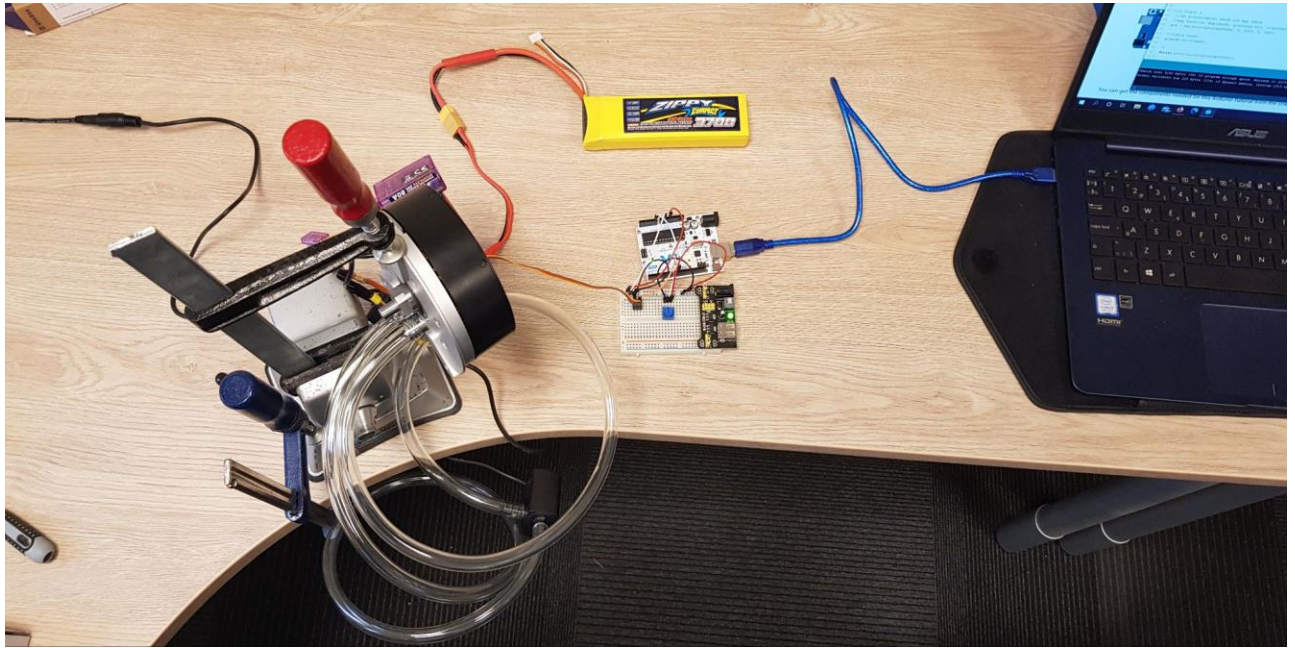


Utveckling av vätskebaserade kylsystem till DC-motorer - En förstudie



Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Elektroingenjör

Seyar Samim och Velizar Fritzson

EENX20, 2022

Chalmers Tekniska Högskola

Förord

Denna rapport beskriver genomförandet av ett examensarbete om 15 högskolepoäng. Examensarbetet utfördes vid Kvaser AB under våren 2022 och är det avslutande momentet i Velizar Fritzson och Seyar Samims elektroingenjör examen vid Chalmers Tekniska Högskola. Vi vill tacka Kvaser AB och Lars-Berno Fredriksson som gav oss möjlighet för utförande av detta arbete. Vi vill även tacka vår handledare Bertil Thomas vid institutionen för elektroteknik, Chalmers tekniska högskola för goda kommentarer och synpunkter under arbetes gång och färdigställandet av denna examensrapport.

Velizar Fritzson & Seyar Samim, Göteborg, juli 2022

Sammanfattning

Dagens likströmsmotorer använder luftkylning som primär kylningstyp i de flesta applikationer. För att öka effektivitet och uppnå högre vridmoment på en motor krävs en annan typ av kylning.

För att utveckla ett mer effektivt kylsystem inom en elmotor har företaget Kvaser AB tagit fram en DC motor som har inbyggda ledningar och ger möjligheten att pumpa vätska genom motorn för kylning. Vätskekylning kan visa sig vara bättre än luftkylning och även andra kylningsmetoder, men mer testning behövs göras för att avgöra om detta stämmer.

Kvaser har ett DevKit som består av en modellbil i skala 1/5. Denna bil kan användas för att testa den vätskekylda motorn som kan monteras i hjulfälgen. Syftet med detta projekt är att förundersöka möjligheten av vätskekylning och sätta ihop en testtrigg för att kunna utveckla vätskesystemet och kunna utföra den nödvändiga testningen. Rapporten kan användas som en guide för att sätta ihop testtrigg för vidareutveckling.

Arbetet utfördes mestadels i Kvasers laborations avdelning med hjälp av Lars-Berno Fredriksson och Kvaser AB. Uppgiften bestod av att hitta delar för testning och bygga ihop en testtrigg. Kvaser använder vanligtvis CAN system för motorstyrning genom en radiostyrd sändare men istället för detta så användes en Arduino Uno mikrokontroller, som programmerades med C, för att skicka PWM-signaler till motorn.

Resultatet blev en testtrigg som har möjligheten att styra motorn och justera varvtalet med hjälp av en ESC och Arduino, samt en pump inkopplad till motorn för att testa kylsystemet. Nästa steg i utvecklingen blir att använda temperaturgivare för att kunna undersöka värmeutvecklingen i motorn.

Abstract

Today's DC motors use air cooling as the primary cooling type in most applications. To increase efficiency and achieve higher torque on an engine, a different type of cooling is required.

In order to develop a more efficient cooling system within an electric motor, the company Kvaser AB has developed a DC motor that has built-in wiring and provides the possibility of pumping liquid through the motor for cooling. Liquid cooling may prove to be better than air cooling and even other cooling methods, but more testing is needed to determine if this is true.

Kvaser has a DevKit that consists of a 1/5 scale model car. This car can be used to test the liquid-cooled engine that can be mounted in the wheels. The purpose of this project is to pre-investigate the possibility of liquid cooling and put together a test to be able to develop the liquid system and be able to perform the necessary testing. The report can be used as a guide to put together tests for further development.

The work was mostly carried out in Kvaser's laboratory department with the help of Lars-Berno Fredriksson and Kvaser AB. The task consisted of finding parts for testing and building a test rig. Kvaser generally uses CAN system for motor control by radio controlled transmitter but instead of this an Arduino Uno microcontroller, programmed with C, was used to send PWM signals to the motor.

The result was a test rig that has the ability to control the motor and adjust the speed using an ESC and Arduino, as well as a pump connected to the motor to test the cooling system. The next step in the development will be to use temperature sensors to be able to examine the heat development in the engine.

Innehållsförteckning

Förord	
Sammanfattning	
Abstract	
Ordlista	
1. INLEDNING	1
1.1 Bakgrund:	1
1.2 Problembeskrivning och frågeställningar:	1
1.3 Mål:	1
1.4 Placering och resurser:	2
1.5 Avgränsningar	2
2. TEORI	3
2.1 Kylning av elektriska motorer	3
2.2 Befintliga system	4
2.3 Komponentbeskrivning	5
3. METOD	12
3.1 Utförande	12
3.3 Material	16
4. Slutsats och diskussion	17
Testtrigg	17
Mätningar	17
Referenser	19
Bilagor	20
	22

Ordlista

A- Ampere

AC- Alternating Current

Ah- Ampere Hour

Arduino IDE - Arduino Integrated Development Environment

C- Kapacitans

CAN- Controller Area Network

DC-motor - Direct Current motor

I/O pinnar - In/out pinnar

L/h- Liter per hour

mAh-Milliampere/hour

MHz- Megahertz

mm- Millimeter

Nm- Newton meter

PWM - Pulse Width Modulation

RPM - Rate Per Minute

S- Serie

USB - Universal Serial Bus

V- Volt

W- Watt

1. INLEDNING

1.1 Bakgrund:

Likströmsmotorn har blivit en stor del av vårt samhälle och används bland annat i bilindustrin, tillverkningsindustrin och teknikbranschen. Det finns många fördelar med likströmsmotorn så som att den har en enkel uppbyggnad, kontrollerbar hastighet, högt vridmoment och mera.

Men så som alla motorer så är värme en stor faktor när det gäller motorns prestanda. Elmotorer utvecklar värme vilken orsakar förluster i effekt och vridmoment, speciellt vid låga varvtal. Detta gör att rätt dimensionering av motorn är viktigt att ta hänsyn till i olika applikationer.

Vårt arbete kommer att utföras tillsammans med företaget Kvaser som är specialister inom CAN (Controller Area Network) eller även kallat CAN-buss. Kvasers DevKit består av en modellbil i skala 1/5 utrustad med ett distribuerat styrsystem som kommunicerar med CAN protokollet. Till denna bil har Kvaser en borstlös DC-motor som är utrustad för vätskekyllning och kan monteras in i hjulfälgen. Vårt projekt är ett delmoment av ett större projekt - att undersöka och utveckla ett effektivt kylsystem för likströmsmotorn med hjälp av vätskekyllning. Detta kan leda till mindre förluster och bättre prestanda inom applikationer där högt vridmoment behövs.

1.2 Problembeskrivning och frågeställningar:

Syftet med examensarbetet blir att starta i gång utvecklingen av en vätskekyld likströmsmotor för att eventuellt kunna använda det i Kvasers prototypbil.

- Vilka komponenter och verktyg behövs för att skapa en testtrigg för vår motor? Vad behövs för att styra hastighet och skicka signaler till motorn?
- Hur kan man avläsa sensorer som eventuellt sitter i motorn som till exempel temperatur eller halleffekt sensorer?
- Vad kan man göra för att fortsätta utvecklingen för kylsystemet?

1.3 Mål:

Målet är att ta reda på viktiga projektparametrar såsom hur mycket värme behöver kylas bort, hur man kan reglera kylsystemet, hur stor effektmotorn drar när den har vätskekyllning och vad det behövs för komponenter inom kylsystemet. Detta kan man göra genom att använda Kvasers DC navmotor, som är speciellt gjord för att kunna kylas med vätska och mäta värmeutveckling, vridmoment, slitage och annat med hjälp av sensorer och mätinstrument. För att göra detta krävs en testtrigg som kan användas för att testa och mäta motorns parametrar. Man ska kunna reglera hastigheten på motorn och kunna koppla på sensorer för mätning. Man ska också använda detta för att utveckla det mekaniska kylsystemet vidare. Kylsystemet består av en pump och vätska som flyter ständigt genom motorn för att kyla ned komponenterna och motorns delar, där det kan utvecklas mest värme.

1.4 Placering och resurser:

Projektet kommer att utföras i företaget Kvasers egen arbetsplats. Vi kommer att ha tillgång till arbetsplatsen som har ett utrustat labb med komponenter och testutrustning som är nödvändiga för projektet.

1.5 Avgränsningar

Flera avgränsningar behövdes göras för att kunna slutföra målet av detta projekt. Detta på grund av att mer fördjupning krävs.

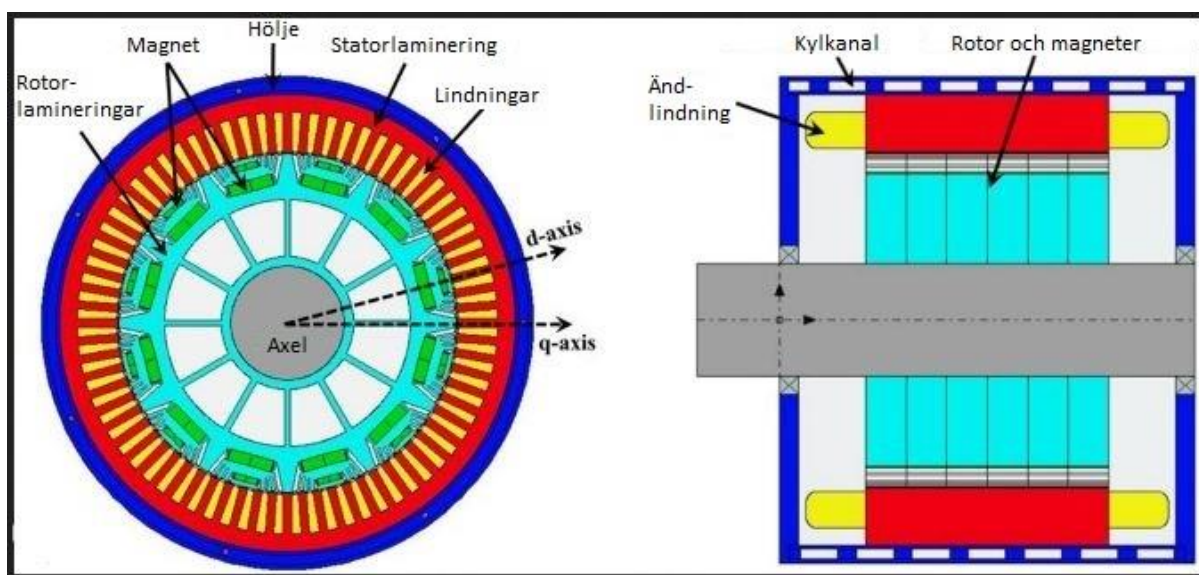
- På grund av gällande omständigheter när det kommer till verktyg och tid så kunde ej mätningar av temperatur eller sensorer slutföras.
- Den vätskekylda motorn kommer inte kunna monteras och testas i själva bilen på grund av tidsbrist.
- Motorn behöver en ram till yttre hölje som gör att extra åtgärder behövs för att skapa testtrigg.

2. TEORI

I detta avsnitt kommer en genomgång av liknande, befintliga system och samt förklaringar och granskningar av teorin bakom att utveckla ett nytt system för motorkylning.

2.1 Kylning av elektriska motorer

Alla roterande elektriska maskiner genererar värme som ett resultat av elektriska och mekaniska förluster inuti maskinen. Dessa förluster är höga under start eller dynamisk bromsning. Förluster i en elektrisk motor uppstår när elektrisk energi omvandlas till mekanisk energi. Detta är ett resultat av elektriskt motstånd i ledningar och komponenter, mekaniskt motstånd i roterande delar och luftmotstånd i roterande delar. Värmeenergin som genereras av förlusterna måste avledas från motorn för att förhindra överhettning och skada på motorn. På grund av detta måste man införa en eller flera kylmetoder både på insidan och utsidan.



Figur 1: Illustration av navmotor med inbyggda kylkanaler som avleder värme

Generella principen går ut på att cirkulera kylmedlet i motorn genom stator och rotor för att omdirigera värmen till den utvändiga miljön eller till motorns yttre skal. Värme som produceras av friktionen kan då snabbt omplaceras och på så sätt minskar man de mekaniska effekterna på motorns vridgrad och generella effektivitet[1]. En standard elektrisk motor har upp till 90% effektivitet och återstående 10% omvandlas till förluster i form av värme [2]. Ökningar i temperatur kan leda till många negativa effekter som kan påverka prestanda. Dessa kan till exempel vara ökning av resistans i kopparledare och kopparkärna, försämring av ledarskapsförmågor, förändring av permanentmagnetens remanens och inneboende koercivitet [3].

2.2 Befintliga system

Luftkylning

Luftkylning är en kylningsteknik som används för att avleda värme från en elektrisk motor. Luftkylning är en av de mest använda teknikerna för kylning av elektriska motorer och använder luftflöden för att avleda värme från motorn. Detta görs vanligtvis genom roterande fläktar av dubbelriktad typ som är gjorda av ett starkt material som aluminium eller stål och monteras internt i motorn. Luftflödet passerar de varmaste delarna och komponenterna i motorn såsom koppar lindningarna där det bildas mest värme på grund av energiförluster. Desto snabbare luften passerar desto bättre blir värmedistribueringen och därför används även motorns rotation för att producera luftflöde. Luftgapet mellan rotorn och statorn är också viktig för kylning. Om luftgapet är ytterst litet så kan inte luften passera lätt igenom komponenterna och höljet så därför försöker man hålla avståndet. Nackdelen med detta är till exempel att det kan öka motorns dimensioner som inte är fördelaktigt [3].

Vätskekylning

Vätskekylning som är även kallad vattenkylning eller oljekylning, beroende på kylmedium, är en kylningsteknik där man med hjälp av vätska kylv ner ett system till en lägre temperatur [4]. Generellt sett så ger vätskor en bättre värmeöverföringskoefficient än luft och det är därför det kan vara värt att använda i elektriska system.

Det finns olika typer av vätskekylningssystem och de är olika inom olika områden. De system som används mest inom elektronikmiljö där elektriska komponenter behöver kylning är konduktiv och immersiv vätskekylning. Inom konduktiv vätskekylning används bland annat kylflänsar som är kopplade till kylrör som innehåller cirkulerande kylmedel. Dessa kylflänsar monteras tätt bredvid komponenterna och på så sätt fördelas värmen från komponenten till kylflänsen och sedan genom kylrören.

Immersiv kylning är något som brukas användas inom specialbyggda miljöer där man nedsänker komponenterna direkt i kylmedel. Inom dessa system används icke-konduktiva kylmedel såsom glykol, olja eller avjoniserat vatten [5].

Vätskekylning kan vara bra i olika typer av system. Det är bland annat användbart i system med stora värmeöverförande ytor, till exempel centralprocessor, grafikkort, databaser eller servrar. Vid vätskekylning så kan värmeöverföringen ökas utan att det blir flödesproblem i systemet. Detta är en av fördelarna med vätskekylning [5].

2.3 Komponentbeskrivning

Här beskrivs hårdvaran som använts för projektet och varför dessa delar behövs

Pump

En pump är en mekanisk eller elektrisk enhet som används för att flytta vätskor från ett ställe till ett annat. Pumpar används ofta för att flytta vätskor genom rörledningar eller andra system. Pumpar används också för att cirkulera vätskan genom komponenter som behöver kylas. Pumpen vi har använt är en 240 L/h pump som drivs på 5-12V DC. Den har en effekt på 4,2W vid 12V och kan cirkulera 240 liter per timme. Den har en storlek på 51x34x43 mm, väger 80 gram och kan användas nedsänkt i vätska. Anledningen till att vi har använt denna är att den är kompakt och kan drivas med ett batteri. Storleken och vikten är viktig då motorn kommer att eventuellt monteras på en radiostyrd bil och man måste ha en pump till varje motor. Hur mycket vätska den kan cirkulera per timme är också viktigt då för lite omlopp kan leda till mindre kylning och för hög kan ge avtagande avkastning och för högt krav på batteriet.



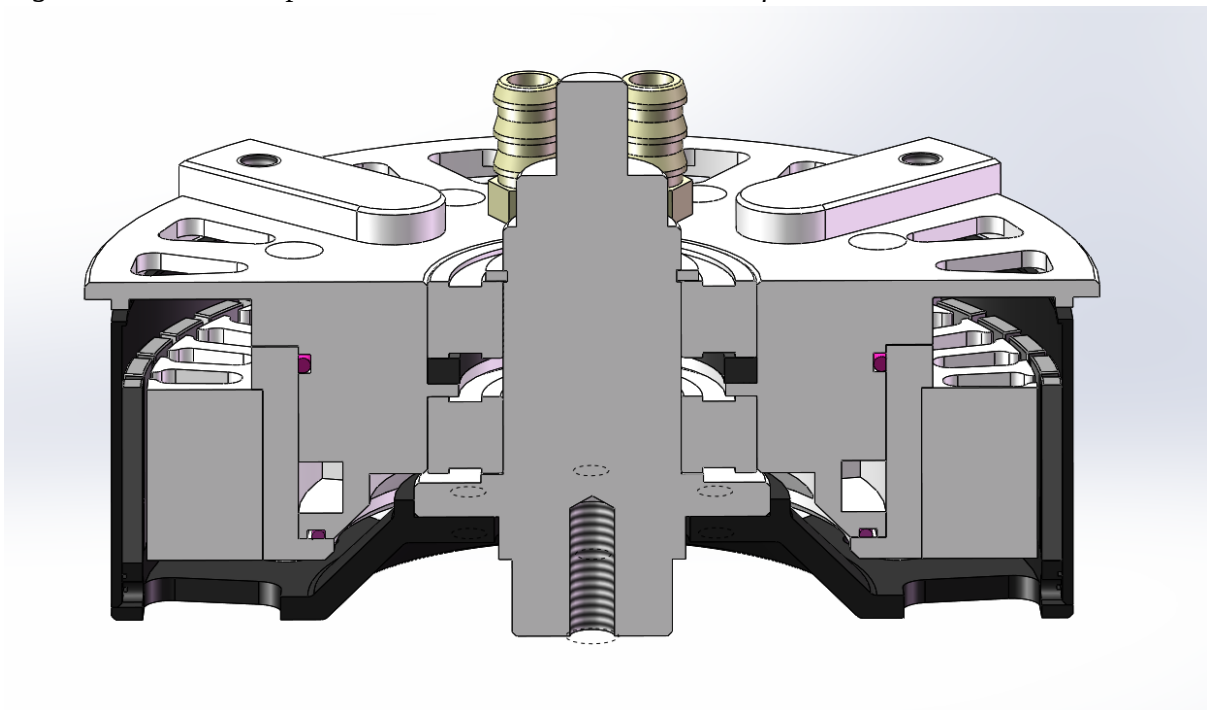
Figur 2: Bild på vätskepump som har använts vid testning

DC navmotor

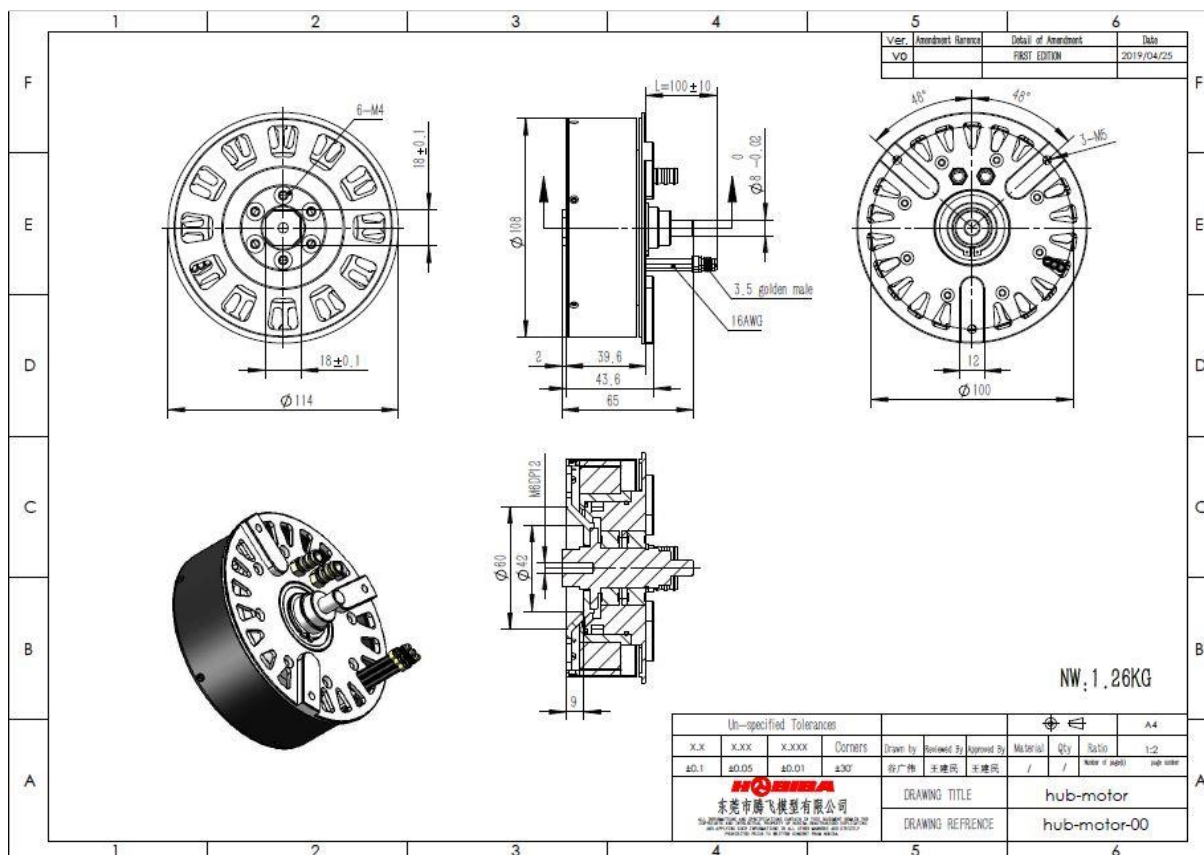
Motorn som vi fick tilldelade oss av Kvaser är en DC navmotor som heter “D-108”. Detta är en prototyp som tillverkats av Kvaser och har möjligheten att kylas med vätska. Den kan drivas med en spänning på 25V och 18A. Den har en maximal effekt på 210 W och når 600 RPM. Den har ett maximalt vridmoment på 7,5Nm och en verkningsgrad på 91% enligt specifikationer som finns i Bilaga 2. Motorn har 3 fas sladdar som kopplas till ESC, 2 rörledningar som kopplas till pump och en sensorsladd med 6 pinnar som kan kopplas till ESC. Dessa pinnar är kopplingar för hallsensorerna och även en pinne för temperatursensorn.



Figur 3: CAD modell på baksidan av DC navmotor som vi fick tilldelade oss av Kvaser



Figur 4: CAD modell på insidan av DC motor



Figur 5: CAD ritning på navmotor som har använts vid testning

LiPO-batteri

LiPO-batteri står för lithium-polymer batteri och är idag en av de mest vanligaste laddningsbara batterierna i marknaden. LiPO-batteri har många bra cyklingsegenskaper. Ett LiPO-batteri har tre egenskaper som avgör hur bra batteriet är, dessa är urladdningen, kapaciteten och spänningen per cell [6].

En LiPO cell har en nominell spänning som är 3,7V. Nominell spänning innebär att det är spänningen i vila, dvs den automatiska spänningen när batteriet används om den ej justeras. Ett LiPO batteri kan minimalt ha en säker spänning vid 3,0V/cell och en maximal säker spänning 4,2V/cell. 3,7V är ungefär medelvärde av den lägsta och högsta spänningen dvs 3,0V och 4,2V och därför blir 3,7V nominell spänning. I bilden nedan med 11,1 V så är det tre celler i serie dvs 3S 11,1V. Om det var ett två celligt batteri så hade det i stället varit 2S 7,4V [6].

Kapaciteten talar om hur mycket kraft batteriet kan hålla innan det måste laddas om. Enheten som den mäts i är milliampere hour (mAh), dock så pratar man oftast i amperetimmar, när det kommer till motorn. 1000mAh=1Ah. Dock när man pratar om hur laddat ett batteri är så pratar man om det i Volt. Anledningen till detta är att det är nästan omöjligt att mäta hur

mycket kapaciteten i batteriet är exakt, men det går att mäta någorlunda noggrant hur mycket energi som kommer in i batteriet [6].

Urladdningen mäts i C, där C är urladdningskapaciteten. Detta innebär att för att kunna beräkna urladdningen, så man först tar reda på kapaciteten. Till exempel om ett batteri har 40C som urladdning och 4000mAh=4Ah som kapacitet, kan man beräkna hur mycket ström den klarar av. $40C = 40 * \text{kapacitet i Ampere} = 40 * 4 = 160 \text{ A}$. Detta innebär i detta ex att batteriet klarar kontinuerlig ström på 160 A. Högre än detta medför i bästa fall att batteriet blir sämre än i normal takt. Dom flesta batterier idag har två sätt urladdningen fungerar på. Kontinuerlig och burst rating. Burst rating fungerar på samma sätt som kontinuerlig, förutom bara i 10 sekunder och inte kontinuerligt. Burst ratingen brukar dock vara högre än den kontinuerliga. Batterier jämförs oftast kontinuerligt och ej burst [6].

En fördel med LiPO-batteri är att tack vare deras lätta vikt så kan den nästan göras i vilken storlek som helst. En annan är att eftersom de har en hög kapacitet, så kan de förvara mycket energi. En nackdel är att de är känsliga och kan orsaka fara som en brand om den punkteras. En annan är att dom behöver hanteras varsamt när det kommer till laddning, urladdning och förvarning [6].



Figur 6: Bild på 3 cells LiPo-batteri som har använts vid testning för att driva ESC och motor

ESC

ESC står för electronic speed control och är en enhet som används för att förändra hastigheten och riktningen på en elektrisk motor. Det finns två typer av ESC, borstade och borstlösa. ESC finns för det mesta i radiostyrda enheter där den används för det mesta för borstlösa trefasmotorer. En ESC kopplas in i mottagare kontrollpanel där den kontrolleras med hjälp av PWM signaler [7].

En borstlös ESC fungerar i princip nästan likadant som en borstad ESC där samma tjocka röda sladd och tjocka svarta sladd används för att koppla till batteriet och samma tre-

kopplade kabel som kopplas till mottagaren. Den har däremot tre extra nya tjocka sladdar som används för att koppla till motorn som är blå, gul och orange och ytterligare en enhet som är kopplad till två små röda och svarta kopplingar. Enheten som skall kopplas till dom små kopplingar är en kondensator och den användes till batteriet som högpasfilter som filtrerar höga frekvenser. Detta är till för att ESC:n skall ej skadas.

På grund av att det saknas en mottagare och en sändare så används Arduinon istället för att skicka PWM signalerna till ESC:n. En potentiometer används för att reglera varvtalet.



Figur 7: Bild på ESC som har använts för att driva navmotor

Sensor

En sensor eller en givare är en enhet som används för att detektera förändringar i omgivningen. Sensorn omvandlar sedan förändringen i miljön till en mänsklig display som går att avläsa. En sensor som är vanlig i vardagen är en termometer vilket är en temperatursensor [8].

a. Temperaturgivare

Temperaturgivare mäter hur aktivt atomer är i ett föremål. Det finns flera olika typer av temperaturgivare, men de två mest vanliga typerna av temperaturgivare är traditionella sensorer och silikonbaseradesensorer, dock så finns det flera och andra mer effektiva motståndstermometrar som till exempel Pt-100 och Pt-1000. De traditionella sensorerna består oftast av termoelement. Ett termoelement är tillverkat av två metaller som är svetsade tillsammans. Den andra typen av sensor det vill säga silkontemperatursensorer är integrerade kretsar. En fördel som moderna sensorer har över traditionella är att äldre ej kräver ofta kompensation eller buffert för att kunna fungera. Elektricitet skickas genom kisel och detta resulterar i att det blir en interaktion mellan el och partiklar, vilket i sin tur ger upphov till en spänning med vilken temperatur kan bestämmas. Detta leder till att intervallområdet för temperatur är bredare än en traditionell sensor som kräver buffert för att fungera, intervallområdet sträcker sig från -55 till 155 grader Celsius. Eftersom temperaturgivare

detekterar värme som föremål emitterar så är det en stor fördel att använda dessa sensorer i mörka miljöer, då det behövs ej ljus.[8]

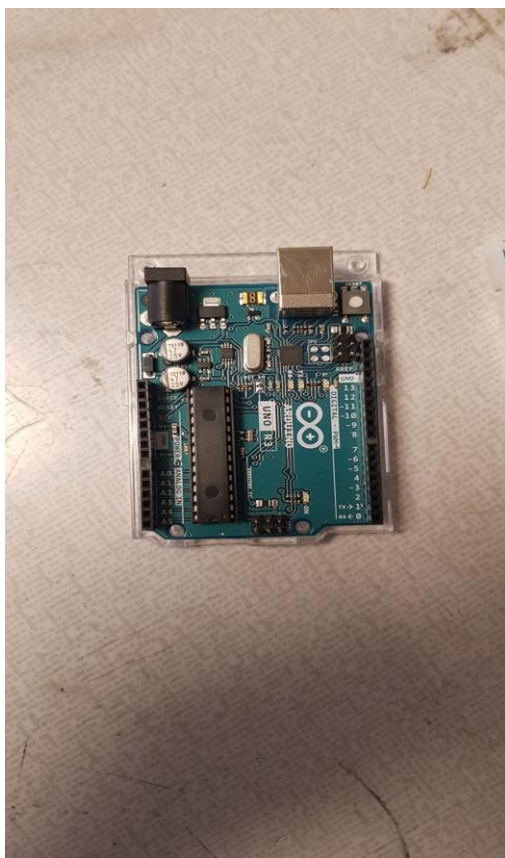
b. Strömsensor

En strömsensor omvandlar ström till en mätbar utspänning som är proportionell mot strömmen genom den vägen som den tar. Strömsensorer finns idag i ett brett utbud av olika typer. En av dom mest vanligaste strömsensorerna är en så kallad ström-till-spänningsomvandlare, där strömmen omvandlas till spänning på ett linjärt sätt, genom att en resistans sätts på den vägströmmen tar. Strömsensorer baseras på antingen en öppen slinga eller en sluten slinga halleffektteknologi. En sensor som använder sig av en sluten slinga har en spole som aktivt drivs för att alstra ett magnetfält som motverkar orsaken till fältets uppkomst, vilket produceras av strömmen som avkänns. Halleffektsensor eller även DC strömsensor har möjligheten att mäta både AC och DC ström. Hall effekt sensorer består av en kärna, halleffektenhet, signalbehandling krets. Detta baseras på fenomenet halleffekt [9].

I en sensor som använder sig av en öppen slinga fokuseras däremot det magnetiska flödet som alstras av primärströmmen i en magnetisk krets och mäts med hjälp av en hallanordning. Utsignalen som kommer från hallanordningen och är anpassad för att exakt ge en uppfattning av primärströmmen [9].

Arduino

Mikrokontrollerkortet vi har använt heter Arduino Uno. Den har en processor som heter ATmega328P som har en klockfrekvens på 16MHz. Kretskortet drivs med 5V och har 14 Digital I/O pinnar som kan användas för in och utgångar varav 6 kan användas för att skicka PWM signaler. Arduinon kan antingen drivas med USB-sladd eller extern adapter. För att programmera Arduinon finns en USB Typ A/B port som kan kopplas till en dator. Arduino använder **Arduino IDE** för att programmera mikrokontroller. Språket är väldigt likt C och är enkel att förstå. Detta är bland annat varför vi har valt att använda en Arduino. Enkelheten att programmera mikrokontroller med ett knapptryck och den enkla IDE-miljön gör den perfekt för vårt projekt. Dessutom så kan Arduinon skicka PWM signaler genom I/O pinnarna som gör det möjligt för oss att kontrollera ESCn och styra hastigheten på motorn med till exempel en potentiometer. Vi kan också styra pumpen på samma sätt. Man kan också koppla sensorerna i motorn till kontrollkortet för fler utvecklings och mätningmöjligheter.



Figur 8: Bild på Arduino Uno som har skickat PWM signaler till ESC och även använts för att läsa av potentiometer värden

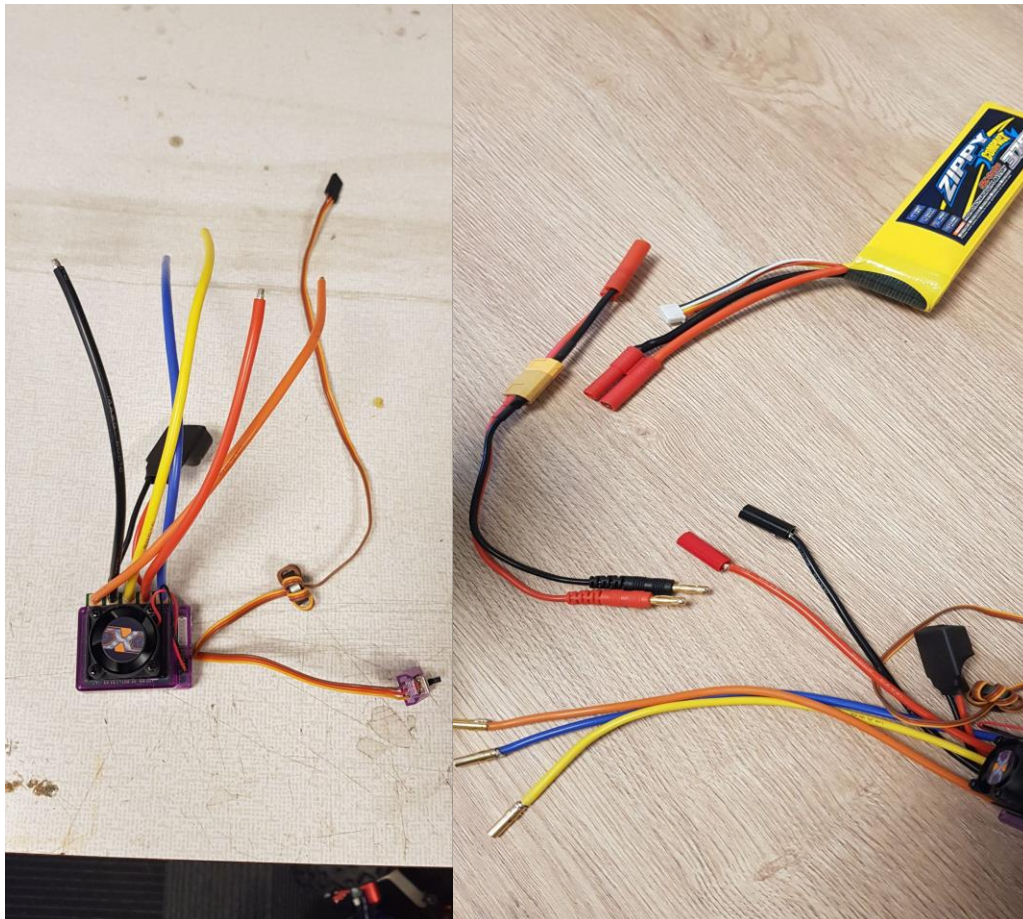
3. METOD

3.1 Utförande

I detta kapitel beskrivs hur de olika delarna av projektet genomfördes.

Koppling av ESC till DC motor och batteri

Första steget var att koppla på ESCn till DC motorn och ett LiPO batteri till ESC kontakterna. För att kunna koppla på ESCn till motorn behövdes en 2 mm banankontakt av typ hona lödats på som matchar motorns ”han” kontakter. Till att börja med användes ett bordsskruvstycke med en krokodilklämma som höll en ESC fassladd i taget på plats. Lödkolv på 400 grader användes för att löda fast ”hon” kontakter till de tre fas sladdarna. Därefter skruvades 4mm banankontakter med en skruvmejsel till in och ut sladdarna till ESC. Batteriet hade redan en kontakt av typen B5 som kopplades på en adapter av typ B5 till XT60. På ESC sidan kopplades en banankontakt till XT60 ledning som passar till batteriet. Figur 7 visar sladdarna som leder från ESCn utan några trådändar och figur 8 visar inlagda trådändar.

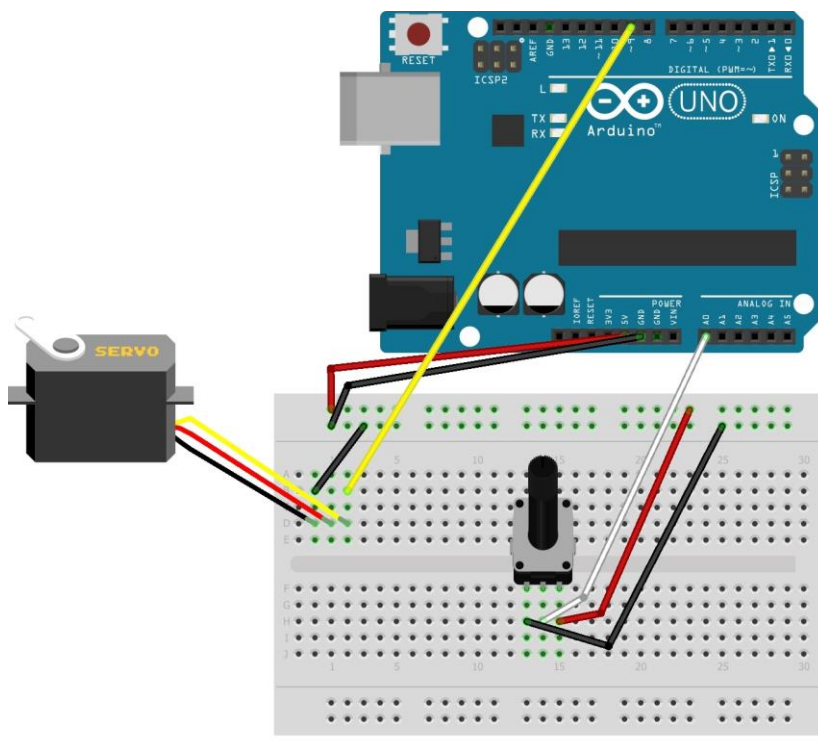


Figur 9 till vänster: Bild på ESC sladdar utan trådändar

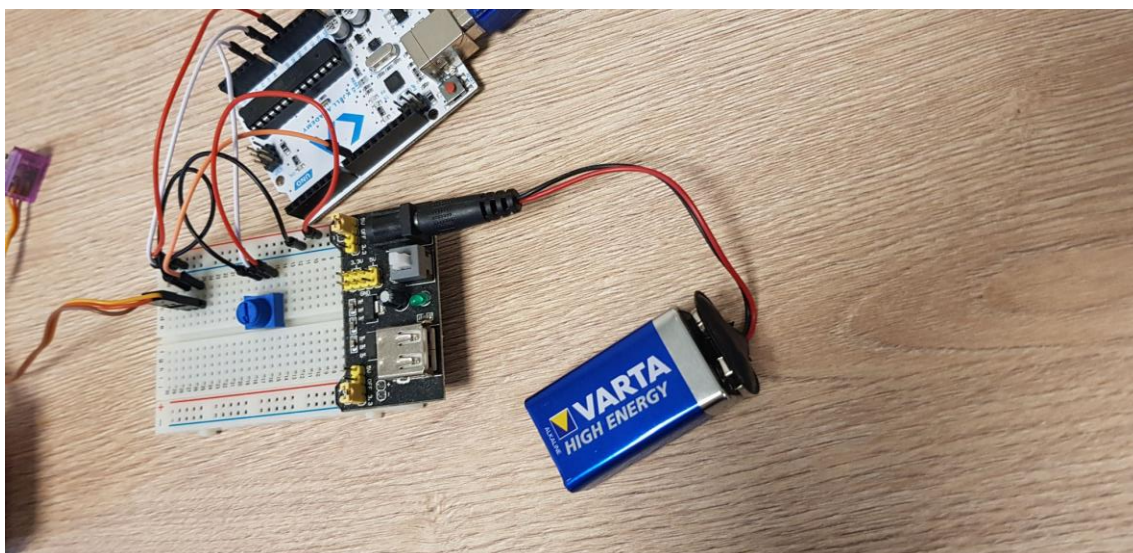
Figur 10 till höger: Bild på ESC sladdar med fastlödda trådändar för att kopplas till motor och batteri

Kopplingar för styrning av ESC och motor med Arduino Uno

För att kunna styra ESC:n som sedan styr motorn behövdes Arduino Uno kopplas till ESC:ns tre stycken drivpinnar. Dessa har en signalpinne, en +5V utgång pinne och en jord pinne. Ett kopplingsdäck användes för att koppla ESC:ns 3 pinnar, Arduinons I/O pinnar och en potentiometer som kan användas för att reglera hastigheten på motorn. Pinne 2 från ESC användes inte då Arduino gav spänning till kretsen genom USB. Om inte Arduino är kopplad genom USB till datorn så kan denna pinne förse kretsen med 5V spänning eller så kan ett 9V batteri användas. Figur 11 visar ett kretsschema för kopplingarna och figur 12 hur det är kopplat i verkligheten.



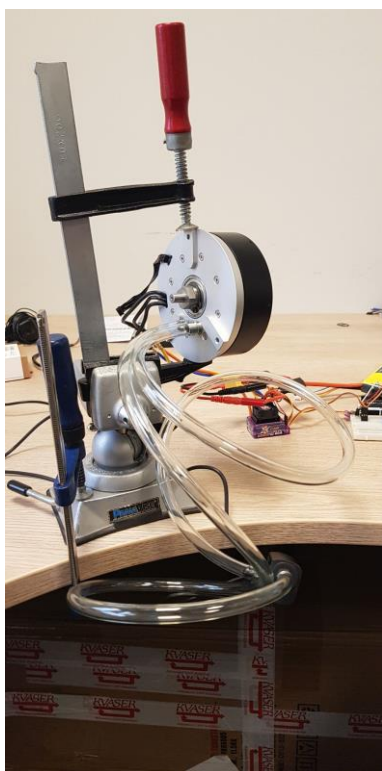
Figur 11: Kretsschema för Arduino och ESC kopplat till ett kopplingsdäck där "Servo" representerar ESC som leder till motor



Figur 12: Trådar för Arduino till kopplingsdäck och sedan till ESC

Kopplingar för vätskepump

För att koppla på pumpen till motorn användes två 8 mm rör som kopplas på de två ingångarna till motorn och pumpen. Pumpen drivs med 5-12V beroende på hastighet man önskar. För ett första experiment användes en nätadapter som har en 12V output som driver pumpen med en maximal hastighet av 240L/h. Figur 11 visar hur rören är kopplade genom pump och motor.



Figur 13: Vätskepump inkopplad till motor med 8mm rör

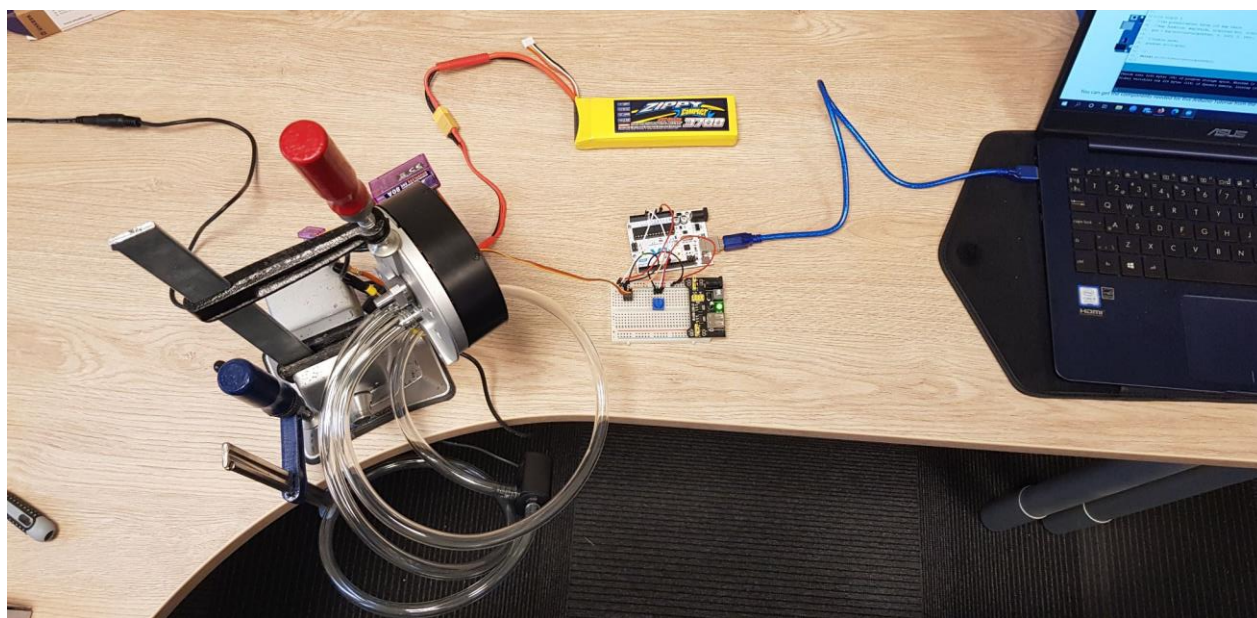
Programmering av Arduino

I bilaga 1 finns koden för att programmera Arduinon.

Testning

Innan testningen kunde börja behövde motorn säkras fast till bordet på något sätt. Eftersom det inte fanns någon platta som kan skruvas fast till motorn användes ett bordsskruvstycke och flera klämmor som höll fast motorns utvändiga hölje. Detta gjorde att motorn kan rotera fritt. Därefter behövdes sladdarna säkras så att inte dessa kan röra den roterande delen av motorn.

För första testet kopplades allting tillsammans som man kan se i Figur 12. Första testet gjorde så att ESC pep till men motorn kunde inte rotera. Viss ändring behövdes i koden för arduinon. Efter detta testades motorn igen och då roterade den men vibrerade till lite och sedan stannade. Det visade sig att 9 volts batteriet var inte laddad för att driva arduinon så därför användes USB sladd för att förse kretsen med 5 volt. Efter tredje testet så fungerade motorn och genom att ändra potentiometern så kunde man ändra motorns hastighet. Eftersom ESC:n kan driva motorn båda fram- och tillbaka så behöves potentiometern vridas moturs för framåt, medurs för bakåt, och vid 0° så stannar motorn helt. För att driva motorn “full fart” alltså öka hastigheten till max som är 600RPM så behövdes potentiometern vridas 90° åt ena eller andra hållet. Det betyder att den ändrar tiden mellan pulssignalerna till 2 millisekunder för full fart och 1,5ms för att stå still. I arduino IDE så kunde man se detta genom att använda “serial monitor” som gör att vi kan se vilken signal arduinon skickar till ESC:n. I bilaga 3 kan man se signalerna för full fart och i bilaga 4 signalerna för att stå still. Koden omvandlar detta till millisekunder för pulssignal.



Figur 14: Bild på hela testriggen och alla kopplingar som gjorts under testning

3.3 Material

Följande material har använts i arbetet:

ESC (kontrollboxen)

Arduino Uno

Kopplingsdäck

Multimeter

LiPo-batteri

Motor

Sensor

Lödkolv

Bordsskruvstycke

Tenn

Banankontakt

Skruvmejsel

Potentiometer

Skjutmått

4. Slutsats och diskussion

Detta arbete har varit väldigt lärorikt och gav oss mycket erfarenhet med både DC motorer och elektriska kretsar samt problemlösning. Kylsystem är mycket viktiga inom både motorer och all elektronik så därför finns det mycket potential för utvecklingen och framtiden.

Testtrigg

Testtriggen fungerade som önskat men kan förbättras mer genom att till exempel montera en ram till de tre hålen på motorns hölje och sedan sätta fast det bättre på bordet. Som den är nu så är motorn lite ostabil som kan påverka exempelvis motorns balans och kan eventuellt orsaka små vibrationer. Sladdanslutningarna och lödningarna vi gjorde fungerar bra då allt fungerade från början. Vid eventuell montering på bilen hade det varit enkelt och snabbt att koppla av och på men vid montering på prototypbil så behöver man byta vissa sladdändar med andra sorters anslutningar för extra säkerhet.

Mätningar

För att kunna göra en effektiv jämförelse mellan olika kylsystem, måste man göra mätningar av hur mycket värme som genereras av motorn. Detta gör man med hjälp av en värmevakt, som är en temperaturgivare som är avsedd för att mäta temperatur i olika miljöer. Det mest optimala sättet hade varit att bädda in en temperatursensor i statorn för att mäta temperaturändringar så snabbt och noga som möjligt. Vi hade inte möjligheten att få ta isär motorn men detta kan vara en möjlighet för vidareutveckling.

En fördel som vattenkylning har över luftkylning är den kan uppnå stabilare och lägre temperatur vid högre motoreffekt. Detta i sin tur leder till att verkningsgraden för motorn blir högre, vilket också är fördelaktigt ur ett miljöperspektiv och ur hållbarhetssynpunkt. Vattenkylning producerar samtidigt mindre buller än luftkylning.

Slutsats

Vi undersökte olika system och komponenter som kan användas för ett sådant projekt. Vi fick fram en testtrigg som fungerar. Vi hittade komponenter som är lätta att använda och justera så att riggen är praktisk och reglerbar. Vi lyckades hitta andra lösningar för motorstyrning annat än radiostyrning och till slut lyckades testa riggen.

Vissa förbättringar kunde göras så att undersökningen blivit mer applicerbar i praktiken. Till exempel kunde Kvaser AB:s egna system, dvs CAN-bus installeras. Därmed anser vi att det finns möjligheter för vidareutveckling genom att installera och använda CAN system och även inkoppling av temperaturgivare och andra sensorer. En LCD display kan även läggas till för att mer praktiskt kunna hålla koll på olika värden.

Referenser

1. Edvard Csanyi, *Cooling and Ventilation of Electric Motors (IC)*, Electrical Engineering Portal(EEP), 2011-08-08, <https://electrical-engineering-portal.com/cooling-and-ventilation-of-electric-motors-ic> (Acc 2022-05-14)
2. Susanne Reinhard, *Water-cooled electric motors – In which cases do they make sense? Things to consider*, Baumüller Nürnberg GmbH, <https://www.baumueller.com/en/insights/drive-technology/water-cooled-electric-motors>(Acc 2022-05-16)
3. Gundabattini E, Kuppan R, Solomon D.G, Kalam A, D.P. Kothari, Bakar R.A, *A review on methods of finding losses and cooling methods to increase efficiency of electric machines*, Ain Shams Engineering Journal, Volume 12, Issue 1, 2021, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2090447920301854>
4. Gavin Wright, *What is water cooling and how does it work?*, Techtarget, 2022-01-01, <https://www.techtarget.com/searchdatacenter/definition/water-cooling>(Acc 2022-05-16)
5. Bill Kosik, *Two Types of Liquid Cooling: Conductive and Immersive*, Facilitiesnet, 2018-11-13, <https://www.facilitiesnet.com/datacenters/article/Two-Types-of-Liquid-Cooling-Conductive-and-Immersive--18081>(Acc 2022-05-20)
6. Brian Schneider, *A Guide to Understanding LiPo Batteries*, Rogers Hobby Center, 2021-10-09, <https://rogershobbycenter.com/lipoguide>(Acc 2022-05-25)
7. *Everything You Need to Know About Electronic Speed Controllers (ESC)*, Hobbyking, 2018-02-08, https://hobbyking.com/en_us/blog/cat/planes/post/everything-need-know-electronic-speed-controllers-esc (Acc 2022-05-25)
8. Sam Morgan, *How Do Heat Sensors Work?*, Sciencing, 2017-04-24, [How Do Heat Sensors Work? \(sciencing.com\)](https://sciencing.com/how-do-heat-sensors-work/) (Acc 2022-05-14)
9. Eloise Morris, *Everything You Need to Know About Current Sensors*, Aimdynamics, 2020-01-07, <https://aimdynamics.com/everything-about-current-sensors> (Acc 2022-05-20)

Bilagor

Bilaga 1

Kod för Arduino Uno

```
//Servo bibliotek
#include <Servo.h>

//Skapa nytt servo objekt
Servo pointer;

//Deklarera konstanter för input och output
const byte potPin = A0;
const byte servoPin = 9;

int pos;

void setup() {
  //Öppna kommunikation för dator och arduino
  Serial.begin(9600);

  //koppla servo på pin 9 till servo objekt
  pointer.attach(servoPin, 1000, 2000);
  pinMode(potPin, INPUT);
}

void loop() {
  //läs potentiometer värde och map skala
  //map funktion: map(värde, ursprungs-min, ursprungs-max, nytt min, nytt max)
  pos = map(analogRead(potPin), 0, 1023, 0, 180);

  //flytta servo
  pointer.write(pos);

  //
  Serial.println(pos);
}
```

Bilaga 2

DC motorspecifikationer

D108-24KV specification	
Model No.	D108-24KV
Construction	36N/40P
Turns	20T
Working Volatge	25V
Max speed (RPM)	600
kV	24+/-5
Current withou loading @7.4V	1.0A+/-0.5
Max output power (W)	210
max current (A)	18
Max efficiency	91%
Weight	810g
Dimension	D108*H42
Max torque	7.5N*M
Extension wires length	90mm
Connector	5.0mm
Life span	10000 Hours

Bilaga 3

Bild på serial monitor när motorn drivs i maxfart



Bilaga 4

Bild på serial monitor när motorn står still

