



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Niklas Ståhlström

Kilpa-auton peräöljyn jäähdytys- järjestelmä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Ajoneuvotekniikka

Insinöörityö

18.6.2019

Tekijä Otsikko	Niklas Ståhlström Kilpa-auton peräöljyn jäähdytysjärjestelmä
Sivumäärä Aika	16 sivua 18.6.2019
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Ajoneuvotekniikka
Ammatillinen pääaine	Autosähkötekniikka
Ohjaajat	Lehtori Vesa Linja-aho
<p>Tämän insinööriyön aiheena oli rakentaa MW Steelin Toyota Celica St205 -testiautoon perän jäähdytysjärjestelmä mikro-ohjainpohjaisella ohjainlaiteella. Työn tavoitteena oli saada peräöljyn lämpötila pysymään optimaalisella alueella, jotta tasauspyörästön lukko toimisi suunnitellulla tavalla. Tavoitteena oli rakentaa kompakti ja luotettava järjestelmä.</p> <p>Työ aloitettiin rakentamalla ohjaus arduinoa käyttäen. Arduinon avulla pystyttiin helposti kehittämään toimiva ohjelma kytkemällä siihen lämpötila-anturi ja muutama rele. Kun ohjaus oli todettu toimivaksi, voitiin valita loput järjestelmään tarvittavat komponentit: pumppu, jäähdytin ja tuulettimet. Yksi tärkein kriteeri komponentteja valitessa oli luotettavuus. Lopuksi suunniteltiin ohjainlaitteen piirilevy, jotta välttyttäisiin käyttämästä Arduinoa, koska se aiheuttaa luotettavuusongelmia.</p> <p>Työn tuloksena syntyi kompakti ohjainlaite ja luotettavan oloinen järjestelmä peräöljyn jäähdyttämiseksi. Lukuisat testikilometrit tulevat näyttämään järjestelmän toimivuuden ääriolosuhteissa.</p>	
Avainsanat	Peräöljy, Arduino, ohjainlaite, kilpa-auto, jäähdytys

Author Title	Niklas Ståhlström Rear Differential Cooling System for a Racecar
Number of Pages Date	16 pages 18 June 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automotive Engineering
Professional Major	Automotive Electronics Engineering
Instructors	Vesa Linja-aho, Senior Lecturer
<p>The objective of this thesis was to build a microcontroller controlled rear differential cooling system for MW Steels Toyota Celica St205 test vehicle. The aim was to get the differential oil to stay in the optimum temperature range so that the differential would work as designed and to build a compact and reliable system.</p> <p>The work was started by building the control system using Arduino. With Arduino it was easy to develop the code with just a temperature sensor and a few relays connected. When the control side was working, the rest of the components for the system could be chosen: the pump, the cooler and the fans. One of the most important criteria when choosing the components was reliability. Finally, the circuit board was designed without Arduino, which would have caused reliability issues.</p> <p>The end result was a compact control unit and a cooling system that seems to be reliable. Countless test kilometers will show how reliable the end product will be in extreme conditions.</p>	
Keywords	Differential, Arduino, racecar, control unit, cooling

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Projektin lähtökohdat	2
2.1	Toyota Celica St205 -testiauto	2
2.2	Peräöljyn jäähdytys	2
2.3	Peräöljyn vaatimukset	4
2.4	Sähköinen ohjausjärjestelmä	5
3	Peräöljyn jäähdytysjärjestelmä	6
3.1	järjestelmä	6
3.2	Pumppu	6
3.3	Jäähdytyskenno	7
3.4	Tuulettimet	8
3.5	Ohjainlaite	8
3.5.1	Virransyöttö	9
3.5.2	Ohjausvirta	9
3.5.3	Ohjelmointi	10
3.5.4	Kotelointi	10
3.5.5	Piirilevy	11
3.6	Takaiskuventtiili	13
3.7	Lämpötila-anturi	13
3.8	Johtosarja	14
4	Yhteenveto	14
	Lähteet	16

1 Johdanto

Opinnäytetyön tavoite on luoda MW Steelin Toyota Celica St205 -testiautoon toimiva ATmega328P-mikro-ohjainpohjainen ohjainlaite peräöljyn jäähdytysjärjestelmälle. Ohjelmointiin käytetään Arduinon omaa Arduino IDE -ohjelmistoa, koska samaa mikro-ohjainta käytetään myös Arduino Unossa. Kyseinen ohjelmisto on hyvin dokumentoitu ja sillä on yksinkertaista toteuttaa mikro-ohjainpohjaisia projekteja.

Tavoitteena on tehdä kompakti ja luotettava ohjainlaite. Kilpa-autoihin kohdistuu usein voimakasta tärinää, iskuja ja korkea lämpötila, ja olosuhteet ovat muutenkin usein huomattavasti normaalia siviiliautoa nähden ankarammat. Myös nopea vianhaku ja korjaaminen ovat erittäin tärkeitä seikkoja kilpa-autoissa. Komponenttien on hyvä olla yleisiä ja helposti saatavilla, jotta mahdolliset korjaukset onnistuvat tien päällä tai moottoriradan varrella.

Kilpa-auton lämmönhallinta on yksi keskeinen asia luotettavuuden ja toimivuuden kannalta. Kilpa-auton suuren vääntömomentin ja suurien rasiusten vuoksi hukkalämmön tuotto on merkittävästi suurempaa kuin siviiliajoneuvoissa. Tästä johtuen lämmönhallinta korostuu huomattavasti.

Siviiliautoissa peräöljyn jäähdyttäminen on toteutettu yleisesti perän kuoren ja takakanen jäähdytysrivoituksella. Kilpa-autoissa peräöljyn voitelujärjestelmää tehostetaan joko mekaanisella tai sähköisellä öljypumpulla, tällöin roiskevoitelusta pystytään siirtymään kunnolliseen painevoiteluun, joka auttaa monesti hankalan pinioniakselin etummaisen kartiorullalaakerin voitelua. Roiskevoitelusta siirryttäessä painevoiteluun jäähdytysjärjestelmän rakentaminen on mahdollista. Paineen nosto nostaa myös lämpötilaa, jota pyritään jäähdyttämään.

2 Projektin lähtökohdat

2.1 Toyota Celica St205 -testiauto

Järjestelmä on tarkoitus käyttöönottaa MW Steelin Toyota Celica St205 -testiautoon (kuva 1). Autossa on tällä hetkellä Toyota Team European aikoinaan kehittämä ja käyttämä kitkalukolla varustettu takatasauspyörästö. Auto on rallivarusteltu, mikä tarkoittaa täydellistä alustan pohjapanssarointia. Auton pohjan ja pohjapanssarin välinen tila sisältää paljon lämmönlähteitä, muun muassa pakoputkiston. Autossa on myös käytössä Anti-lag-järjestelmä, joka aiheuttaa suurta lisälämpöä pakoputkistoon. Jäähdyttimen sekä pumpun asennuspaikat on suunniteltava siten, jotta alhaalta tulevat iskut ja muu rasitus eivät pääse kohdistumaan niihin. Jäähdyttimelle on saatava johdettua mahdollisimman viileää ilmaa ja tilassa vallitseva lämmin ilma on saatava johdettua ulos.



Kuva 1. MW Steelin Toyota Celica St205 -testiauto

2.2 Peräöljyn jäähdytys

Monesti kilpa-autossa peräöljyn jäähtymistä häiritsee ajoneuvon pohjapanssarointi (kuva 2). Riippuen kilpa-autosta vähintään puolet vääntömomentista siirtyy auton perän läpi,

mikä nostaa öljyn lämpötilaa. Peräöljyn korkeat lämpötilat usein johtuvat öljyn vähäisestä määrästä, suurista pyörintänopeudesta sekä hammasrattaiden välisestä suuresta pintapaineesta.



Kuva 2. Ajoneuvon pohjapanssarointi

Kilpa-auton valmistelu kilpasuoritukseen on yleisesti ottaen hyvin huolellista, mikä tarkoittaa sitä, ettei peräöljyn lämpötila useinkaan ole liian matala huolellisen lämmittämisen johdosta. Tämän takia öljypumppua pyöritetään jo hyvinkin matalissa lämpötiloissa. Pumpun pyöriessä järjestelmä nostaa itsessään lämpötilaa paineen nousun johdosta, mikä on hyödyksi ajaessa matalissa lämpötiloissa, sillä saadakseen öljyn optimilämpötilaan voimansiirron häviöt pienenevät. Tämän vuoksi järjestelmä pyörittää pumppua jo 20 asteen lämpötilassa. Tätä kylmemmissä lämpötiloissa jäykän öljyn rasitus voi olla liikaa järjestelmälle. Pumpun ainoa tehtävä ei ole kierrättää öljyä jäähdyttimessä, vaan vähintäänkin yhtä tärkeä seikka on saada painevoitelu perälle.

Nykytekniikalla perän voimansiirto toteutetaan usein hypoidihammastuksella. Tämä hypoidihammastustekniikka luo haasteita peräöljylle ja sen koostumukselle. Öljyn on oltava korkeaviskositeettista kestääkseen hypoidihammastuksesta johtuvat suuret pintapaineet ja liukumet. Joissain kilpa-autojen käyttöön suunnitelluissa perissä käytetään myös kahta hammaspyörä paria (kuva 3). Ensiöveto on toteutettu hypoidihammastuksella,

minkä jälkeen voiman kulkusuunta on saatu käännettyä 90 astetta, jolloin jälkimmäinen hammaspyöräpari voidaan toteuttaa evolventtihammastuksella. Yleisesti ottaen hammasrattaiden rasitus on suurin ongelma luotettavuuden kannalta.



Kuva 3. Ricardon perä hypoidi- ja evolventtihammastuksella

2.3 Peräöljyn vaatimukset

Stabiili lämpötila tuo suuren varmuuden luotettavuuteen, mutta vaikuttaa myös suuresti auton ajettavuuteen, sillä monesti sama öljy vaikuttaa tasauspyörästön kitkalukon kitkakertoimeen. Peräöljyillä pyritään vähentämään kitkalukon kitkakerrointa. Peräöljyn lämpötilan ja kitkakertoimen yhdistelmää pyritään myös hallitsemaan peräöljyn joukkoon liittäväällä kitkamuuntimella. Peräöljyn jäähdyttimen paluulinja pyritään suuntamaan eniten jäähdytystä ja voitelua tarvitseville osa-alueille.

Täyssynteettisen suurviskositeettisen öljyn lisäaineistuksessa käytetään usein sakeuttimia sekä mahdollisesti myös molybdeeniä, jotka itsessään tekevät öljyn pumppaamisesta raskasta ja luovat näin häviöitä kohottaen öljyn lämpötilaa. Hammasrattaiden suu-rista pintapaineista johtuen on kuitenkin välttämätöntä, että öljyn viskositeetti on korkea.

Polyalfaolefiineistä valmistetut öljyt sisältävät yleisesti vähemmän sakeuttimia, joka auttaa vähentämään öljyn leikkaantumista korkeissa lämpötiloissa. Molybdeeni on mikrooppisen pientä ”laakerinkuulaa”, joka suojaa tehokkaasti hammasrattaita kulumiselta. Molybdeenissä on kuitenkin huomioitava seikkoja, kuten kerääntyminen pieniin öljykanaaviin lyhyillä vaihtoväleillä. Suuresta viskositeetistä ja hankalasta pumpattavuudesta kertoo se, että osa kilpakäyttöön suunnitelluista molybdeeniöljyistä luokitellaan laakerirasvoiksi (kuva 4).



Kuva 4. Kilpa-auton Royal Purple -peräöljy

2.4 Sähköinen ohjausjärjestelmä

Arduino on avoimeen laitteistoon perustuva elektroniikka-alusta ja ohjelmointiympäristö. Laitteisto perustuu 8-bittiseen Atmel AVR -mikro-ohjaimen, jonka pinneihin voi kytkeä erilaisia antureita, moottoreita, LED-valoja ja muita komponentteja. Laitteistoa ohjelmoidaan C++:aan perustuvalla Arduino-ohjelmointikielellä. Arduino-projekti käynnistettiin Olivettilla 2005 opiskelijoita varten. Alun perin Arduino-laitteita valmisti italialainen Smart Projects, mutta Arduinon tekninen määrittely on julkinen ja vapaasti käytettävissä, ja sittemmin laitteita ovat valmistaneet muutkin. Sähköisten komponenttien ohjaukseen käytettiin Arduino Unosta tuttua Atmel ATmega 328p-pu -mikro-ohjain pohjaista itse suunniteltua ohjainlaitetta. Mikro-ohjaimet hankittiin valmiiksi Arduinon käynnistyslohkolla varustettuina, jotta ne voitaisiin ohjelmoida helposti Arduinon omalla Arduino IDE -ohjelmalla. (1)

3 Peräöljyn jäähdytysjärjestelmä

3.1 järjestelmä

Peräöljyn jäähdytinjärjestelmä koostuu seuraavista komponenteista:

- pumppu
- jäähdytyskenno
- tuulettimet
- ohjainlaite
- takaiskuventtiili
- lämpötila-anturi
- johtosarja

Pumppu sekä jäähdytin sijaitsevat jäähdytysjärjestelmässä fyysisesti korkeammalla kuin perä. Tämä pitää ottaa huomioon silloin, kun järjestelmän öljylinjoja suunnitellaan, sillä öljyn valuminen järjestelmän komponenteista perään tulisi estää. Jäähdyttimen tyhjentämisen pystyy estämään suuntaamalla jäähdyttimen letkulähdöt ylöspäin. Järjestelmässä käytetään myös lentokoneista tuttuja AN-liittimiä, sillä näiden liittimien ja letkujen sisäpoikkipinta-alat ovat suuret verrattuna liittimien fyysiseen kokoon. Letkulinjat pyritään mitoittamaan mahdollisimman lyhyiksi.

3.2 Pumppu

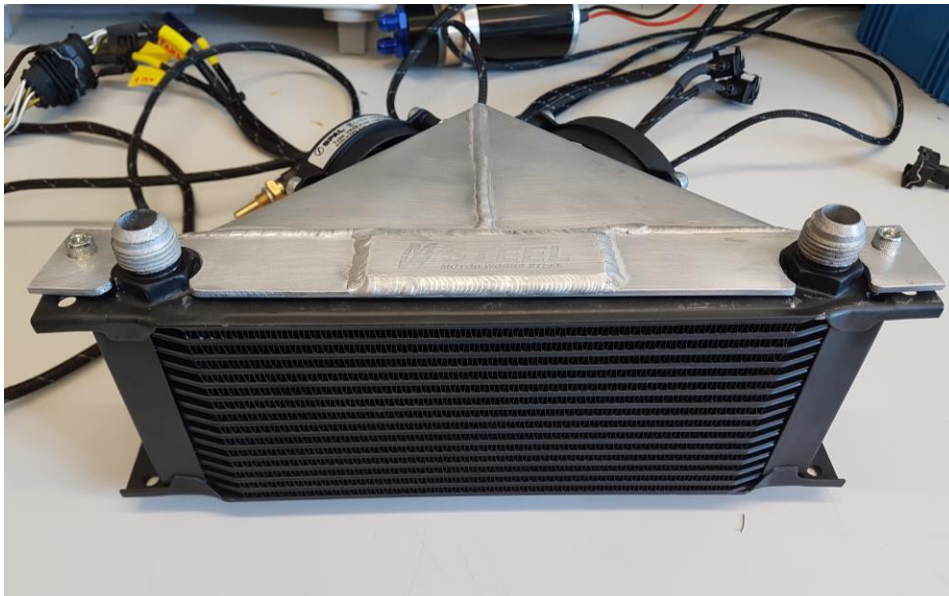
Järjestelmässä käytettävä Weldon-merkinen pumppu tuottaa neljän barin jatkuvan paineen ja kiinteän tilavuusvirran (kuva 6). Pumppu on sähköinen hammasratastyypinen, jonka komponentit ovat lämpökäsiteltyä suurlujuusterästä. Pumppu on suunniteltu lentokonetoleranssien mukaisesti. Pumpun valmistaja ilmoittaa virrantarpeeksi 10 A.



Kuva 6. Weldon-merkinen pumppu

3.3 Jäähdytyskenno

Jäähdyttimenä on Setrabin 13-rivinen 150 mm x 300 mm x 30 mm:n jäähdytinkenko, johon on yhdistetty kaksi kappaletta SPAL-merkkisiä 100 mm halkaisijaltaan olevia tuulettimeja koteloineen (kuva 7). Järjestelmän imupuolen letkut on toteutettu AN10-kokoisilla letkuilla. Öljyn paluu on toteutettu AN8-kokoisella letkulla pinionin etummaiselle kartiorullalaakerille sekä keskelle hammaspyörän ja pinioniakselin kosketuskohtaa. Pumpun imupuolen liitäntä otetaan perän takakannen alaosaan. Jäähdytinkenko koteloidiin alumiinisella kotelolla. Kotelon muoto oli kompromissi tilan ja virtaustekniikan suhteen. Jäähdyttimen läpi imetty kuuma ilma poistetaan tuuletuskanavia pitkin auton alle auton takapuskurin taakse, tuodakseen auton taakse hienoisen täytöksen ja poistaakseen imua.



Kuva 7. Setrabin 13-rivinen 150 mm x 300 mm x 30 mm:n jäähdytinkenko

3.4 Tuulettimet

Tuulettimina käytettiin imevää mallia, ja tuulettimia pyrittiin viemään mahdollisimman etäälle kennosta, jotta ilmanvirtaus kennon läpi olisi mahdollisimman tasainen. Kotelo tiivistettiin kennoon tiiviisti, jotta tuulettimien imemä ilma tulisi sataprosenttisesti kennon läpi, sillä ainoa energia, joka liikuttaa ilmapvirtaa kennon läpi on tuulettimien energia. Tuulettimien yhteenlaskettu virrantarve lähentelee kahtakymmentä ampeeria. Tuulettimet kytketään sekventiaalisesti niin, että jäähdytinkennon kuumen puolen tuuletin käynnistetään aikaisemmin 70 asteessa ja sammutetaan 60 asteessa, hystereesin ollessa noin kymmenen astetta. Jälkimmäinen tuuletin käynnistyy 80 asteessa ja kytkeytyy pois 70 asteessa. Tämä porrastus on tehty virrankulutuksen vuoksi, jotta polttomoottorin hyötysuhde olisi parempi, sekä virran riittävyyden takaamiseksi auton muille sähkökomponenteille.

3.5 Ohjainlaite

Ohjainlaitteen suunnittelu aloitettiin miettimällä, halutaanko sillä ohjata suoraan tuulettimille ja pumpulle meneviä virtoja vai ohjataanko releitä. Auton sisälämpötila nousee kuu-

mina kesäpäivinä yli 60 celsiusasteeseen, joten haluttiin välttää suurien virtojen kulke-
mista tiiviisti koteloidun ohjainlaitteen kautta, ja siksi päädyttiin ohjaamaan ulkoisia releitä.
Ulkoiset releet ovat myös ohjainlaitteen mahdollisissa vikatilanteissa paremmat, koska
ne saadaan kytkettyä helposti päälle-asentoon, laittamalla ohjainlaitteelle menevä maadoitusjohto suoraan auton lähimpään maadoituspisteeseen. Tällöin rele kytkeytyy aina,
kun autossa on virrat päällä.

3.5.1 Virransyöttö

Ohjainlaitteen mikro-ohjain toimii 5 V:n jännitteellä, joten auton noin 12–14,5 V:n jännite
jouduttiin laskemaan sille sopivaksi jänniteregulaattorilla. L7805CV-DG-mallinen jänni-
teregulaattori valittiin, koska sen 1,5 A:n lähtövirta 5 V:n jännitteellä riittää ohjanlaitteelle.
Jänniteregulaattorin tulojännitealue on 7–35 V, joka sopii myös tähän käyttötarkoituk-
seen (2). Auton ohjainlaitteelta tarkastettiin lokitiedoista auton 12 V:n sähköjärjestelmän
jännitealue, ja se oli 10–15,3 V. Jänniteregulaattorin tulopuolelle kytkettiin rinnan 10 µF:n
kondensaattori ja lähtöpuolelle kytkettiin myös yksi 10 µF:n sekä 0,1 µF:n kondensaattori
tasaamaan jännitepiikkejä.

3.5.2 Ohjausvirta

Mikro-ohjaimen antama maksimivirta on noin 20 mA. Releen vastus on yleismittarilla mi-
tattuna 78,5 ohmia, joten sen tarvitsema virta pystytään laskemaan ohmin lailla

$$I = \frac{12 \text{ V}}{78,5 \Omega} = 0,1529 \text{ A.}$$

Koska auton sähköjärjestelmän jännite vaihtelee, niin voidaan todeta, että rele tarvitsee
noin 150 mA kytkemiseen.

Ohjainlaitteella haluttiin ohjata releiden maadoitusta, joten mikro-ohjaimen virtaa päädyt-
tiin vahvistamaan NPN-tyyppisellä transistorilla. 2N2222-transistori valittiin, koska sen
maksimivirrankesto on 800 mA ja kollektorin ja emitterin välinen maksimijännitteenkesto
on 50 V, jotka ovat varsin riittävät tähän tarkoitukseen.

3.5.3 Ohjelmointi

Ohjelmoitaessa käytettiin ensin Arduinoa ja siihen kytkettyä lämpötila-anturia, jotta pystyttiin helposti lukemaan Arduino IDE:n sarjamonitorista lämpötilalukemia ja tarkkailemaan ohjausvirtoja saman aikaisesti. Lämpötilatunnistimen sisääntulosignaalisissa käytetään Steinhart-Hart-yhtälöä laskettaessa lämpötilaa resistanssin avulla:

$$T1 = A + B \ln(R) + C [\ln(R)]^3$$

Pumpun ja tuulettimien ohjaukseen käytettiin if-ehtolauseetta, jolla pumpu sekä tuulettimet kytkeytyvät lämpötilaehdon täytyessä. If-lauseeseen liitetty else-lohko kytkee toimilaitteen pois päältä, mikäli ehdot eivät täyty. Virkistystaajuus määriteltiin yhden sekunnin mittaiseksi, jotta tiedonkeruu ei ruuhkautuisi. Silmukassa ohjelma tarkistaa lämpötila-anturilta lämpötilatiedon ja tekee toiminnan sen tiedon pohjalta. Jokaiselle kolmelle toimilaitteelle määriteltiin omat lämpötila-arvot siten, että laitteisto toimii sekventiaalisesti sekä päällekytkennässä että poiskytkennässä. Näin sähköjärjestelmän rasitus pysyy mahdollisimman pienenä ja perävälityksen voitelu pysyy mahdollisimman tehokkaana. Käytännön testit tulevat näyttämään, joudutaanko lämpötilarajoja muuttamaan. Testit on tarkoitus suorittaa sääolosuhteiden ollessa järjestelmälle mahdollisimman haasteelliset.

3.5.4 Kotelointi

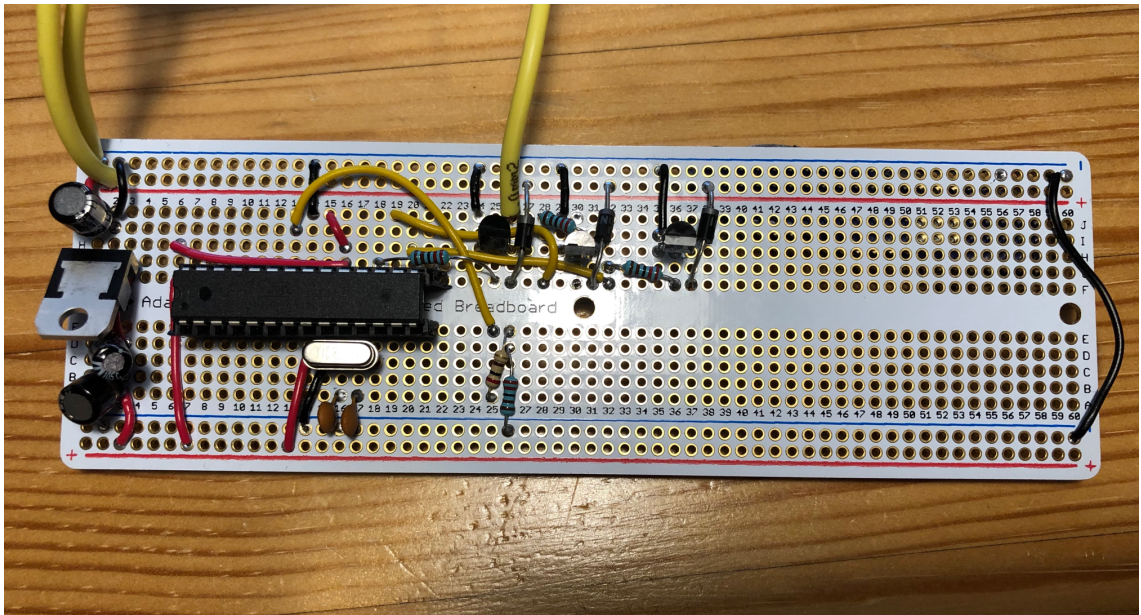
Ohjainlaitteen kotelointi toteutettiin valmistamalla ohjainlaitteelle kompaktiksi mitoitettu kotelo. Kotelo valmistettiin jyrsimällä 7075-alumiinista pohjaosa sekä ruuviliitäntäinen kansi (kuva 7). Kotelon pohjaan komponentit kiinnitettiin kullekin komponentille sopivalla lieriöeristimellä sekä ohjainlaite kiinnitettiin koriin myös isommilla lieriöeristimillä värähtelyvaurioiden estämiseksi.



Kuva 7. Ohjainyksikön kotelonkansi

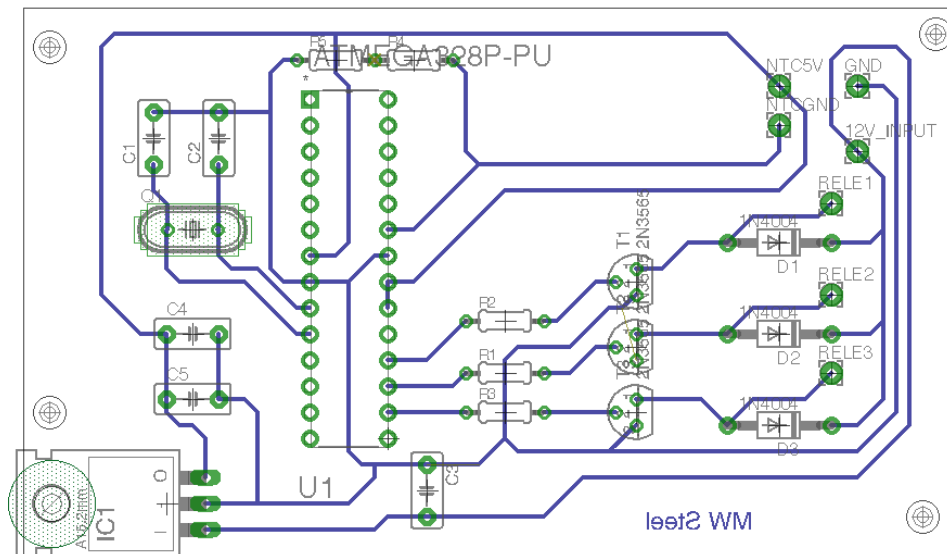
3.5.5 Piirilevy

Ohjainlaitteen kytkentäkaavio hahmoteltiin ensi ruutupaperille lyijykynällä. Tämän jälkeen sekä ohjauksen että virransyötön toiminta tarkastettiin koekytkentälevyllä erikseen. Kun oltiin varmoja, että molemmat piirit toimivat, ne yhdistettiin yhdelle koekytkentälevylle. Tämän jälkeen ohjelmoitiin releiden maadoituspiirit kytkeytymään päälle ja pois yhden sekunnin taajuudella. Lopuksi piiri juotettiin Adafruitin Perma-Proto -koekytkentälevylle (kuva 8), jotta voitiin varmistaa piirilevyn toimivuus autoon asennettuna.



Kuva 8. Ohjainlaite Perma-Proto-koekytentälevyllä

Lopullinen ohjainlaitteen kytkentäkaavio piirrettiin ilmaiseen Eagle-piirilevyjen suunnitteluohjelmaan. Tämän jälkeen siitä luotiin piirilevy kyseisellä ohjelmalla. Kaikkia käytetyistä komponenteista ei löytynyt suoraan ohjelmasta, esimerkiksi ATmega 328pu -mikro-ohjain jouduttiin lisäämään itse ohjelman kirjastoon. Muiden komponenttien osalta pystyttiin käyttämään eri arvoisia komponentteja, jotka kuitenkin olivat samanlaisessa kotelossa. Kotelointi määrittelee, missä kohtaa komponenttien jalat ovat toisiinsa nähden, ja sen avulla ohjelma osaa tehdä oikeaan kohtaa reiät piirilevylle. Piirilevy suunniteltiin siten, että ei tarvittaisi kuin yksi kerros ja pystyttäisiin toteuttamaan piirilevy ilman hyppyjohtoja. Muutamissa kohdissa vedettiin piiri komponentin alta; esimerkiksi vastukset toimivat muutamissa kohdissa myös hyppyjohtona, mutta erillisiltä hyppyjohtoilta välttyttiin. Valmiin piirilevysuunnitelman (kuva 8) voi viedä ohjelmasta muutamalla eri tavalla, jotta yritys, joka piirilevyn valmistaa saa sen varmasti auki ohjelmillaan. Piirilevyn kulmiin piirrettiin reiät, jotta piirilevy saadaan kiinnitettyä tukevasti koteloon, ylimääräisen tärinän välttämiseksi. Kaikki tulot ja lähdöt ovat samalla reunalla, jotta selvittäisiin mahdollisimman lyhyillä johdoilla piirilevyn ja ohjainlaitteen liittimen välillä.



Kuva 8. Valmis piirilevy

3.6 Takaiskuventtiili

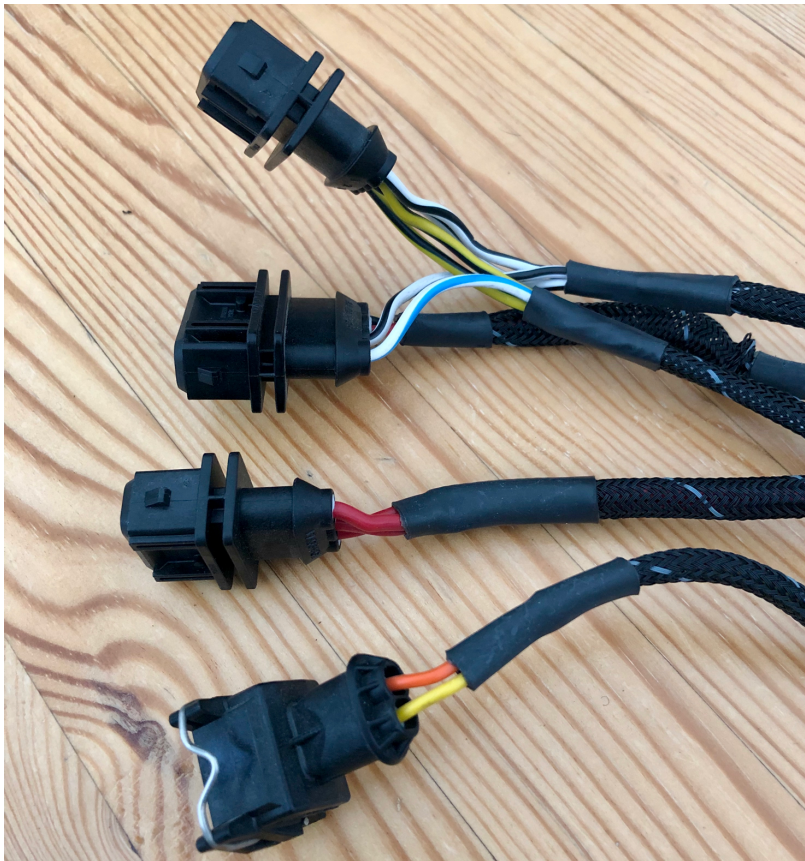
Pumpun ja linjojen tyhjentymisen estetään takaiskuventtiilillä. On kuitenkin huomioitava takaiskuventtiilin mukana tuleva virtausvastus ja tilavuusvirran rajoitus. Käytettäessä takaiskuventtiiliä pumpun imupuolella on takaiskuventtiilin poikkipinta-ala mitoitettava tarpeeksi suureksi, sekä takaiskuventtiili on oltava kalvotyyppinen, jottei pumpun imupuolen vastus kasva, sillä imupuolen vastus vähentää huomattavasti pumpun tuottoa.

3.7 Lämpötila-anturi

Peräöljyn lämpötilaa valvotaan perän öljytilan alaosasta Bosch Motorsportin NTC M12 -lämpötila-anturilla. Kyseinen lämpötila-anturi valittiin, koska se on helppo asentaa testi-auton perään ja valmistaja lupaa sille erinomaista tärinän kesto. Anturi on NTC-tyyppinen, mikä tarkoittaa, että sen vastus pienenee lämpötilan noustessa (4). Lämpötila-anturin signaali käsitellään viemällä signaali mittavastuksen läpi ohjainlaitteelle. Mittavastuksen resistanssi on sama kuin lämpötila-anturin resistanssi 20 celsiusasteessa. Tässä anturissa resistanssi oli Fluke-merkkisellä yleismittarilla mitattuna 2,4 kilo-ohmia.

3.8 Johtosarja

Peräöljyn jäähdytysjärjestelmän johtosarja on toteutettu tunnusomaisia kaapelivärejä käyttäen, ja kullekin toimilaitteelle on omat sulakesuojaukset ja oikeat poikkipinta-alat minimivaatimusten mukaisesti painon säästämiseksi. Johtimet on sukitettu nailonsukkaa käyttäen, toimilaitteiden liitokset on toteutettu Jetronic-liittimillä (kuva 14) ja ohjainlaitteen liitoksessa käytetään kilpa-autojen ohjainlaitteistakin tuttua Deutsch Autosport-liitintä.



Kuva 9. Jetronic-liittimet ja sukitettu johtosarja

4 Yhteenveto

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli saada MW Steelin testiauton peräöljylle toimiva jäähdytysjärjestelmä, jotta sen kitkalukko toimisi myös ääriolosuhteissa oikein ja luotet-

tavasti. Projekti aloitettiin pohtimalla työn tilaajan kanssa erilaisia ratkaisuja, joilla saataisiin jäähdytysjärjestelmä toteutettua. Mietimme miten, sijoittaisimme jäähdyttimen, jotta sen lävitse saataisiin virtaamaan mahdollisimman viileää ilmaa. Päädyimme sijoittamaan jäähdyttimen niin, että puhaltimet puhaltavat ohjaamosta ilmaa jäähdyttimen lävitse auton takapuskurin taakse. Tällöin jäähdytin on suojassa kiviltä ja hiekalta, joita lentää paljon, kun ajetaan rallia.

Toimilaitteiden ohjaustapaa pohtiessa mietimme analogista ratkaisua, mutta päädyimme kuitenkin digitaaliseen mikro-ohjain pohjaiseen ohjainlaitteeseen, koska se on helpompi muuttaa toiseen projektiin sopivaksi. Ohjainlaite on helppo kytkeä ja ohjelmoida esimerkiksi ohjaamaan moottorin jäähdytysjärjestelmän eri komponentteja. Ohjainlaite voisi esimerkiksi ohjata kahta moottorin jäähdyttimen sähköistä puhallinta autossa, jossa on ollut alun perin viskokytkimellä toimiva puhallin. Myös jäähdyttimen ilmanoton virtausta voisi hallita sähköohjatulla läpällä sulkemalla se, kun moottori on kylmä, jotta moottori saadaan nopeammin optimaaliseen käyttölämpötilaan.

Projekti aloitettiin kehittämällä toimiva ohjelma Arduinolla, johon oli kytketty lämpötilanturi ja ledejä. Kun ohjelma saatiin toimimaan halutulla tavalla, aloitettiin pohtimaan, mitä kaikkia komponentteja tarvittaisiin. Kun komponentit oli valittu, pystyttiin tekemään koekytkentälevylle ensimmäiset prototyypit. Kun prototyypit saatiin toimimaan, pystyttiin tekemään Eagle ohjelmalla lopullinen piirilevysuunnittelu.

Jos jatkaisin ohjainlaitteen kehittämistä, optimoisin tilankäytön piirilevyllä ja käyttäisin mahdollisesti pintaliitoskomponentteja. Lisäisin ohjainlaitteeseen myös ohjelmointimahdollisuuden, jotta raja-arvoja voisi muuttaa ilman, että mikro-ohjaimen irrottaa piirilevystä.

Mielestäni projekti onnistui hyvin, päästiin tavoitteisiin ja saatiin luotua melko kompakti ohjainlaite jäähdytysjärjestelmälle. Ohjainlaitteen luotettavuudesta on vaikea sanoa vielä mitään, ennen kuin testikilometrejä on reilusti takana, mutta yksinkertaisen kokonaisuuden myötä luotettavuuden ei pitäisi koitua ongelmaksi.

Lähteet

- 1 Arduino UNO, Products. Verkkodokumentti. Arduino UNO. < <http://www.arduino.org/products/boards/arduino-uno> >. Luettu 3.4.2019.
- 2 L78 Datasheet. Verkkodokumentti. STMicroelectronics.
< <https://www.st.com/resource/en/datasheet/l78.pdf> >. Luettu 30.4.2019.
- 3 2N2222A Datasheet. Verkkodokumentti. ON Semiconductor
< <http://web.mit.edu/6.101/www/reference/2N2222A.pdf> >. Luettu 8.12.2018.
- 4 Bosch Motorsport NTC M12. Verkkodokumentti. Bosch Engineering GmbH
< <https://www.bosch-motorsport.com/content/downloads/Raceparts/en-GB/53687307119081483.html#/Tabs=53698955/> >. Luettu 10.2.2019.