

Examensarbete, Högskolan på Åland, Utbildningsprogrammet för Elektroteknik

# FASKOMPENSERINGSBEHOV

Tim Langebro



01:2017

Datum för publicering: 20.12.2016  
Handledare: Kjell Dahl



# EXAMENSARBETE

## Högskolan på Åland

<b>Utbildningsprogram:</b>	Elektroteknik
<b>Författare:</b>	Tim Langebro
<b>Arbetets namn:</b>	Faskompenseringsbehov
<b>Handledare:</b>	Kjell Dahl
<b>Uppdragsgivare:</b>	Klingbergs elektriska AB

### Abstrakt:

Syftet är att undersöka en fabriks (Orkla, Haraldsby) behov av faskompensering

Detta gäller även andra industrier ifall det är inom samma effektstorlek.

Nu betalar fabriken elleverantören för den reaktiva effekt de förbrukar över en viss gräns i månaden. Uppdraget var att undersöka ifall det finns någon lönsamhet i att kompensera för den reaktiva effekten i fabriken eller om det är en så pass liten summa att utrustningen blir för dyr i förhållande till vad som betalas.

Några frågeställningar:

- Kompensering vid varje transformatorstation (finns två stycken) eller flera mindre enheter ute vid stigarcentralerna inne i fabriken?
- Vilken typ av utrustning, finns automatiska, steglösa eller fasta kondensatorbatterier.
- Kombinerad av utrustning och enheter som filtrerar bort övertoner m.m.
- Förslag på mätutrustning som mäter effektförbrukning som ger möjlighet att övervaka den reaktiva effektgränsen. En sådan skulle ge möjlighet att effekt begränsa icke kritiska förbrukare under höglast.

### Nyckelord (sökord):

Faskompensering

<b>Högskolans serienummer:</b>	<b>ISSN:</b>	<b>Språk:</b>	<b>Sidantal:</b>
2017:01	1458-1531	Svenska	24

<b>Inlämningsdatum:</b>	<b>Presentationsdatum:</b>	<b>Datum för godkännande:</b>
20.12.2016	13.05.2016	19.05.2016



# DEGREE THESIS

## Åland University of Applied Sciences

<b>Study program:</b>	Electrical Engineering
<b>Author:</b>	Tim Langebro
<b>Title:</b>	Phase Compensation Need
<b>Academic Supervisor:</b>	Kjell Dahl
<b>Technical Supervisor:</b>	Klingbergs elektriska AB

### Abstract:

The purpose is to investigate a factory (Orkla, Haraldsby) need for power factor correction. This also applies to other industries if it is within the same effect size.

Now, the factory pays the electricity supplier for the reactive power they consume above a certain threshold in the month. The assignment was to investigate if there is any profitability to compensate for the reactive power in the factory or if it is such a small amount that the equipment is too expensive for what is owed.

Some questions:

- Compensation for each substation (two pieces) or several smaller units around the paths centers inside the factory.
- What type of equipment, there is automatic, continuously variable or fixed capacitor.
- Combination of equipment and devices that filter out harmonics etc.
- Proposal on the measurement equipment that measures the power consumption that provides the ability to monitor the reactive power limit. Such would provide the opportunity to limit the power non-critical loads during high load.

### Key words:

Phase Compensation Need

<b>Serial number:</b>	<b>ISSN:</b>	<b>Language:</b>	<b>Number of pages:</b>
2017:01	1458-1531	Swedish	24

<b>Handed in:</b>	<b>Date of presentation:</b>	<b>Approved on:</b>
20.12.2016	13.05.2016	19.05.2016



## INNEHÅLL

<b>1. INLEDNING</b> .....	9
<b>1.1. Syfte</b> .....	9
<b>1.2. Uppdragsgivare</b> .....	9
<b>1.2.1. Klingbergs elektriska AB</b> .....	9
<b>1.2.2. Orkla</b> .....	9
<b>1.3. Metod</b> .....	10
<b>2. REAKTIV EFFEKT</b> .....	11
<b>2.1. Vad är reaktiv effekt</b> .....	11
<b>2.2. Reactiv effekt i elnätet</b> .....	11
<b>3. EFFEKTFAKTOR</b> .....	12
<b>4. FASKOMPENSERING</b> .....	13
<b>4.1. Funktion</b> .....	13
<b>4.2. Användning</b> .....	14
<b>4.3. Placering</b> .....	14
<b>5. ALLMÄNNA BERÄKNINGAR PÅ EL-FAKTURORNA</b> .....	16
<b>6. REAKTIVA EFFEKTBERÄKNINGAR</b> .....	18
<b>7. FREKVENSSOMRIKTNING</b> .....	19
<b>7.1. Direktomriktare</b> .....	19
<b>7.2. Mellanledsomriktare</b> .....	19
<b>8. FILTER</b> .....	20
<b>8.1. Passiva filter</b> .....	20
<b>8.2. Aktiva filter</b> .....	21
<b>9. MÄTNINGAR</b> .....	22
<b>10. SLUTSATS</b> .....	23
<b>KÄLL- OCH LITTERATURFÖRTECKNING</b> .....	24
<b>BILAGOR</b> .....	

**Reaktiva effektberäkningar .....**

**Mätningar .....**

**Utan frekvensomvandlare .....**



# 1. INLEDNING

## 1.1. Syfte

Syftet med detta arbete är att undersöka faskompenseringsbehovet av en fabrik, mera specifikt Orklas chipsfabrik i Haraldsby.

Det största intresset är att försöka få ner deras reaktiva effektförbrukning. För tillfälle betalar de en fast summa i månaden för en viss mängd reaktiv effekt, men så fort den överskrids måste de betala extra.

Det är alltså denna överstigande effekt vi vill få ner m.h.a. faskompensering. Det finns olika sätt att faskompensera och hur vi kommer gå tillväga beror mycket på hur lönsamheten ser ut.

## 1.2. Uppdragsgivare

Uppdragsgivaren för detta arbete är i första hand Klingbergs elektriska AB men även Orkla då det är deras fabrik det handlar om.

### 1.2.1. Klingbergs elektriska AB

Klingbergs Elektriska Ab startade 2005 med att utföra mindre industriinstallationer. Sakta men säkert utvidgade de verksamheten med ytterligare områden så som brandalarm, truckservice och installation av hissar. Idag sysselsätter de cirka 40 personer och en stor arbetsgivare för dem är Orklas fabrik i Haraldsby.

Kontaktperson för detta arbete är Sam Landström från Klingbergs elektriska AB. (Klingbergs, 2016)

### 1.2.2. Orkla

Orkla Confectionery & Snacks Finland är en producent av chips, godis m.m. och samtidigt en del av den större Orkla-koncernen. Bolaget har skapats genom att sammanföra Finlands första producent av potatischips, det vill säga Chips Ab och Finlands näst största tillverkare av sötsaker Oy Panda Ab. Utöver Pandas godis och Taffels snacks är de kända för frysvaror av märket Oolannin samt kex av varumärket Kantolan.

Orkla Confectionery & Snacks Finland har en omsättning på över 100 miljoner euro och bolaget sysselsätter över 400 personer i Finland. (Orkla, 2016)

### **1.3. Metod**

För detta arbete handlar det i första hand och största del att se över Orklas el-fakturor och att göra nödvändiga och för dem behövliga/intressanta uträkningar och grafer. Men även titta på lönsamheten att införskaffa någon faskompenseringsutrustning.

Faskompenseringsutrustningen bestäms utifrån lönsamheten i att kompensera för den reaktiva effekten i fabriken. Det kan också vara en så pass liten summa att utrustningen blir för dyr i förhållande till vad som betalas.

## 2. REAKTIV EFFEKT

### 2.1. Vad är reaktiv effekt

Reaktiv effekt är ett mått för växelspänningssystem. Den mäts i enheten [VAr] och utgör en del av den skenbara effekten som inte ger upphov till nyttigt arbete. Den förbrukas inte i växelspänningssystemet. Den är egentligen bara definierad för det sinusformade ström och spänning fallet och då är den reaktiva effekten ett mått på fasförskjutningen mellan strömmen och spänningen över kretsen, ett mått på den onödiga ström som går i nätet samt på den energi som pendlar mellan last och nät. Reaktiva komponenter förbrukar ingen energi över tiden, men har en momentan energiförbrukning som skiljer sig från noll. Detta beror på att de varierande spänningar och strömmar som utgör ett växelspänningssystem ger upphov till energilagring och energiurladdning i kretsen. (Wikipedia, Reaktiv effekt, 2016)

### 2.2. Reaktiv effekt i elnätet

Reaktiv effekt i elnätet kan väldigt lätt förklaras genom en simpel vardagshändelse. När man skall hålla upp en öl i ett glas är man tvungen att sluta just före ölen når kanten p.g.a. skummet. Skummet är i vägen för att du ska kunna utnyttja glasets fulla kapacitet med öl. Skummet kan alltså refereras mot den reaktiva effekten. På samma sätt sker det i en kabel. Den reaktiva effekten ligger och tar upp plats förr aktiv effekt, spänning och ström. Desto mera reaktiv effekt det går i ledningarna desto lägre spänning och ström kan utnyttjas till utrustningen kopplad till nätet. Men detta går att kompensera genom faskompensering. (Wikipedia, Reaktiv effekt, 2016)

### 3. EFFEKTFAKTOR

Effektfaktor inom området elektrofysik är förhållandet mellan den elektriska effekten (Watt) en maskin eller apparat förbrukar och produkten mellan spänning och strömstyrka (voltampere).

$$\cos\varphi = \frac{P}{S} = \frac{P}{UI}$$

Tabell 1 Storheter till formlerna

P	Effekt
S	Skenbar effekt
U	Spänning
I	Ström
$\cos\varphi$	Effektfaktor

Detta är ett värde mellan 0 och 1 som i specialfallet sinusformad spänning och ström anger hur färförskjutningen mellan växelspanning och växelström påverkar den reaktiva effekten. I medeleffekten (fortfarande för specialfallet sinusformad spänning och ström)

$$P = U * I * \cos\varphi$$

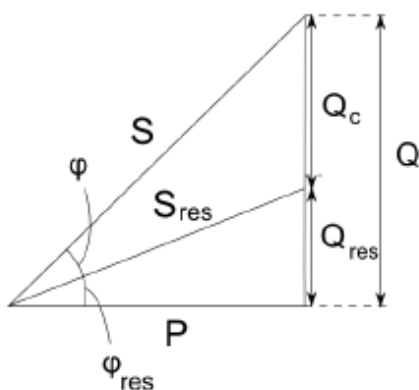
kallas  $\cos \varphi$  för effektfaktor. Vid resistiv belastning då  $\cos\varphi = 1$  är effektfaktorn som störst, det vill säga apparaten konsumerar all energi. Men för fallet  $\varphi = 90^\circ$  är effektfaktorn noll, och apparaten levererar tillbaka all energi som konsumeras. När siffervärdet ökar minskar vinkeln  $\varphi$ . En apparat som levererar ”tillbaka” energi belastar elnätet, och det är av intresse att beräkna hur stor denna belastning är. (Wikipedia, Effektfaktor, 2016)

## 4. FASKOMPENSERING

Faskompensering i ett växelströmssystem innebär att en belastnings effektfaktor ökar i siffervärdet och går mot ett. Detta utförs genom att en belastning som drar reaktiv ström tillförs en ny reaktiv ström med motsatt riktning. Därmed kommer den reaktiva effekten att pendla mellan förbrukare och faskompenseringen istället för mellan förbrukaren och nätet. På så vis minskar man den reaktiva effekten i elkraftsledningarna och ger mer plats för aktiv effekt. Faskompensering ökar därmed kapaciteten på elkraftskablar, samt minskar kostnaden för företag som förbrukar mycket reaktiv effekt. En högre reaktiv effekt betyder att man drar mera ström än nödvändigt och måste betala för det. (ABB, 2016) (Wikipedia, Faskompensering, 2016)

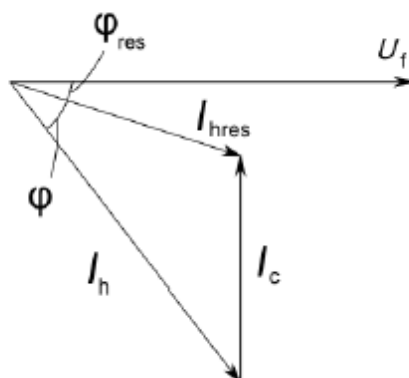
### 4.1. Funktion

Faskompensering innebär att en belastnings effektfaktor ökar, vilket innebär att fasvinkeln  $\varphi$  minskas. Hur faskompenseringen utförs varierar beroende på vilken typ av reaktiv last som skall kompenseras för. En induktiv last kompenseras med en kapacitans och en kapacitiv last kompenseras med en induktans. Faskompenserings upphov till den reaktiva lasten  $Q_c$  vilket minskar den totala reaktiva lasten i elkraftsledningen från  $Q$  till  $Q_{res}$ . På så vis minskar den skenbara effekten från  $S$  till  $S_{res}$  (figur 1 ). (Wikipedia, Faskompensering, 2016)



Figur 1 Faskompenserings upphov till den reaktiva lasten.

Faskompenseringen ger även upphov till strömmen  $I_c$  i elkraftsledningen vilket minskar strömmen från  $I_h$  till  $I_{hres}$  (figur 2).



Figur 2 Faskompenseringens upphov till strömmen.

## 4.2. Användning

I takt med att belastningen i elkraftnätet ökar så ökar kravet på ett effektivt utnyttjande av det. Många av de apparater som ansluts till elnätet är delvis reaktiva. Exempel på sådana är växelströmsmotorer och lysrörsarmaturer. Den reaktiva strömmen som dessa kräver tar upp en del av utrymmet i elkraftsledningen. Reaktiv faskompensering kan genereras med hjälp av roterande faskompensatorer eller med kondensatorer. Genom att generera den reaktiva effekten nära lasten som kräver reaktiv kompensering kan man minska vägen mellan generering och förbrukning av reaktiv effekt för att ge mer utrymme åt överföring av aktiv effekt och sänka effektförlusterna i nätet.

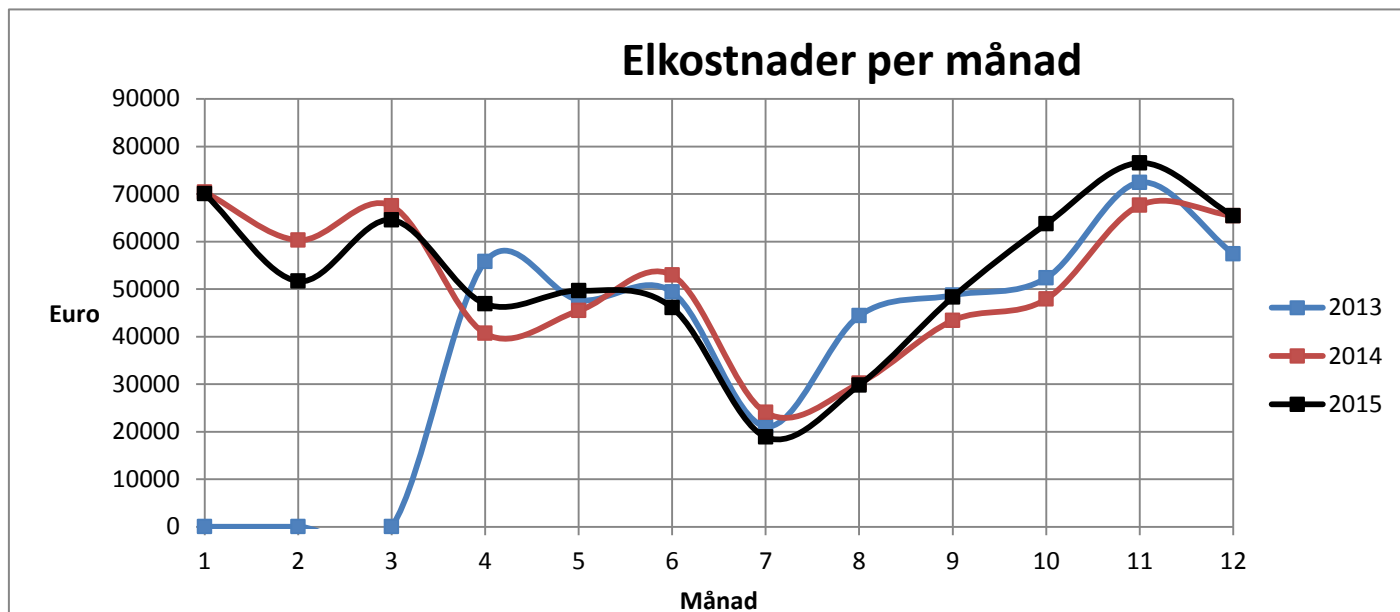
## 4.3. Placering

Då syftet med faskompensering är att minska belastningen på elkraftskablar strävar man efter att koppla in faskompensering så nära som möjligt det objekt som alstrar reaktiv effekt. Ofta kopplar man in faskompensering i direkt anslutning till objektet, exempelvis i lysrörsarmaturer där en kompensator sitter inbyggd i armaturen. Denna typ av inkoppling kallas för *direktkompensering*. En annan fördel med detta är att kompenseringen kopplas in och ur samtidigt som belastningen vilket medför att kompenseringen alltid blir idealisk. Vid större kretsar med objekt som förbrukar reaktiv effekt, exempelvis belysning i en fabrik som tänds samtidigt, kan det vara mer ekonomiskt att använda sig av *gruppkompensering*. Detta innebär alltså att man kopplar

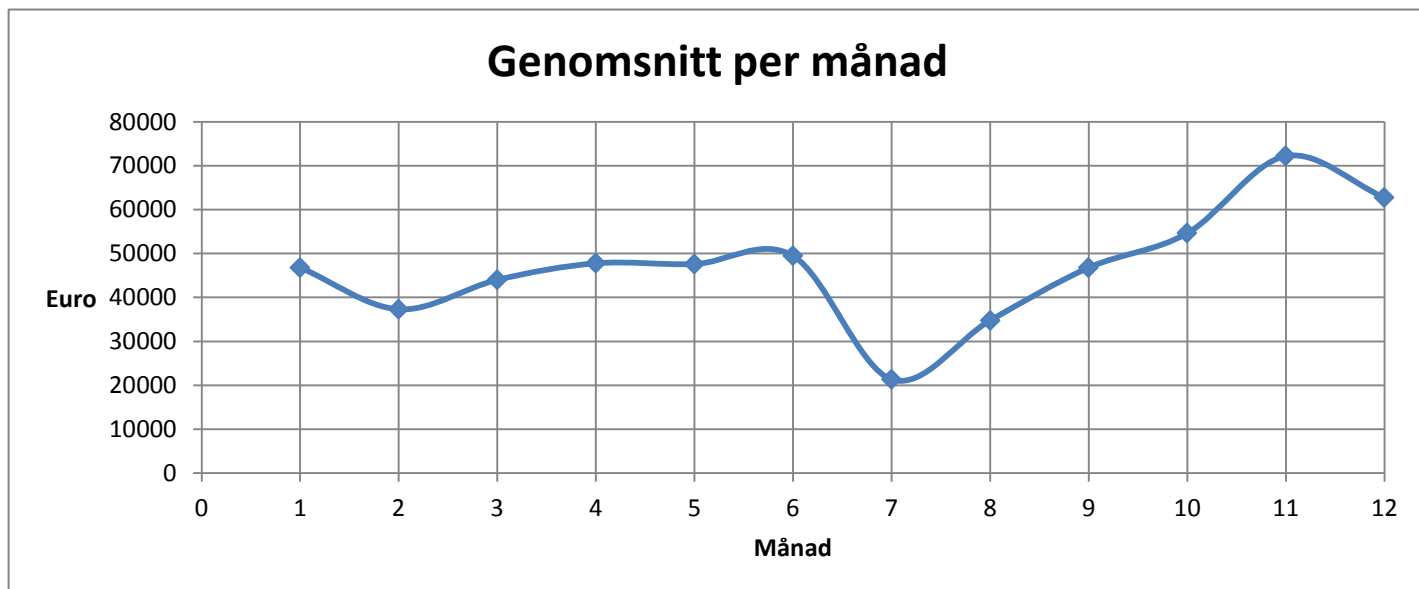
in en kondensator som kompenserar åt alla de lysrörsarmaturer som tänds samtidigt. Därmed slipper man att montera en kondensator för varje armatur. Många mindre förbrukare, exempelvis småmotorer och enstaka lysrörsarmaturer, är inte direktkompenserade och inte heller gruppkompenserade. Därför använder sig elleverantören av så kallad *centralkompensering* för att minska den reaktiva effekten. Detta innebär att kondensatorbatterier används som kopplas i och ur nätet allteftersom belastningen varierar. Även fabriker som förbrukar mycket reaktiv effekt använder sig av centralkompensering. På så vis sparas pengar då den reaktiva strömmen inte behöver transporteras genom ledningarna. (Wikipedia, Faskompensering, 2016) (ABB, 2016)

## 5. ALLMÄNNA BERÄKNINGAR PÅ EL-FAKTURORNA

Eftersom Orkla fabriken bytte affärssystem i maj 2013 gick det inte att få tag på fakturor längre bak än så. Men jag fick ta del av deras fakturor från maj 2013 till december 2015. På detta gjordes först några allmänna och intressanta beräkningar och grafer. Se figur 3 och figur 4.



Figur 3 Elkostnaderna per månad i ett 3års intervall



Figur 4 Den genomsnittliga månadskostnaden



Här kan man ganska tydligt se att kurvorna inte skiljer sig så mycket åt från år till år, utan de håller sig i ganska samma banor. Man kan även tydligt urskilja då fabriken står stilla och har sin serviceperiod (juli).

## 6. REAKTIVA EFFEKTBERÄKNINGAR

Orkla Åland, har avtal med ÅEA (Ålands ElAndelslag) att på basis av deras tariffgränser betala för den reaktiva effekt som överstiger 40% av totala aktiva effekten. För att klargöra detta och få en tydligare överblick har materialet sammanställts i diagram och grafer som ska visa den reaktiva effektkostnaden. Kolumner markerade med rött indikerar vad man måste betala. Den gröna kolumnen är månader då man hållit sig under 40% -gränsen och slipper betala. (Bilaga 1)

Eftersom deras reaktiva effektkostnader sjönk så otroligt mycket mellan åren 2013 och 2014 började vi en undersökning om vad som gjorts för förändringar i fabriken. En del ombyggnader på chipslinjerna hade gjorts sommaren 2013 och 2014 innefattande ombyggnad av inskalningen och blanchören och senare hade deras stora fritös bytts ut och i stort sett alla motordrifter på den linjen har bytts till frekvensomriktardrift. Hela denna linje har en teoretisk förbrukning på ca 238 A. Ytterligare hade brännaren på ångpannan och en ny gaspanna installerats, dock med högre effekter än sina föregångare men med bättre driftsekonomi. En ny tryckluftskompressor installerades i januari 2015 och gav betydligt bättre driftsekonomi än den gamla som i stort sett gick dygnet runt på en förbrukning på ca 100 A.

År 2015 bytte ÅEA fabriken elmätningstationer i juli och måste få dit en högspänningsmätare, som i detta fall inte mätte reaktiv effekt. De höll även på att byta fjärravläsningssystem och väntade på rätt utrustning från deras leverantör. Leverantören hade dock inte hunnit få klart utrustningen i tid vilket ledde till att en temporär mätare installerades tills de skulle få den ordinarie högspänningsmätaren, som sedan installerades i oktober. Därför är det ett ”avbrott” i mätningarna under den perioden. (Bilaga 1)

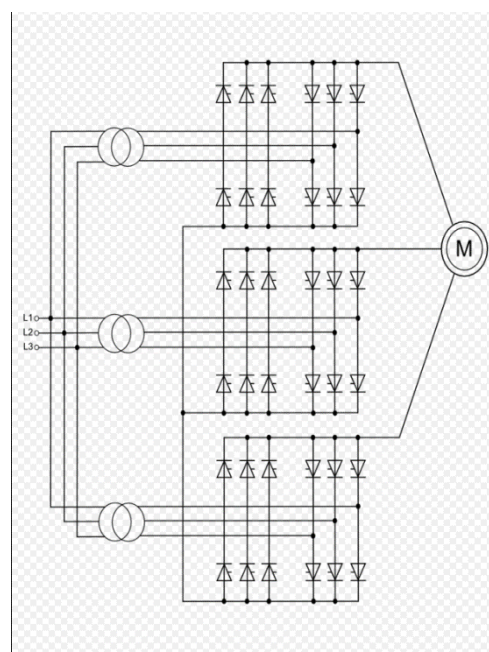
## 7. FREKVENSSOMRIKTNING

Med frekvensomriktning menar man att man omvandlar en växelspanning med en frekvens till en växelspanning med en annan frekvens. Frekvensomriktare kan delas upp i två olika kategorier, omriktare av direkttyp och omriktare med mellanled. (Wikipedia, Frekvensomriktning, 2016)

### 7.1. Direktomriktare

Direktomkopplare kallas även för cyklokonverterar och kan användas för en- eller flerfaskopplingar. I trefasutförande är de uppbyggda som figuren 5 visar. Två stycken antiparallellkopplade sexpuls tyristorriktare sitter i varje fas, alltså totalt sex stycken sexpuls kopplingar.

Denna koppling ger en utgående frekvens som kan bli maximalt hälften av den ingående frekvensen. Direktomriktare används i stora och långsamtgående motordrivsystem. Idag ersätts dock direktomriktare till stor del av mellanledsomriktare. (ABB, 2016) (Wikipedia, Frekvensomriktning, 2016)



Figur 5 Trefasutförd cyklokonverter

### 7.2. Mellanledsomriktare

Till skillnad från en direkt omriktare, som direkt omriktar en frekvens till en annan, jobbar mellanledsomriktare enligt en annan princip. Först likriktas den ingående frekvensen för att åstadkomma en likspänning, vilken sedan omvandlas till en utgående spänning med en annan frekvens än den ingående.

En mellanledsomriktare har tre viktiga komponenter som behövs för att den skall fungera. likriktaredelen, mellanledet och växelriktaren.

I *likriktaredelen* omvandlas den inkommande växelspanningen till en likspänning, vilket görs med hjälp av en 4-diods likriktare för enfas och med 6 dioder för trefas.

I *mellanledet* glättas den ojämna strömmen som kommer från likriktaren med ett så kallat LC-filter som består av en induktor och ett kondensatorbatteri.

Slutligen hackas likspänningen sönder i *växelriktaren*. Med hjälp av halvledare skickar växelriktaren ut pulser som växelvis positiva och negativa pulser som sedan skapar en växelspanning. (Wikipedia, Frekvensomriktning, 2016) (ABB, 2016)

## 8. FILTER

Övertoner kan skapa flera typer av problem, till exempel förluster i maskiner och apparater men även resonansproblem mellan nätets induktiva och kapacitiva delar. Felfunktioner i styrsystem, störningar i elektronik och datorer, höga strömmar i nollledare och haverier i kondensatorbatterier för faskompensering är andra konsekvenser orsakade av övertoner. (ABB, 2016)

Övertoner i ett elnät kan vara väldigt svåra att hitta då de lätt sprider sig i ett nät. Enda sättet att identifiera källan till övertoner är mätningar i flera punkter för att kunna ringa in källan.

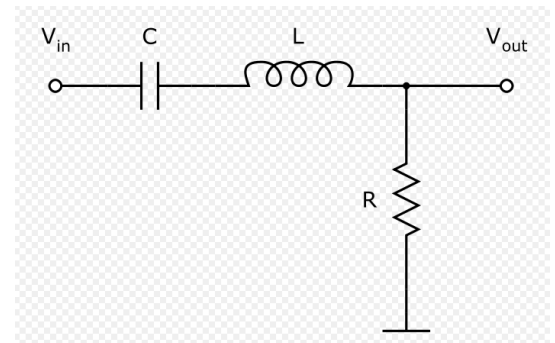
Genom att installera övertonsfilter kan flera fördelar uppnås. Förutom att övertonerna i nätet minskar, reduceras också uttaget av reaktiv effekt genom faskompensering. Dessutom kan problem med parallellresonans mellan nätets induktiva och kapacitiva delar undvikas genom att resonanspunkten placeras på en ofarlig frekvens utan övertonsströmmar.

Då det kommer till övertonsfilter finns det två huvudsakliga sorter, passiva och aktiva filter. Det passiva filtret kan även indelas i tre varianter, bandpassfilter, högpassfilter och lågpassfilter. (ABB, 2016) (Wikipedia, 2016)

### 8.1. Passiva filter

Passiva filter är precis vad det låter som, uppbyggda av passiva komponenter.

Bandpassfilter består av en kondensator kopplad i serie med en reaktor, spole, som ger en mycket bra filtrering vid en specifik frekvens. Filtret släpper igenom signaler vars frekvens ligger mellan två färdigt bestämda gränser och resterande frekvenser dämpas (figur 6).



Figur 6 Bandpassfilter

Högpassfilter har dessutom ett dämpmotstånd som effektivt släpper igenom höga frekvenser och ger en större bandbredd. Ett enkelt passivt filter kan bestå av en kapacitans och ett motstånd. Vid höga frekvenser är kapacitansens reaktans liten i förhållande till motståndet och utgångsspänningens amplitud är nästan lika med

ingångsspänningen. Filtret har sin brytfrekvens där reaktansen har samma värde som resistansen. (ABB, 2016)

Lågpasfilter är ofta uppbyggda på två metoder, RC- eller RL-kretsar. Dessa filter fungerar på samma sätt som ett högpasfilter med skillnaden att den släpper igenom låga frekvenser inom ramen av färdigt bestämda gränser. (ABB, 2016) (Wikipedia, 2016)

## **8.2. Aktiva filter**

Principen för aktiva filter är att man med flit genererar övertoner av samma frekvens och amplitud som de som redan finns i nätet. Därefter sätter man in dessa i motfas. På så sätt kommer övertonshalten helt att dämpas ut i en given mätpunkt. Vissa moderna aktiva filter har en digital kontrollenhet, som mäter övertonsinnehållet på nätet och styr IGBT (*Insulated-Gate Bipolare Transistor*) transistorer som genererar övertoner som ligger i motfas. Via tre strömtransformatorer, en i varje fas, mäter man kontinuerligt den kvarvarande övertonsströmmen. Därmed kan man med säkerhet minimera övertonsströmmarna i respektive fas. Dessa filter kan samtidigt generera 15 olika frekvenser - ända upp till 50:e övertonen. Filtret kan också generera reaktiv ström, om det finns överkapacitet. Filtret är programmerbart, så att man kan prioritera vilka frekvenser som skall filtreras och till vilken nivå de ska filtreras. (ABB, 2016) (Wikipedia, Faskompensering, 2016) (Wikipedia, Frekvensomriktning, 2016)

## 9. MÄTNINGAR

Mätaren som användes till detta var en Fluke 345 PQ *clamp meter* och den har en samplingsperiod på 10 sekunder som man kan se i figur 7 och figur 12. Detta är en utmärkt mätare då man vill få fram övertoner och störningar i nät, samt få väldigt bra och tydliga mätvärden.

Dessa mätningar utfördes i Orklas fabrik i Haraldsby. Mätningarna omfattar övertoner, spänningspikar, strömpikar, crestfaktor m.m

Två uppsättningar av mätningar gjordes för att få en klarare bild över hur en frekvensomvandlare fungerar. Den ena mätningen är gjord på en motor med frekvensomformare och den andra på en motor utan.

Vad som egentligen sker inuti en frekvensomvandlare och dess filter är att den reaktiva effekten blir ”fångad” i en loop i filtret och kan därför inte sprida sig ut på nätet, vilket betyder att den inte syns på mätningar som ÅEA gör. Detta kan vi undersöka med hjälp av enkla formler från figur 9 och figur 14 där man tar den reaktiva effekten  $[VAr]$  dividerat med den aktiva effekten  $[W]$ .

Vi kan på basis av detta se att för värdena av mätningen med frekvensomvandlare blir den reaktiva effekten 130% av den aktiva och skulle då överskrida gränsen de har på 40% och därmed tilläggas till den totala räkningen. Men eftersom den motorn hade en frekvensomvandlare försvinner hela den reaktiva effekten i filtret och kommer aldrig ut på nätet.

Tar vi däremot och undersöker på mätningarna av motorn utan frekvensomvandlare ser vi att värdet för den reaktiva effekten blir 128% av aktiv effekt och denna reaktiva effekt far raka vägen ut på nätet och blir en kostnadssak för Orkla. (Bilaga 2)

Crestfaktor är ett begrepp som dyker upp på mätningarna. Crestfaktor är ett mått på en växelström som visar förhållandet mellan toppvärden till det effektiva värdet. Med andra ord, indikerar crestfaktor hur extrema topparna är i en vågform. Crestfaktor, även kallad toppfaktor, är toppamplituden hos vågformen dividerat med RMS-värdet för vågformen. (Wikipedia, Crest factor, 2016)

## 10. SLUTSATS

När examensarbetet antogs var det meningen att det skulle innehålla undersökning om hur Orklas fabrik i Haraldsby kunde effektiviseras och spara in på den reaktiva effekten genom inköp av faskompenseringsutrustning. Vart efter det kom fram mera data och information om deras förbrukningar visade det sig att de redan gjort en hel del för att dra ner den reaktiva effekten, dock utan deras direkta vetskap. Detta resulterade i att arbetet fick ändra lite på sitt utförande. Bland annat startade vi en undersökning om vad fabriken hade gjort för förändringar mellan åren då förbrukningen drastiskt sjönk. Den huvudsakliga orsaken var frekvensomvandlare på större förbrukare.

Skrivningen och fokuseringen blev mera inriktad på vad som händer då man faskompenserar i nätet teoretiskt och allt mindre vikt på det praktiska för fabriken.

# KÄLL- OCH LITTERATURFÖRTECKNING

ABB. (2016). *Elkvalitet*. Hämtat från ABB:

[http://www02.abb.com/global/seitp/SEITP161.NSF/viewunid/CE6956CAC869FEE6C1256DDD003A2099/\\$file/Elkvalitet.pdf](http://www02.abb.com/global/seitp/SEITP161.NSF/viewunid/CE6956CAC869FEE6C1256DDD003A2099/$file/Elkvalitet.pdf)

Klingbergs. (2016). *Om oss*. Hämtat från Klingbergs: <http://www.klingbergs.ax/>

Orkla. (2016). *About Orkla*. Hämtat från Orkla: <http://www.orkla.com/About-Orkla/Orkla-Confectionery-Snacks>

Wikipedia. (2016). <https://www.wikipedia.org/>.

Wikipedia. (2016). *Crest factor*. Hämtat från Wikipedia:

[https://en.wikipedia.org/wiki/Crest\\_factor](https://en.wikipedia.org/wiki/Crest_factor)

Wikipedia. (2016). *Effektfaktor*. Hämtat från Wikipedia:

<http://sv.wikipedia.org/w/index.php?oldid=11165322>

Wikipedia. (2016). *Faskompensering*. Hämtat från Wikipedia:

<http://sv.wikipedia.org/w/index.php?oldid=10397274>

Wikipedia. (2016). *Frekvensomriktning*. Hämtat från Wikipedia:

<https://sv.wikipedia.org/wiki/Frekvensomriktning>

Wikipedia. (2016). *Reaktiv effekt*. Hämtat från

<http://sv.wikipedia.org/w/index.php?oldid=10732495>

Wikipedia. (2016). *Skenbar effekt*. Hämtat från Wikipedia:

<http://sv.wikipedia.org/w/index.php?oldid=11020475>





# BILAGOR

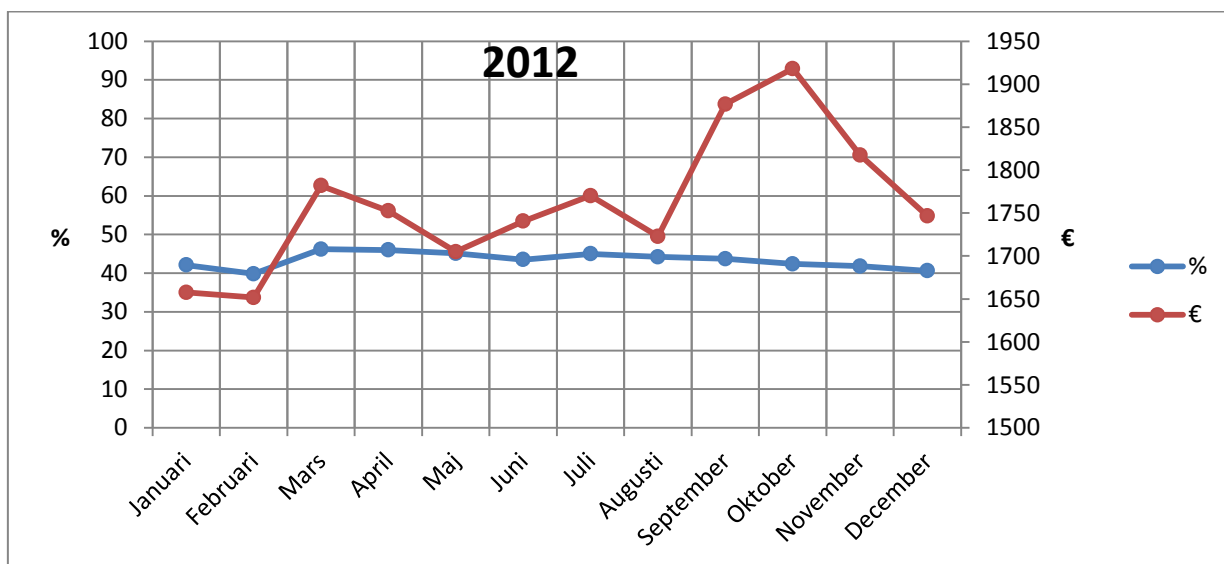
## Reaktiva effektberäkningar

Tabell 2 År 2012 redovisning

2012

Periodnamn	Toppvärde (kW)	Reaktivt toppvärde (kVA)	%	€
Januari	1 330	560	42,1	1657,6
Februari	1 402	558	39,8	1651,68
Mars	1 302	602	46,2	1781,92
April	1 288	592	46	1752,32
Maj	1 276	576	45,1	1704,96
Juni	1 352	588	43,5	1740,48
Juli	1 328	598	45	1770,08
Augusti	1 316	582	44,2	1722,72
September	1 450	634	43,7	1876,64
Oktober	1 528	648	42,4	1918,08
November	1 470	614	41,8	1817,44
December	1 454	590	40,6	1746,4
				<b>19488,64</b>
				<b>14748,16</b>

exkl.moms

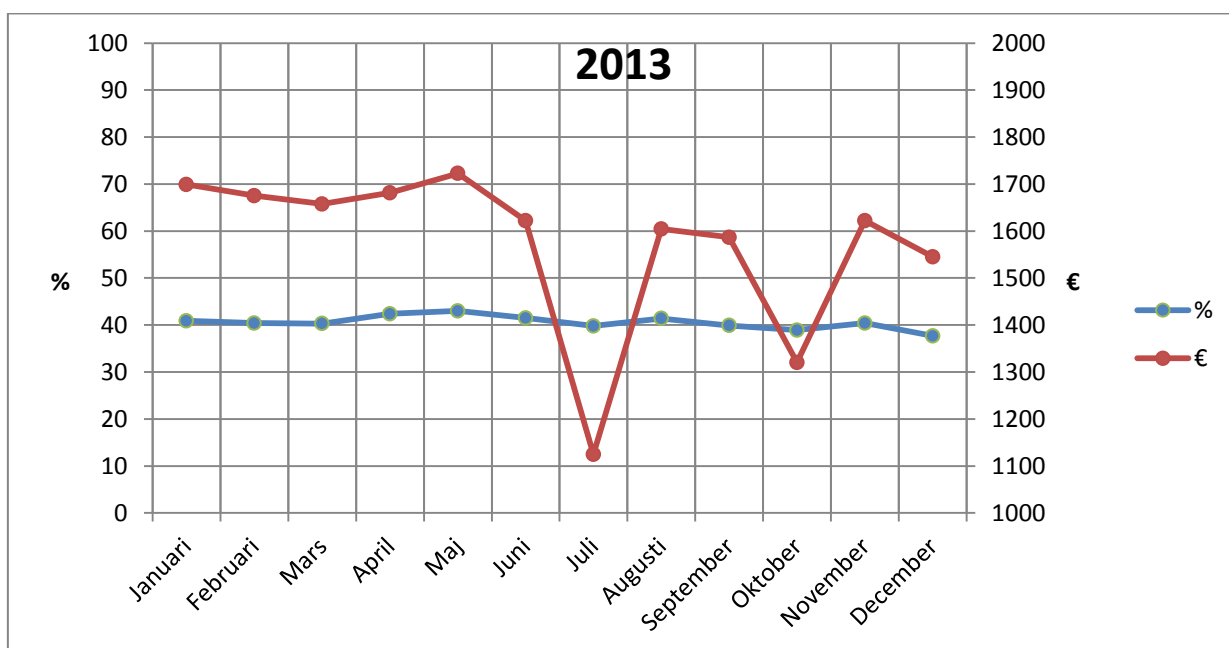


Figur 7 År 2012 redovisning

Tabell 3 År 2013 redovisning

**2013**

Periodnamn	Toppvärde (kW)	Reaktivt toppvärde (kVA)	%	€	
Januari	1 404	574	40,9	1699,04	
Februari	1 400	566	40,4	1675,36	
Mars	1 390	560	40,3	1657,6	
April	1 340	568	42,4	1681,28	
Maj	1 354	582	43	1722,72	
Juni	1 320	548	41,5	1622,08	
Juli	954	380	39,8	1124,8	
Augusti	1 308	542	41,4	1604,32	
September	1 344	536	39,9	1586,56	
Oktober	1 146	446	38,9	1320,16	
November	1 356	548	40,4	1622,08	
December	1 386	522	37,7	1545,12	exkl.moms
				<b>13284,48</b>	<b>10546,8</b>

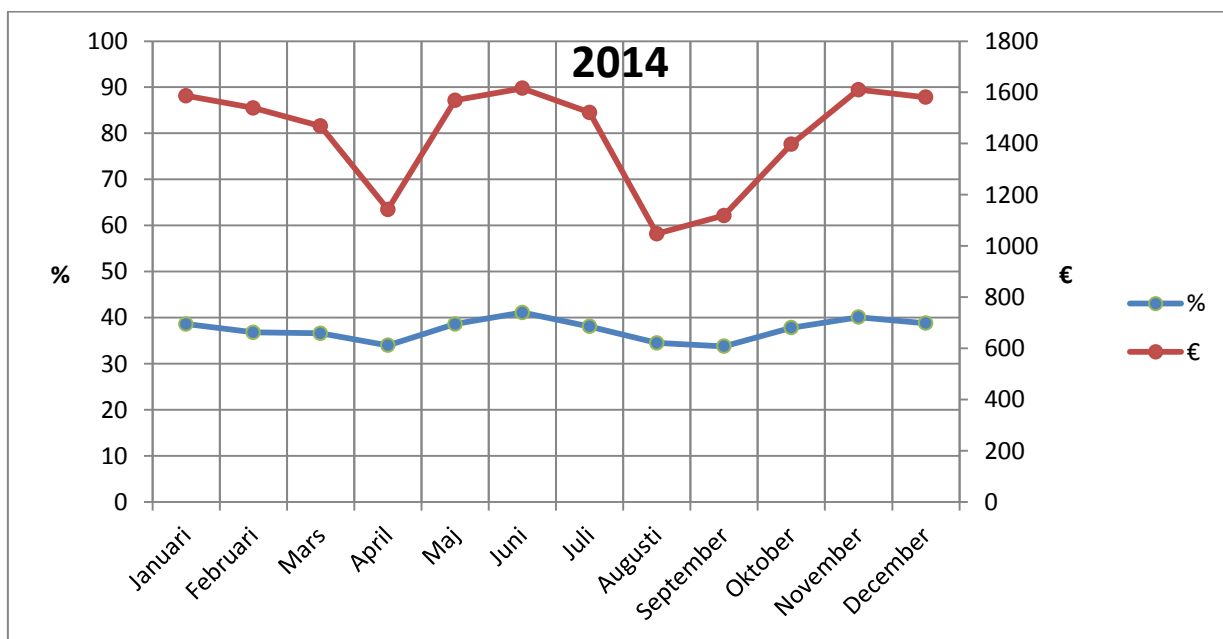


Figur 8 År 2013 redovisning

Tabell 4 År 2014 redovisning

2014

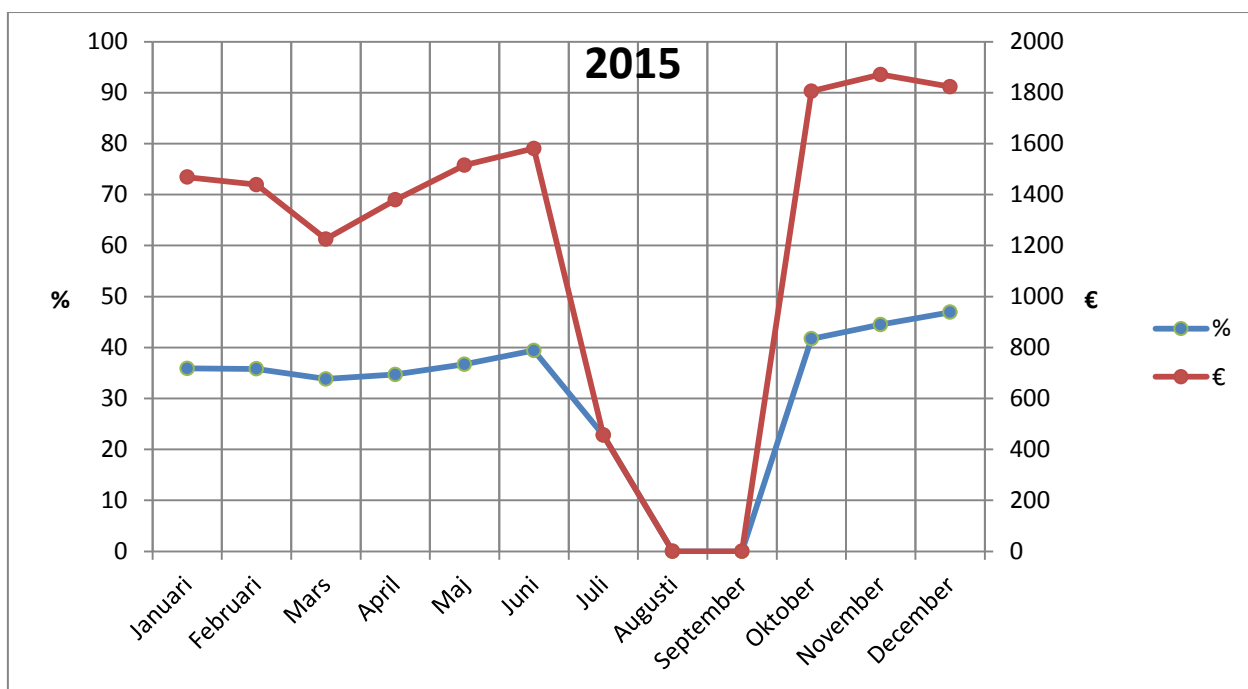
Periodnamn	Toppvärde (kW)	Reaktivt toppvärde (kVA)	%	€	
Januari	1 388	536	38,6	1586,56	
Februari	1 412	520	36,8	1539,2	
Mars	1 354	496	36,6	1468,16	
April	1 134	386	34	1142,56	
Maj	1 372	530	38,6	1568,8	
Juni	1 330	546	41,1	1616,16	
Juli	1 348	514	38,1	1521,44	
Augusti	1 026	354	34,5	1047,84	
September	1 118	378	33,8	1118,88	
Oktober	1 250	472	37,8	1397,12	
November	1 356	544	40,1	1610,24	
December	1 376	534	38,8	1580,64	exkl.moms
				<b>3226,4</b>	<b>2768,8</b>



Figur 9 År 2014 redovisning

Tabell 5 År 2015 redovisning

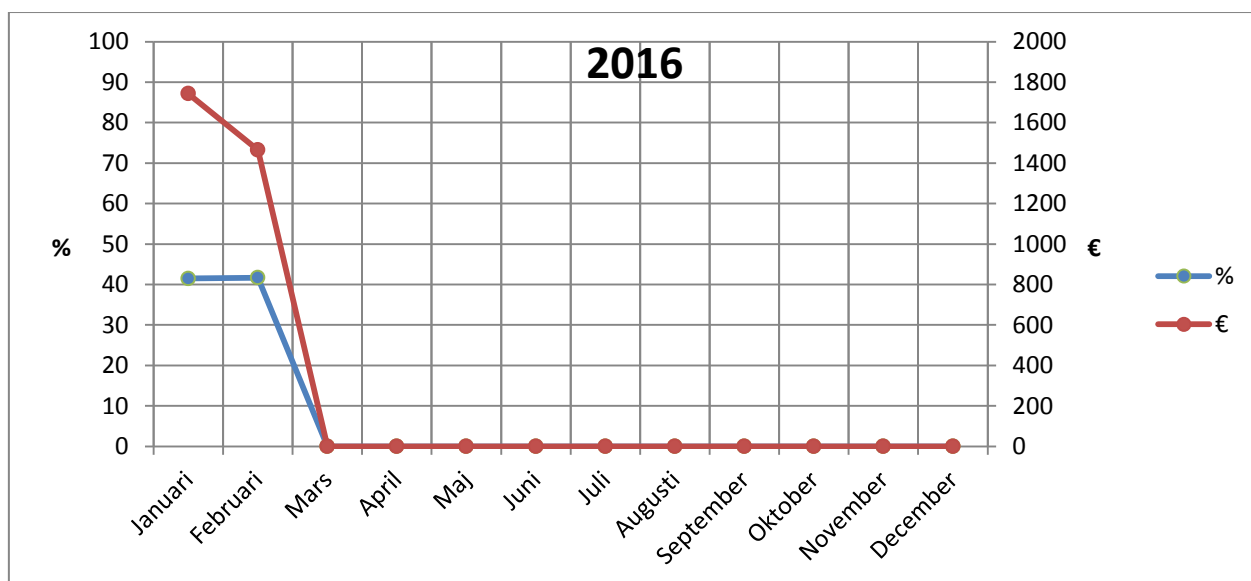
2015	Toppvärde (kW)	Reaktivt toppvärde (kVA)	%	€	
Januari	1 380	496	35,9	1468,16	
Februari	1 356	486	35,8	1438,56	
Mars	1 226	414	33,8	1225,44	
April	1 342	466	34,7	1379,36	
Maj	1 396	512	36,7	1515,52	
Juni	1 354	534	39,4	1580,64	
Juli	674	154	22,8	455,84	
Augusti	1 284	0	0	0	
September	1 365	0	0	0	
Oktober	1 464	610	41,7	1805,6	
November	1 420	632	44,5	1870,72	
December	1 313	616	46,9	1823,36	exkl.moms
				<b>5499,68</b>	<b>5090,92</b>



Figur 10 År 2015 redovisning

Tabell 6 År 2016 redovisning

2016	Periodnamn	Toppvärde (kW)	Reaktivt toppvärde (kVA)	%	€	
	Januari	1 419	589	41,5	1743,44	
	Februari	1 186	495	41,7	1465,2	
	Mars	0	0			
	April	0	0			
	Maj	0	0			
	Juni	0	0			
	Juli	0	0			
	Augusti	0	0			
	September	0	0			
	Oktober	0	0			
	November	0	0			
	December	0	0			ekl.moms
					3208,64	



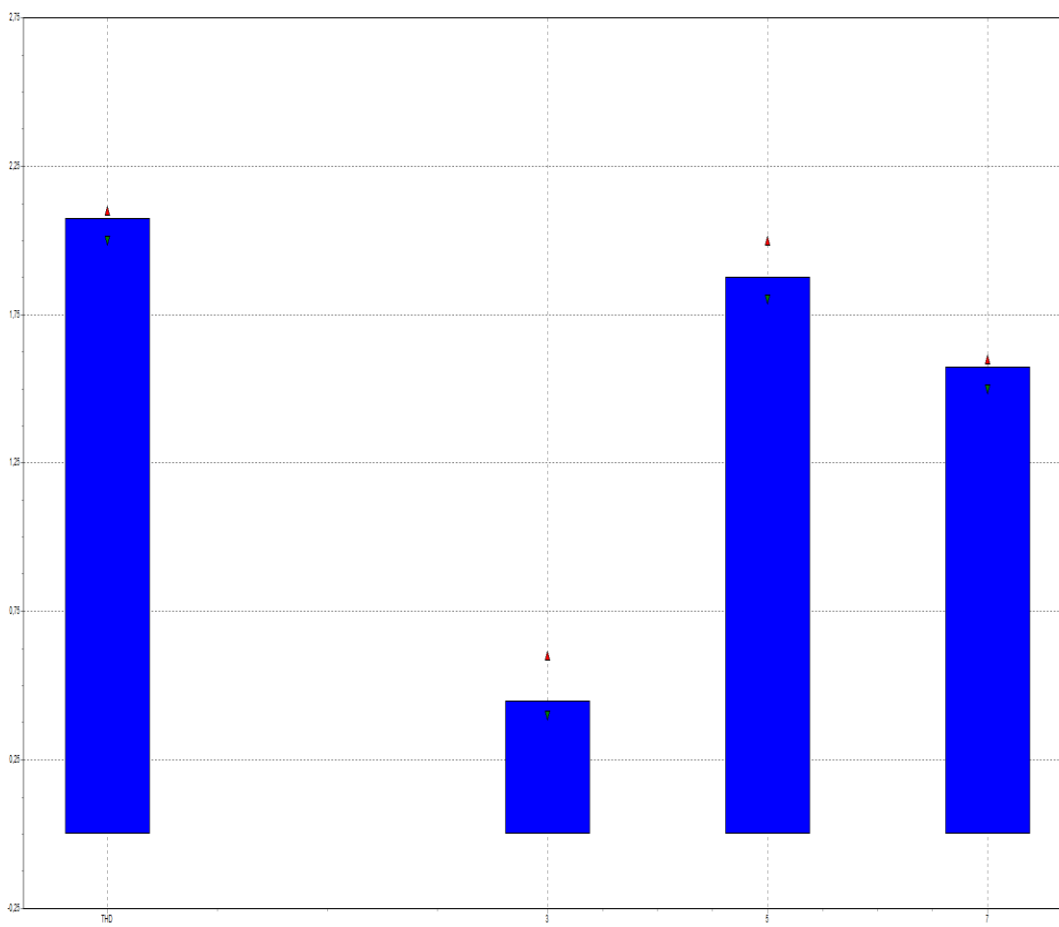
Figur 11 År 2016 redovisning

# Mätningar

## Med frekvensomvandlare

Datum	Funktion	L1N(V) / L1(A) Min.	L1N(V) / L1(A) Med.	L1N(V) / L1(A) Max.
2016-05-04 12:25:35 Omsek	Spänning	398 V	400 V	403 V
2016-05-04 12:25:35 Omsek	THD spänning	1,6%	2,1%	2,7%
2016-05-04 12:25:35 Omsek	Frekvens	49,9 Hz	50 Hz	50,3 Hz
2016-05-04 12:25:45 Omsek	Spänning	398 V	400 V	402 V
2016-05-04 12:25:45 Omsek	THD spänning	1,6%	2,1%	2,7%
2016-05-04 12:25:45 Omsek	Frekvens	49,9 Hz	49,9 Hz	50 Hz
2016-05-04 12:25:55 Omsek	Spänning	398 V	400 V	403 V
2016-05-04 12:25:55 Omsek	THD spänning	1,5%	2,1%	2,6%
2016-05-04 12:25:55 Omsek	Frekvens	49,9 Hz	49,9 Hz	50 Hz
2016-05-04 12:26:05 Omsek	Spänning	399 V	401 V	403 V
2016-05-04 12:26:05 Omsek	THD spänning	1,5%	2%	2,6%
2016-05-04 12:26:05 Omsek	Frekvens	49,9 Hz	49,9 Hz	50 Hz

Figur 12 En 30 sekunders samplingsperiod utförd på en motor med frekvensomvandlare.



Figur 13 Övertoner tagna från motor med frekvensomvandlare

kW	kVA	kVAR
6.81	11.52	9.29
V rms	A rms	PF
400	28.80	0.591

Figur 14 Effekt tabell

Tabell 7 Storheterna till figur 14

- W= Aktiv effekt
- VA= Skenbar effekt
- VAR= Reaktiv effekt
- V rms= Spänningens effektivvärde
- A rms= Strömmens effektivvärde
- PF= Effektfaktor



Amps 04-05-2016, 12:28  
49.9 Hz

A ac	A avg	A pk
28.84	26.82	-42.92
A/Hz	%RPL	CF
0.578	OL	1.49

Figur 15 Uppmätta strömmar

Tabell 8 Storheterna till figur 15

A ac= Ström  
A avg= Medelström  
A pk= Toppström  
A/Hz= Ström/Hertz  
CF= Crestfaktor

Volts 04-05-2016, 12:28  
50.0 Hz

V ac	V avg	V pk
399	350	-548
V/Hz	%RPL	CF
7.97	OL	1.37

Figur 16 Uppmätta spänningar

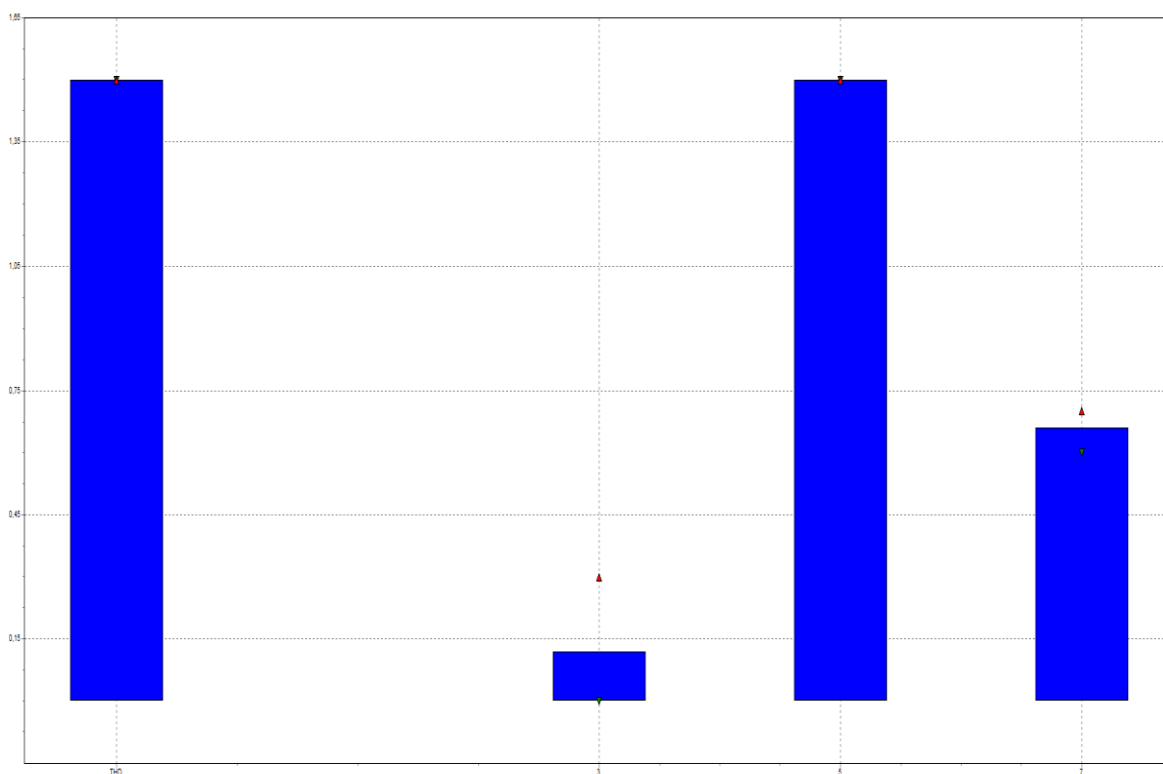
Tabell 9 Storheterna till figur 16

V ac= Spänning  
V avg= Medelspänning  
V pk= Toppspanning  
V/Hz= Spänning/Hertz  
CF= Crestfaktor

## Utan frekvensomvandlare

Datum	Funktion	L1N(V) / L1(A) Min.	L1N(V) / L1(A) Med.	L1N(V) / L1(A) Max.
2016-05-04 12:33:20 0msek	Spänning	398 V	401 V	402 V
2016-05-04 12:33:20 0msek	THD spänning	1,5%	1,5%	1,6%
2016-05-04 12:33:20 0msek	Frekvens	50 Hz	50 Hz	50,1 Hz
2016-05-04 12:33:30 0msek	Spänning	399 V	400 V	402 V
2016-05-04 12:33:30 0msek	THD spänning	1,5%	1,5%	1,6%
2016-05-04 12:33:30 0msek	Frekvens	50 Hz	50 Hz	50 Hz
2016-05-04 12:33:40 0msek	Spänning	399 V	401 V	402 V
2016-05-04 12:33:40 0msek	THD spänning	1,5%	1,5%	1,6%
2016-05-04 12:33:40 0msek	Frekvens	50 Hz	50 Hz	50 Hz
2016-05-04 12:33:50 0msek	Spänning	400 V	401 V	402 V
2016-05-04 12:33:50 0msek	THD spänning	1,5%	1,5%	1,6%
2016-05-04 12:33:50 0msek	Frekvens	50 Hz	50 Hz	50 Hz
2016-05-04 12:34:00 0msek	Spänning	400 V	400 V	402 V
2016-05-04 12:34:00 0msek	THD spänning	1,5%	1,5%	1,6%
2016-05-04 12:34:00 0msek	Frekvens	50 Hz	50 Hz	50 Hz

Figur 17 En 30 sekunders samplingsperiod utförd på en motor utan frekvensomvandlare.



Figur 18 Övertoner tagna från motor utan frekvensomvandlare

Power 1 phase 04-05-2016, 12:34  
50.0 Hz

W	VA	VAR
1032	1676	1320
V rms	A rms	PF
402	4.17	0.615

Figur 19 Effekt tabell

Amps 04-05-2016, 12:34  
50.0 Hz

A ac	A avg	A pk
4.14	3.84	-6.18
A/Hz	%RPL	CF
0.083	OL	1.49

Figur 20 Uppmätta strömmar

Volts 04-05-2016, 12:34  
50.0 Hz

V ac	V avg	V pk
398	358	-555
V/Hz	%RPL	CF
7.96	OL	1.39

Figur 21 Uppmätta spänningar