

# Professional Drone, Hybrid Power Pack - Launch-fase

Team 2

18. december 2018

## Deltagere:

Stud. nr: 201602094	Navn: Søren Holm Korsgaard
Stud.nr.: 201607563	Navn: Jacob Gustafsson
Stud.nr.: 201704859	Navn: Jonas Buus
Stud.nr.: 20084327	Navn: Simon Rasmussen
Stud.nr.: 201704483	Navn: Thomas Dueholm Jensen

## Indhold

<b>1</b>	<b>Introduktion</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>General analysis</b>	<b>1</b>
2.1	Requirement analysis . . . . .	1
2.2	Problem domain analysis . . . . .	2
2.3	Usage domain analysis . . . . .	3
2.4	Interface analysis . . . . .	5
2.5	Functionality analysis . . . . .	6
2.6	System Behaviour Analysis . . . . .	9
2.7	Design constraints analysis . . . . .	10
<b>3</b>	<b>General architecture design</b>	<b>12</b>
3.1	System architecture design . . . . .	12
3.2	Block interface design . . . . .	13
3.3	Selecting technical platform . . . . .	13
3.4	Partitioning . . . . .	14
<b>4</b>	<b>Contracting</b>	<b>14</b>
4.1	Development plan . . . . .	15
4.2	Quotation . . . . .	15
4.3	Product acceptance . . . . .	15
4.4	Contract . . . . .	16
<b>5</b>	<b>Konklusion</b>	<b>16</b>

# 1 Introduktion

Følgende rapport beskriver launch fasen for Hybrid power pack (HPP: *Hybrid power pack*) jf. EUDP-principper. Arbejdet i launch fasen har været fordelt mellem fire undersystemer i HPP

1. Motor.
2. Motorstyring.
3. Generator.
4. Ensretter.
5. Spændingsregulator.

Der kan også anses at være et sjette undersystem,

6. Dronecoptor.

som dog ikke er et undersystem, der kan redigeres eller modificeres idet dronecoptorens konfiguration ligger fast. Per definition anses dronecoptoren ikke for at være et af HPP's undersystemer.

I rapporten er analyser ved disse fire, undersystemer sammenfattet. Målet med launch fasen er at opstille en kravspecifikation samt at få indsigt i på hvilken måde disse krav limiterer design af HPP. Desuden udmynter dette arbejde sig i en udviklingsplan og en sikring for hvordan disse krav imødekommes (se afsnit 4.3, Product acceptance).

## 2 General analysis

I launch fasens generelle analyse, analyseres de forskellige krav og specifikationer, som kunden stiller til det produkt, som skal udvikles. Analysen inkluderer beskrivelse af tekniske, designmæssige og brugermæssige krav.

### 2.1 Requirement analysis

I en kravsanalyse specificeres de krav, der er til det færdige produkt eller produktets enkelte komponenter. En udbytterig kravsanalyse indebærer, at kunden inddrages.

Kravene er nedenfor opstillet efter EARS-princippet (EARS: Easy to Approach Requirements Syntax). Kravene er inddelt ud fra ufravigelige (ubiquitous), begivenhedsorienterede (event-driven), driftsorienterede (state-driven) og fejlorienterede krav (unwanted behaviour). EARS-princippet muliggør således en prioritering af kravene. Fremadrettet vil der refereres til nedenstående krav ud fra afsnitsnummer og krav nummer, sådan at fx krav nummer 3 under afsnit 2.1.1 benævnes 2.1.1.3.

#### 2.1.1 Ubiquitous

1. Motoren skal kunne startes vha. BLDC-generator.
2. Udstødning skal monteres sådan, at varmen ikke påvirker dronen.
3. Generatoren skal levere en middeleffekt på 2450 W ved 22,2 V (110,3 A som RMS-værdi)
4. Generatoren skal være 3-faset jf. projektbeskrivelsen.
5. HPP må maksimalt veje 5 kg.
6. Ensretteren skal kunne klare at håndtere en effekt af 2450 W.

7. Ensretteren skal modtage 3-faset vekselstrøm og levere en jævnstrøm.
8. HPP skal inddæmmes, så den kan modstå vejrforhold, jf. IP56 standard.
9. Ensretteren skal udstyres med sikring for at beskytte dronecopterens kredsløb.

### 2.1.2 Event-driven

1. I tilfælde af nødlanding skal motoren deaktiveres.

### 2.1.3 State-Driven

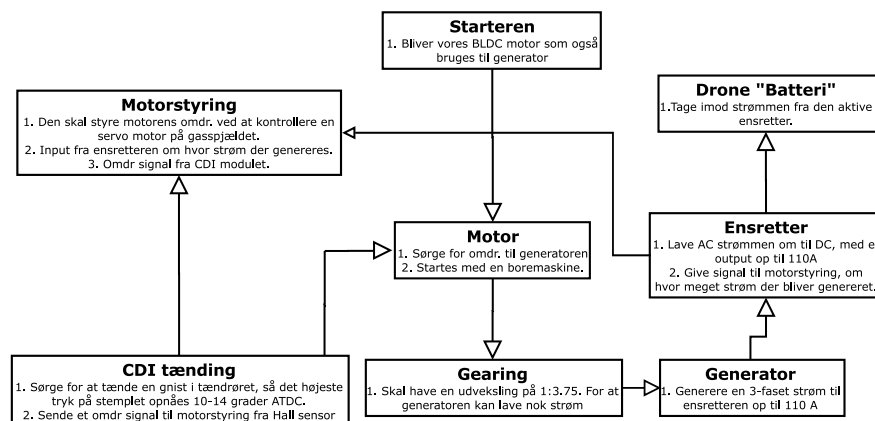
1. HPP skal fungere korrekt før dronecopterens motorer igangsættes ved take-off.
2. Når motoren er aktiv, skal omdrejninger reguleres efter belastning af ladestrømmen.
3. Når generatoren ikke er i fulde omdrejninger, skal dronen ikke kunne lette.
4. Der skal defineres et effekt setpunkt til kontrol af opstart.
5. Når generatoren genererer strøm, skal input og output til/fra ensretteren overvåges og logges.

### 2.1.4 Unwanted Behaviour

1. Dronecopterens motorer vil tillade nødlanding ved fejl i motoren.
2. Hvis der opstår fejl i motoren, vil dronen lande når spændingen falder på batteriet.
3. Hvis generatoren ikke opnår fulde omdrejninger inden 10 sek. efter motorstart, afbrydes motoren.
4. Hvis udgangsstrømmen ikke når setpunktet (PID-regulering), skal dronen nødlande.

## 2.2 Problem domain analysis

“Problem domain analysis” er en beskrivelse af det interaktionsmiljø, et produkt skal indeholde. Nedenfor er vist et blok diagram hvor de enkelte moduler af HPP ses i bokse. Deres indbyrdes interaktion, simpelt er illustreret og kort beskrevet.



Figur 1: Problem domain analysis.

## 2.3 Usage domain analysis

Usage Domain Analysis beskriver interaktion mellem brugere/systemer og HPP. Nedenfor er oplistet hvilke brugssituationer (use case candidates) og brugere/systemer (actor candidates) med relevans for HPP.

### 2.3.1 Use case candidates

- Nødlukning.
- Fejludlæsning via motorstyringen.
- Hårdt vejr.
- Afsending af levering.
- Modtagelse af levering.
- Vedligeholdelse af drone, herunder servicering af benzinmotor, udskiftning af batteri, servicering af AC-generator mm.
- Nødlandingsprotokol.
- Fejlsøgning efter ikke succesfuld flyvning/nødlanding.
- Analyse af input/output data ifm. drift.
- Påfyldning af benzin.
- Estimering af brændstofsbehov ift. konkret leverance.
- Fjernstyret tvunget nødlanding af drone på opgave.
- Manuel fjernstyret kontrol af dronecoptor.
- Manglende opstart.
- Fejl i dronecopters motorer med ustabilitet i flyvning til følge.

### 2.3.2 Actor candidates

- Motoren.
- Ingeniøren.
- Tredjeparts forbruger (modtager af leverancer).
- Afsender af leverancer.
- Autoriseret dronemekaniker; motor, generator, etc.
- Service ingeniør (ansvarlig for avanceret og kritisk vedligehold, såsom opdateringer).
- AC-generator.
- Motorstyring.
- Dronecoptorens motorer.
- Dronecoptorens batteri.

### 2.3.3 Use case definition

“Use case definition” indeholder tabeller, hvor en given brugersituation beskrives med hvilke aktører og forudsætninger, der indgår. Begivenhedsrække og indvirkning på systemet beskrives også.

Ensretterens interaktion er begrænset, da systemet i sig selv, er et undersystem i HPP, som kun har til opgave at konvertere AC-strøm til DC-strøm. Da ensretteren er tilknyttet motorstyringen og dermed har muligheden for at signalere til motorstyringen, at udgangssignalet ikke opfylder HPP-systemets generelle krav (tilstrækkelig spænding/strømstyrke). Når det overordnede system er funktionsdygtigt, vil motorstyring (og evt. generatoren) være den aktør, som mest direkte interagerer med ensretteren. Da generatoren er en intern komponent i det færdige system, har brugeren/piloten, ikke direkte adgang til generatoren.

<b>Use Case No. 1</b> Opstart	Beskriver ensretterens opførsel ved opstart.
<b>Aktører</b>	<b>Forudsætninger</b>
Forbrændingsmotor Generator Ensretter  Motorstyring	Systemet er slukket. Der er påfyldt brændstof. Der er strøm nok på batterierne til at drive motorstyringen.
<b>Almindeligt flow</b>	<b>Alternativt flow ved fejl</b>
Motoren starter > Generatoren begynder at dreje > Omdrejningstal normalt > Strøm distribueres til ensretter > Ensretter signalerer til motorstyring at tilstrækkelig strøm/spænding genereres > Strømmen leveres til dronens motorer el. opladning af dronens batterier påbegyndes.	Motoren starter > Generatoren begynder at dreje > Omdrejningstal normalt > Strøm distribueres til ensretter > Ensretter signalerer til motorstyring at en utilstrækkelig mængde strøm/spænding genereres > Opstartsprocess termineres.
<b>Indvirkning på system ved almindeligt flow</b>	<b>Indvirkning på system ved alternativt flow</b>
Dronen er klar til at flyve på den energi HPP leverer, eller til at påbegynde opladning.	Motorstyringen informeres og flager fejl på ensretter, dronen nægter opstart.

Tabel 1: Use case no. 1

<b>Use Case No. 2</b> Drift	Beskriver generatorens drift efter succesfuld opstart
<b>Aktører</b>	<b>Forudsætninger</b>
Motor Generator	Motor og generator er i fuld drift.
<b>Almindeligt flow</b>	<b>Alternativt flow ved fejl</b>
Fuld drift > Omdrejningstal normalt > Ønskede effekt opnås.	Omdrejningstal falder > Motorstyring informeres > Dronen flyver hjem
<b>Indvirkning på system ved almindeligt flow</b>	<b>Indvirkning på system ved alternativt flow</b>
Dronen er klar til at flyve, eller allerede i luften.	Motorstyringen informeres og flager fejl på generator

Tabel 2: Use case no. 2

<b>Use Case No. 3</b> Nødlanding	Beskriver nødlandingssekvensen
<b>Aktører</b>	<b>Forudsætninger</b>
Motor, generator, batteri	Generatoren er ikke funktionsdygtig Nødlandingssekvens er netop aktiveret.
<b>Almindeligt flow</b>	<b>Alternativt flow ved fejl</b>
Generator fejler > motorstyring informeres > nødlandingssekvens starter > strømforsyning skiftes til batteriet > dronen flyver hjem og lander: pilot udenfor kontrol.	Dronen styrter ned.
<b>Indvirkning på system ved almindeligt flow</b>	<b>Indvirkning på system ved alternativt flow</b>
Dronen flyver sikkert hjem, klar til reparation/gen-nemgang	Dronen er ikke funktionsdygtig.

Tabel 3: Use case no. 3

## 2.4 Interface analysis

Interface analyse dækker over analyse af brugerfladen mellem bruger og system.

Analyse af krav til interface er vigtigt, i og med brugerfladen vil være en stor del af kundens oplevelse af HPP.

Brugerflade mellem undersystemer i HPP er også vigtigt idet produktets funktionsdygtighed hænger sammen hermed.

### 2.4.1 User interface analysis

Slutbrugere har ikke direkte adgang til systemet på nær dronecopteren. Oplysninger og fejlmeddelelser fra generatoren udlæses gennem motorstyringen.

Ensretteren er ikke direkte tilgængelig for slutbrugeren, og har ikke en brugerflade. Data om ensretterens ydeevne eksisterer i motorstyringens log og er heller ikke tilgængelig for slutbrugere af systemet.

### 2.4.2 Systems Interface Analysis

Systemet betragtes som at bestå af fire overordnede systemer

1. Forbrændingsmotor.
2. Motorstyring.
3. Generator.
4. Aktiv ensretter.

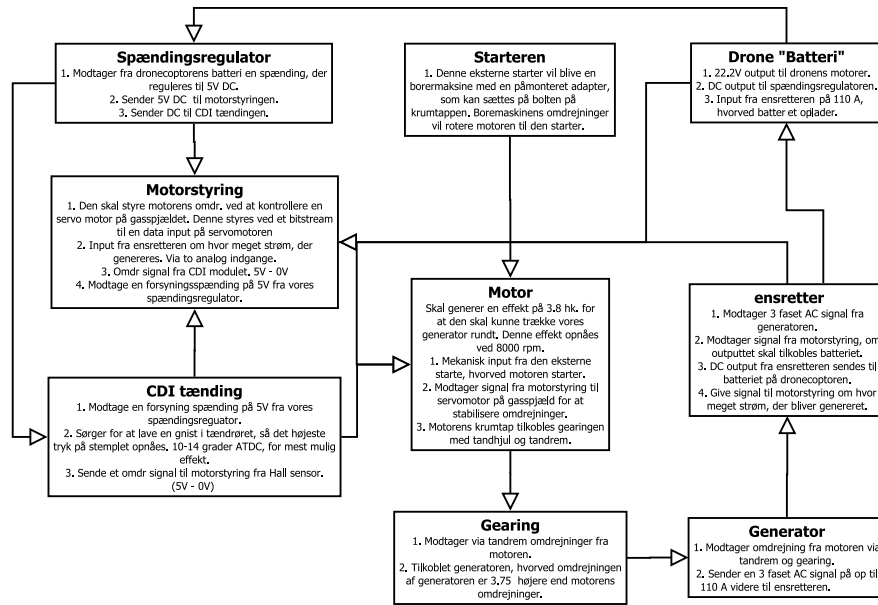
Motorens forbindelse til generatoren er fuldt mekanisk, evt. gennem et gear. Endvidere skal DLE-motoren<sup>1</sup> påmonteres en omdrejningstæller, der sikrer, at rotationshastigheden på generatoren er acceptabel. Omdrejningstælleren fungerer som et separat system, der kommunikerer med motorstyringen. Opkoblingen mellem generator og ensretter består af tre ledninger én for hver fase.

Næste led består af ensretteren, som konverterer AC-signal til DC. System brugerfladen for ensretteren består derfor i at modtage AC, og i at afsende DC til dronen. Sideløbende har motorstyringen mulighed for at overvåge ensretteren og logge dens performance.

Sidste led er dronecopteren, som anvender den generede jævnstrøm i sine motorer.

---

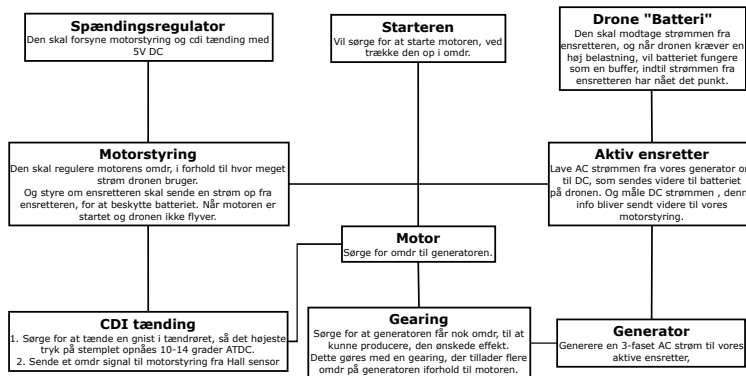
<sup>1</sup>Forbrændingsmotor



Figur 2: System Interface Analysis

## 2.5 Functionality analysis

Herunder beskrives de enkelte enheder med deres funktionaliteter samt beregninger, der begrundet valg af størrelsen på motoren og gearingen. Der indledes med et blokdiagram, som illustrerer de enkelte moduler i HPP.



Figur 3: Blokdiagram der beskriver hvert moduls funktionalitet

### 2.5.1 Motoren

Udregninger af størrelsen af motoren findes ud fra en estimeret flyvetid på 10 min. og en batterikapacitet på 16 Ah.

$$U = 22,2V \quad (1)$$

$$Q = 16000mAh \quad (2)$$

Omregning fra mAh til Wh

$$E = Q \cdot U \Rightarrow E = 355,2Wh \quad (3)$$

Omregning fra Wh til W ved en antaget flyvetid på 10 min,  $t = 10 \text{ min.}$ ,

$$P = \frac{E}{t} = 2,131kW \quad (4)$$

Gennemsnitsforbruget på en 10 minutters tur vil altså være 2,131 kW. Dog forventer vi, at generatores skal producere 15 % mere end gennemsnittet,

$$P_{overgns} = P \cdot 1,15 = 2,451kW \quad (5)$$

$$P_{hk} = \frac{P_{overgns}}{0,7} = 3,501kW \quad (6)$$

$$P_{motor} = 3,501 \cdot 1,10 = 3,851kW \quad (7)$$

Disse udregninger er fra den tidligere gruppe, som har arbejdet med dette projekt.

### Gearing

Gearingen er beregnet ud fra at vores generator er en bldc motor med 1400kv. Det betyder, at ved 1400 omdrejninger generere den 1 V. Batteriet har en spændingsforskel på 22,2 V. Dette giver et rpm på

$$22,2 \cdot 1400 = 31080rpm \quad (8)$$

Da motorens maksimale effekt er ved 8000 rpm, findes gearingen til

$$\frac{31080}{8000} = 3,885 \quad (9)$$

Givet en gearing på 1:3,75 giver det en rpm på

$$\frac{31080}{3,75} = 8288rpm \quad (10)$$

Dette vil altså resultere i et lidt højere omdrejningstal på vores motor, men er dog acceptabelt.

### 2.5.2 Motorstyring

Motorstyringen, og den tilknyttede motorstyringsenhed (MCU-enhed), har til formål at overvåge systemets parametre. Ud fra tilstanden af disse parametre sender motorstyringen signaler ud til de undersystemer, som motorstyringen skal kontrollere. En stor del af HPP's fejlsikring vil bestå af kode i MCU-enheden, som eksempelvis vil nægte dronen at flyve, hvis ikke HPP (motor, gearing og ensretter) signalerer til motorstyringen, at systemet er klar til flyvning. Et centralt element i denne konstellation, er forbrændingsmotorens PID-regulering, hvorigennem energiproduktionen af forbrændingsmotoren reguleres.

Den sekundære funktionalitet af motorstyringen, er lagring af performance-data, og til fejlsøgning. I motorstyringens log, vil det kunne identificeres hvilke faktorer, som bl.a. bevirker at dronen er nødt til at nødlande eller nægter at starte.

### 2.5.3 Generatoren

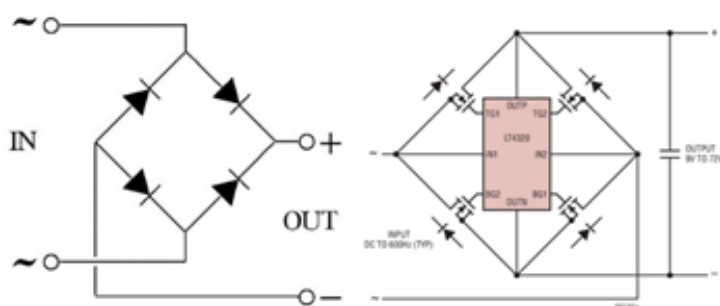
Funktionen af generatoren er udelukkende at producere en 3-faset AC spænding til ensretteren. Generatoren skal ved fuld drift kunne generere 3,6 kW.



### 2.5.4 Ensretter

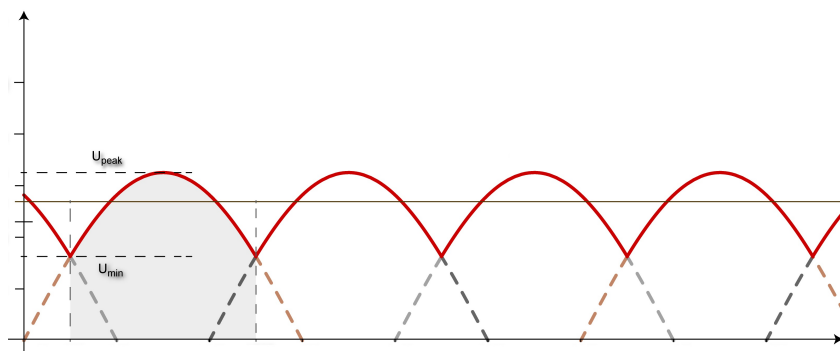
I en typisk ensretter (en passiv ensretter) anvendes en diodekonstruktion, som tillader et AC-signals positive cyklus at passere til output, for derefter at inverttere den negative del af cyklussen. Resultatet er et udelukkende positivt signal, med en variabel spændingsamplitude. Da vi forventer at lede ca. 110 A gennem systemet, er dioder ikke anvendelige. Spændingsfaldet over dioder ligger typisk i omegnen af 0,3-0,7V og det vil betyde et effektab, som motoren skal kompensere for via flere omdrejninger.

I stedet anvendes en “Ideal Diode Controller”, som har til formål at levere spænding til gate-terminalen på MOSFET transistorer. En MOSFET har i cut-off tilstand en diodelignende opførsel, men når de leder optimalt, er modstanden i transistoren meget lav (helt ned til få mΩ). Parallelkobles transistorer kan modstand sænkes yderligere. IC'en styrer hvornår transistorerne åbner og lukker, og kontrollerer dermed AC-signalets passage gennem ensretteren, så output-signalet er positivt, ligesom ved en almindelig diode-ensretter. Denne styring gør at ensretteren defineres som en aktiv ensretter.



Figur 4: Til venstre ses en diodeensretter. Til højre ses en aktiv ensretter bestående af en ideel diodecontroller og MOSFET transistorer. Kilder: Wikimedia Commons og datasheet for LT4320/LT4320-1

Udfordringen ved AC/DC konvertering er “ripples”. Ensrettes en enkelt AC-fase, får man et udgangssignal, med stor variation i spænding leveret. Kombineres tre faser, som i vores tilfældes, vil summationen af de 3 sinuskurver generere et udgangssignal med mindre ripple.



Figur 5: Graf over ripplespænding på udgangssignal som funktion af tid. Stiplet linje = ensrettet enkeltfase AC-signal. Rød linje = ripple på kredsløb med kondensator parallelt på load. Kilde: Wikimedia Commons

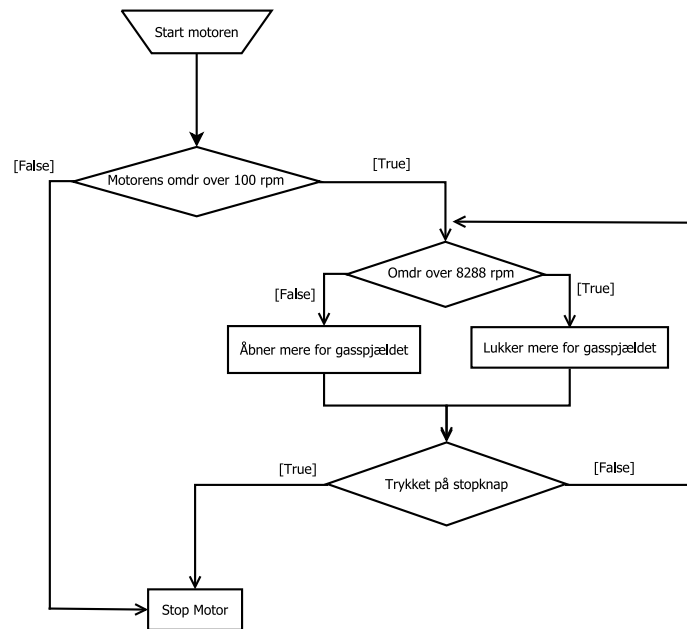
Der vil stadig være ripple til stede i signalet, og denne udjævnes til et acceptabelt niveau (for drone-motorerne), vha. kondensatorer. Kondensatoren lader når  $\frac{dV}{dt}$  på udgangssignalet er positivt, og aflader når

spændingen igen falder. Den strøm kondensatoren afgiver, adderes udgangssignalet, hvorfor  $\frac{dV}{dt}$  øges.

## 2.6 System Behaviour Analysis

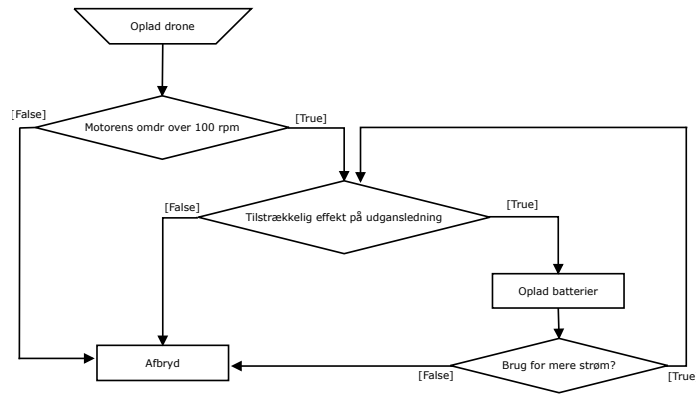
System Behavior Analysis beskriver, hvordan HPP skal fungere aktivt. Her ligger fokus på HPP's "opførsel" og den ønskede aktivitet under drift.

I ASMD diagrammerne nedenfor kan det ses, at første trin er opstart af motoren (se figur 6). Hvis dette lykkes vil den regulerer omdrejninger på motoren, indtil man trykker på en sluknap, hvorefter motoren vil stoppe. Hvis motoren ikke kan starte, er den stoppet.

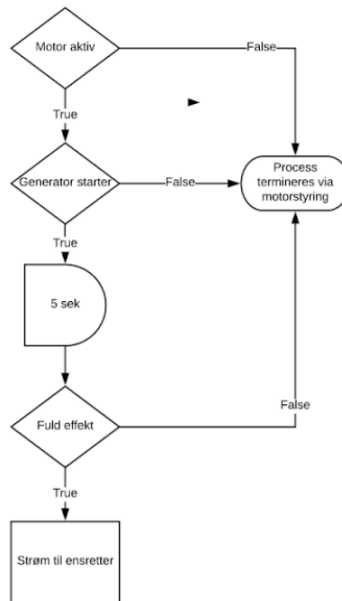


Figur 6: System behaviour analysis - motor opstart

I figur 7 ses et blokdiagram over opladning af dronens batteri, som afhænger af motorens omdrejninger samt effekten på udgangsledningen. Figur 8 viser et blokdiagram over generatorens opførsel hvor generatorens effekt er afgørende for strøm til ensretteren og dermed opstart af dronen.



Figur 7: System behaviour analysis - opladning



Figur 8: System behaviour analysis - generator

## 2.7 Design constraints analysis

“Design constraints analysis” er en analyse af systemets eller dets bestanddeles design. “Design constraints analysis” indeholder overvejelser om eksempelvis valg af HPP’s materialer baseret på pris, holdbarhed, miljø og tid til aflevering af system.

### 2.7.1 Pris

Enhed	Udgift
Motor	1900 kr.
Servomotor	150 kr.
Små elektronik dele	200 kr.
3 stk. Ideal Diode Bridge Controller(LT4320-1)	ca. 180 kr.
6 stk. Mosfets	ca. 150 kr.
Diverse små elektronik	0 kr. <sup>2</sup>
Kondensatorer	0 kr. <sup>3</sup>
<b>Total</b>	<b>2580 kr.</b>

Tabel 4: Budget

### 2.7.2 Development time

- Deadline Juni 2019

### 2.7.3 Performance

- I forhold til det generelle design af HPP er der et meget højt krav til, at systemet har høj performance, da evt. fejl kan forårsage store skader på enten dronecoptoren, brugere eller ikke-brugere i tilfælde af nedstyrtning i befolkede områder. Dette betyder, at det endelige produkt vil blive et relativt højt prissat system, som forventes at kunne sælges i små mængder til en specificeret kunde-gruppe.

### 2.7.4 Reliability and lifetime

- Levetiden er afhængig af vedligeholdelsen af motoren, da motoren har et højt omdrejningstal.

### 2.7.5 Already developed parts

- DLE 30 cc motor med tænding.
- Gearing (fra tidligere projekt).
- Opstilling til motor og generator.

### 2.7.6 Service

- Udskiftning af tandrem efter 5 timers flyvning og inspektion af tandremshjul.
- Udskiftning af tændrør efter 5 timers flyvning.
- Inspektion af karburator efter 5 timers flyvning.
- Inspektion af stempelringe, krumtap og leje efter 10 timers flyvning.
- Den aktive ensretter er ikke et svagt punkt i det samlede system-to-be. Det formodes, at ensretteren har en lang levetid, der overstiger de resterende dele i systemet. Der forventes ikke nogen særlig vedligeholdelse af den aktive ensretter.

---

<sup>2</sup>Tilgængelig i El-lab, AU Herning

<sup>3</sup>Tilgængelig i El-lab, AU Herning

### 2.7.7 Type of system

- Systemet består af både mekaniske dele og elektronik til styring. Dette giver flere muligheder i form af justeringer. Brugerens interaktion med HPP er kun ved start af motoren, men brugeren har dyb interaktion med dronecopteren ved styring.
- Objektet skal indeholde en skarp opdeling mellem bevægelige og elektriske dele, som skal være olietætte.
- Materialevalget skal udgøres af det billigste materiale, der lever op til yderligere stillede krav.
- Kredsløbet skal designs effektivt i forhold til samlet vægt.
- Systemet skal sikres mod vind og vejr.
- Objektet skal være så let som muligt, men samtidig kunne holde til et højt omdrejningstal.
- Produktet skal kunne udvikles til deadline juni 2019.

## 3 General architecture design

“General architecture design” er analyse af de ovenstående specifikationer for HPP, med fokus på hvad disse specifikationer betyder designmæssigt for HPP.

### 3.1 System architecture design

Nedenfor vises de forskellige software- og hardwaredele, som HPP skal have udviklet.

Elementerne i “hybrid-power-pack” er nedenfor inddelt i en tabel (tabel 5). Her skelnes mellem software og hardware.

System/Part	Software	Hardware
PID-regulering	X	
Servo motor		X
Spændingsregulator		X
CDI-tænding		X
Motor og gearing		X
Starter		X
DLE 30 cc benzinmotor.		X
Gearing og tandrem fra tidligere projekt.		X
Servo motor til gasspjæld.		X
Boremaskine til start af motor.		X
Spændingsregulator.		X
CDI tænding.		X
Hall sensor		X
Aktiv enretter		X

Tabel 5: Hardware og software

Ud fra skemaet ses det, at der skal anskaffes hardware til systemet. Selve software delen ligger i at lave en regulering (PID: *proportional-integral-derivative*), der styrer motorens omdrejninger ud fra hvor meget strøm, der kommer ud af ensretteren. Der skal desuden programmeres et signal til servomotoren, som skal effektuere acceleration eller deceleration.

### 3.1.1 Valg af generator

Der er indkøbt en generator, der lever op til de opstillede kriterier fra “Design Constraint Analysis” og “Requirement Analysis”. To generatorer er tidligere undersøgt og er sammenlignet herunder. Begge er Brushless motorer, som bruges som generator.

Model	Turnigy Aquastar T20 <sup>4</sup>	Dr. Mad Thrust 4082 <sup>5</sup>
Maksimal effekt	5280 W	3700 W
Maksimal strøm	229 A	110 A
Maksimal spænding	41 V	33 V
kv	1280	1400
Pris	675 KR	0 KR
IP-godkendelse	IP 54	IP 44
Vægt	971 g	446 g

Tabel 6: Specifikationer for generator

Som det fremgår af ovenstående, er det kun “Turnigy Aqaustar”, der lever op til krav om en effekt på 2450 W ved 22,2 V. Dette kræver vel at mærke en maksimal strøm på 110,3 A. Imidlertid er det meget tæt ved, at “Dr. Mad Thrust 4082” lever op til de opsatte funktionalitetskrav.

Vedr. holdbarhed har begge generatorer en tilfredsstillende IP godkendelse. På grund af fordelene ved “Dr. Mad Thrust” i forhold til vægt og økonomiske omkostninger (den haves i forvejen til rådighed), er “Dr. Mad Thrust 4082” valgt.

Et skifte til “Turnigy Aquastar” ville desuden kræve modificering af gearingen, da generatorernes kv-værdi ikke er ens.

## 3.2 Block interface design

Nedenfor beskrives, hvordan HPP’s undersystemer interagerer. Se evt. figur 9.

- Batteri på dronen afgiver en 22,2V DC videre til spændingsregulatoren.
- Spændingsregulatoren sender 5V DC til PID-regulering vha. ”Mbed” og CDI-tænding.
- CDI-tænding har to output til Hall sensor. Den ene er på 5V den anden er stel, som fungerer som forsyning til Hall sensoren. Input fra Hall sensoren er et on/off signal med værdier 0V-5V, med en frekvens mellem 1 og 10 kHz. Dette signal sendes videre op til vores PID-regulering vha. ”Mbed”.
- PID-reguleringen får to analoge input fra målemodstanden og sender et output signal til servomotoren.
- Generatorens interface til motoren går igennem en gearing og en mekanisk montering.
- Dronecopterens batteri modtager strøm til motorer fra ensretteren.

## 3.3 Selecting technical platform

På baggrund af tidligere analyser, er det muligt at vælge nedenstående tekniske platforme.

<sup>4</sup>[https://hobbyking.com/en\\_us/turnigy-aquastar-t20-3t-730kv-1280kv-water-cooled-brushless-motor.html](https://hobbyking.com/en_us/turnigy-aquastar-t20-3t-730kv-1280kv-water-cooled-brushless-motor.html).

<sup>5</sup>[https://hobbyking.com/en\\_us/dr-mad-thrust-series-motor-4082-1400kv-for-90mm-edf-8s.html?\\_\\_\\_store=en\\_us](https://hobbyking.com/en_us/dr-mad-thrust-series-motor-4082-1400kv-for-90mm-edf-8s.html?___store=en_us)

### 3.3.1 Software platform

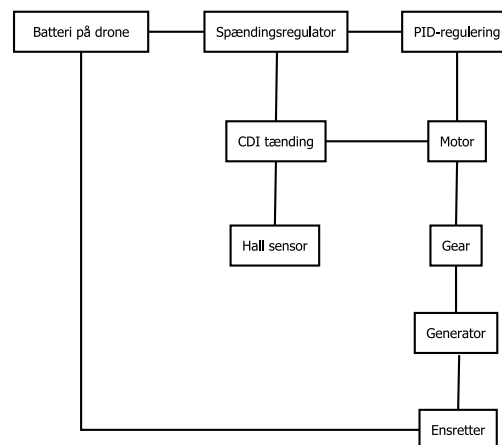
- Programmeringssprog C/C++
- gcc compiler
- Mcuxpresso
- Servomotor bibliotek

### 3.3.2 Hardware platform

- Letvægtsmaterialer
- Alm. værktøj
- Bearbejdning af metal

## 3.4 Partitioning

I nedenstående diagram ses HPP's hardware's hierakiske orden, således at de mest regulerende enheder er øverst i diagrammet.



Figur 9: Partitioning diagram, jf. EUDP-standard

## 4 Contracting

En kontrakten baserer sig på de nedenstående 4 objekter;

1. Development Plan
2. Quotation
3. Product Acceptance
4. Contract

Contracting er sidste del af launch fasen og indeholder på mange måder også de juridiske aspekter af en bindende aftale.

## 4.1 Development plan

Nedenfor er beskrevet, hvem der udvikler hvilke dele, og hvor lang tid det forventes at tage.

Det er på nuværende tidspunkt svært at vurdere den estimerede udviklingstid for den aktive ensretter. Der mangler fortsat videre undersøgelse, udvikling, simulering og testsetup af det komplette kredsløb til ensretteren. Det kan dog formodedes, at dette kan klares på ca. 14 dage.

Jonas = J									
Jacob = JA									
Thomas = T									
Søren = S									
Simon = SI									

	Tid: timer	Week 1-2	Week 3-4	Week 5-6	Week 7-8	Week 9-10	Week 11-12	Week 13-14	Week 15-16
Arbejde der skal udføres:	163								
Hardware:									
Design af testopstilling	8	SI JA S							
udfører komponent test	3	J S T							
Interface Ensretter	10			J T			J	J T	
Bygge ensretter på PCB	15		J T						
Interface Batteri på drone	10				JA	JA	JA		
Interface Motor	10		S	S			S T	S	
Interface Motorstyring	20				S T J	S T J			
Interface Spændingsregulator	5		SI JA					SI JA	
Bygge Spændingsregulator	10			SI JA					
Interface CDI Tænding	2			S					
Opsætning til test af prototype	20								J T S
Test af prototype	10								
Software:									
Motor - og ladestyring	40				S SI	S SI	S SI		

Figur 10: Deveopment plan

## 4.2 Quotation

Quotation er et regnskab. Regnskabet belyser, hvilken pris man skal forlange for produktet. Regnskabet baserer sig på det timetal, der er afsat i development planen, og de materialer og andet, som er valgt gennem designfasen. Endvidere indlægges en fejlmargen og et ønsket overskud af projektet. Der laves ikke et regnskab i denne launch fase.

## 4.3 Product acceptance

Nedenfor er beskrevet, hvordan det sikres, at HPP lever op til de specificerede krav.

### Starter

- Denne del af systemet kræver en test, ved at måle motorens omdrejningstal ved opstart samt at motoren kan slå igang.

### Motor

- Motoren skal kunne startes med el-start. Dette testes nemt med et simpelt setup, evt. i forbindelse med test af andre dele af motoren.
- Motoren skal kunne levere op til 8288 rpm for at generatoren har det ønskede output. Testes ved at forbinde Hall-sensorens output til evt. mikrocontroller med tilkoblet LED display.
- Hall-sensoren skal kunne registrere omdrejning af motoren korrekt, hvorved cdi-tændingen kan starte motoren. Dette testes på samme tid som de ovenstående tests.

### Motorstyring



- Omdrejning på motor registreres via Hall-sensor og sendes til MCU-enheden. Setpunkt skal implementeres i software, så omdrejning på motor tilpasses til behovet i generator/ensretter/dronecopter. Dette testes ved opstilling, hvor motoren startes og et display tilkoblet motorstyringen for at visualisere Hall-sensorens output til MCU'en. Derved kan MCU'en programmeres til at vise antal omdrejninger på motoren via displayet.

### **Generator**

- Generatoren skal generere 110 A og 22,2 V for at den ønskede effekt, leveret til drone-batteriet opnås. Dette testes ved et setup, hvor der måles på outputtet af generatoren ved forskellige rpm.

### **Aktiv ensretter**

- Skal kunne konvertere den 3 fasede strøm fra generatoren til DC med en pt. ukendt ripple-factor. Dette testes med et setup, hvor outputtet fra ensretteren måles med et oscilloskop.

### **Spændingsregulator**

- Skal kunne levere en DC spænding på 5 V til henholdsvis motorstyringen og CDI-tændingen. Dette testet ved en måling med multimeter over outputtet af regulatoren.

## **4.4 Contract**

Der udarbejdes ikke kontrakt i denne launch fase.

## **5 Konklusion**

Det er i rapporten gjort rede for kravspecifikation, samt givet indsigt i hvilken konsekvens dette har for design af HPP. Desuden er udarbejdet en udviklingsplan og en "product acceptance specification".

Således forventes HPP at kunne igangsættes i en realiseringsfase.