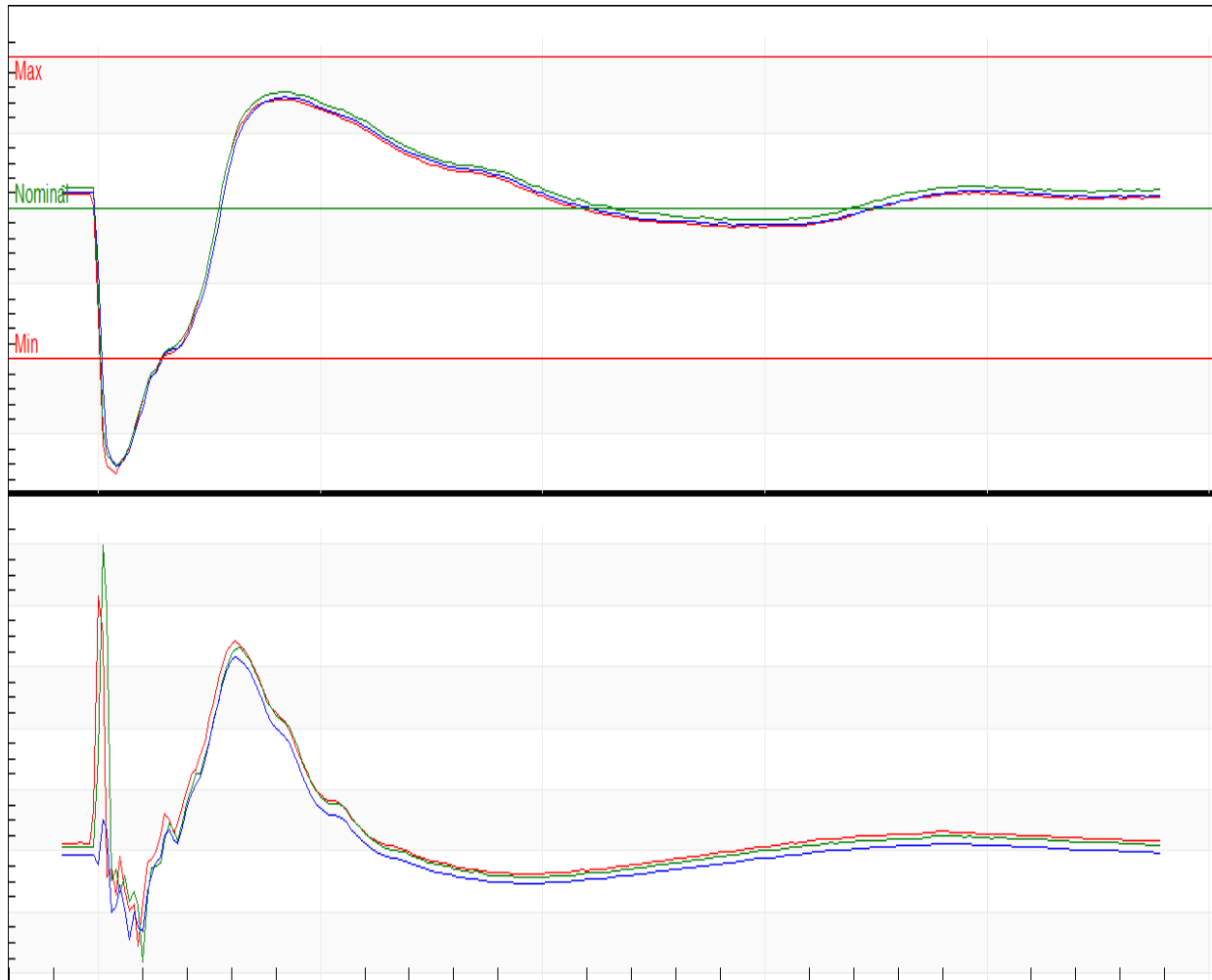




CHALMERS



Elkvalité

En studie om elkvalitén ombord

Examensarbete inom Sjöingenjörsprogrammet

Erik Lengyel

Christian Lennström

RAPPORTNR. SI-16/179

Elkvalité

En studie om elkvalitén ombord.

Christian Lennström

Erik Lengyel

Institutionen för sjöfart och marin teknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige, 2016

Elkvalité

En studie om elkvalitén ombord

Electrical quality

A study on electricity quality onboard

Erik Lengyel

Christian Lennström

© CHRISTIAN LENNSTRÖM, 2016.

© ERIK LENGYEL, 2016.

Rapportnr. SI-16/179

Institutionen för sjöfart och marin teknik

Chalmers tekniska högskola

SE-412 96 Göteborg

Sverige

Telefon + 46 (0)31-772 1000

Omslag:

En sinuskurva med störningar

Tryckt av Chalmers

Göteborg, Sverige, 2016

Elkvalité

En studie om elkvalitén ombord

Erik Lengyel

Christian Lennström

Institutionen för sjöfart och marin teknik

Chalmers tekniska högskola

Sammanfattning

Elkvalité i land är ett mycket väldokumenterat ämne som har blivit noggrant undersökt. Denna rapport kommer istället att undersöka hur elkvalitén ser ut ombord på två fartyg och jämföra med elkvalitén i land. Tre laborationer har utförts, varav två av dessa utfördes i skolans laborationssal, där en testbänk byggdes upp för att kunna simulera fel. Den tredje av dem utfördes på ett slutet system som simulerade en verklig båt. Både äldre och nyare utrustning användes. Ett äldre oscilloskop och övertonsanalysator samt ett modernt instrument från Unipower kallat Unilyzer 900. Resultatet i denna rapport byggs på de riktiga mätningar som utförts på kustbevakningens båt Poseidon 001 samt Maritimas HMS Kalmarsund. Metoderna som tillämpas i denna rapport består av en intervju, vars syfte är att ge en bättre förståelse om vilka problem som upplevs ombord, samt ett fältexperiment, där syftet är att själva undersöka vilka störningar som hittas. I resultaten presenteras de störningar som har uppmäts på Poseidon 001 och HMS Kalmarsund som sedan jämförts med varandra, med intervjun och med regelverket iland.

Nyckelord: (Elkvalité, Elkvalité ombord, Kvalité, Fartyg)

Abstract

Power quality on land is a well-documented subject that has been carefully researched. Instead, this report will examine what the power quality is like on board two vessels and compare it to the power quality on the mainland. We have done three experiments. Two of these took place in the school's laboratory, where we constructed a work bench to be able to simulate errors. The third experiment took place in a closed circuit system which simulated a real boat. Both older and newer equipment were used. One older oscilloscope and a fluke power meter and a modern tool from Unipower called Unilyzer 900. The result in this rapport is based on the real measuring take on board the Coast Guard vessel Poseidon 001 and Maritima's HMS Kalmarsund. The methods used in this rapport are one interview, with the purpose of aiding in the understanding of the problems on board, and a field experiment, with the purpose of us examining the disturbances ourselves. In the results the disturbances which have been measured on Poseidon 001 and HMS Kalmarsund will be presented and compared with each other, with the interview, and with the regulations on the mainland.

Keywords: (Power quality, Power quality on board, Quality, Ship)

Förord

Vi vill tacka Lennart Widén som har varit en otroligt bra handledare samt Hans-Erik Emanuelsson maskin chef på kustbevakningens Poseidon 001 och Sami Syrjänen som båda tagit tid ur sitt eget schema för att hjälpa oss med undersökningen.

Vi vill även ge ett stort tack till Erik Wretlind och Timmy Jörgensen och hela Unipower för sponsrandet av utrustning samt vägledning och Dan Zakariasson på Maritima.

Sist vill vi även tacka varandra för ett bra samarbete.

Tack

Powered by



KUSTBEVAKNINGEN
SWEDISH COAST GUARD

Innehållsförteckning

Sammanfattning	i
Abstract	ii
Förord	iii
Figurförteckning	vi
Tabellförteckning	vii
1 Introduktion	1
1.1 Syfte.....	1
1.2 Frågeställning.....	2
1.3 Avgränsningar	2
2 Bakgrund och teori	3
2.1 Vad är el?.....	4
2.1.1 Enfas	4
2.1.2 Trefasssystemet	5
2.2 Störningar.....	6
2.2.1 Övertoner (Harmonic).....	6
2.2.2 Transient (Transients)	8
2.2.3 Flimmer (Flicker).....	9
2.2.4 Spänningsdippar (Sag).....	10
2.2.5 Spänningshöjning (Swell)	10
2.2.6 Inrusningsström (Inrush).....	11
2.3 Filter.....	12
2.3.1 Sinusfilter.....	12
2.3.2 Övertonsfilter	12
2.3.3 Filtrering av transiter.....	12
2.4 Lagar och regler.....	13
2.4.1 Det svenska elnätets krav.....	13
2.4.2 Regelverk till sjöss	16
2.5 Mätningar i labbmiljö.....	17
2.5.1 Övertoner	17
2.5.2 Inrusningsström.....	20
2.5.3 Simulerad miljö i Fryken.....	21
3 Metod	24

3.1	<i>Informationssökning</i>	24
3.2	<i>Laboration</i>	24
3.2.1	Mätinstrument	24
3.2.2	Testbänk/Fryken.....	25
3.3	<i>Intervju</i>	25
3.4	<i>Mätningar Ombord</i>	26
4	Resultat	27
4.1	<i>Poseidon</i>	27
4.2	<i>Kalmarsund</i>	32
4.3	<i>Intervju</i>	36
5	Diskussion	38
5.1	<i>Metoddiskussion</i>	40
6	Slutsatser	41
6.1	<i>Fortsatt forskning</i>	41
7	Referenser	42
8	Bilagor	43
8.1	<i>Bilaga 1</i>	43
8.2	<i>Bilaga 2</i>	44
8.3	<i>Bilaga 3</i>	45
8.4	<i>Bilaga 4</i>	46
8.5	<i>Bilaga 5</i>	48

Figurförteckning

Figur 1. Sinuskurva med förklaring.	5
Figur 2. Sinuskurvor för trefas	5
Figur 3. Sinuskurva med övertoner.....	6
Figur 4. Sinuskurva med övertoner som är beskriven med radianer.	6
Figur 5. Sinuskurva ett varv 2π	7
Figur 6. Sinuskurva andra övertonen.	7
Figur 7. Sinuskurva fjärde övertonen.....	7
Figur 8. Sinuskurva med transienter.	8
Figur 9. Förklaring för uträkning av transientenergi.	8
Figur 10. Sinuskurva med spänningsförändringar (Unipower, 2016).....	9
Figur 11. Sinuskurva med en spänningsdipp (Unipower, 2016).....	10
Figur 12. Sinuskurva med spänningshöjning (Unipower, 2016).....	10
Figur 13. Illustrerar av inrusningsström.	11
Figur 14. Tabell med gränsvärden för spänningssänkningar (Morén, 2016).	14
Figur 15. Tabell med gränsvärden för spänningshöjningar (Morén, 2016).....	15
Figur 16. Bild på övertonsanalysator från svenska elnätet.	17
Figur 17. Bild visar sinuskurva. Figur 18. Bild FFT från svenska elnätet.	17
Figur 19. Bild övertonsanalysator med störningar.....	19
Figur 20. Sinuskurva med störning. Figur 21. FFT med övertoner.	19
Figur 22. Bild illustrerar punkter i sinuskurva.....	20
Figur 23. Inrusningsströms bild 1. Figur 24. Inrusningsströms bild 2.....	20
Figur 25. Effektgraf från Fryken	22
Figur 26. Frekvensgraf från Fryken	22
Figur 27. Transient från Fryken.....	23
Figur 28. Frekvensgraf från Poseidon.....	27
Figur 29. Effekgraf från mätning på Poseidon	28
Figur 30. Övertoner på Poseidon	28
Figur 31. En spänningsdipp på Poseidon	29

Figur 32. Flimmer på Poseidon	30
Figur 33. Graf som visar effekt, spänning och flimmer på Poseidon.....	30
Figur 34. Flimmer graf, utan flaggad data på Poseidon.....	31
Figur 35. Frekvensgraf från Kalmarsund	32
Figur 36. Effektuttaget under mätning på Kalmarsund.....	33
Figur 37. Övertoner under perioden 08:24 och 09:15.....	34
Figur 38. En transient från mätningen på Kalmarsund.....	34
Figur 39. Flimmergraf från Kalmarsund	35

Tabellförteckning

Tabell 1. Övertonstabell (Morén, 2016)	14
Tabell 2. Tabell beskriver övertoner vid olika frekvenser.	18
Tabell 3. Händelseförlopp under mätning.....	21
Tabell 4. Händelseförlopp på Poseidon.	27
Tabell 5. Händelseförlopp under mätning på Kalmarsund.....	32

1 Introduktion

I ett modernt samhälle tas rinnande vatten, värme och fungerande tekniska bekvämligheter för givet. Bekvämligheter som värme i husen skall finnas när temperaturen ute börjar sjunka och spisanordningen i köket skall vara fungerande när maten skall tillagas. Något som människor i allmänhet inte brukar tänka på är hur dessa bekvämligheter hade sett ut utan bra elkvalité. Strömkällan kan variera väldigt mycket och kan påverka apparaturen både i hemmiljön, men även på arbetet genom till exempel dålig belysning. Detta är något som den moderna människan sällan upplever eller reflekterar över.

”Tänk dig att du sitter och arbetar med din dator. Plötsligt startar datorn om, utan att du rör den! Du har inte hunnit spara det du gör och förlorar flera timmars arbete”

(Westlund, 2007)

Att störningar i elnätet inträffar kan vara mycket vanligare än vad som tros, oftast märks inte denna störning men den kan ibland leda till att utrustningen runt omkring inte beter sig som den är avsedd att göra. Elkvalité är något som kommer vara mer betydande i framtiden då teknikutrustningen blir allt mer avancerad och känsligare komponenter installeras. Dagens fartyg får allt mindre besättning och desto mer automatiserad utrustning. Båtarna utrustas med frekvensomvandlare och stora lastpumpar som kan ge spänningsdippar och sinusdeformationer samtidigt som det installeras känsligare apparatur som besättningen ska kunna förlita sig på.

1.1 Syfte

Rapporten syftar på att utforska vilka störningar som finns ombord på fartyg. I studien skall elkvalité definieras för att sedan undersöka utvalda störningar och utifrån det bedöma hur elkvalitén ser ut ombord. Krav och förordningar från land skall även finnas med för att kunna jämföra kvalitén i land och ombord. Rapporten är även avsedd för att ge läsaren djupare förståelse för ämnet elkvalité.

1.2 Frågeställning

- **Finns det elstörningar på Poseidon och Kalmarsund?**
- **Vilka elstörningar kommer kunna observeras ombord?**
- **Uppfyller fartygen det krav som ställs i land enligt Energimarknadensinspektionens författningssamling?**

1.3 Avgränsningar

Tanken med studien är att behandla elkvalité på ett avgränsat område Denna studie kommer enbart att undersöka två fartyg och kommer även bara att behandla växelström och inte likström, då växelström är det som används ombord på de båtar vi har valt att studera. Regelverket till sjöss kommer endast nämnas kortfattat då dessa bygger på en rad olika standarder. Inga internationella standarder skall granskas.

2 Bakgrund och teori

Elkvalité är något som kan fastställas på flera olika sätt beroende på vilken aspekt man utgår ifrån. IEEE:s (Institut of Electrical and Electronic Engineers) egna definition av elkvalité är ”konceptet att kunna försörja samt jorda känslig utrustning utan att påverka deras drift” (Porter & Van Sciver, 1999). Elkvalité kan även definieras genom de olika parametrar som valts att studeras och redovisas längre fram i rapporten. Exempel på detta är spänningsdippar och övertoner. Definitionen kan vara subjektivt beroende hur man avgränsar området man undersöker.

För att få en större förståelse om varför elkvalité är viktigt måste man förstå hur viss apparatur påverkas. I exempelvis en industri med stora datoranläggningar kan en spänningsdipp på några millisekunder vara en indikation på ”dålig” elkvalité medan ett vanligt villaområde inte skulle känna av något förrän efter 90-110ms (millisekunder) (Westlund, 2007). Därför är det viktigt att försörjningen kan anpassas i förhållande till vilken typ av kund som elen levereras till.

I dagens fartyg finns både robustare apparatur men även känsligare utrusning så som datorer och navigationsutrustning. Därför är det viktigt att ha en så hög kvalité som möjligt, där både känsligare men även robustare komponenter får en så lång livslängd som möjligt. Därför hade en mer passande definition av elkvalité varit ”el som tillåter olika apparater att fungera utan att påverka deras livslängd eller förväntad prestation” (Sankaran C. 2002)

I kommande stycke kommer vi utveckla följande:

- Vad el är
- Definition på de relevanta problemen vi skall studera
- Sammanfattning av lagar och föreskrifter
- Undersökningar genom laborationer

Detta för att ge läsaren en god förståelse samt större underlag för att lättare kunna ta del av mätdata samt resultaten som nedan kommer att publiceras.

2.1 Vad är el?

Under stycket 2.1 kommer vi att titta på hur el ser ut, detta görs för att läsaren ska förstå vad ideal el är samt kunna identifiera störningar. Stycket kommer dock bara att behandla växelström då detta är det som kommer behandlas i studien.

2.1.1 Enfas

Spänning är en potentialskillnad mellan två punkter i en elektrisk krets. Skillnaden mellan likström och växelström är att spänningens toppvärde är >0 och bottenvärdet är <0 (Jacobsson & Widén). John Clayton Rawlings(2000) beskriver detta genom följande krav i hans bok "Basic AC Circuits"

- "Change in current value", en förändring i strömmens värde.
- "The direction of current flow has changed", Riktningen av strömflödet har förändrats.

(Rawlins, 2000)

I växelström växlar potentialen oftast identiskt som en sinuskurva, vilket gör att den kan uttryckas matematiskt med hjälp av sinussatsen.

$$u = \hat{u} \times \sin(\omega t + \alpha)$$

Där: u = spänningens momentanvärde i V
 \hat{u} = spänningens amplitud(toppvärde) i V
 ω = vinkelfrekvensen i radianer per sekund
 α = spänningens faskonstant i radianer
 t = "löpande" tid i s

Växelström kan uppträda i andra former såsom fyrkantspänning, triangelspänning och sågtagandspänning. Dessa uttrycks i andra formler och är mer ovanliga än sinuskurvan som finns i det svenska elnätet. För att studera sinuskurvan närmare tittar man på perioder i kurvan då sinuskurvan är cyklisk och antas återkommande uppvisa liknande former.

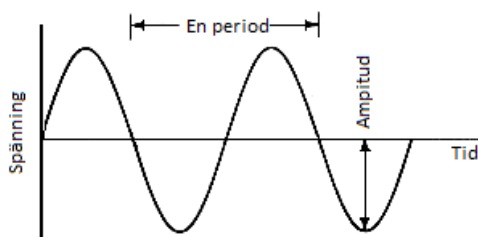
I figur 1 nedan visas en period ur en sinuskurva, frekvensen räknas ut genom formeln:

$$f = \frac{1}{T}$$

Där. f = frekvensen
 T = periodlängden i s

Under en sekund sker det alltså 50 perioder om frekvensen är på 50Hz, en hel sinusperiod från 0 till 2π tar vid denna frekvens 20 ms. Amplituden A är absolutbeloppet av toppvärdet. I det svenska elnätet ligger huvudspänningen på 400V medan amplituden(\hat{u}) får man ut genom formeln (Rawlins, 2000):

$$\hat{u} = U \times \sqrt{2}$$



Figur 1. Sinuskurva med förklaring.

En annan mätstorhet som är viktig att nämna är effektivvärdet eller RMS-värdet. Detta värde visar i en växelspännings cykel(period) hur mycket likström/spänning som är ekvivalent för att ge lika stort strömvarme i en resistor. Detta värde betecknas med stor bokstav och ger alltid ett positivt värde.

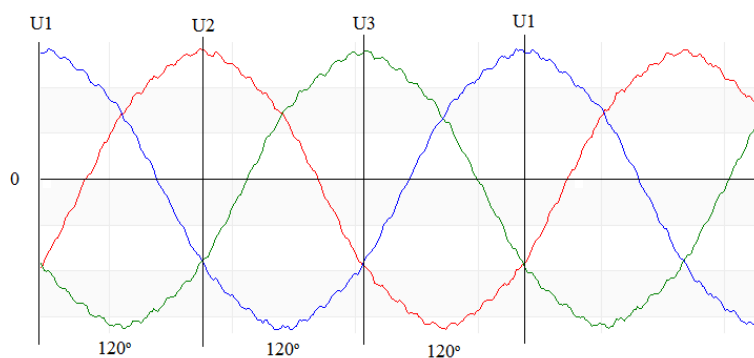
$$U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (u(t))^2 dt}$$

Där U = Spänningens effektivvärde i V
 T = Spänningens period i s
 u(t) = Spänningens momentanvärde i V
 t = "löpande" tid i s

(Jacobsson & Widén)

2.1.2 Trefassystemet

Det symmetriska trefassystemet består av tre sinusformade kurvor med lika RMS värde och har en inbördes fasskillnad på 120° enligt bilden nedan.



Figur 2. Sinuskurvor för trefas .

I det svenska elnätet så är spänningen mellan faserna 400 volt som sedan blir 230 volt mellan fas och nolla. Ombord på fartyg kan det förekomma att spänningen mellan faserna även ligger på 690 volt. Då har man sedan en transformator som i sin tur ger 400 och 230 volt. Detta är en fördel då man har stora motorer med hög effekt långt ifrån spänningskällan. Att använda högre spänning gör att man kan ha klenare kablar eftersom att strömmen blir lägre när spänningen ökar. Detta enligt formel nedan:

$$P = U \times I \rightarrow I = \frac{P}{U}$$

2.2 Störningar

Följande kapitel kommer att beskriva sex av de störningar som ofta kan förekomma både ombord men även i land.

2.2.1 Övertoner (*Harmonic*)

Övertoner innebär att man får fler underliggande frekvenser(Hz) i nätet. Elnätets standard frekvens (ton) i Sverige ligger på 50Hz vilket innebär att sinuskurvan är helt sinusformad och inte består av någon annan sinusformad komponent än den som finns i nätet (Westlund, 2007). Övertoner skapas då det finns apparatur som pulserar och drar olinjär last (Baggini, 2008).

Skillnaden på linjär och olinjär last är när ström passerar genom en last utan att påverkas eller förvrängas. Detta kallas för linjär last. Olinjär last påverkar däremot genom att dra ström under pulserande perioder (Westlund, 2007). Exempel på apparatur som drar linjärt är en vanlig glödlampa. Exempel på apparatur som drar olinjärt är, lågenergi lampor, datorer, tyristorer.

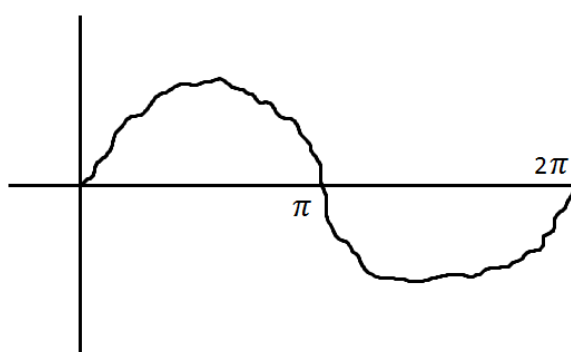


Figur 3. Sinuskurva med övertoner.

När övertoner uppstår förvrängs spänningens kurvform. Vid drift innebär detta att man får heltalsmultiplar av grundtonen vilket medför att ifall systemet har grundtonen på 50Hz får det andra övertonen till 100Hz och femte övertonen till 250Hz.

$$I_{RMS} = \sqrt{I_F^2 + I_3^2 + I_5^2 \dots \dots} \text{ (Sakaran, 2002)}$$

Bilderna nedan skall illustrera hur sinuskurvan blir förvrängd när det tillkommer övertoner.

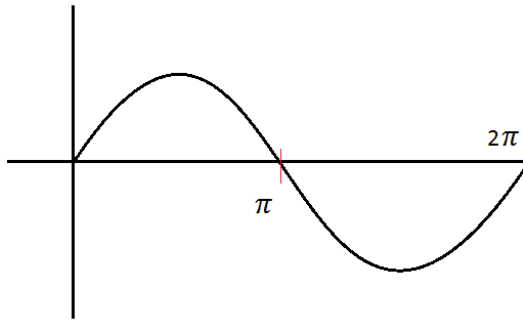


Precis som i figur 4 ligger det flera toner på grundtonen vilket gör att sinusvåglängden blir deformerad.

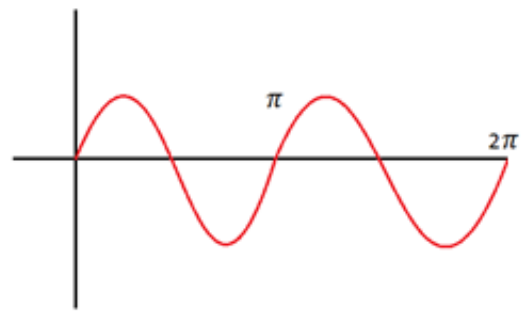
Denna kurvform går att dela upp i olika delar för att kunna urskilja grundtonen samt de övertoner som finns med.

Figur 4. Sinuskurva med övertoner som är beskriven med radianer.

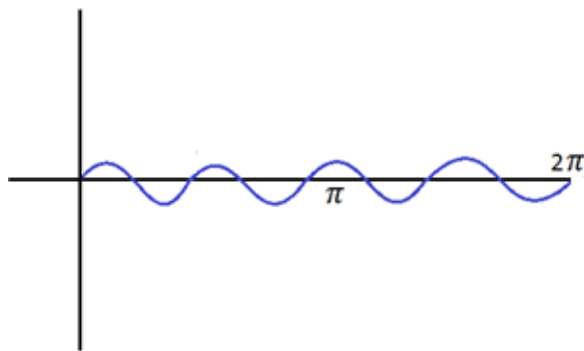
Ifall bilden skulle delas upp hade det sett ut på följande sätt: Grundtonen, som har frekvensen 50Hz samt flera andra toner som har olika frekvenser.



Figur 5. Sinuskurva ett varv 2π .



Figur 6. Sinuskurva andra övertonen.



Figur 7. Sinuskurva fjärde övertonen.

Observera att i illustrationen togs endast två olika övertoner med. Den röda på 100Hz och den blå på 200Hz. Denna sorts analys kallas fourieranalys och används för att analysera övertoner (Sakaran, 2002). I ett system där det har uppstått många övertoner tenderar sinuskurvan att inte längre se ut som en normal sinuskurva utan tenderar att gå från vågformad form till en mer kantig kvadratisk form (se 2.5.1.1, Övertoner).

Vid uppkomst av övertoner kan diverse problem uppstå som i sin tur leder till problem i drift eller till störning vid olika moment.

Problem som kan uppstå är följande:

- Förhöjd ljudnivå
- Varmgång i motorn
- Sämre vridmoment för motorer
- Sämre verkningsgrad

Övertoner kan leda till effektförluster i form av värme, vilket är en följd av att apparaturen som används inte är avsedd att använda någon annan frekvens än vad den är avsedd för. Övertoner kan även påverka vissa motortyper genom att göra så motorn vill rotera motsatta rotationsriktning. Detta i sin tur gör att motorn tappar vridmoment och därmed ökar friktion som i sin tur leder till värmebildning (Westlund, 2007).

2.2.2 Transient (Transients)

Transient innebär att det blir en pik eller ett fall i sinuskurvan som är snabbare än en vanlig spänningsdipp eller spänningshöjning. Detta inträffar vid plötsliga förändringar av spänningen. En transient varar oftast mycket mindre än en periodlängd ($\ll 10\text{ms}$) (Unipower, 2016) och kan vara skadligt för känslig apparatur då den kan vara mycket kraftig. Detta inträffar ofta vid blixtnedslag eller inkopplingen av ett kondensatorbatteri (inkopplingen av ett kondensatorbatteri skapar inte lika kraftfull transient som vid nedslag av blix) (Westlund, 2007).



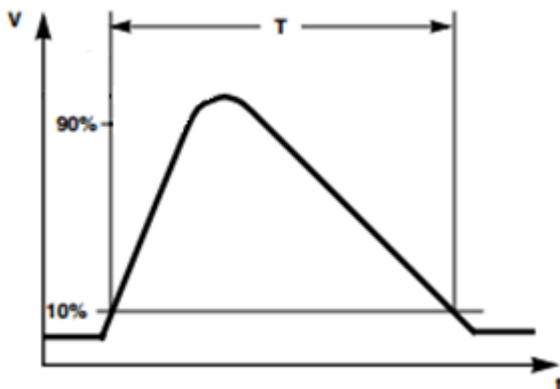
Figur 8. Sinuskurva med transienter.

Transienter uppkommer i två olika former, ickeoscillerande och oscillerade. I ett elnät är de ickeoscillerande spikarna vanligast, de uppträder dock endast i cirka 10 ms och kan vara både positiva och negativa. Lyckligtvis är de väldigt lindriga mot utrustning i närheten då dess korta stigtid som endast är på 1ms (Sakaran, 2002).

Det oscillerade transienterna delas upp i mellanfrekventa och högfrekventa transienter, de har en längre varaktighet än dom ickeoscillerande spikarna (upp till 50ms). På grund av transienternas längd kan det lätt misstolkas som övertoner. Mellanfrekventa transienter uppkommer oftast i nätomkopplingar och kopplingar nära kondensatorbatterier, där kan de medföra både positiva och negativa spikar. Spikarna sprider sig snabbt vidare på nätet och kan ge störningar på datautrustning men även skapa kortslutning mellan lindningsvarven på stora el motorer och transformatorer (Sakaran, 2002).

Transienternas energiinnehåll kan räknas ut genom formeln: $E = \int_0^T V(t)^2 dt$

Där T är tiden för transientens amplitudhöjd då den har sjunkit till 10 % av dess maximala värde och V är differensen mellan den minimala och maximala spänningen i transienten (Karlsson & Davidsson, 2012).



Figur 9. Förklaring för uträkning av transientenergi.

2.2.3 *Flimmer (Flicker)*

Flimmer innebär att det sker cykliska förändringar i spänningens RMS-värde. Detta innebär att en spänningsvariation som inträffar kan orsaka att lampor upplevs blinkades genom att de ger olika ljusstyrka i förhållande till spänningsmatningen. Flimmer kan vara så lågfrekvent att människor kan uppfatta det som irriterande blinkningar i armaturer. Flimmer är dimensionslöst, vilket innebär att det saknar en enhet. Värdet på flimret har istället tagits fram genom att mäta när människor påverkas av det. När 50 % av en population upplever flimret som irriterande har man satt värdet ett och värdet kallas Short Time Severity (PST). Värdet Long Time Severity (PLT) används också men kommer inte behandlas i denna rapport (Unipower, 2016).

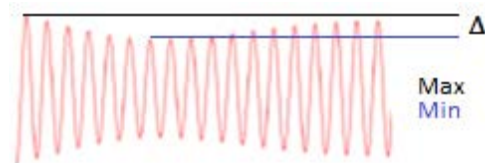
När växelström började användas var flimmer ett stort problem. Detta för att eltillverkningen och distributionen inte var tillräckligt styv för att absorbera det stora fluktuerande strömmarna. Tillverkningsanläggningar på denna tid hade ett stort antal pumpar och kompressorer som ger pulserande last. Detta gjorde att belastningen på nätet fick en pulserande karaktär som ledde till att flimmer var ett stort problem. Det kunde då reduceras med hjälp av att byta ut dem till centrifugalpumpar eller impellerpumpar. Detta gjorde att belastningen blev jämnare och flimmerproblemen reducerades (Sakaran, 2002).

Flimmer kan uttryckas i denna formel $f_v = \frac{100 \times (V_{max} - V_{min})}{V_{nom}}$

Exempel: Ifall nominella spänningen är 230 Volt och man får spänningshöjning till 245 volt för att sedan få ett spänningsfall ner till 210 volt så får man flimmer (f_v)

$$\frac{100 \times (245 - 210)}{230} = 15.2 \%$$

(Porter & Van Sciver, 1999).



Figur 10. Sinuskurva med spänningsförändringar (Unipower, 2016).

2.2.4 Spänningsdippar (Sag)

Spänningsdippar är när spänningen faller i 10 millisekunder till 60 sekunder. I ett lågspänningsnät klassas tillfälliga dippar som är mer än 10 % som kortvariga spänningssänkning ($<230 \cdot 0.9$) (Morén, 2016). Vanligaste orsaken till att det uppstår spänningsdippar är påverkan av yttre krafter såsom blixtnedslag eller vind som blåser ner elledningar. Men en spänningsdipp kan även uppstå då man startar upp något som kräver en stor startström och belastar nätet väldigt mycket, exempelvis en stor elektrisk motor (Sakaran, 2002).

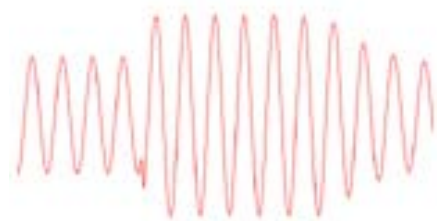


Figur 11. Sinuskurva med en spänningsdipp (Unipower, 2016).

Olika komponenter kan reagera olika vid spänningsdippar, en dator kan exempelvis vid en spänningsdipp startas om medan en elmotor bara för ett ögonblick tappar vridmomentet. Dessa störmoment kan påverka olika och kan ha allt ifrån inga till höga konsekvenser (Sakaran, 2002).

2.2.5 Spänningshöjning (Swell)

Spänningshöjningar är motsatsen till spänningsdippar och innebär att man har en ökad spänning på tio procent av den nominella spänningen under tidsperioden 10 millisekunder till 60 sekunder. Detta kan bero på uppstart av viss apparatur, inkoppling av kondensatorbatteri, uppstart av maskineri eller komponenter har dålig jordning (Sakaran, 2002). I ett lågspänningsnät klassas tillfälliga höjningar som är mer än 10 % som kortvariga spänningshöjning ($>230 \cdot 1.1$) (Morén, 2016)

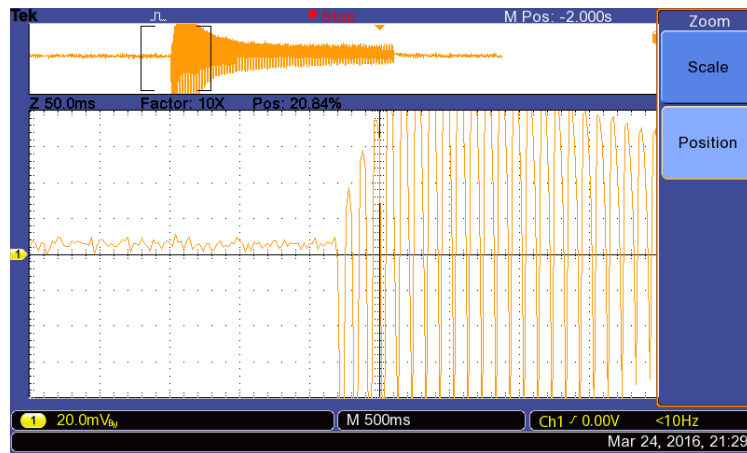


Figur 12. Sinuskurva med spänningshöjning (Unipower, 2016).

Vid spänningshöjningar kan det uppstå isolationsfel i apparaturen vilket i sin tur leder till utmattning av isolationsmaterial. Utmattning av isolationsmaterial kan medföra att apparaturen havererar (Unipower, 2016). En lösning till spänningshöjningar är att man förser transformatorerna med lindningskopplare som reducerar höjningarna. På mindre komponenter är det oftast monterat ett överspänningsskydd som helt enkelt bryter spänningen vid en spänningshöjning (Alfredsson, Jacobsson, Rejminger, & Sinner, 1996).

2.2.6 Inrusningsström (Inrush)

Inrusningsströmmen är det maximala strömvärdet som en apparat drar när den kopplas in och startas upp första gången (Unipower, 2016). Exempel på apparatur som kan dra mycket mer vid uppstart än vid normalt driftförhållande är induktionsmotor. Dessa motorer kan dra mellan 600 % och 800 % mer ström vid uppstart än vid normal körning (Sakaran, 2002).



Figur 13. Illustrerar av inrusningsström.

Vid inrusning uppstår det ett kritiskt läge som i vissa fall kan leda till att vissa komponenter fallerar. Det mest kända problemet som uppstår är att man får eller kan få en spänningsdipp vid uppstart av större komponenter (Sakaran, 2002). Notera att Inrush eller ”inrusningsström” inte är samma sak som en spänningsdipp, utan inrush är något som kan leda till en spänningsdipp.

2.2.6.1 Inrush i transformatorer

När spänning ansluts till en tomgående transformator uppstår det ibland inkopplingsströmsstötter. Strömmen dämpas dock efter cirka 10 – 50 perioder och återgår då till sitt stationära tomgångsvärde. Detta fenomen kan dock ställa till problem då transformatorernas säkringar kan lösas ut. Problemet uppstår då järnkärnan i transformatorn blir mättad vilket medför att strömmen rusar (Hallenius, 1972). Amplituden vid denna rusning beror på transformatorn storlek, tid vid in koppling och flödestorlekens riktning (Karlsson & Davidsson, 2012). Mindre transformatorer med märkeffekten 1MVA kan ha inkopplingsströmmar på 15 gånger märksströmens toppvärde. Transformatorer med märkströmmen 50MVA och större har lägre inkopplingsström ca 5 gånger (Hallenius, 1972). Dessa värden har stor betydelse vid installationer av transformatorer med avseende på säkringar och reläskydd.

2.3 Filter

2.3.1 Sinusfilter

Sinusfilter används för att skydda mot spänningsspikar och hjälpa motorn att få en så lång livslängd som möjligt. Dessa filter finns oftast vid frekvensomvandlare som skapar en förvrängd sinuskurva (se figur 20). Filter direktansluts till frekvensomriktaren i samband med motorn för att få en så perfekt sinuskurva som möjligt. För att kunna möjliggöra en så bra sinuskurva som möjligt måste filtret ställas in mellan den lägsta övertonsfrekvensen och över grundtonen. Filtret fungerar genom att den reducerar stigtiden för spänningen $\frac{dU}{dt}$ (spänningen med avseende på tiden) och även förhindrar transiter på motorplinten (J, Rodrigusez, Kouro, Silva, & Farías, 2016).

2.3.2 Övertonsfilter

Övertoner och undertoner (toner under grundtonen) som uppstår kan fortplanta sig till andra ställen i ett elsystem. Som vi har nämnt tidigare (se övertoner 2.1.3) så kan dessa vara mycket skadliga för den apparaturen som blir utsatt för över- och undertoner (Sakaran, 2002). För att komma i bukt med övertoner använd övertonfilter. Det finns en hel del olika sorters filter man kan välja mellan i elkraftsammanhang. Ett av dessa kallas avbrottsfilter eller spärrfilter och fungerar på ett sådant vis att den tar bort all störning från en viss frekvens. Detta medför att strömmen i den valda frekvensen tas bort och endast grundtonen stannar kvar på nätet. Spärrfilter används oftast för hög och mellanspänning (Sakaran, 2002). Det andra filtret är ett traditionellt övertonsfilter. Filtret fungerar genom att låta övertonerna uppfatta filtret som en kortslutning till jord. Filtret består av en seriekoppling mellan en kondensator och en spole. Dessa filter används oftast i industrinät och är det som anses vara det traditionella övertonsfiltret. Ett modernare sätt att filtrera bort övertoner är att använda sig av aktiva filter. Det aktiva filter fungerar på ett sådant sätt att det känner av övertonerna på nätet och sedan skapar en omvänd överton som i slutändan tar ut varandra och kvar blir endast grundton (Westlund, 2007).

2.3.3 Filtrering av transiter

Problematiken kring transienter går att åtgärda på olika sätt beroende på hur problemet ser ut och anläggningen som skall skyddas. En lösning som brukar användas i industrisammanhang är att styra inkopplingen från kondensatorbatterier så att inkopplingen sker vid spänningens nollpunkt. Vid åska förekommer transienter mycket ofta och lösningen till dessa kan vara relativt komplicerad då det är svårt att åtgärda problematiken ute i ledningarna. En lämplig lösning som kan användas är att se till att inledningsskydd finns vid ledningars avslut. Inledningsskydd har i uppgift att se till att samtliga inkommande ledningsnät har lika potential. Vid användning av inledningsskydd får ledningsnätet en ekvivalent potential. Dock uppstår potentialskillnader mellan byggnader och elinstallationer vilket kan resultera i att skador kan uppstå. För att åtgärda detta problem används markspänningsskydd i form av ringledare runt objekt som skall skyddas. Ringledarens uppgift är att potentialutjämna marken närmast byggnaden så att skada inte kan ske (Berglund & Åkerlund, 2004).

2.4 Lagar och regler

2.4.1 *Det svenska elnätets krav*

För att kunna förstå varför problem med elkvalitén uppkommer skall man ha en uppfattning om hur en elleverantör producerar el. I ett modernt samhälle produceras nästan all el i kraftverk runt om i landet så som Ringhals eller diverse vattenkraftstationer. För att kunna försörja en stad med el måste den producerade elen transporteras ut till konsumenten. Försörjningen går till på ett sådant vis att man leder högspänning ut på nätet för att sedan transformera ner högspänningen till lågspänning vid olika stamstationer. Högspänningen ligger på 400kV som efter sin transportsträcka har transformerats ner till lågspänning som vid 400V vid trefasutgång samt 230V vid enfasutgång (Westlund, 2007).

När elnätstjänstleverantörer skriver krav för sitt elnät utgår de ifrån ellagen. Det är en lag framtagen för att säkerhetsställa att det levereras god elkvalité i hela landet (Riksdagen, 2016). I elmarknadsinspektionens författningssamling ger man råd om krav som ska vara uppfyllda för att överföringen av el ska vara av god kvalitet. Här är en sammanfattning ur Energimarknadens författningssamling över krav som är tillämpbara att jämföra med ett fartygs elnät.

Kap 3 § 1 definierar följande:

Långt avbrott: Ett avbrott som pågår mer än 3 minuter

Kort avbrott: Ett avbrott som pågår mellan 100 millisekunder och tre minuter.

Kortvarig spänningshöjning: en tillfällig höjning av spänningens effektivvärde över 110 procent av referensspänningen.

Kortvarig spänningssänkning: en tillfällig sänkning av spänningens effektivvärde under 90 procent av referensspänningen.

Snabb spänningsändring: En ändring av effektivvärde som är snabbare än 0,5 % av referensspänningen per sekund.

Tiominutersvärde: Ett representativt värde av spänning, distorsion, obalans eller effektivvärde beräknad över en tiominuters period.

Vidare beskrivs följande:

Kapitel 7 § 3 att under perioden en vecka får det inte finnas spänningsövertoner på mer än 8 %. Utöver detta måste följande värden i tiominutersvärden vara mindre eller lika med värdena i tabell 1 nedan under en mätperiod motsvarande en vecka.

Udda övertoner				Jämna övertoner	
Ej multiplar av 3		Multiplar av 3			
Övertoner (n)	Relativ övertonshalt (%)	Övertoner (n)	Relativ övertonshalt (%)	Övertoner (n)	Relativ övertonshalt (%)
5	6,0 %	3	5,0 %	2	2,0 %
7	5,0 %	9	1,5 %	4	1,0 %
11	3,5 %	15	0,5 %	6 ... 24	0,5 %
13	3,0 %	21	0,5 %		
17	2,0 %				
19	1,5 %				
23	1,5 %				
25	1,5 %				

Tabell 1. Övertonstabell (Morén, 2016)

Kapitel 7 § 5 att under en period motsvarande en vecka ska förekommande tiominutersvärden för varje enskild överton vara mindre än eller lika med värdena i tabell 2 och varje tiominutersvärde av den totala övertonshalten ska vara mindre än eller lika med åtta procent.

.. Kapitel 7 § 6 att det inte ska inträffa några kortvariga spänningssänkningar med sådan kvarstående spänning och sådan varaktighet som framgår av område C i tabellen. Nätägaren är skyldig att åtgärda kortvariga spänningssänkningar inom område B i tabellen i den utsträckning åtgärderna är rimliga i förhållande till de olägenheter för el användarna som är förknippade med de kortvariga spänningssänkningarna.

U [%]	Varaktighet t [ms]				
	$10 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1000$	$1000 < t \leq 5000$	$5000 < t \leq 60000$
$90 > u \geq 80$	A		B		
$80 > u \geq 70$					
$70 > u \geq 40$	B		C		
$40 > u \geq 5$					
$5 > u$	B		C		

Figur 14. Tabell med gränsvärden för spänningssänkningar (Morén, 2016).

..Kapitel 7 § 8 att det inte ska inträffa några kortvariga spänningshöjningar med sådan spänning och sådan varaktighet som framgår av område C i tabellen nedan. Nätägaren är skyldig att åtgärda kortvariga spänningshöjningar inom område B i tabellen i den utsträckning åtgärderna är rimliga i förhållande till de olägenheter för el användarna som är förknippade med de kortvariga spänningshöjningarna

U [%]	Varaktighet t [ms]		
	$10 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 5000$	$5000 < t \leq 60000$
$u \geq 135$	C		
$135 > u \geq 115$			
$115 > u \geq 111$	B		
$111 > u \geq 110$			
	A		

Figur 15. Tabell med gränsvärden för spänningshöjningar (Morén, 2016).

(Morén, 2016).

2.4.2 Regelverk till sjöss

Till sjöss finns en mängd olika regelverk och rekommendationer för hur fartyg ska byggas och hur frågor kring elsäkerhet ska hanteras. Den högsta instansen för fartygsregelverk är IMO (International Maritime Organization). Dessa regler har alla flaggstater enats om och är de regler som alla fartyg ska följa (IMO, 2009). Frågor rörande konstruktion och elinstallation kan man läsa om i IMOs SOLAS (Safety of Life at Sea). Dessa regelverk tar främst upp hur fartyg skall säkerställa att tillräckligt med redundans finns i elsystemet för att klara kritiska situationer (IMO, 2009). Enligt förordning 40 stycke 2 i SOLAS står följande:

“The Administration shall take appropriate steps to ensure uniformity in the implementation and application of the provision of this part in respect of electrical installations”

(SOLAS)

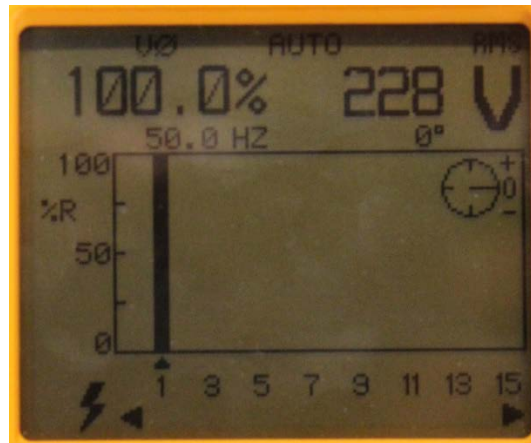
Denna text hänvisar till den internationella standard 60092 – Electrical installations in ships.

Klassningssällskap är också instanser som sätter regler för fartyg. Dessa företag har i uppgift att säkerställa för fraktaren att fartygen håller de standarder och krav som ställs för att fartyget ska kunna upprätthålla en säker drift. Ofta har klassningssällskapen en högre standard än IMO. DNV:s elkvalitets mätningar kan man läsa om i kapitel 7.1 tabell 4 i DNV:s regelverk del fyra om system och komponenter. I denna tabell hänvisar den till IEC 60533 och 610000 (DNV GL, 2016).

2.5 Mätningar i labbmiljö

2.5.1 Övertoner

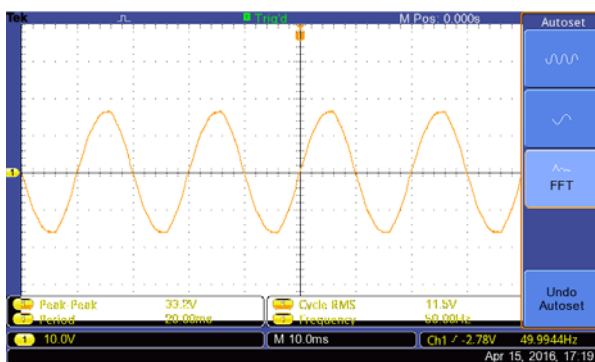
För att kunna ge en bild om hur övertoner kan se ut på ett oscilloskop och en övertonsanalysator simuleras dessa fel. Den första mätningen gjordes direkt ifrån ett vanligt eluttag från testbänken. Matningen kommer direkt från Göteborgs energi vilket gör att nätet är mycket stabilt. Som nämnt tidigare ligger det Svenska elnätet på 50 Hz (Westlund, 2007). Ur övertonsanalysatorn ses ett tydligt och stabilt nät på 230V, och en grund ton på 50Hz i figur 16.



Figur 16. Bild på övertonsanalysator från svenska elnätet.

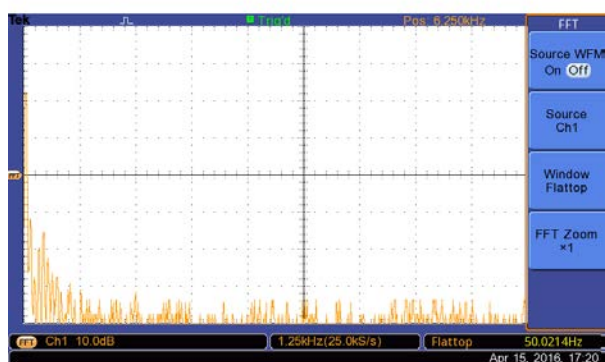
Något som är värt att notera är att det finns några under eller övertoner i detta fall. Notera att övertonsanalysatorn är kopplad direkt in i uttaget och har inget emellan sig som skulle kunna skapa någon störning.

Bilderna nedanför är tagna från oscilloskopet som är direktkopplat till det svenska nätet via ett eluttag. Bilderna hänger ihop med bilden från övertonsanalysatorn och visar också en tydlig indikation på att det inte existerar några övertoner. Bild 17 visar på en störningsfri sinuskurva som inte har några undertoner. Bild 18 som är en FFT visar en klar pik vid 50Hz utan att indikera på några andra undertoner. Observera att vid utförandet av en fourieranalys kommer man alltid få ett utslag på över och undertoner. Dessa är dock så små (<1%) att det inte ger något större utslag.



TBS 1052B-EDU - 11:25:45 2016-04-15

Figur 17. Bild visar sinuskurva.



TBS 1052B-EDU - 11:26:14 2016-04-15

Figur 18. Bild FFT från svenska elnätet.

2.5.1.1 Simulering av övertoner.

För att få maximalt med övertoner kopplades instrumentet in mellan en trefasmotor och en äldre frekvensomvandlare (se bilaga 1). Motorns varvtal ställs via frekvensomvandlaren som har en varvtalsreglerare inkopplad som går från 0-100%. Registreringen gjordes i fem olika steg från ca 10 Hz upp till 50 Hz för att skapa en bild om hur det kan se ut i praktiken.

varvtal	frekvensomvandlaren		Grundton	tredje	femte	sjunde	elfte	Hertz
RPM	%		%	%	%	%	%	Hz
266	10		100	1,6	0	0	0	8.9
734	30		96,4	0,1	0,56	1	0	24.5
1050	45		97,1	0,1	2,2	0	0	31,1
1365	60		96,5	0	16,6	10,8	6,6	47
1490	65		96,5	0	16,2	11	9	50

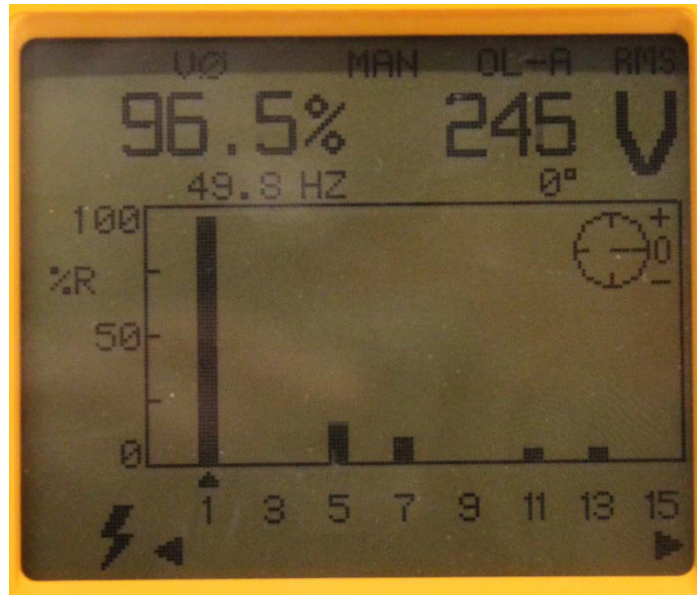
Tabell 2. Tabell beskriver övertoner vid olika frekvenser.

För att kunna avläsa tabell 1 ska man känna till att övertonsanalysatorn visar frekvenserna i procent i förhållande till frekvensen det ligger i och inte av grundtonen.

Exempel: Övertonsanalysatorn visar på att vid 8.9Hz har 100 % av grundtonen som signal. Vid samma frekvens (8.9Hz) kan man se att av 100 % av den tredje övertonen får vi endast 1.6 % utslag (Gregory & Porter, 1999).

Vid första simuleringen ställdes frekvensomvandlaren på 10 % vilket gav en stabil grund ton på 100 % vid 8.9 Hz. Det uppstod en tredje överton på 1,6 % men utöver detta gavs inga andra utslag.

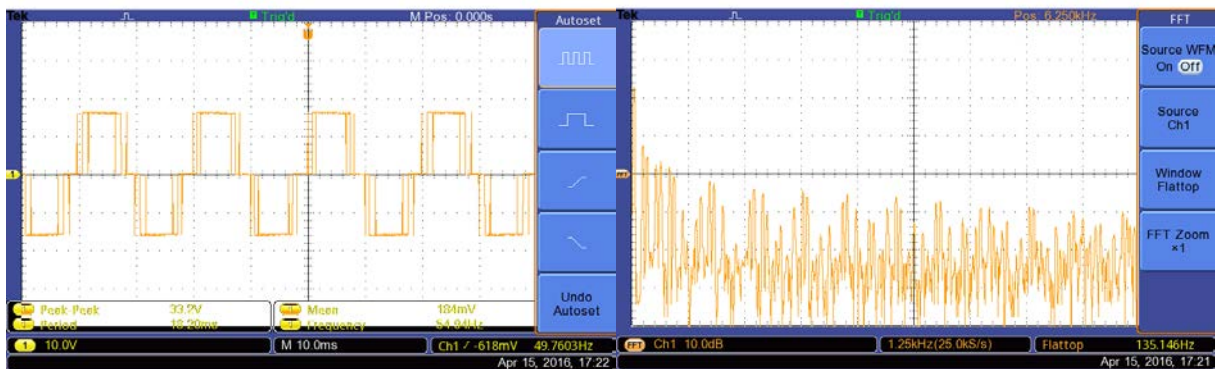
Vid ca 30 % och runt 24.5 Hz på grundtonen började det märkas att grundtonen inte längre var 100 %. När frekvensen började närma sig 47Hz började det uppstå fler övertoner. I det första fallet vid 60 % och 47 Hz så framkallades både femte, sjunde och elfte övertonen. Detta innebar att den femte övertonen hade heltalmultiplas från grundtonen och gav ett utslag på 235 Hz (se avsnitt 2.1.1 Övertoner). Samma sak inträffades vid 50Hz där övertonen enligt tabellen uppstod. Detta ger en tydlig bild om skillnaden mellan ett störningsfritt elnät och ett nät med störningar, samt hur det eventuellt skulle se ut ombord ett fartyg där det finns mycket större och kraftigare maskiner samt frekvensomvandlare



Figur 19. Bild övertonsanalysator med störningar.

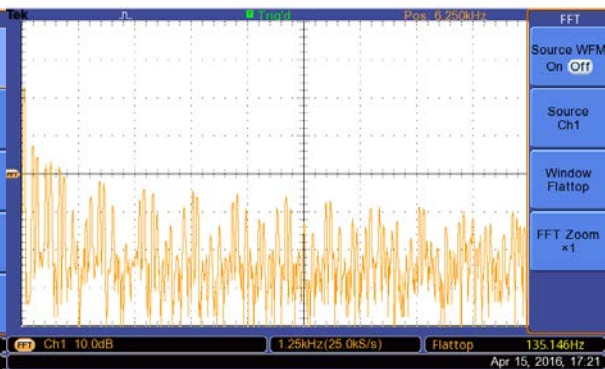
Figur 19 är tagen från övertonsanalysatorn och är den bild tabell 1 utgår ifrån. I denna bild kan det utläsas tydlig att det finns övertoner som ligger i nätet. Observera skillnaden från bild 16 som togs på det svenska elnätet där man inte kunde se några utslag alls.

Figur 20 visar på hur sinuskurvan nu har deformerats på grund av övertonerna som uppstår. Kurvan har tappat sin vågformiga karaktär och har gått över till en mer kvadratisk form. Fourieranalys (Kapitel 2.2.1 Övertoner) visar en tydlig bild på alla övertoner som har uppstått vid den givna frekvensen. Den största piken är grundtonen som sedan är följd av flera övertoner som varierar i procent. Vid en jämförelse med bilderna tagna från det svenska elnätet kan man nu få en aning om hur störningar kan se ut och det ideal som man helst vill sträva efter.



TBS 1052B-EDU - 11:28:45 2016-04-15

Figur 20. Sinuskurva med störning.

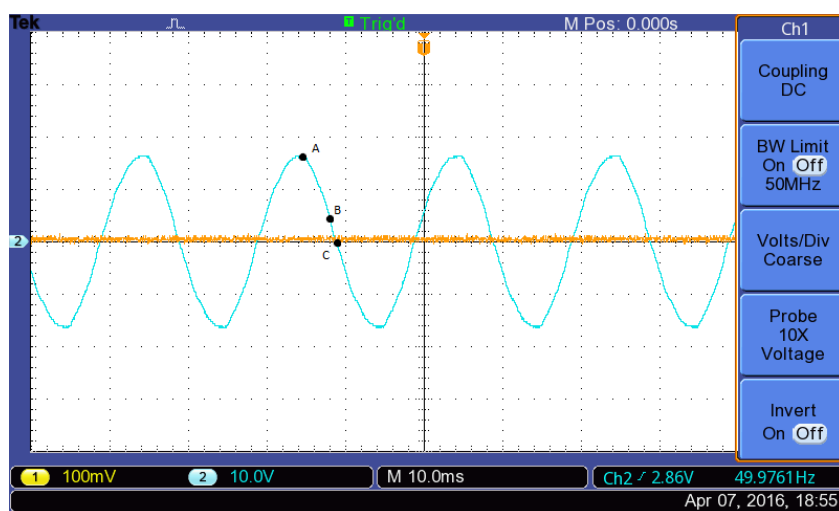


TBS 1052B-EDU - 11:27:55 2016-04-15

Figur 21. FFT med övertoner.

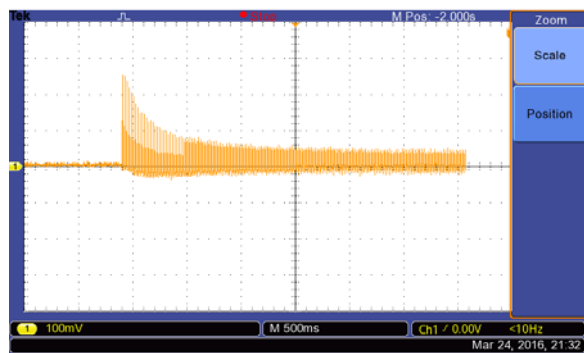
2.5.2 Inrusningsström

I labbrationsalen prövades även ett annat problem som är vanlig ombord och på anläggningar iland (Widén, 2016). Denna gång används oscilloskopet för att mäta förändringar i sinuskurvan. Förutsättningarna är likvärda som i tidigare laboration då spänning från det svenska elnätet används även i denna labb. Bilden nedan visar hur spänningen uppträder i oscilloskopet. Storleken på inrusningen bestäms av hur nära nollpunkten i perioden kurvan befinner sig och även riktningen vid tillslagningen. Så punkten A kommer ge en betydligt större inrusning än punkten B. Den optimala punkten är då alltså i höjd med punkt C (Hallenius, 1972).



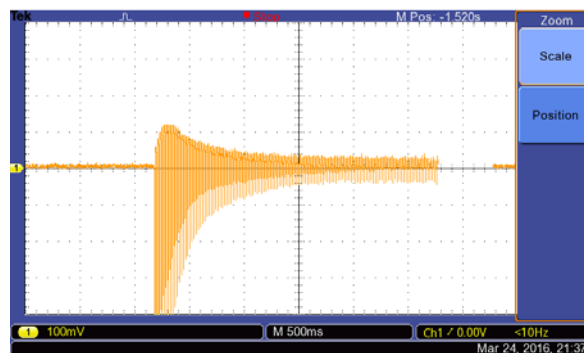
Figur 22. Bild illustrerar punkter i sinuskurva.

Mätningen genomförs genom att koppla in en tomgående transformator genom en trefasbrytare som kan slås till för att studera inrusningsströmmen i transformatorn. Transformatorn är i storleken 2,2 KVA vilket kategoriserar den till den typ som ger en inrusningsström cirka 15 gånger märkströmmen (se avsnitt 2.1.8 Inrusningsström). Bilderna nedan visar inrusningsströmmen vid två olika tillfällen (Toppvärdet beror på när i sinusvågen inkopplingstidpunkten är).



TBS 1052B-EDU - 14:38:32 2016-03-24

Figur 23. Inrusningsströms bild 1.



TBS 1052B-EDU - 14:43:25 2016-03-24

Figur 24. Inrusningsströms bild 2.

2.5.3 Simulerad miljö i Fryken

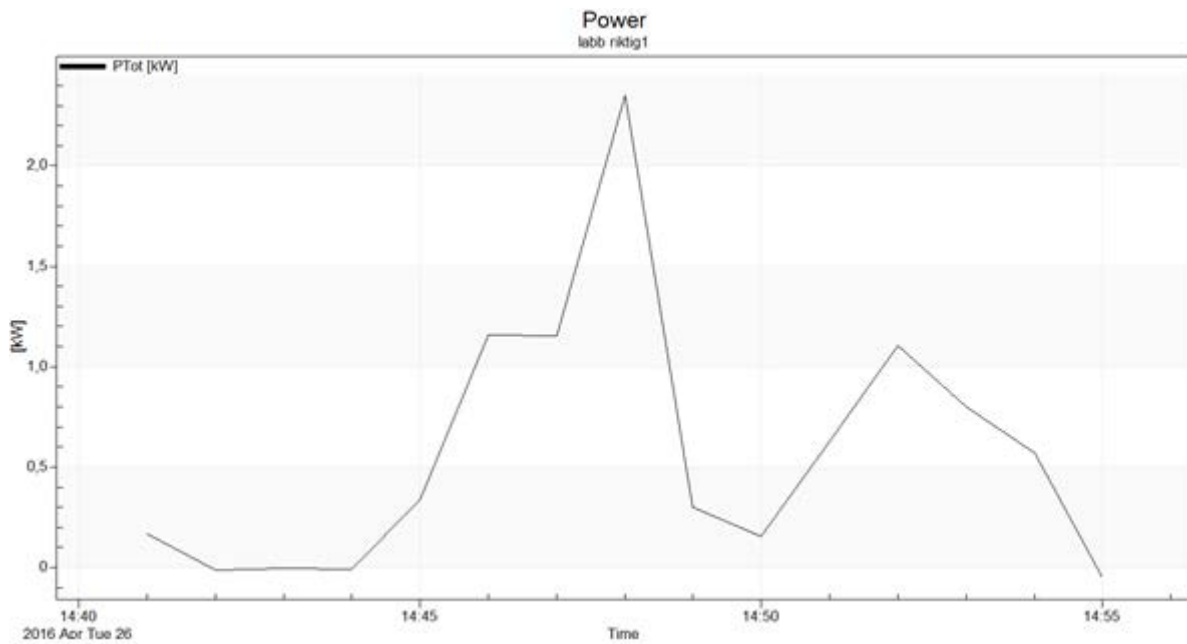
I Fryken finns en testbänk där man kan fasa in och ur generatorer och även lägga på olika laster. Denna utrustning används av sjöingenjörselever för att träna på att fasa in generatorer och att lära sig hur automatiken för in fasning fungerar. Bänken används i denna rapport för att testa hur Unipowers mätinstrument Unilyser 900 fungerar. Detta görs för att instrument ska användas för att analysera elkvalitén ombord och på detta vis fungerar som en övningsmätning inför den riktiga mätningen men även ge en bild av vad instrumentet kan göra. I korthet består anläggningen av två generatorer som drivs av elmotorer, som i sin tur regleras av frekvensomvandlare. En eller två generatorer kan sen kopplas in på en skena där man kan i sin tur lägga på last. Lasten består av åtta 400W strålkastare varav fyra kopplas in vid last 1 och resterande läggs in vid aktivering av last 2. Denna analys kommer endast att undersöka effekten, frekvensen och transienter från mätningen.

Tabellen nedan visar händelseförloppet under mätningen.

Start generator 1	14:40
Last 1 aktiv	14:45
Last 2 aktiv i ca 1 min	14:47
Ingen last	14:48
Start generator 2	14:49
Last 1 aktiv	14:50
Last 2 aktiv	14:51
Last 2 ej aktiv	14:52
Last 2 aktiv	14:52:30
Ingen last	14:53
Generator 2 ej aktiv	14:53
Generator 1 ej aktiv	14:55

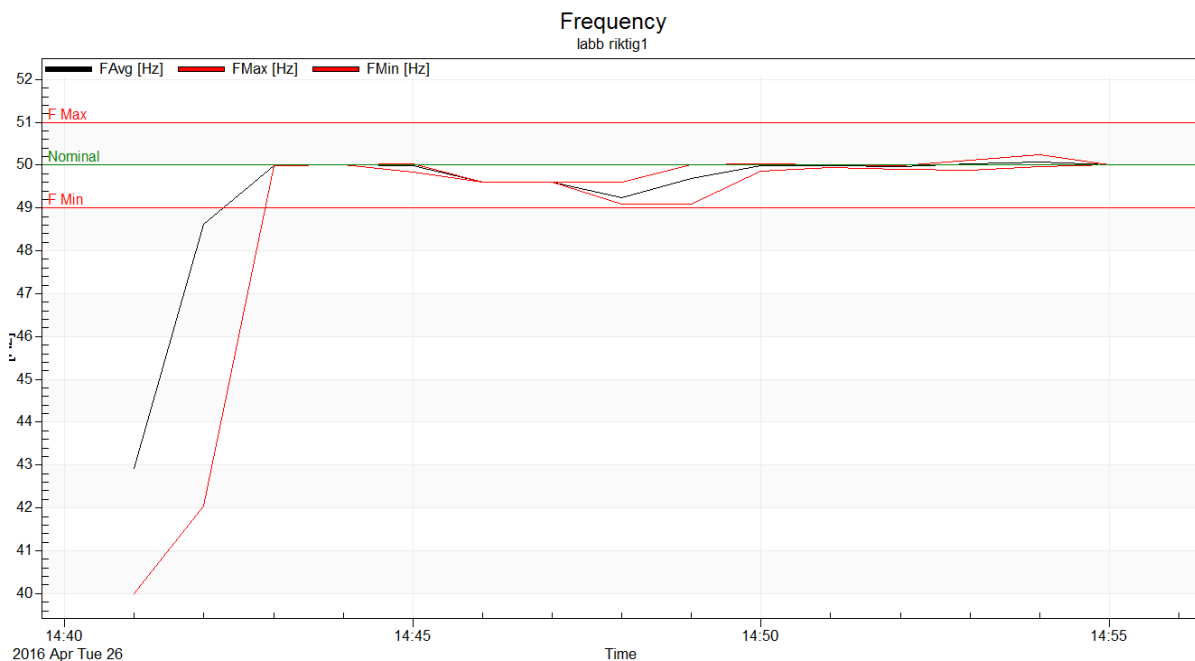
Tabell 3. Händelseförlopp under mätning.

Instrumentets grundinställning är att ta tiominuters genomsnitt av spänning, ström, frekvens och effekt. Men nu under denna korta mätning är intervallet istället inställt på en minut.



Figur 25. Effektgraf från Fryken

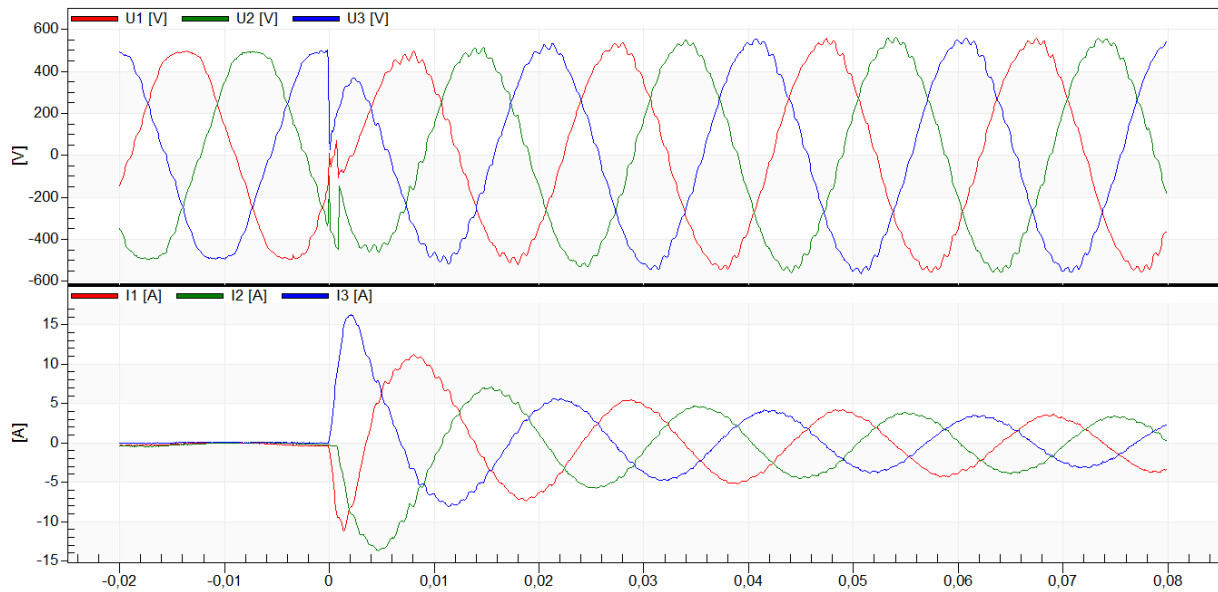
Figur 25 visar effekten, här syns hur effekten är låg vid starten och hur den sedan ökar då de tvålasterna läggs på i stag. Efter klockan 14:50 har generator två kopplats in och när lasterna nu läggs på får visar grafen att generator ett som mätutrustningen sitter på tar hälften av lasten. Resterande last tar generator två (denna effekt syns inte).



Figur 26. Frekvensgraf från Fryken

Grafen i figur 26 visar hur frekvensen har varit under mätningen, i grafens början syns det hur frekvensen ligger lågt detta beror på att motorn startades upp från stillastående.

labb riktig1: Transients



Figur 27. Transient från Fryken

Figur 27 visar ett av de 13 tillfällen då transienter uppstod under mätningen. Just denna graf visar en transient som uppstod klockan 14:45 då last ett kopplades in. Liknande transienter uppstår när lasterna kopplas in och även när generator två kopplas in. Mätningen visar att när generatoren startas och stängs av så uppträder en mängd transienter men dessa blir ej relevanta för laborationen då generatorer fhasas ur innan de stängs av.

3 Metod

För att kunna besvara frågeställningen och skriva denna rapport har en kombination av tre metoder valts. I denna rapport ska det läggas stor fokus på mätning av elkvalité, både som underlag för bakgrunden men även för resultatet då vi vill mäta ombord på två fartyg. Detta för att själva kunna undersöka och jämföra elkvalitén med normer i land. Metoden som valts att tillämpa kallas för fältexperiment (Denscombe, 2009). Denna metod valdes då mätningen ombord kommer vara möjlig att upprepa, samt att vi kommer kunna kontrollera och manipulera mätningen så vi får ut variablerna som vi söker (Denscombe, 2009). Testbänken som har valts att bygga ska underlätta för att kunna påvisa de faktorer som sedan ska studeras i fartyget. Därför kommer även ett laborationsexperiment att göras (Denscombe, 2009) som sedan skall användas som underlag för bakgrunden och mätningarna ombord. Den sista metoden som kommer att tillämpas är en intervju. Denna intervju kommer vara semistrukturerad då det kommer vara svårt att svara på alla frågor som ställs (Denscombe, 2009).

3.1 Informationssökning

Ämnet elkvalité har behandlats otaligt gånger och är ett mycket väldokumenterat ämne. Utmaningen har varit att sortera bland artiklar och böcker för att hitta relevant information som skulle hjälpa oss att förstå det störningar som valts att undersökas i denna rapport. Chalmers databaser och internet har varit det primära tillvägagångsätt för att hitta och sortera bland all information. 24 artiklar, böcker och personer har valts som underlag i vår studie men endast ett fåtal har refereras till då det ansåg som mest relevant för ämnet.

3.2 Laboration

3.2.1 Mätinstrument

Huvudinstrument

- Unipowers mätinstrument Unilyser 900
- Tektronix: TBS 1052B-EDU Digital Oscilloskop
- Övertonsanalysatorn: Fluke Model 39 Power Meter

Unilyser 900 är ett portabelt mätinstrument som används för att mäta elkvalite. Instrumentet kan mäta med direktkoppling spänningar upptill 1000 volt och strömmar upp till 1000 ampere. Med hjälp av mättransformatorer kan instrumentet mäta väsentligt högre spänning och ström, men det behövs inte på Poseidon och Kalmarsund. Den kommer att användas för att mäta på Poseidon och kalmarsund då den har en hög reliabilitet och ger en komplett analys av elkvalitén.

Tektronix: TBS 1052B-EDU Digital oscilloskop är ett oscilloskop som har fått lånas av institutionen. Instrumentets huvuduppgift är att fånga och projektera diverse sinuskurvor samt beräkna FFT som sedan skall användas som underlag för studien. Instrumentet kommer att kopplas ihop med en dator för att kunna spara ner all information som anses vara väsentlig.

Övertonsanalysatorn (Fluke 39) som skall användas kommer i huvudsyfte användas till att läsa av spänning och ström samt att undersöka övertoner.

3.2.2 Testbänk/Fryken

Testbänk bestod av följande:

- Frekvensomvandlare
- Trefas motor
- Övertonsanalysatorn
- Oscilloskop
- Transformator

Syftet med testbänken är att skapa en kontrollerad miljö där det går att återskapa problemen som tros uppkomma på fartyget. Med hjälp av en transformator förväntas det att kunna återskapa inrusningsström för att sedan kunna demonstrera hur ett sådant problem kan se ut. För att fånga detta problem kommer ett oscilloskop att användas, detta ska i sin tur vara kopplad till en dator för att dokumentera inrusningsström. För att kunna demonstrera övertoner skall en trefasmotor användas som ska vara inkopplad via en frekvensomvandlare som kommer styra varvtalsregleringen. Med hjälp av en övertonsanalysator förväntas övertoner kunna studeras och demonstreras.

Fryken bestod av följande:

- Två elmotorer
- Generator
- Last i form av strålkastare

Syftet med Fryken är att göra en mätning som kommer vara så nära verkligheten som möjligt. Tillskillnad ifrån testbänken där syftet var att på visa vilka fel som kan uppkomma kommer mätningen från Fryken att användas för att jämföra med det två riktiga mätningar som kommer göras på Poseidon och Kalmarsund.

3.3 Intervju

Syftet med intervjun är att få en inblick i vad för fel som kan uppstå på grund av dålig elmiljö. Personen som vi valt att intervjua har stor erfarenhet att segla på dieselelektriska fartyg. Frågorna som vi kommer att ställa ska hjälpa oss få en inblick i vad för problematik som finns ombord på ett fartyg som använder sig av elektrisk framdrift. Detta för att underlätta mätningen som skall göras senare. Innan intervjun utfördes skickades en mall till deltagaren. Tanken är att alla frågor vi tänkte diskutera ska finnas med så att personen som skall bli intervjuad ska ha haft lite tid med att förbereda sig. Denna mall skall dock bara vara en röd tråd då vi antar att alla frågor kanske kommer vara svåra att svara på. Intervjun kommer inte att transkriberas helt då bara de nödvändigaste kommer att plockas ut för att avgränsa svaren mer specifikt. Intervjun har spelats in och frågorna återfinns ni i bilaga 4.

3.4 Mätningar Ombord

Mätningarna ombord kommer att genomföras på två olika fartyg. Det ena fartyget är kustbevakningens fartyg Poseidon och den andra mätningen kommer att utföras på Kalmarsund vid Maritiman. Mätningen ombord på Poseidon kommer att utföras med hjälp av Unipowers elnätsanalysator Unilyzer 900. Mätningen kommer att genomföras med hjälp av handledare Lennart Widén och chefsingenjören Hans-Erik Emanuelsson. Fartyget kommer vid mättillfället att ligga till kaj. Hans-Erik kommer att starta en generator och sedan diverse pumpar för att kunna simulera verkliga scenarier om hur elnätet reagerar under operation. Elnätsanalysatorn kommer att anslutas till 690 volts nät. Inkopplingen kommer att ske efter en brytare då det är spänningslöst för att sedan slå på spänningen när anslutningen är klar. Två mätningar kommer att genomföras, en kort som kommer finnas i resultatet och en längre mätning som endast kommer finnas som en bilaga.

Ombord Kalmarsund kommer samma tillvägagångsätt användas. Elnätsanalysatorn kommer att kopplas in mellan generator och nätet för att sedan starta upp en av de två huvudmotorerna som finns ombord. Mätningen kommer att genomföras med hjälp utav Dan Zakariasson som kommer att starta upp motorn. Under drift kommer fläktar och en kompressor startas. Mätningen kommer att utföras under någon timme

4 Resultat

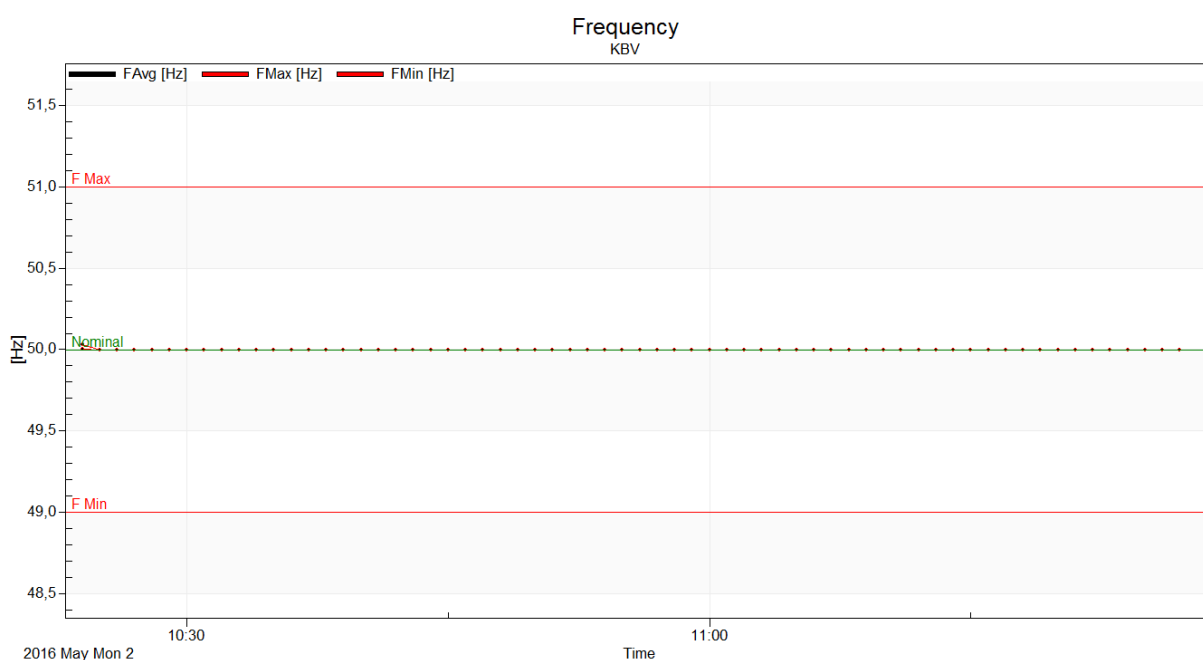
4.1 Poseidon

Mätningen utfördes den 1 maj 2016 mellan klockan 10:24 och 11:27. Mätutrustningen kopplades in efter en brytare till hydraulpumparna som försörjer däckmaskineri. Under denna mätning kan därför endast strömmen som går till hydraulpumpen mätas, men spänningen i hela nätet är dock möjligt att se och analysera.

Mätningen startas	10:24
Hydralpumpar startar	10:29
Hydralpumpar stoppad	11:06
Hydralpump start	11:10
Mätningen stoppas	11:27

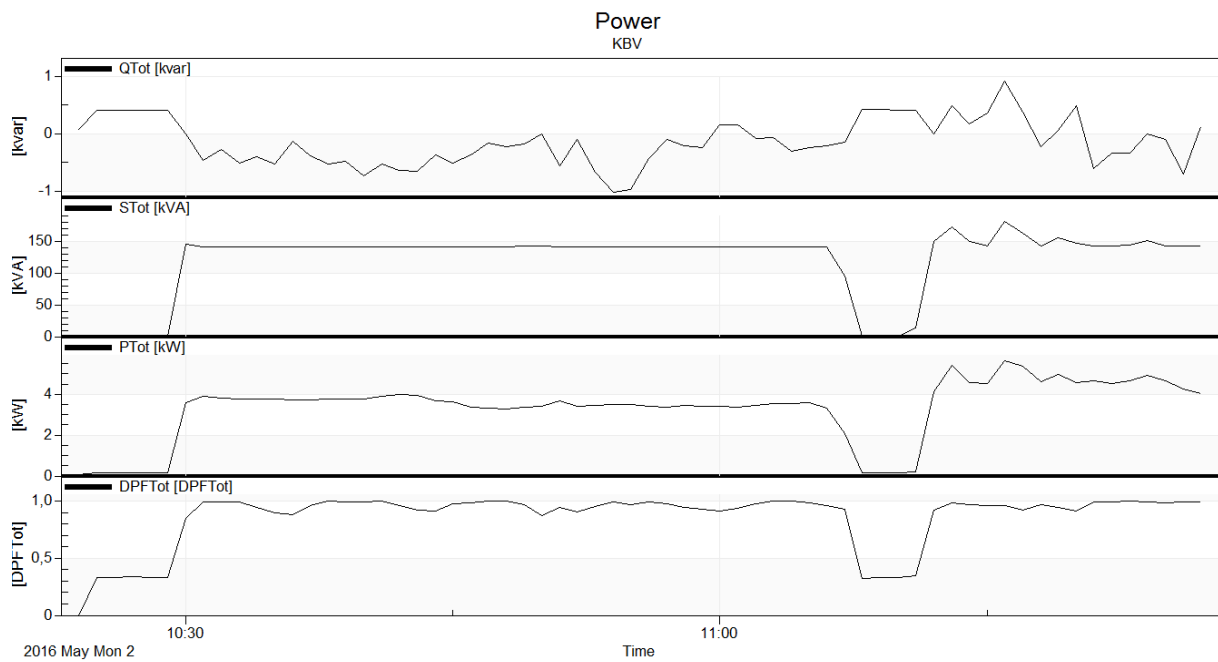
Tabell 4. Händelseförlopp på Poseidon.

Följande bilder visar data från mätningen. Mätningen påbörjades innan brytaren var tillslagen och den kopplades in på ett nät som var spänningsatt med en av fartygets generatorer. Notera att instrumentet är inställt på en minuts intervaller.



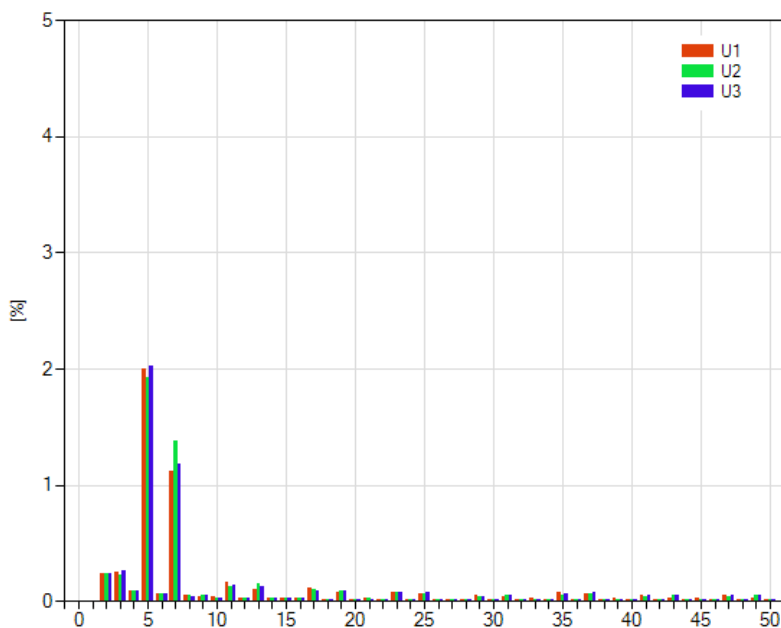
Figur 28. Frekvensgraf från Poseidon

Ovan visar frekvensen under mätningen som håller 50,00 Hz under hela mätningen. Notera att FAvg, FMax och FMin ligger precis på "normal linjen" de är förtydligade med intervallprickarna.



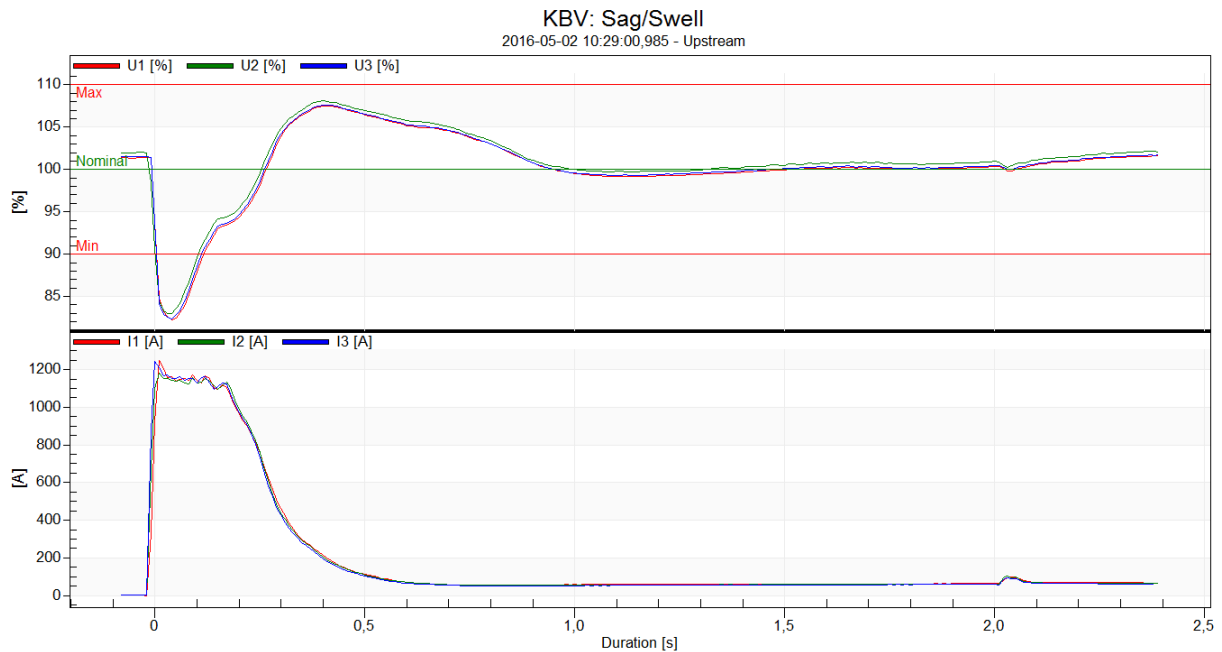
Figur 29. Effekgraf från mätning på Poseidon

DPFTot är $\cos \varphi$ under mättillfället. Effekten på Poseidon var som förväntad eftersom inga avvikelser skedde på den last som lades på. Det två pumpar kördes under mätningen förbrukade ”ren” effekt vilket medförde att $\cos \varphi$ (DPFTot) var nära 1 under mätningen.



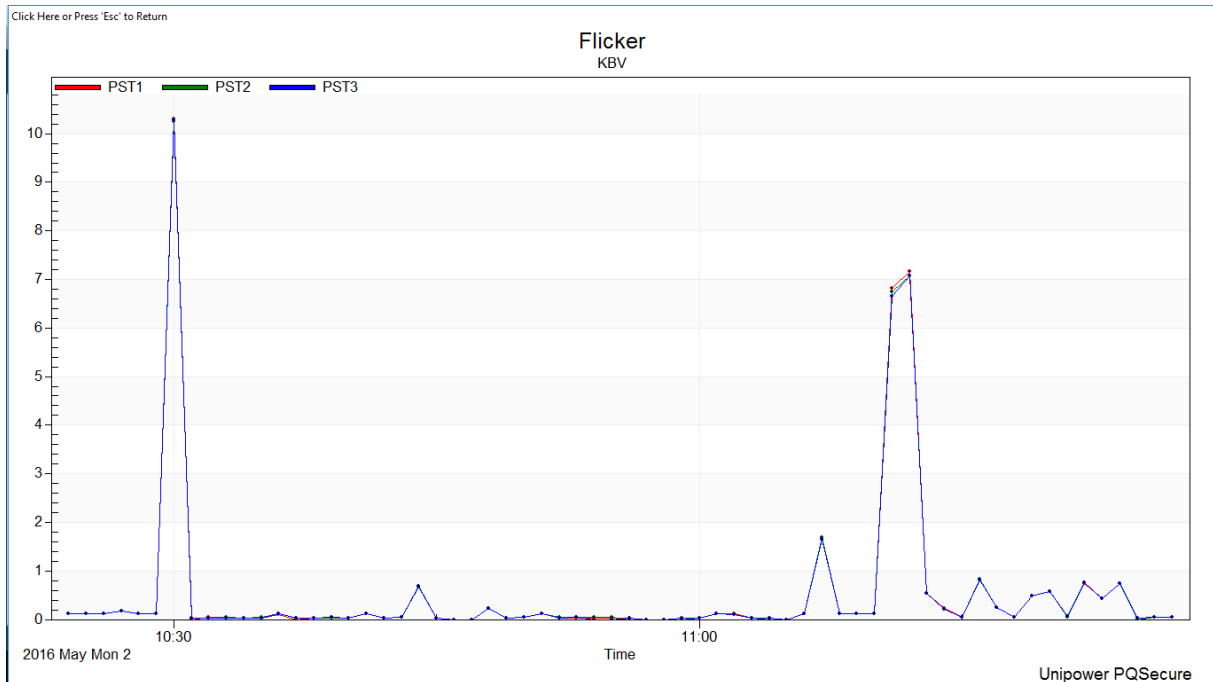
Figur 30. Övertoner på Poseidon

Bilden ovan påvisar det övertoner som uppstod under mätningen på Poseidon. Under mätningens gång uppstod inga större övertoner. Den största överton som uppstod var den 5 överton som nådde en höjd av 2 procent av grundtonen på den tredje fasen. Eftersom mätningen utfördes på lågspänning (under 1000volt) anses allt under 5 procent vara ok.



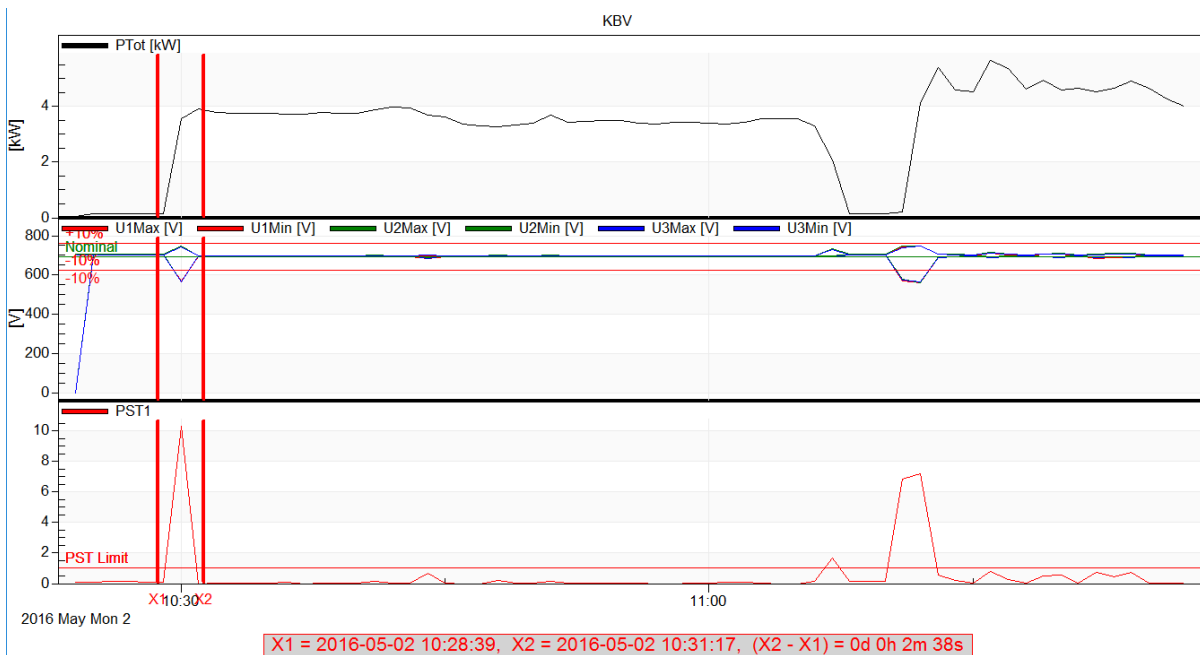
Figur 31. En spänningsdipp på Poseidon

Bilden ovan påvisar en av fler spänningsdippar som uppstod på Poseidon då hydraul pumpar startades. Figur 31, Spännings dippar/ spänningshöjningar (Sag/swell) visar en av fler dippar som uppstod under uppstart av pumparna på Poseidon. Grafen påvisar en dipp på 82,31 % på fas U1, medan faserna U2 och U3 ligger tätt över U1. Spänningsdippen som uppstod varade i 170ms. Händelseförloppet i figur 31 visar en klassisk "inrusning" med hög startström som medför en spänningsdipp. Startströmmen var vid detta tillfälle cirka 1200 ampere vilken är 1000 % högre än den nominella strömmen.



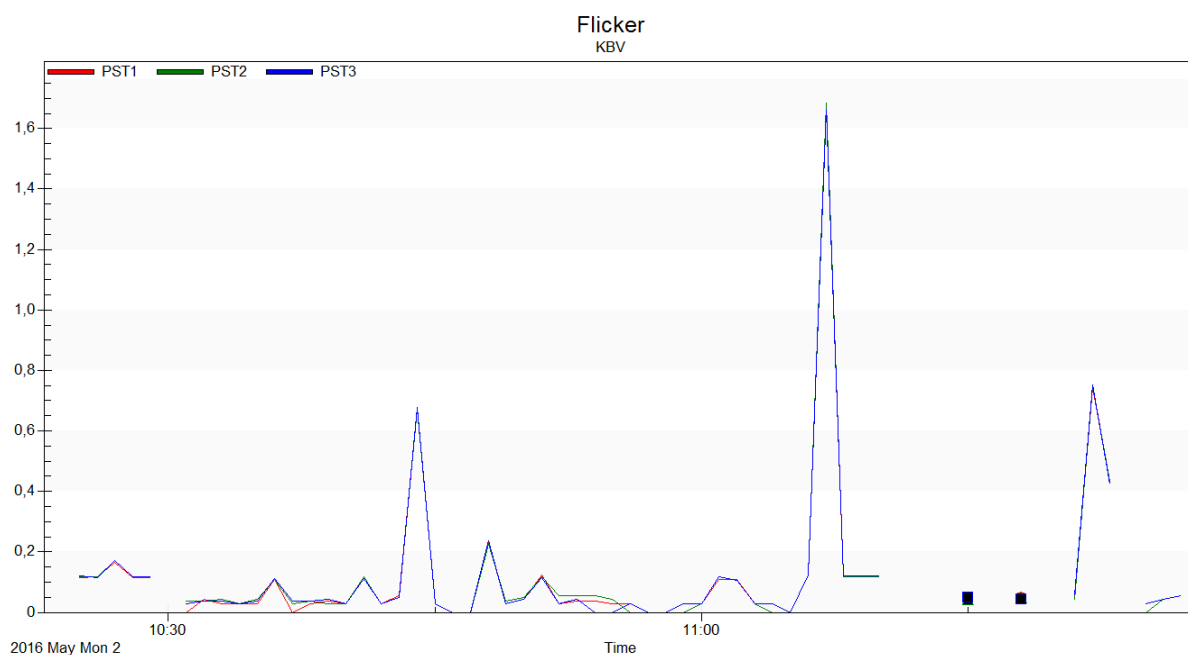
Figur 32. Flimmer på Poseidon

Ovan visas flimmernivån under mätningen. Observera att flimmer är dimensionslöst (se kapitel 2.2.3 Flimmer) På flimmergrafan ser man att kurvorna passerar värdet 1 vid tre tillfällen.



Figur 33. Graf som visar effekt, spänning och flimmer på Poseidon.

Figur 33 är en skräddarsydd graf för att påvisa sambandet mellan de höga flimmerspikarna under mätningen.



Figur 34. Flimmer graf, utan flaggad data på Poseidon.

Figur 34 illustrerar icke flaggad data. Detta innebär att störningar som beror på dippar eller höjningar inte tas med i grafen. På flimmergrafan figur 32 ser man att kurvorna passerar värdet 1 vid tre tillfällen. Vid två av tillfällena uppgick grafens värde till cirka 7-10, vid dessa tillfällen påvisa på graf 33 att nätet även fick en stor effekthöjning som enligt spänningsgrafan gav en höjning och en sänkning. Om man studerar graf 31 som visar en av de spänningsdippar som ägde rum vid dessa tillfällen så ser man först en spänningssänkning följt av en spänningshöjning. Vid båda tillfällena då flimmergrafan når värden på 7-10 så uppstår alltså en sag/swell och då kan dessa spikar inte vara representativa för hur flimmer nivån ser ut på Poseidon. Figur 34 är därför mer lämplig att se på om hur flimmernivån är på Poseidon. Dock visar även figur 34 att flimmernivån överstiger ett, detta är dock svårt att spåra då det icke finns någon dokumentation om vad som har startats vid det tillfället.

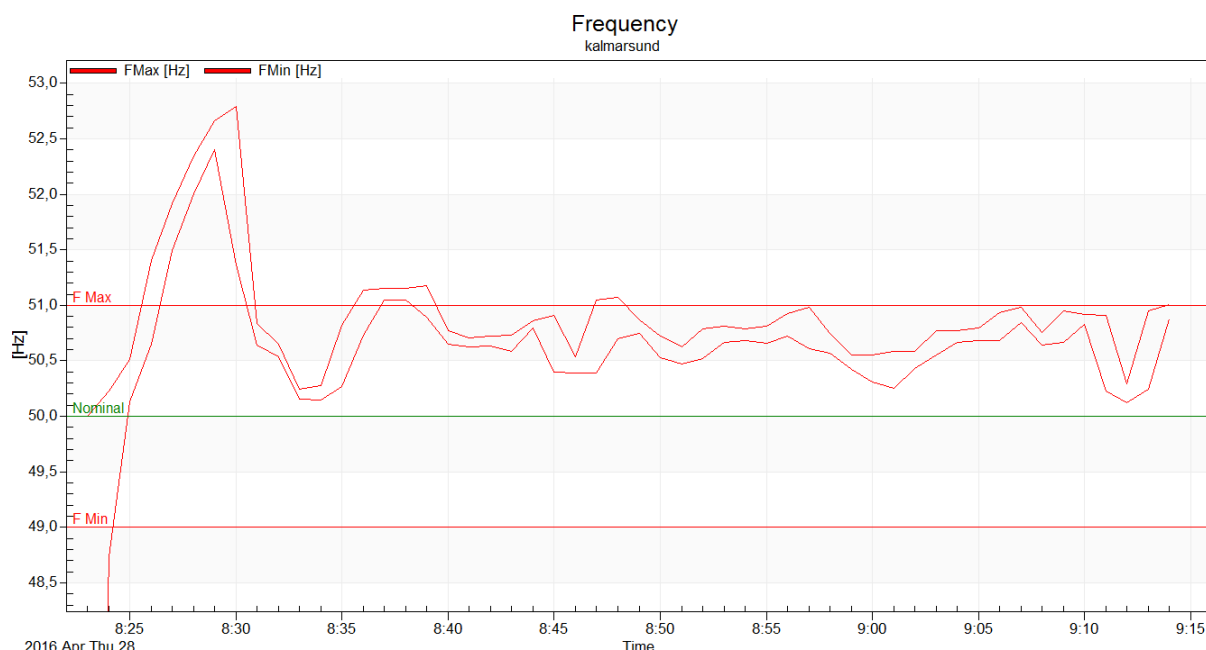
4.2 Kalmarsund

Mätningen utfördes från klockan 08:21 till 09:12 den 28/4 2016. Under mätningen startades 2 fläktar samt en kompressor.

Generator aktiv	08:21
Maskinfläkt 1 aktiv	08:26
Maskinfläkt 2 aktiv	08:28
Kompressor aktiv	08:31
Kompressor ej aktiv	08:36
Kompressor aktiv	08:44
Kompressor ej aktiv	08:46
Ingen last(obs lampor aktiva)	09:08
Maskinrumsfläkt 1 o 2 aktiv	09:10
Kompressor aktiv	09:10
Ingen last(obs lampor aktiva)	09:12
generator ej aktiv	09:14

Tabell 5. Händelseförlopp under mätning på Kalmarsund.

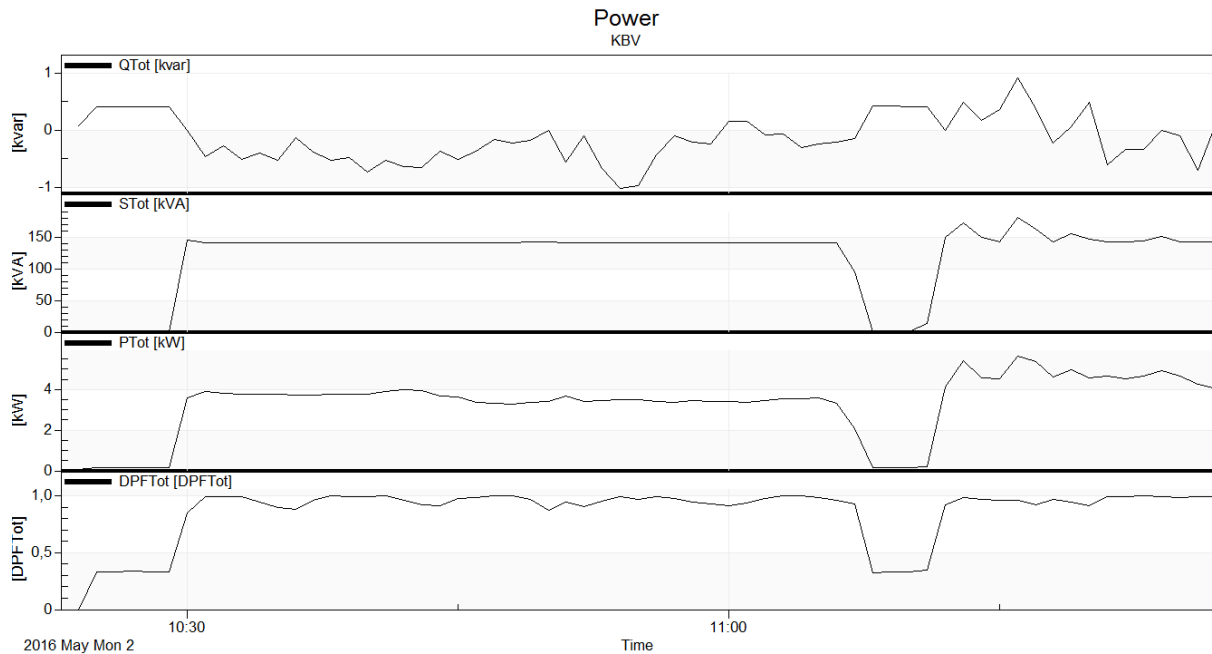
Följande bilder visar data från mätningen. Mätningen påbörjades innan generatoren var inkopplad därför förefaller värdena låga de första minuterna. Notera att instrumentet är inställt på en minuts intervaller.



Figur 35. Frekvensgraf från Kalmarsund

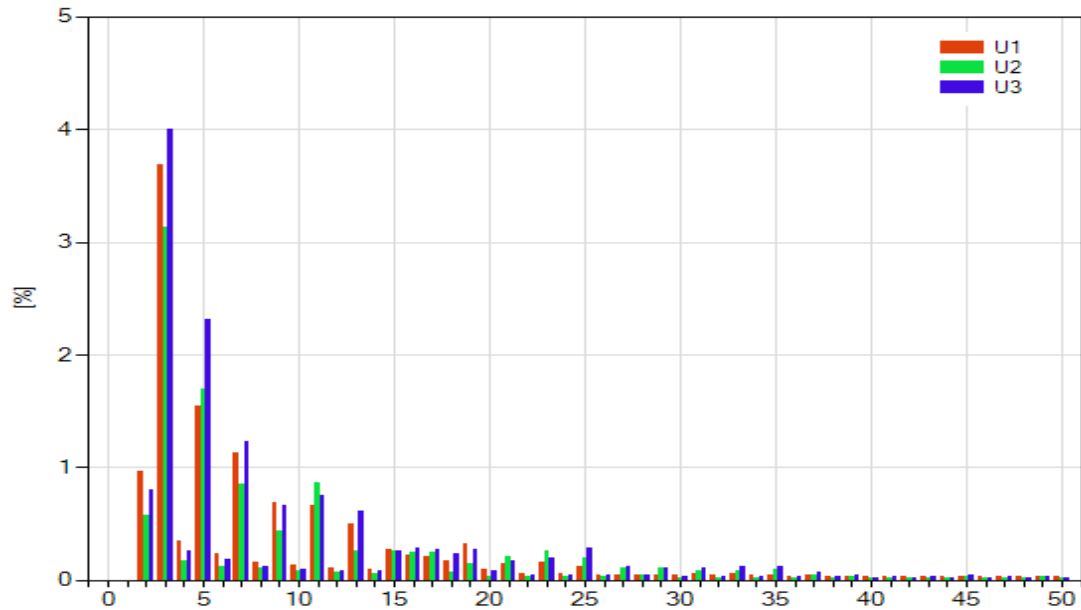
Figur 28 visar frekvensvariationen över mätningen, klockan 08:29 justerades frekvensen manuellt för att ligga inom gränsvärdena. HMS Kalmarsund är av äldre modell vilket innebär att elinstallationerna inte är av den modernare arten. Detta sågs tydligt då frekvensen ställdes in av mekaniska regulatorer vilket i sin tur ledde till att frekvensen inte hölls jämn under mätningen. Skillnaden blir tydlig då simuleringen i Fryken (2.5.3) visar hur den elektroniska

regulatorn höll frekvensen mer stabil. Det kan notera att även i Fryken uppstod dippar i frekvensen, dock korrigerades detta snabbt jämfört med på Kalmarsund.



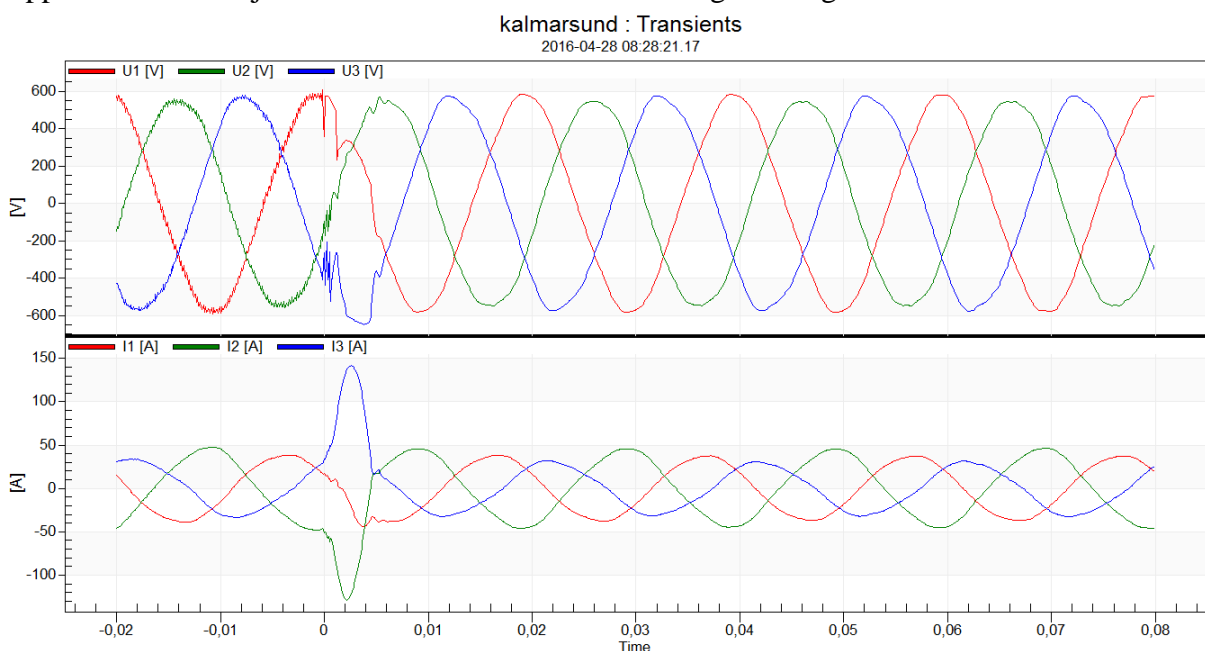
Figur 36. Effektuttaget under mätning på Kalmarsund.

Bilden visar effektuttaget under mätningens gång DPFTot är fasvinkeln under mättillfället. Grafen "power" visar på effektförbrukningen var under mätningen på kalmarsund. Det dippar som uppstod i Ptot berodde troligen på att fläktarna startades samt när kompressorn gick in. Något som är värt att notera är att Qtot mellan klockan 08:55 till 09:04 stiger samtidigt som Ptot sjunker. Detta innebär att det har bildats en reaktiv effekt, vilket i sin tur är lite svårt att förklara då vi inte riktigt vet vad som sker. Under samma tid misstänker vi att en fläkt löser ut vilket i sin tur inte förklara varför en reaktiv effekt uppstår.



Figur 37. Övertoner under perioden 08:24 och 09:15

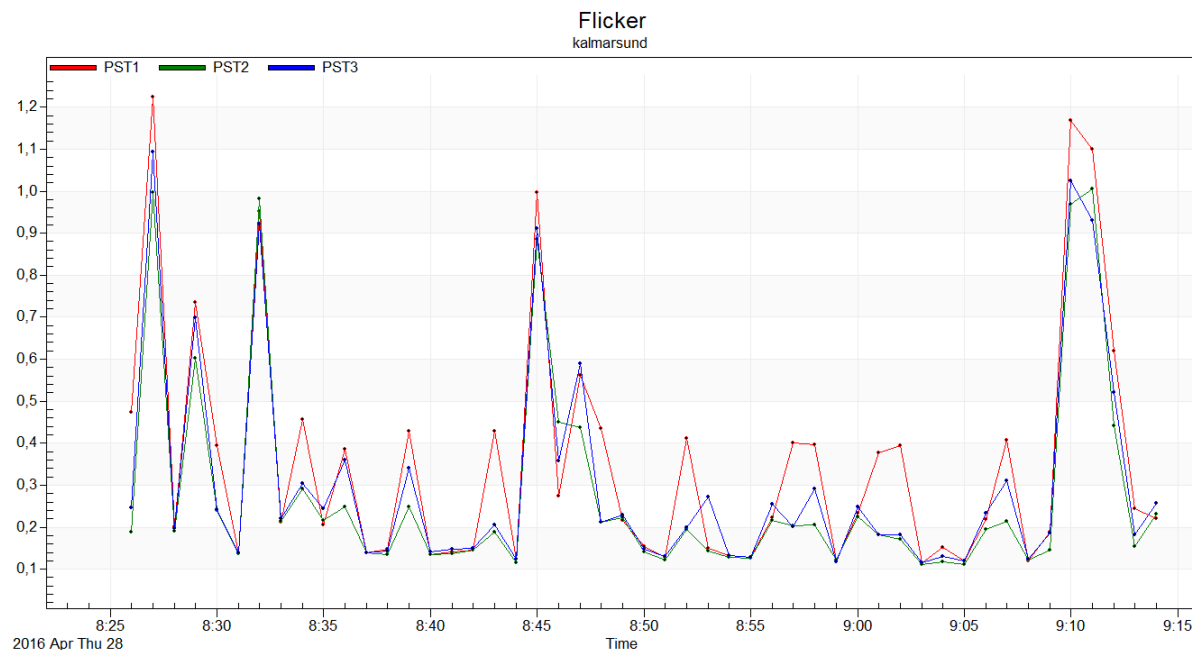
Figur 37 påvisar övertonerna som uppstod under mätningen. Y-axel mäts i procent och x-skalan är visar vilka övertoner som uppstod. Övertonsmätningen påvisade att alla övertoner som uppstod höll sig inom gränsen på under 5 % som är på land (se kapitel 2.4.1). På Kalmarsund uppmättes den tredje övertonen till 4 % vilket är inom godkänt gränsen.



Figur 38. En transient från mätningen på Kalmarsund

Klockan 08:28:30 uppstod det en transient som troligen berodde på att en fläkt startades. Transienten bestod både av ett kort fall på fas 1 samtidigt som det blev en pik på fas 3. Transienten varade i 5ms. Innan transient uppstod kunde det noteras att sinuskurvorna blev hackiga. Detta skedde på grund av att 08:28:00 startades den andra fläkten. Dessa hack och transient som uppstod berodde troligen på att fläktarna som startades inte har någon mjukstart,

tillskillnad från kompressorn. Kompressorn har en mjukstart i form av en YD-koppling vilket gör att den inte får lika höga startströmmar.



Figur 39. Flimmergraf från Kalmarsund

Denna grav påvisar det flimmer som uppstod under mätningen. Kurvan överstiger endast 1 två gånger och detta beror på att under mätningen kopplades laster in och ur frekvent så i ett förhållande då båten opereras kommer troligtvis nivåerna att vara mer stabila.

4.3 Intervju

Sami Syrjänen

Sami har seglat 6 år som befäl inom handelsflottan, han har seglat större delen av tiden som förste maskinist men har även maskinbefäl klass 1 certifikat. Han har seglat på bland annat "Excello" och "Evinco" på rederi Donsötank AB. Båda fartyg har diesel elektrisk framdrift med 2 x 3.200kW pod för "Excello" respektive 1 x 5.800kW pod för "Envico". Båtarna har 3 x W6L32CR Wärtsilä motorer samt 1 x 4L20 MAN på totalt 9.720kW.

Elkvalité

Tankfartyg med kommersiell framdrivning har ofta ett generatorset plus axelgenerator och på dessa upplever Sami att de större problemen uppkommer när han startar lossningspumpar som kräver höga startströmmar. Dessa pumpar medför att frekvensen på elnätet pendlar mycket vid uppstarts moment och kan bidra till blackout/tripp på grund av stor start strömmar (inrush). Det skall noteras att oftast är matningen uppdelad, då kan till exempel dieselgeneratorerna ta lasten för bogpropellern och axelgeneratorm som tar för övrig konsumtion. Detta medför att ifall dippar uppstår så behöver inte det leda nödvändigt vis till någon tripp i hela systemet.

Fartyg med fast axel får även mycket frekvenskillnader när fartyget utsatt för dålig sjö. Detta har och göra med att propellern kan hamna ovanför vattenytan vilket gör att propellern varvar. Vid en varvning går styrsystemet in och saktar ner propellern vilket i sin tur leder till att när propellern är tillbaka undervattenytan får en trög gång som gör att axelgeneratorm inte håller en jämn nivå. Detta fenomen finns inte på båtar som använder sig av podar eftersom den sitter på kölen av båten.

Diesel elektrisk framdrift

Ett fartyg med dieselelektrisk framdrift har inte samma problem med stora laster eftersom matningen kommer från ett mer robust system vilket gör det mycket mer stabilt. Problemet som uppstår vid dieselelektrisk framdrift är att många småkomponenter bränns ut och måste bytas ofta. "Nästan varje törn kunde de brinna upp en strömförsörjningskomponent (transformator), nätaggregat, komponenter i system som gav fartyget galvaniskt skydd samt styrsystem till poden". Orsaken till varför dessa komponenter blev förstörda behövde inte ha sitt ursprung i dålig elkvalité utan kan ha berott på att det inte riktigt var konstruerade för den miljön de satt i. Framdriften blev inte påverkad i någon större utsträckning.

Känsliga komponenter

Dippar, flimmar och diverse andra problem kunde lättast märkas på lite känsligare komponenter. Vid start av större apparater har Sami märkt av flimmar från lamporna har uppkommit. Detta problem var svårare att märka av på dieselelektriska fartyg oftast på grund av att det var ett mer stabilt system som oftast var överdimensionerat i kapacitet som exempelvis Excello som hade en total kraft på 9.720kW.

Mätningar

Mätningar av elkvalité utfördes inte så mycket ombord av personal förutom vid felsökning, och då i syfte att identifiera elfel för att kunna åtgärda eventuella problem. Lite större el och elkvalité mätningar utfördes efter att båten hade levererats till rederiet. Detta gjordes för att kontrollera att fartyget uppfyllt kraven och samtliga mätningar utfördes av en utomstående aktör.

Olinjära laster

Fartyg med dieselelektrisk framdrift använder sig av frekvensomvandlare som styr varvtalet till podden/poddarna. Dessa kan ge upphov till olinjär last. Även tyristor, vars uppgift är att reglera spänningen, lite som en ventil, påverkade genom att belasta systemet olinjärt. För att motverka den induktiva lasten som skapades, har man oftast en synkronmotor eller kondensatorer. Det var dock oklart vad som användes på fartygen.

5 Diskussion

5.1 Resultatdiskussion

Frekvensensgrafen som registrerades ombord på Poseidon låg exakt på 50,00Hz. Detta visar att frekvensen är stabil, lite för stabil vilket väcker misstankar till att instrumentet kan ha felregistrerat och låst sig fast på frekvensen. Vid en jämförelse med Kalmarsund och långtidsmätningen på Poseidon (se bilaga 5) registrerades en mer verklighetstrogen bild av hur frekvensen såg ut. Kalmarsund som är en mer traditionell båt och använder sig av mekaniska regulatorer kunde man se att frekvensen hade stora variationer när det lagts på och togs ur last. Detta var även något Sami upplevde då han berättade att icke dieselektriska fartyg som startade större pumpar oftast fick stora dippar i spänning och frekvensen medan båtar som var dieselektrisk hade ett mer robust elnät. På Poseidon styrdes varvtalet av datoriserade regulatorer vilket misstänks vara mer stabila jämfört med mekaniska. Dock ska denna slutsats som dras med en nypa salt då korttidsmätningen som gjorde inte riktigt går att tolka utan vi får utgå och referera till den långtidsmätning som gjordes senare (se bilaga 5)

Gällande effekt så går det inte att göra en exakt jämförelse då inkopplingspunkterna var olika. På Kalmarsund var inkopplingspunkten mellan generator och nät vilket gjorde att all ström som gick ut på nätet kunde mätas och kan ses i figur 36. Där var $P_{FTot}(\cos \phi)$ lite högre än på Poseidon där den var ett under stora delar av mätningen. Vilket är en indikation på att den skenbara effekten (Stot) inte är så stor. Detta beror troligtvis på att all effekt på Fartyget inte kunde mätas.

Alla övertoner som registrerades under det båda mätningarna var godkända enligt normerna i land (se kapitel 2.4.1, Det svenska elnätets krav). Kalmarsund hade generellt fler övertoner som störde jämfört med Poseidon, men ingen av dessa störningar gav ett utslag som översteg 5 %. Under mätningens gång startades olika sorters maskineri upp. På Kalmarsund hade vi endast två fläktar och en lite kompressor till att förfoga vilket ledde till att vid uppstart inte skedde någon spänningsdipp utan en transitent. Vid mättillfället på Poseidon startades betydligt större utrustning i form av stora hydraulpumpar. Dessa pumpar drog betydligt mer ström och gav upphov till riktigt spänningsdippar. Skillnaden mellan dessa är tydligt då mätningen påvisar att apparaturens effektförbrukning har en stor påverkan på ifall det uppstår transienter eller dippar. Detta fenomen upplevdes även av Sami då han upplevt att stora pumpar kunde bidra till en blackout eller tripp vid uppstart på båtar som inte var dieselektriska. Något som är värt att notera är att ifall man kunnat göra en likadan mätning som på Poseidon fast på ett fartyg som inte är dieselektrisk hade troligen man märkt ännu större skillnad då dieselektriska fartyg oftast är överdimensionerade.

Flimmer värden på bägge fartygen var synbara. Detta fenomen märktes främst på Poseidon då pumpen startades och armaturen började blinka. Flimmer som registrerades av mätutrustningen visade på att bägge fartygen oftast låg under värdet 1. Dock uppstod det två större pikar på Poseidon. Stora flimmerproblem kan oftast leda till att känslig utrustning får lägre livslängd. Detta kan vara en av orsakerna till att Sami upplevde att de var tvungna att byta komponenter varje törn. På Poseidon startades som sagt motorer med höga startströmmar

vilket gav utslag i figur 31 där den gav en spänningsdipp. Detta fenomen kallas inrusningsström men det upplevdes inte på kalmarsund där den största last som kopplades på var en kompressor. Detta beror på att kompressorn var av nyare modell och var utrustad med en YD omkopplare. Innan vi jämför bägge fartygen med reglerna och normerna iland är det värt att lägga på minnet att det just är förutsättningar att bygga lika stabila system och skapa sig ett stabilt nät då ytan och miljön begränsar detta.

Båda fartygens övertonsvärde var under 5 % vilket är godkänt. Flimmervärdena som uppstod var över nivå 1 men varade inte så långt och inträffade när spänningen rusade. Dipparna som uppstod var under 10 % vilket klassas enligt Energimarknadsinspektionens författningssamling som en kortvarig spänningssänkning, dock inträffade dessa vid start av motorer.

5.2 Metoddiskussion

Fokusen i denna rapport har legat på att få utföra mätningar, därför var valet relativt lätt när det kom till att välja metoderna som använts. Metoderna som valdes (fältexperiment och laborationsexperiment) valdes då dessa metoder utgick ifrån att utföra och samlar in mätdata. Som stöd har även en semistrukturerad intervju använts med fokus på att få ett brett underlag inför mätningarna. Metodvalet i sig har varit mycket givande samtidigt som det har medfört en viss svårighet då mycket av tiden gick åt att lära sig utrustning, bygga upp labbmiljön och få godkännande för att mäta.

Fördelen med att ha valt fältexperiment och laborationsexperiment har legat vid erfarenheten att få mäta, observera och utföra allt själva. Dessa metoder har tvingat oss att lära oss om så mycket mer än själva problemen som skulle studeras, vilket i sin tur har lett till en djupare förståelse varför elkvalitén ser ut som den gör men även allmänt om el. Säkerhetstänket har även blivit något som har utvecklats på grund av metodvalet då vi har utfört mätningar på komponenter som har varit strömförande. Detta har medfört en noggrann undersökning av miljön innan komponenterna vi mätte på blev spenningsatta.

Nackdelarna med metodvalet har varit tidsramen vi har haft, utrustningen och tillståndsbegränsningen som har funnits. Mätutrustningen har haft en relativ lång inlärningskurva då vi inte riktigt visste i börja hur mätningarna skulle genomföras. Även tolkandet av mätdata har varit tidskrävande då vanan saknades att tolka informationen som vi fick efter vi utfört mätningarna. Tillståndet för att utföra mätningarna blev även begränsade då vi inte fick åka med ut på en törn utan har utfört alla mätningar när båtarna legat i kaj. Detta har resulterat i att fartygen inte har kört på sin fulla kapacitet och därmed fick vi inte studera hur elmiljön skulle sett ut ute till sjöss.

Validiteten av mätningarna som utfördes har varit mycket god, detta då vi använt oss av elnätsanalysatorn från Unipower och kunde mäta exakt det störningar som söktes. Mätningarna som utfördes hade inte blivit lika bra ifall vi använt oss av tetronix oscilloskop och övertonsanalysatorn då denna utrustning inte hade haft samma förutsättning för att registrera och mäta störningarna som elnätsanalysatorn som användes.

Reliabiliteten på mätningen har varit bra, dock fanns det några punkter som kunde blivit bättre men som vi inte direkt kunde påverka. För att kunna utföra en riktig mätning som följer den svenska ellagen ska mätdata samlas in var 10minut. (Berglund & Åkerlund, 2004). Detta var något vi inte kunde göra då tidsaspekten inte tillät oss. Mätningarna som utfördes på Kalmarsund och Poseidon utfördes med 1minuts intervall vilket ger en bild om hur elkvalitén ser ut just under den tid mätningen utfördes men inte riktig ger en bild om hur kvalitén alltid ser ut. Lågtidsmätningen som utfördes korrekt enligt mätintervallen (tiominutersvärden) är något vi valt att inte behandla. (För den som är intresserad finns denna mätning i bilaga 8.3). En annan punkt som vi inte riktigt hade kontroll över var mätdata som elnätsanalysatorn registrerade. I kapitel 4.1 figur 28 visar grafen en frekvens som inte riktigt stämmer överens med verkligheten. Detta beror på att elnätsanalysatorn inte kunde registrera frekvensen och låste då fast vid 50,00Hz vilket den var grundinställd på. Orsaken till denna händelse kan vara många och inget vi kan spekulera i. Dock har val av utrustning varit mycket god då Unipowers unilizer 900 tveklöst varit det överlägsna valet över den gamla utrustningen som vi hade till vår förfoga.

6 Slutsatser

Med hjälp av de mätningar och forskning som har utförts under rapportens gång kan vi nu påvisa att det finns elstörningar både på Poseidon och Kalmarsund. Störningarna som uppstod var inte av den grövre art men hade spänningsfallen som påvisades uppstått iland hade klassats som kortvariga spänningssänkningar. De störningar som kunde påvisas var följande

- Spänning dippar
- Transienter
- Flimmer

Både Poseidon och Kalmarsunds uppfyller kraven som Energimarknadensinspektionens författningssamling ställer. Dock kan man ifrågasätta sig om man anser att kortvariga spänningsdippar vid uppstart av utrustning man använder ofta är acceptabelt.

6.1 Fortsatt forskning

Under rapportens gång fångades vår uppmärksamhet av fenomenet flimmer. Detta fenomen som uppstår tack vare spänningsvariation är något som är mycket intressant då den bakomliggande grunden kan vara många. Ett vidare intressant arbete hade varit en noggrannare utredning och undersökning om alla de parametrar som ger upphov till flimmer samt hur detta flimmer påverkar personalen ombord och de känsliga komponenterna på bryggan.

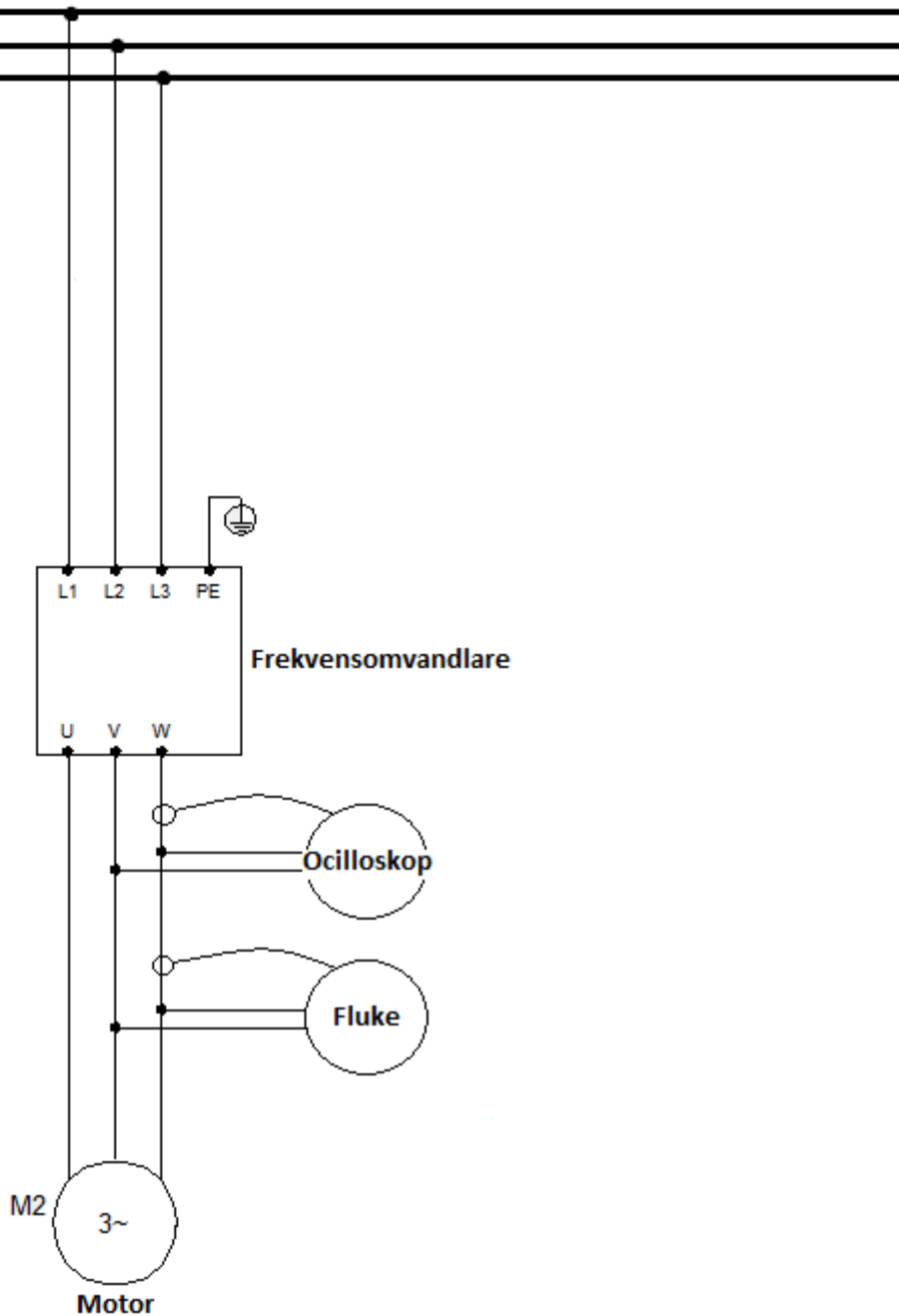
7 Referenser

- Alfredsson, A., Jacobsson, K., Rejminger, A., & Sinner, B. (1996). *Elmaskiner*. Sahara Printing: Liber AB.
- Baggini, A. (2008). *Handbook of Power Quality*. Chinchester, England: John Wiley & Sons Ltd.
- Berglund, S.-E., & Åkerlund, J. (2004). *EMC, Elkvalite och elmiljö*. Stockholm: Elforskprojektet.
- Denscombe, M. (2009). *Forskningshandboken*. Lund: Studentlitteratur.
- Djagarov, M. (2012). *Investigation of Electricity Quality in ship Integrated Power Systems*. Moscow: PIERS Proceedings.
- DNV GL. (2016). Rules for Classification and Konstruktion. Hamburg: DNV GL SE.
- Gregory, J., & Porter, J. (1999). *Power Quality Solutions: Case studies from troubleshooters*. Fairmont Press Inc.
- Hallenius, K.-E. (1972). *Elektriska Maskiner*. Lund: Bröderna Ekstrands Tryckeri.
- Hayashi, Y., & Tsuji, K. (2000). *Definitions of Power Quality Levels and the Simplest Approach for Unbundled Power Quality Services. Harmonics and Quality of Power(volume: 2)*. Orland, Florida.
- IMO. (2009). *SOLAS*. London: International Maritime Organization.
- J, P., Rodrigusez, J., Kouro, S., Silva, C., & Farías, H. (den 28 04 2016). Output Sinus Filter for Medium Voltage Drive with. Valparaiso, Valparaisoregionen, Chile.
- Jacobsson, S., & Widén, L. (u.d.). *Grundläggande Elteknik För Sjöingenjörer*. Göteborg: Institutionen För Signaler och System.
- Karlsson, J., & Davidsson, M. (2012). *Mätning och analys av elkvalite*. Halmstad: Högskolan i Halmstad.
- Mazur, G. (1999). *Power Quality: Measurement and Troubleshooting*. Homewood: American Technical Publisher, Inc.
- Mikkili, S., & Kumar Panda, A. (2015). *Power Quality Issues*. New York: Taylor & Francis Group.
- Porter, G. J., & Van Sciver, A. J. (1999). *Power Quality Solution*. New Jersey: Fairmount Press.
- Rawlins, J. C. (2000). *Basic AC Circuits*. Boston: Newnes.
- Sakaran, C. (2002). *Power Quality*. Boca Raton: FLA.
- Santos, S., McGrangham, M., Dugan, R., & Beaty, W. (2012). *Electrical Power System Quality. Third Edition*. New York: McGraw-Hill Education.
- Westlund, L. (2007). *Elmiljö I Praktiken*. Malmö: Gleerups Utbildning AB.

8 Bilagor

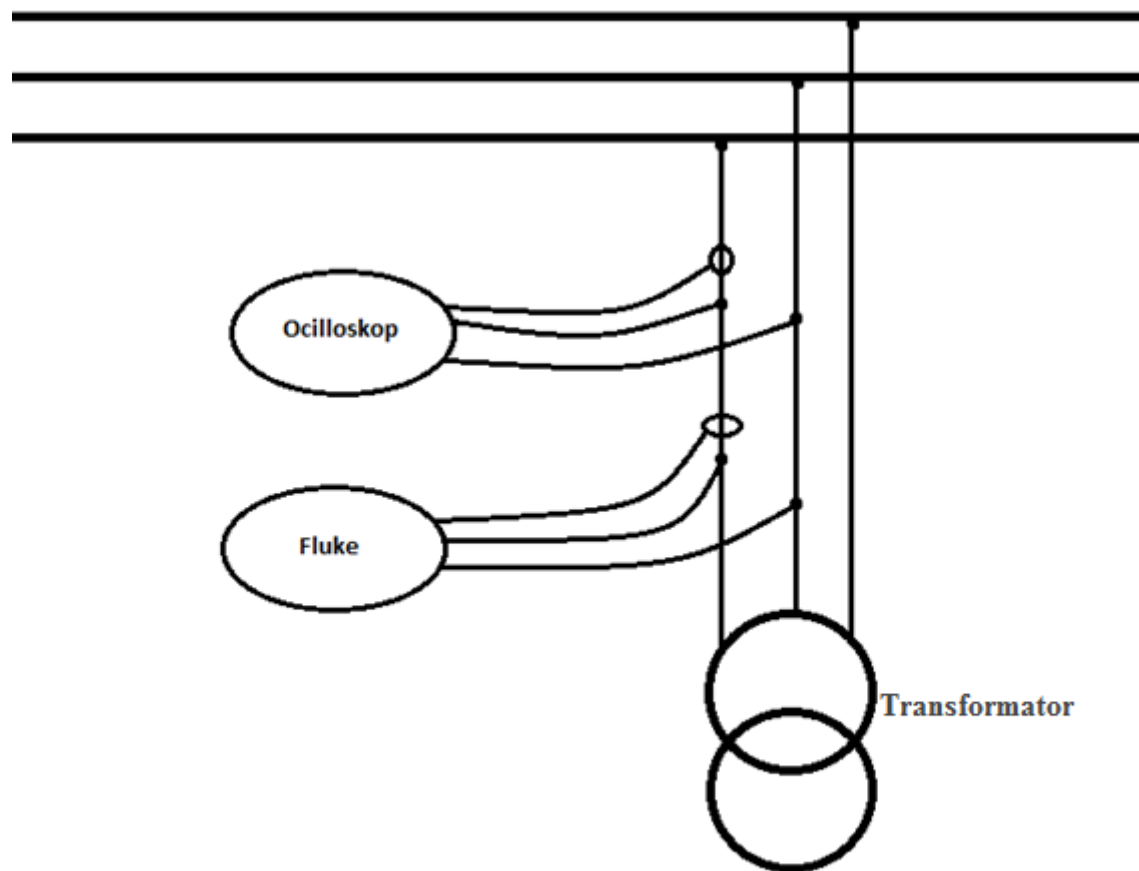
8.1 Bilaga 1

Detta är en principbild på hur vi kopplade oscilloskopet och Fluken när transienter undersöktes i labbmiljön.



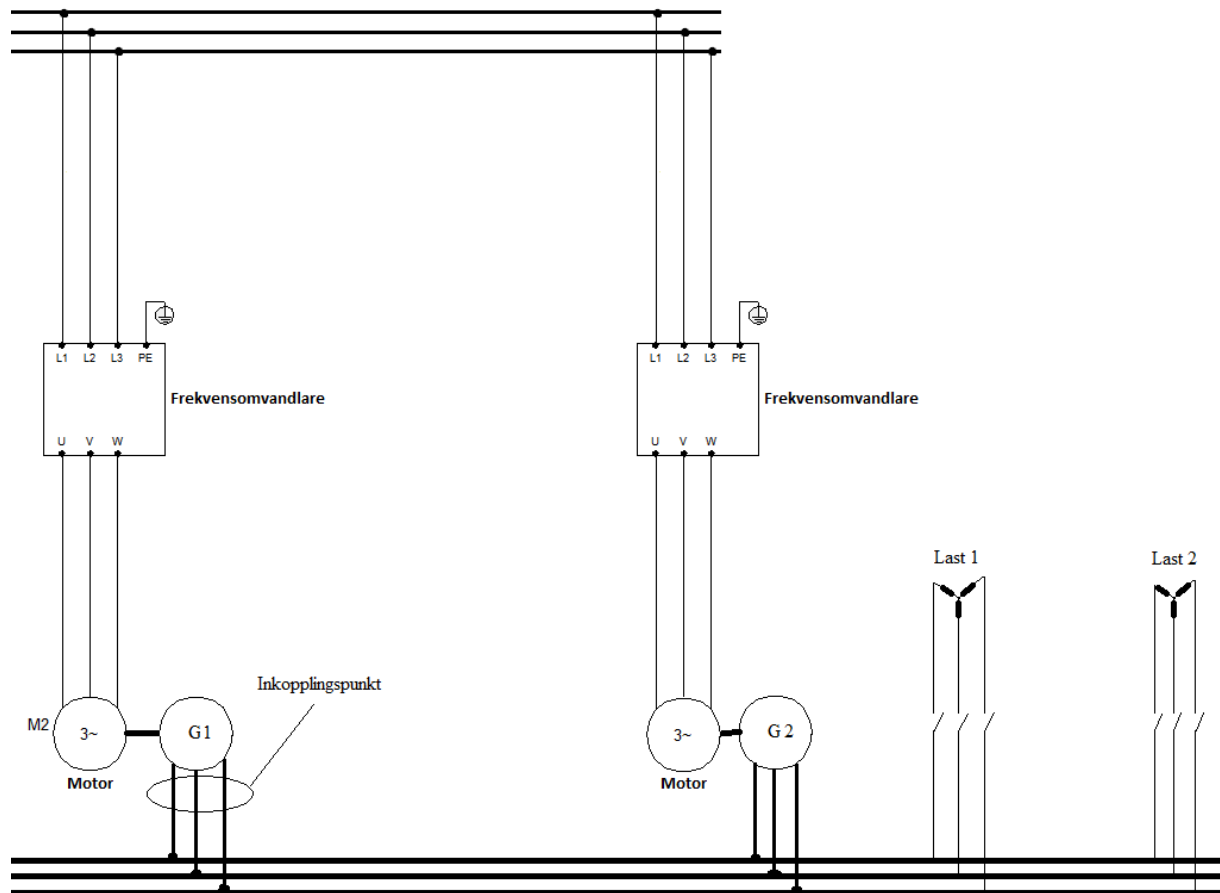
8.2 Bilaga 2

Principbild av inrusningslabbaration.



8.3 Bilaga 3

Principbild av labbstationen på Fryken.



8.4 Bilaga 4

Intervju

Kort om vår bakgrund, d.v.s. vårt exjobb, förklara vad tanken med det är och vad vi skall studera

Syfte

Syftet med denna undersökning är huvudsakligen undersöka elkvalitén ombord och jämföra kvalitén med land. Hur ser det ut ombord och hur hade man kunnat i så fall förbättra kvalitén. I denna studie vill vi även undersöka apparaturen (en viss typ, exempelvis dator, eller någon annan känsligare elektronik) och hur den påverkas av elkvalitén. Vi vill även belysa en eventuell lösning ifall kvalitén är dålig.”

Innan frågorna börjar:

Liten bakgrund vem du är,

Hur länge du har seglat

Vad det var för maskineri på båten samt ålder på fartyget

Våra huvudfrågor från arbetet är:

Hur ser elkvalitén ut hos handelsfartyg?

Hur påverkas komponenter av detta?

Hur blir kvalitén efter filter har kopplats in?

Tillagda frågor

Huvudorsaken till felen som uppstod?

Det vanliga felet, d.v.s. vad var det som ökade mest?

Hur kände bryggan av felen, (ifall det ens kände av något)?

Lennart berättade att ni hade en del komponenter som brändes, vet du ungefär kostnaden?

Gjorde ni några besiktningar för att veta ifall ni höll kraven eller inte?

Var något klassningssällskap i kontakt med er?

Rödtråd för huvudfelen vi skall titta på:

Spänning dippar/Spänningshöjningar.

Märkte ni av dippar/höjningar som uppstod?

Var det förutsäg bara (”Nu kopplas trustrar in så nu kommer vi få en dipp”)

Mätte ni dipparna någon gång, och i så fall hur länge vara de?

Märkte bryggan av det?

Övertoner.

Hur funkade det med linjär samt olinjär last?

Hade ni lågenergilampor eller annat som kunde spöka?

Hur märktes övertonerna av?

Rusningar och Flimmer

Hade några rusningar när ni tog av saker från nätet?

Har ni märkt flimmer problem?

Sinus deformation

Allt väsentligt om sinusdeformation rörande huvudfelen

Åtgärden

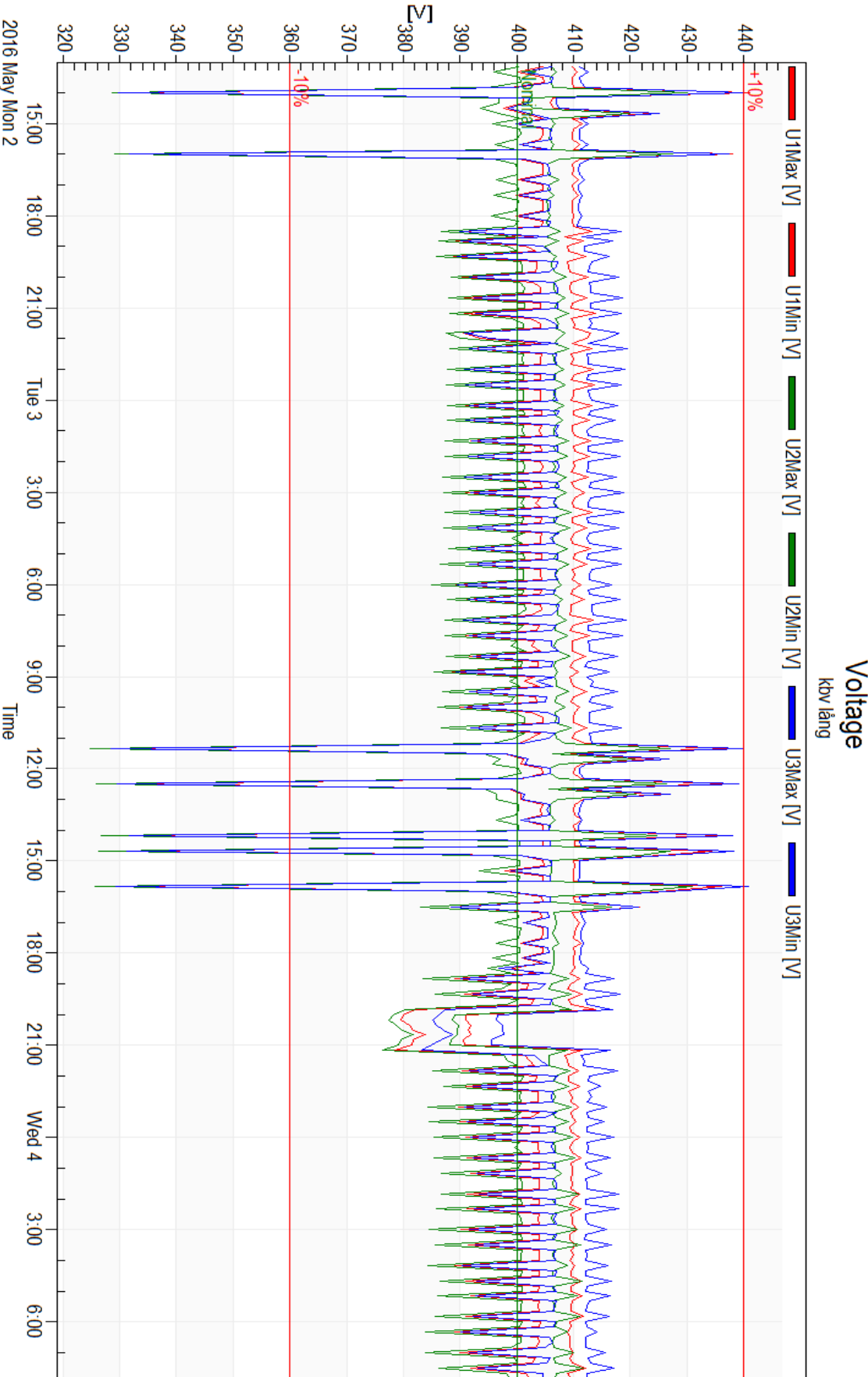
Hur åtgärdade ni problemen?

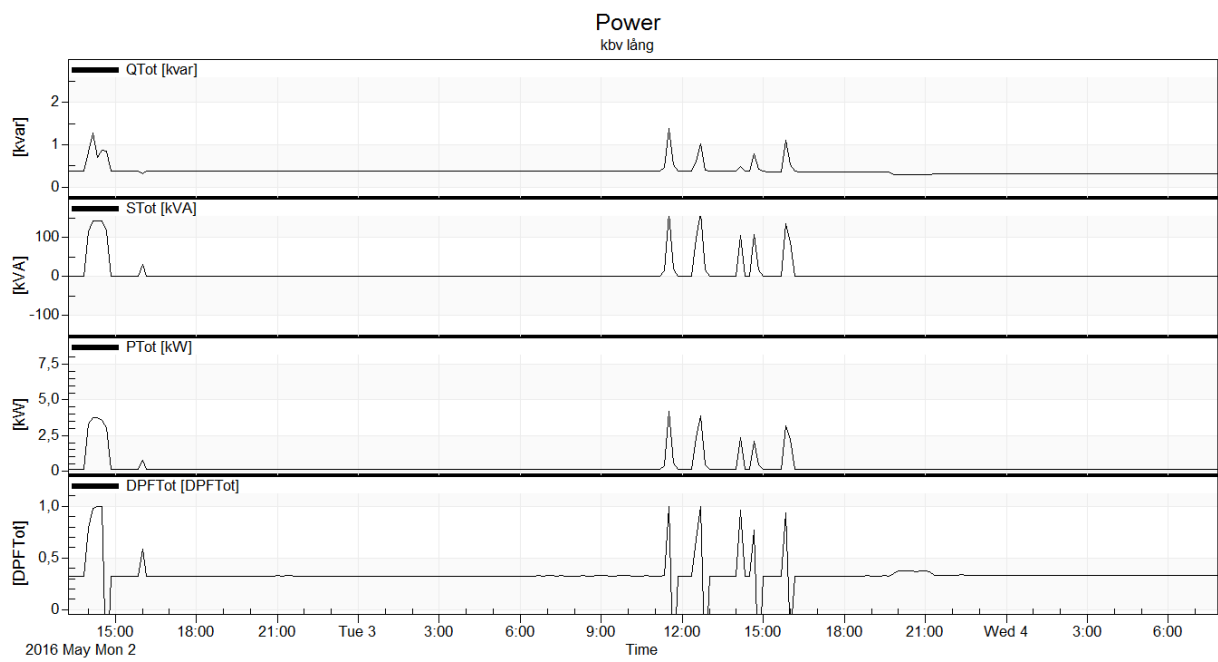
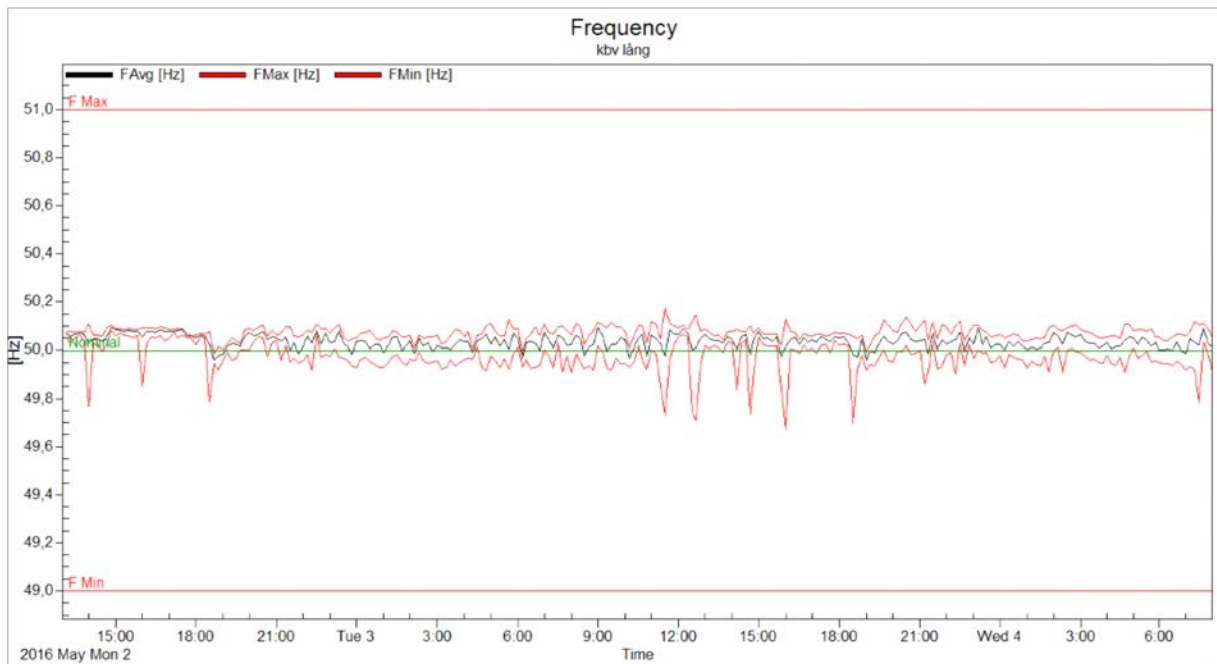
Hur bra koll hade ni på dessa problem?

Transformatorer?

Filter ni kopplade in?

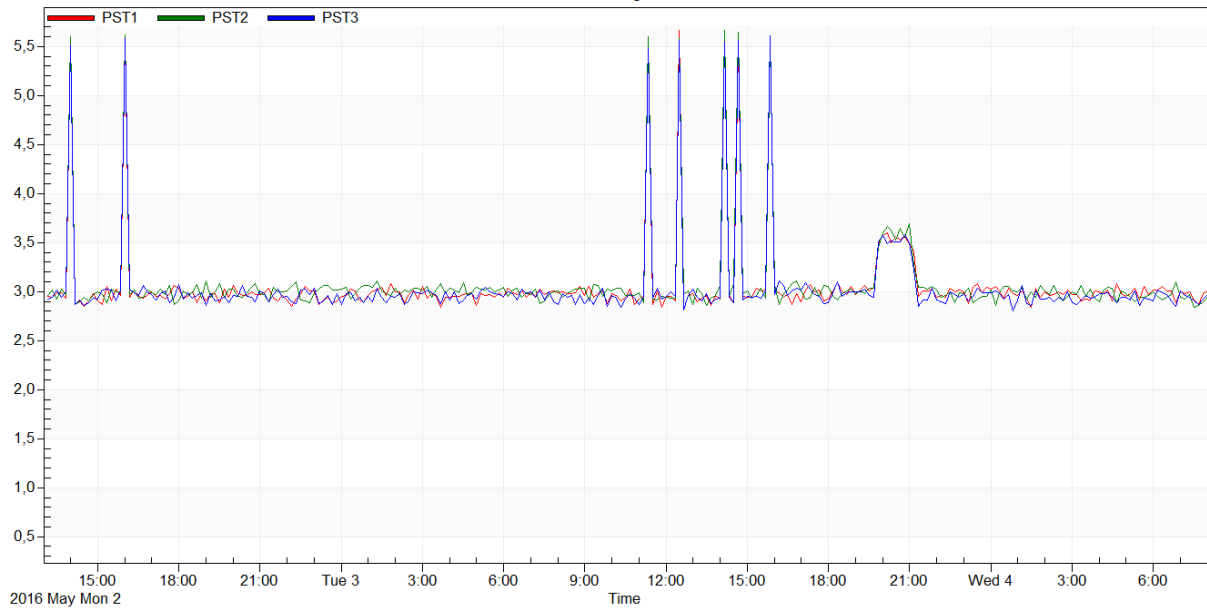
8.5 Bilaga 5





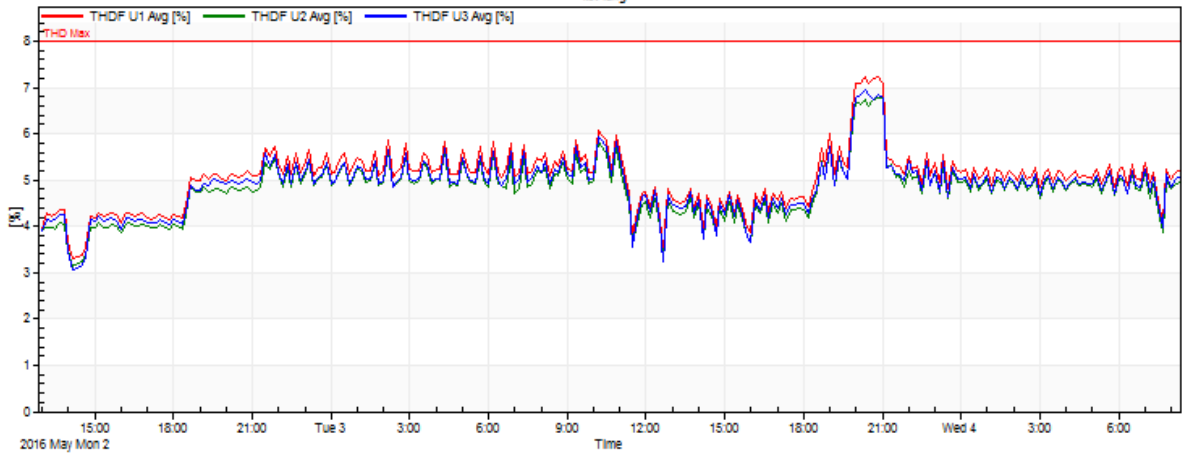
Flicker

kbv lång



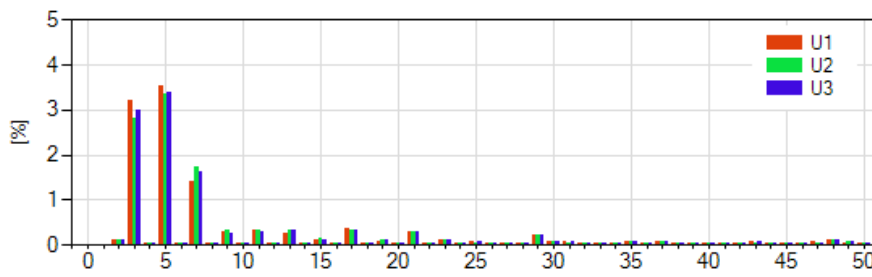
THD

kbv lång



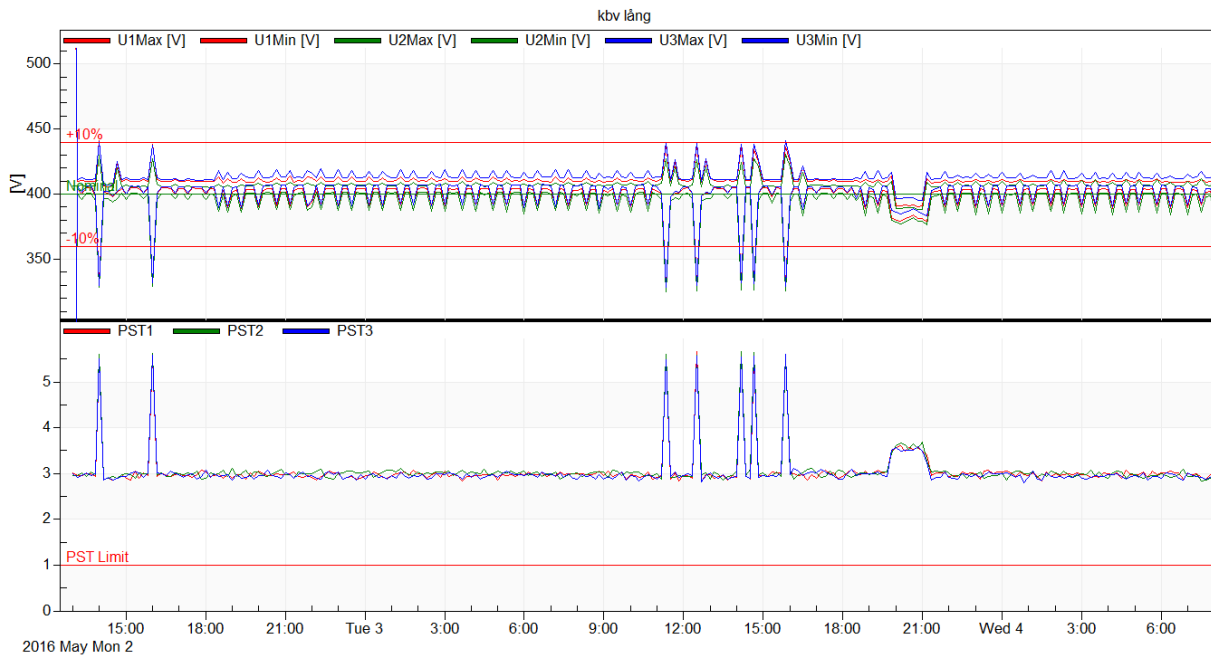
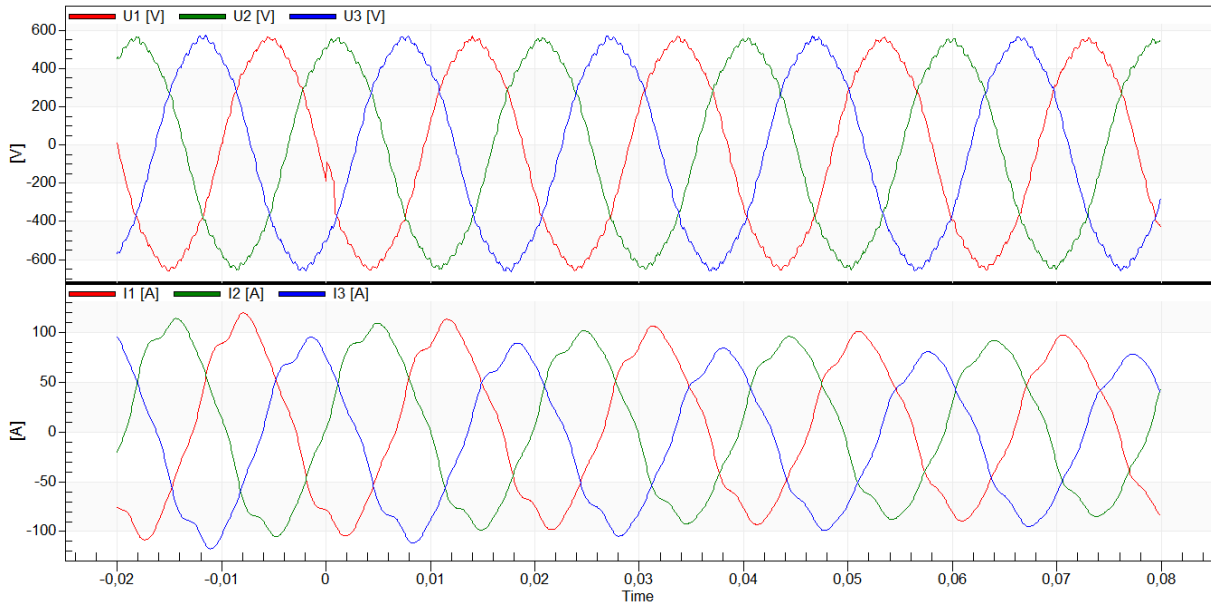
Analysis

Statistics Harmonics



- Avg
 - Max
 - U
 - I
 - Inter harm U
 - Inter harm I
- Unipower PQ Secure

kbv lång: Transients
2016-05-02 13:52:39.75



kbv lång: Transients
2016-05-02 13:52:39.75

