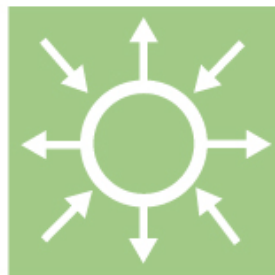


Elektronisk last

Omvärldsanalys

Elforsk rapport 08:51



Fredrik Carlsson, Vattenfall R&D, Andrea Badano, Elforsk Juni 2008

ELFORSK

Elektronisk last

Omvärldsanalys

Elforsk rapport 08:51

Sammanfattning

Denna rapport är ett komplement till projektet 100% elektronisk last inom Elforsk och utgör en omvärldsanalys av området då det nämnda projektet var fokuserat på Sverige. Det finns en del forskning i världen om elektroniska laster även om det väldigt sällan går under beteckningen elektronisk last, utan oftast om specifika produkter som t ex datorer, lågenergilampor, etcetera. Överlag kan konstateras att de flesta elektroniska laster har övertoner och framförallt är det den tredje övertonen (150 Hz) som är den dominerande övertonen. Det finns dessutom en del studier om hur övertonerna drabbar distributionsnätet i form av uppvärmda transformatorer och dess relaterade kostnader. Andra abonnenter drabbas naturligtvis också av dessa övertoner vilket kan leda till ökade förluster i apparaterna hos abonnenterna. Men, överlag finns väldigt få artiklar om kostnaden för elkvalitetsrelaterade problem. En bilaga som skrivits av Andrea Badano, Elforsk, med titeln "Elnätsproblem vid storskalig användning av olinjär last - internationell utblick" har bifogats dokumentet då den ger en bra komplettering till omvärldsanalysen.

Summary

This report is a complement to the project 100% electronic load within Elforsk and constitutes an analysis of what is done in the rest of the world in the area as the original project was focused on Sweden. There is some research in the world of electronic loads even if it rarely goes under the name electronic load, but rather on specific products such as computers, compact fluorescent lamps, and so on. Overall, most electronic loads produce harmonics and, above all, it is the third harmonic (150 Hz), which is the dominant harmonic. There are also some studies on how harmonics affects the distribution network in the form of heated transformers and its related costs. Other users are of course also affected of these harmonics, which may lead to increased losses in the users apparatus. But, in general there are very few publications about the cost of power quality related problems. An appendix written by Andrea Badano, Elforsk, with the title "Elnätsproblem vid storskalig användning av olinjär last - internationell utblick" have been attached to the document as it complements this analysis in this document very well.

Innehåll

1	Inledning	1
1.1	Bakgrund	1
1.2	Elkvalitet.....	1
1.3	Elektronisk last	1
2	Observationer	2
2.1	Allmänt	2
2.2	Observationer om lasten.....	3
2.3	Observationer i distributionsnätet	4
2.4	Övertoners inverkan på lasten.....	5
2.5	Åtgärder	5
3	Slutsatser	6
3.1	Slutsatser	6
3.2	Förslag på framtida studier	6
4	Bilagor	7
4.1	Elnätsproblem vid storskalig användning av olinjär last - internationell utblick	7
4.1.1	Sammanfattning	7
4.1.2	ERGREG	7
4.1.3	Italien	8
4.1.4	Frankrike	9
4.1.5	Argentina	10
4.1.6	Brasilien	11
4.1.7	Sverige.....	12
4.1.8	Serbien & Grekland	13
4.1.9	Nya Zeeland	13
4.1.10	USA	14
4.1.11	Kanada.....	14
4.1.12	Australien	15
4.1.13	Iran	15
4.1.14	Egypten	16
4.1.15	Sydafrika	16
5	Referenser	17
6	Förkortningar	21

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Projektet 100% elektronisk last inom Elforsk har studerat hur elkvaliteten förändras om lasten blir inemot 100% elektronisk. Projektet fokuserade på nästan uteslutande Sverige, varför det fanns ett behov att utreda vad som gjorts i världen. Denna utredning gör en kort sammanställning av vad som har publicerats inom huvudsakligen IEEE, vad gäller ämnet 100% elektronisk last, det vill säga dess konsekvenser och observationer vid last med stor andel elektroniska komponenter.

1.2 Elkvalitet

En god elkvalitet, det vill säga en nära sinusformad spänning med konstant frekvens och amplitud, är viktig ur flera synvinklar. De tre viktigaste är för att a) förlusterna hos producenter, distributörer och konsumenterna ofta ökar vid sämre kvalitet, b) förslitningen av utrustningen hos konsumenterna, distributörer och producenter ofta ökar samt c) utrustningen hos producenter, distributörer och konsumenterna riskeras att automatiskt stängas av. Alla tre punkterna genererar kostnader och även miljöpåverkan.

1.3 Elektronisk last

Elektronisk last är en av flera orsaker till dålig elkvalitet hos spänningen samt så kallade övertoner. Övertonerna kommer av att apparaten har elektronik som slår på och av strömmen flera gånger under varje period, vilket genererar övertoner i strömmen. Det är förstås inte bara laster som orsakar en försämrad elkvalitet, utan också vid överföring som till exempel högspänd likström (HVDC) eller vid generering av elektrisk energi som vindkraftverk eller solceller med fulleffektomriktare.

Exempel på laster som är elektroniska är datorer, varvtalsstyrda (frekvensomriktare) elmotorer, värmepumpar, sladdlösa telefoner, strömställare med dimmer-funktion¹, elektroniska transformatorer lågenergilampor, lysdiodlampor (även kallade LED²-lampor), spisar med induktionshäll, batteriladdare till t ex mobiltelefoner, TV och snart elbilar.

¹ Dimmer är engelska och betyder avbländning / fördunkling

² LED är en engelsk förkortning för Light Emitting Diode

2 Observationer

2.1 Allmänt

Vid en litteratursökning via IEEE:s databas IEEE-explore som finns på <http://ieeexplore.ieee.org/> erhöles endast 28 stycken träffar med sökorden elektronisk last och elkvalitet (snittet, dvs ej unionen). Med tanke på att databasen innehåller nästan två miljoner dokument så får man nog säga att begreppet elektronisk last inte har använts särskilt mycket. Om elkvalitet finns däremot nästan 5 000 dokument, men med kombinationen elektronisk last ger databasen alltså bara 28 träffar. Elkvalitet är med andra ord ett betydligt mer etablerat ord och mer studerat. Då problemen med elektronisk last oftast kan relateras till övertoner finns betydligt fler publikationer då man söker på övertoner tillsammans med elektronisk last, 70 stycken närmare bestämt, se Figur 1.



Figur 1, Antal dokument med elektronisk last.

Istället för att söka på de allmänna termerna som övertoner och elektronisk last, kan man söka på produkterna som orsakar problemen. Det visas i Tabell 1. Det finns många publikationer om elkvalitetsrelaterade problem för datorer och lågenergilampor, men inte lika mycket för andra produkter. Det kan möjligtvis bero på att de förstnämnda apparaterna är viktigare för oss användare och vi blir mer störda av att just dessa saker inte fungerar korrekt. Mest anmärkningsvärt är att inget skrivits om övertoner från TV-apparater.

Tabell 1, Antal dokument per sökord.

Sökord	Antal träffar
Computer load	56 st
Computer harmonics	6 st
Lamp harmonics	118 st
Heat pump load	9 st
Heat pump harmonics	0 st
Charger harmonics	13 st
Induction cooker	15 st
Induction stove	0 st
TV harmonics	0 st
Electronic transformer harmonics	0 st

Tabell 2, Antal dokument per sökord.

Sökord	Antal träffar
Cost Harmonics	17 st
Cost Power Quality	12 st
Cost Reactive Power	9 st

När det gäller kostnaderna som uppstår på grund av elkvalitetsrelaterade problem finns betydligt mindre gjort, vilket visas av de få sökträffar som fås på kostnader för elkvalitetsproblem, se tabell 2. Det finns ju t ex bara 17 st forskningsartiklar om kostnader på grund av övertoner, trots att det finns 30 000 forskningsartiklar om övertoner, vilket är mindre än en promille. Men, det kan ändå konstateras att det finns forskning på området.

2.2 Observationer om lasten

Det finns ett antal forskningsartiklar om elektroniska laster och dess elkvalitetsrelaterade problem, t ex i [1], [2], [3], [4], [8].

- För datorer finns det mest studier bland annat om vilka övertoner som enskilda datorer samt större anläggningar släpper ut [5], [6], [8]. Framförallt så finns det mycket tredjeton (150 Hz) i strömmen från datorer, men även femte (250 Hz) och sjunde tonen (350 Hz) omnämns. Det finns också studier om hur man kan modellera datorlasten, som i t ex [7].
- Det finns överlag väldigt få forskningsartiklar om värmepumpar (cirka 250 st) och luftkonditioneringar (cirka 200 st), särskilt om elkvalitetsrelaterade problem. Det finns åtminstone en som har behandlat ämnet i IEEE:s databas [9]. Det finns dessutom en uppsats [10] tillgänglig på Internet som behandlar värmepumpars inverkan på distributionstransformatörer, som dels visar att tredjetonen är störst av övertonerna, dels att övertonerna varierar beroende på pumpens varvtal och slutligen att distributionstransformatörerna måste klassas ned vad gäller överförbar effekt när strömmen är distorderad. För

luftkonditioneringar finns en intressant artikel om den sammanlagrade effekten, se [11].

- För kompaktlysrör (lågenergilampor) finns det väldigt många forskningsartiklar, t ex [12], [13], [14], [15], [16]. Framförallt så finns det mycket tredje tonen (150 Hz) i strömmen från kompaktlysrör, men även femte (250 Hz) och sjunde tonen (350 Hz) finns. Det finns även en del artiklar om hur det går att göra modeller av lågenergilampor, t ex [17].
- Lampor som har en strömställare med dimmer-funktion orsakar övertoner. Dimmer är en slags direktomriktare. Det finns två typer, bakkants- och framkantsreglering, det vill säga dimmer av med transistor respektive tyristor. Det finns få artiklar om detta men det finns t ex [18], [19], [20]. I [18] studeras bland annat hur övertonerna ser ut när det finns många strömställare med dimmer-funktion på samma ställe i elnätet. Övertonernas amplitud kan delvis minskas på grund av att den sammanlagrade effekten av flera stycken strömställare med dimmer-funktion är inställda på olika vinklar, dvs ljuset är olika mycket nedreglerat.
- Elbilar (EV) och laddhybridbilar (HEV³) är något som vi kommer att få se mycket av i framtiden och dessa kommer att konsumera mycket energi. Det betyder också att eventuella övertoner från laddningsstationen/apparaten kan bli mycket stora. Det finns redan nu ett antal artiklar publicerade om detta, t ex [21], [22], [23], [24]. Även här är tredje tonen den dominerande övertonen, men den är inte lika stor som hos datorer och kompaktlysrör. Det beror på att mycket energi krävs för laddningen, varför grundtonen är den dominerande tonen. Dock varierar övertonerna beroende i vilken uppladdningsfas batteriet är. Det är alltså stor skillnad mellan t ex underhållsladdning och snabbladdning. Det finns dessutom en artikel om att distributionstransformatorerna måste klassas ned vad gäller överförbar effekt när strömmen är distorderad på grund av laddning av bilarna [25].

2.3 Observationer i distributionsnätet

Övertoner i den elektriska strömmen och reaktiv effekt som alstras av elektronisk last hos lågspänningsabonnenter samlas upp i distributionsnätet. Först är det naturligtvis distributionstransformatorn som är den som drabbas av detta och måste kunna överföra ström med övertoner och överföra reaktiv effekt. Kablar och luftledning drabbas naturligtvis också. För transformatorn betyder det att den får jobba hårdare och märkeffekten kan behöva klassas ner. Nu är det ju i och för sig så att transformatorer i Sverige i regel dimensioneras så att de kan belastas med 140% av märkeffekten, men denna gräns kan i så fall behövas justeras ner. Det finns som tidigare nämnts artiklar om detta [10], [25], [26]. Som tidigare nämnts kan sammanlagringseffekten av flera elektroniska laster ge en minskad eller utslätande effekt på övertonerna, vilket studerats i [2], [5], [12], [18], [22].

³ HEV är inte helt entydigt, då Toyota Prius klassas som HEV, men ej kan laddas.

Det finns ett flertal studier om hur övertoner i strömmen påverkar distributionstransformatorn.

- Till att börja med så kommer distributionstransformatorn att värmas upp på grund av att strömmen är distorderad, vilket leder till ökade förluster [27], [28]. Temperaturökningen kan mätas upp [27].
- Förlusternas storlek i distributionstransformatorn har studerats bland annat i [29], [30].
- Förluster i transformatorn leder förstås till kostnader, vilket har studerats i [31].
- Eftersom högre belastning (på grund av övertoner eller reaktiv effekt) av distributionstransformatorn leder till att den värms upp mer, så reduceras livslängden [32].

Ovanstående referenser kanske inte alltid kan överföras på svenska förhållanden då distributionsnätet inte ser likadant ut.

2.4 Övertoners inverkan på lasten

Övertoner i strömmen kommer naturligtvis att påverka spänningens kurvform, så att spänningen och får en distorderad kurvform. Abonnenterna drabbas av detta, framförallt de som har motorer där övertoner kommer att leda till att verkningsgraden hos motorn sjunker samt att den värms upp mer [33].

2.5 Åtgärder

Då övertoner och reaktiv effekt inte är bra, är det naturligt att försöka finna lösningar för att minimera dessa. Det kan ske på flera sätt, men det måste finnas incitament. Incitament innebär att det måste finnas kostnadsbesparingar att göra. Några exempel:

- Om det kostar att konsumera reaktiv effekt och övertoner från elbolaget så finns incitament för abonnenten att minska sin dåliga elkvalitet. Det har studerats ibland annat [34], [35], [36].
- Eftersom dålig elkvalitet kan leda till högre förluster hos abonnenten kan det finnas fall då det är direkt lönsamt för abonnenten att installera aktiva filter. Det finns studier som visar på detta, t ex [37].
- Alternativa metoder som till exempel likspänningsnät för lokal eldistribution inom fastigheter kan vara ett alternativ för att minska förluster, övertoner, reaktiv effekt och få ökad tillförlitlighet, vilket diskuteras i [38].

3 Slutsatser

3.1 Slutsatser

De slutsatser som man kan dra är att det har gjorts en del vad gäller att mäta upp vilka övertoner som elektroniska laster har. Dock är det svårt att få en klar bild av hur mycket övertoner som fås för olika elektroniska laster och med vilket konfidensintervall. Samma sak gäller sammanlagringseffekten. När man tittar på kostnaden för elkvalitetsrelaterade problem finns det mycket litet gjort.

3.2 Förslag på framtida studier

Här är några förslag på vad som skulle kunna studeras vad gäller elektroniska laster och dess elkvalitetsrelaterade problem.

- Att göra en uppmätning av övertoner hos olika elektroniska laster och göra en jämförande studie av dem.
- Att göra en uppmätning av sammanlagringseffekten av flera elektroniska laster av samma typ samt sammanlagringseffekten av flera olika laster hos typiska användare, till exempel affärslokaler, bostäder, industrier, kontor, mm.
- Ta fram modeller av elektroniska laster för att kunna simulera olika typer av användare.
- Göra kostnadsberäkningar på vad de elkvalitetsrelaterade problem kostar hos abonnenten, i distributionsnätet, i stamnätet och hos genereringen.

4 Bilagor

4.1 Elnätsproblem vid storskalig användning av olinjär last - internationell utblick

Denna bilaga innehåller en samling korta redogörelser om internationell dokumentation kring detta ämne. Utförare har varit Andrea Badano, Elforsk.

4.1.1 Sammanfattning

Andrea sammanfattar sina intryck från studien, så att det verkar finnas många människor som är oroliga för att storskaligt användande av lågenergilampor leder till störningar på elnätet, men att det inte finns några konkreta exempel på problem utom i enstaka fall, i t.ex varuhus eller hotell med trefasiga installationer för enbart belysning.

I dessa fall kan man få kraftigt ökade strömmar och överhettning av nollledaren om man byter ut alla glödlampor. Vad gäller problematiken kring olinjära laster i allmänhet så verkar det som om det finns lösningar för alla problem. Den olösta och mest debatterade fråga är - vem som ska betala för kostnaderna och vem som ska ansvara för att lösa problemet (tillverkare, konsumenter, elbolagen). Ansvarsfrågan tycks mest handla om befintliga standarder skall modifieras. Vissa författare tar också upp frågan om effektfaktorn och elmätning då elbolagen förlorar ekonomiskt på låg effektfaktor.

4.1.2 ERGREG

I rapporten "THIRD BENCHMARKING REPORT ON QUALITY OF ELECTRICITY SUPPLY"⁴ (CEER, 2005) diskuterar ERGREG Europeisk lagstiftning inom området elkvalitet, inklusive lagstiftning relaterat till spänningskvalitet. Man nämner att spänningskvalitet regleras av standard EN 50160 men att länder som Spanien, Frankrike, Portugal, Norge, och Ungern har krav som är hårdare än de som finns i EN 50160.

Vidare beskriver man hur ett antal länder har krav på allmän mätning av spänningskvalitet::

- **Norge:** Obligatorisk mätning för alla nätbolag av vissa parametrar relaterade till spänningskvalitet. Om kunder rapporterar fel relaterade till andra parametrar måste även dessa mätas
- **Ungern:** Ungerska energimyndigheten äger 400 mätare som periodvis placeras ut slumpmässigt bland landets sex nätbolag.
- **Portugal:** Mätning sker i 61 punkter i högspänningsnätet, 423 punkter i mellanspänningsnätet, samt 1270 punkter i lågspänningsnätet.

⁴ : http://www.autorita.energia.it/pubblicazioni/volume_ceer3.pdf

- **Slovenien:** Nätbolag är skyldiga att mäta alla obligatoriska parametrar i EN 50160
- **Italien:** AEEG har bett systemoperatören att mäta spänningskvalitet i 100 punkter i högspänningsnätet. Arbete pågår för att installera 400 mätare i mellanspänningsnäten.
- **Spanien:** Myndigheter och nätbolag förhandlar om att installera mätare i 10 % av ledarskenorna (busbars).
- **Tjeckien:** Planer för att installera mätare i alla punkter mellan hög och mellanspänningsnäten.

Därefter diskuteras kraven kring individuell mätning av spänningskvalitet. Många EU-länder har regler som säger att kunder som upplever problem kan be nätbolaget att installera mätare i kundens uttagspunkt. Alternativt kan kunden själv installera mätare om denna uppfyller de krav som nätbolaget ställer. Bland de länder som inte har några krav inom detta område återfinns Storbritannien, Spanien, och Grekland.

Slutligen nämns att i Frankrike kan enskilda kunder teckna specialkontrakt med specifika kvalitetsnivåer. Dessa kunder måste ha specialmätare installerade. Mätare bekostas av nätbolag eller kund.

Under 2007 höll ERGREG en konsultation⁵ för att utreda om det fanns något intresse att modifiera EN 50160. Man fick 27 svar, varav 14 från elbolag eller branschorganisationer som representerar elbolag. Svar kom från 14 olika länder. Flest svar kom från Italien och Ungern. Från Sverige kom ett svar från M.H. J. Bollen från STRI AB (tillsammans med Paula Verde från Universitetet i Cassino).

4.1.3 Italien

CESI - Ricerca di Sistema
QUAFOR-projektet (2000-2003) hade som mål att ta fram metodologi, instrument och innovativa lösningar för att främja elkvalitet, dels genom att garantera en viss kvalitet i överföringen, dels genom att minimera störningar som uppstår p.g.a. anslutna apparater. Ett 50-tal rapporter handlar om olika aspekter av elkvalitet. När det gäller harmonisk distorsion så har fokus varit på att ta fram bättre metodologi för att evaluera störningarna, speciellt i samband med mikrogeneration som förväntas öka i framtiden. Även skärpning av gällande normer tas upp.

CESI har utvecklat ett system för övervakning av mellanspänningsnätet som inkluderar harmonisk distorsion. En beskrivning finns på engelska i rapporten: **The power quality monitoring of the MV network promoted by the Italian regulator: objectives, organizational issues, 2006 statistics**⁶. Systemet består av 600 mätpunkter samt ett centralsystem för datalagring.

⁵ http://www.energy-regulators.eu/portal/page/portal/EER_HOME/EER_CONSULT/ARCHIVE/ELECTRICITY/Voltage%20Quality/BG

⁶ http://www.cired.be/CIRED07/pdfs/CIRED2007_0042_paper.pdf

Till centralsystemet finns även en webbplats⁷ där man kan komma åt mätvärden. Ägare till mätpunkter kan komma åt detaljerad information om en mätpunkt genom att logga in med ett lösenord. Det finns även ett publikt gränssnitt där man kan få aggregerad information. Webbplatsen låter användare välja ett antal olika elkvalitetsparametrar: Supply voltage, Supply voltage dips, Supply voltage unbalance, Voltage interruptions, Flicker, Supply voltage Total Harmonic Distortion, Load Current och Load Current Total Harmonic Distortion. Dessa kan sedan ses per: Network type (Overhead - Cable – Mixed), Network Extension, Neutral condition (Isolated Neutral - Compensated Neutral), Rated Voltage, Rated power of the HV/MV transformer, MU location (HV/MV Substations - MV/LV Substations)

ENEL

"... power quality seems to be a problem only in particular networks for very few

customers... the voltage quality complaints we receive are negligible with respect to the number of our customers. Moreover complaints are often focused on interruptions and deep voltage dips". Svar till ERGEG konsultation Towards Voltage Quality Regulation in Europe. Dock konstaterar Enel på annat håll i generella termer att ökningen av olinjära laster och av mikrogenerationen kommer att innebära nya utmaningar i framtiden och efterlyser samarbete med tillverkare av apparatur.

4.1.4 Frankrike

I samband med införlivandet av direktivet om avregleringen av elmarknaden trädde nya föreskrifter för anslutning till elnätet i kraft. Innan en ny anläggning (produktion eller konsumtion) kopplas in måste det berörda nätbolaget genomföra studier på tre olika nivåer. Målet är att identifiera elkvalitetsproblem som den nya anläggningen kan medföra och att hitta den bästa möjliga inkopplingspunkten ur elkvalitets synpunkt.

Första nivån innebär att identifiera den nya anläggningens egenskaper och göra en generisk studie av hur den kommer att påverka nätet. På andra nivån evalueras mer specifikt olika elstörningar (flicker, obalans, övertoner och försvagning av den signal som används för att signalera nivån på elpriset till elanvändarna (TCFM – 175 Hz, påverkas av microgeneration)). Tredje nivån innebär en mer detaljerad studie av vad de identifierade störningarna kommer att innebära för elnätet.

När det gäller övertoner så är elanvändaren skyldig att se till att de etablerade gränserna respekteras och dessa inte drabbar andra användare.

När det gäller befintliga anläggningar så verkar det vara EDF i sin roll som elleverantör (competitive advantage) som erbjuder elkvalitetstjänster. Tjänsten "Excelis" är riktad till företag och innebär att EDF identifierar orsaken till befintliga störningar, estimerar kostnaderna associerade till dessa störningar samt föreslår lösningar.

⁷ <http://queen.ricercadisistema.it/Theprojectinbrief.aspx>

Den ekonomiska analysen omfattar både direkta kostnader (sanktioner, inkomstbortfall, kostnader för att åtgärda störningarna, osv.) och indirekta kostnader (förlorad data, negativ påverkan av företagets image, osv..)

För stora kunder som har valt att vara kvar i den reglerade marknaden erbjuder EDF ett antal kontrakt (Emeraude) där vissa nivåer på elkvalitet utlovas. Kontrakten som finns på EDFs webbsida (på franska, [1-50 kV](#) och [≥ 50 kV](#) har inte uppdaterats sen 1998. Den globala distorsionen får inte överstiga 8% och de accepterade nivåerna för övertonerna är (CEI 61000-2-1 et 61000-2-2):

Udda övertoner				Jämna övertoner	
Ej multipler av 3		Multipler av 3			
Ordning	Gräns (%)	Ordning	Gräns (%)	Ordning	Gräns (%)
5	6	3	5	2	2
7	5	9	1,5	4	1
11	3,5	15 och 21	0,5	6 till 24	0,5
13	3				
17	2				
19,23 och 25	1.5				

Studier:

State of play of the harmonic levels on the French low-voltage networks (EDF, 2003)⁸ Med anledning av ökningen av olinjära laster som kopplas till elnätet av enskilda användare började EDF under 2000 kartlägga förekomsten av dessa laster i det franska lågspänningsnätet. Projektet har som mål dels att kartlägga störningsnivån och hur den skiljer sig från max. gränserna, dels att se hur störningsnivån utvecklas under flera års tid.

Det finns publicerade resultat för det första året. Slutsats: *If the increase of harmonic levels is confirmed, the situation on the French distribution networks will be critical in the medium term. In this case, more efficient solutions will have to be applied, and, in particular, more severe emission limits for equipment and installations.*

4.1.5 Argentina

Argentina brukar drabbas av allvarliga avbrott på sommaren och energi effektivisering har getts högsta prioritet. Belysning står för 32 % av hushållens elräkning. Det pågår en stor satsning för att gå över till lågenergilampor (CFL). Försäljning, tillverkning eller import av vanliga glödlampor kommer att förbjudas efter 2010. Inom ramen för ett statsfinansierat energieffektiviseringsprogram kommer 25 miljoner lågenergilampor att delas ut de närmaste 3 åren. Personal från nätbolagen kommer att göra husbesök för att dela ut lamporna och informera om fördelarna.

⁸ <http://www.cired-s2.org/Sessions/2003/Documents/Papers/R%202-31.pdf>

Innan kampanjen drog igång beställde regeringen ett antal studier av lågenergilampornas påverkan på elnätet. Studierna har genomförts av universitetet i Buenos Aires (UBA).

- **Harmoniska lastkomponenter och deras effekt på elnätet**⁹ (UBA, 2003): en kort sammanfattning finns på engelska: *The steady increase in harmonic pollution creates new problems in electricity distribution networks. In this area, power factor correction and the neutral conductor deserve attention. In this paper we present an approach to dealing with this problem.*
- **Effekten på elnätet av storskalig användning av kompakta fluorescanta lampor**¹⁰. (UBA, 2006). En av slutsatserna är att förekomsten av hushållsapparater med linjär last döljer den harmoniska distorsionen. Man har inte observerat en markant försämring av effektfaktorn och man har inte observerat allvarliga problem i distributionsnätet även om förekomsten av lågenergilampor har ökat. Givet lampornas låga effekt så förväntar man inte allvarliga störningar som kan t.ex. vara fallet i Europa där elektronik används för att styra vattenbereddare eller uppvärmning av bostäder. Men det finns undantag: t.ex. trefasiga belysningsinstallationer där alla vanliga glödlampor ersätts, vilket leder till kraftigt ökade strömmar och överhettning av nollledaren (t.ex. hotell eller varuhus). Slutsatsen pekar även på internationella studier som har dragit samma slutsats: att en storskalig användning av lågenergilampor verkar inte påverka elnätet nämnvärt.

Andra Studier:

- **Effektfaktorn och Effektiv Energianvändning i hushållssektorn**¹¹ (UBA, 2006) Studien pekar på den förändring som har skett i lasternas egenskaper. Trenden är att resistiv last försvinner (vanliga glödlampor, elektrisk uppvärmning, elspisar, vattenbereddare som ersätts av naturgas) och att induktiv last ökar. Detta har lett till en försämring av den genomsnittliga effektfaktorn. I Buenos Aires underskrider den accepterade nivån, 0.85. Studien diskuterar hur effektfaktorn kan korrigeras. Tillverkare av hushållsapparater, särskilt tvättmaskiner, torktumlare och kylskåp får kritik för deras bristande intresse i att höja effektfaktorn, vilket författaren anser kan göras på ett mycket enkelt sätt. Författaren anser inte att det är rimligt att elbolagen skall stå för kostnaderna för att åtgärda distorsioner eftersom dessa kostnader skulle passeras till elkunderna i form av högre faktura. Författaren efterlyser hårdare regler för hushållsapparater och lågenergilampor.

4.1.6 Brasilien

Belysning står för 17 % av elanvändning i Brasilien, eller ca 61 TWh (2004).

⁹ <http://www.fi.uba.ar/materias/6509/Art%EDculos%20Arm%F3nicos/Paper%20GEA%20Arm%F3nicos%20en%20redes.doc>

¹⁰ <http://energia3.mecon.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=2523>

¹¹ http://www.biel.ixmf.com/PDF/eventos/ct2007/C16_BRUGNONI_Mario_Anexo_1.pdf

2005 var ungefär 35 % av alla lampor kompakta lågenergilampor . Efter 2010 kommer tillverkning, försäljning och import av glödlampor att vara förbjudet.

Studier:

Diagnosis about the use of compact fluorescent lamps (CFL) as promoting energy efficiency in lighting systems in Brazil. 2008.

University of São Paulo, 2008. Abstract finns på engelska: *The increase of energy consumption in Brazil together with supply problems in the 90s during a period of bad hydrological conditions gave reasons for concern and urged a search for ways to increase energy efficiency. Quality of power was not a priority, loads were not so sensitive nor the existing processes demanded as much as quality of supply. Concern about quality of energy supply increased, mainly in the industrial sector, with the increase of the competition in the domestic markets and overseas. Bad quality of supply led to less profit. This study aims to show results of an experimental survey about compact fluorescent light bulbs with integrated reactor, and some consequences of its generalized use.* Studien har gjort en kartläggning av den harmoniska distorsionen (THDV och THDI) hos olika lågenergilampor (i ett labb) och ett antal simuleringar av typhushåll. Stora variationer förekom mellan de olika tillverkarna. Slutsatsen var att även om stora individuella harmoniska distorsioner förekommer dämpas dessa ut, men att en storskalig användning av lågenergilampor kräver att hårda krav ställs på dessa lampors effektfaktor.

Slutligen citeras en internationell studie (Brauner and Wimmer, 1995) som har kommit fram till att lågenergilampor påverkar inte distributionsnätet nämnvärt.

4.1.7 Sverige

I rapporten " Some consequences for the power grid of high densities of electronic equipment"¹² (Luleå U., 2004?) beskrivs en studie av konsekvenserna av mycket höga koncentrationer av elektronisk utrustning. Mätningar genomfördes och man kom fram till att höga koncentrationer av elektronisk utrustning kunde leda till höga magnetiska fält, överbelastade kablar med risk för brand, samt risk för störningar av kommunikations och säkerhetssystem.

I licenciatsarbetet "High-frequency distortion in power grids due to electronic equipment"¹³ (Luleå U., 2006) studeras hur elektronisk utrustning kan leda till högfrekvent distorsion. Studien baseras på tester utförda i laboratoriemiljö. Främsta resultatet är att största problemet kommer från den s.k. "zero crossing distortion". Denna effekt ökar linjärt med antalet elektroniska enheter som är uppkopplade.

¹² http://www.ltu.se/polopoly_fs/1.16154!1st_lhtc_almb.pdf

¹³ <http://epubl.ltu.se/1402-1757/2006/63/index.html>

I rapporten "Compact Fluorescents in Residential Lighting"¹⁴ (Energimyndigheten, 2006) argumenterar Kalle Hashmi från Energimyndigheten att storskalig introduktion av flourescenta lampor i Sverige inte skulle påverka elnäten i nämnvärd omfattning.

4.1.8 Serbien & Grekland

I rapporten "The voltage distortion in low-voltage networks caused by compact fluorescent lamps with electronic gear"¹⁵ (University of Belgrade, National Technical University of Athens, 2004) beskrivs ett forskningsprojekt med syfte att undersöka i hur pass stor omfattning man kan använda flourescenta lampor i kommersiella fastigheter utan att störningar överstigande acceptansnivåer i internationella standarder uppstår. Man kommer fram till att flourescenta lampor inte får stå för mer än 10 % av den totala lasten. Rapporten är bara tillgänglig mot betalning.

I rapporten (samma projekt som ovan?) "Influence of large-scale installation of energy saving lamps on the line voltage distortion of a weak network supplied by photovoltaic station"¹⁶ (National Technical University of Athens, 2004) beskrivs ett forskningsprojekt för att undersöka effekten av storskalig introduktion av kompakta flourescenta lampor. Mätningar i laboratorier samt på en mindre grekisk ö används som underlag för simuleringar där tre olika scenarier (grad av installation av flourescenta lampor) studeras. Rapporten är bara tillgänglig mot betalning.

4.1.9 Nya Zeeland

I rapporten "Technical specifications for compact fluorescent lamps with integral ballast"¹⁷ (Energy Efficiency Standards Coordinator, 2006) diskuteras flourescenta lampors användning i Nya Zeeland. Man omnämner standarden IEC 61000-3-2. Vidare påpekas att låg effektfaktor ökar belastningen på elnätet och ger högre nätförluster. Stora elkonsumenter (t.ex. hotell) med effekttariffer vinner på CFL:er med hög effektfaktor. Vidare påpekas att övertoner genererar extra värme, stör trådlösa enheter, och stör ripple-control-system (speciellt i Nya Zeeland?). Övertoner kan även störa, och i vissa fall förstöra, andra elektroniska apparater.

¹⁴ <http://www.iea.org/Textbase/work/2007/cfl/Sweden.pdf>

¹⁵ http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6V30-4DD8JD0-1&_user=10&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&view=c&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=6613049a8232efdb13f18b91ac30315e

¹⁶ <http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=16178604>

¹⁷ <http://www.electricitycommission.govt.nz/pdfs/opdev/elec-efficiency/CFL-stds.pdf>

4.1.10 USA

I rapporten "Taming the Ubiquitous Nonlinear Load"¹⁸ diskuterar olika tekniker för att skydda sig mot de störningar som uppstår pga storskalig användning av enheter med ickelinjär last. Rapporten nämner även standarden IEEE 519-1992.

I rapporten "Power Quality Implications Of Compact Fluorescent Lamps In Residences"¹⁹ (1999) argumenterar NEMA (National Electrical Manufacturers Association) att storskalig användning av flourescenta lampor inte orsakar några problem på elnätet. Främsta anledningen är att den ström som dras av dessa lampor är försumbar med de strömmar som dras av andra enheter i typiska amerikanska hem:

As the use of non-linear load products continues to grow, and as higher power devices are developed, future potential problems can best be avoided by developing and adopting fair, reasoned, practical requirements for key product sectors, including lighting. There is no compelling argument that can be made for the implementation of immediate, severe harmonic limits from low power distributed non-linear loads.

Tillverkaren OSRAM Sylvania är inne på samma linje på sin web-site²⁰:

The harmonic generation and resulting power factor of these lamps may cause the neutral wire in a four wire system (WYE) to be overloaded but only if the "maximum number per circuit" specification is exceeded. HPF compact fluorescent lamps will have no detrimental effect on the electrical system.

I rapporten "Normal Power Factor Operation of Low Wattage, Hard Wired Electronic Ballasts"²¹ omnämns standarderna ANSI C82.77 samt IEC 61000-3-2.

4.1.11 Kanada

I artikeln "Reduction of the net harmonic current produced by single-phase non-linear loads due to attenuation and diversity effects"²² (1997) beskrivs simuleringar och laborietester med följande utfall:

¹⁸http://findarticles.com/p/articles/mi_m0BPR/is_8_17/ai_64690217/print

¹⁹http://www.neptunlight.com/files/Power_Quality_CFLs.pdf

²⁰<http://www.sylvania.com/content/display.scfx?id=003680184>

²¹http://www.gelighting.com/na/business_lighting/education_resources/literature_library/white_papers/download/123657_normal_power_factor_ballast_operation.pdf

²²http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6V2T-3W7PRXC-4&_user=10&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&view=c&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=34f223286c0e86f408391a32cd20a995

The main conclusion of this work is that neglecting the source impedance will result in overestimating the current harmonics produced by non-linear loads. The harmonic levels are reduced due to both attenuation and diversity of harmonic phase angles among different load types. We also conclude that using a combination of different load types can result in a reduction of the current distortion.

4.1.12 Australien

Rapporten "The environmental impact of compact fluorescent lamps and incandescent lamps for Australian conditions"²³ (University of Southern Queensland, 2006) innehåller en allmän jämförelse mellan flourescenta och normala glödlampor med fokus på användning i Australien. Man beskriver ett antal mätningar för att undersöka om storskalig användning av flourescenta lampor kan störa elnätet. Inga klara resultat framkommer. Problem kan uppstå. Man hänvisar till undersökningar i Egypten och Grekland som påvisar detta.

I rapporten "Simulation of Power Quality Problems on a University Distribution System"²⁴ Electric Power Design Institute, Kina och University of Queensland, inget datum) beskrivs simulering av störningar av elnät tillhörande ett universitet i Australien. Man rapporterar att spänningsövertoner (voltage harmonic distortion level) var acceptabla medan strömövertoner (harmonic current) överskred de gränser som sätts av internationella standarder.

4.1.13 Iran

I rapporten "Practical checking of current harmonies in CFL simultaneous use with other electrical home appliances"²⁵ rapporteras om praktiska mätningar som har gett följande resultat:

- Enskilda CFL:er, datorer, eller tv-apparater kan generera störande övertoner men när resistiva enheter som vanliga lampor eller normala hushållsapparater sätts på drar dessa så mycket ström att övertonerna inte längre märks
- Om man ersätter 60 % av de vanliga glödlamporna i ett hem med CFL:er ger detta inga märkbara negativa effekter på effektfaktorn)

I rapporten "Harmonics Effects Study of Compact Fluorescent Lamps Application in Large Scale"²⁶ beskrivs en pilotstudie där 1500 CFL:er delades ut till hushåll. Resultaten visar att effektoppar reducerades medan effektfaktorn påverkades endast minimalt.

²³ <http://www.eeca.govt.nz/eeca-library/products/lighting/fact-sheet/environmental-impact-of-cfls-07.pdf>

²⁴ <http://citeseer.ist.psu.edu/cache/papers/cs/23828/http:zSzzSzwww.elec.uq.edu.au/Sz~sahazSzpgpaper.pdf/queensland.pdf>

²⁵ <http://www.noorgostarco.com/papers.htm#5>

²⁶ <http://www.noorgostarco.com/papers.htm#6>

4.1.14 Egypten

Rapporten "Impact of using compact fluorescent lamps on power quality"²⁷ omnämns i andra rapporter och verkar intressant. Tyvärr har den inte gått att få tag på varför det återstår att utreda om den har något att bidra med.

4.1.15 Sydafrika

I en presentation av "Ecolec EC 570 Prepayment Meter"²⁸ noteras att många sydafrikanska elkonsumenter endast har 20W flourecenta lampor för belysning samt att elmätare ofta inte klarar av att mäta förbrukning från dessa lampor.

²⁷ http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=1374641

²⁸

https://www.sabs.co.za/business_units/Design_Institute/Awards/Institute/2002/index.aspx

5 Referenser

- [1] Sharma, V.K. Moinuddin Doja, M.N. Ibraheem Khan, M.A., "Power quality assessment and harmonic comparison of typical nonlinear electronic loads". Proceedings of IEEE International Conference on Industrial Technology 2000. Volume, 1, page(s), 729 - 734 vol.2
- [2] Mansoor, A. Grady, W.M. Chowdhury, A.H. Samotyi, M.J., "An investigation of harmonics attenuation and diversity among distributed single-phase power electronic loads" Proceedings of the Transmission and Distribution Conference, 1994. ISBN, 0-7803-1883-8.
- [3] Grady, W.M.; Mansoor, A.; Fuchs, E.F.; Verde, P.; Doyle, M.; Estimating the net harmonic currents produced by selected distributed single-phase loads: computers, televisions, and incandescent light dimmers IEEE Power Engineering Society Winter Meeting, 2002. Volume 2, 27-31 Jan. 2002 Page(s): 1090 - 1094 vol.2
- [4] Munasinghe, K.D.A. Abeyratne, S.G., "Power Quality And Harmonic Loads". Ceylon Electricity Board. First International Conference on Industrial and Information Systems, 8-11 Aug. 2006 Pages, 52 – 57. Peradeniya. ISBN, 1-4244-0322-7
- [5] Mansoor, A., Grady, W.M., Staats, P.T., Thallam, R.S., Doyle, M.T., Samotyj, M.J., Predicting the net harmonic currents produced by large numbers of distributed single-phase computer loads. IEEE Transactions on Power Delivery, Volume 10, Issue 4, Oct. 1995 Page(s),2001 – 2006.
- [6] Koval, D.O., Carter, C.,Power quality characteristics of computer loads IEEE Transactions on Industry Applications, Volume 33, Issue 3, May-June 1997 Page(s),613 - 621
- [7] Liang Jiao, Koval, D., Salmon, J., Xu, W., Modelling the power quality characteristics of computer loads. IEEE Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering, 1999 Volume 3, 9-12 May 1999 Page(s),1283 - 1288 vol.3
- [8] Ming-Yin Chan, Ken KF Lee and Michael WK Fung: A Case Study Survey of Harmonic Currents Generated from a Computer Centre in an Office Building. Architectural Science Review Volume 50.3, pp 274-280
- [9] Balda, J.C., Olejniczak, K.J., Tirumala, R., Samotyj, M.J., Barbre, B., A study of voltage distortion caused by variable speed high-efficiency heat pumps. Conference Record of the 1993 IEEE Industry

- Applications Society Annual Meeting, 1993., 2-8 Oct. 1993 Pages 1579 – 1585, vol.2
- [10] Kevin G. Karagory: The Impact of Adjustable Speed Drive Heat Pumps on Distribution Transformers. Purdue University School of Electrical Engineering, 1992. <http://docs.lib.purdue.edu/ecetr/261>
- [11] Gorgette, F.A.; Lachaume, J.; Grady, W.M.; Statistical summation of the harmonic currents produced by a large number of single phase variable speed air conditioners: a study of three specific designs IEEE Transactions on Power Delivery, Volume 15, Issue 3, July 2000 Pages 953 - 959
- [12] Korovesis, P.N., Vokas, G.A., Gonos, I.F., Topalis, F.V., Influence of large-scale installation of energy saving lamps on the line Voltage distortion of a weak network supplied by photovoltaic station IEEE Transactions on Power Delivery, Volume 19, Issue 4, Oct. 2004 Page(s),1787 - 1793
- [13] Carrillo, C., Cidras, J., Harmonic model for the fluorescent lamp Proceedings. 8th International Conference on Harmonics And Quality of Power, 1998. Volume 2, 14-16 Oct. 1998 Page(s),1211 - 1217 vol.2
- [14] G. W. Chang, "Characterizing harmonic currents generated by fluorescent lamps in harmonic domain," IEEE Trans. Power Del., vol. 20, no. 4, pp. 1687–1689, Oct. 2003.
- [15] Chang, G. W., Liu, Y. J., A New Approach for Modeling Voltage–Current Characteristics of Fluorescent Lamps IEEE Transactions on Power Delivery Volume PP, Forthcoming, 2003 Page(s),1 - 3
- [16] Verderber, R.R., Morse, O.C., Alling, W.R., Harmonics from compact fluorescent lamps IEEE Transactions on Industry Applications, Volume 29, Issue 3, May-June 1993 Page(s),670 - 674
- [17] M. Sun and B. L. Hesterman, "PSpice high-frequency dynamic fluorescent lamp model," IEEE Trans. Power Electron., vol. 13, no. 2, pp. 261–272, Mar. 1998.
- [18] Guerin, P.; Machmoum, M.; Benkhoris, M.F.; Le Doeuff, R.; Harmonics in multiple light dimmer systems IEEE 4th Workshop on Computers in Power Electronics, 1994, 7-10 Aug. 1994 Page(s):313 – 318
- [19] Datta, S.; Power pollution caused by lighting control systems Conference Record of the 1991 IEEE Industry Applications Society Annual Meeting, 199128 Sept.-4 Oct. 1991 Pages 1842 - 1852 vol.2
- [20] Didier Bozec, David Cullen and Les McCormack: "An Investigation Into The Emc Emissions From Switched Mode Power Supplies And Similar Switched Electronic Load Contollers Operating At Various

- Loading Conditions". http://www.yorkemc.co.uk/conferences/emcYork2003/potm/2004-01_SMPS-and-SELC.pdf
- [21] Gomez, J.C., Morcos, M.M., Impact of EV battery chargers on the power quality of distribution systems. IEEE Transactions on Power Delivery, Volume 18, Issue 3, July 2003, Pages 975 - 981
- [22] Staats, P.T., Grady, W.M., Arapostathis, A., Thallam, R.S., A statistical method for predicting the net harmonic currents generated by a concentration of electric vehicle battery chargers IEEE Transactions on Power Delivery, Volume 12, Issue 3, July 1997 Pages 1258 - 1266
- [23] Chan, M.S.W., Chau, K.T., Chan, C.C., Modeling of electric vehicle chargers. Proceedings of the 24th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, 1998. IECON '98 Volume 1, 31 Aug.-4 Sept. 1998, Pages 433 – 438, vol.1
- [24] J. A. Orr, A. E. Emanuel, and K. W. Oberg, "Current Harmonics Generated by a Cluster of Electric Vehicle Battery Chargers," IEEE Trans. on PAS, vol. 101, no. 3, pp. 691-699, March 1982.
- [25] Staats, P.T. Grady, W.M. Arapostathis, A. Thallam, R.S.: A procedure for derating a substation transformer in the presence of widespread electric vehicle battery charging. IEEE Transactions on Power Delivery Oct 1997 Volume: 12, Issue: 4, pages 1562-1568. ISSN: 0885-8977
- [26] Fuchs, E.F.; Dingsheng Lin; Martynaitis, J.; Measurement of three-phase transformer derating and reactive power demand under nonlinear loading conditions IEEE Transactions on Power Delivery, Volume 21, Issue 2, April 2006 Page(s):665 - 672
- [27] Bishop, M.T., Gilker, C., "Portable harmonics meter evaluates transformer heating". IEEE Computer Applications in Power, Volume 5, Issue 4, Oct. 1992.
- [28] Hwang, M.D., Grady, W.M., Sanders, H.W., Jr., Calculation of winding temperatures in distribution transformers subjected to harmonic currents IEEE Transactions on Power Delivery, Volume 3, Issue 3, July 1988 Page(s),1074 – 1079
- [29] Hwang, M. S., Grady, W. M., Sanders, H. W., Distribution Transformer Winding Losses Due to Nonsinusoidal Currents IEEE Transactions on Power Delivery, Volume 2, Issue 1, Jan. 1987 Page(s),140 – 146
- [30] Damnjanovic, A. Feruson, G., "The measurement and evaluation of distribution transformer losses under nonlinear loading". IEEE Power Engineering Society General Meeting, 2004. Page(s), 1416 - 1419 Vol.2. ISBN, 0-7803-8465-2

- [31] Goethe, P.K., Goethe, W.D., How core losses affect operating costs for transformers delivering non-sinusoidal loads. Proceedings Electrical Insulation Conference and Electrical Manufacturing & Coil Winding Conference, 1999. 26-28 Oct. 1999 Page(s),231 - 234
- [32] Pierrat, L. Resende, R.J. Santana, J., "Power transformers life expectancy under distorting power electronic loads" Proceedings of the IEEE International Symposium on Industrial Electronics, 1996. ISIE '96, Volume, 2, page(s), 578 - 583 vol.2 ISBN, 0-7803-3334-9
- [33] Lin, D., Batan, T., Fuchs, E.F., Grady, W.M., Harmonic losses of single-phase induction motors under nonsinusoidal voltages IEEE Transaction on Energy Conversion, Volume 11, Issue 2, June 1996 Page(s),273 – 286.
- [34] Talacek, P.J., Watson, N.R., Marginal pricing of harmonic injections, an analysis of the resulting payments IEEE Transactions on Power Systems, Volume 17, Issue 3, Aug. 2002 Page(s),640 - 645
- [35] M. L. Baughman and S. N. Siddiqi, "Real-time pricing of reactive power, Theory and case study results," IEEE Trans. Power Syst., vol. 6, pp. 23–29, Feb. 1991.
- [36] Joon Young Choi, Seong-Hwang Rim, Jong-Keun Park, Optimal real time pricing of real and reactive powers IEEE Transactions on Power Systems, Volume 13, Issue 4, Nov. 1998 Page(s),1226 - 1231
- [37] Grady, W.M.; Samotyj, M.J.; Noyola, A.H.; Minimizing network harmonic voltage distortion with an active power line conditioner IEEE Transactions on Power Delivery, Volume 6, Issue 4, Oct. 1991, Pages 1690 – 1697.
- [38] D. Salomonsson and A. Sannino, "Low-voltage dc distribution system for commercial power systems with sensitive electronic loads," IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 22, no. 3, pp. 1620 - 1627, Jul. 2007
- [39] Tong, D.; Nikolaenko, V.G.; Ginbey, N.; Lau, I.; Harmonic propagation in transmission system with multiple capacitor installations International Conference on PowerCon 2000. Power System Technology, 2000. Proceedings Volume 2, 4-7 Dec. 2000 Page(s):1007 - 1012 vol.2

6 Förkortningar

Förkortning	Engelska	Svenska
AC	Alternating Current	Växelström
ASD	Adjustable Speed Drive	Varvtalsstyrd maskin
DC	Direct Current	Likström
EU	European Union	Europeiska unionen
EV	Electric Vehicle	Elbil
HEV	Hybrid electric vehicle	Hybridbil
HID	High Intensity Discharge	
HVDC	High Voltage Direct Current	Högspänd likström
LED	Light Emitting Diode	Lysdiod
PQ	Power Quality	Elkvalitet
VSAC	Variable Speed Air Conditioner	Varvtalsstyrd luftkonditionering