

Elkvalitet och elkvalitetsmätningar

Niklas Scherman

Oscar Axelsson



EXAMENSARBETE

Högskoletekniker med inriktning mot elkraft

Institutionen för ingenjörsvetenskap

EXAMENSARBETE

Elkvalitet och elkvalitetsmätningar

Sammanfattning

I takt med att dagens samhälle ställer högre krav på störningsfri elleverans samt en vilja till att ständigt förbättra elkvaliteten. Detta ger elkvalitet och elkvalitetsmätningar en större betydelse för både elleverantörerna och deras kunder.

Som ett led i att säkerställa en god elkvalitet behövs speciella instrument som mäter och analyserar de parametrar som orsakar en försämrad elkvalitet. Dagens problematik är att många moderna utrustningar påverkar elkvaliteten negativt samtidigt som andra moderna installerade utrustningar är mera störningskänsliga. Genom att installera ett heltäckande elkvalitetssystem för mätning av elkvalitet kan problem upptäckas innan dessa ger upphov till driftstörningar eller skador på ansluten utrustning. Idag mäts framförallt elkvalitet på elleverantörernas 10, 40 och 130 kV nät. Ambitionen är att få bättre övervakning på lågspänningsnäten 0,4 kV.

I detta arbete visas ett förslag på hur ett integrerat elkvalitetssystem bestående av både elnätsanalyser och energimätare utrustade med en elkvalitetsmodul kan utformas. Med ett integrerat system fås en överblick enklare fram ifall någon av lågspänningskunderna bidragit till en försämrad elkvalitet.

Datum:	2015-06-30
Författare:	Niklas Scherman, Oscar Axelsson
Examinator:	Björn Sikström
Handledare:	Peter Axelberg, Högskolan i Borås samt Alexander Öring, Halmstad Energi och Miljö Nät AB
Program:	Högskoletekniker med inriktning mot Elkraft, 120 hp
Huvudområde:	Elkraft Utbildningsnivå: grundnivå
Poäng:	15 högskolepoäng
Nyckelord:	Elkvalitet, Distribuering
Utgivare:	Högskolan Väst, Institutionen för ingenjörsvetenskap, 461 86 Trollhättan Tel: 0520-22 30 00 Fax: 0520-22 32 99 Web: www.hv.se

Power quality and power quality measurements

Summary

Today's society places a greater demands on interference-free electric distribution and a desire for a constant efficiency on power quality. Power quality and power quality measurements are continually becoming a more important issue to both the electricity suppliers and their customers.

As a part of ensuring good power there's a requirement for special instruments that measure and analyses the parameters that is the cause of deterioration of power quality. Today's problem is that many modern devices has a negative effect on power quality while other modern devices are more sensitive to disturbance. By installing a comprehensive power quality system for measurement of power quality, some problems can be detected before they give rise to malfunction or damaging any of the connected equipment. As today, measurements on power quality are mainly focus on the suppliers' 10, 40 and 130 kV grid, with the ambition of creating a better surveillance on the low voltage grid, 0.4 kV.

In this report a proposal of how an integrated power quality system consisting both of power quality analyzers and energy meters equipped with a power quality module could be designed. With an integrated system there will be easier to detect of someone of the low voltage costumers contributes to a deterioration of power quality.

Date:	June 30, 2015
Author:	Niklas Scherman, Oscar Axelsson
Examiner:	Lektor Björn Sikström
Advisor:	Peter Axelberg, University of Borås and Alexander Örning, Halmstad Energi och Miljö Nät AB
Programme:	Higher Education Technician, Electric Power Technology, 120 HE credits
Main field of study:	Electric Power
Credits:	15 HE credits
Keywords:	Electric quality, Power quality,
Publisher:	University West, Department of Engineering Science, S-461 86 Trollhättan, SWEDEN Phone: + 46 520 22 30 00 Fax: + 46 520 22 32 99 Web: www.hv.se

Förord

Vi vill först och främst tacka vår handledare Peter Axelberg på Högskolan i Borås för sitt engagemang och stöd. Dina expertkunskaper inom området har varit till stor hjälp under arbetets gång. Vi vill också tacka Alexander Örning, vår handledare på Halmstad Energi för all information och material vi fått tagit del av.

Ett stort tack också till Robert Olofsson och alla andra på Metrum Sweden AB och till Daniel Ytterström på Sundsvall Elnät för all information ni delgivit oss och för ert positiva bemötande.

Innehåll

Sammanfattning	i
Summary.....	i
Förord.....	ii
Nomenklatur.....	v
1 Inledning.....	6
1.1 Problembeskrivning.....	6
1.1.1 Bakgrund	6
1.1.2 Översikt över tidigare arbeten	7
1.2 Mål, Avgränsningar och syfte.....	7
1.2.1 Mål.....	7
1.2.2 Avgränsningar.....	7
1.2.3 Syfte.....	7
2 Teori.....	8
2.1 Vad är elkvalitet.....	8
2.1.1 Vem ansvarar för god elkvalitet	8
2.1.2 Vilka konsekvenser får dålig elkvalitet?.....	9
2.1.3 Hur bibehålls och eventuellt förbättras elkvalitet?	9
2.2 Störningsorsaker.....	10
2.2.1 Övertoner	10
2.2.2 Spänningsvariationer	12
2.2.3 Transienter	12
2.2.4 Flimmer.....	13
2.2.5 Osymmetri.....	14
2.3 Standarder för elnätanalysatorer och energimätare	14
3 Metod.....	16
3.1 Litteraturstudier.....	16
3.2 Intervjuer.....	16
3.3 Datainsamling.....	16
4 Elkvalitetsmätning med elnätanalysator och energi-mätare	17

4.1	Mätning av elkvalitet.....	17
4.1.1	Exempel på ett systems uppbyggnad för elkvalitetsmätning med elnätsanalysatorer	18
4.2	Metrum SC.....	19
4.3	Energimätare.....	19
4.3.1	Hur är systemet för fjärravläsning uppbyggt?	20
4.4	Integrering av elnätsanalysatorer med kundernas energimätare.....	21
5	Analys och diskussion.....	22
5.1	Resultat	22
5.1.1	Ett realistiskt framtidsscenario	22
5.1.2	Vilka fördelar kan uppnås genom ett väl övervakat nät jämfört med ett dåligt övervakat nät.	23
5.2	Metod.....	23
6	Slutsatser.....	24
	Referenser	26
	Bildreferenser.....	27

Nomenklatur

- i. Faskompensering – Minskar överföringsförlusterna i nätet.
- ii. UPS – Uninterruptible Power Supply – Avbrottsfri reservkraft
- iii. THD – True Harmonic Distorsion – Total Harmonisk Distorsion
- iv. X_{1e} – Grundtonens effektivvärde (50 Hz)
- v. X_{2e} – Andra övertonens effektivvärde (100 Hz)
- vi. X_{3e} – Tredje övertonens effektivvärde (150 Hz)
- vii. X_{4e} – Fjärde övertonens effektivvärde (200 Hz)
- viii. Elnätsanalysator – Ett instrument som mäter elkvalitetsparametrar så som övertoner, spänningsvariationer, osymmetri etc.
- ix. Energimätare – En mätare som mäter in förbrukad energi hos lågspänningskund (400 VAC)

1 Inledning

Halmstad Energi och Miljö AB är ett företag som bedriver verksamhet inom elhandel, elproduktion, fjärrvärme/kyla, sophantering samt vatten och avlopp. Koncernen ägs till 100 % av Halmstad kommun och har i dagsläget ca 45 000 kunder. Dotterbolaget Halmstad Energi och Miljö Nät AB (HEM Nät AB) förser 38 000 kunder med el. Nätet består enbart av markbelagd kabel och är till största delen ett stadsnät. Halmstad Energi och Miljö Nät AB har en årlig eldistribution på 925 GWh [4].



Figur 1. Översikt över HEMs nät.

1.1 Problembeskrivning

1.1.1 Bakgrund

Idag använder företaget Halmstad Energi och Miljö en elnätanalysator, av typen Metrum SC. Elnätanalysatorn är i dagsläget installerade på transformatorernas nedsidor i fördelningsstationerna (130/10 kV) där deras främsta uppgift är att mäta och registrera elkvaliteten i vissa delar av elnätet. Förutom att mäta elkvaliteten mäter elnätanalysatorn även andra parametrar såsom övertoner, osymmetri, spänningsvariationer etc. Som ett komplement till Metrum SC används även kundernas energimätare för inhämtning av mätdata.

Halmstad Energi har som önskemål att få reda på hur de bäst kan nyttja Metrum SC och gärna tillsammans med deras energimätare. Under våren kommer HEM Nät AB att installera Metrum SC

på transformatorernas nedsidor i nätstationer (10/0,4 kV). Elnätsanalyserna ska tillsammans med kundernas energimätare utgöra ett komplett system som på ett tillförlitligt sätt analysera och redovisar elkvaliteten i nätet.

1.1.2 Översikt över tidigare arbeten

Tidigare rapporter som avhandlar kundernas energimätare som ett framtida komplement vid elkvalitetsmätning har inte varit möjligt att hitta. Det finns även få tidigare examensarbeten som undersöker vilka begynnande fel som kan registreras utifrån det mätdata som elnätsägaren har tillgänglig.

Det finns dock rapporter som behandlar de mätdata som registreras av elnätsanalyserna. De flesta av dessa rapporter är föråldrade och följer inte dagens standarder. Andra examensarbeten har varit mer inriktade på elnät med låg elkvalitet eller med höga övertonshalter och inte varit inriktade på elkvalitetsmätningar.

1.2 Mål, Avgränsningar och syfte

1.2.1 Mål

Företaget Halmstad Energi har som huvudmål att ta fram och analysera vilka användningsområden företaget kan ha för all mätdata som elnätsanalyserna hämtar. Med instrumenten avses här både Metrum SC och kundernas energimätare. Vilka begynnande fel går att lokalisera utifrån elnätsanalysernas mätdata samt hur kan de tänkas användas ännu effektivare i framtiden.

För att huvudmålet ska kunna nås och redovisas måste några delmål definieras. Delmål blir 1) att förstå innebörden om vad god elkvalitet är, 2) vilka krav elleverantören har enligt gällande standarder samt 3) hur uppfylls dessa krav.

1.2.2 Avgränsningar

Rapporten behandlar hur elkvalitetsmätningar sker idag och kommer enbart att beskriva möjliga scenarier för hur framtida mätningar kan utföras. Eftersom rapporten enbart berör antaganden kring hur mätdata kan tänkas användas i framtiden, så kommer inte någon problemlösning beröras.

1.2.3 Syfte

Syftet med rapporten är att förklara begreppet elkvalitet, hur de olika parametrarna mäts in idag. Det kommer även förtydligas varför elkvalitet är något som kommer bli viktigare i takt med allt mer känslig elektronisk utrustning som ansluts till elnäten.

2 Teori

2.1 Vad är elkvalitet

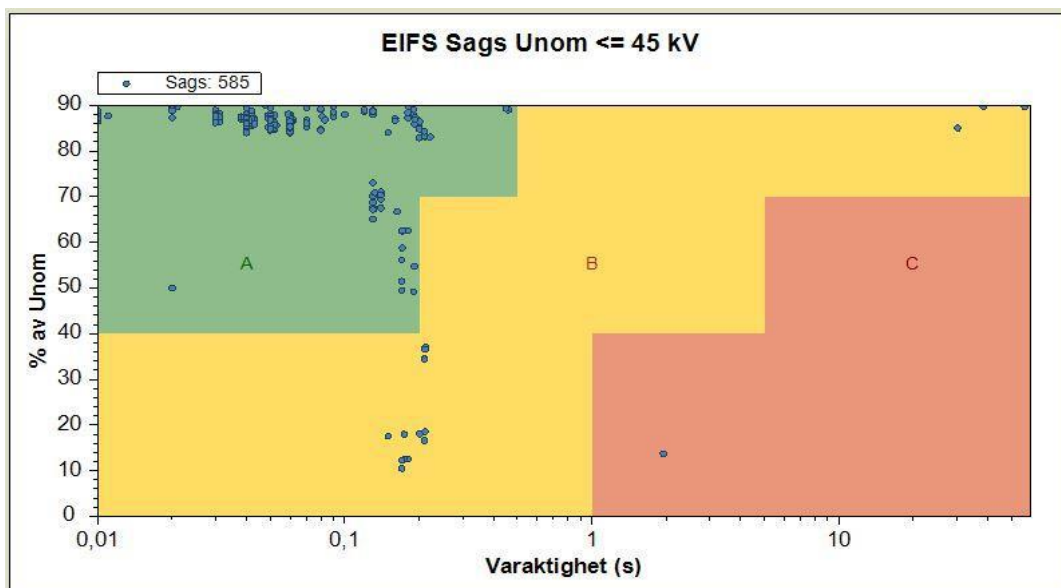
Elkvalitet beskriver hur bra kvalitet det är på elleveransen det vill säga hur mycket leveransen påverkas av olika störningsfaktorer [1]. I takt med att elektronik utrustning blivit vanligare, ökar störningar i nätet. Samtidigt är dagens elektronik ofta känsligt för störningar. Detta gör att kunder ställer allt högre krav på god elkvalitet. Elleverantören har krav på att elleveransen håller en bra spänningsgodhet.

2.1.1 Vem ansvarar för god elkvalitet

Elleverantören har ansvaret att upprätthålla en god elkvalitet i elnätet trots att det i de allra flesta fall är de anslutna utrustningarna hos kunderna som orsakar elkvalitets-fenomenen. Därför krävs det ett gott samarbete mellan dessa båda parter för att åstadkomma en god elkvalitet. Gällande elleverantörens kunder ska de motverka påverkan på det matande nät genom att ha en anläggning som inte bidrar med för mycket störningar till nätet. Kunden ska exempelvis inte ha en anläggning som bidrar med onödigt mycket övertoner till nätet, utan ska i möjligaste mån minimera antalet övertoner. Elleverantören ska samtidigt se till att leveransen sker med god spänningskvalitet fram till kundens anslutningspunkt. För att upprätthålla en god elkvalitet måste följande tre parter samverka [8].

- Elleverantörer
- Elkonsumenter
- Apparat-/Anläggningsleverantörerna

I figur 2 tydliggörs vem som bär ansvaret när en spänningssänkning (s.k. sag eller dipp) uppstår. Ansvaret bestäms utifrån hur många % av nominell spänning som sänkningen motsvarar och hur lång tid spänningssänkning pågår. Varje blå punkt i figur 2 motsvarar en spänningssänkning. De tre områdena A, B och C som definierar vem som har ansvaret att göra förbättringar i anläggningen så att antalet spänningssänkningar minskar.



Figur 2. Vem ansvarar för Sags.

- Område A: Kundens ansvar
- Område B: Delat, kunden och elleverantörens ansvar
- Område C: Elleverantörens ansvar

2.1.2 Vilka konsekvenser får dålig elkvalitet?

Beroende på vilken typ av verksamhet som bedrivs i en anläggning blir följderna av dålig elkvalitet olika [2]. Ett vanligt fel som kan uppstå på grund av dålig elkvalitet är att maskiner löser ut till följd av en kortvarig och djup spänningssänkning, eller att transformatorer blir överhettade på grund av för höga strömövertonshalter etc.

Ett oplanerat avbrott hos en industri kan bli mycket kostsamt. Den främsta anledning till varför ett företag vill ha en så god elkvalitet som möjligt på sin elleverans är just för att minska risken att drabbas av ett oplanerat avbrott. En god elkvalitet kan alltså begränsa ekonomiska förluster eftersom onödiga driftstopp undviks [2].

Det är viktigt att ha både anläggningen och elnätet är rätt dimensionerat med lasterna jämnt fördelade på de tre faserna. Ett osymmetriskt nät bidrar till ökade förluster hos anslutna motorer [7]. I ett svagt elnät med mycket störningar och dålig elkvalitet kan konsekvenserna i värsta fall bli så allvarliga att känslig utrustning inte går att använda eller går sönder [13].

Nämnavärt är att om uttaget av reaktiv effekt överstiger hälften av uttagen aktiv effekt, alternativt att om en industris faskompenseringsutrustning inte är tillräcklig kan detta leda till ett överuttag av reaktiv effekt från matande elnät [2]. Vid ett överuttag av reaktiv effekt, debiteras kunden med en straffavgift från elleverantören.

2.1.3 Hur bibehålls och eventuellt förbättras elkvalitet?

I takt med att elförbrukningen ökar och att störningskänslig utrustning installeras, måste elleverantörerna se till att elnäten är rätt dimensionerande med avseende på elkvaliteten samt förbereda för framtida utbyggnader [2]. Om elleverantören inte lägger ner tid på att planera inför nybyggnation kommer möjligheterna för en förbättrad översikt på elnätet försvåras. Städer, kranskommuner eller landsbygder kan komma att få bristande kvalitet på elleveransen.

Även om viss försämrad elkvalitet inte ger någon direkt påverkan på vardagen, så blir det en direkt påfrestning på nätet som med tiden kan leda till att fel uppstår. Kravet ett elnät har en god elkvalitet har inneburit att det idag finns kommersiella lösningar som åtgärdar olika typer av elkvalitetsrelaterade störningar och fenomen. [2].

Om elkvaliteten i elnätet inte är inom godkända nivåer flaggas detta som rött i driftcentralens datasystem [12]. Nätanalyser och felsökningar genomförs då i elnätet för att ta reda på orsaken till felet. När felet väl är konstaterat, bestäms vilka åtgärder som behöver vidtas för att eliminera störningen eller felet.

Som ovan nämns kan en dålig elkvalitet ge olika typer av problem, två vanliga problem är ökade förluster i anläggningar till följd av övertoner och överspänningar. För att minska förlusterna i en anläggning installeras kondensatorbatterier som har till uppgift att begränsa spridningen av övertoner samtidigt som faskompensering sker för 50Hz [2]. Vid installation av övertonfilter

minskas spridningen av övertonshalten i nätet och på så vis minskas strömmens effektivvärde [7]. Även detta bidrar till en minskad effektförlust. Därigenom optimeras överföringsförmågan genom att förlusteffekten P_f minimeras.

2.2 Störningsorsaker

Som ovan nämnts uppstår olika typer av störningar i ett elnät. Dessa störningar delas in i två kategorier, icke periodiska och periodiska förlopp. De icke periodiska förloppen utgörs av flimmer, spänningsvariationer och transienter, medan de periodiska förloppen utgörs i första hand av övertoner.

2.2.1 Övertoner

Med en ökad användning av olinjära laster ökar också övertonshalterna i elnätet. Olinjära laster, vilka ofta är uppbyggda av halvledarkomponenter, ger upphov till ström- och spänningsvågformer som skiljer sig från en sinusvågform och därmed innehåller övertoner [7]. Genom halvledarkomponenter kan alltså sinuskurvan deformeras och övertoner i nätet uppstå. En vanlig elektronikutrustning som bidrar till en ökad övertonshalt i elnätet är switchade nätaggregat. Dessa aggregat drar ström enbart under en kort tid när spänningens momentanvärde är som högst. Strömmens vågform blir starkt distorderad och innehåller olika höga halter av övertoner. Alla olinjära laster som genererar övertoner ger upphov till en ökad påfrestning på elnätet och på ansluta utrustningar.

Övertoner ingår i kategorin periodiska förlopp med grundfrekvensen 50 Hz, ± 0.1 Hz. I ett kraftsystem är de tre faserna förskjutna med 120 grader, se figur 3a [7]. Dessutom är de tre fasströmmarna symmetriska så kommer dessa att ta ut varandra för grundtonen och kommer inte flyta någon ström i neutralledaren.

Övertoner sprids lätt i nätet vilket medför att det kan vara svårt att hitta orsaken till dess uppkomst. Med hjälp av mätningar (helst på flera punkter i elnätet) kan övertonskällan hittas och reduceras [2].

För att fastställa hur mycket övertoner ett nät innehåller används måttet THD (Total Harmonic Distorsion). Värdet är förhållandet mellan effektivvärdet hos övertonerna och grundtonens effektivvärde och uttrycks som ett procentvärde [1]. För att räkna ut THD används följande formel:

$$THD = \frac{\sqrt{X_{2e}^2 + X_{3e}^2 + X_{4e}^2 + X_{ne}^2}}{X_{1e}} \times 100$$

Där X_{1e} är grundtonens effektivvärde och X_{ne} är den n :te övertonens effektivvärde. De riktvärden som brukar användas av elleverantörer är att spänningens THD inte ska överstiga 8 % [4]. Om en kund på ett påtagligt vis bidrar till att sprida strömövertoner och därmed öka spänningens THD kan kunden bli ålagd att se över samt förbättra anläggningen för minska strömövertonshalter.

För att motverka och skydda installerad utrustning finns det olika typer av lösningar att tillämpa beroende på var felet uppstår. En lösning kan vara att ersätta ett kondensatorbatteri med ett övertonsfiler. Filtret kortsluter övertonen och begränsar spridningen av strömövertoner [7]. Ett filter är i regel uppbyggt av kondensatorer och reaktorer, men kan även i vissa fall kombineras med

motstånd. Förutom en minskad spridning av strömövertoner i nätet vid installation av filter så kan även uttaget av reaktiv effekt reduceras via den faskompensering som övertonfilter erbjuder [1][2].

2.2.1.1 Övertonernas fasföljd

Övertonerna har olika fasföljd, beroende på vilken frekvens (ordningstal) som övertonen har. Övertonernas fasföljd beräknas genom följande samband:

$$u_{L1}(t) = U_{L1} \cos(n \times \omega t)$$

$$u_{L2}(t) = U_{L2} \cos(n(\omega t - 120^\circ))$$

$$u_{L3}(t) = U_{L3} \cos(n(\omega t + 120^\circ))$$

Där n är övertonens ordningsnummer, u är spänningens momentanvärde och U spänningens effektivvärde. Genom att använda denna beräkning erhålls det vid vilken amplitud och rotationsföljd övertonen får. Det är endast ojämna övertoner som påverkar kraftnätet, detta beror på den spänningssymmetri som finns vid elleveranserna [7]. Detta eftersom halv-ledarkomponenter som används vid olika spänningsstyrningar enbart utnyttjar sinuskurvans positiva halvperiod.

Tabellen nedan visar några övertoners fasföljd samt frekvens.

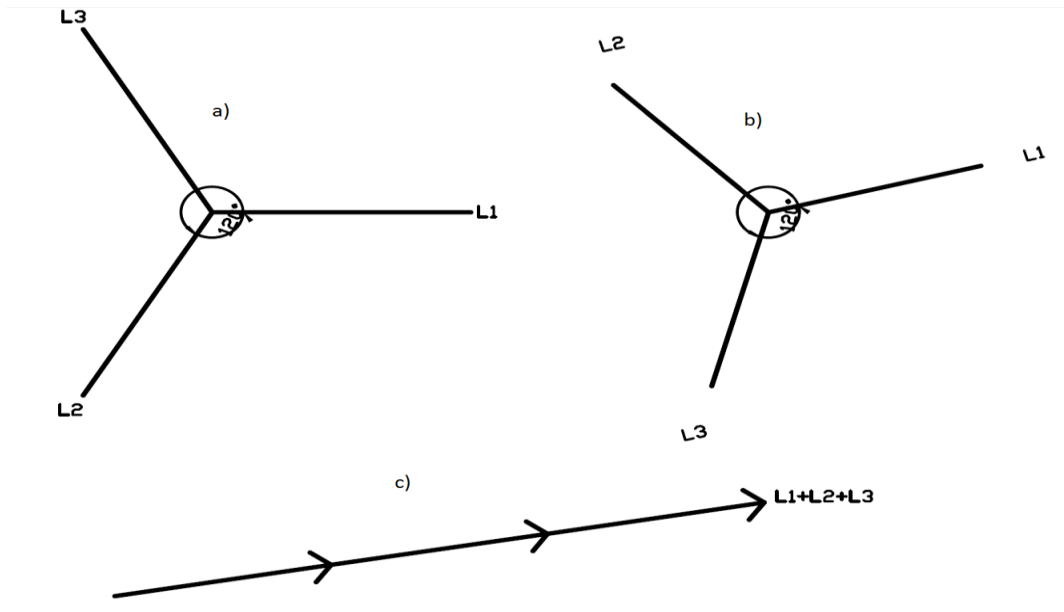
Överton (ordningstal)	Grundton	2	3	4	5	6	7	8	9
Fasföljd	+	-	0	+	-	0	+	-	0
Frekvens (Hz)	50	100	150	200	250	300	350	400	450

Tabell 1. Överblick över övertonernas fasföljd.

Övertoner med ordningsnummer 1,4,7,10, o.s.v. ger upphov till en positiv fasföljd L1-L2-L3. Vid positiv fasföljd innebär det att övertonen har samma rotationsföljd som grundfrekvens, figur 3a. Övertoner med ordningsnummer 2,5,8,11, o.s.v. ger en negativ rotationsföljd, L1-L3-L2. En överton med negativ fasföljd, har därmed motsatt rotationsföljd jämfört med grundfrekvensen, figur 3b. Detta ger bl.a. upphov till effektförluster i elmaskiner på grund av att det uppstår ett vridande moment i motorn som är motriktat det moment som genereras av den positiva fasföljden [5][7].

Slutligen finns det ett fenomen som kallas för tredjetonsfenomenet (eng. triplens) som är de övertoner som genererar en nollföljd. Dessa är övertoner med ordningsnummer 3,6,9,12, o.s.v. Vid tredjetonsfenomenet ligger faserna noll grader fasförskjutna och därmed adderas de övertoner i ström samt spänning för de tre faserna, se figur 3c. Tredjetonsströmmarna benämns nollföljdsströmmar och summeras alltså i neutralledaren [5][7][14].

I större kontorsbyggnader med många icke linjära laster såsom datorer och lysrörsarmaturer uppstår vanligtvis höga tredjetonsströmmar. Detta kan ge negativa konsekvenser i form av överhettning i neutralledaren och även i matande transformator [1][2].



Figur 3. Vektordiagram som visar a) positiv- b) negativ och c) nollföljd.

2.2.2 Spänningsvariationer

Spänningsvariationer är ett vanligt förekommande fenomen som främst utgörs av korta och långvariga variationer som antingen är en spänningsökning eller en spänningsänkning [8]. Det är varaktigheten i tid som avgör om det ska klassas som en kortvarig alternativt långvarig variation, en variation som varar i över 3 minuter loggas som ett avbrott [2].

En kortvarig spänningsökning är enligt definition en ökning med 10 % eller mer av nominell spänning och har en varaktighet på 10 ms till 180 s (eng. swell). Om varaktigheten är 3 minuter eller mer definieras det som en överspänning. Kortvariga spänningsändringar orsakas oftast av in- och urkopplingar av ett kondensatorbatteri. Eftersom spänningen är lastberoende förekommer oftast överspänningar vid tillfällen då lasterna är låga exempelvis under nattetid. Förutom de lastberoende spänningsvariationerna uppstår även spänningsvariationer i samband med jordfel och väderomständigheter som åska (blixtnedslag). Lastberoende överspänningar leder sällan till problem eftersom transformatorns lindningskopplare justerar spänningen efter lastbehov [1][2].

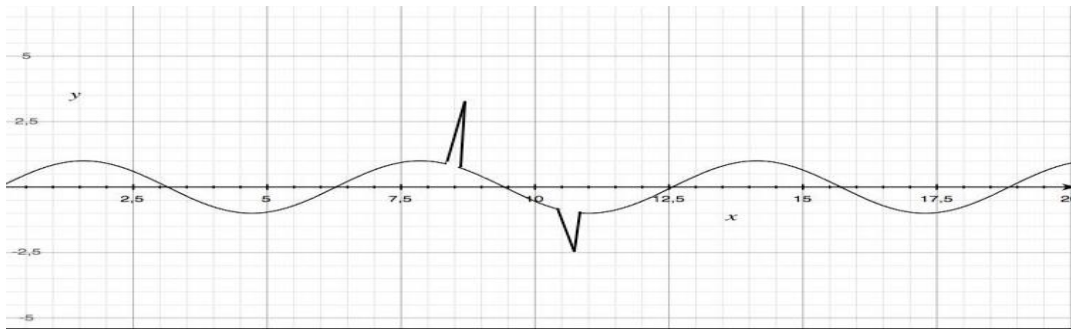
En kortvarig spänningsänkning är enligt definition en minskning till 90 % eller mer av nominell spänning och har en varaktighet på 10 ms till 180 s [8]. Denna störning kallas även för spänningsdipp (eng. sag). En spänningsänkning med varaktighet längre än 3 minuter anses vara långvarig spänningsänkning. Många maskiner är känsliga för underspänning, detta är ett problem som kan leda till onödiga driftstopp eftersom motorskydd löser ut vid för låg spänning [2]. För att motverka denna typ av störning kan utrustning kompletteras med reservkraft exempelvis UPS.

2.2.3 Transienter

En transient, även kallat spik, är en kortvarig spänningsvariation som uppstår oregelbundet och har en varaktighet betydligt kortare än grundtonens period på 20 ms [7]. Det finns två olika typer av transienter, oscillerande och icke oscillerande transienter [2].

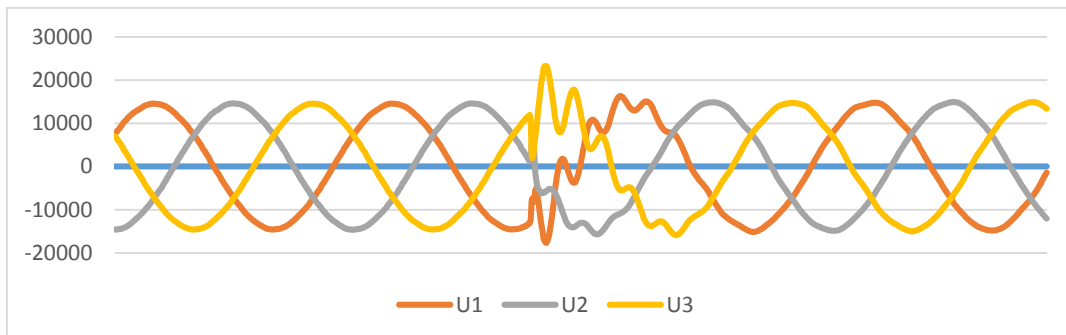
Icke oscillerande transienter uppstår vanligtvis i samband med blixtnedslag och kan vara i upp till 10 ms [2]. För att skydda anläggningar mot spänningstransienter installeras ventilavledare. En icke

oscillerande transient är enkelriktad, alltså den har vanligtvis alltid en positiv eller en negativ polaritet [5].



Figur 4. Icke oscillerande transient

Oscillerande transienter uppstår i samband med olika kopplingar i nätet såsom inkoppling av kondensatorbatterier etc. [2]. Elektronik och frekvensomriktare kan felaktigt lösa ut i samband med denna störning. Ett effektivt sätt att motverka detta är att kopplingar i nätet sker vid sinuskurvas nollgenomgång. För att möjliggöra detta installeras olika typer av krafthalvledare. Hos den oscillerande transienten uppstår en högfrekvent oscillation på spänningsvågformen (se figur 5). Till skillnad mot en icke oscillerande transient så har varierar polariteten på spikarna mellan negativ och positiv [5]. I figur 5 så kan det fastläggas att nätet varit utsatt för en oscillerande transient som berörde alla tre faserna.



Figur 5. Oscillerande spänningstransient på 3-faser

2.2.4 Flimmar

Elkvalitetsfenomenet flimmar (eng. flicker) uppstår när repetitiva in- och urkopplingar av stora effektkrävande laster såsom exempelvis induktionsugnar, pumpar samt kompressorer [1]. Om nätet är svagt eller om lasterna är stora kommer spänningens effektivvärde att variera med effektvariationerna. Om repetitionsfrekvensen på effektvariationerna ligger inom ögats känslighet (ca 1-30 Hz) kan ett irriterande blinkade ljus uppstå från anslutna glödlampor [7]. Även vid körning inom acceptabla gränsvärden kan variationerna ha en oönskad effekt såsom en minskad verkningsgrad och ökad temperatur hos anslutna utrustningar som finns i närheten av flimmerkällan. Den mest uppenbara påverkningen av flimmar är dock att ljuset från glödlampor flimmar. Medicinska studier som gjorts har påvisat att flimmar inom frekvensen 0.5 - 25 Hz kan ha en viss negativ påverkan på människan.

I takt med att glödlampor blivit allt mer ovanligt och numera ersätts av LED-lampor samt andra typer av lågenergilampor har flimmer blivit ett mindre problem. Eftersom flimmer numera kan betraktas som försumbart ingår den inte i standarden EIFS 2013:1 [7].

2.2.5 Osymmetri

Osymmetri är ett vanligt fenomen som inträffar när en anläggning är snedbelastad, alltså när lasterna inte är jämnt fördelade över de tre faserna. I ett symmetrisk trefasssystem utan övertoner med lika stora laster i varje fas är strömmarna lika stora, vilket leder till att alla strömmar tar ut varandra. Genom att lokalisera orsaken till osymmetrin kan de motverkas vid felstället.

Vid osymmetri kan oönskade övertoner uppstå, vilket kan leda till förkortad livslängd på apparater, oönskade stopp och haverier på maskiner. Om det inte går att eliminera osymmetrin genom att exempelvis omfördela lasterna mellan faserna kan det behövas investeringar i en styrd faskompensering. Det är en utrustning som fasvis reglerar den reaktiva effekten och osymmetrin kan därigenom nästintill elimineras [2][6].

2.3 Standarder för elnätsanalysatorer och energimätare

Det står i den svenska ellagen § 9 att ”överföring av el skall vara av god kvalitet”. För att definiera begreppet god elkvalitet samt vilka krav som gäller för elkvalitetsmätning behövs olika typer av föreskrifter [7]. Detta är viktigt för att elleverantören och deras kunder ska ha en samsyn vad god elkvalitet innebär. Därutöver måste det finnas en standard som i detalj beskriver hur en elkvalitetsanalysatorer ska beräkna de olika el-kvalitetsparametrarna. Detta är viktigt för att det ska vara möjligt att jämföra två olika elkvalitetsmätningar som är utförda av instrument från två olika tillverkare [7]. Föreskrifterna har blivit allt viktigare i samband med att flera mindre kraftproducenter tillkommit i elnätet [15]. I Sverige används främst följande två standarder för att bedöma elkvalitet och som beskriver hur en elnätsanalysator ska beräkna de olika elkvalitetsparametrarna. Dessa är:

- EIFS 2013:3
- IEC 61000-4-30

EIFS 2013:3 är en standard framtagen av Energimyndigheten som har till syfte att tydliggöra vad som är en god elkvalitet och spänningsgodhet utifrån mätbara elkvalitetsparametrar [11]. Denna föreskrift beskriver alltså vad som är god elkvalitet och vilka parametrar som instrumenten ska mäta samt vilka gränsvärden som gäller för dessa parametrar [7]. I Sverige har denna föreskrift ersatt den tidigare standarden SS-EN 50160. Utöver kvalitet och parametrar behandlar även standarden det tidigare nämnda ansvarsområdena i kapitel 2.1.2 [15]. Det finns fortfarande länder i Europa som använder EN 50160, den används exempelvis för vissa energimätare med elkvalitetsmodul [17].

IEC 61000-4-30 är en internationell mätstandard som säkerställer att elnätsanalysatorer beräknar elkvalitetsparametrarna på ett standardiserat sätt [7]. Detta för att kunna garantera att två skilda mätare från olika fabrikat ger identiskt resultat. Ett IEC 61000-4-30 instrument kan antingen vara ett klass A eller ett klass B instrument, där klass A är den noggrannaste klassen med maximalt fel på $\pm 0,1\%$. Ett viktigt begrepp i standarden är referensinstrument. Med detta innebär det att ett

instrument får användas som referens för att jämföra mätvärden. Det kräver att instrumenten uppfyller klass A kriterierna.

För energimätare används standarden STAFS 2009:9 som gäller för mätning av energiförbrukning, med abonnemang upp till 63A [16]. Denna standard behandlar ingen elkvalitet utan klassificerar en energimätare enligt klass 1, vilket innebär ett maximalt fel på $\pm 5\%$ [4].

3 Metod

Detta kapitel beskriver vilka metoder som används för att genomföra arbetet.

3.1 Litteraturstudier

Med hjälp av litteraturstudier kommer förståelsen av elkvalitet och om vad som påverkar elkvaliteten ha genomförts. Litteraturstudien innehåller även en överblick över tidigare gjorda studier och rapporter om allmän elkvalitet, övertoner samt andra spänningsstörningar.

3.2 Intervjuer

För att huvudmålet ska kunna uppfyllas krävs det ett möte med leverantören Metrum. Detta för att det finns begränsat med information om deras produkter tillgängligt på deras hemsida. Möten med andra leverantörer kommer att ske under arbetets gång. Vid möten med handledarna har väsentligt informationsutbyte skett som bidragit till rapporten.

3.3 Datainsamling

För att få en ökad förståelse om transienter och övertoner har mätvärden från HEM Nät AB tillhandahålls som sedan importerats till Microsoft Excel. I Excel har sedan enskilda värden tagits fram som ökat förståelsen för transienter och övertoner.

4 Elkvalitetsmätning med elnätsanalysator och energimätare

4.1 Mätning av elkvalitet

För att skapa en bra överblick på en anläggning eller ett elnät behövs kontinuerliga mätningar. Genom att titta på hur olika elkvalitetsparametrar utvecklas över tid går det att få en god uppfattning över hur elkvalitet utvecklas. Därmed fås ett bra beslutsunderlag för att vidta åtgärder som förbättrar elkvaliteten innan ett eventuellt haveri uppstår [12].

Elkvaliteten mäts genom att jämföra de uppmätta elkvalitetsparametrarna från elnätsanalysatorn med gränsvärdena för dessa parametrar som definieras i EIFS 2013:3 [7]. Elnätsanalysatorn mäter kontinuerligt in parametrarna och larmar ifall det inställda värdet ligger utanför de godkända intervallen enligt EIFS 2013:3. Är elnätsanalysatorn av hög kvalitet, mäts samtliga parametrar enligt standarden IEC 61000-4-30 klass A. Syftet med mätningarna är att säkerställa att elnätet har god elkvalitet. Nedanstående elkvalitetsparametrar mäts av ett instrument som uppfyller IEC 61000-4-30 klass A.

- Spänningsvariationer
- Kortvariga spänningssänkningar
- Kortvariga spänningshöjningar
- Transienter
- Flimmer
- Övertoner
- Osymmetri
- Frekvens

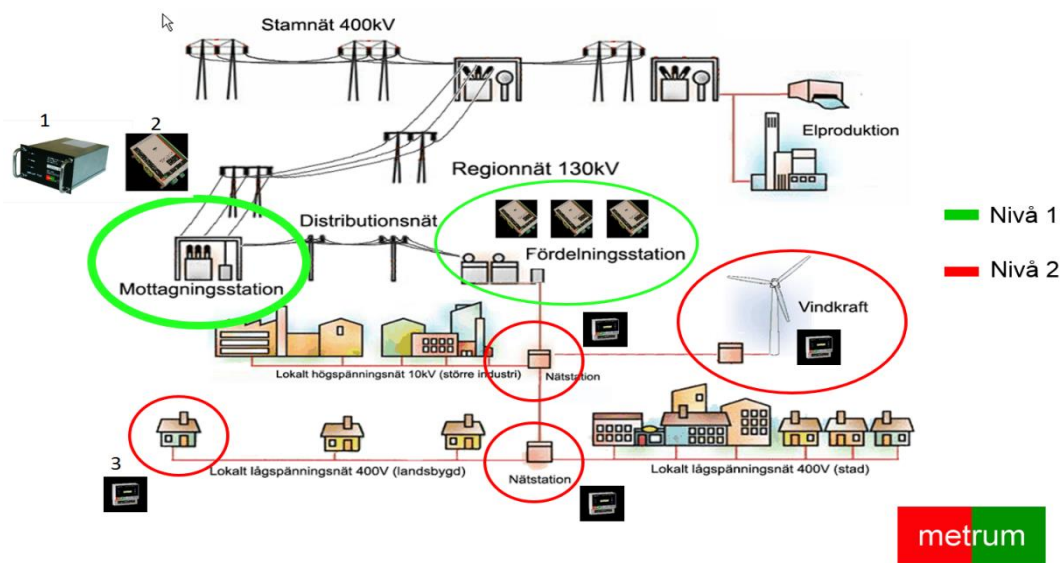
Elkvalitetsinstrument finns i flera olika varianter beroende på användningsområde och applikation. Det finns mätare för fast installation i transformator-, fördelnings- och nätstationer samt större industrianläggningar. Dessa mätare är uteslutande av hög noggrannhetsklass och uppfyller kravet i IEC 61000-4-30 klass A. Det finns även portabla instrument avsedda för att mäta under en kortare tidsperiod för exempelvis felsökning och energianalyser. Dessa ansluts till olika punkter hos elleverantörens nät eller i en kundanläggning [12].

Mätningar av elkvalitet utförs på samtliga spänningsnivåer i kraftnätet d.v.s. i transmission-, region- och distributionsnät. Skillnad är främst att vid högre spänningsnivåer behövs oftast mera avancerade och noggranna instrument, eftersom försämrade spänningskvalitet i ett överliggande nät påverkar även underliggande nät [7].

4.1.1 Exempel på ett systems uppbyggnad för elkvalitetsmätning med elnätsanalysatorer

Det är upp till elleverantören att bestämma hur noggrant elkvaliteten ska mätas i nätet. Oftast byggs ett system upp där elleverantören väljer ut i vilka nätstationer där elnätsanalysatorer ska installeras. Det elleverantörerna brukar ha i åtanke är vilka delar av nätet som är mest utsatt. Oftast brukar det vara anslutningspunkter nära större förbrukare som industrier. I figur 6 nedan visas ett elnät från stamnät 400 kV ner till lokalnät 0,4 kV. Instrumenten installeras vanligtvis på nedsida av transformatorn. Elkvalitetsmätningar utförs på alla spänningsnivåer beroende på vilka parametrar som skall mätas installeras olika typer av instrument. Figuren visar även tre olika typer av Metrum instrument.

- Instrument 1 är en Metrum PQR för rackmontering. Används som kontroll-instrument för energi och elkvalitet i stamnätet. Den har högsta noggrannhetsklass och kan utföra störningsanalyser.
- Instrument 2 är en Metrum PQ för fast installation. Vanligt förekommande i mottagnings- och fördelningsstationer kan användas som störningsskrivare samt referensinstrument.
- Instrument 3 är en Metrum SC för fast installation. En enklare variant än PQ med färre antal mätkanaler, lämplig för mätning i nätstationer för lågspänningskunder.



Figur 6. Placering av mätinstrument

I takt med att industrier blir mer medvetna om elkvalitet installeras allt fler elnätsanalysatorer i industrianläggningar. Det är ett steg för att kunna lokalisera var i en anläggning som dålig elkvalitet uppstår, därmed kunna få ett beslutsunderlag för att förbättra elkvaliteten.

Dagens instrument mäter både elkvalitet och energiförbrukning. I stamnätet mäts energin med en mätare och sedan kontrolleras den mätning med ytterligare ett instrument[12]. Anledningen till att det sker kontrollmätningar är att effektförluster i stamnätet får stora konsekvenser för underliggande nät. I SVKs nät används Metrum PQR för kontrollmätning samt för elkvalitetsmätning.

4.2 Metrum SC

Metrum SC är en mätare för fastinstallation i främst nätstationer. Instrumentet har till uppgift att mäta både elkvalitet och energiförbrukning [10]. Den registrerar även snabba och långsamma spänningsvariationer, gör normalanalyser mot föreskriften EIFS 2013:3 samt för statistik. När någon parameter ligger utanför godkänt intervall enligt föreskriften EIFS 2013:3, rapportera mätinstrumentet detta till överliggande system och larmar genom att tända en röd indikatorlampa i driftcentralen [7]. Det är möjligt att även logga godkända värden men oftast anses detta överflödigt.

Metrum SC är utformad så att den kan lokalisera ifall ett fel har uppstått uppströms eller nedströms i förhållande till mätpunkten. Om felet uppstått nedströms kommer det från elförbrukarna. Indikerar instrumentet att felet uppstått uppströms kommer det från överliggande nät. Att kunna bedöma om ett fel uppstått nedström eller uppströms i förhållande till mätpunkten är något elleverantören har stor användning av för att snabbt kunna hitta störkällan.



Figur 7. Elkvalitetsinstrumentet Metrum SC

4.3 Energimätare

Energimätare för debiteringsmätning är ett område där det pågår en stor teknisk utveckling. Inte minst till följd av den nya lag från år 2009 som innebär att alla elkunder ska få elräkningar baserade på månadsvis elförbrukning istället för årsvis [3]. Regeringens förhoppning med lagen är att kunder ska bli mer medvetna om energiförbrukning och få incitament till att minska energiförbrukningen. För att möjliggöra en månadsvis avläsning av energimätarna har elleverantören fått investera i debiteringsystem för fjärravläsning. Tidigare har det varit personal hos elleverantören som en gång om året åkt ut och läst av kundernas förbrukning på energi-mätarna.

Vissa nya energimätare har även en elkvalitetsmodul som klarar av att indikera elkvaliteten [13]. Det går det att programmera energimätarna att mäta exempelvis övertoner och spänningsdippar. Noggrannheten för mätarna är likt elnätsanalyserna beroende av klassificering enligt standard. Mätarna från Echelon som HEM Nät AB använder, mäter enligt klass 1 och mäter inte enligt IEC 61000-4-30. En energimätare som inte mäter enligt denna standard kan bara ge en mycket grov uppskattning av elkvaliteten. Det finns energimätare som presenteras enligt EN 50160. Dessa klarar att ge en grov indikation på av några följande elkvalitetsparametrar [17].

- Frekvensvariationer
- Långvariga och kortvariga spänningshöjningar
- Långvariga och kortvariga spänningsminskningar
- Avbrott
- THD
- Jordfel
- Effektfaktor

De elkvalitetsmätningar som utförs med energimätare är främst anpassade för lågspänningskunder 400 VAC. En energimätare som är programmerad för mätning av spänningsdippar klarar av att mäta in dippar från 100 ms, den klarar alltså inte av att mäta in transienter [17]. När det gäller mätning av övertoner utförs den fasvis, övertonshalten mäts under en 10 minuters period och gränsvärdet för THD är 8 % enligt EN 50160. För att tydliggöra så mäter alltså inte energimätarna efter någon standard, alltså hade det inte gått att med säkerhet jämföra mätvärden från två mätare av olika fabrikat [7]. En energimätare med elkvalitetsmodul kommer därför aldrig kunna ersätta en elnätsanalysator, utan bara utgöra ett komplement med grova indikationsmätningar på hur bra elkvalitet det är i nätet.

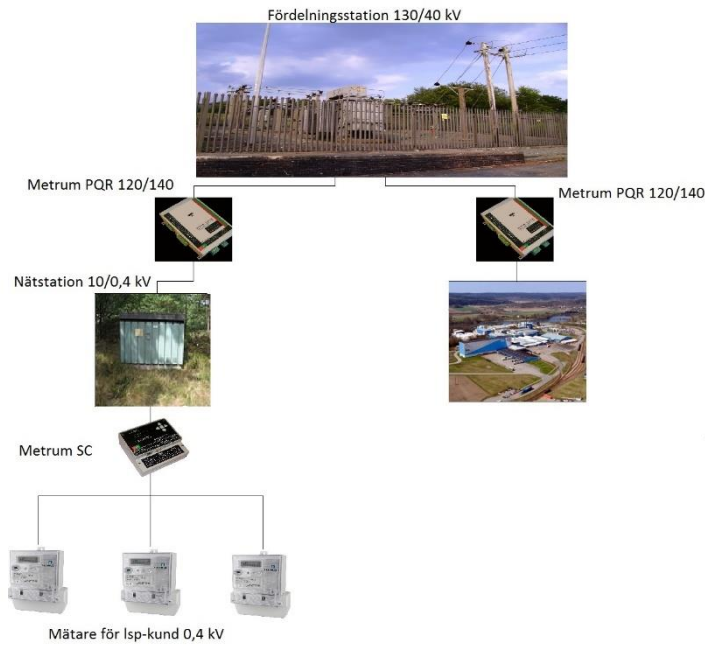
4.3.1 Hur är systemet för fjärravläsning uppbyggt?

För att möjliggöra regeringens nya lag med månadsvisavläsning för vanliga hushåll och timvisavläsning för industrier, behövs ett robust system för fjärravläsning [3]. Systemets består av en energimätare hos kunden, en koncentrator och ett centralsystem. Koncentratorn installeras exempelvis i en nätstation för att fungera som ett mellanled mellan ett antal energimätare och centralsystemet, i vissa fall kan även en kommunikationssond installeras som förstärker signalen till centralsystemet. Koncentratorn har till uppgift att kommunicera och samla in data från kundernas elmätare. Centralsystemet är i huvudsak en databas där alla kunders mätdata samlas in och lagras [13]. Till centralsystemet ansluts även olika applikationer som GIS och debiteringssystem. GIS är ett geografiskt system för att kunna få upp alla kundernas debiteringsmätare på en karta som ska ge en bra överblick över nätet. Det möjliggör att elleverantören enkelt kan se ifall det finns något fel fram till en kund t.ex ifall någon av de tre faserna fattas. Debiteringssystemet är ett register som innehåller information över hur mycket elleverantören ska fakturera kunden.

4.4 Integrering av elnätsanalysatorer med kundernas energimätare.

Som förklarats i de tidigare styckena kan dagens elnätsanalysatorer och kundernas energimätare samla in noggrann mätdata på störningar som uppkommer i nätet. Däremot finns det i dagsläget inga möjligheter att samköra informationen från elnätsanalysatorn och energimätaren till ett gemensamt överliggande system [7]. I huvudsak saknas två viktiga komponenter. Det ena är en gemensam mjukvara som administrerar informationen från båda typer av mätare. Den andra komponenten som fattas är ett gemensamt kommunikationsprotokoll som används av det överliggande systemet och de båda mätartyperna.

Figur 8 hänvisar till hur elkvalitet och energiförbrukning kan mätas för en industri respektive en lågspänningskund.



Figur 8. Förslag på ett gemensamt och integrerat system bestående av både elnätsanalysatorer och energimätare.

5 Analys och diskussion

5.1 Resultat

Ökade krav på god elkvalitet är inget nytt för de svenska elleverantörerna. Generellt ställer ellagen krav på att överföringen av spänning ska vara av god elkvalitet.

5.1.1 Ett realistiskt framtidsscenario

Med tiden kommer elnätsanalyser bli allt mer effektiva och få fler användningsområden. Redan idag finns möjligheten till att urskilja en specifik överton som uppstått i nätet med hjälp av energimätare. Möjligheten för att programmera om instrumenten är näst intill oändliga vilket gör dessa instrument outhärliga för elnätet. Att detektera ett begynnande fel innan ett avhjälpande underhåll behövs samt minimera avbrottstiderna för konsumenterna är en framtidsvision som eftersträvas hos båda parter. Vi ser en ökning hos elleverantörerna att de satsar stort med att installera elnätsanalyser för att få en bättre översikt på elnätet.

Det går att konstatera, både via intervjuer med elleverantörerna men även i rapporter från Ei, Elforsk, ABB. Med en ökad satsning på elkvalitetsmätningar uppnås bättre övervakning av nätet vilket genererar i positiva resultat.

Men all sannolikhet kommer samspelet mellan elnätsanalyserna och energimätarna förbättras. Kundens energimätare kommer att ligga i fokus, då de redan i dagsläget har möjlighet till att detektera övertoner och korta spänningsdippar [13]. Samverkan som uppstår mellan energimätarna och elnätsanalyserna resulterar med att enklare upptäcka störningar hos lågspänningskunder. Elleverantören hade även fått in information ifall någon specifik kund bidrar med mycket störningar till nätet.

För att klargöra det hela kan mätarna ses som en läkare. Med denna liknelse kan det vara som det är vid ett läkarbesök. Läkaren tar in patienten, undersöker och fastställer sedan en diagnos. När väl diagnosen är ställd kan rätt metod tillämpas för att göra patienten frisk. Likaså fungerar det med elkvalitetsmätning. De används för kontinuerlig övervakning av nätet, larmar om inställda gränsvärden överskrids. Det är vid detta skede det avgörs hur felen ska motverkas, alltså vilken skyddsutrustning krävs för att begränsa störningarna i nätet.

Det problem som idag finns är att mätdatan från energimätare och från elnätsanalyserna inte kan avläsas i samma protokoll. Operatören får hämta mätdatan ur två separata databaser för att sedan jämföra och utföra analyser. Det överliggande systemet hade behövt möjligheter att sammanställa mätdatan från elnätsanalyserna och energimätarnas respektive databaser.

Med ett överliggande system som kunnat integrera samtliga energimätare i nätet hade elleverantörerna fått möjligheter att upptäcka störningar i ett tidigt skede på lågspänningsnätet. En energimätare skulle upptäcka att kunden bidrar med störningar till nätet och sedan skicka en signal till det gemensamma överliggande systemet. I driftcentralen hade då en operatör kunnat avläsa detta och tillämpa lämplig åtgärd. Det skulle kunna vara att skicka ut en tekniker med en portabel elnätsanalysator för noggrannare mätningar hos kunden. Därefter skulle elleverantören utfärda en varning till kunden om straffavgifter, men även bifoga förbättringslösningar till elkvaliteten.

5.1.2 Vilka fördelar kan uppnås genom ett väl övervakat nät jämfört med ett dåligt övervakat nät.

Ponera att vi har två helt skilda elleverantörer, låt oss kalla dem för elleverantör 1 och 2. Elleverantör 1, har investerat i instrument för elkvalitetsmätning i samtliga nätstationer. Fördelarna som kom med att ha fullständig kontroll och översikt över elnätet är många. Det möjliggör att sektionera in elnätet i olika områden och därigenom kunna utgöra vilken elkvalitet ett område har för att sedan tillämpa rätt åtgärd för eventuella förbättringar. Allt detta för att få en bättre översikt över hur tunga förbrukare påverkar ett område. Vilka potentiella anslutningsmöjligheter eller framtida nybyggnationer som finns i området. Översikten på elnätet och kunden blir tydligare samt att målet för leverans av god elkvalitet uppfylls.

Elleverantör 2, har däremot inte investerat i instrument för elkvalitetsmätning. Detta resulterar i en svårare felsökning av nätet vid fel, sämre elkvalitet till kunderna och slutligen onödigt höga kostnader i form av förluster.

Vilka fördelar finns det då med att ha en god översikt på elnätet gentemot att inte ha någon form av kontrollmätning alls?

Genom mätningar av elkvalitet i kombination med energiförbrukning på utgående ledningar från nätstationer kan effektförluster samt öknings av störningar enklare upptäckas. Dessa faktorer är något alla elleverantörer är intresserade av. Varierande kvalitet av spänning är kostsamt, enligt Energimarknadsinspektionen uppskattas förlusterna i nätet kosta ungefär 3 miljarder kronor.

Slutligen kan en investering i elkvalitetsinstrument ses som en typ av garanti för elleverantören. Det går att bevisa för kunden att leverans av el är av god kvalitet och ifall en störning orsakas på elleverantörens nät eller i kundens anläggning. Den kontinuerliga övervakningen av nätstationer medför att effektförluster kan lokaliseras och åtgärdas i ett tidigt skede.

5.2 Metod

Vid valet av metod fanns det inte så många valmöjligheter då arbetet till största del skulle bestå av teori. Insamlingen av teori har varit svår eftersom elkvalitet inte är ett väl dokumenterat område. För att jobba förbi bristen på information har personliga kontakter med handledare och företag varit viktigt.

I efterhand så hade det nog varit lämpligt med en förstudie och en tydligare problembeskrivning. Vi har under arbetets gång fått leta efter nya möjligheter för att söka information, det hade varit bra om att komma i kontakt med Metrum i ett tidigare skede.

Mot slutet har dock alla nya sökvägar gjort att vi fått en bra inblick hur ett framtida system för elkvalitet kan se ut och varför elkvalitet är ett så viktigt område.

6 Slutsatser

Elkvalitetsmätningar utförs inte enbart för att säkerställa att det är god elkvalitet i nätet. Instrumenten vid mätning används även för att kunna lokalisera exakt ifall ett fel kommer från elleverantören eller från kundens anläggning.

Nedan följer ett exempel som förklarar hur det går att lokalisera ett fel med hjälp av elkvalitetsinstrument samt hur elleverantören kan lämna en garanti till kunden att deras elleverans är av god kvalitet.

Pågens bageri i Göteborg hade problem vid start av deras anläggning och var övertygade om att felet orsakades från elleverantörens sida, att deras elleverans inte var av god elkvalitet. För Pågen var det ett stort problem att varje gång de startade anläggningen så löste en av de större ugnarna ut. För att lokalisera vad som orsakade felet utfördes en felsökning i två steg. Det första steget var att mäta med en elnätsanalysator för fast installation på Pågens matande 10 kV kabel från nätstationen. Vid den mätningen kunde det säkerställas att felet inte kom från överliggande nät. Nästa steg blev att skicka ut tekniker till Pågen för att lokalisera vart i bageriet fel uppkom. Genom mätningar med en portabel trefas elnätsanalysator, kunde felet lokaliseras. Uppkomsten av felet berodde på att en av de större bakmaskinerna saknade utrustning för mjukstart. Detta gav upphov till spänningsdippar i processen och orsakade att andra maskiner löste ut.

För att tydliggöra det hela så kan inte en energimätare i dagsläget ersätta en elnätsanalysator i ett lsp-nät. För att energimätaren i framtiden ska kunna ersätta elnätsanalysatorerna hade mätstandarder likt IEC behövts. Vi tror enbart att energimätare kommer utgöra ett komplement eftersom elnätsanalysatorerna ligger så långt före i utvecklingen. Det verkar inte heller som elleverantörerna vill ersätta elnätsanalysatorerna i deras nätstationer, utan att målet är att energimätare ska enbart utgöra ett komplement. Detta eftersom instrumentet klarar av att mäta in störningar med en högre noggrannhet. Energimätarna kan utgöra ett bra komplement då varje enskild kund skulle kunna kontrolleras med en grovmätning. Det skulle kunna utgöra ett första steg i en analys för att förbättra elkvaliteten i exempelvis ett bostadsområde.

För att sammanfatta varför det lönar sig med att mäta elkvaliteten i nätet citeras Örjan Ljungberg. *"Det du inte mäter kan du inte styra och det du inte kan styra kan du inte heller förbättra"*.

Alltså genom bra utförda elkvalitetsmätningar uppnås en god överblick på nätet. Det möjliggör för elleverantören att förbättra elnätet och hjälpa nätets kunder till förbättringar av deras anläggningar.

Under arbetets gång har det blivit allt mer tydligt varför elkvalitet är något som väcker ett större intresse hos elleverantörerna och kunderna. Även för oss har förståelsen om vad som menas med god elkvalitet och vilka krav som ställs klargjorts. Det har framgått att trots en utveckling av moderna elektriska apparater så kommer det oavsett kvarstå komplikationer för denna utrustning. I takt med att glödlampor ersatts är problem som flimmer något som inte längre påverkar nätet, dock har användningen av olinjära laster bidragit till att övertoner blivit en vanligare störning. Sveriges elnät är förhållandevis tåligt för störningar. Även om nätet består av en del övertoner så har det framgått tydligt att det Svenska elnätet har en god elkvalitet. Däremot med industrier som ständigt ska effektiviseras kommer kunderna att ställa allt högre krav på störningsfri elleverans.

Vid telefonintervju med Daniel Ytterström, framkom det tydligt att Sundsvalls elnät uppnått många fördelar sedan start med deras projekt att installera elnätsanalysatorer. Ett exempel var när

Sundsvalls elnät skulle installera en ny pumpstation i nätet, det blev en ökning av störningar i nätet. Genom deras kontinuerliga mätningar i nätet kunde felet lokaliseras i ett tidigt skede och åtgärdas.

Referenser

1. Andersson, Leif. Bondell, Rolf Et.al (2012) *Elkraftshandboken: Elkraftsystem 2 Liber et.al, Kapitel 1.5*
2. ABB kraft Nya lösningar för bättre elkvalitet (Hämtad 2015-03)
3. Kompendium Elkrafttekniks Mätteknik (2009-09-10)
4. Örning, Alexander; Elnätsansvarig på Halmstad Energi och Miljö AB.
5. McGranaghan, Mark. Dugan, Roger Et.al (2012) *Electrical Power Systems Quality: Third Edition et.al, Chapter 2.3.1 Impulsive Transient*
6. Elforsk EMC, Elkvalitet och Elmiljö (Utgiven 2004-10)
7. Axelberg, Peter, Dean of School of Engineering, University of Borås.
8. Elforsk EMC, Elkvalitet och Elmiljö (Utgiven 2007)(Hämtad 2015-04)
9. Metrum, Varför mäta elkvalitet <http://www.metrum.se/pages/varfor-mata-elkvalitet.html> (Hämtad 2015-05-04)
10. Metrum, ”Broschyr Metrum SC”
http://www.metrum.se/filer/dokument/broschyter/Metrum_SC_Sve.pdf (hämtad 2015-04)
11. Metrum, ”EIFS 2013:1, klass A” (hämtad 2015-04-28)
12. Olofsson, Robert, Cheif Technology Officer, Metrum Sweden AB
13. Börnerberg, Mattias, Säljare Norrland, Kamstrup (Elfack 2015-05-05)
14. McGranaghan, Mark. Dugan, Roger Et.al (2012) *Electrical Power Systems Quality: Third Edition et.al, Chapter 5.4*
15. Ström, Lars, Energimarknadsinspektionen ”konsekvensutredning föreskrifter god kvalitet”
Teknisk analys
16. SWEDAC, STAFS 2009:1 Swedacs föreskrifter och allmänna råd om återkommande kontroll av mätare för aktiv elenergi <http://www.swedac.se/sv/Dokument/STAFS/Swedacs-foreskrifter-och-allmanna-rad-om-aterkommande-kontroll-av-matare-for-aktiv-elenergi/> (Hämtad 2015-05)
17. Kamstrup, Technical description Omnipower direct and CT Meters chapter 4.9 (hämtad 2015-05)

Bildreferenser

- Figur 1.** Översikt på Halmstad Energi och Miljö AB elnät.
<http://www.hem.se/>
- Figur 2.** Vem ansvarar för Sags.
Tagen ur Metrums presentation av EIFS 2013:1 med tillstånd av Olofsson, Robert, CTO at Metrum.
- Figur 3.** Vektordiagram av Scherman, Niklas.
- Figur 4.** Icke Oscillerande Transient av Axelsson, Oscar.
- Figur 5.** Oscillerande Transient av Scherman, Niklas.
- Figur 6.** Placering av mätinstrument
Tagen ur Metrums presentation av företaget med tillstånd av Olofsson, Robert, CTO at Metrum och av Fortum Pressråd
- Figur 7.** Metrum SC
<http://metrum.se/pages/instrument.html>
- Figur 8.** Förslag på ett gemensamt och integrerat system bestående av både elnätsanalyser och energimätare av Scherman, Niklas.