virtaa pyyhkimien moottorille, vaan sen sijaan kytkintä käytettiin ohjausjännitteen maadoittamiseksi pyyhkimien ohjainlaitteelta. Kyseiseen kytkentätapaan päädyttiin sen yksinkertaisuuden vuoksi ja koska sääntöjen mukaan alkuperäinen pyyhkimien ohjaus on säilytettävä [3, s. 4, kohta 3.8.4]. Pyyhkimien moottorille virtajohdojen vieminen olisi ollut työläämpää kuin ohjausjännitejohdon asennus, sillä pyyhkijöiden ohjainlaite sijaitsi kojelaudan alla, kuljettajanpuoleisen A-pilarin vieressä.

Alkuperäisestä kytkentäkaaviosta [4, s. 299] näkyy pyyhkijöiden vivun kytkentäkaavio ja miten eri vivun asennot vaikuttavat ohjainlaitteen signaaleihin. Kytkentäkaavion lisäksi vipu irrotettiin ja testattiin resistanssimittauksella, miten vivun eri asennoissa vipu kytkee liittimen eri nastat yhteen. Kuten kytkentäkaaviosta näkyy, on vivun asento ”4 nopea”, yhteydessä ohjainlaitteen liittimen nastaan 12. Vipu maadoittaa ohjainlaitteen signaalin, joten kytkin on kytkettävä toimimaan samalla tavalla.



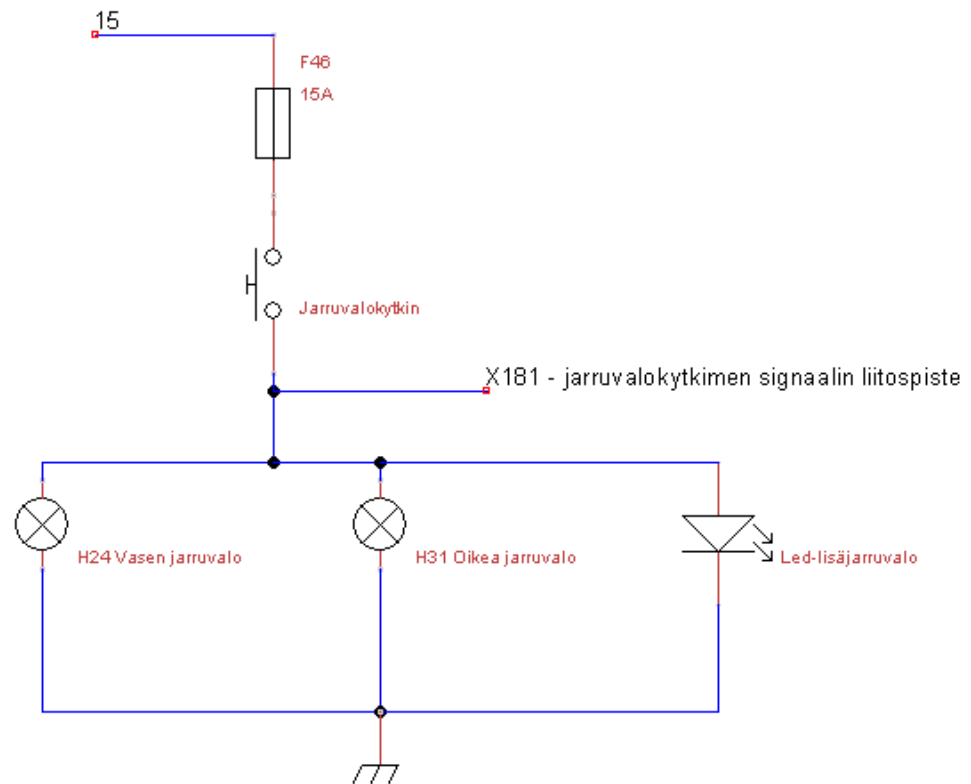
Kuva 7. Pyyhkimien kytkimen kytkentäkaavio

4.2.9 Lisäjarruvalo

Lisäjarruvalo oli kytkennältään yksinkertainen, sillä käytettiin valmista kaupasta ostettua led-lisäjarruvaloa. Lisäjarruvalon kytkentä tapahtui yksinkertaisesti liittämällä se jarruvaloihin. Lisäjarruvalo sijoitettiin takalasin alareunaan.

Vaikka lisäjarruvalo oli suunniteltu asennettavaksi paketin mukana tulleella tiivistelijällä, todettiin sen olevan riittämätön ja lisäjarruvalolle rakennettiin pidike, jotta se pysyisi kiinni takalassissa. Pidike rakennettiin ohuesta rautakiskosta, jota pystyi taivuttamaan sopivan muotoiseksi ja se asennettiin kiinni korin hattuhyllylle.

Lisäjarruvalon sijainti on määrätty BMW Xtreme Cupin -säännöissä [3, s. 3, kohta 3.3.3]. Tämän mukaan lisäjarruvalo on pakollinen ja se on sijoitettava niin, että sen näkee kymmenen metrin päästä yhden metrin korkeudelta. Lisäjarruvalon on oltava myös teholtaan 15 watin polttimo tai kirkkaudeltaan saman tehoinen led-valaisin. Säännöt eivät siis vaikuttaneet suuresti lisäjarruvalon asennukseen, sillä lisäjarruvalolle suunniteltu paikka täytti asennuskriteerit.

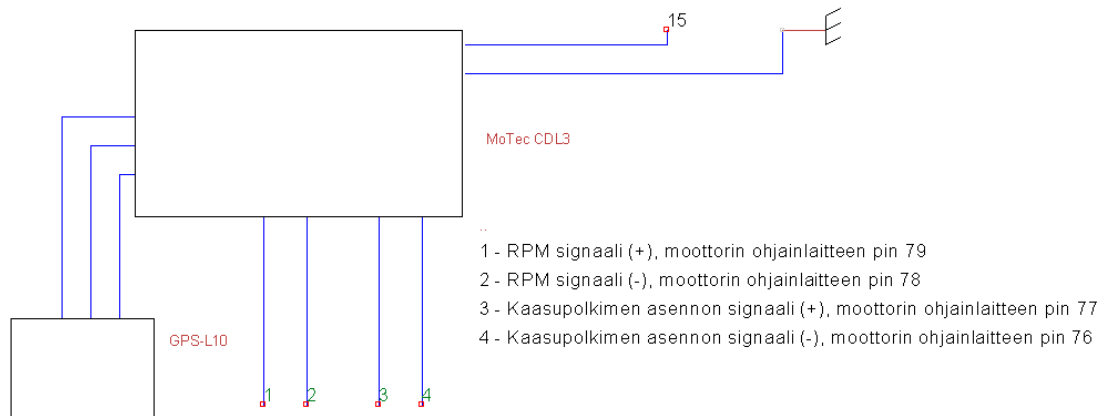


Kuva 8. Lisäjarruvalon kytkentäkaavio

4.2.10 MoTec CDL3

MoTec CDL3 toimii pääasiassa mittariston korvikkeena. CDL3:n näytön voi ohjelmoida haluamallaan tavalla näyttämään kuljettajan tarvitsevat tiedot reaaliajassa ja selkeästi. Tavallisen mittariston lailla CDL3 ohjelmoitiin näyttämään nopeuden ja kierrosluvun, mutta tämän lisäksi näytölle asetettiin näkymään kierrosajat.

CDL3 kytkettiin neljällä johdolla moottorin ohjainlaitteen johtosarjaan. Näillä johdoilla saatiin CDL3:lle signaalit kierrosluvusta ja kaasupolkimen asennosta. Kumpaakin tietoa CDL3 luki kahden johdon avulla. CDL3 kytkettiin rinnan moottorin johtosarjaan, sillä sääntöjen mukaan vain rinnankytkennät olivat sallittuja ja muuten moottorin johtosarja piti säilyttää vakiona [3, s. 4, kohta 3.7.6]. Tämän lisäksi CDL3 tarvitsi tietenkin käyttöjännitteen ja maadoituksen.



Kuva 9. MoTec'in kytkentäkaavio

Erilaisia varoitusvaloja, esimerkiksi öljynpaineen merkkivalon tai polttoaineen kulutuksen, olisi voinut vielä lisätä näkymään näytöllä, mutta nämä toiminnot todettiin olevan ylimääräisiä kilpailun aikana. Osasyynä tähän oli päätös säilyttää alkuperäinen mittaristo toimintakuntoisena, jolloin esimerkiksi mittariston varoitusvalot ja koneen jäähdytysnesteen lämpötilan pystyi lukemaan alkuperäisestä mittaristosta.

Tämän lisäksi MoTec CDL3 pystyy tallentamaan kierrosajat sekä ajolinjat. Käyttämällä MoTecin sovellusta kannettavalla tietokoneella pystytään analysoimaan ajojen jälkeen kuljettajan suoritusta ja kierrosaikojen parantaminen seuraavassa lähdössä on helpompaa. Kyseisten tietojen keruu oli mahdollista MoTecin sisään rakennetun 3-akselisen G-voima-anturin sekä erillisen gps-paikantimen avulla, joka toimi myös nopeusanturina CDL3:n mittaristolle. Tietokoneelle pystyy myös lataamaan radan ilmakuva, jolloin on helppo hahmottaa eri kierrosten ajosuoritukset, kuten esimerkiksi kaarrenopeudet ja jarrutusajat.

Asennettu gps-paikannin on myös MoTec'in valmistama, GPS-L10, ja toimii suoraan CDL3:n kanssa. Itse gps-paikannin asennettiin oikean pyöränkaaren päälle moottoritiilaan ja johdot vedettiin läpiviennillä matkustamon puolelle. Myös asennuksessa käytetty johtosarja kierrosluvun näyttämisen tuli suoraan MoTecilta. Tämä helpotti huomattavasti CDL3:n asennusta, sillä johdot saatiin kytkettyä suoraan liittimen avulla CDL3:seen. Johdojen toiset päät vietiin moottorin ohjainlaitteen johtosarjalle ja kytkettiin niitä vastaavien anturien johdotuksiin. Johtojen kytkennän jäljellä oli vain CDL3:n ohjelmointi, joka pääasiassa tarkoitti sitä, että CLD3:lle kerrottiin mitä informaatiota miltäkin johdolta

tulee. Tämä tapahtui erittäin yksinkertaisesti MoTecin tietokonesovelluksella, joka liitettiin CDL3:seen Ethernet-johdon avulla.

5 Yhteenveto

Vaikka kilpa-auton rakentaminen oli aivan uusi projekti, onnistuttiin siinä hyvin. Kilpa-auton rakentaminen aloitettiin sarjakauden jo alettua, mutta tiimi ehti silti vielä ajamaan loppukesän ja alkusyksyn viimeisiä kisoja. Vaikka tiimi ei kisoja voittanutkaan, onnistuttiin kuitenkin saamaan hyviä kierrosaikoja ja kisoissa pärjättiin odotuksia paremmin. Tekniikaltaan kilpa-auto kesti niin kisat kuin harjoitusajotkin. Kuluvia osia hajosi kilpailujen aikana, mutta se oli odotettavissa ja siihen oli varauduttu varaosilla. Sähköjärjestelmien kannalta kaikki toimi niin kuin pitikin, eikä palanutta sulaketta suurempaa ongelmaa tullut vastaan.

BMW Xtreme Cupin luokkaan kuuluvat dokumentit säännöistä ovat ensisilmäyksellä erittäin laajat, mutta niihin tutustuttua ne ovatkin varsin selkeät ja tiiviit. Suurin syy tähän on varsinkin Autojen tekniset määräykset ja kuljettajien ajovarusteet liite J -dokumentti, sillä se on erittäin kattava ja monisivuinen. Kuitenkin suurin osa dokumentista on erikoissääntöjä muihin kilpaluokkiin ja lopullinen sääntökirja BMW Xtreme Cup Technical Regulations 2017 vastaa lähes kaikista luokan säännöistä, varsinkin sähköjärjestelmien ja kytkentöjen osalta.

Tiimille johtosarjojen kanssa työskenteleminen oli tuttua jo entuudestaan töiden ja harrastusten puolesta, eikä BMW:n kytkentäkaavio osoittautunut vaikeasti ymmärrettäväksi. Eniten pohdintaa tuotti MoTecin mittaristo ja sen toiminta, sillä vaikka itse kytkeminen sujui ilman suurempia ongelmia, jouduttiin perehtymään myös MoTecin käyttöjärjestelmään ja yhteensopiviin päivityksiin ohjelmissa. Kytkentöjen suunnittelu ja toteuttaminen onnistui helposti alkuperäisen kytkentäkaavion perusteella, sillä sen avulla pystyttiin toteuttamaan kytkennät ilman johtojen selvittämistä mittauksilla. Tämä nopeutti sähköjärjestelmien kytkentää ja tarkastamista huomattavasti ja tiimi pysyi aikataulussaan.

Koska kilpa-auton rakentaminen ja kisat sujuivat hyvin, olen rakentamisen jälkeen jäänyt yhdeksi tallin mekaanikkoja. Olen myös jatkanut saman kilpa-auton parissa työskentelyä sekä avustanut tallia niin kisamatkoilla kuin puhelimitse erinäisten sähköongelmien

kanssa. Rakennetulla kilpa-autolla on myös tarkoitus jatkaa kilpa-ajoa seuraavan vuoden kisakaudella.

Lähteet

- 1 FTCC Sarjasäännöt 2017. 2017. Verkkoaineisto. AKK-Motorsport ry. <<http://www.xtremerace.fi/content/fi/1/91/Regulations%20and%20forms.html>> 5.7.2017 Luettu 6.7.2017.
- 2 Autojen tekniset määräykset ja kuljettajien ajovarusteet liite J. 2017. Verkkoaineisto. AKK-Motorsport ry. <<http://www.xtremerace.fi/content/fi/1/91/Regulations%20and%20forms.html>> 5.7.2017 Luettu 7.7.2017.
- 3 BMW Xtreme Cup Technical Regulations 2017. 2017. Verkkoaineisto. Xtreme Race Oy. <<http://www.xtremerace.fi/content/fi/1/91/Regulations%20and%20forms.html>> 5.7.2017 Luettu 8.7.2017.
- 4 1996 BMW 318is/c, 320i, 325i/c, 328i/c M3 (E36) Electrical Troubleshooting Manual. 1996. BMW NA, Woodcliff Lake, NJ. Luettu 5.7.2017.