

VFD SG Solution

Ett system för variabelt varvtal vid axelgenerator drift.

Anders Byman

Examensarbete för ingenjör (YH)-examen
Utbildningsprogrammet för sjöfart
Inriktningalternativet för ingenjörutbildning inom sjöfart
Åbo, 2010





EXAMENSARBETE

Författare: Anders Byman

Utbildningsprogram och ort: Utbildningsprogrammet för sjöfart, Åbo

Inriktningalternativ/Fördjupning: Ingenjör YH

Handledare: Kari Taivaloja

Titel: VFD SG Solution – Ett system för variabelt varvtal vid axelgenerator drift.

Datum: 19.4.2011

Sidantal 26

Bilagor -

Sammanfattning

Detta examensarbete handlar om hur man kan använda variabelt varvtal vid axelgenerator drift med en medelhastighets dieselmotor som normalt använder konstant varvtal. Ro-ro fartyget m/s Miranda har fungerat som case för arbetet. Jag har som mål att på ett enkelt och förståeligt sätt, utreda hur Variable Frequency Drive Shaft Generator Solution fungerar och hur man tillämpar det i praktiken.

Arbetet inleds med en kort redogörelse om rederiet som beställt detta arbete. Efter det följer en teoretisk utredning om vad VFD är och hur en VFD fungerar, har det funnits tidigare eller är det något helt nytt. Vad är skillnaden mellan konventionellt system och Variabel Frekvens Enhet Axelgenerator lösning . Därefter följer en förklaring om hur man använder variabelt varvtal vid axelgenerator drift på m/s Miranda och vad som syftet är med VFD SG Solution. Omändringar som gjordes i elnätets huvudtavla och vad är viktigt vid dimensionering av anläggningen.

Vidare beskriver jag de problem som installationen medförde och hur problemen blev lösta.

Arbetet avslutas med en jämförelse mellan VFD vs. konstant varvtal, över vad den estimerade besparingen är i bränsle och i pengar.

Den huvudsakliga undersökningsmetod jag använt mig av är intervjuer och informationssökning på internet. Undersökning av fartygsdokument har skett ombord på fartyget. Information om bränsleförbrukning och distanser är tagna från fartygets reserapporter.

Språk: Svenska

Nyckelord: VFD SG Solution

Förvaras: Examensarbetet finns tillgängligt antingen i webbiblioteket Theseus.fi eller i Novias bibliotek.



BACHELOR'S THESIS

Author: Anders Byman

Degree Programme: Degree Programme in Maritime Studies, Turku

Specialization: Bachelor of Engineering

Supervisor: Kari Taivaloja

Title: VFD SG Solution – A system for variable speed in shaft generator operation.

Date 19.4.2011

Number of pages 26

Appendices -

Summary

This thesis is about how to use variable speed in shaft generator operation with a medium speed diesel engine, which normally uses constant speed. Ro-ro ship m/s Miranda has been used as a case study for the thesis. My aim is to investigate and explain how Variable Frequency Drive Shaft Generator Solution works and how to apply it in practice.

This thesis begins with a short description about the company which commissioned the thesis. After that follows a theoretical description of what VFD SG Solution is and how it works, have it been used earlier or it is something completely new. What is the difference between conventional system and VFD SG Solution. Next I describe how to use variable speed in shaft generator operation on m/s Miranda and what is the purpose of VFD SG Solution. Changes which were done in main switch board and what is important for dimensioning criteria. Further I present problems that occurred under installation and how the problems were solved.

The thesis ends with a comparison between VFD vs. constant speed and what is the estimated saving in fuel and money.

Interviews are the main used method and information search from internet. Investigations of ship documents have been made onboard the ship. Information about fuel consumption and distances are taken from ships travel reports.

Language: Swedish

Key words: VFD SG Solution

Filed at: The examination work is available either at the electronic library Theseus.fi or in the Novia library.

Innehållsförteckning

1	Inledning	1
1.1	Målsättning	2
1.2	Problemformulering	2
1.3	Avgränsning	2
1.4	Metodval och undersökning	3
2	Bakgrund	3
2.1	Rederiet	4
2.2	Godby Shipping Ab	4
2.3	m/s Miranda	5
2.4	VFD teori	6
2.5	Tillstånd	6
2.6	Hur fungerar en VFD	7
2.7	Konventionellt system på m/s Miranda.....	7
2.8	VFD SG Solution	8
3	Hur kan man använda variabelt varvtal vid axelgenerator drift.	9
3.1	Introduktion av VFD SG Solution	10
3.2	Strävan är bränsle besparing.....	10
3.3	MSB före och efter	12
3.4	Dimensionering och kriterier	13
3.5	Belastningstabell.....	14
3.6	VFD enhet	15
3.7	Effekt hanterings system, PMS	18
4	Problem	20
4.1	Projektet	20
4.2	Problem med neutralpunkten	21
4.3	Lösning på problemen	21
5	VFD SG vs. Konstant varvtal	22

5.1	Resor med Miranda	22
5.2	Bränsleförbrukning.....	23
5.3	Besparing.....	24
6	Sammanfattning av arbetet	25
7	Slutsatser och utvärdering	26
	Källförteckning.....	27

Definitioner

AC	Alternate Current, växelström
DC	Direct Current, likström
DG	Diesel generator, hjälpmotor
EMG	Emergency generator, nödgenerator
GRID	Elnätet
MCH	Machine Chief Engineer, maskinchef
ME	Main engine, huvudmotor
MSB	Main switch board, elnätets huvudtavla
rpm	revolutions per minute, varv per minut
SG	Shaft Generator, axelgenerator (AG)
UPM	United Paper Mill
PTO	Power Take Out, kraftuttag
VFD	Variable Frequency Drive, variabel frekvens enhet
VAC	Volt Alternate Current, Volt växelström

1 Inledning

Detta examensarbete handlar om hur man kan använda variabelt varvtal på en medelhastighets huvudmotor som använder en axelgenerator under drift för att förse fartyget med elektricitet. Ro-ro fartyget m/s Miranda som ägs av Trailer-link (Godby Shipping Ab) fungerar som mitt undersökningsfartyg. Miranda är registrerat i Finström, Åland och hon trafikerar rutten Raumo - El Ferrol - Santander - Kotka - Raumo.

Utvecklingen i världen går hela tiden mot att kunna spara på miljön och att alla måste tänka på hur man själv kan bidra med att tänka miljövänligt. Oljeresurserna minskar dag för dag och förbrukningen och priset av fossila bränslen har en tendens att öka. Fartygen är en ganska stor förbrukare av fossila bränslen och är därför ett attraktivt mål för hurdana möjligheter det finns att göra någonting inom detta område.

Godby Shipping som har beställt detta arbete har en långsiktig miljöpolitik och prövar därför fram olika metoder som kan bidra till att spara på miljön.

I mitt arbete som maskinmästare kommer jag dagligen i beröring vid ämnet bränsleekonomi. Det har gjort mig nyfiken på att själv fundera över olika alternativ som har med bränslebesparing att göra.

Därför har jag valt att skriva om VFD¹ SG Solution – ett system för variabelt varvtal vid axelgenerator drift.

¹ VFD, En Variable Frequency Drive eller på svenska Variabel Frekvens Enhet är en enhet som reglerar varvtalet på en växelströms elmotor. (Joliet Technologies 2010)

1.1 Målsättning

Målsättningen med detta examensarbete är att kunna på ett enkel och tydligt sätt förklara hur VFD SG Solution fungerar, vad skillnaden är mellan det konventionella systemet och VFD, och hur fungerar det i praktiken på m/s Miranda.

1.2 Problemformulering

I detta examensarbete vill jag utreda följande frågor:

- ✓ Hur kan man använda variabelt varvtal vid axelgenerator drift?
- ✓ Vad är och hur fungerar VFD SG solution?
- ✓ Hur lyckades installation av VFD SG solution?

1.3 Avgränsning

Examensarbetet avgränsas till funktionsprincip, installation och användning av VFD SG solution enheten ombord på fartyget m/s Miranda. Kostnader för projektet är utelämnat.

På systerfartyget m/s Mistral har man installerat samma system, men Miranda är den första av fartygen och har kommit lite längre med provkörning mm.

1.4 Metodval och undersökning

I examensarbetet har jag använt mig av kvalitativa undersökningsmetoder som baserar sig på observationer vid studiebesök ombord. Har varit på fartygsbesök ombord på Miranda i flera tillfällen för att dokumentera och intervjua maskinpersonalen.

Som intervjukällor har jag använt mig av tekniska inspektören John Lundqvist från Godby Shipping Ab, maskinchef Jarmo Tasa från m/s Miranda och Mårten Storbacka från WE Tech Solutions Oy och svaren har plockats in i examensarbete, där jag har behövt information. Varför jag just har valt dessa personer beror på deras sakkunnande och involvering i detta projekt.

De fakta jag fått fram baserar sig på undersökning av fartygsdokument, projektritningar, intervjuer och informationssökning på internet.

Mina testresultat och bunkerförbrukning baserar sig på information jag fått från fartyget som har samlats in under driften, för att få fram den verkliga besparingen.

Det finns mycket lite om VFD SG Solution i litteraturform. Största delen av litteraturmaterialet jag har använt, har jag fått från verkställande direktör Mårten Storbacka från WE Tech Solutions Oy. Honom räknar jag som expertis inom detta område, eftersom företaget sålt och installerat anläggningen i fråga och är en föregångare inom denna bransch.

Jag har fått tillstånd av ovan nämnda personerna att publicera deras namn i examensarbetet.

2 Bakgrund

Här kommer att jag att berätta om rederiet och fartyget. Vidare behandlas VFD och skillnaden mellan konventionellt system och VFD SG Solution.

2.1 Rederiet

Godby Shipping Ab består av två delägare. Trailer-link som är registrerat i Finström och Minicarriers som är registrerat på Brändö. Trailer-link äger fartygen Misana, Miranda och Link Star. Misida, Mistral, Mimer och Midas ägs av Minicarriers. (Godby Shipping Ab 2010a)

2.2 Godby Shipping Ab

Godby Shipping är ett privatägt rederi som är grundat år 1973. Målsättningen är att erbjuda högklassiga och skräddarsydda sjötransporter för skogsindustrins behov.

Rederiet strävar efter att driva en modern och konkurrenskraftig fartygsflotta under finländsk flagg. Flottan består för tillfället av sju fartyg.

Fartygen Mimer (byggt 1990), Midas (1990), Mistral (1999), Miranda (1999), Misana (2007) och Misida (2007) är alla tidsbefraktade åt UPM-Kymmene. De används för UPM:s export av skogsprodukter från Finland till huvudmarknaderna i Europa. Viktiga destinationer är Spanien (Santander och Ferrol), Frankrike (Rouén), Storbritannien (London), Nederländerna (Amsterdam) och Polen (Gdynia). På returesorna används fartygen av olika operatörer för transport av roro-enheter, kontainers, styckegods och projektlaster till Finland.

Rederiets kontor och fartyg är certifierade av Lloyd's Register och Sjöfartsverket i Finland enligt IMO: s så kallade ISM-kod. I tillägg till detta har Lloyd's Register godkänt rederiets och fartygens rutiner i enlighet med den internationella miljöstandarden ISO 14001.

Godby Shippings kontor ligger på Södragatan 13 i centrala Mariehamn. Totalt är cirka 180 personer anställda i kontoret och på fartygen.

(Godby Shipping Ab 2010b)

2.3 *m/s Miranda*



Figur 1. Miranda. (Fakta om fartyg, 2010)

Teknisk data:

Finsk flagg, byggd av J.J. Sietas KG Schiffswerft GmbH u. Co., Tyskland 1999
 Germanischer Lloyd +100 A5 E4 "Ro-Ro-Ship" "Utrustad för transport av
 kontainers "SOLAS II-2, Reg. 19" MC E4 Aut.

Finsk/Svensk is klass 1A Super, Call sign OJIY, IMO no. 9183790

Ägare, Trailer Link, Finström Åland

Längd: 153,45 m

Bredd: 20,60 m

Djupgående: 7,00 m

DWT vid 7,00 m djupgående: 7 440 ton

Maskineri: Huvudmotor Wärtsilä 12V46C, 12 600 kW

Fart och bränsleförbrukning/dygn: Service fart ca 20 knop, ca 48 ton IFO-380

Miranda trafikerar på linjen Raumo - El Ferrol – Santander - Kotka - Raumo.

Lasten består främst av pappersindustrins produkter.

(Godby Shipping Ab 2010c)

2.4 VFD teori

VFD SG är en förkortning på engelska av Variable Frequency Drive Shaft Generator, översatt till svenska är det Variabel Frekvens Enhet Axel Generator. Det finns mycket lite material om VFD för fartyg, fast det har redan på 1970-80 talet använts tillsammans med långsamtgående fartygsmotorer² (tvärstyckare). I det här fallet är det fråga om en medelhastighets motor på 500 varv/minut.

Funktionsprincipen för VFD, variabel frekvens enhet har inte förändrats under de senaste 50 åren, trots att utvecklingen har gått framåt för microprocessorer och halvledarkomponenter.

Med en VFD reglerar man rotationshastigheten för en växelströms elmotor, genom att omvandla den ingående sinusspänningen till likspänning och därefter återskapa sinusvågen med en önskad frekvens till växelspanning. Små VFD enheter är mycket vanliga för att reglera hastigheten på bl.a. fläktar i ventilationssystemet. De används även för pumpar, hissar, transportband m.m. (ABB, 2011)

2.5 Tillstånd

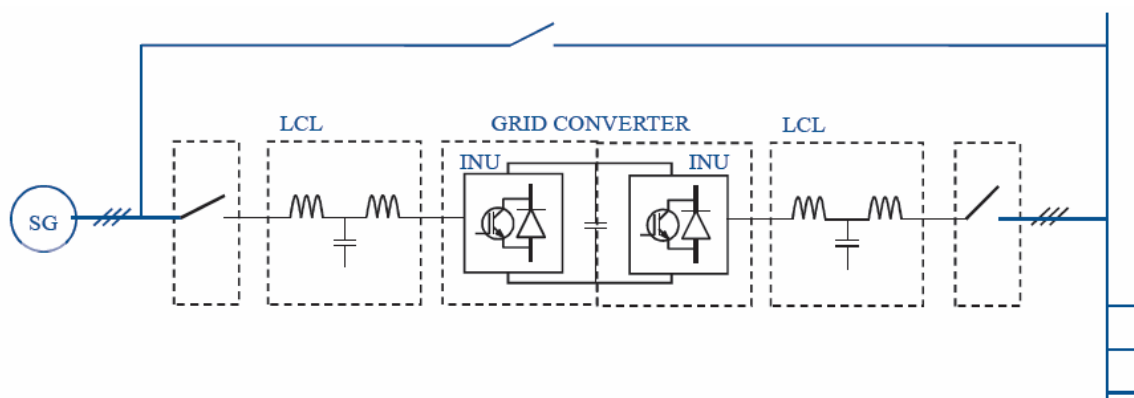
För att kunna förverkliga ett ombyggnadsprojekt i denna skala av ett befintligt fartyg, krävs det tillstånd. Detta modifieringsprojekt kräver en konstruktionsändring och därför behövs det tillstånd av finska sjöfartsmyndigheten Trafi (Finnish Transport Safety Agency) och klassificeringssällskapet GL (Germanischer Lloyds) där hon är klassificerad i.

En liten del av lastutrymmet på huvuddäck försvinner (2100 x 4700mm), för att kunna placera den stora frekvensomvandlarenheten på en strategiskt bra plats.

² Långsamtgående fartygsmotor eller också kallad ”tvärstyckare”, har ett varvtal mellan 75 – drygt 100 rpm/min. (Svensk sjöfartstidning 2009)

2.6 Hur fungerar en VFD

En VFD fungerar som en frekvensomriktare³. Växelströmmen matas från axelgeneratoren via ett LCL-filter⁴ in till DC kretsen, där växelströmmen "hackas" upp i mindre delar och blir likström. Därefter övergår strömmen till AC kretsen där den återgår till sinusformad växelström och via ett LCL-filter ut till elnätet steglöst.



Figur 2. VFD enhet med 2 x AFE enheter (Nät konverter) (Storbacka M. 2010a)

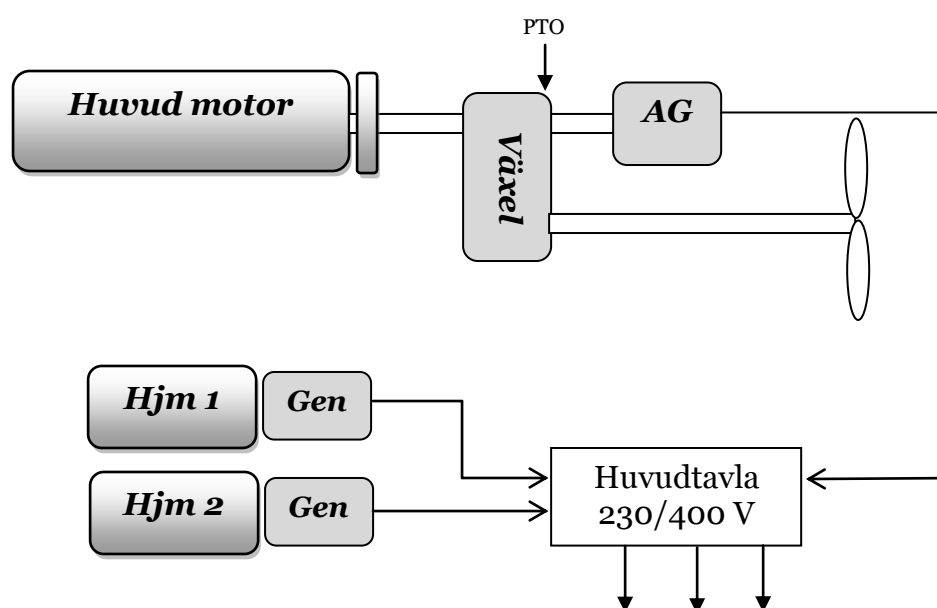
2.7 Konventionellt system på m/s Miranda

På m/s Miranda används axelgeneratoren för att producera elektricitet till fartyget då huvudmotorn är i drift till sjöss och då behöver inte hjälpmotorerna var i användning. I hamnen är det hjälpmotorerna med egna generatorer som producerar elektriciteten. Axelgeneratoren behövs även för att förse styrpropellrarna med ström. De används vid manöver t.ex. vid ankomst/avgång från kaj.

³ En frekvensomriktare är en kraftelektronikenhet som används för steglös varvtalsreglering. För att omvandla en växelspanning av en frekvens, till en växelspanning av en annan frekvens. (Vacon 2011)

⁴ Ett LCL filter dämpar och utjämnar strömmen. LCL står för spole kondensator spole. (Storbacka 2011)

Med ett konventionellt system menas i Mirandas fall en huvudmotor som driver en reduceringsväxel, som i sin tur är kopplad till en propelleraxel. Reduceringsväxeln har ett PTO⁵ kraftuttag där axelgeneratoren är inkopplad. Huvudmotorn startas med tomgångsvarv som är 350 rpm. När man går över till konstant varvtal ökar huvudmotorns varvtal till 500 rpm. Utväxlingen på PTO kraftuttaget är så dimensionerad, att huvudmotorn måste rotera konstant 500 rpm för att axelgeneratoren skall rotera 1500 rpm. Rotationshastigheten på axelgeneratoren måste vara 1500 rpm, för att producera en spänning på 400 Volt och frekvensen 50 Hz för elnätet. Om varvtalet ändras så ändrar även spänningen och frekvensen. För att reglera fartygets fart, ändrar man stigningen på propellerbladen och varvtalet på huvudmotorn hålls konstant. (Storbacka M. 2010b)



Figur 3. Konventionellt system m/s Miranda (Anders Byman. 2011)

2.8 VFD SG Solution

Med VFD SG enheten låter man rotationshastigheten, spänningen och frekvensen på axelgeneratoren variera tillsammans med huvudmotorn, medan elnätets spänning och frekvens är konstant med hjälp av en frekvensomriktare.

⁵ Ett kraftuttag på reduceringsväxeln som via kuggdrev får en passande rotationshastighet för axelgeneratoren.

Enheten tillåter upp till 30 % variation mellan axelgeneratorns frekvens/spänning och elnätets nominella spänning/frekvens. VFD SG enhetens kapacitet är mindre än 50 % av axelgeneratorns totala effekt. Varför kapaciteten är så låg, beror på att man håller dimensioneringen av anläggningen på en rimlig nivå. Stora förbrukare såsom bogpropeller (bow thruster) och akterstyrpropeller (stern thruster) är blockerade från användning under VFD SG drift.

Systemet är uppbyggt så att det finns möjlighet att använda det parallellt med hjälpmotorerna. VFD enheten är skyddad mot överbelastning genom att mindre viktiga förbrukare trippar⁶, om enhetens kapacitet överstiger 95 %.

Startblockeringen aktiveras om belastningen överskrider 90 % av VFD enhetens kapacitet, även om bog/akterstyr propeller är inkopplad eller om enhetens nödstopp är aktiverad.

Med VFD SG Solution kan det sparas upp till 5 – 15 % i bunker, beroende på fartygets befraktningsprofil. Det går i efterhand att modifiera ett befintligt fartyg för VFD SG Solution som retrofit⁷ på bl.a. följande fartygstyper: Ro-Ro, Ro-Pax, Färja, Bulk, Kontainer, Produkt tankers, Offshore supply fartyg m.m. samt på nybyggda fartyg. (Storbacka M. 2011a)

3 Hur kan man använda variabelt varvtal vid axelgenerator drift.

Här kommer jag att förklara hur man kan använda variabelt varvtal på m/s Miranda, som har en kombination bestående av huvudmotor och axelgeneratorn för att producera 400 volt och 50 Hz till fartygets elnät.

Vidare framkommer det varför man byggt ett sådant system, funktionsprincip och dimensionering av enheten.

⁶ Med trippar menas att anläggningen stängs av (säkringen slår bort).

⁷ Retrofit, då ett befintligt fartyg modifieras i efterhand.

3.1 *Introduktion av VFD SG Solution*

Miranda har en huvudmotor (ME) av modell Wärtsilä 12 V 46 C som är kopplad via en reduktionsväxel till en propelleraxel med vridbara propellerblad. Reduktionsväxeln har ett sekundärt kraftuttag (PTO) där axelgenerator (SG) är inkopplad, för att försörja fartyget med ström då huvudmotor är i drift. Den här typen av framdrivningsmaskineri är ett allmänt förekommande system för fartyg, där det kräver bra manöverförmåga i hamnar eller trånga passage.

Med konstant varvtal på huvudmotorn begränsas den optimala regleringen av fartygets hastighet vid lägre farter. I praktiken betyder det att konstant varvtal fungerar bäst då man uppnår fartygets planerade marschfart.

Med VFD SG Solution reglerar man hastigheten enligt kombinatordrift. Vid kombinatordrift regleras huvudmotorns varvtal enligt kombinatorkurvan. Denna kurva är uträknad och testad för fartyget, där förhållandet mellan propellerbladens stigning och huvudmotorn varvtalet är optimalt, m.a.o. när varvtalet ändras på huvudmotorn ändras även stigningen på propellerbladen, men frekvensen hålls konstant oberoende av varvtalsvariationen.

Orsaken till varför det förekommer vibrationerna och kavitering från propellern när stigningen minskas men propellervarvtalet hålls konstant, är att det uppstår tryckimpulser som bryts mot fartygets botten istället för akter om fartygets skrov. Skrovets vibrationer är en produkt av dessa energipulser som genereras av propellern och det medverkar att huvudmotorn även förbrukar mera bränsle. (Storbacka M 2010c)

3.2 *Strävan är bränsle besparing*

Strävan är att sänka bränsleförbrukningen på huvudmotorn, då tidtabellen är sådan att fartyget inte behöver köra med full hastighet. Med detta uppnår man inte enbart bränslebesparing, utan även reducerade utsläpp.

För att effektivast spara bränsle vid reducerad fart, behöver man sänka både motorns varvtal och stigningen på propellerbladen. Med att enbart ändra stigningen på propellerbladen, uppstår det kavitation som bryts mot skrovet och praktiskt taget sker det ingen bränslebesparing.

Man kan på två olika sätt använda huvudmotorn med kombinatordrift, som betyder att huvudmotorvarvtalet är variabelt.

Det första är att inte utnyttja axelgeneratoren, utan låter hjälpmotorn sköta elproduktionen till fartyget. Detta innebär mera drifttimmar på hjälpmotorn.

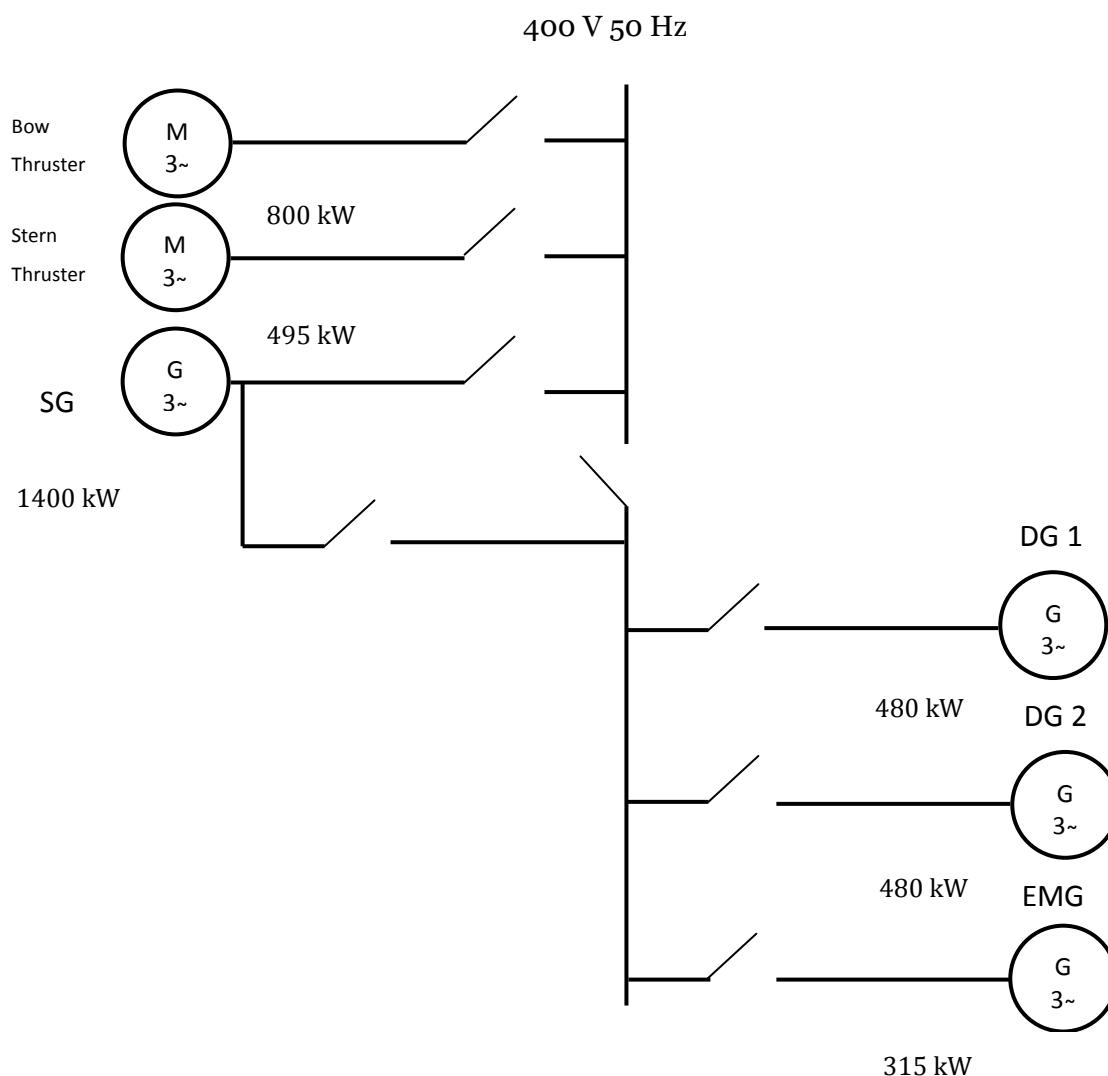
Det andra alternativet är att utnyttja Variable Frequency Drive Shaft Generator Solution, som håller elnätets spänning och frekvens konstant, men låter axelgenerator spänningen och frekvensen variera tillsammans med huvudmotor varvtalet.

I det första alternativet blir det ingen besparing, eftersom hjälpmotorn förbrukar bränsle och drifttimmarna ökar. Det genererar i oftare förekommande service och förhöjda reservdelskostnader. Det andra alternativet är VFD SG Solution, som är mera ekonomiskt, för axelgeneratoren roterar oberoende om den är inkopplad eller inte när huvudmotorn är i drift. (Storbacka M. 2010d)

3.3 MSB⁸ före och efter

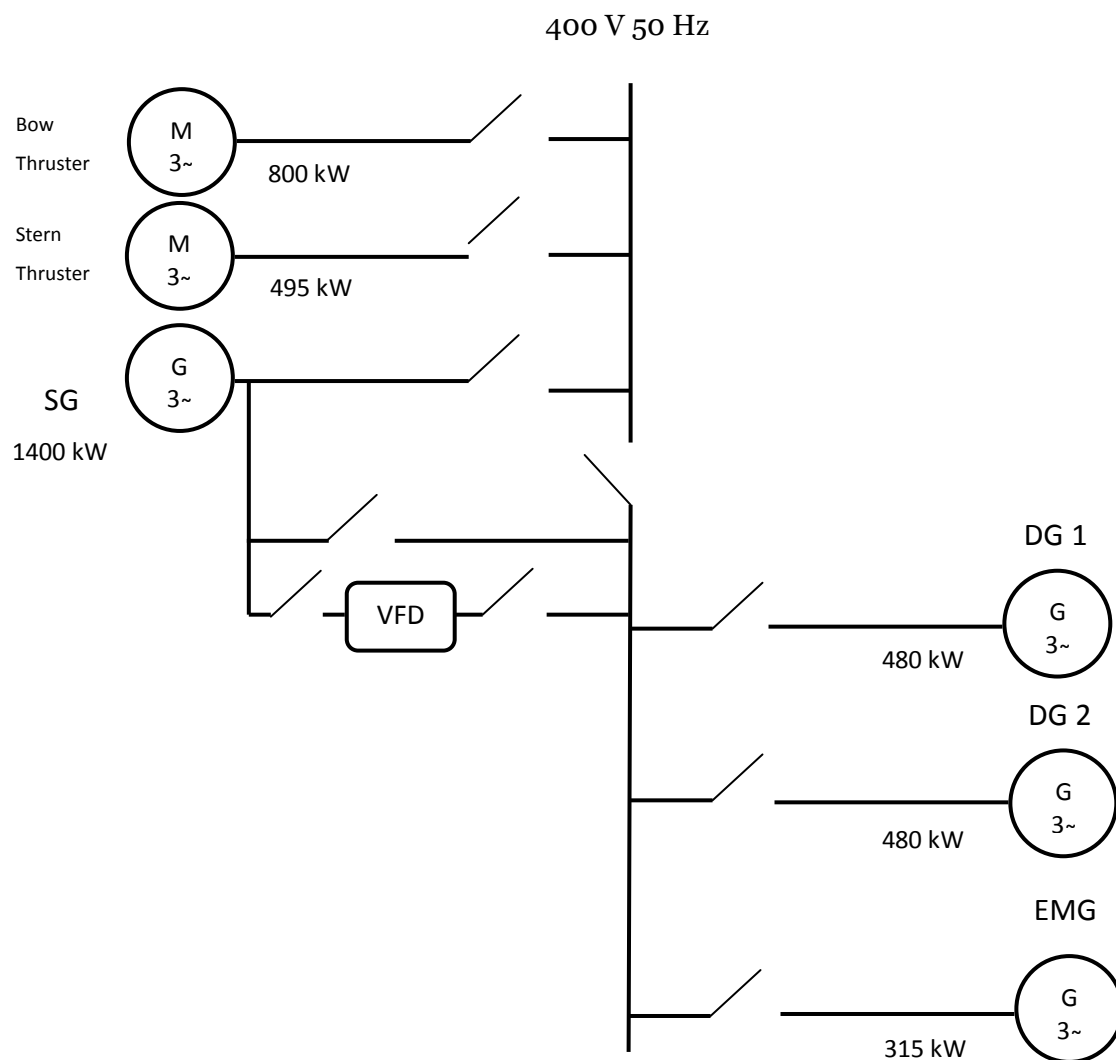
För att sänka huvudmotorernas varvtal enligt det mera ekonomiska alternativet, behövs en Variable Frequency Drive SG solution enhet.

Installering av VFD SG enheten i efterhand på Miranda, är att koppla in den parallellt med det befintliga systemet, m.a.o. parallellt med SG-brytaren. Detta möjliggör att befintliga systemet eller VFD SG enheten kan användas, helt enligt behov.



Figur 4. MSB utan VFD. (Mårten Storbacka. 2010b)

⁸ MSB, Main Switch Board. Är huvud eltavlan därifrån eldistributionen styrs på Miranda. Är placerad i maskinkontrollrummet.



Figur 5. MSB med VFD. (Mårten Storbacka 2010c)

3.4 Dimensionering och kriterier

Elförbrukningen från huvudtavlan (MSB) ute till sjöss (SAILING MODE)⁹ är normalt under 500 KVA, vilket motsvarar 400 kW (effektfaktorn 0,8 * 500 KVA). Detta betyder att thrusters, ballast pumpar etc. inte är i drift under denna mode.

Strävan för VFD SG Solution är att enbart utnyttja Sailing mode för att hålla dimensioneringen av anläggningen på en resonlig nivå (kostnader, utrymmen m.m.). Då VFD SG-enheten installeras parallellt med det befintliga, möjliggör detta att vid behov kunna använda 100 % effekt. (Storbacka M. 2010e)

⁹ Sailing Mode är då axelgeneratorn försörjer fartyget med elektricitet och hjälpmotorerna inte är i drift.

När ett VFD SG solution projekt planeras för ett fartyg, måste säkerhetsfunktioner för existerande förbrukare (consumers) kartlagda. Detta gör man för att säkra sig om att dimensioneringen av VFD enheten är tillräcklig.

Dimensioneringskriterier för VFD enheten beror på två saker: elektriska belastningen och nätets selektivitet¹⁰. (Storbacka M. 2010h)

3.5 Belastningstabell

Tabell 1. Belastningstabell (Mårten Storbacka, 2010a)

Förbrukare	Sea mode VFD	Sea mode Ballast pumpar	Manövrering	I hamn	I hamn Lastning	I hamn Resterande	Nödgen.
	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW
Hjälp utrustning för maskineriet	80	80	110	95	95	80	50
Hjälp utrustning för fartyget	80	168	80	115	890	50	65
Däcksutrustning	15	15	100	180	80	20	5
Ventilation och AC-kompr.	50	50	50	60	60	60	1
Proviant kompressorer	10	10	10	10	10	10	0
Kök och inredning	30	20	30	30	30	20	10
Belysning	20	20	20	30	30	20	10
Navigation	15	15	15	15	15	15	9
Styr propellers	0	0	1100	0	0	0	0
Total (kW)	300	388	1515	535	1210	285	140

¹⁰ Selektivitet är nätets förmåga att klara av störningar som bl.a. kortslutning.

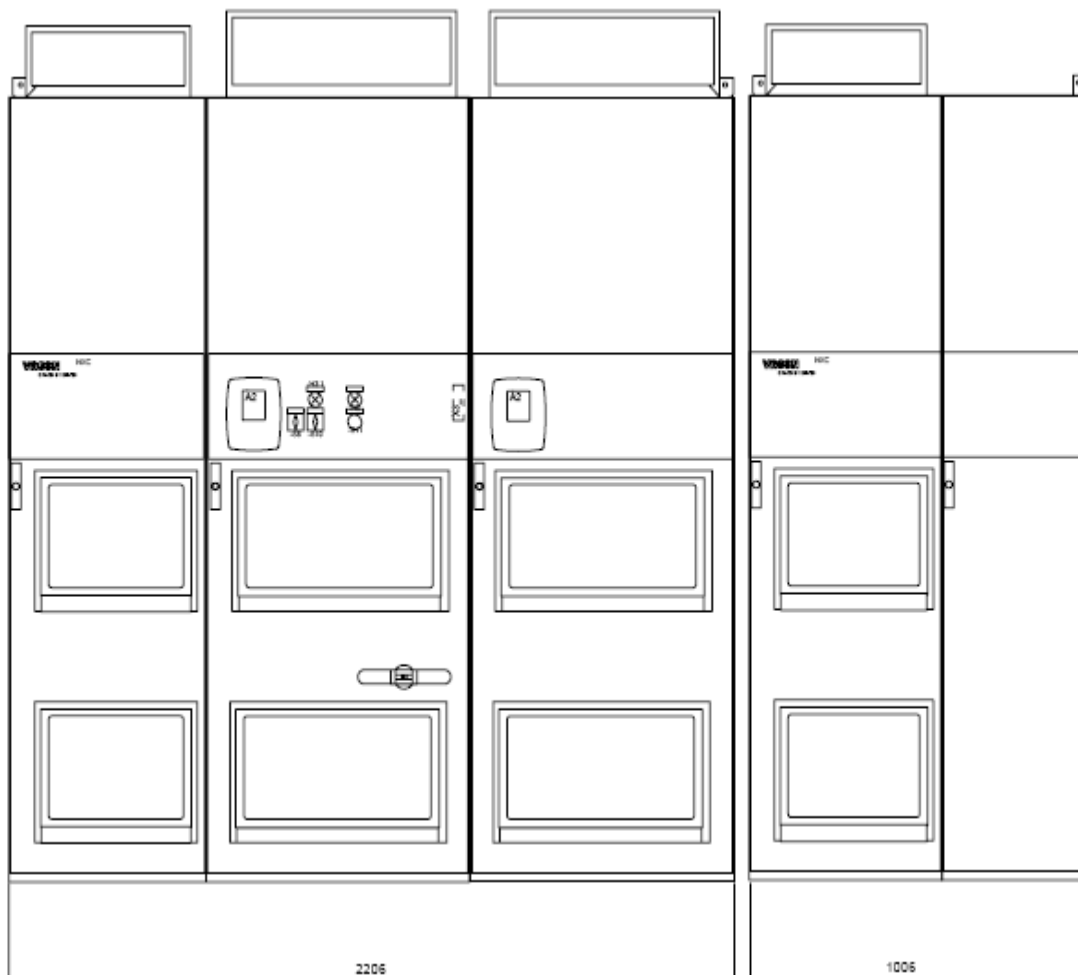
3.6 VFD enhet

VFD SG solution baserar sig på frekvensomriktare. Vacon NXC är en modul som innehåller 2 st. AFE¹¹ (Active Front End) luftkylda enheter. Generatorsidans AFE + generator sidans LCL-filter överför växelströmmen från axelgeneratoren (AC input) till mellanliggande likströms krets (DC). Nät sidans AFE + LCL-filtret anpassar strömmen från mellanliggande DC-kretsen, åter till sinusformad växelström (AC). (Storbacka M. 2010f)



Figur 6. Frekvensomriktarenheten (Eget arkiv, 2010a)

¹¹ AFE är till för att kontrollera den regenerativa strömmen. (Siemens 2011)



Figur 7. NXC1300 standard modul + Nät sidans LCL. IP54. (Mårten Storbacka, 2010d)

VACON NXC 1300:

- I_n , Beräknad ström: 1095 A
- I_s , Kortslutnings ström: 2070 A
- $I_{60 \text{ sek.}}$, 50 % Överbelastnings ström i 60 sek.: 1525 A
- S_{cont} , Märkbar effekt: 759 KVA
- P_{cont} , Aktiv effekt, 759 KVA * 0,8: 607 kW
- Inkluderar 5 % interna förluster i AFE

Mått:

- 2 x AFE + GEN. Sidans LCL-filter: 2,206 x 2,445 x 0,605 m.
- Nätets (Grid) sidan: 1,006 x 2,275 x 0,600 m.
- Vikt: ca 2800 kg



Figur 8. Transformator. (Eget arkiv, 2010b)

Transformator, TRAFOTEK 400/400 V

- U , Spänning: 400 V
- I , Ström: 909 A
- P , Effekt: 630 KVA
- U_k , Spänningsförluster: 5,53 %
- Vikt: 2150 kg

3.7 Effekt hanterings system, PMS¹²

Här kommer en förklaring på hur övergången från konstant varvtal till VFD-mode går till.

Övergång från konstant varvtal till VFD-mode:

- Belastningen måste vara mindre än 400 kW ($0,8 * 500 \text{ KVA} = 400 \text{ kW}$)
- Thrusters i OFF-läge
- Axelgeneratoren inkopplad och frekvensen ca 50 Hz (Sailing Mode)

1. Aktivera VFD genom att välja läge 5 på kopplingsbrytaren¹³.



Figur 9. Kopplingsbrytaren. (Eget arkiv, 2010c)

¹² Power Management System, sköter infasning av axelgenerator, hjälpmotorer och thrusters.

¹³ Kopplingsbrytaren är en brytare på huvudtavlan, därifrån man väljer hjälpmotor eller axelgenerator drift.

2 Tryck in Sailing VFD request, gröna knappen (laddar mellanliggande DC-kretsen och stänger VFD-brytaren).



Figur 10. VFD kontrollpanel. (Eget arkiv, 2010d)

- VFD börjar ta över belastningen, (nät sidans AFE startar övergången) och den aktiva effekten genom VFD stiger.
- När hela belastningen tagits över till huvudtavlan (MSB) går ingen effekt igenom SG-brytaren mera och SG-brytaren öppnar.
- Fartyget är nu i VFD Sailing Mode och huvudmotorns varvtal kan regleras i samspråk med propellerstigningen.

För att övergå tillbaka till konstantvarvtal axelgenerator drift, måste frekvensen på axelgeneratormen först höjas tillbaka till 50 Hz genom att öka varvtalet på huvudmotorn till 500 rpm.

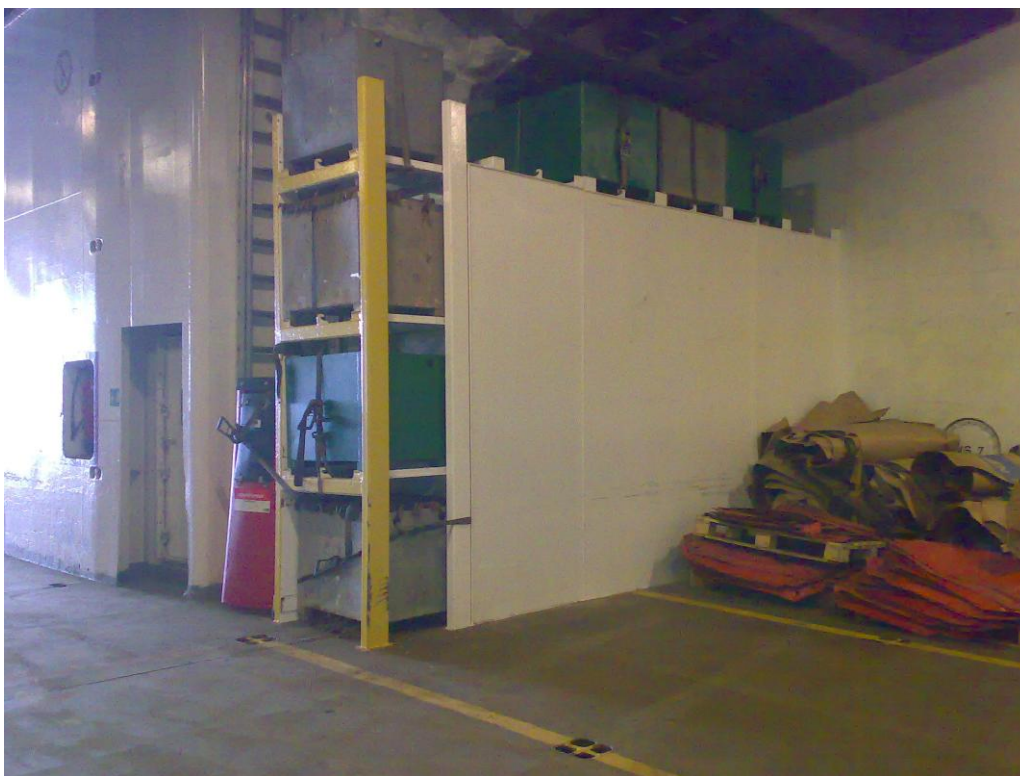
Välj läge 4 på kopplingsbrytaren och tryck STOP VFD unit (Röd tryckknapp). VFD enheten avbelastas och VFD-brytaren öppnar sig. (Storbacka M 2010g)

4 Problem

I detta kapitel berättar jag om vilka problem man stötte på vid konverteringen till VFD SG solution och hur problemen blev lösta.

4.1 Projektet

Installationen av VFD SG Solution påbörjades i juli 2010. Man började med att bygga ett utrymme på huvuddäck för frekvensomriktarenheten. Enheten placerades framför maskinkontrollrummet på huvuddäck, vilket är beläget ett däck ovanför maskinkontrollrummet. Detta gjorde man för att kabeldragningar skulle bli så kort som möjligt och för att ordna ventilationen för utrymmet. Långa kabeldragningar medför effektförluster, vilket man ville komma ifrån. (Jarmo Tasa, personlig kommunikation, 21.12.2010)



Figur 11. Rum för VFD enheten på huvud däck. (Eget arkiv, 2011)

4.2 Problem med neutralpunkten

Installationen löpte i början helt enligt planerna och första testerna av VFD SG enheten gjordes i oktober 2010. Felinställning av VFD SG enheten ledde till några black out¹⁴ i början av provturen. När detta blev åtgärdat, upptäckte man att generatorns neutralpunkt¹⁵ var ostabil och ”vandrade” i fartyget. Man konstaterade det genom att spänningen varierade på fartyget, i förliga delen av fartyget var spänningen helt annan än i den aktradelen av fartyget. Detta beror på att elsystemet på Miranda inte har någon fast neutralpunkt. (Jarmo Tasa, personlig kommunikation, 04.01.2011)

4.3 Lösning på problemen

Problemet löstes med att installera en isolationstransformator. Utrymmet för VFD enheten förstörades, så att transformatorn installerades i samma rum som frekvensomriktarenheten. Kabeldragningen blev så kort som möjlig och spänningsförlusterna minimala.

Efter att de tekniska problemen var lösta, började man provköra VFD enheten åter i mitten av december 2010 och VFD enheten blev godkänd för användning av GL och Trafi. (Jarmo Tasa, personlig kommunikation, 21.12.2010)

Resultaten kan man läsa i nästa kapitel.

¹⁴ Black out är när fartyget mister sin elektricitet.

¹⁵ Neutralpunkten eller ”nollpunkten” är stjämpunkten i generatoren dit samtliga faser är inkopplade. Den plats där spänningen är 0 volt. Är inte punkten stabil blir fasförskjutningen ojämn. (faktabanken, 2011)

5 VFD SG vs. Konstant varvtal

I detta kapitel jämförs VFD med konstant varvtal. Uppgifterna är tagna från Mirandas reserapporter.

5.1 Resor med Miranda

Tabell 2 & 3 (Godby Shipping John Lundqvist, m/s Miranda Bunker and voyage report 21/10 – 1/11. 2010/ 2011a)

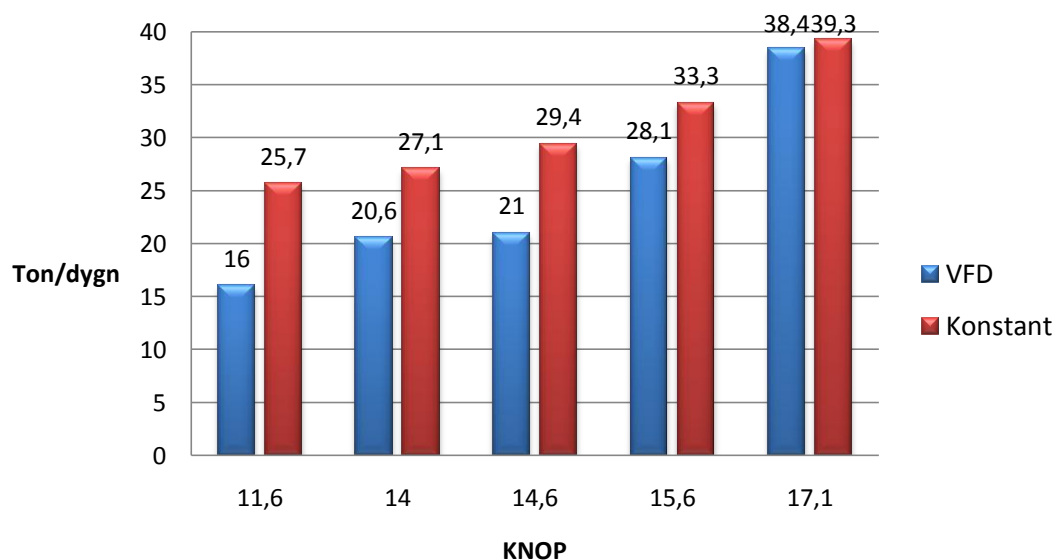
VFD

Resa	Totala	Tid	Medelfart	Förbrukning	
	Nm	Timmar	Knop	Tot./ton	Ton/dygn
24/10	449	39	11,5	26,0	16,0
1/11	1889	134,5	14,0	115,5	20,6
1/11	324	22,25	14,6	19,7	21,0
1/11	343	22	15,6	25,8	28,1
1/11	300	17,5	17,1	27,9	38,4
Medeltal	661	47,05	14,56	42,98	24,82

KONSTANT VARVTAL

Resa	Totala	Tid	Medelfart	Förbrukning	
	Nm	Timmar	Knop	Tot./ton	Ton/dygn
22/10	118	9,6	11,7	10,23	25,7
17/10	908	64,8	14,0	73,2	27,1
19/10	228	16,8	14,6	20,6	29,4
21/10	3994	249,6	15,6	346,3	33,3
21/10	99,9	4,8	16,9	7,9	39,3
Medeltal	1 069,98	69,12	14,56	91,65	30,96

5.2 Bränsleförbrukning



Figur 12. Bunkerförbrukning (Eget diagram, 2011)

Miranda har bokfört resultaten med användning av VFD sedan resa 24/2010 som började 29.12.2010.

Man ser att den största besparingen sker vid lägre hastigheter som VFD är planerad för, men vid 17,1 knop sker det fortfarande en liten besparing.

Eftersom man använt VFD under så kort tid, har stor del av resultaten till tabellen tagits från resa 24/2010 och 1/2011. Detta har jag gjort för att få jämförbara värden med konstant varvtal. (Godby Shipping John Lundqvist, m/s Miranda Bunker and voyage report 21/10 – 1/11. 2010/ 2011b)

5.3 Besparing

För att få en uppfattning om den verkliga besparingen, räknar jag skillnaden mellan VFD SG och konstant varvtal för resan 19/2010, från Kotka - Rostock - Tilbury - Raumo, där medelfarten är 14,6 knop. Den totala distansen är 2454 nautiska mil och resan tar totalt 11,1 dagar, varav 7 dagar till sjöss.

Bunkerpriset varierar hela tiden, men jag räknar med ett pris som i februari 2011 är 450 €/ton.

Bränslebesparing:

- Med VFD: 21 ton/dag * 7 dagar = 147,0 ton
- Med konstant varvtal: 29,4 ton/dag * 7 dagar = 205,8 ton
- 205,8 – 147,0 = **58,8 ton**

Ekonomisk besparing:

- Med VFD kostar resan 450 €/ton * 147,0 ton = 66150 €
- Med konstant varvtal kostar resan 450 €/ton * 205,8 ton = 92610 €
- Skillnaden är 92610 € – 66150 € = **26460 €**

6 Sammanfattning av arbetet

VFD SG Solution finns det mycket lite att läsa om, eftersom det är en ny ”grej”. Jag har haft turen att komma i kontakt med sådana personer som verkligen är insatta och sakkunniga inom detta område.

Miranda har fungerat som pilotprojekt för WE Tech Solutions Oy som utfört denna modifiering och det har varit en utmaning även för dem. Företaget har verkat aktivt inom branschen sedan januari 2010. Man fokuserar sig på energi effektivisering för marina installationer och är i nära samarbete med Vacon plc. Huvudkontoret finns i Vasa, och som verkställande direktör fungerar Mårten Storbacka. (Storbacka M. 2011b)

Med stigande bränslekostnader är det ett ypperligt tillfälle att kunna komma med en lösning på bränslebesparing. Detta innebär även att miljön drar nytta av minskade utsläpp i naturen. Det som inverkar mycket på om man kan använda VFD är förstås tidtabellen och väderförhållanden. Att redaren under dessa hårda tider vågar satsa på något nytt, visar att det trots allt finns en vilja att försöka spara på miljön. En investering som denna, är ekonomiskt mycket värdefull.

Som man kan se från tabellerna över besparingar, finns det möjlighet att minska bränsleförbrukningen vid lägre hastigheter.

7 Slutsatser och utvärdering

Att skriva examensarbete om VFD SG Solution - hur kunna använda variabelt varvtal vid axelgenerator drift, har varit utmanande men även mycket givande. Eftersom jag själv jobbar i maskin, har det varit lärorikt och nyttigt med tanke på framtiden.

Jag har haft nytta av att arbeta själv inom samma bransch och för samma arbetsgivare, som beställt detta examensarbete. Det har varit lätt att få hjälp vid behov och rederiet har ställt upp när det har behövts.

Själv tror jag att VFD SG Solution har en framtid. Resultaten talar för sig själva och driften har inte tillfört extra arbete för fartygets personal. Den är lätt skött och framför allt ser man den konkreta besparingen med minskad bränsleförbrukning. Med detta har vibrationerna nästan helt försvunnit och det är också en mycket viktig faktor, för vibrationer är orsaken till många fel som uppstår på fartygen.

Det vore intressant att följa upp driften av VFD under en längre tidsperiod och på så vis få en klarare blick över besparingen. Men jag är övertygad om att besparingen är kännbar, speciellt vid låga hastigheter och varför inte i högre hastigheter, då i reduktion av vibrationer. Jag har funderat på varvtalsreduceringens inverkan på kolvhalsningsintervallen. Vanligtvis kolvhalsningar sker efter en viss tidsintervall (12000 drift timmar). Med att huvudmotorn roterar med en lägre hastighet vid VFD än konstant varvtal, finns det en möjlighet att förlänga kolvhalsningsintervallen, i.o.m. att kolven går upp och ner, ett mindre antal gånger under 12000 timmar. Detta innebär besparing i reservdels kostnader.

På basis av fakta som kommit fram under utredningen, ser installationen ut att vara lyckad. Målen har uppnåtts och reduktion av bränsleförbrukningen är helt uppenbar. Vidare undersökning av bränslebesparingen i förhållande till investeringskostnader och framför allt vibrationer, är ett bra examensarbete i framtiden.

Själv är jag av den åsikten att om man kan på något sätt bidra till en bättre miljö och spara på naturen, godkänner jag ändringar i dagliga rutiner och andra inlärda sätt.

Källförteckning

Litteratur:

ABB. 2011. *VFD teori*. Hämtad 08.4.2011. Tillgänglig:
[http://www05.abb.com/global/scot/scot239.nsf/veritydisplay/4182a7ce0963d893852573070053da9e/\\$file/lvd_eotn01u_en_reva.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot239.nsf/veritydisplay/4182a7ce0963d893852573070053da9e/$file/lvd_eotn01u_en_reva.pdf)

Faktabanken. 2011. *Neutralpunkten*. Hämtad 4.4.2011. Tillgänglig:
<http://faktabanken.nu/trefas.htm>

Godby Shipping Ab. 2010a. *Rederiet och fartyget*. Hämtad 7.1.2011. Tillgänglig:
<http://www.godbyshipping.fi/svenska/index.php/Företaget>

Godby Shipping Ab. 2010b. *Godby Shipping Ab*. Hämtad 7.1.2011. Tillgänglig:
<http://www.godbyshipping.fi/svenska/index.php/Företaget>

Godby Shipping Ab. 2010c. *m/s Miranda*. Hämtad 12.1.2011. Tillgänglig:
<http://www.godbyshipping.fi/svenska/index.php/Fartygen>

Siemens 2011. *AFE, Active Front End*. Hämtad 10.3.2011. Tillgänglig:
http://www3.sea.siemens.com/step/templates/lesson.mason?ac_drives:4:1:8

Storbacka M. 2010a. *Hur fungerar en VFD. VARIABLE FREQUENCY DRIVE SHAFT GENERATOR SOLUTION Principal Arrangement for existing Ro-Ro vessel*. Operation of the VFD unit.

Storbacka M. 2010b. *Konventionellt system. VARIABLE FREQUENCY DRIVE SHAFT GENERATOR SOLUTION Principal Arrangement for existing Ro-Ro vessel*. Introduction.

Storbacka M. 2010c. *Introduction av VFD. VARIABLE FREQUENCY DRIVE SHAFT GENERATOR SOLUTION Principal Arrangement for existing Ro-Ro vessel*. Introduction.

Storbacka M. 2010d. *Strävan att spara bränsle. VARIABLE FREQUENCY DRIVE SHAFT GENERATOR SOLUTION Principal Arrangement for existing Ro-Ro vessel*. Aim to save fuel.

Storbacka M. 2010e. *Dimensionering av anläggningen. VARIABLE FREQUENCY DRIVE SHAFT GENERATOR SOLUTION Principal Arrangement for existing Ro-Ro vessel.* Principal description of a Variable Frequency Drive.

Storbacka M. 2010f. *VFD enhet. VARIABLE FREQUENCY DRIVE SHAFT GENERATOR SOLUTION Principal Arrangement for existing Ro-Ro vessel.* Operation of the VFD unit.

Storbacka M. 2010g. *PMS, Power management system. VARIABLE FREQUENCY DRIVE SHAFT GENERATOR SOLUTION Principal Arrangement for existing Ro-Ro vessel.* Power management system modifications.

Storbacka M. 2010h. *Dimensionerings kriterier. VARIABLE FREQUENCY DRIVE SHAFT GENERATOR SOLUTION Principal Arrangement for existing Ro-Ro vessel.* Dimensioning criteria for the VFD unit.

Storbacka M. 2011a. *VFD SG Solution. Variable Frequency Drive Shaft Generator Solution.* VFD SG Solution introduction.

Storbacka M. 2011b. *Sammanfattning av arbetet. Variable Frequency Drive Shaft Generator Solution.* Company introduction.

Svensk sjöfartstidning 2009. *Sjöfartensbok s.13 Handel och fartyg.* Hämtad 26.2.2011.

Tillgänglig: http://www.sjofartstidningen.se/fakta_statistik/2009/sjb_10_14.pdf

Vacon 2011. Hämtad 7.3.2011. Tillgänglig: <http://www.vacon.se/Default.aspx?id=462160>

Figurer:

Figur 1. Fakta om fartyg. 2005. *m/s Miranda.* Hämtad 1.3.2011. Tillgänglig: http://www.faktaomfartyg.se/miranda_1999_tn6.JPG

Figur 2. Mårten Storbacka. 2010a. *VFD enhet med 2 x AFE enheter (Nät konverter).* *VARIABLE FREQUENCY DRIVE SHAFT GENERATOR SOLUTION Principal arrangement for existing Ro-Ro vessel.* Operation of the VFD unit.

Figur 3. Egen illustration, 2011. *Konventionellt system.*

Figur 4. Mårten Storbacka. 2010b. MSB utan VFD. *VARIABLE FREQUENCY DRIVE SHAFT GENERATOR SOLUTION Principal arrangement for existing Ro-Ro vessel.* Typical electrical load balance list.

Figur 5. Mårten Storbacka. 2010c. MSB med VFD. *VARIABLE FREQUENCY DRIVE SHAFT GENERATOR SOLUTION Principal arrangement for existing Ro-Ro vessel.* Typical electrical load balance list.

Figur 6. Frekvensomriktarenheten (Eget arkiv 2010a)

Figur 7. Mårten Storbacka. 2010d. NXC 1300 Standard modul.... *VARIABLE FREQUENCY DRIVE SHAFT GENERATOR SOLUTION Principal arrangement for existing Ro-Ro vessel.*

Figur 8. Transformatorn (Eget arkiv 2010b)

Figur 9. Koppling brytaren (Eget arkiv 2010c)

Figur 10. VFD kontroll panel (Eget arkiv 2010d)

Figur 11. Rum för VFD enheten på main deck (Eget arkiv 2011)

Figur 12. Bunkerförbrukning (Eget diagram, 2011)

Tabeller:

Tabell 1. . Mårten Storbacka. 2010. Belastings diagram. *VARIABLE FREQUENCY DRIVE SHAFT GENERATOR SOLUTION Principal arrangement for existing Ro-Ro vessel.* Typical electrical load balance list.

Tabell 2 & 3. (Godby Shipping John Lundqvist, m/s Miranda Bunker and voyage report 21/10 – 1/11. 2010/ 2011)