



Forsuaret

Bacheloroppgave

OPG3301

Predefinert informasjon

Startdato:	26-11-2021 09:00	Termin:	2021 HØST
Sluttdato:	10-12-2021 20:00	Vurderingsform:	Norsk 6-trinns skala (A-F)
Eksamensform:	Oppgave		
Flowkode:	1627 OPG3301 1 O 2021 HØST		
Intern sensor:	Alexander Sauter		

Deltaker

Naun:	Mikal Kismul
Kandidatnr.:	
FHS-id:	mkismul@mil.no, mikismul@mil.no

Gruppe

Gruppenavn:	Energy Management System
Gruppenummer:	4
Andre medlemmer i gruppen:	Eduard Strand Wallem



Sjøkrigsskolen

Bacheloroppgave

Energy Management System

av

Mikal Kismul og Edvard S. Wallem

Levert som en del av kravet til graden:

BACHELOR I MILITÆRE STUDIER MED FORDYPNING I ELEKTRO OG AUTOMASJON

Innlevert: Desember 2021

Godkjent or offentlig publisering

Publiseringsavtale

En avtale om elektronisk publisering av bachelor/prosjektoppgave

Kadettene har opphavsrett til oppgaven, inkludert rettighetene til å publisere den.

Alle oppgaver som oppfyller kravene til publisering vil bli registrert og publisert i Bibsys Brage når kadettene har godkjent publisering.

Oppgaver som er graderte eller begrenset av en inngått avtale vil ikke bli publisert.

Vi gir herved Sjøkrigsskolen rett til å gjøre denne oppgaven tilgjengelig elektronisk, gratis og uten kostnader	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Ja	Nei
Finnes det en avtale om forsinket eller kun intern publisering? (Utfyllende opplysninger må fylles ut)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Ja	Nei
Hvis ja: kan oppgaven publiseres elektronisk når embargoperioden utløper?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Ja	Nei

Plagiaterklæring

Vi erklærer herved at oppgaven er mitt eget arbeid og med bruk av riktig kildehenvisning.

Vi har ikke nyttet annen hjelp enn det som er beskrevet i oppgaven.

Vi er klar over at brudd på dette vil føre til avvisning av oppgaven.

Dato: 10 – 12- 2021

Mikal Kismul

Kadett navn



Kadett, signatur

Edvard S. Wallem

Kadett navn



Kadett, signatur

Forord

Siden Energy Management System (EMS) er fremtidsrettet og relevant for vår utdanning, ønsker vi å se nærmere på en modell som er et tidligere prosjekt som skulle i mindre skala simulere et slikt anlegg. Vår oppgave er å sette oss inn i systemet de har laget og videreutvikle denne. Målet er å kartlegge forbedringspotensialer og undersøke om metoden som ble valgt er hensiktsmessig.

Gjennom studietiden her på Sjøkrigsskolen har interessen for kraftelektronikk økt. Motivasjonen for denne oppgaven er at den er relevant og spennende. Vi begge ønsket en praktisk bachelor som er lærerik samt spennende å skrive om. Vi vet at fartøy som KV Svalbard har høyspent og ULA klassen har hybriddrift der det er mye kraftelektronikk. Fremtidige fartøy som Jan Mayen – klassen elektrifiseres og kompetansekravet for elektro-offiseren er desto viktigere.

Arbeidet med denne oppgaven startet rundt 03.09.21 da vi fikk kartlagt problemstilling og har gått jevnt frem mot 10.12.21. Oppgaven har gitt oss en større innsikt og forståelse av kraftforsyningsystemer og hvor viktig samspillet er mellom kritiske komponenter. Dette gjør oss bedre rustet til å møte disse utfordringene ute i avdeling.

Vi ønsker en spesiell takk til vår hovedveileder Aleksander Sauter for å ha hjulpet oss, alltid vært raskt tilgjengelig på teams og ofte hatt muligheten til å hjelpe oss fysisk i klasserommet.

Vi ønsker også å takke Arild Sæbø for å alltid være på tilbudssiden og har hjulpet oss med verktøy og materiell.

Andre kritiske bidragsyttere for verktøy og materiell er først og fremst Terje Tinnesand fra LOG avdelingen, Geir Lindseth fra Elektroskip, Stian Stavenes fra SMES bygget og til slutt Gisle Strand og Frode Wikne for lån av maskinlabben.

Teksten er skrevet på et slikt faglig nivå at tekniske medkadetter fra sjøkrigsskolen skal kunne forstå hva som skrivers.

Bergen, Sjøkrigsskolen, 10-12-2021



Mikal Kismul



Edvard S. Wallem

Sammendrag

I 2019 utviklet Sindre Laukvik og Vebjørn Randal en EMS-modell som skulle simulere et hybrid fremdriftssystem og skulle gi mulighet for demonstrasjoner, øvinger og kunne brukes til FOU på FHS/SKSK (Randal & Laukvik, 2019). Elektriske fremdriftssystem er i stadig utvikling og antall fartøy som blir hybride øker. For å utnytte den tilgjengelige energien som finnes om bord, er det viktig at samspillet mellom generator og batteri er optimal. Et EMS gjør denne jobben.

Før arbeidet begynte bestod modellen av et aggregat, en tralle med sinus inverter, PLS, batteribank, kontaktorer og strømsensorer. Programmet ble hentet ut fra vedlegg.

Gjennom arbeidet på modellen er den videreutviklet ved å følge opp utviklernes anbefalinger. Det ble anbefalt å skaffe mer presise sensorer, frigjøre plass på DIN skinne, støyreducerende tiltak på DC-siden, optimalisere software, forbedre brukergrensesnitt og brukervennlighet.

PLS er styreenheten som er selve hjernen til hele modellen. Det er tilført en Raspberry Pi LCD skjerm for å gjøre modellen uavhengig av en PC. Et viktig moment ved modellens uavhengighet er at aggregatet er automatisert. Kravet er at aggregatet skal ha automatisk oppstart når batteriet nærmer seg tomt. Her er det tilført en Arduino for å styre en servo som igjen betjener aggregatets choke. Start/stopp-signal til aggregatet og brytersignalet til Arduino styres av PLS.

Det har blitt implementert ferrittkjerner på AC og DC side for å redusere støy generelt i modellen. Spesielt er det viktig at forbruker, batteribanken og finelektronikken i anlegget får renest mulig strøm og spenning. Det ble målt strøm og spenning ved hjelp av oscilloskop for å undersøke støynivået med og uten ferritt kjerner. Testene avslørte at ferrittkjernene hadde en positiv innvirkning på både strøm- og spenningskurver. Et EMI-filter kan muligens redusere støynivået ytterlige. Dette kan undersøkes fremover.

For å gjøre modellen mer brukervennlig er det blitt laget et deksel pleksiglass for å gjøre den værbestandig og for å sikre brukeren fra eksponerte strømbærende elementer. Det er også kjøpt inn en eksos slange for å kjøre modellen inne og jordingspyd for å kunne kjøre den ute. Modellen styres gjennom LCD skjerm. Som et hybrid fremdriftssystem

produserer modellen elektrisk energi gjennom et aggregat og kan lagre energi i en batteribank. Modellen prioriterer batteridrift og aggregatet slås inn når ladenivået til batteribanken er lavt. Det er også mulig å drifte modellen i landstøms modus.

Modellen kan brukes, men også videreutvikles. Dette kommer frem i konklusjon med anbefalinger (7). Oppgaven har lyktes ved å videreutvikle EMS modellen slik at den er mer autonom, brukervennlig og presis.

Innholdsfortegnelse

Forord	ii
Sammendrag	iv
Innholdsfortegnelse	vi
Figurer	8
Forkortelser / Symboler	10
1 Innledning	13
1.1 Mål	14
1.2 Kravspesifikasjon.....	14
1.3 Avgrensninger.....	14
1.4 Struktur	15
2 Teori	16
2.1 Ship Energy Management System (SEMS).....	16
2.2 Kraftelektronikk	18
2.3 Styresignaler	19
3 Plan for Implementering	22
3.1 Modell	22
3.1.1 Spenningsmåling.....	23
3.1.2 Strømmåling.....	23
3.2 Plan for videreutvikling	23
4 Implementering	26
4.1 Systemoversikt etter oppgradering	26
4.2 Sensorer.....	30
4.2.1 Strømtrafo	31
4.2.2 Temperatursensor.....	32
4.2.3 Flowmeter	33
4.3 Brukergrensesnitt	34
4.4 Støyreducerende tiltak.....	35
4.5 Videreutvikling av styreprogrammet	35
4.5.1 Styreprogram.....	35
4.5.2 Estimering av batterikapasitet.....	36
4.5.3 Brukergrensesnitt	37

4.5.4	Implementering av sensorer	37
5	Tester	38
5.1	Test for samspill mellom aggregat og styreprogram.....	38
5.1.1	Formål.....	38
5.1.2	Metode.....	38
5.1.3	Resultat.....	38
5.1.4	Drøft	38
5.2	Test av temperatur for å oppnå start uten choke.....	39
5.2.1	Formål.....	39
5.2.2	Metode.....	39
5.2.3	Resultat.....	39
5.2.4	Drøft	40
5.3	Tester av AC-støy med og uten ferrittkjerne, uten motorlast.....	40
5.3.1	Formål.....	40
5.3.2	Metode.....	40
5.3.3	Resultat.....	40
5.3.4	Drøft	43
5.4	Tester av støy på AC- og DC-siden med og uten ferrittkjerne, med motorlast.....	43
5.4.1	Formål.....	43
5.4.2	Metode.....	43
5.4.3	Resultat.....	44
5.4.4	Drøft	49
6	Drøfting	50
7	Konklusjon med anbefalinger	55
8	Vedlegg	60
9	Dokumentasjon vedlagt i egen fil	61

Figurer

Figur 1: Harmoniske strømmer	20
Figur 2: PWM.....	21
Figur 3: Spenning og strøm fra frekvensomformer.....	21
Figur 4: Tidligere modell	22
Figur 5: Modellens plan for oppgradering	24
Figur 6: Modellens arrangement, der grønt er nytt og hvit var der fra før.....	27
Figur 7: Aggregatets modifikasjoner til overvåking og fjernstyrt start og stopp	28
Figur 8: Nærbilde av servo som opererer choke	29
Figur 9: Plattformen etter oppgradering.....	30
Figur 10: DC ny strømtrafo	31
Figur 11: AC strømtrafo	31
Figur 12: Feste til temp. sensor på aggregat.....	32
Figur 13: Feste til temp. sensor på batteri	33
Figur 14: Målemulighet på aggregat	33
Figur 15: Tilstand for batteridrift og overgangsbedingungen til generator og landstrøm	35
Figur 16: Estimering av batterikapasitet	36
Figur 17: Prinsippskisse av EMS som brukergrensesnitt.....	37
Figur 18: Nærbilde av brukergrensesnitt, temperaturmåling på generator	39
Figur 19: Spenningskurver, DC-side, blå er small loop, gul er big loop	41
Figur 21: Landspenning, AC ut, med ferritt.....	41
Figur 20: Landspenning, AC ut, uten ferritt.....	41
Figur 22: Generator drift, AC ut, uten ferritt.....	42
Figur 23: Generator drift, AC ut, med ferritt.....	42
Figur 24: Batteridrift, AC ut, uten ferritt.....	42
Figur 25: Generator drift med ferritt, DC side. Gul=ampere, rosa= DC.....	44
Figur 26: Generator drift uten ferritt, DC side. Gul=ampere, rosa=DC.....	44
Figur 27: Generator drift med ferritt, AC inn. Blå=ampere, Grønn=AC	45
Figur 28: Generator drift uten ferritt, AC inn. Blå= ampere, Grønn=AC	45
Figur 30: Generator drift uten ferritt, AC ut. Grønn=AC, blå=ampere.....	46
Figur 29: Generator drift med ferritt, AC ut. Grønn=AC, blå=ampere.....	46
Figur 31: Batteridrift med ferritt, DC side. Gul=ampere, rosa=DC	46
Figur 32: Batteridrift uten ferritt, DC side. Gul=ampere, rosa=DC	46
Figur 33: Batteridrift med ferritt, AC ut. Grønn=AC, blå=ampere.....	47
Figur 34: Batteridrift uten ferritt, AC ut. Grønn=AC, blå=ampere.....	47
Figur 35: Strøm og spenningskurver for forskjellig last (Spenningskvalitet, Arild Sæbø.pdf i dokumentasjonen).	47
Figur 36: Landstrøm med ferritt, DC side. Rosa=DC, gul=ampere.....	48

Figur 37: Landstrøm uten ferritt, DC side. Rosa=DC, gul=ampere	48
Figur 38: Landstrøm uten ferritt, AC ut. Grønn=AC, blå=ampere.....	48
Figur 39: Landstrøm med ferritt, AC ut. Grønn=ACC, blå=ampere	48
Figur 40: Landstrøm med ferritt, AC inn. Grønn=AC, blå=ampere.....	49
Figur 41: Landstrøm uten ferritt, AC inn. Grønn=AC, blå=ampere.....	49

Forkortelser / Symboler

A	Ampere
AC/DC	Vekselstrøm/Likestrøm
AGM	Absorbent glass mat
Ah	Ampere-timer
AI	Analog input
AO	Analog output
A-ECMS	Adaptive equivalent consumption minimization strategy
C, CY, CX	Kapasitans
DI	Digital input
DIP	Dual in-line package
DO	Digital output
DP	Dynamisk posisjonering
DSI	Distributed system integration
EM	Energy management
EMI	Elektronisk interferens
EMS	Energy management system
EOT	Estimated operating time
FFI	Forsvarers Forsknings institutt
H	Henry
HDMI	High-definition multimedia interface
HMI	Human machine interface
HVAC	Heat, ventilation and air condition
HZ	Hertz
IP	Intern protokoll
ISA	Instruction Set Architecture

I/O	Input/output
L	Induktans
LC filter	Filter som inneholder spole og kondensator
LCD	Liquid-Crystal display
LNG	Liquefied natural gas
MGO	Marine gass olje
MIPI	Mobile industri processor interface
NATO	North Atlantic treaty organization
NEK	Norsk elektroteknisk komite
NO/NC	Normaly open/closed
NTC	Negative Temperature Coefficient
PLS	Programmerbar logisk styring
PT	Platinum (type temp. sensor)
PTC	Positive Temperature Coefficient
PVC	Polyvinklorid
PWM	Puls-bredde modulasjon
Q	Strømningshastighet
RMS	Root mean square
RTD	Resistance Temperature Detector
SEMS	Ship energy management system
THD	Total harmoic distortion
UPS	Uninterrupted power supply
USB	Universal serial buss
V	Volt
VA	Volt Ampere
VAC	Volt alternating current

VDC	Volt direct current
W	Watt
Webvisu	Web visualization (e!Cockpit)
Wh	Watt-timer
Ω	Ohm

1 Innledning

Fremtiden skal bli grønnere og store deler av verden er enig i dette. November 2021 i Glasgow foregikk den store klimakonferansen hvor nesten 200 land deltok. 191 nasjoner signerte Paris-avtalen som blant annet sier at man skal kutte utslipp og at velstående land skal finansiere i teknologi slik at man kan hjelpe fattigere land med å håndtere klimaendringene (Greenpeace, 2021). Parallelt med dette gikk Harlan Seminaret 4.-5. november 2021 med temaet «Fremtidens energibærere og fremdriftssystemer». En rekke foredragsholdere både fra det militære og sivile markedet kom for å presentere hvordan de mener fremtiden vil se ut i et energikilde-perspektiv. Alternative energikilder som kan erstatte marine gassolje (MGO) er elektrisitet, hydrogen, ammoniakk, naturgassen LNG, biodiesel eller kjernekraft. Hvem blir fremtidens energibærer og hvordan skal energien lages, lagres og fordeles?

Transport er drivkraften i verdens effektive logistikk. Hvert enkelt individ tar i betraktning på hvor effektiv og rimelig transporten er. For et livskraftig lavutslippssamfunn er det viktig å koordinere bruken av energi fra en kilde som ikke forurensar. I den sivile skipsfarten er det enorme satsinger på grønn skipsfart, og det sivile markedet har fått til mye allerede. Men Forsvaret har større fokus på funksjonalitet og utholdenhet til sjøs i operasjoner, der det største miljøtiltaket de gjør er å opprettholde freden (R. Andersen, Harlan Seminar). Fysiker Brynjar Arnfinnson fra FFI forteller at hybride system kan fungere på indre Kystvakt og andre støttefartøy, men at det ikke vil lønne seg for større fartøy. For fregatter har de en «single fuel policy» i NATO for å kunne fylle drivstoff hvor som helst, men dette utelukker ikke elektrisitet og en hybrid løsning.

Hvis man først har bestemt seg for en hybrid løsning på et fartøy er det viktig å ha et Energy Management System (EMS). Et EMS skal kunne overvåke igjenværende energi, ta imot og fordele energien fra flere ulike kilder. Et EMS skal legge til rette for prioriteringer ut fra innhentet informasjon og balansere bruken av batteri versus generator/brenselcelle. Prioriteringene gjøres ut fra hvordan situasjonen er, og hva man ønsker å gjøre i nær fremtid på den mest effektive måten. Den skal også kunne kalkulere driftstiden fartøyet har i ulike moder eller driftstilstander.

EMS har på mange måter også en operativ betydning, spesielt opp mot skipssjefs valg og avgjørelser. En ubåt må eksempelvis opp å snorkle for å lade sine batterier og da er skroget mer eksponert for deteksjon og ikke minst lyd signatur ved generatordrift. En god EMS som gjør det lett for forbruker, med tanke på å innhente informasjon og å gi riktige estimeringer for energinivå, er kritisk i oppdragsløsningen.

1.1 Mål

I denne oppgaven er målet å lage en EMS-modell som kan være med å danne en større forståelse for hvordan EMS og et kraftforsyningsanlegg fungerer. Fokusområdene ved å videreutvikle modellen er å øke presisjon av målinger, fjerne støy, fjernstyre aggregatet, gjøre modellen mer brukervennlig og motstandsdyktig mot vær og vind. Det skal utføres tester på hvordan støyet påvirkes ved å gjøre støyreducerende tiltak, og en automatisk innkobling av et aggregatet skal testes.

1.2 Kravspesifikasjon

Som en del av planleggingsfasen settes avgrensninger til modellen i påfølgende avsnitt. For å kunne nå målet i oppgaven er følgende krav satt til EMS-modellen:

1. Modellen skal kunne starte og stoppe generatoren ved betjening av brukergrensesnitt.
2. For å øke mobiliteten skal modellen kunne flyttes uten store anstrengelser.
3. Den skal kunne kjøres innendørs og utendørs.
4. For utendørs bruk må modellen beskyttes mot fysiske påkjenninger og vær.
5. For å øke brukervennligheten skal usakkyndig personell kunne betjene anlegget uten risiko for feilbruk, strømgjennomgang eller ødelegge modellen.
6. Modellen skal opprettholde sin modularitet ved å kunne gjøre endringer i både software og hardware uten å måtte gjøre store inngrep.
7. Det skal utarbeides en brukerinstruks for usakkyndig personell.
8. Alle forbrukerkurser skal være beskyttet mot kortslutning og overbelastning.

1.3 Avgrensninger

I denne oppgaven er det valgt følgende avgrensninger

- Det krav til at det skal være minst to kraftkilder med selektiv tilførsel til systemet. Modellen ses ikke på som et fartøy og har derfor ikke tatt hensyn til redundans. Se NEK 410 avsnitt 6.6.1, side 112.
- Siden fokusområdet vårt er videreutvikling og ikke forbedring, så er det avgrenset til å ikke investere i nye komponenter der komponenten fungerer tilstrekkelig.
- Tidligere tilrettelagte funksjoner i programkoden som fungerer tilfredsstillende vil ikke bli revidert.

1.4 Struktur

Oppgaven tar først for seg utredning av relevant teori til oppgavens problemstilling. Videre beskrives planer om konseptutviklingen og momenter er innhentet fra oppgaven til Randal & Laukvik. En bredere beskrivelse av hvordan utvalgte løsninger er implementert på modellen kommer deretter hvor det også kommer frem oversiktlige figurer og måten det er gjennomført. Tester er gjort for å se effekten av tiltakene og for kalibrering av anleggets sensorer. Avslutningsvis drøftes arbeidet som er gjort, konkluderes det med anbefalinger. All dokumentasjon, skisser og koder er lagt til som vedlegg.

2 Teori

Kraftkilder skal distribuere elektrisk energi til forbrukere. De kan utvinne kraften sin fra f.eks. en motor som går i nominelt turtall og leverer en viss spenning. For at forbruker skal få riktige verdier av frekvens og spenning trengs det en elektrisk fordeling. En elektrisk fordeling er alle komponentene som brukes mellom produsent og forbruker, som vern, omformere, kabler, osv. Stegene gjort innenfor kraftelektronikken gjør at forbruker lettere og mer effektivt kan få sin spenning og frekvens.

Innenfor EMS har det de siste 10 årene blitt mer fokus på hvordan spare og øke kapasiteten på ulike plattformer. I hus er det som har blitt den største pådriveren mtp energisparing. Det er mange som ikke har lyst til å betale for høye strøm regninger, slik at firmaer har fokusert på å lage et optimalt Energy Management (EM) til hus. Dette er med på å øke kompetansen og effektiviteten på generelt EMS.

2.1 Ship Energy Management System (SEMS)

Skipets forbruk og produksjon av energi er veldig varierende. Situasjonen og været påvirker hvor mye energi som må brukes for å virke best mulig i ønsket situasjon. SEMS skal kontrollere energien som blir produsert og oppbrukt. Den styrer hvor mye energi som går til batteri, kjøleanlegg (HVAC), fremdrift og hotell last. Ved å ha kontroll på de største lastene om bord gjør at SEMS kan regne ut hvor mye energi som kreves. Hvis det er for lite energi om bord, man er i kampmodus, mangler energikilder, osv. gjør den tiltak ved å prioritere hvor energien skal. Hvis man for eksempel må manøvrere vekk fra fiendtlig område, prioriterer den energien til fremdrift istedenfor hotell last. Hybride fartøy har mye å vinne her grunnet de har mulighet for å lagre overskudd med energi i batteriene. (Mei, Zheng-guo, & Jiang-gui, 2012)

Jang og Oh kommer frem at SEMS er en viktig del av fremtiden for skip (Jang & Oh, 2013). De fant ut at å bruke SEMS med batteri resulterte reduksjon i unødvendig bruk av energi, øker fleksibiliteten til skipet i det miljøet den operer i, og forbedrer effektiviteten av fornybar energi.

Ettersom kompleksiteten av systemets arkitektur øker, øker også friheten av kontroll og valgene man har til design. Likevel bruker de mest avanserte fremdriftssystemene de samme tradisjonelle strategiene for kontroll og driftsmetoder. Generatorer med fast frekvens, regel-basert bruk av batteri og faste kombinator kurver som skal bidra til å øke og optimalisere skipets fremdriftsevne. I disse systemene har det vist seg å ikke ha noen drastiske reduksjoner i utslipp og drivstoff forbruk. Men mer intelligente hybride system med bedre strategier og driftsmetoder har forskning vist at det er en 10-35% reduksjon i drivstoff forbruk og utslipp (Geerstma, 2017, s. 32).

Fordelene med elektrisk fremdrift med en hybrid strømforsyning er at man kan slå av en eller flere motorer når de går i en lav belastningssone der de heller ikke er så effektive. I tillegg reduserer dette støy ombord og vibrasjoner, som øker trivsel og komfort. En hybrid strømforsyning gir også muligheten til «peak shaving». Batteriet leverer effekt i perioder hvor det kreves mye kraft og lades i perioder hvor det kreves mindre kraft for å drive fartøyet. Det kan redusere den total installerte effekten om bord spesielt på fartøy med høye krav til effekt tilgjengelig under dynamisk posisjonering (DP) i offshore næringen. Batteriene som strømforsyning kan også fungere som back-up ved feil på en diesel generator og kan hindre tap av all fremdrift i en farlig/kritisk situasjon. Her er det redundans i flere ender ved at man har strømforsyninger og flere propeller/asimuter å velge mellom (Geertsma, 2017, s. 43).

Batterier i et hybrid system kjøres i parallell med generatorene, noe som leder til enkelte ulemper. For at forbruket og utslippet skal være effektivt forutsettes det at systemet lader og utlader batteriene i riktig tid. For å få dette til trengs en god kontroll strategi eller et «software» som gjør disse vurderingene og beregningene når peak shavingen og ladingen slår inn og ut. Den må også sende riktige signaler når lasten fluktuerer under et oppdrag med varierte oppgaver (Geertsma, 2017).

En del av energy management er hva Geertsma beskriver som «*The control strategy for hybrid propulsion with hybrid power supply*». Her presenterer han en metode på å oppnå en god kontrollstrategi. *Heuristisk kontroll* er en regelbasert metode som går ut på å definere kontroll modusen til anlegget. Dette gjøres ved å kartlegge driftsmodusen fartøyet

er i, eksempelvis høy eller lav marsjfart, standby eller en DP-modus kombinert med ladingen til batteriene. På denne måten kan dette systemet slå av motorer som ikke er nødvendige og dermed spare drivstoff. Mengden besparelse er avhengig av fartøyets operasjonsmønster og størrelsen på komponentene om bord.

For et fartøy med ukjent operasjonsmønster har det vist seg at en «adaptive *equivalent consumption minimization strategy*» (A-ECMS) kan være nyttig. Dette er en «*real-time energy management*» som balanserer bruken av batteriene og dieselgeneratoren slik at ingen av kraftforsyningene beveger seg utenfor sitt optimale driftsområde. En ECMS tar for seg en veldefinert «kost» funksjon laget ut fra fartøyets forbrukere den har der og da. Her må man også passe på at man vet forskjellen på nytten av den elektriske energien og energien man får fra drivstoffet. Den adaptive delen (A-) går ut på å legge til en passende algoritme for estimeringen ut fra driftstilstanden den er i nuet. Denne må oppdateres i perioder om forbruker tilstanden endres (C. Musardo, 2005, s. 509-524).

2.2 Kraftelektronikk

Kraftelektronikk blander de tre hovedområdene innenfor elektroteknikk; Kontroll, kraft og elektroteknikk. Det er kraftelektronikken som har muliggjort et stort utvalg av kraftomformere. Resultatet av dette er at det er lettere å bytte kritiske deler og effektiviteten av systemet er høy. Bilindustrien er en pådriver for å effektivisere omformere, noe som fortsatt forskes på. Dette gjør at kraftelektronikken kommer til å fortsette med å ta steg.

Innenfor kraftelektronikk er peak-shaving et fenomen som øker effekten av systemet. Dette fenomenet gjør at effekten ut fra dieselmotoren har høyest virkningsgrad. Effekten er både økonomisk, lengre levetid på motor og miljøvennlig.

Hoved essensen med hvilken virkning kraftelektronikken har hatt i det elektriske spekteret er å åpne muligheten for å endre spenning og frekvens.

2.3 Styresignaler

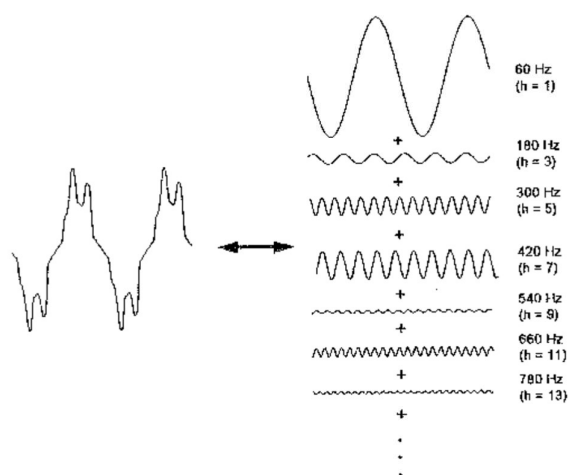
Elektrisk støy er noe som er uønskelig i et elektrisk signal (Connelly, 1993). Støy som oppstår i elektriske moduler varierer veldig, ettersom det er flere fenomener til elektronisk støy.

Det er to hovedgrupper for støy, komponentstøy og koblingsstøy. Komponentstøy kommer fra de forskjellige komponentene i det elektriske anlegget. Det skyldes fysiske fenomener i enheten. Koblingstøy resulterer fra fysiske fenomener eller en kunstig kilde, som f.eks. gjennom en antenne, radio eller magnetiske felt. Det er flere undergrupper til de to hovedgruppene. De mest vanlige komponent støytypene er flicker støy, termisk støy og shot-støy. Shot-støy oppstår ved overganger i dioder og bipolare transistorer. Siden en sinus inverter bruker dioder og transistorer for å likerette eller vekselrette spenningen, stemmer dette med teorien om shot-støy. Med sikkerhet kan det da sies at det er shot-støy som er hovedgrunnen til støyet fra sinus inverteren.

Koblingsstøy ligger hovedsak i overganger og kabler. Kabler skal hovedsakelig skjermen sørge for å holde det magnetiske feltet innad i kabelen. Det magnetiske feltet setter opp virvelstrømmer i skjermen som igjen setter opp et magnetisk felt i motsatt retning. Dette reduserer det magnetiske feltet ut fra kabelen. Skjermen har bedre effekt ved høyere frekvenser. Ved lavfrekvente kabler, som 50 Hz, er det veldig vanskelig å skjerme det magnetiske feltet. Skjermer vil har en relativt effektiv effekt, men det er også benyttet plate-skjerming. Tykke plater med aluminium har vist seg å ha god effekt mot beskyttelse mot nettfrekvens, 50Hz.

Støy må ikke være dårlig. Det hjelper til som en begrensing f.eks. til tv kanaler. Uten støy ville man tatt imot kanaler uendelig langt unna. For denne oppgaven derimot er støy negativt. Konsekvensen av mye støy er dårlige målinger som videre kan resultere i at EMS gir deg feile beregninger.

Fourieranalyse

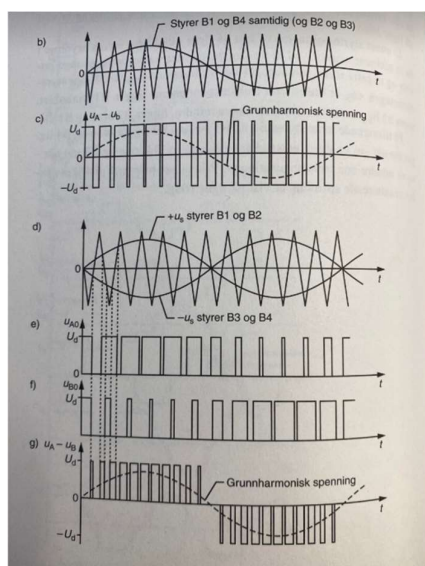


Et periodisk signal kan uttrykkes som i formel $f(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} [a_n \cos(h\omega_1 t) + b_n \sin(h\omega_1 t)]$

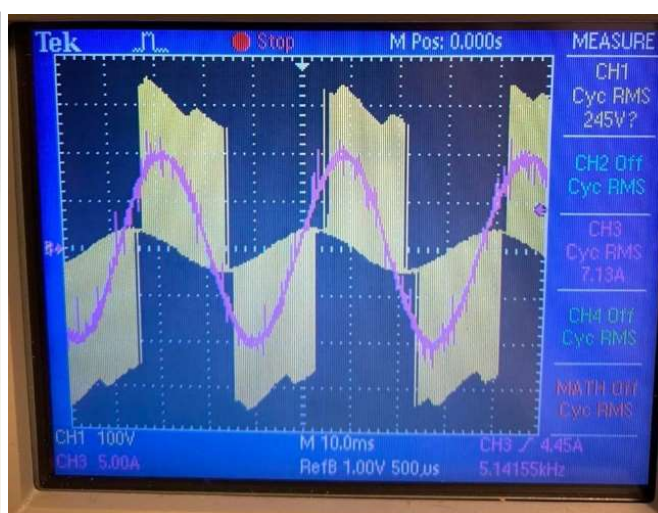
Figur 1: Harmoniske strømmer

THD er total harmonisk forvrengning. Det er vanskelig å finne ut hvilke harmonisk orden og størrelsen på disse er, men kan gjøres ved hjelp av en effektanalysator. Slik som på figur 2 ser man at 1. harmoniske dominerer signalet på 60Hz fordi den har størst amplitude. 7. harmoniske på 420Hz skaper en del forstyrrelser med nest høyest amplitude. Ressterende harmoniske forstyrrelsene skaper litt støy, men har så liten amplitude at det omtrent ikke synes på det resulterende signalet.

PWM, *pulse width modulation*, er en form for styreteknikk. Det er transistorer som lukker og åpner seg veldig fort og lager en firkantspenning. Hurtigheten på en periode for «av/på» signalet (Svitsjingen) kalleres for styrefrekvens eller svitsjefrekvens som ligger normalt på rundt 5-16kHz for frekvensomformere. En periode er like lang uansett, men på-tiden og av-tiden kan variere ut fra hvor i sinuskurven man er (Se figur 3). Lang på-tid og kort av-tid betyr at man er i positiv halvperiode, og motsatt for negativ halvperiode. Like lang på-tid som av-tid er man i nullpunktet. En breddemodulator endrer derfor kun på perioden, amplituden er lik hele tiden (Thorsen, 2000). Oppgaven bruker Arduino PWM for hvilken stilling servomotoren til choke på aggregatet skal stå i.



Figur 2: PWM



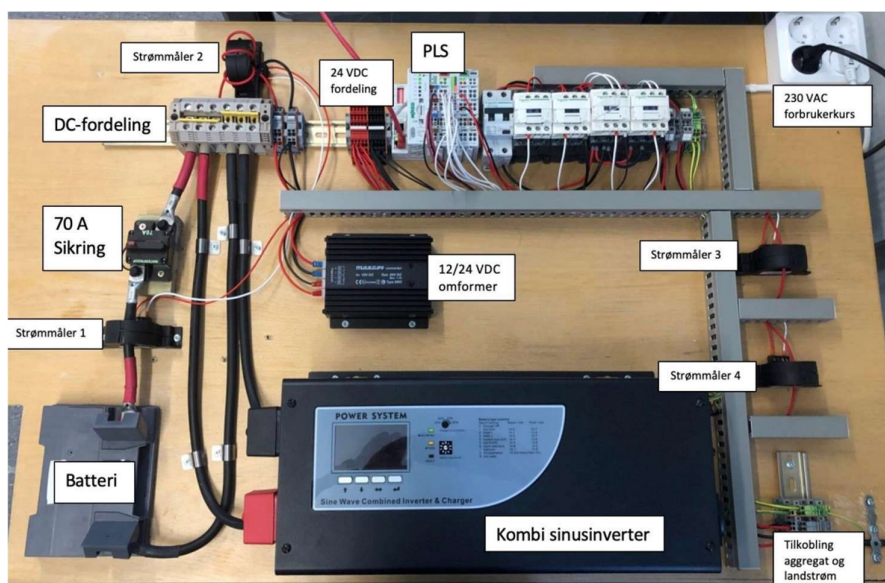
Figur 3: Spenning og strøm fra frekvensomformer

3 Plan for Implementering

Oppgaven er en videreutvikling av en tidligere bachelor. Kadettene som jobbet med modellen i 2019 har lagt ned en god innsats i EMS modellen, men hadde noen forbedringspotensialer det skal se nærmere på. I dette punktet ses det på modellen slik den var før prosjektet var påbegynt og hvilke videreutviklings planer som ble lagt og. Alle komponenter er beskrevet i Vedlegg F.

3.1 Modell

På figur 4 er det avbildet den gamle modellen slik Laukvik og Randal forlot den. 12/24V omformeren ble tatt av noen andre og det var også et aggregat som ikke er avbildet. Modellen driftes av et aggregat eller via landstrøm til inverteren. Inn til inverteren går 230V forsyningen via et filter og forsyner både 230V forbruker og omgjør til 12V DC. I DC fordelingen forgrenes det til batteri og 12/24V omformer. Omformeren gir spenning til PLS. Anlegget prioriterer batteridrift og iverksetter denne modusen når den ikke måler spenning inn.



Figur 4: Tidligere modell

3.1.1 Spenningsmåling

Spenningen i modell, blir målt av PLS modul 750-483. Denne modulen måler bare likespenning, så derfor blir det bare målt spenning på likespenningssiden av modellen. Hvordan dette gjøres i detalj står beskrevet i modul beskrivelse wago 750-483 (Vedlegg F).

3.1.2 Strømmåling

Strømmen blir målt av 4 strømtrafoer plassert rundt på modell. Det er plassert to Seneca T201DCH300-LP på veksels siden og to på likespenning siden.

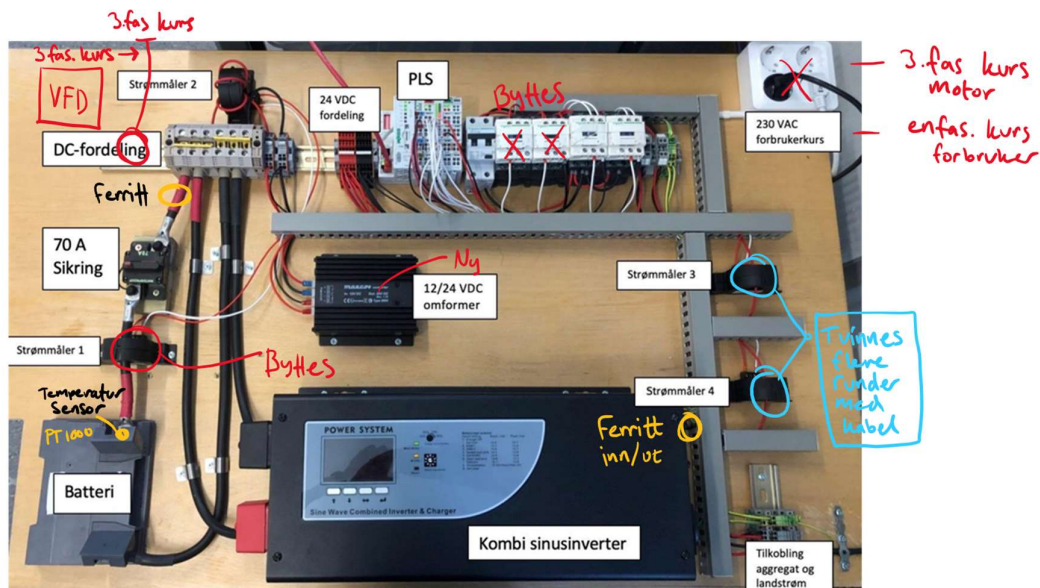
Sensorene bruker hall-effekt. Dette er en måling av magnetfeltet rundt kabel som gir en verdi på hvor mye strøm som passerer gjennom sensoren. Sensorene er ikke en del av kretsen, så det vil ikke være noe energitap av målingen. T201DCH300 sensorene er stilt inn til et målområde fra -150 til 150 ampere. Denne kan måle både AC og DC.

3.2 Plan for videreutvikling

Modellen skal gjøres mer brukervennlig. Som et aspekt ved å gjøre modellen mer brukervennlig er det planlagt å gjøre den mer mobil. Ved å anskaffe eksosslange og jordspyd kan modellen driftes inne og ute. Ved å lage en brukerinstruks kan andre ta i bruk modellen til ønsket bruk. For at modellen skal være vannbestandig trengs det et slags deksel. Det skal være mulig utføre en visuell inspeksjon av anlegget uten å åpne dekselet. Her skal det legges til rette for at HMI'en skal være vannavstøtende. Planen er at det skal legges til et nytt brukergrensesnitt og grafisk grensesnitt.

Et videreutviklings moment som ble nevnt i tidligere bachelor var å få automatisert aggregatet. Dette er avgjørende for en automatisk drift av EMS'en. Det var flere ting som måtte legges til rette før aggregatet skulle ha mulighet for å starte på egenhånd. Hovedproblemet var at det ikke er noen elektrisk choke på denne. For å løse dette problemet er det planlagt å installere en elektrisk servo som blir styrt av en Arduino. Planen er å flytte startsignalet som blir gitt via nøkkel på aggregatet, opp til PLS. Ved bruk av aggregatet er energikapasiteten til systemet betraktelig økt. For å kunne overvåke gjenværende reserver er det hensiktsmessig å ha kontroll på bensin forbruket. Her skal både uttak av bensin og gjenværende mengde i tanken overvåkes.

I kretsoppsettet ble det brukt flere kontaktorer. To av kontaktorene skal byttes ut med 24V reléer for å skape plass på DIN-skinnen. Disse egner seg bedre og lager mindre lyd enn bestående løsning med kontaktorer. Det åpnes også opp for å legge til flere releer til automatisering av aggregatet. Dessuten var det enkelte komponenter som manglet for å øke sikkerhet og bruksområde til modellen, som frekvensomformer og sikring til forbrukere. I tillegg ble det investert i en ny strømtrafo med et mindre målområde. Denne skal bytte strømmåler 1 på DC siden.



Figur 5: Modellens plan for oppgradering

Et av problemene med modellen ifølge tidligere oppgave er at det kom støy fra sinus inverteren til DC-linken (Randal & Laukvik, 2019, s.47). Problemet ble da hvordan kan man dempe denne støyen? Støy vil det komme fra kraftelektronikk uansett. Sinus inverteren har noen form for filter innebygd, men støy kan variere både fra kvaliteten på «omformingen» og størrelsen på filtreringen. Sistnevnte kan utbedres og det ble valgt å gå til innkjøp av både EMI filter og ferritt kjerner. Dette ble «forsket» på hvor i anlegget en kan plassere filtrene for å effektivt redusere støyen.

Andre faktorer for støy kan være led lys i rommet man er i, men dette påvirker bare de fineste komponentene og gjerne måling av støy ved oscilloskop. Det har ikke blitt gjort noen tiltak mot annet enn å slå av lyset for å se etter forandringer ved måling av støy.

Støy fra aggregatet er en kjent årsak til støy. Ved å glatte strømmen inn er det tenkt at finere AC strøm inn til inverteren vil være lettere å dempe støyen. Det er en grunn til at det finnes aggregat til 50 000kr og det er nettopp fordi at de klarer å produsere en fin elektrisk strøm slik at utstyret man koblet til ikke blir ødelagt. Aggregatet som ble anskaffet koster om lag 3200kr og det er regnet med at produsenten har laget et produkt som produserer en elektrisk strøm innenfor minstekravene. Dette kan resultere i et produkt som ikke vektlegger komfort som et behov. Ting som kan ha blitt nedprioritert er begrenset lydstry, sensorer, ekstra sikkerhetsfunksjoner og tilleggsfunksjoner som å parallell koble aggregatet med andre aggregat. Aggregatet vil mest sannsynlig lage mye støy, noe som betyr at testene som er planlagt vil gi resultater.

Software fasen var det brukt eCockpit! med kodespråk Codesys som allerede var lagt til grunn. Grunnlaget i koden, som var laget fra før planlegges å bruke, men endringer som blant annet signaler fra sensorer og andre deler av koden endres på. Målet var å konstruere en enda smartere EMS med flere variabler, som kan hente mer informasjon og samtidig gi flere anbefalinger ut ifra sensorene.

Arduino planlegges å gjøre det helt enkelt ved å bruke Arduino IDE som er skrevet i funksjoner fra C og C++. Fordelen er at den bruker puls breddemodulasjon som gjør at Arduino forteller servoen hvilken posisjon den skal være i, noe som er gunstig når en skal styre en arm til choken. Når programmet er kompilert og overført kan man koble fra og man trenger ikke å gjøre noe mer.

HMI'en var fra tidligere bachelor ikke noe annet enn webvisu på en lab PC. Her er tenkt å overføre oversikten fra webvisu til en raspberry pi med tilhørende LCD skjerm for å gjøre modellen uavhengig av en lab PC. Her tilknyttet også alle variabler man har behov for til knapper på skjermen.

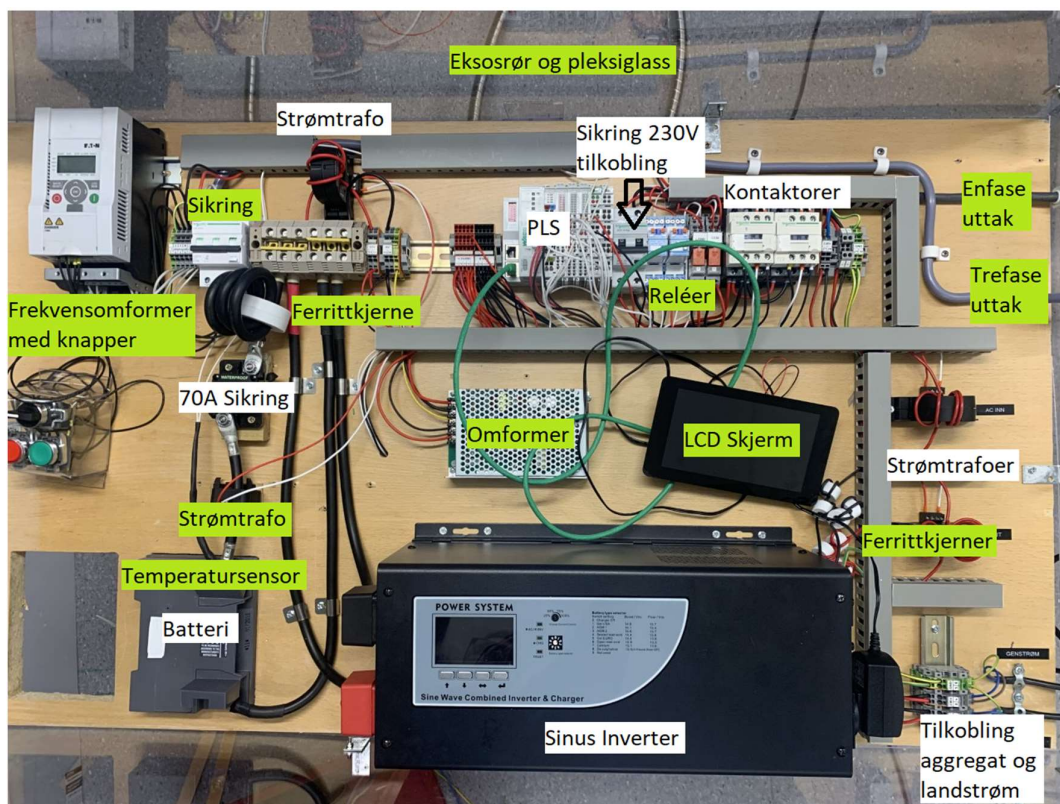
4 Implementering

I dette kapitlet gis det en kort oversikt over hvordan modellen og hvordan den har fått et løft ut fra standpunktet i kapittel 3, plan for implementering og anbefalinger fra tidligere bachelor (Randal & Laukvik, 2019). Her vises først et oversiktlig bilde av anlegget slik det står ferdig, videre om de viktigste komponentene, hvordan disse er implementert i modellen og utviklingen av styreprogrammet.

4.1 Systemoversikt etter oppgradering

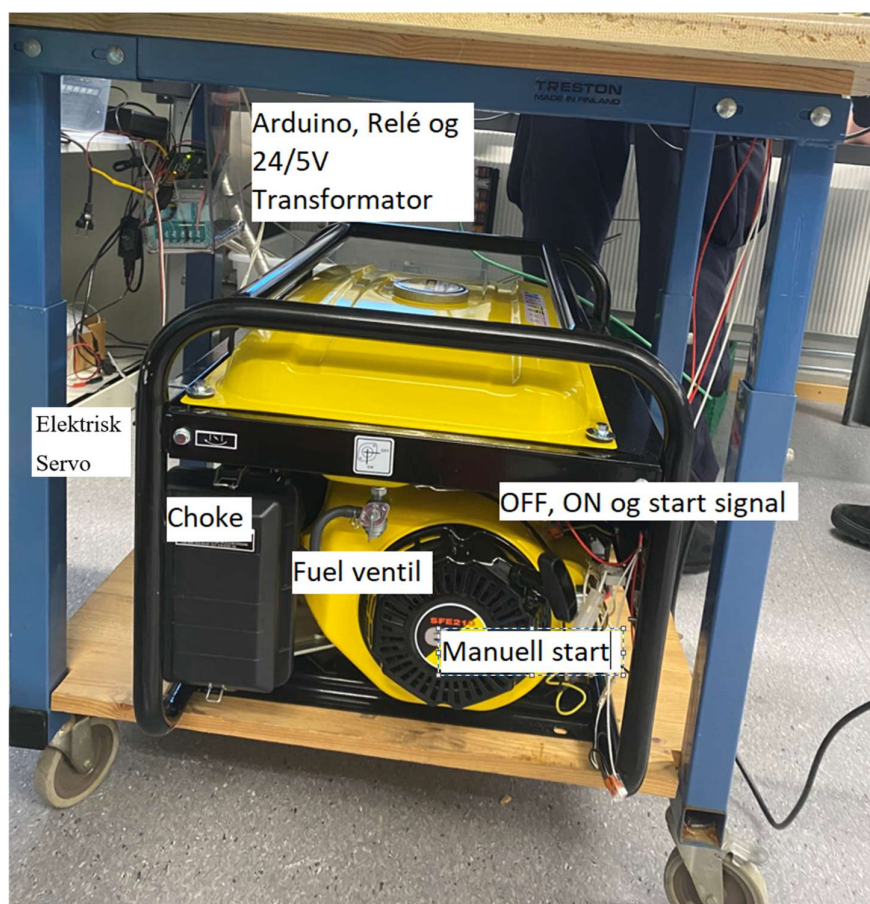
En oversikt over endringene der vist i fire deler, Figur 6, 7, 8 og 9. Det er først og fremst gjort endringer på modellen ved å bytte ut to kontaktorer med fire mindre reléer. Strømmåler på DC-side er blitt byttet ut og kablet er tvinnert flere runder rundt de gamle strømtrafoene for å bruke en større del av målområde. Ferrittkjerner er montert på DC- og AC siden for å hindre støy og sikre fin elektronikk. Hvor effektiv disse er til å redusere det bestående støyproblemet testes i kapittel 5. Temperaturmålere er plassert på batteriet og aggregatet for å ha en sikkerhetsfunksjon på modellens strømkilder og mest kritiske komponenter. Temperatursensoren på aggregatet hindrer betjening av choke når motoren er varm nok og gir beskjed når normal driftstemperatur overstiges. Temperatursensoren på batteriet gir beskjed når temperaturen på den positive polen overstiger 40°C. Frekvensomformer er lagt til med brytere for å kunne kjøre motorforbrukere. Effekten på frekvensomformer er 1,5 kW og frekvensområdet er 0-320 Hz.

For å gjøre anlegget mer autonomt ble blant annet aggregatet modifisert med servo og Arduino for styring av choke. Startsignal til aggregat har blitt løst ved å benytte to reléer. Reléene blir styrt gjennom PLS. For at modellen skal kunne brukes inne og ute er det anskaffet en eksos slange på tre meter og jordspyd med kabel.



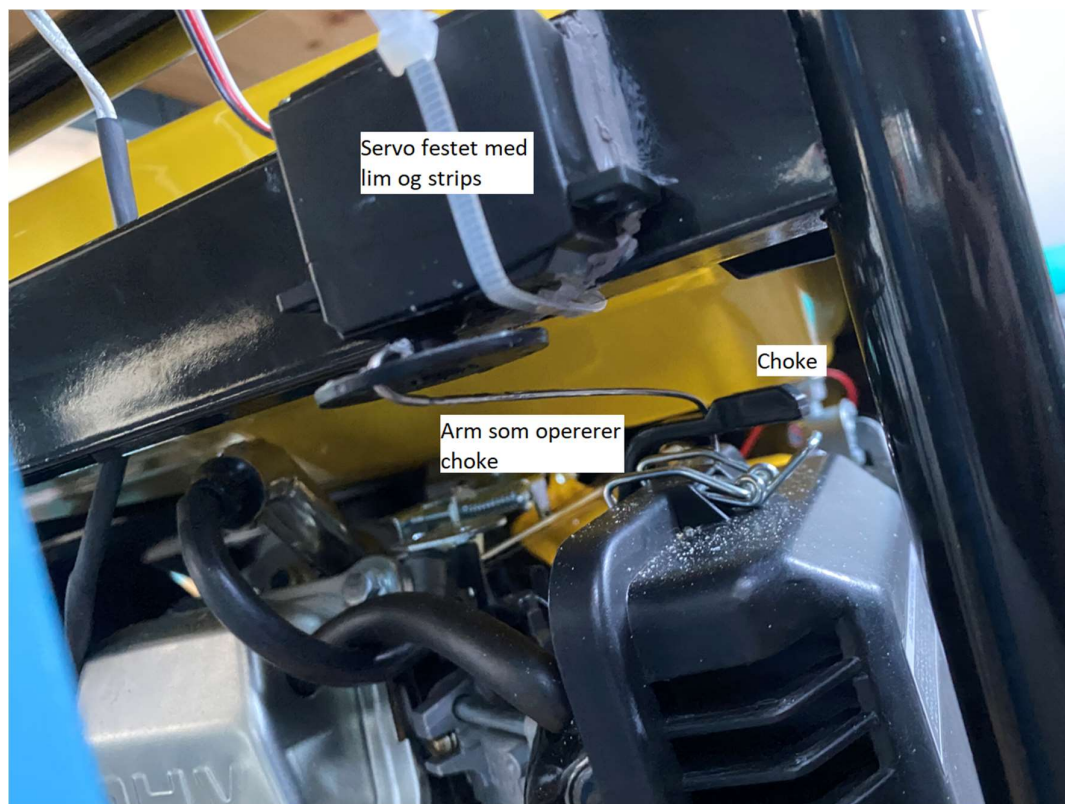
Figur 6: Modellens arrangement, der grønt er nytt og hvit var der fra før

EMS'en står på et bord med hjul. Under bordet er aggregatet plassert som vist på figur 7. Leddet mellom PLS og choke er plassert nærmest servo slik at man unngår spenningsfall med lang 5V kabel. Til høyre på figuren er det trukket ned ledninger som skal gi stopp- og start-signal til aggregatet. Disse er styrt via reléer av styreenheten i modellen, PLS'en. Til choken var det behov for en 24/5V omforming slik at 24VDC signalet kunne trekkes ned til aggregatet for å hindre spenningsfall med 5V signal. En temperatursensor er montert ved aggregatets brennkammer. Denne er koblet til PLS og skal gi en grense for når betjening av choke trengs.



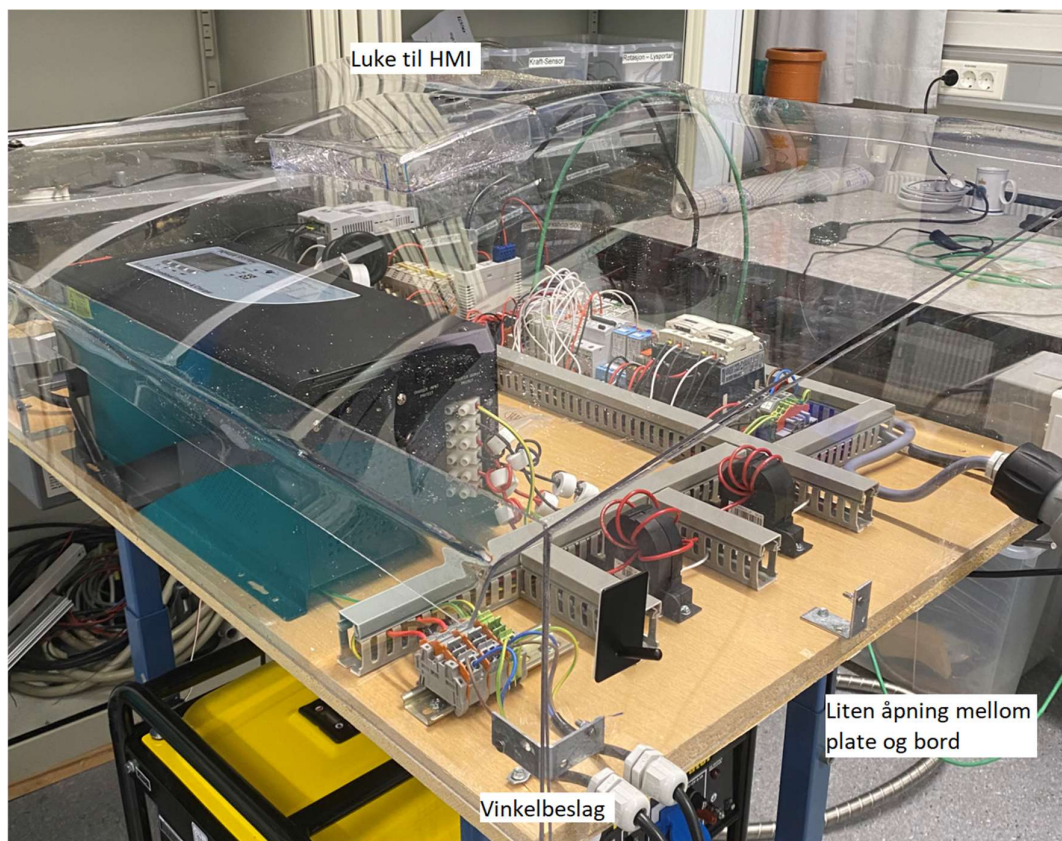
Figur 7: Aggregatets modifikasjoner til overvåking og fjernstyrt start og stopp

På baksiden av aggregatet er det montert en eksosslange som gjør det mulig å kjøre modellen innendørs for testing og generelt bruk. Modellen er likevel hovedsakelig tiltenkt å bruke utendørs. Jordspyd er montert på høyresiden av figuren og skal normalt stikkes i godt jordsmonn ved bruk. Under testing er det koblet jord til modellen via landstrømstilførselen. Ytterligere beskrivelse av modifikasjonene er beskrevet i påfølgende avsnitt.



Figur 8: Nærbilde av servo som opererer choke

Leddene mellom PLS og servo består av en omformer, en Arduino og et relé. Figur 8 viser kort hvordan servoen er festet til aggregatets armering, hvordan armen er konstruert og festepunktet på choke armen. Betjeningen av choken må times korrekt sammen med startsignalet for at motoren skal starte på en fin måte. Aggregatet skal starte automatisk når det måles for lav spenning på batteriet (på DC-siden). Spenningen måles via PLS, og denne styrer deretter startsignalet av aggregat. Selve startsignalet er et 24VDC digitalt signal som legger over et relé som erstatning for en manuell startbryter.



Figur 9: Plattformen etter oppgradering

Modellen er beskyttet med pleksiglass for å hindre at dårlig vær og nedbør skal være avgjørende for å kunne drifte utendørs. Konstruksjonen er designet med en helling og veggene er festet med vinkelbeslag i hjørnene og mellom veggene og bordet. De fire pleksiglass platene ble målt og skjært med baufil. For å skape helling på alle sider er platene varmet opp med gassbrenner og bøyd. Det er tatt hensyn til at fukt kan renne ut hvis det skulle komme noe på innsiden av veggene. På toppen er det konstruert en luke med åpning for å komme til HMI'en. Denne er også beskyttet mot fukt.

4.2 Sensorer

Her beskrives hvilke sensorer som er benyttet, hvor de er plassert og en mer detaljert begrunnelse av dette.

4.2.1 Strømtrafo

Figur 10 viser en strømtrafo SENECA T201DC med et lavt målområde på -10 til 40A. Man kan regne ut maksimalt strømtrekk fra batteriet ved å dele den maksimale effekten via inverteren pluss effekten fra PLS med spenningen som benyttes:

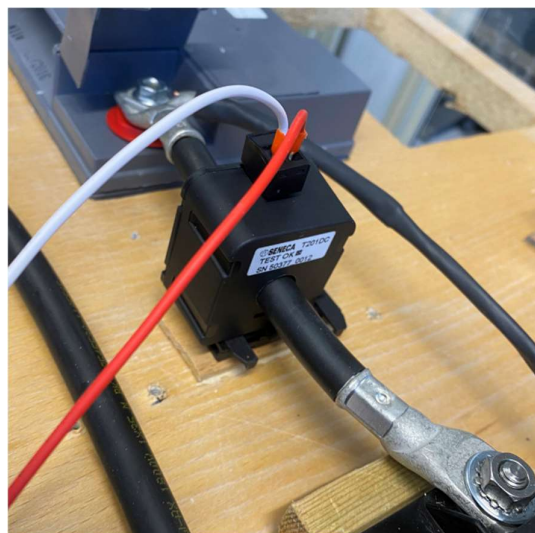
$$I_{maks} = \frac{1000W (0,5A * 24V)}{12V} = 84,3A \quad (4.1)$$

Kabler og sikring er dimensjonert i.h.h.t. kravene og er beskrevet i vedlegg H. En mer hensiktsmåte å fordele strømtrafoene på er å kjøpe flere av denne typen på AC siden da det måles vesentlig mindre strømmer der på grunn av den høye spenningen. Ved hjelp av DIP-switcher kan man også justere denne måleren til et område på 0 til 10A. Grunnet budsjett kunne dette ikke la seg gjøre.

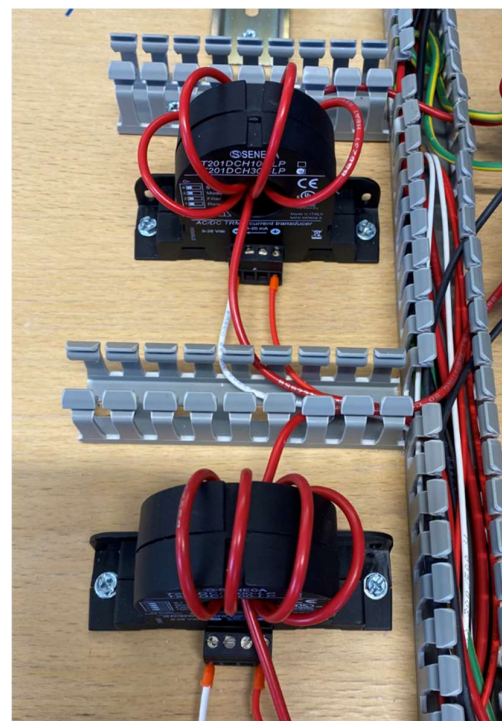
En ærlig feiltolkning er at det var ønsket strømtrafo med mindre målområdet til modellen og samtidig var det problemer med DC-linken slik det kommer frem i tidligere bachelor side 47 ((Randal & Laukvik, 2019). Ved å regne ut maksimal strøm ved normal drift kan man derfor begrunne behovet for strømtrafo SENECA T201DC med mindre målområdet:

$$I_{maks} = \frac{1000W}{230V} = 4,35A \quad (4.2)$$

SENECA T201DC H300-LP med bipolart målområde (minus og pluss verdier) på -150 til 150A passer derfor til å ha på DC siden. På AC siden er ledningene tvinnet slik at ledningen går flere ganger gjennom måleren og kan da tilpasses måleren på -10 til 40A som ble benyttet på DC siden.



Figur 10: DC ny strømtrafo



Figur 11: AC strømtrafo

4.2.2 Temperatursensor

Sensorene er PT 1000 temperatursensorer som er en motstandssensor som kan leses av via modul 750-450 på PLS'en. Modulen må innstilles til rett type motstandselement. Siden tidligere bachelor ikke hadde modulen 750-450, som leser av motstanden i kablene og omgjør dette til grader ble denne lånt fra skolen.

Den første temperatursensoren er plassert like ved brennkammeret til aggregatet. Det er plassert her for å få de høyeste temperaturene aggregatet produserer under drift. Hensikten her var å kunne slippe å betjene choke når aggregatet allerede er varm, og samtidig kunne kartlegge store temperaturendringer som en sikkerhetsfunksjon. Eksempelvis automatisk utkobling ved høy temperatur. Ved kaldstart av aggregatet vil startsignalet ikke være tilstrekkelig for å kunne starte den.

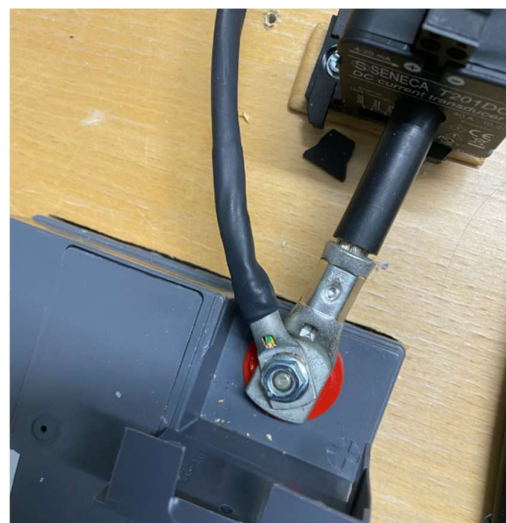
Bensin fordamper ved 30-40°C, så jo kaldere temperaturer, jo mindre bensin vil være i gassform. Det betyr at aggregatet vil kunne tenne bensinen dårlig.

Ved bruk av choke, i sin enkleste form en klaff for tilførsel av mer bensin, endres bensin-luft blandingen slik at mer bensin tilføres og motoren kan starte selv ved kald temperatur. Ved å choke en motor minker du mengden luft inn, slik at trykket faller og det kan altså komme en større mengde bensin inn til brennkammeret. I utgangspunktet er choke-funksjonen en manuell vrikknapp på aggregatet. For å automatisere denne ble det lagt til en servo med en mikrokontroller for å styre denne. Et 24VDC ON/OFF signal fra PLS blir i mikrokontrolleren oversatt til to vinkelinnstillinger til servoen, en for OFF-stilling og en for ON-stilling. Dermed kan PLS'en styre choken og starte aggregatet også ved kaldstart.



Figur 12: Feste til temp. sensor på aggregat

Den andre temperatursensoren er plassert på batteripolen. Kabelskoen er isolert fra føleren og vil ikke føre strøm i målesløyfen. Et høyt strømtrekk vil skape varmgang og dermed detekteres av føleren, men her er det et mindre målområde som benyttes. I Kabelens dokumentasjon står det at isolasjonen og vil tåle en kontinuerlig ledertemperatur på om lag 70 grader celsius. Ifølge kilde skal man ikke lade et AGM batteri utenfor området 0-40 grader celsius (Lifeline, 2021). Dette kan man også kontrollere og er fordelaktig hvis man ønsker en lengre levetid på batteriet. En mer optimal løsning kunne vært å overvåke hver battericelle i et større anlegg og man kan da oppdage feil vesentlig tidligere enn ved denne metoden. I tillegg er det ikke sikkert at batteripolene vil bli varmest ved en feil og plasseringen kan derfor ikke være helt optimal.



Figur 13: Feste til temp. sensor på batteri

4.2.3 Flowmeter

Flowmeteret er ikke brukt på modellen. Årsaken til dette er at det ble kjøpt inn flowmeter med feil målområde. Flowmåleren som ble bestilt dekker 0,6 – 10 l/min, og ved å regne ut aggregatets forbruk kan man finne ut at den ikke dekker målområde:

$$Q = \frac{15}{11,5h} = 1,3 \text{ l/h} \quad (4.3) \quad \text{Dette tilsvarer:} \quad Q = \frac{1,3l/h}{60} = 0,0216 \text{ l/min} \quad (4.4)$$

Dette er med andre ord langt unna målområdet og modellen har behov for en mer nøyaktig måler. De fleste flowmeter med lavt målområde trenger ofte en retur, noe aggregatet ikke har. Prisklassen er også en helt annen, men her er det mulighet for å prioritere riktig dersom dette ble oppdaget når det ble bestilt.

Planen med flowmeteret var å måle fuelnivået i tanken. Her kunne man vite at tanken var full når den startet og dermed trekke fra fuel som ble registrert gjennom måleren. Her er det



Figur 14: Målemulighet på aggregat

viktig å bruke en variabel i programmet som husker sin verdi selv om anlegget stenges ned, slik:

```
VAR RETAIN
```

```
FuelLevel : INT;
```

```
END_VAR                                     (help.codesys, 2021)
```

En annen metode som ble sett på var ved bruk av nivåmåler. Tanken er flat, modellen er mobil og kan derfor bli plassert i bakker eller lignende som gjør målingene unøyaktig. Om en nivåmåler skal brukes må tanken være tett og siden det allerede var en nivåmåler (se figur 14) på aggregatet kunne man finne en løsning for å lese av denne. Siden dette er en «slider» som beveges opp og ned ble det ingen gode løsninger på dette.

4.3 Brukergrensesnitt

Modellen er uavhengig av en lab PC, og dette ble gjort ved å binde relevante og styrende variabler opp mot HMI skjermen. Her får man også opp temperaturer, spenning på DC-side, effektforbruk de viktigste plassene og fargeendringer ved for høye temperaturer på batteri og aggregat. Ved å hente variabler fra tidligere bachelor hentes det også inn estimert operasjonstider ved de ulike driftsmodusene. En fin oversikt over tilstandene vises også på skjermen med tilhørende piler mellom hovedkomponentene (Randal & Laukvik, 2019).

En liten pleksi-boks med knapper og brytere til frekvensomformerer er lagt på luken til modellen for å styre en motor som kobles til trefase stikkontakten. Bare motorer kan kobles til denne. Forbedringer her er at alle knapper gis en funksjon, så langt benyttes bare vri-bryteren for å starte motoren ved merketurtall i begge dreieretninger. Brukergrensesnittet er så optimalt den kan være med tanke på betjening av modellen. Fra dødt anlegg må tre sikringer skrus på (mer om dette i vedlegg G). Da må luken åpnes, resterende av styringen foregår på LCD skjerm og knapper til frekvensomformer som er på utsiden av kapslingen. Da kan modellen betjenes av usakkyndig personell med innføring i brukerinstruks.

4.4 Støyreduserende tiltak

Ferrittkjerner og EMI filter ble bestilt, men bare ferrittkjernene ankom i tide. Planen var å plassere et filter på AC inn/ut og se effekten dette hadde. Ferrittkjernene var hovedsakelig en buffer og man kunne benytte disse på både AC og DC siden.

Det er tatt forhåndsregler for å skille normal systemjord og signaljord, men det ble ikke mulig å skille signalkabler fra andre kabler på en god nok måte på modellen i.h.h.t. krav i vedlegg H.

4.5 Videreutvikling av styreprogrammet

Her blir det beskrevet gammel kode og endringer/implementeringer gjort i koden. Hele programmet med kommentarer er lagt til vedlegg D.

4.5.1 Styreprogram

Styreprogrammet fra tidligere bachelor har blitt endret i noen grad. Etter testing og forsøk ble det konkludert at enkelte variabler som er blitt lagt inn i programmet ikke fungerte som de skulle. Det var ikke mulig å endre tilstand mellom generator, land eller batteri. Det ble fjernet et par variabler som ikke hadde noen oppgaver og det ble lagt til variabler som gjorde at det ble mulig å styre modellen fra webvisu. Det er laget et eget program i arduino for styring av choke.

```

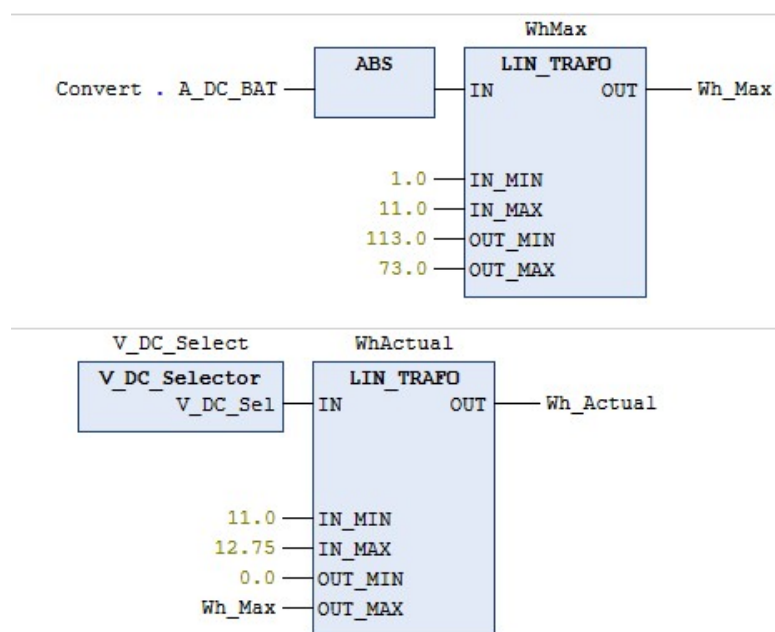
CASE States OF
  Battery : //Batteridriftstilstand.
    Land := FALSE ; //Kontakorer for landstrøm og aggregat legges ut.
    G1 := FALSE ;
    G1Stopp := TRUE ;
    BatSwitch := FALSE ;
    Bat_Cap_Estimator (Wh_Actual => Wh_Total_Bat) ; //FB for energinivåestimering oppdateres.
    IF ShoreSwitch THEN //Går til landstrømstilstand hvis landstrøm knapp
      States := Shore ; //trykkes.
    END_IF
    IF ( ( Convert . V_DC <= V_DC_Min ) OR GenSwitch )
    AND NOT ( ShorePower > 10000 ) THEN //Går til generatordrift hvis spenning går for lavt eller
      GenStart := TRUE ; //man selv ønsker å gå over til generator drift.
      States := Generator ;
    END_IF

```

Figur 15: Tilstand for batteridrift og overgangsbetingelser til generator og landstrøm

4.5.2 Estimering av batterikapasitet

Koden fra tidligere bachelor fungerte ikke til å estimere batterikapasitet. Etter mange forsøk på å rette opp i variablene ble det til slutt avgjort å fjerne et par av dem. Dette resulterte i at programmet ikke lengre estimerte batterikapasiteten. Ved å endre variabler som blir lest inn til utregningen begynte programmet å fungere igjen. Koden er lik som tidligere bachelor, men med et par endringer i variabler og skalering.

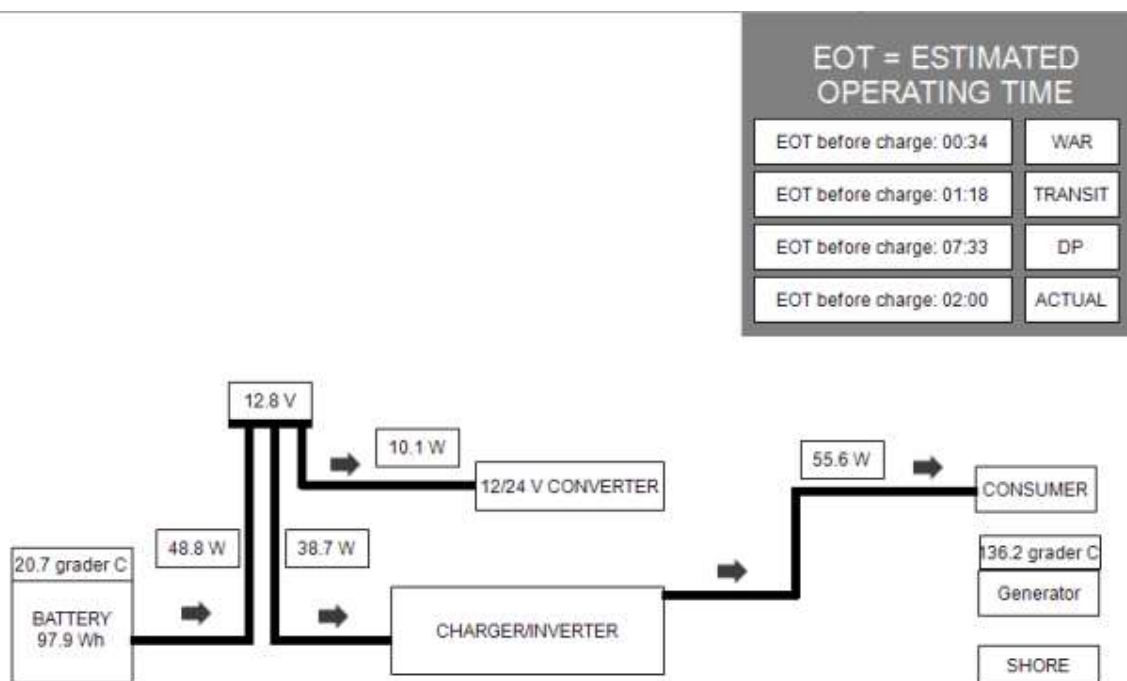


Figur 16: Estimering av batterikapasitet

Kapasiteten blir beregnet ved å bruke batterikapasitet testene til Laukvik og Randal på 1A og 11A. For å så skalere ampere ut med hvor mange Wh man kan maksimalt ha igjen. Spenningen målt på DC siden blir skalert opp mot Wh_Max og regner ut hvor mange Wh man egentlig har basert på spenning.

4.5.3 Brukergrensesnitt

Fra tidligere bachelor er det mulig å få kontinuerlig avlesinger av hvor mange watt som går i deler av modell og tid til ladning i forskjellige situasjoner. Tidligere program hadde fin struktur på brukergrensesnittet, så dette har blitt tatt med videre. Endringer i brukergrensesnittet er at det skal være mulig å styre modellen fra LCD skjerm. Det er lagt til «trykke» egenskaper på hver av driftstilstandene. Dette er for å kunne velge hvilken tilstand man skal være i. Avlesning av temperatur på batteri og aggregat er også lagt til i HMI for å få varsel hvis noe skulle være galt, samt for høyt strømtrekk fra batteriet.



Figur 17: Prinsippkisse av EMS som brukergrensesnitt

4.5.4 Implementering av sensorer

Modellen har hatt strøm og spennings sensorer rundt på modellen fra før. Disse er avgjørende for målingene som blir gjort med tanke på batterikapasitet. Sensorer som har blitt lagt til er to temperatur sensorer og en ny strømtrafo som har et mindre målområde enn de tidligere. Temperatur sensorene er til for å gi oss et visuelt varsel om noe er galt, samtidig er den på generator til for å vite om den trenger choke.

5 Tester

I dette kapitlet beskrives de forskjellige testene som ble gjort på anlegget. Først undersøkes programmets samspill med aggregatet. Deretter testes temperatur til aggregat for å starte uten choke. Når temperaturen på aggregatet er høy nok, trengs ikke betjening av choke. I tredje test måles spenningen på AC siden uten særlig last med og uten ferrittkjerne i oppgradert oppsett for å se effekten av støyreduksjon. I siste test måles så spenning, og strømkurver på begge sider av inverter (DC og AC) med og uten ferrittkjerne med tilkoblet motorlast.

5.1 Test for samspill mellom aggregat og styreprogram

5.1.1 Formål

Testen skal legge til grunn for EMS skal kunne skifte mellom driftstilstander uten problemer. Når modellen skifter fra land til generator føler programmet på restspenning fra landmodus. Dette gjør at variabelen som føler på spenning inn gir stoppsignal til generator fordi den tror at generatoren har begynt å levere.

5.1.2 Metode

Det ble forsket i program for å finne ut hvor lang tid det tok før restspenningen inn fra landstrøm forsvant. Dette ble gjort ved å legge inn en TP timer i koden for å utsette variabelen som føler på spenning inn.

5.1.3 Resultat

Det ble funnet ut at ved å utsette variabelen med 0,5s ville restspenningen fra landstrøm forsvinne.

5.1.4 Drøft

Dette gjør at modellen kan skifte fra land til generator uten modellen tror at aggregatet har startet uten at den har det.

5.2 Test av temperatur for å oppnå start uten choke

5.2.1 Formål

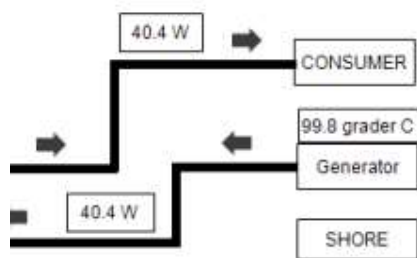
Målet med denne testen er å skape et verdigrunnlag for å automatisere oppstarting av aggregatet. I denne testen skal det testes hvilken største verdi temperaturen på aggregatet kan ha for at aggregatet kan starte uten choke.

5.2.2 Metode

Gjennomføringen av testen ble gjort ved å kjøre aggregatet til driftstemperatur hvor sensor målte 180 °C, og da ble den choket ved start. Deretter ble automatisk choke deaktivert i koden, slik at aggregatet bare startet uten choke når den startet opp. Første oppstart uten betjening av choke var på 100 °C. Deretter ble aggregatet slått av igjen. Videre ble det gjennomført en ny oppstart uten betjening av choke med lavere og lavere temperatur i steg på 20. grader nedover. Når aggregatet ikke starter opp uten betjening av choke gjennomføres en ny test hvor avstander er på 5. grader nedover per oppstart. Testen starter der aggregatet sist lyktes med å starte uten choke. Til slutt ble testen gjennomført for hver 1. grad nedover.

5.2.3 Resultat

Ved 20°C-steg var 40°C på eksossiden av stempelhuset ikke tilstrekkelig lenger for å starte aggregatet uten choke. De neste testene gjennomført i 5°C-steg fra 60°C og nedover. Til slutt endte det opp med at ved 42°C trenger ikke aggregatet å chokes lengre.



Figur 18: Nærbilde av brukergrensesnitt, temperaturmåling på generator

5.2.4 Drøft

Selve testene gikk knirkefritt og fant fort frem til hvilken grad aggregatet ikke trengte å choke lengre. Dette gjør at modellen kan forsyne seg selv så lenge bensinen holder.

5.3 Tester av AC-støy med og uten ferrittkjerne, uten motorlast

5.3.1 Formål

I tidligere bachelor ble det lagt frem at det var mye støy fra både generator og sinus inverter. Testene skal kartlegge om ferrittkjernene har noen innvirkning på støyet som blir registrert på AC-side.

5.3.2 Metode

Først ble det gjennomført en test om målesløyvens kabellengde på spenningsproben hadde noen påvirkninger på målingene til oscilloskopet.

Hoved testen ble gjennomført i to deler, med og uten ferrittkjerne. Første test ble gjennomført med ferrittkjerne. Det ble festet på to ferrittkjerne i serie til hver leder på AC-siden, tre turns per kerne. En større ferrittkerne på DC-sides positive kabel med fire turns. Det ble målt spenning inn og ut av sinus inverter for hver av de tre driftstilstandene (batteri, generator drift og landtilkobling). Spenningen ble målt med oscilloskop. Test nr. 2 ble gjennomført på samme måte uten ferrittkjerne.

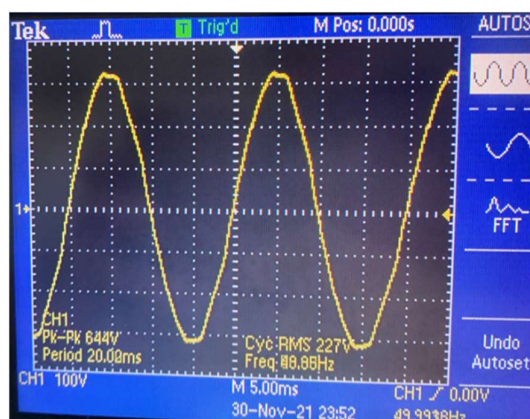
5.3.3 Resultat

Hele testen er gjort på AC-siden og grafer fra oscilloskop ligger i vedlegg A. Siden forskjellen på de to målemetodene var så liten ble det brukt «big loop» ettersom dette var mye lettere å gjennomføre. Forskjellen kan ses på figur 19.

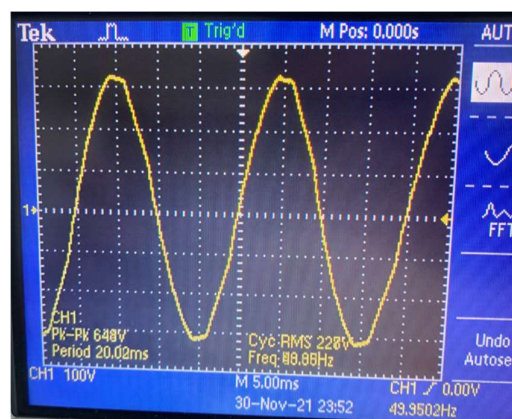


Figur 19: Spenningskurver, DC-side, blå er small loop, gul er big loop

Generelt var kurven veldig glatt når det var koblet til landstrøm. Det var tilnærmet ingen forskjell med eller uten ferritt kjerne (Figur 20 og 21).

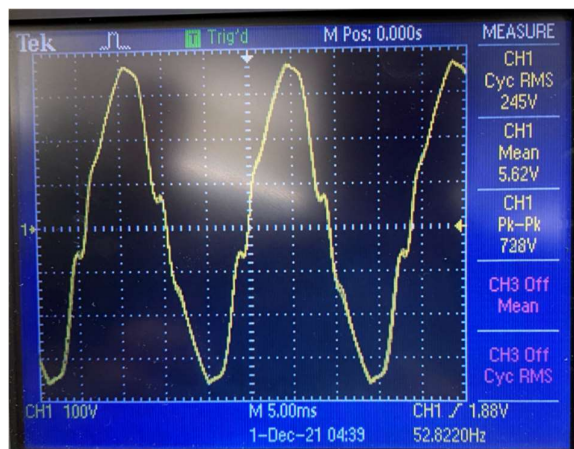


Figur 20: Landspenning, AC ut, uten ferritt

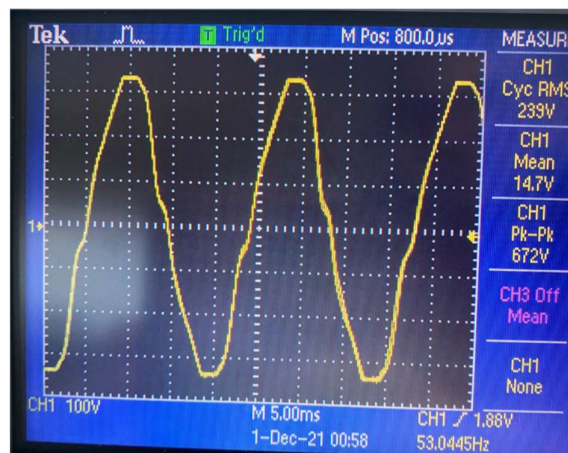


Figur 21: Landspenning, AC ut, med ferritt

I batteridrift var kurven mer påvirket av THD (forstyrrelser). Med ferritt kjerner ble kurven glattere. I generatordrift, som var den mest støyete kurven, ble det store forbedringer med ferritt kjerne (Figur 22 og 23).

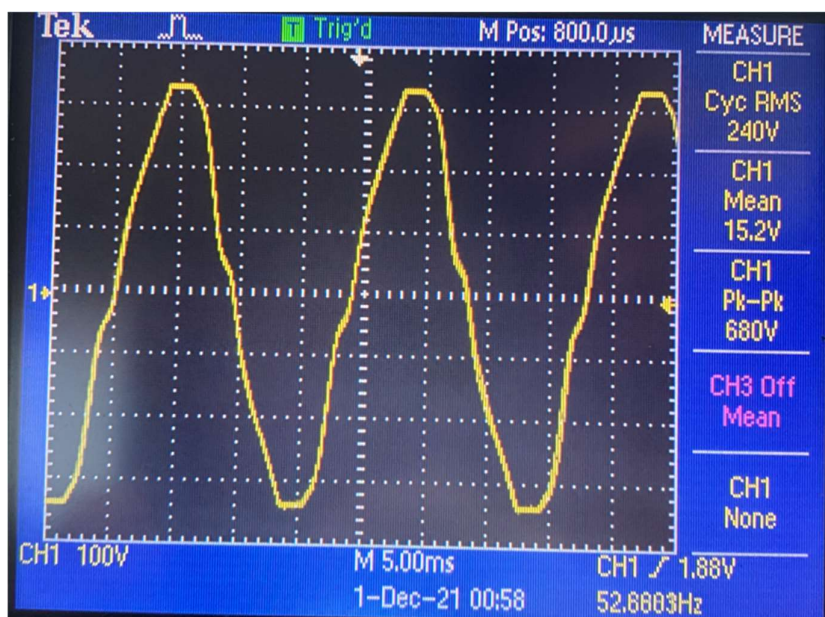


Figur 22: Generatordrift, AC ut, uten ferritt



Figur 23: Generatordrift, AC ut, med ferritt

I denne driften med ferritt kjerner ble spenningskurven tilnærmet lik batteridriftskurven uten ferritt kjerner (Figur 23 og 24).



Figur 24: Batteridrift, AC ut, uten ferritt

5.3.4 Drøft

Testen har vist at ferrittkjernene har en effekt på AC-spenningen og at harmoniske forvrengninger kan glattes ved hjelp av disse. Ettersom det bare ble målt på AC-siden forteller denne testen dårlig om helheten av hvilken effekt ferrittkjernene har. Det ble derfor bestemt å gjennomføre enda en test hvor både strøm og spenning blir sammenlignet på både AC og DC side. I tillegg vil ikke kurvene gi store utslag med liten belastning og det er derfor lagt til en motorlast.

5.4 Tester av støy på AC- og DC-siden med og uten ferrittkjerne, med motorlast

I støytester er det viktig at anlegget drives som i normaldrift. Da er det viktig for testingen at strøm- og spenningskurver gir utslag som det ville gjort ellers. Denne testen er gjennomført likt test nr 5.3, men her blir det tatt flere målinger og med strøm og spenningskurvene oppå hverandre for å se sammenhengen mellom disse.

5.4.1 Formål

Formålet med denne testen er å se den totale effekten til ferrittkjernene på strøm- og spenningskurver i anlegget.

5.4.2 Metode

Det ble først tatt målinger på DC siden, så AC ut og til slutt AC inn hvis relevant. Målingene ble tatt bilde av med mobiltelefon med målinger fra oscilloskopet. På DC siden har det blitt målt spenning på rekkeklemmene som er knutepunktet mellom batteri, sinus inverter og PLS tilførselen. Det har blitt brukt «big loop» til spenningsmåling som beskrevet tidligere i avsnitt 5.3.3. Her ble spenningsprobene på DC siden festet i rekkeklemmen for å unngå forstyrrelser ved å holde probene manuelt. Oscilloskopet hadde begrenset antall kanaler og spenningsprobene på AC siden ble derfor flyttet mellom AC inn og AC ut.

Strømtangen på DC siden målte på den positive ledere der strømtrafoen til batteriet er plassert. Strømtangen på AC siden var plassert med strømtrafoene til AC inn og AC ut, se figur 6.

Ferrittkjernene ble plassert og festet slik som beskrevet i avsnitt 5.3.2. Ved hver måling ble det sørget for at anlegget var stabilt med tanke på strømtrekk og at modusen stemmer overens med hva inverteren sier. Mer om dette i kapittel 0. Oscilloskopet var riktig innstilt for AC og DC der det ble valgt en logisk amplitude- og tidsakse-rekkevidde som var lik for hver type måling. Eks: amplitude aksen (y) satt på 2A per rute, og langs tidsaksen (x) på M 5.00ms per rute.

5.4.3 Resultat

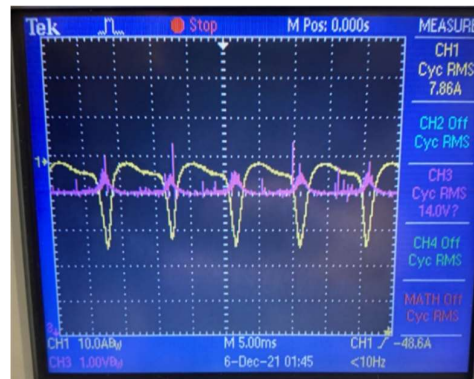
Alle figurer finnes i vedlegg B. RMS verdien av målingene ser man på bildene til høyre og drøftingen vil legge vekt på kurvenes generelle utseende. Resultatene er som følger.

5.4.3.1 Generatordrift

Figur 25 og 26: Her ser man initialt at strømkurven på figur 25 er feil innstilt og står på 5A per rute og ikke 10A per rute slik som resten. I Figur 25 ser man tydelig mer rippel forstyrrelser enn på figur 26.

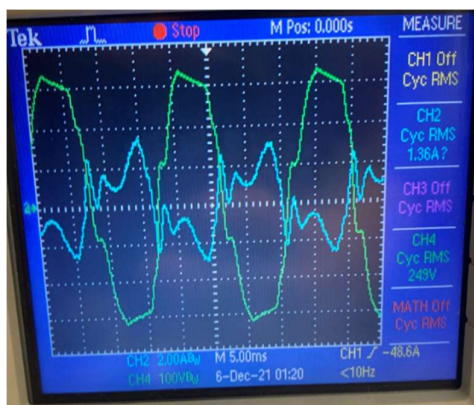


Figur 25: Generatordrift med ferritt, DC side. Gul=ampere, rosa= DC

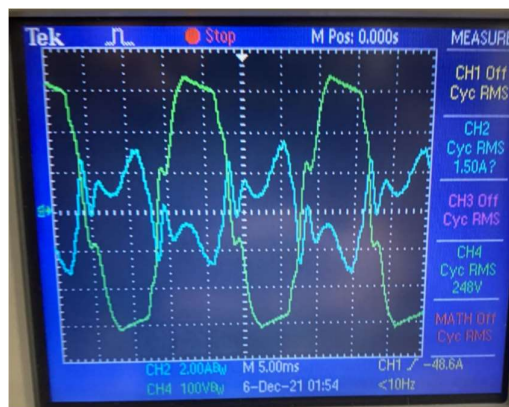


Figur 26: Generatordrift uten ferritt, DC side. Gul=ampere, rosa=DC

Figur 27 og 28: Her ser man svært lite forskjell på figur 27 og 28, men man kan se at spenningskurven er noe glattet i figur 27. Man kan finne ut at spenningskurven har harmoniske forstyrrelser av lav orden, men forstyrrelsen har lav amplitude siden den nesten ikke gir utslag, se avsnitt 2.3. På den blå strømkurven kan man se at den har store utslag av harmoniske forstyrrelser. Her er amplituden større og kan inneholde flere forstyrrelser av ulik orden. Eks: 3. og 5. harmoniske.

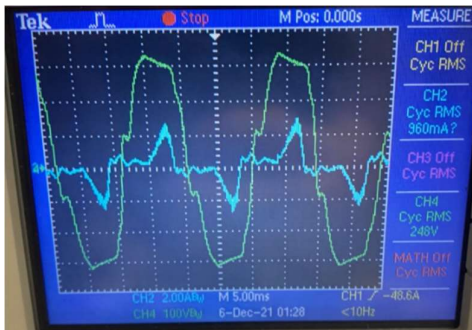


Figur 27: Generator drift med ferritt, AC inn. Blå=ampere, Grønn=AC

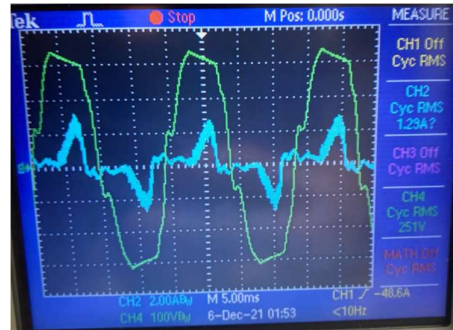


Figur 28: Generator drift uten ferritt, AC inn. Blå= ampere, Grønn=AC

Figur 29 og 30: Man ser likheter fra figur 29 og 30, men her har strømkurven fått en reduksjon av harmoniske forstyrrelser gjennom sinus inverteren. Forskjellen på figur 29 og 30 er derimot liten, men man kan se reduksjon i en harmonisk forstyrrelse av høy orden (veldig høyfrekvent harmonisk forstyrrelser).



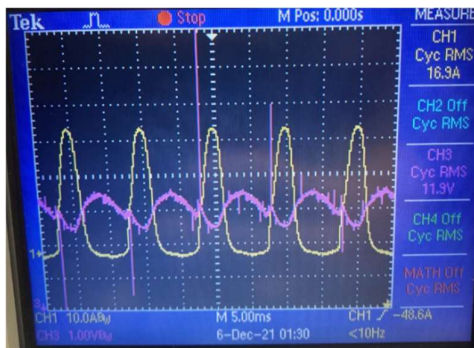
Figur 29: Generator drift med ferritt, AC ut. Grønn=AC, blå=ampere



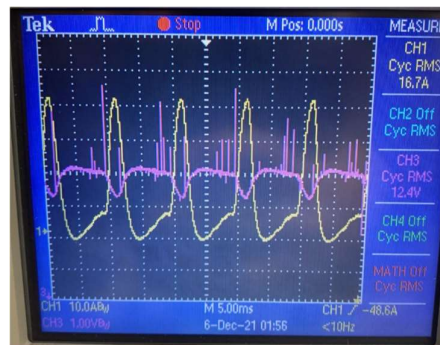
Figur 30: Generator drift uten ferritt, AC ut. Grønn=AC, blå=ampere

5.4.3.2 Batteridrift

Figur 31 og 32: I strømkurven på figur 31 blir finere og glattere enn strømkurven i figur 32. Spenningskurven i figur 31 er rundere og finere enn i figur 32 og at den i tillegg har mindre rippel forstyrrelser. Utseende til strøm og spenningskurvene sier oss at batteriet leverer energi og ikke lades som i figur 25 og 26. Strøm- og spenningskurven ser man er snudd på hodet.

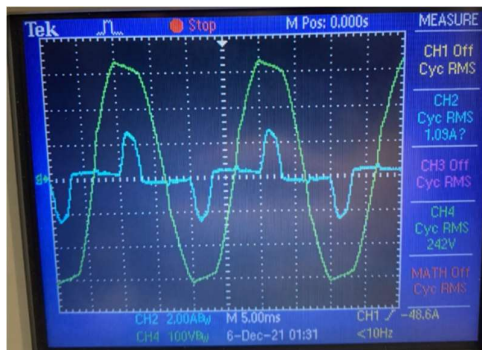


Figur 31: Batteridrift med ferritt, DC side. Gul=ampere, rosa=DC

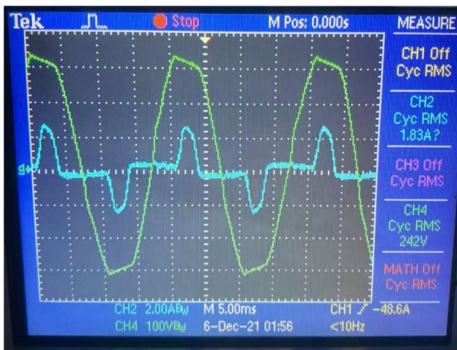


Figur 32: Batteridrift uten ferritt, DC side. Gul=ampere, rosa=DC

Figur 33 og 34: Her er begge figurene veldig like, men strømkurven i figur 33 er «tynnere» som betyr at den inneholder mindre høyfrekvente harmoniske forstyrrelser slik som beskrevet i avsnittet til figur 29 og 30. Strømkurven har lik kurve som for en ulineær last, se figur 35.



Figur 33: Batteridrift med ferritt, AC ut. Grønn=AC, blå=ampere

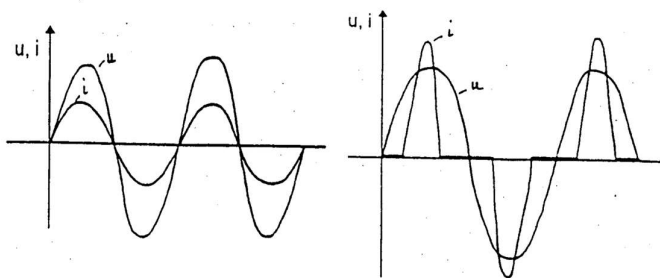


Figur 34: Batteridrift uten ferritt, AC ut. Grønn=AC, blå=ampere

Strøm-spenningsforløp

■ Lineær last

■ Ikke-lineær last



Figur 35: Strøm og spenningskurver for forskjellig last (Spenningskvalitet, Arild Sæbø.pdf i dokumentasjonen).

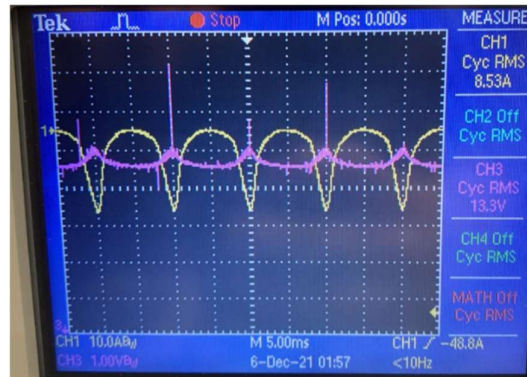
5.4.3.3 Landstrøm

Figur 36 og 37: Initialt ser man at kurvene er noe likt generatordrift, figur 25 og 26. Spenningskurven er lik som i generatordrift, men strømkurven er finere i landstrøm. Når det

kommer til med og uten ferritt (figur 36 og 37) så ser man at det er mer rippel forstyrrelser på spenningskurven i figur 36 enn det er på figur 37. Strømkurven er påvirket av spoleeffekt i figur 36.

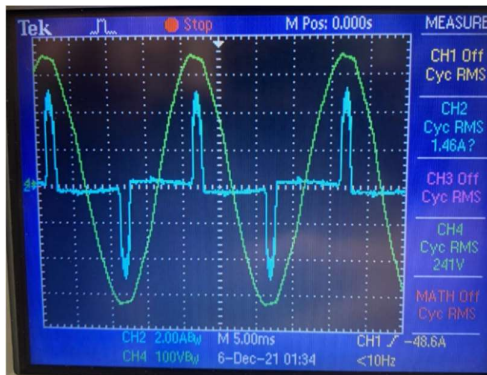


Figur 36: Landstrøm med ferritt, DC side. Rosa=DC, gul=ampere

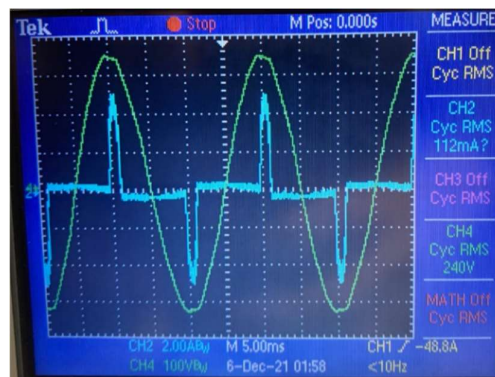


Figur 37: Landstrøm uten ferritt, DC side. Rosa=DC, gul=ampere

Figur 38 og 39: Strømkurven er lik som for en ulineært last slik som beskrevet i avsnittet til figur 33 og 34. Men her er peakene større, men med samme bredde. Samme høyfrekvente forstyrrelsene ses også i figur 39 og at disse blir mindre i figur 38. Spenningskurven er helt fin på begge figurer.

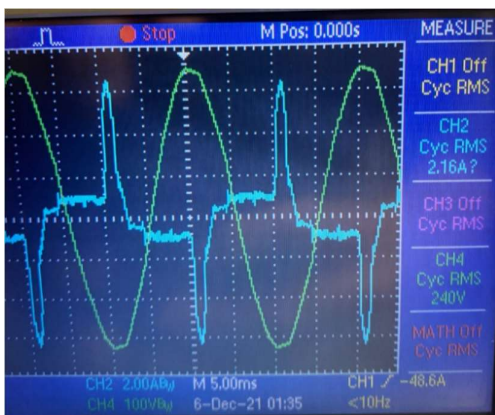


Figur 39: Landstrøm med ferritt, AC ut. Grønn=ACC, blå=ampere

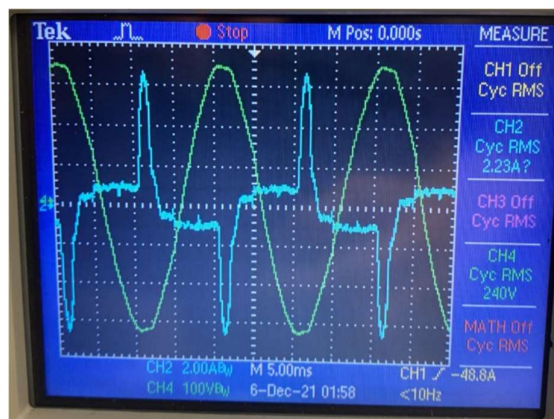


Figur 38: Landstrøm uten ferritt, AC ut. Grønn=AC, blå=ampere

Figur 40 og 41: Her ser først at strømkurven er blitt snudd på hodet, dette skyldes at strøm-tangen er snudd feil vei. Ellers er strømkurven styggere enn i figur 39 og 38. Forskjellen på figur 40 og 41 er veldig små.



Figur 40: Landstrøm med ferritt, AC inn. Grønn=AC, blå=ampere



Figur 41: Landstrøm uten ferritt, AC inn. Grønn=AC, blå=ampere

5.4.4 Drøft

Testene er for å vise effekten av ferrittkjernene med synliggjør også hva som kommer fra generatoren, batteriet og hva inverteren gjør med strøm- og spenningskurvene.

Som i forrige test ser vi en gjenganger at ferrittkjernene reduserer høyfrekvent støy, men gjør lite med lavfrekvent støy.

6 Drøfting

I denne oppgaven er det blitt videreutviklet en allerede eksisterende EMS modell. Modellen har tidligere blitt utviklet til et delvis autonomt EMS som skal simulere et hybrid fremdriftssystem. Ved videreutvikling er det blitt lagt vekt på å gjøre hensiktsmessige endringer på utstyret, legge til ekstra funksjoner, oppfylle krav om brukervennlighet og gjøre modellen mer autonom. Gjennom testene er det vist at det er mulig å styre et aggregat via PLS, og det er forskjeller på strøm- og spenningskurver med og uten ferrittkjerner.

Modellen består av PLS moduler, sensorer og det er satt av plass til ett ekstra batteri. Gjennom bacheloroppgaven har støykvalitet blitt testet, aggregatet har blitt selvstartende, PLS moduler og komponenter byttet og lagt til. Det er brukt sensorer, Arduino og det er gjort endringer i koden. Når delene ankom, har implementeringen gått knirkefritt. Dette viser at modellen har god modularitet hvor komponenter kan byttes ut uten at det går utover helheten.

Funksjonen til modellen er at den forsyner forbruker mest mulig effektivt. Den kalkulerer batterikapasiteten og kan ut fra dette estimere driftstiden i ulike operasjonsmoduser. Modellen kan settes i ulike driftstilstander og den kan kjøres inne og ute. Brukergrensesnittet forteller hvilken tilstand modellen er i og en grafisk illustrasjon på hvor energien blir levert. Den gir også informasjon om hvor varmt batteriet og generatoren er.

I begynnelsen var det utfordringer med å jobbe på aggregatet nede på kaien, når resten av modellen var oppe på skolen. Årsaken til dette var at aggregatet måtte funksjonstestes og demonteres for å planlegge implementeringene. Dette var mest hensiktsmessig å gjøre i maskinlabben nede på kaien. Da måtte disse arbeides på individuelt og samkjøringen ble utfordrende. Det løste seg når aggregatet ble testkjørt og planen på hvordan den skulle samkjøres med modellen var klar. For å gjøre anlegget mer autonomt ble blant annet aggregatet modifisert med servo og Arduino for styring av choke. Aggregatet ble da automatisert og mobil med at den kan kjøres inne og ute. Det anbefales likevel å kjøre den ute, siden bråk og bensinlukt kan forårsake ubehag.

Et annet moment er å måle fuel-nivået i tanken til aggregatet. Dette kan gjøres ved å bestille et flow-meter som måler i riktig målområde, eller finne en god løsning på å måle nivået i selve tanken. Gjøre fyllingen av tanken mer brukervennlig uten at det er fare for søl.

Den ene strømtrafoen på DC siden ut fra batteriet har blitt byttet ut med en strømtrafo med et mindre målområde på 40A. Det er fullt mulig å trekke 70A ut fra batteriet, men da tømmes det fort og kan korte ned levetiden på batteriet (2 Soler AS, 2017). Derfor er det lagt inn en alarm når strømmåleren overstiger 30A. Å benytte seg av hele målområdet er viktig for å få et nøyaktig estimat av hvor mange Wh batteriet leverer og lades med. Å koble to 12V batterier i serie vil gi DC-siden 24V som igjen vil halvere strømtrekkingen. Men dette ble ikke anbefalt fra hovedveileder Aleksander Sauter fordi spenningen vil variere over store områder som vil påvirke PLS'en. Dette kunne blitt løst ved å kjøpe inn en inverter for 24VDC og bedre overvåking av hvert batteri. Et forbedringspotensial er å bytte ut strømtrafoene på AC-siden med noen som har et mye lavere målområde. Skal man bruke full effekt på inverteren kommer strømmen opp på en 4,35A og med en så liten batteribank er dette ikke realistisk.

For å gjøre modellen mer brukervennlig er det blitt montert beskyttelse av pleksiglass mot vær og fysiske påkjenninger. Det var planlagt å bruke pleksiglasset som støyreduksjon på aggregat og som beskyttelse mot vær og vind. Det ble brukt et baufilblad, men det hadde vært mer effektivt å bruke en stikksag. Ved å implementere en LCD-skjerm gjør man modellen brukervennlig ved at usakkyndige kan bruke modellen. Man er ikke lenger utsatt for å ta på spenningsatte deler uten å være klar over faren, i og med at man nå må ta av et deksel for å komme til disse delene. Dessuten er det laget en brukerinstruks (Vedlegg G) som forklarer hvordan systemet brukes. Når det skal gjøres vedlikehold er det enklere å gjøre en visuell inspeksjon av anlegget på forhånd, i og med at innkapslingen er gjennomiktig.

Forbrukerne gjør at det trekkes en del effekt på AC siden. En effekt på 500W på 230V siden tilsvarer en strøm på bare 2,17A. Når batteriet drifter denne effekten i batterimodus på 12VDC siden tilsvarer det 41A. For kablene er ikke dette noe problem, men for et enkelt batteri vil dette tømmes fort. Dessuten er sinus inverterens maksimale effekt 1000W og er et anleggets begrensende komponenter etter batteriet. Løsningen er en større batteribank for så en større inverter. Det er montert enfaset stikkontakt og trefaset arbeidskontakt med beskyttelses grad IP44. Det anbefales videre å montere på en trefaset kontakt som er til å feste på vegg istedenfor rundstift-støpselet som er på modellen nå. For å kjøre en motor er det anskaffet en frekvensomformer som gir flere muligheter til hva man kan bruke anlegget til. Nåværende frekvensomformer kan maksimalt trekke 1,5kW men den

som er bestilt kan trekke opptil 0,75kW. Det er montert sikring til trefase stikkontakt for å sikre mot kortslutning, overbelastning og jordfeil. Enfase sikringen er enda ikke kommet.

Det er ikke blitt utarbeidet noen ny metode for estimering av batterikapasitet. En «batteriselvtest» som tilleggsfunksjon hadde vært hensiktsmessig for modellen. Hvis komponentene i anlegget skiftes ut eller deler aldres over tid kan det være hensiktsmessig å oppdatere konstanter og generelt tall som er brukt for å estimere kapasitet og forbruk. Her kunne også EMS loggført opplade- og utladekurver og lært av seg selv. Etter x-antall driftstimer iverksettes en batteri-selvtest. Den vil først lade opp batteriet for så å kjøre på to ulike lineære laster. Wh vil loggføres og programmet vil oppdatere parameterne som definerer skaleringen på batteriet som beskrevet i avsnitt (4.5.2). Hvis den i tillegg kan logge avstanden fartøyet har tilbakelagt, kan den regne ut konstanter for energi per nautisk mil for ulike hastigheter. Her kommer flere faktorer inn som bølgehøyde, vindstyrke, vindretning, havstrømmer, båtens egenvekt og mer. Men her bør man utvide sensorpakken. Tanken er at EMS kan regne dette ut fortløpende for slik situasjonen er ved et gitt tidspunkt. Input informasjon som værvarsling og seilingsrute kan være med å predikere fremtidig forbruk. Tilleggsmoment er at batterikapasitet varierer med temperaturen, typisk utenfor området 0-40°C og sensoren på batteriet tilrettelegger for denne utvidelsen (Lifeline, 2021).

Utfordringer med programmeringen var adresser til variabler som endret seg når man byttet moduler. Dette gjorde at disse måtte få sin rette adresse før programmet fungerte som det skulle. Ellers tok det tid å forstå helheten med programmet. Koden i seg selv fungerte ikke når aggregatet ble automatisert. Som beskrevet i avsnitt (5.1), trengtes det flere tilleggsfunksjoner i koden for at samspillet mellom PLS og motor skulle fungere. En anbefaling er å lage sin egen kode og heller bruke eksisterende kode som inspirasjon.

Programmeringen av Arduino har gått fint og tok ikke lang tid. Det er slettet og lagt til variabler og funksjoner for at HMI'en skal fungere optimalt, og er beskrevet i vedlegg D.

I bacheloroppgaven «Energistyrings- og kraftforsyningssystem» (Randal & Laukvik, 2019) skriver de, «*For å bli kvitt støyen bør man vurdere å montere en filterpakke eller å bytte ut inverteren*». Gjennom tester og tiltak har det blitt funnet ut at sinus inverter skaper høyfrekvent støy, mens det er aggregatet som skaper lavfrekvent støy (avsnitt 5.4). Testene som ble gjennomført var med hensikt for å sjekke om vi klarte å redusere mengden

THD. I avsnitt 5.3 testes det på AC-ut og ser man at ved å legge til ferritt kjerner minker THD. I landdrift var kurven så glatt at ferritt kjernene ikke hadde noen påvirkning. Dette er fordi kurvene er så fine fra nettet at det ikke er noe å glatte. Påvirkningen ferrittkjernene ser ut til å bli mer effektive ettersom hvor mye THD det er. I batteridrift glattet det litt, men i generatordrift glettet det veldig. Med disse resultatene kan vi si at ferrittkjerner hjelper mot spenning forstyrrelser på AC-side. Siden denne testen var veldig ensidig og ikke så på helheten ble det tatt en ny test av hele anlegget, samt med en motorlast. Dette endret den første konklusjonen.

For å skjerme anlegget mot den lavfrekvente støyen generatoren leverer, ble det funnet ut i avsnitt 5.4 at ferrittkjernene ikke hjelper mot lavfrekvent støy. Ved å sammenligne Figur 29 og 31 ser vi at sinus inverter fjerner noe av støyen fra generatoren via sitt filter i bypass, men den fortsatt påvirket av forstyrrelser. Man kan se det samme på figur 38 og 40. Det gir mening at ferrittkjernen ikke hjelper mot lavfrekvent støy, siden de skal redusere støy opp til 10MHz. Impedansen til spolen vi lagde over ferrittkjernen vil også øke proporsjonalt med frekvensen som vist i dokumentasjonen. Magnesium og Zink typen har sin største virkningsgrad på rundt 1MHz. Det antas derfor at siden lasten var så liten i første test hadde ferrittkjernene nok effekt for å gi en større påvirkning på målingene.

Ut fra sinus inverteren kommer det høyfrekvent støy som ferrittkjernene klarer å redusere. Dette kan man se på forskjellen mellom figur 29 og 30, 33 og 34, 38 og 39. Dette kan ses på tykkelsen på strømgrafene sammenlignet mellom disse figurene, hvor alle er på AC ut. Utover dette glatter ferrittkjernen DC strømmen i noen grad. Dette kan ses ved å sammenligne de gule strømkurvene på figur 31 og 32.

I generatordrift og landstrøm øker rippel forstyrrelsene til spenningen på DC siden. I batteridrift minker rippelen i spenningskurven på DC siden og det kan virke som at ferrittkjernene ikke endrer på denne støytypen. At ferrittkjernene har motsatt effekt i landstrøm og generatordrift, men gir effekt til batteridrift gir lite mening og kan derfor konkludere med at ferrittkjernene ikke aktivt gir effekt på DC siden. Men ved å filtrere på AC-siden vil resultatet gi effekt på DC siden. Dette kan begrunnes ytterligere siden ferrittkjerner fanger opp støy i frekvens spekteret. DC har 0Hz, derfor vil ikke ferrittkjernen ha noen betydning på denne siden (Silver, 2015). På DC siden er det rippel støy som oppstår av

diodebroer og tyristorer som åpner og lukker seg. Planen for testene var å ha alle anskaffelser for støyreduksjon, men siden EMI filtret ble forsinket måtte testene gjennomføres uten.

Det anbefales å ta nye tester av anlegget med EMI-filtret montert på AC-side for å se om man blir kvitt de lavfrekvente forstyrrelsene fra generatoren. Det kan være lurt å kjøpe en ny og bedre generator siden det er her den største mengden av lavfrekvent støy produseres.

Det anbefales å kjøpe inn en kondensator, eller for enda mindre rippel et LC-filter for DC. LC filtre skal etter teorien hjelpe mot rippelstøy i likestrøms kretser (ATO, 2019). På figur 31 og 32 i batteridrift kan man se forskjell med og uten ferrittkjerne. Med ferrittkjerne kan man se rippelstøy hver 10ms med varierende størrelse på amplitude. Dette tilsvarer en frekvens på 100Hz. På figur 32 uten ferritt ser man mer sporadisk rippelstøy med ulik periode. De korteste periodene er på 1ms som tilsvarer en frekvens på 1000Hz. På DC siden ser man at i generator drift og landstrøm oppstår det mer rippelstøy med ferrittkjerner enn uten. Felles for disse modusene er at batteriet lades. I batteridrift er det mindre rippelstøy med ferrittkjerner enn uten, og da leverer batteriet. Etter å ha innhentet mer informasjon om rippel er det funnet ut at kondensatorer gir størst effekt mot denne typen støy og at en på 1-10 μ F passer til de fleste kretser (vpt tech videos, 2009). Men her må man passe på å ikke ha en for stor kapasitiv andel. Dette kan resultere i at ladeenheten sliter med å øke spenningen for å få en effektiv lading inn mot batteriet.

Det var en del utfordringer underveis, og en av dem var ventetiden på deler. Bestillingen ble sendt 25.oktober der enkelte deler ikke kommer før januar 2022. Dette har resultert i at det praktiske arbeidet har blitt utsatt og deler av modellens planer ikke er implementert. Takket være Elektroskip, SMES bygget, Arild Sæbø og Aleksander Sauter har det vært mulig å få tak i det mest essensielle utstyret. En annen mulig utfordring er tilgjengelig verktøy for arbeid på modell. Her er det benyttet personlig verktøy samt verktøysmappe fra datalab, verktøy fra maskin-lab og høyspent-lab.

For at en EMS om bord på et hybrid fartøy skal fungere er det essensielt at den kommuniserer godt med sine komponenter. Et samspill mellom de ulike kraftprodusentene og kraftelektronikken som bindeledd, er med på å gjøre et EMS operativt. Hurtige og korrekte tilbakemeldinger fra EMS med et bredt spekter av sensorer, øker beslutningsgrunnlaget for at føreren av fartøyet tar riktige avgjørelser.

7 Konklusjon med anbefalinger

Denne oppgaven har tatt for seg utredning av teori om EMS og dens komponenter samt konseptutvikling, implementeringen og testing av en EMS-modell. Gjennom arbeidet har det vært viktig at det skal være lett å sette seg inn i og ta i bruk modellen. Gjennom konseptutvikling er modellen blitt vurdert, det er sendt flere bestillinger av anskaffelser og en plan for videreutvikling er utarbeidet. Ved implementeringen av modellen er det gjort modifikasjoner for å oppnå kravene i kravspesifikasjonen satt i avsnitt 1.2. Tester er gjort underveis for å se effekten av modifikasjonene og for å sørge for at komponentene kommuniserer med hverandre slik som ønsket. Bacheloroppgaven har gitt en større forståelse for hvordan et EMS fungerer. Et Energy Management System er noe man sannsynligvis møter i avdeling.

Arbeidet på bacheloren ble påbegynt 18. oktober. Med den tiden anbefales det å bestille deler tidligere, ettersom dette har vært den største demperen i progresjonen. I skrivende stund har vi fortsatt ikke fått deler, spesielt EMI filter som var en viktig komponent tiltenkt testene. Overordnet anbefales det å kjøpe et dyrere aggregat som gir en renere strøm en bedre inverter som er smartere. For praktiske formål anbefales det en større batteribank slik at modellen kan forsyne forbruker i lengre tid og kan levere mer effekt.

Kravspesifikasjonene som ble satt innledningsvis for å nå oppgavens mål og hensikt har blitt innfridd.

1. Modellen klarer å operere aggregatet etter hensikten fra brukergrensesnittet.
2. Plattformens mobilitet har økt ved å feste aggregatet til EMS-modellens struktur.
3. Anlegget kan operere innen- og utendørs der den oppfyller krav om egen- og anleggssikkerhet.
4. Modellen er beskyttet med pleksiglass mot vannavstøtning og fysiske påkjenninger. Pleksiglasset oppfyller også kravet om at usakkyndig personell kan bruke anlegget uten risiko for feilbruk, strømgjennomgang eller ødelegge modellen.
5. Det er byttet ut komponenter og gjort endringer på modellens software og hardware uten at det har gått utover modellens opprinnelige funksjon og hensikt.
6. Det er utarbeidet en brukerinstruks som er lett å orientere seg etter. Kravet om forbrukerkurser er delvis oppfylt ved å sikre trefasekursen. For enfasekursen er denne ikke levert eller installert.

Å ha oversikt over gjenværende energi og fremtidig energibehov er viktig for å vite hva fartøyet har mulighet til å gjøre. Riktig informasjon i enhver type situasjon kan være vanskelig å gi, uten tilstrekkelig datainnhenting via sensorer.

På bakgrunn av oppgaven mener vi at EMS modellen har blitt løftet opp til et bedre nivå etter kravspesifikasjonen satt i planleggingsprosessen. Samtidig er det et konsept som kan gi gode innblikk av hvordan et av fremtidens Energy Management System er bygd opp og kan gi en bedre forståelse på hvordan et kraftforsyningssystem fungerer. Oppgaven har gitt refleksjoner rundt hva som skaper harmonisk støy i et slikt anlegg, hva effekten av ferrittkjerner har og gitt forslag til hvordan annen type støy kan reduseres. EMS'en er brukervennlig, mobil og egner seg derfor som en undervisningsmodell.

Bibliografi

- 2 Soler AS. (2017, feb 10). *Hvilken type batteri?* Hentet fra <https://www.2soler.no/blog/hvilken-type-batteri>
- ATO. (2019, Jan 22). *How to Reduce Ripple of Switching Power Supply?* Hentet fra ATO: <https://www.ato.com/how-to-reduce-ripple-of-switching-power-supply>
- Awalt, A. (2020, Juni 16). *Digi-key Basics of NTC and PTC Thermistors*. Hentet fra Digi-key : <https://www.digikey.no/no/blog/basics-of-ntc-and-ptc-thermistors>
- Bimbhra, P. S. (2014). *Power Electronics* (Fifth Edition. utg.). Delhi: Khanna Publishers.
- Connelly, I. (1993). *Low-noise electronic system design*. Wiley-Interscience.
- Electronic Design. (2019, Nov 13). *3 Ways to Reduce Power-Supply Noise*. Hentet fra Electronic Design: <https://www.electronicdesign.com/power-management/power-supply/article/21808839/3-ways-to-reduce-powersupply-noise>
- Geertsma, R. D. (2017, Mai 15). *Design and control of hybrid power and propulsion systems for smart ships: A review of developments*. Hentet November 02, 2021 fra <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261917301940>
- Greenpeace. (2021). *What is COP26?* Hentet fra Greenpeace.org.uk: https://www.greenpeace.org.uk/news/everything-need-to-know-cop26-climate-conference-glasgow/?source=GA&subsource=GOFRNAOAGA024K&gclid=CjwKCAiAqIKNBhAIEiwAu_ZLDixsrG35e3om-F5mhdFKpJyzV4uDcQdQiU0qnVwRGjYT6Rt-Ak4yPhoCdsMQAvD_BwE
- Hadeland, A. (2021). *Santander Consumer Bank*. Hentet November 01, 2021 fra <https://www.santanderconsumer.no/magasinet/bilmc/kjop-og-salg/slik-fungerer-et-billan/>
- help.codesys. (2021). *Remanent Variables - RETAIN, PERSISTENT*. Hentet fra https://help.codesys.com/api-content/2/codesys/3.5.12.0/en/_cds_vartypes_retain_persistent/

- Jang, J.-h., & Oh, J.-s. (2013, Desember 20). *The study on a ship energy management system applied rechargeable battery*. Hentet fra Korean Society of Marine Engineering:
<https://www.koreascience.or.kr/article/JAKO201409739049869.pdf>
- LEVEL Power & Automation. (N/A). *Batteri-hybrid fremdrift*. Hentet November 01, 2021 fra <https://www.levelpower.no/marine-hybridsystemer/#>
- Lifeline. (2021). *Why is my AGM battery hot?* Hentet fra <https://lifelinebatteries.com/2020/12/charging-an-agm-battery-how-to-do-it-right-to-guarantee-long-service/>
- Mei, Q., Zheng-guo, W., & Jiang-gui, H. (2012). *Real-time Simulation and Analyses of Ship Energy Management System Network*. Hentet fra SciVerse ScienceDirect: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1876610212003116?token=2A4F239DA0ADB30392769F4E6B0819DD81565D4DA8D423B422AEDF5E10AE2C79E77339259554F86E339AF8E6DD071E1&originRegion=eu-west-1&originCreation=20211110123710>
- Musardo, C. (2005). *A-ECMS: An Adaptive Algorithm for Hybrid Electric Vehicle Energy Management*. Hentet November 02, 2021 fra <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0947358005710487>
- NEK-410-1. (2008). *Elektriske installasjoner om bord i skip og fartøyer*. NEK.
- Parameters, P. (2021). *PT1000 temperature sensors*. Hentet fra Processparameters : <https://www.processparameters.co.uk/pt1000/>
- Quad Plus. (2020, Feb 14). *Why do i need special cables for VFDs*. Hentet fra <https://www.quadplus.com/vfd-special-cables>
- Randal, V. G., & Laukvik, S. (2019). *Energy Management System og Kraftforsyningssystem*. Bergen: Sjøkrigsskolen.
- Silver, H. W. (2015, juli). *All about ferrite*. Hentet fra https://www.nutsvolts.com/magazine/article/July2015_HamWorkbench?fbclid=IwAR1vjBlEiN-mYrjQMi-uVehOhDHYKOW-ZEzC9jP0IXUS9So0Cg2_q-IDpxYQ

- Skipsrevyen. (2011, 03 10). *Skipsrevyen*. Hentet fra Dieselelektrisk for offshore:
<https://www.skipsrevyen.no/article/diesel-elektrisk-for-offshore/>
- Strøm, K. (2003, Juni 2). *Teknisk Ukeblad*. Hentet fra Med el-kraft på propellen:
<https://www.tu.no/artikler/med-el-kraft-pa-propellen/326986>
- Thorsen, O. V. (2000). *Kraftelektronikk*. Bergen: Universitetsforlaget AS.
- vpt tech videos. (2009, sep 9). *How to reduce DC-DC converter ripple*. Hentet fra
<https://www.youtube.com/watch?v=G-Llhy2ViUY&t=222s>
- Wikipedia. (2021). *Liquid-Crystal Display*. Hentet fra
https://en.wikipedia.org/wiki/Liquid-crystal_display
- Wikipedia. (2021, Oktober 27). *VRLA Battery*. Hentet fra Wikipedia:
[https://en.wikipedia.org/wiki/VRLA_battery#Absorbent_glass_mat_\(AGM\)](https://en.wikipedia.org/wiki/VRLA_battery#Absorbent_glass_mat_(AGM))
- Wikipedia. (u.d.). *Noise (electronics)*. Hentet november 03, 2021 fra
[https://en.wikipedia.org/wiki/Noise_\(electronics\)#cite_note-noise-1](https://en.wikipedia.org/wiki/Noise_(electronics)#cite_note-noise-1)
- Ådnes, A. K. (2003, 04 22). *Maritime Electrical Installations And Diesel Electric Propulsion . ABB AS .*

8 Vedlegg

Vedlegg A – Testresultater uten motor

Vedlegg B – Testresultater med motor

Vedlegg C – Anskaffelser

Vedlegg D – Software PLS

Vedlegg E – Software Arduino

Vedlegg F – Komponenter

Vedlegg G – Brukerinstruks

Vedlegg H – Generelle krav

Vedlegg I – System skisser

9 Dokumentasjon vedlagt i egen fil

Arduino Uno, datasheet

Ferrittkjerne, bruksanvisning

Flowmeter

Frekvensomformer

Jordfeilautomat B16

Jordfeilautomat C16

LCD skjerm, datasheet

LCD skjerm, monteringsanvisning

Marathon L12V24 Battteri

Mascot, omformer datasheet

PLS enhet, PFC100

PT1000

Raspberry Pi 3 model B+, datasheet

Rekkeklemme liste

Seneca Strømtrafo, 40A

Seneca Strømtrafo, 150 A

Sinus inverter, bruksanvisning

Software-dokumentasjon før endring

Spenningskvalitet, Arild Sæbø

Wago Modul, 750-483, Spenningsmåler

Wago Modul, 750-496, Analog Input 4-20mA

Wago Modul, 750-600, Endemodul

Wago Modul, 750-1504, Digital Output