

Utveckling Elkvalitet

Slutrapport

Elforsk rapport 04:46

Utveckling Elkvalitet

Slutrapport

Elforsk rapport 04:46

Utveckling Elkvalitet

Slutrapport

Elforsk rapport 04:46

John Åkerlund

Förord

Huvudsyftet med projektets Utveckling Elkvalitet (UE) har varit att skapa ny och aktuell kunskap om elkvalitet, sammanställa och sprida överskådlig information om elkvalitet inom intressentkretsen, elnätsbolag, elanvändare, myndigheter, universitet, högskolor, konsulter och utrustningsleverantörer.

Projektet har letts av en styrgrupp som tillsats av finansiärerna som är elbranschen genom Elforsk, Energimyndigheten och Teknikföretagen Elindustriföreningen.

Styrgruppen har bestått av följande deltagare:

Mats Wahlberg från Skellefteå Kraft Elnät AB, Ordförande i styrgruppen

Åke Sjödin Elforsk AB, Projektledare

John Åkerlund, UPN AB, Sekreterare

Anneli Jakobsson, Statens energimyndighet

Anders Johansson, Statens energimyndighet

Erik Thunberg, Svenska Kraftnät

Åke Ceder, Vattenfall Eldistribution AB

Ulf Thorén, Sydkraft Nät AB

Gösta Bengtsson, Göteborg Energi Nät AB(till 040201)

Gunilla le Dous, Göteborg Energi Nät AB

Eskil Agneholm, Fortum Distribution AB

Åke Danemar, Teknikföretagen

Finansiärer har varit:

Sollentuna Energi, Umeå Energi, Gävle Energi, Tekniska verken Landskrona, Vattenfall,

Skellefteå kraft, Sydkraft Elnät, Fortum Distribution, Eskilstuna Energi & Miljö, C4

Elnät, Göteborg Energi, Lunds Energi, Falkenberg Energi, Varberg Energi, Nacka Energi,

Statens energimyndighet, Svenska Kraftnät, Jämtkraft samt ELIF inom Teknikföretagen.

Följande delrapporter finns i projektet:

04:43 Kartläggning av spänningsdippar i olika typer av elnät (Bilaga A1)

04:42 Elkunders störningskostnader (Bilaga A2)

04:40 EMC, elkvalitet och elmiljö – guide för elanvändare och allmänt sakkunniga inom elområdet (Bilaga B1)

04:46 Frekvensomriktare - guide för elanvändare och allmänt sakkunniga inom elområdet. (Bilaga B2)

04:45 Upphandling av elektriska installationer och anläggningar med avseende på elkvalitet – guide för elanvändare och allmänt sakkunniga inom elområdet. (Bilaga B3)

04:41 Teknisk beskrivning av spänningsdippar och korta avbrott (Bilaga B4)

Sammanfattning

Elforsk har gjort ett antal projekt inom elkvalitet sedan mitten av 1990-talet. Åren 1993-1994 gjordes mätningar av övertoner i tåtnät samt studier av övertoner inom sjukhus m.m. År 1999 utarbetades ett Förslag till FoU-program. Under slutet av 2001 diskuterades starten av ett utvecklingsprojekt inom elkvalitet i samarbete med Energimyndigheten och Verkstadsföreningens Elindustriförening sedermera Teknikföretagen inom Svenskt Näringsliv. Våren 2002 startades Projekt Utveckling Elkvalitet, som nu har pågått under två år, sedan juni 2002. Det avslutas i juni 2004.

Huvudsyftet med projektets Utveckling Elkvalitet (UE) är att skapa ny och aktuell kunskap om elkvalitet, sammanställa och sprida överskådlig information om elkvalitet inom intressentkretsen bland elnätsbolag, och elanvändare samt bland myndigheter, på universitet, bland konsulter och bland utrustningsleverantörer. I samband med ett första nätverksmöte och rådslag beslutades att prioritera kunskapsuppbyggnad om spänningsdippar (dipp) och korta avbrott, samt sammanställa användarnas kostnader för detta i enlighet med Elforsks och finansiärernas uppläggning av projektet. Beträffande undersökningar om övertoner och hf-brus i elnätet var den allmänna meningen att dessa inte utgör något stort problem och kan nedprioriteras. Projektet har därför koncentrerat sina resurser på dippar och avbrottskostnader och elkvalitetsfrågor i olika sammanhang i kunders anläggningar samt tittat på elkvalitetsfrågor i framtida elanvändning såsom el för hemsjukvård och el för telekommunikation och Internet. Projektet har haft fyra huvudbeståndsdelar:

1. Kunskapsplats för Elkvalitet (KFE) som har hållit 7 nätverksmöten och seminarier om olika ämnen inom elkvalitet. KFE:s syfte har varit att samla ett stort nätverk av personer med intresse för elkvalitetsfrågor.
2. Framställa kunskapssammanställningar - guider om viktiga och aktuella ämnen inom elkvalitet. Syftet är att dessa ska vara överskådliga guider som riktar sig till allmänt sakkunniga inom elområdet.
3. En förstudie om förekomst och karaktär av dippar i olika typer av nät.
4. En förstudie om kunders kostnader som kan förknippas med dippar och korta elavbrott.

Projekts resultat kan likaså indelas i fyra huvuddelar.

Kunskapsplats för Elkvalitet (KFE) har blivit mycket uppskattat i intressentkretsen och nätverket av personer med intresse av elkvalitet. KFE har framgångsrikt etablerat ett levande nätverk med elkvalitetskunniga personer bland elnätsbolag, stora industriföretag, utrustningsleverantörer, myndigheter, universitet samt konsulter som är verksamma inom forskning och konsulting inom elkvalitet. Nätverket har tillsammans en stor samlad erfarenhet och kompetens. Det är också en stor resurs för spridning av kunskap och information till andra viktiga aktörer inom elbranschen och till dess kunder. Det vore ett stort värde för utveckling av god elkvalitet om det gick att finna former för att vidmakthålla detta nätverk i framtiden. Genom tvärkontakt information och dialog inom nätverket kan underlag för riktiga beslut fattas som kan ge underlag för en utveckling mot en god elkvalitet och låga kostnader vid användning av el.

Projektet har producerat fyra guider om elkvalitet:

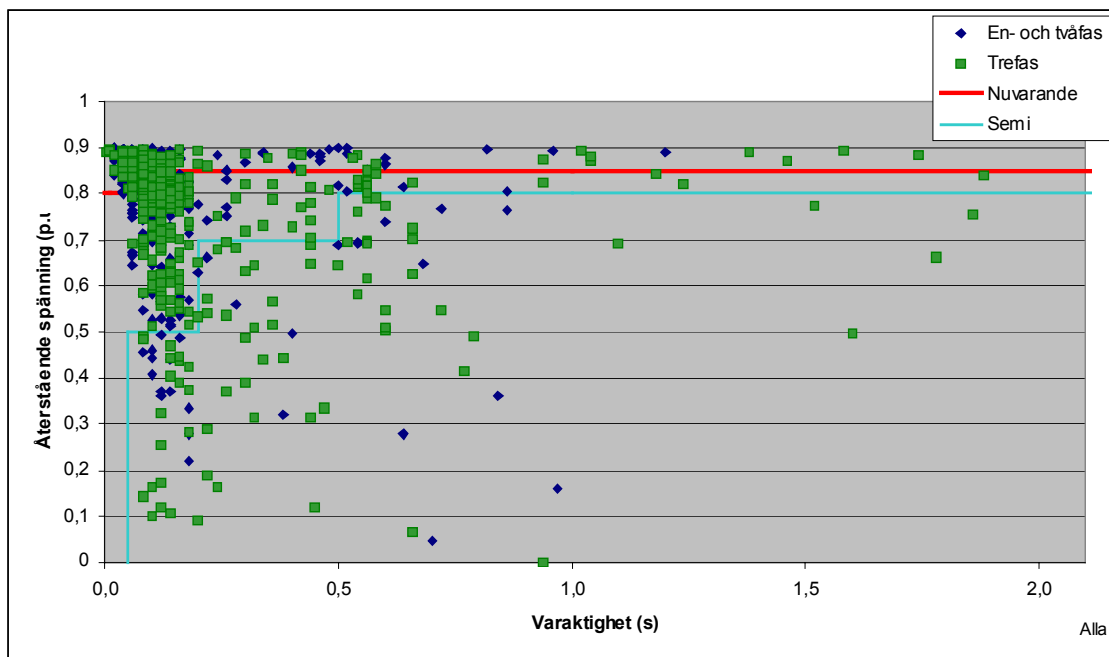
- 1/ en guide om elkvalitet allmänt
- 2/ en guide om frekvensomriktare
- 3/ en guide om elkvalitet i samband med upphandling av elanläggningar
- 4/ en guide och teknisk beskrivning av dippar och korta avbrott

Resultaten av dippmättningsprojektet kan sammanfattas: Dippar och korta avbrott är i stor utsträckning orsakade av inträffade fel, vars följdverkningar begränsats av nätets skyddssystem. Utan skyddssystemets ingripande skulle flertalet dippar och korta avbrott kvarstått och övergått till långa avbrott. Dippar och korta avbrott är en ofrånkomlig företeelse och en del av det skyddssystem, som elnätet måste ha för att vara säkert. Dipparnas djup och varaktighet är en direkt följd av nätets och skyddssystemens konstruktion.

Dippar orsakas primärt av kortslutningar, jordfel och efterföljande nätomkopplingar och återinkopplingar av ledningar och transformatorer i nät på olika spänningsnivåer. Grundorsaken är oftast åskurladdningar, men även andra felorsaker såsom ”snösläpp” och olika ”fågelfel”, kabelfel samt grävningsskador och andra mänskliga felgrepp förekommer. I lågspänningsnät och industrinät på låg- och mellanspänningsnivå kan dippar orsakas av kortslutningar eller inkopplingar av stora motordrifter.

Projektets mätningar och Vattenfalls tidigare mätningar visar att antalet dippar i elnät i Sverige är 1,8 stycken per månad i genomsnitt. Medelvärde för stadsnät är 0,8 och medelvärde för landsbygdsnät är 3,5. Det indikerar cirka 20 stycken i medeltal i varje eluttag i Sverige per år. Nästan alla inträffar under tre månader under åksäsongen varje år. Dock har landsbygdsnät med luftledningar en större spridning under året och större medelvärden. Landsbygdsnät kan ha en andra tyngdpunkt under året som hänger samman med snöoväder, trädpåfall och snösläpp längs luftledningarna, som ofta är oisolerade. Projektet har registrerat 848 dippar och 658 av dessa (77 %) är kortare än 200 ms.

De 848 dippar som projektet registrerat i de använda mätpunkterna har en spridning som visas i figuren nedan. Denna bild är typisk och förekommer i all litteratur om dippar från hela världen. Det är en spegling av hur elnäten är konstruerade för att kunna arbeta säkert och hur de fungerar med sin nuvarande utrustning och skyddssystem.



Figur 5.3.2 Spridningen av samtliga registrerade spänningsdippar.

Av totalt 848 dippar, ligger 737 stycken över den blå (Semi) immunitetslinjen och 658 är kortare än 200 ms och 847 är kortare än 3 sekunder. Semi-linjen är ett amerikanskt standardförslag för immunitet i industriutrustning och kundutrustning, och den röda immunitetslinjen är den nuvarande i praktiken existerande immuniteten i industrianläggningar och andra kundinstallationer. Utrustningen skulle ha klarat "ride through" för nästan 90 % av alla dippar med den blåa immunitetslinjen. Störningar beroende på dippar i matning till kundutrustning är nästan alltid helt relaterade till nivån på immuniteten i kundens utrustning och processens konstruktion. Detta indikerar att förbättringar i utrustningens och processens immunitet har mycket stor potential att minska kostnaderna för störningar i processerna och förbättra driftresultaten i samband med dippar. Om man kan bygga in reservtider på 150 – 500 ms i kraftaggregaten till utrustningen skulle det göra en mycket stor nytta.

Förstudieprojektet om kundernas kostnader för dippar och korta avbrott kan sammanfattas: Vi har nu en uppfattning om elanvändarnas kostnader för dippar och korta avbrott (< 3 min). De tidigare uppfattningar som funnits inom elbranschen och i diskussioner med kunder har baserats på Svenska Elverksföreningens rapport från 1994 som bara behandlar avbrottskostnader längre än 3 min (> 3 min) och man har i elbranschen i stort sett bortsett från kostnader för dippar korta avbrott (< 3 min). Dessa registreras eller rapporteras inte och har heller inte tidigare analyserats. Däremot har elanvändarna klagat över avbrottskostnader. De uppgifter om avbrottskostnader som elanvändarna har givit har inte stämt med de kostnader som Elverksföreningens rapport från 1994 har indikerat. Baserat på denna har branschens uppfattning varit att elanvändarnas avbrottskostnader har varit i storleksordningen 700 Mkr (1994 års kostnadsnivå och avbrott > 3 min), vilket är mycket mindre än elanvändarnas uppgifter.

Följande punkter framförs som delresultat:

- Det är väldigt svårt att skydda stora effekter mot dippar.
- Mindre effekter skyddas i stor utsträckning med UPS
- Stor omedvetenhet om problemet bland vanliga elkunder
- Mycket stor spridning och svängningar i kostnadsutfall
- Studien kunde inte göra en nationalekonomisk bedömning av samhällskostnader i samband med dippar och korta avbrott.
- Uppskattningsvis så kan kostnaderna totalt vara 1,0 – 1,5 Miljarder kronor baserat på förstudiens uppgifter från intervjuer av elansvariga i olika branscher utom småindustrier. Denna bedömning stöds också av resultat från den norska avbrottskostnadsutredningen och den fortsatta kunskapsuppbyggnad som Svensk Energis rapport givit.

Efter vårt kostnadsutredningsprojekt om dippar har Svensk Energi gjort en uppdatering av Elverksföreningens avbrottskostnadsutredning från år 1994. Energimyndigheten har inom sitt elkvalitetsprojekt gjort uppskattningar av andra kostnader förknippade med elkvalitetsstörningar i elleveranserna.

Svensk Energis uppdatering 2003 av Elverksföreningens rapport från 1994 kan sammanfattas:

- Avbrottskostnaderna har ungefär fördubblats i genomsnitt för alla branscher jämfört med år 1994
- Störst för handel och tjänster cirka 2,5 gånger
- Storindustrin minst med cirka 1,4 gånger
- Jordbruk med cirka 1,8 gånger
- Även hushållens elavbrottskostnader har ökat cirka 1,6 gånger
- En bekräftelse på det ökande allmänna elberoendet
- Särskilt noteras lantbrukets och landsbygdens elberoende och ökade känslighet

Utgående från Elverksföreningens rapport 1994 om avbrottskostnader för avbrott längre än 3 min (> 3 min) på cirka 700 Mkr, och resultatet från uppdateringen 2003 med en cirka dubbling av avbrottskostnaderna skulle detta motsvara cirka 1 400 Mkr år 2003.

Uppskattade kostnader för dippar, korta och långa avbrott år 2003 kan därför uppskattas till:

Dippar och korta avbrott	< 3 min	1- 1,5 Miljarder
<u>Avbrott</u>	<u>>3 min</u>	<u>1,4 Miljarder</u>
Summa:		2,4 – 2,9 Miljarder kronor

I Elverksföreningens rapport ingår inte kostnader i andra led för kunder till t.ex. kommunikationsoperatörer eller resenärer som drabbas av störningar, därför att fjärrkontroll eller datakommunikation inte fungerat vid en elstörning. Effekter för tredje man uppstår först vid längre avbrott men dessa är sällsynta. Telekommunikation ska egentligen inte drabbas, men den har blivit känsligare genom Internetteknikens intåg. Mobiltelenät, datanät, företagsväxlar och kundtjänster drabbas numera i stor

utsträckning, eftersom de inte har särskilt lång uthållighet i sina reservbatterier eller helt saknar batterier. Dessa effekter i andra led är inte riktigt kartlagda, men borde studeras i en fortsättning.

I Energimyndighetens slutredovisning av sin utredning om God elkvalitet, 2003-10-27, inkluderas även kundernas årliga kostnader om 1 435 Mkr för skyddsåtgärder mot brister i elkvalitet samt användarnas kostnader för skadad utrustning. Dessa omfattar skydd mot brister i leveranssäkerhet och spänningssgodhet, vilket båda är delmängder av elkvalitet och omfattar kostnader för reservkraft, överspänningsskydd och transienter mm. Redovisningen har också en uppskattning av kundernas kostnader för skadad utrustning och bränder till följd av transienter, cirka 400 Mkr. Dessa skador har ökat kraftigt under den senaste 10-årsperioden och den främsta orsaken är att kunderna numera i stor utsträckning ansluter sin utrustning till både el- och telenäten samtidigt. Bärbara telefoner, modem, fax och PC-datorer är de apparater som för det mesta ansluts till både el- och telenäten och som går sönder. Orsaken till sammankopplingen av el- och telenät är bland annat den ökande användningen av Internet.

Summeras dessa kostnader uppstår följande sammanställning av alla elkvalitetsrelaterade kostnader för kundkollektivet per år:

Dippar och korta avbrott	< 3 min	1- 1,5 Miljarder
Avbrott	>3 min	1,4 Miljarder
Kostnader för bränder och trasiga apparater		0,4 Miljarder
<u>Skyddsåtgärder</u>		<u>1,4 Miljarder</u>
Summa:		4,2 – 4,7 Miljarder kronor

I slutfasen av projektet Utveckling Elkvalitet kan sju förslag och behov för en fortsatt verksamhet urskiljas:

1. Ett vidmakthållande av Kunskapsplatsen för Elkvalitet (KFE) och dess nätverk med kanske 2-3 gånger årligen återkommande temadagar för utbildning, information och tvärteknisk kommunikation med angränsande teknikområden.
2. Förstudier och utvecklingsprojekt inom områdena HF-störningar med koppling till området störningsfri elnätssammanfattning för behoven av elmätning och Internetkommunikation, (PLC), samt övertoner.
3. Uppbyggnad av ett kompetensstöd för Elkvalitetsfrågor inom Svensk Energi som stödresurs till medlemsföretagen.
4. Immunitetsförbättringar i kundernas installationer och anläggningar. Information till kunder och elanvändare om att ställa bättre krav på apparat- och utrustningstillverkare.
5. Vagabonderande strömmar i samband med eldistribution och fastighetsinstallation.
6. Riktlinjer och föreskrifter för mätning av elkvalitet.
7. Kvarvarande projektförslag enligt Elforsks FoU-program Elforsk rapport 99:46.

Förslag 1 och 3 skulle med fördel kunna kombineras på ett fruktbart sätt. Ett kompetens- och resursstöd inom elkvalitet för Svensk Energis medlemmar skulle kunna fånga upp generella elkvalitetsproblem och exempel på deras lösning. KFE:s nätverket

som nu etablerats skulle kunna vidmakthållas genom att resultat från Svensk Energis kompetens- och resurstöd inom elkvalitet och Elforskprojekt inom elkvalitet kunde spridas till alla Svensk Energis medlemmar och till alla elkvalitetsintressenter. På detta sätt skulle effektiviteten i verksamheten kunna stärkas genom en aktiv kunskapsuppbyggnad. Förslag 1 och 3 skulle kunna självfinansieras genom avgifter på låga nivåer. En enkät som Svensk Energi har gjort avseende förslag 3 visar på ett stort intresse för förslaget och bekräftar finansieringen.

Summary

The Swedish Electrical Utilities R&D Company, ELFORSK has issued a number of projects, related to power quality, since the early nineties. During 1993 and 1994 measurements on utility grid harmonics in urban areas took place, including similar studies within hospitals etc. During 1999 a proposal of future R&D activities was issued and in the end of 2001 the start of a power quality development project, was discussed. This was brought about in co-operation with ELFORSK, The Swedish Energy Agency and The Association of Swedish Engineering Industries. The Power Quality project” (UE for short) was launched in the early 2002. About two years later, this project was finished in June 2004.

The main reason for the UE-project was to create an up to date knowledge of the subject, put the information together and distribute it within the organisations, and to those concerned, as electric power companies, electric energy users, electric agencies, universities, consultants etc.

To start with, the decision was made to gather information on dips and short interrupts on the utility grid, with emphasis on cost (economic losses) caused by these abnormalities. This was prioritised by the founders of the project and sanctioned by the newly started network of power quality specialists. Regarding the examination of the harmonics and EMI, this was supposed to be of less concern. Thus, the project has focussed on the first item including the distribution of relevant knowledge and results to the network of specialists. A special emphasis was put on future use of electric power with these considerations, as healthcare at home, the Internet and telecom use.

The project has been defined to consist of the following four main parts:

1. Forum of knowledge of Power Quality (KFE). The main effort was to gather a big network of people from different parts of the electric society interest in power quality. Seven seminars and meetings have been performed, regarding different items on power quality.
2. Produce compilations of knowledge, and guidelines of important and relevant subjects regarding Power Quality.
3. Perform a prestudy of the occurrence and shapes of dips on different power grids.
4. Perform a prestudy about the economic losses caused by dips and short interrupts.

The result of this project may be presented according to these four items above.

The KFE-forum has been widely appreciated by the participants and been able to establish a progressive and vivid network of highly skilled people from electric power distributors, big and important industrial companies, electric authorities and agencies, including universities and consultants of power quality research and development. The network represents a great collective experience and competence of the topic. This is a great resource for distribution of knowledge and information to a wider circle in the

electric community as a whole. Efforts should been made to find a way to establish this network as a permanent society for the future. Through the establishment of multilateral dialog and information within the network, this can form a base for correct decisions, that promotes power quality including the lowering of associated cost in the future.

The project has produced four important guides as below:

1. General Power Quality Guide
2. Frequency converters versus Power Quality
3. Buyer's guide to Power Quality,
4. Technical description of dips and short interrupts

The results of the measurements of voltage dips may be comprised as follows:

Voltage dips and short interrupts are caused by an electric failure, which is automatically corrected by the electric power system itself . E.g. a short-circuit on a local line causes a significant dip on an adjacent line before the circuit is switched off by the malfunctioning device. The further away from this the, smaller the dip. These type of disturbances are inevitable and inherent in the system itself. The depth and endurance of the dips are a direct result of the design of the power distribution and the features of included devices.

A voltage dip is primarily caused by short-circuit or failure of protective earth, that are followed by switching off and resumption of the power line. The basic causes may be lightning strikes, snow-slides, short-circuits by birds, cable malfunction, unskilled digging and human mistakes in general. In the lower end of the grid and in the medium voltage and industrial grid may dips be caused by short-circuits and switching on of big electric motors.

The measurements in this project, and earlier measurements performed by Vattenfall (One of the biggest Swedish electric power companies), shows that the numbers of dips in the power grid are 1.8 dips/month as an average in Sweden. The average in urban areas is 0.8 dips/month, and in rural areas 3.5 dips/month. This corresponds to about 20 dips/year (rough average) in any electricity outlet (230V wall socket) in Sweden. Almost every one of these is registered during the thunderstorm season (for about three month). However, rural areas with over head lines are more affected regardless of season. The rural electricity grid suffers a second peak during winter season caused by heavy thawing snow on the wires and the falling of nearby trees on the wires. Wires in older over head lines are often not electrically isolated.

This project has registered 848 dips, 658 of these (77%) are shorter than 200 ms.

The figure below shows the distribution of the 848 dips. The vertical axis shows normalised voltage and the horizontal, durability in seconds. This picture is typical and can be found in literature from anywhere in the world. It is a mirror of the design of the utility grid, to have a safe system, and how these operate with present equipment and protection system installed.

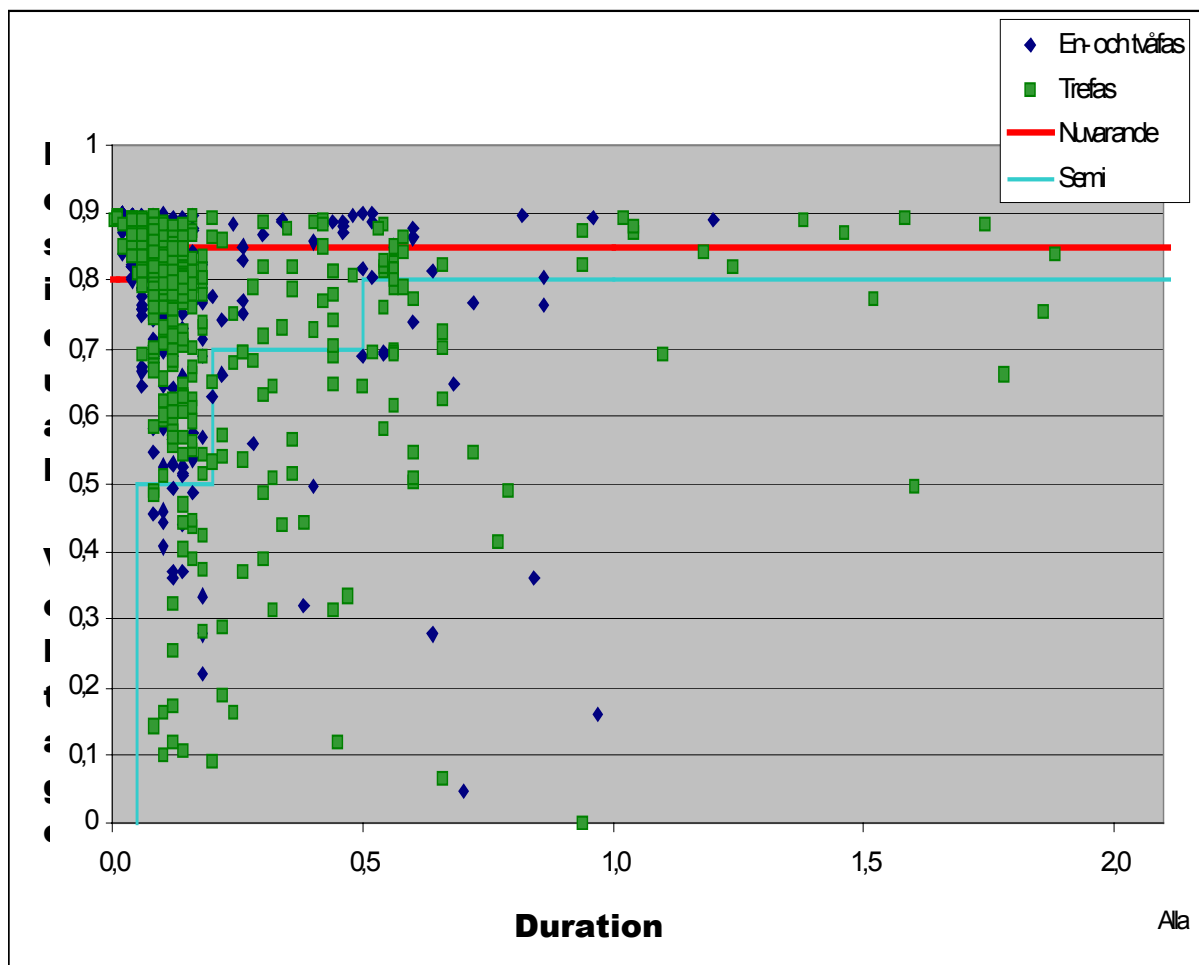


Figure 5.3.2 Distribution of all registered voltage dips

Explanation of symbols:

Small dots (blue):	Single and two-phase 230/400V
Squares (green):	Three-phase 230/400V
Red line:	Prevailing immunity line
Light blue line:	Semi immunity line

The Semi immunity line (blue) is an American proposal of new standard for common industrial equipment and low end devices, and the prevailing immunity line (red, de-facto) is the currently existing immunity line of industrial and users equipment. Considering the Semi immunity line, of the total of 848 dips, 737 dips are above this line. 658 dips are shorter than 200ms and 847 dips are shorter than 3s.

One can also derive from the figure that any device would “ride through” almost 90% of all dips according to the Semi immunity line. The amount of damage caused by dips of the supply of any equipment depends on the immunity and the vulnerability of the process and of the devices involved. This indicates that a minor improvement of built in back-up time will gain a lot in terms of reliability and reduction of economic losses.

Thus, an increase of the internal back-up time to 150-500 ms in the power supplies will almost eliminate the damage caused by dips shown in the figure above.

This prestudy project about economic losses caused by dips and power outage of short duration can be summarised as follows:

The currency rate in the estimates is: USD/7 SEK.

We now know a lot more about the relatively big economic losses caused by dips shorter than 3 minutes. This cost has been neglected in earlier reports, like the 1994 report from the former Swedish Electric Board Association (Elverksföreningen). Nevertheless, the existence of these losses has been brought to surface by complaints by the users of electric power mainly the paper mill industry and the steel industry.

The 1994 report calculated with a primary loss of about 100 million USD per year caused by power outage longer than 3 minutes in Sweden. Cost affected third parties were excluded. As indicated earlier shorter interrupts like dips are not registered at all. This also indicates that the new and ever increasing use of computers in society increases this vulnerability and cost. Computers as well as inverter motor drives are very much affected by dips and short power interrupts and has changed demands on availability of supply in general

The following points are presented as partial results:

- Protecting high power equipment from dips is very difficult.
- UPSes are widely used to protect low power devices.
- There is great unawareness about these problems among the average electricity users.
- Estimations of losses by industrial electricity users are often ambiguous.
- The study was not able to make precise estimate of losses for the whole nation on this subject.
- Though, there are indications of yearly national losses of 140- 220 million USD in Sweden.
- (This figure of cost is based on interviews with persons responsible for electric installations in big and middle size industries. The result is also confirmed by similar studies in Norway)

During the time of the UE-project two other power quality cost investigations has been performed. Swedenergy, the branch organisation of the Swedish Utilities, has updated the interruption cost report from 1994 by the former Swedish Electric Board Association (Elverksföreningen), which deals with power outages with duration longer than 3 minutes. The National Energy Agency of Sweden has investigated other power quality related costs such as costs for damaged equipment and costs for protection systems and equipment, that customers pay to prevent damage due to expected lack of power quality. These are costs for reserve power generator sets, UPS, lightning protection, EMI protection etc.

The report from Swedenergy can be summarised as follows:

- The economic losses because of power interrupts longer than 3 min have been doubled since 1994.
- The increase of losses in trading and service branches are highest, namely 2.5 times bigger.
- For big industries at least an increase of 1.4 times that of 1994.
- Agriculture sector has an increase of about 1.8 times.
- Even the cost related to homes and household appliances shows an 1.6 times increase.
- The overall increasing dependability on electric power has been confirmed.
- The most notable increase in losses and vulnerability is shown by the rural areas and agriculture in particular.

Based on the 1994 report calculated with a primary loss of about 100 million USD per year caused by power outage longer than 3 minutes in Sweden, and the result from the 2003 version with a double cost increase, this would result in about 200 million USD cost of year 2003.

Estimated costs for voltage dips and all kinds of interrupts during 2003 will be as follows:

Voltage dips < 3 minutes	140- 220
<u>Interrupts >3 minutes</u>	<u>200</u>
Sum:	340- 420 million USD

The above estimate doesn't include effects on third party, e.g. traveller being delayed because of such disturbances. Telecommunication is not supposed to be affected at all, or very little because of embedded backup power. However, the change of telecom towards data communication (e.g. telephony over internet) is a trend that worsens these state of things. Mobile telephony systems (cellular), data communication systems, private branch exchanges and customer services are more and more affected, because there is very little backup time, if any at all, inherent in most of these systems. These effects on other types of equipment, important to the public community, are very little examined, but should be so in the future.

The final account of the research made by the National Electric Energy Agency about good power quality, 27th October 2003, also includes customer's yearly costs of 205 million USD for protective measures and damages to customers equipment.

The result also includes an estimation of economic losses for the customers because of damaged equipment and fire due to voltage surges with about 60 million USD. A tendency obvious during the last decade is the rapidly increasing damage of equipment connected to both the mains line and the telephone line. Hands-free phones, modems and PCs are examples of this type of equipment. The rapidly increasing use of Internet is cause of this development.

Adding these costs to the total, we get the following yearly bill to electricity customers in Sweden:

Voltage dips < 3 minutes	140- 220
Interrupts >3 minutes	200
Fire & damages	60
Protective measures	<u>205</u>
Sum:	605- 825 million USD

In the final phase of the project, seven proposals for future activities might be revealed.

1. Stick to the KFE forum and its network of people having 2- 3 yearly meetings, 8-hours-events are proposed. The theme of the day could be education, information and crosswise communication to adjacent technological areas.
2. Pre-studies and development projects on EMI and harmonics, that effects the safety of utility grid data communication PLC (e.g. remote automatic collection and registration of energy-meter data).
3. The build-up of a competence board regarding issues of power quality to support the member companies.
4. Improvement of immunity in the customer's installations and facilities. Information to customers and users of electricity to rise demands in this respect to the manufacturers of their equipment.
5. Unpredicted (vagrant) currents in electric power networks in conjunction with distribution and installation in buildings.
6. Guidelines and recommendations how to perform reliable measurements of power quality related parameters.
7. Remaining project proposals according to the report 99:46 of the Swedish R&D institute of Electric Power ELFORSK.

The 1st and 3rd proposals could gain from being brought together. A permanent forum could be establish for the benefit of the members in solving problems regarding power quality issues. The KFE network, yet established, might be maintained to promote these issues. Economic sponsors have indicated a willingness and support to these proposals.

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	1
1.1	BAKGRUND	1
1.2	MÅL.....	1
1.3	AVGRÄNSNINGAR	1
2	PROJEKT UTVECKLING ELKVALITET	2
2.1	PROJEKTBEKRIVNING.....	2
2.2	PROJEKTLEDNING	3
3	KUNSKAPSPLATS FÖR ELKVALITET (KFE)	4
3.1	NÄTVERKET	4
3.2	NÄTVERKSMÖTEN OCH SEMINARIER.....	4
3.3	EXPERTSEMINARIER.....	10
3.4	EXTERN KONTAKTVERKSAMHET	11
4	KUNSKAPSSAMMANSTÄLLNINGAR.....	12
4.1	DEFINITION AV ELKVALITET	12
4.2	BESKRIVNINGAR AV ELKVALITETSFENOMEN	12
4.3	GUIDER	13
4.4	ÖVRIGA MINDRE DELPROJEKT	17
5	DIPPAR OCH KORTA AVBROTT	19
5.1	FÖRSTUDIE: FÖRBEREDANDE KARTLÄGGNING AV SPÄNNINGSDIPPAR I OLIKA TYPER AV NÄT	19
5.2	UE-PROJEKTETS SLUTSATS	19
6	KUNDERNAS FÖRLUSTER I SAMBAND MED DIPPAR OCH KORTA AVBROTT.....	26
6.1	FÖRSTUDIE: VÄRDERING AV KUNDERNAS FÖRLUSTER TILL FÖLJD AV DIPPAR OCH AVBROTT	26
6.2	UE-PROJEKTETS SLUTSATS ANGÅENDE KUNDERNAS KOSTNADER	27
7	SAMMANFATTNING OCH RESULTAT AV HELA PROJEKTET	30
7.1	VILKA ÄR PROBLEMEN	30
7.2	VILKA ÄR PROJEKTETS RESULTAT	30
8	VAD BEHÖVER GÖRAS MER INOM ELKVALITET.....	32
8.1	KUNSKAPSPLATS FÖR ELKVALITET (KFE) OCH NÄTVERKSMÖTEN	32
8.2	HF-STÖRNINGAR OCH ÖVERTONER.....	33
8.3	KOMPETENSSTÖD OM ELKVALITET TILL NÄTBOLAGEN GENOM SVENSK ENERGI	34
8.4	IMMUNITET, BÄTTRE ELINSTALLATIONER OCH ELMILJÖ HOS ELANVÄNDARNA.....	34
8.5	VAGABONDERANDE STRÖMMAR	35
8.6	RIKTLINJER FÖR MÄTNING AV ELKVALITET	36
8.7	KVARVARANDE PROJEKTFÖRSLAG ENLIGT ELFORSKS RAPPORT 99:46, FÖRSLAG TILL FOU-PROGRAM INOM OMRÅDET ELKVALITET	36
9	REFERENSER	38

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Under 1990-talet handlade debatten om elkvalitet mycket om övertoner och andra renodlat tekniska frågor med anknytning till spänningsgodhet. I samband med utarbetandet av Elforsks "Förslag till FoU-program inom området Elkvalitet" diskuterades också så kallade "mjuka frågor" såsom behovet av teknisk tvärkommunikation och om påverkan på elkvalitet som samspelet mellan elleverantör och kund har för god elkvalitet, både rollspelsmässigt och tekniskt. Vikten av hög leveranssäkerhet betonades. Särskilt det nya problemet för kunderna med dippar i elnäten, som blivit allvarliga eftersom de nya elektroniska utrustningarna är mycket känsligare för detta fenomen än de gamla typerna av utrustning, se Elforsk rapport 99:46.

I förslaget poängterades också behovet av information om förekomst och frekvens av dippar i olika typer av elnät samt behovet av information om kundernas kostnader för störningar i olika processer beroende på korta avbrott och dippar. Orsaken till denna prioritering är de högre krav på oavbruten elleverans som den ökande datoriseringen av samhället och den ökande telekommunikationsanvändningen genom Internet medför.

Både i vårt eget arbete vid utarbetandet av Förslag till FoU-program och i Eurelectrics arbete om elkvalitet poängterades att elkvalitet även omfattar leveranssäkerhet dvs. problem med dippar och korta och långa elavbrott. I detta projekt om elkvalitet definierar vi elkvalitet att omfatta både leveranssäkerhet och olika fenomen inom spänningsgodhet i enlighet med Svenska Elverksföreningens definition av Leveransskvalitet från 1991, ref [9].

1.2 Mål

Projektet har haft tre viktiga mål:

1. Att etablera "teknisk tvärkommunikation" och ökad kunskapsspridning om elkvalitet inom elbranschen, till dess kunder och övriga intressenter.
2. Att klarlägga förekomst och frekvens av dippar och korta avbrott i olika typer av elnät.
3. Att klarlägga kundernas kostnader för störningar i olika elberoende verksamheter och processer till följd av dippar och korta avbrott.

1.3 Avgränsningar

Projektet har av resursskäl inte arbetat med övertonsfrågor. Problem med övertoner har inte visat sig öka i den grad som man befärade i mitten på 1990-talet. Problemområdena hf-brus och elektronisk instabilitet som föreslogs i Elforsks "Förslaget till FoU-program" har inte prioriterats av resursskäl. Projektet bedömer att dessa problemområden ännu inte är något stort problem inom elkvalitet. Dessa frågor är berättigade forskningsområden och kan komma att behöva prioriteras senare.

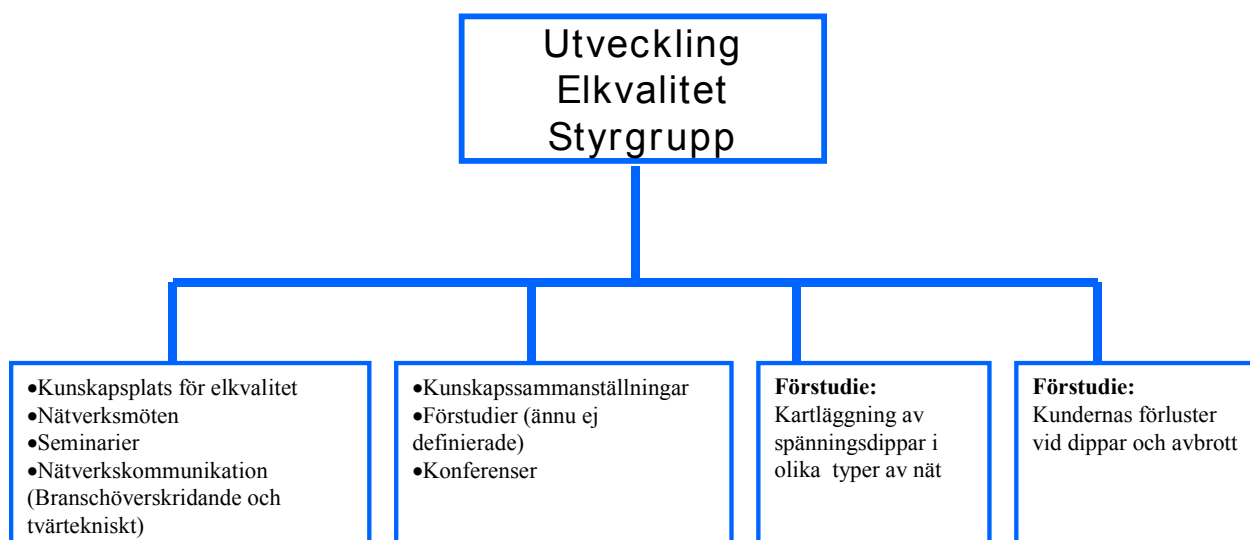
2 Projekt Utveckling Elkvalitet

2.1 Projektbeskrivning

Syftet med projektet Utveckling Elkvalitet (UE) har varit att driva studieprojekt inom områdena elsystem och strömförsörjning samt åstadkomma tvärkommunikation, informationsutbyte och dialog mellan elbranschen, myndigheter och elanvändare. Branschöverskridande tvärkommunikation och dialog är den viktigaste aktiviteten och kärnan i projektet och har bedrivits inom ett särskilt delprojekt som kallas Kunskapsplatsen för Elkvalitet (KFE). Detta rekommenderades av Elforsks förra elkvalitetsprojekt i sitt förslag till FoU-program, Elforsk rapport 99:46, se FoU-programmets förslag till projekt som redovisas i avsnitt 8 senare i denna rapport. Delprojektet KFE:s uppgift har varit att genom branschöverskridande tvärkommunikation identifiera och föreslå för UE:s styrgrupp vilka förstudier och kunskapssammanställningar som behöver göras.

Huvudresultat av UE-projektet är sammanställd information och kunskap och förstudier om de viktigaste elkvalitetsfrågorna, samt ett etablerat nätverk av personer som är verksamma inom elkvalitetsområdet. Projektet lämnar också förslag till inriktning på vidare studier och forskning i ämnet. Projektets information har spridits till dess intressenter via nätverket, för att den ska kunna användas som underlag för t.ex. standardisering och lagstiftning om elkvalitet. I projektet har det funnits medel för förstudier, kunskapssammanställningar, konferenser etc. Vidare har inom projektet funnits två stycken på förhand definierade förstudier som bedömts vara de viktigaste att genomföra av förslagen från Elforsks förra elkvalitetsprojekt.

Projektet har varit organiserat enligt följande organisationsschema:



Projektledningen och delprojekten beskrivs i följande avsnitt:

2.2 Projektledning

Projektet har letts av en styrgrupp som tillsatts av finansörerna som är elbranschen genom Elforsk, Energimyndigheten och Teknikföretagen Elindustriföreningen.

Styrgruppen har bestått av följande deltagare:

Mats Wahlberg från Skellefteå Kraft Elnät AB, Ordförande i styrgruppen
Åke Sjödin Elforsk AB, Projektledare
John Åkerlund, UPN AB, Sekreterare
Anneli Jakobsson, Statens energimyndighet
Anders Johansson, Statens energimyndighet
Erik Thunberg, Svenska Kraftnät
Åke Ceder, Vattenfall Eldistribution AB
Ulf Thorén, Sydkraft Nät AB
Gösta Bengtsson, Göteborg Energi Nät AB (till 040201)
Gunilla le Dous, Göteborg Energi Nät AB
Eskil Agneholm, Fortum Distribution AB
Åke Danemar, Teknikföretagen

Styrgruppen har haft 10 protokollförda möten. Styrgruppen har arbetat i enlighet med uppdraget att leda projektet genom att:

- besluta om projektet och starta delprojekt inom givna ramar
- följa den ekonomiska utvecklingen i projektet
- tillse att projektresultat avrapporteras enligt plan samt att resultaten sprids på ett ändamålsenligt sätt
- godkänna delprojektens resultat och hela projektets slutresultat

3 Kunskapsplats för Elkvalitet (KFE)

KFE har varit ett kommunikationsprojekt med syfte att sammanföra de specialister med information och kunskaper om olika aspekter på elkvalitet, som redan finns på olika håll bland intressenter i elkvalitet inom elbranschen, industrin, universitet och konsulter. Projektet har bildat ett nätverk av dessa specialister och hållit nätverksmöten och seminarier inom några områden inom elkvalitet som projektet och nätverkets medlemmar har bedömt som mest angelägna att belysa. Kunskap och analyser finns nu dokumenterad i form av nyhetsbrev, rapporter och guider.

Varje medlem har deltagit i nätverkets möten och seminarier på egen bekostnad, eller med hjälp av egen arrangerad finansiering, och i den omfattning som var och en funnit lämpligt med hänsyn till egna intressen. Vid de möten och seminarier som hållits har de olika deltagarnas information, förstudieprojektens och guideprojektens progressrapporter och slutrapporter presenterats och debatterats, Projektmedlemmarna och deltagarna har genom styrgruppen och via framförda åsikter påverkat utformningen av mötesprogrammen. Under projektet har sju nätverksmöten och seminarier hållits.

Vid två tillfällen har projektet arrangerat något som kan kallas expertseminarier, dels för att avgöra vilka guider som, projektet skulle ta fram, och dels för att slutgiltigt diskutera och sammanfatta resultaten av projektets dippanalyser. Vid detta seminarium jämfördes också projektets resultat med andra resultat utanför projektet, då främst ett större examensarbete om dippar vid Chalmers som utförts parallellt med vårt projekt.

3.1 Nätverket

Nätverket har under hela projektets tid sakta växt i storlek. Under våren 2004 i projektets slutfas finns cirka 130 personer på nätverkets sändlista. Medlemmarna kommer från de större elnätbolagen, stora industriföretag både utrustningsleverantörer och stora elkunder, myndigheter, universitet och tekniska högskolor samt konsulter. Tyvärr har projektet inte lyckats attrahera deltagare från så många mindre elnätbolag, småindustrier eller från fastighetsägare och representanter för mindre elkunder.

3.2 Nätverksmöten och seminarier

De sju nätverksmöten och seminarier som har genomförts har haft följande teman och programinnehåll:

3.2.1 Nätverksmöte 020613 Planering inriktning.

Programmet innehöll en presentation av deltagarna för att motverka anonymitet bland deltagarna. Den andra delen i programmet var en bikupa och planeringsdebatt om vad mötet uppfattade som viktigast att arbeta med inom elkvalitet. Bikupans huvudresultat blev:

1. Vi måste få reda på de totala kostnaderna för elkvalitetsrelaterade störningar.
2. Nu anser vi att dippar och avbrott är viktigast. Vi diskuterade övertoner för tio år sedan. Om några år diskuterar vi sannolikt hf-problem.
3. Emission och utrustningsimmunitet hos kunderna måste definieras bättre och bli bättre för att få rätt optimerad elkvalitet och därmed mindre elkvalitetsproblem.

Se vidare bilaga B 1. Nyhetsbrev 020701 med bilagor

3.2.2 Seminarium 020919 Dippar och avbrott, teori och storindustri.

Programmet innehöll föredrag om två stora industriprojekt om dipp och avbrott.

Peter Bennich från KTH berättade om deras stora projekt på Oxelösunds Jernverk och Mats Häger från STRI berättade om skogsindustrins projekt ELVIS. I båda dessa projekt betonades betydelsen av att analysera förstå processen och processutrustningen och använda den på ett riktigt sätt för att därigenom kunna undvika onödiga driftstörningar vid dippar i elförsörjningen.

Vattenfall Utvecklings Ulf Grape lämnade en progressrapport om den nystartade förstudien om mätning av dippar och avbrott i olika typer av elnät.

Helge Seljeseth rapporterade om elkvalitetsprojekt på EBL och Sintef i Norge och den stora norska kostnadsutredningen om elavbrott. I denna utredning har man även med kostnader för dippar och korta avbrott.

Se vidare bilaga B 2. Nyhetsbrev 021105 med bilagor

3.2.3 Nätverksmöte 021128 Högfrekvens och elnät

Martin Lundmark, Luleå Tekniska Universitet, Institutionen i Skellefteå, föreläste om "Elektromagnetisk kompatibilitet i Byggnader". Han gav en sammanfattning av den nya EMC-situationen i fastigheter, när dessa nu utrustas med nya apparater som alstrar störfrekvenser som varken elnät eller byggnader är avpassade för.

Åke Larsson från ÅF-Elprojekt AB fortsatte med att definiera begreppet Elektronisk Instabilitet och redogjorde för dess konsekvenser och hot. Han belyste att framtidens elnät med många styrda elektroniska generatorer och belastningar kräver ett "starkt elnät" där spänningens kurvform är så sinusformad som möjligt för att kunna vara referensen för styrutrustningarna.

Sture Holmström från Fortum berättade om Grunderna i elnätskommunikation, störningsproblem, och en lägesrapport angående pågående internationella standardiseringsarbeten om frekvenstilldelning och tillåtna emissionsnivåer NB-30 mm.

Björn Sördin från Senea berättade om Elmätning med hjälp av elnätkommunikation.

Sten Burhammar från BURAB Ingenjörbyrå AB och Byggandets besiktningsmannaförening rapporterade om bristerna i samband med installation av frekvensomriktare och vad kan man göra för att få god funktion. Se vidare bilaga B 3 Nyhetsbrev 030311 med bilagor

3.2.4 Seminarium 030204 Kostnader för dippar och avbrott

Torbjörn Johnsson och Per-Erik Springfelt redogjorde för ”Förstudien - värdering av kundernas kostnader till följd av dippar och avbrott”. Kostnader hos elkunderna har inte tidigare studerats med avseende på just dippar och korta elavbrott. Dessa stör kundernas processer och datorsystem och kan leda till kostnader för stillestånd och produktionsbortfall. Kort sammanfattat var intrycket att kunderna har skyddat sig på en rimlig nivå, och att kostnadsbilden så långt som man kunde bedöma från denna begränsade undersökning inte bekräftade tidigare svenska och amerikanska indikationer om mycket stora kostnader. Torbjörn och Per-Erik framhöll att deras studie inte hade kunnat omfatta små industrier, varför det kan finnas ett stort mörkertal inom denna sektor. Projektet kunde inte lämna någon siffra, eftersom underlaget pekade så olika och inte omfattade småindustrier.

Knut Samdal, Sintef, Trondheim berättade om den norska avbrottskostnadsutredningen. En ny iakttagelse jämfört med tidigare enkätundersökningar är att hushållen nu börjat anmäla kostnader för elavbrott vilket man tidigare inte gjort. De norska resultaten sammanfattas nedan:

Langvarige avbrudd:	850	MNOK per år
Kortvarige avbrudd:	600	MNOK per år
<u>Spenningsdip:</u>	<u>170 - 330</u>	<u>MNOK per år</u>
Totalt:	1 600–1 800	MNOK per år

Lars Wredenberg, Swedpower föreläste om hur man kan använda tillförlitlighetsanalys och specificering av tillförlitlighet och tillgänglighet i tekniska system.

Matti Lehtonen, Power Systems Laboratory Helsinki University of Technology presenterade Helsingfors Universitets studier av immuniteten i vanliga elektroniska apparater och system. Vid sidan om immunitet i kraftaggregat för datorer hade man analyserat kontaktors beteende vid dippar,

Andrejs Ritums, redogjorde för amerikanska studier av kostnader för dippar och avbrott.

Se vidare bilaga B 3 Nyhetsbrev 030311 med bilagor

3.2.5 Nätverksmöte 030521 Telemedicin och elkvalitet.

Sten Hellström från Norrlands Universitetssjukhus i Umeå föreläste om ”Telemedicin i Sjukhusmiljö och Hemmiljö en Allmän Översikt – Varför, Vad, Vilken och Hur – Nya Strukturbefov?” Ju mer av telemedicin som införs, desto viktigare blir det att elförsörjningen fungerar störningsfritt. Det är särskilt viktigt då man börjar använda telemedicin utanför den infrastrukturella expertmiljö man har på stora sjukhus, där det alltid finns hög teknisk kompetens nära till hands som kan reparera och felsöka trasiga och störda utrustningar snabbt. Ju mer tiden går vill man också utveckla mer avancerade saker, som kan göras på distans och då ökar också kraven på tillförlitlighet i elförsörjningen. Man experimenterar bl.a. med avancerade operationer på distans och då

får inte apparaterna störas eller teleförbindelserna brytas av t.ex. strömavbrott eller andra störningar.

Anita Kemlén, Carelink Samverkancentrum vid Norrlands Universitetssjukhus, Umeå, berättade mer om behoven av säker telemedicin därför att medicintekniken utvecklas så att det går att vårda alltfler hemma. Kostnaderna för sjukvårdens ”hotellverksamhet” stiger samtidigt som man kommer att få personalbrist parallellt med en stor ökning av vårdkrävande äldre. Säkra el-, bredbands- och IT-lösningar är därför nödvändiga.

Bengt Arne Sjökvist, från Ortivus AB höll en presentation om: ”Teknisk utrustning och system för monitorering av och stöd till patienter – fast och mobilt.

Martin Lundmark från Luleå Tekniska Universitet, berättade om ”Skillnader i krav på elinstallation i sjukhusmiljö och vanlig elinstallation och skillnader i resulterande EMC – on site”. Martin poängterar att behovet av åskskydd och därmed bättre jordning och 5-ledarsystem i vanliga fastigheter ökar ju mer elektronik som installeras. Är det dessutom livsviktig utrustning för t.ex. telemedicin blir behoven än mer avgörande. Dagens strategi att rycka ut sladdarna till tele- och dataapparater ur vägguttag och telejack när åskan går fungerar inte i framtiden.

Anders Johansson berättade om Energimyndighetens elkvalitetsprojekt angående föreskrifter om elkvalitet.

Carin Karlsson från Energimyndigheten redogjorde översiktligt för Nättnyttomodellen. Beträffande telemedicin var en sammanfattning att detta ger ett stort beroende av både telekommunikation och kraft och att båda måste fungera med mycket hög tillförlitlighet för att kunna användas till vård av sjuka människor.

Se vidare bilaga B 4. Nyhetsbrev 030811 med bilagor

3.2.6 Seminarium 031119, Dippmätning, Föreskrifter elkvalitet, Guide elkvalitet.

Ulf Johansson och Ulf Grape från Vattenfall Utveckling AB, redogjorde för dippmättningsprojektet, ”Kartläggning av spänningsdippar i olika typer av nät”. Rapporten visar mycket tydligt hur dipparna för det mesta ser ut, med en tid om 100-200 ms och djup ner till 60-70 % av nominell spänning. Dippmättningsprojektet behandlas särskilt i kapitel 5 Dippar och korta avbrott.

Math Bollen som olyckligt blev sjuk vid vårt förra dippseminarium var nu i fin form och drog en kort sammanfattning om hur han uppfattade det viktigaste inom ämnet dippar. Hans slutsats är att man bör göra de förbättringar som behövs där det är billigast. Det blir oftast i kunders och användares elutrustning och inte i elnätet. Se vidare kapitel 3.3.2 Expertseminarium om dippar.

En del i programmet var en debatt om industrins förhållningssätt till elförsörjning och dippar. Mats Häger från STRI visade några investeringskalkyler för exempel på förbättringar som kunde ge mycket korta återbetalningstider. Anders Mannikoff menade att industrin mot bättre vetande tvingade processen att köra fortare än vad man borde.

Anders menade att man körde 110-120 km på 90-väg och det då var naturligt att man körde i diket.

Sven Erik Berglund redogjorde för sitt underlag till Guide elkvalitet som han nu färdigställt. Se kapitel 4.1 Guider.

Anders Johansson från Energimyndigheten och Per Erik Springfelt från EME Analys redogjorde för arbetet med Energimyndighetens regeringsuppdrag om förordning angående ”Kvalitet vid överföring av el”. Projektet har gjort en bred genomgång av olika aspekter på elkvalitet för att ge en behovsbild samt underlag för formuleringar av förordning och föreskrifter. Energimyndigheten föreslår skrivningar som användning av god branschsed som rättesnöre. En skarp skrivning är att verkställigheten ska vara direkt för kunden för att avhjälpa en störning i elkvalitet. Vid klagomål ska kunden ha rätt att begära mätning på elnätbolagets bekostnad. En föreskrift om samråd föreslås etc.

Se vidare bilaga B 5. Nyhetsbrev 040115 med bilagor

3.2.7 Nätverksmöte 040421 Elkvalitet, El och Teleförsörjning och dess ömsesidiga beroende

Mötet inleddes med en progressrapport om projektet ”Guide Frekvensomriktare” och dess delprojekt om elkvalitetsaspekter i samband upphandling av elanläggningar. Projektet hålls samman av Sven Erik Berglund, SEB Elkonsult. Till sin hjälp har han Reidar Gustavsson, Norbo Kraftteknik AB, med ansvar för frekvensomriktare och Ulf Grape, Vattenfall Utveckling AB med ansvar för avsnittet om upphandling.

Sven Erik inledde med en redogörelse för tillämpliga normer och kommenterade dessa. Reidar berättade sedan om frekvensomriktare och deras speciella problem i praktisk tillämpning. Ulf Grape redovisade huvuddragen i innehållet om råd vid upphandling.

Birgitta Resvik, ansvarig för Energi och Klimatfrågor på Svenskt Näringsliv berättade om HEL-projektets delprojekt ”Elanvändarnas ambitioner och krav” vid svåra elstörningar. Birgitta poängterade att svåra elstörningar är sådana som varar längre än en dag och att projektet hade haft svårt att göra en sådan avgränsning i diskussionerna, eftersom beredskap för kortare störningar är delmängd av en beredskap för längre. Elanvändarna skyddar sig beroende på verksamhet för kortare avbrott, vilket är grunden för att kunna gå vidare med beredskap för längre avbrott. Elanvändarna vill ha mer samråd och vara mer aktiva i planeringsprocessen vid utbyggnaden av elförsörjningen. En robust elförsörjning skapar tilltro till samhället.

Torbjörn Johnson gav en sammanfattning av den så kallade Renesysrapporten, som beskriver hur Internet påverkades av de stora elavbrotten i USA, Canada och Italien förra året. Trafiken i nätet minskade kraftigt, eftersom cirka en tredjedel av alla signifikanta nät saknade reservkraft. Rapportens slutsats var att Internet inte kan ta över kritisk trafik (t.ex. IP-telefoni) förrän accessnäten har uppgraderats med omfattande investeringar i reservkraft. Det noterades av Torbjörn att många företagsväxlar och kundtjänster hos myndigheter och företag saknar uthållig reservkraft. Att ryggradsnätet

fungerar hjälper ju inte en användare inte att komma fram, om det egna nätverket eller datorn är utan ström.

Även elbranschen har haft ett deluppdrag inom HEL-projektet, som sammanställts i en rapport, ”Inriktning och ambitioner för elföretagens säkerhet och beredskap”. Matz Tapper på Svensk Energi presenterade. Förutsättningen var liksom i användarnas rapport elstörningar längre än 24 timmar. Arbetet i gruppen utgick ifrån ett 10-tal krisscenarier som gruppen analyserat och hittat beredskapsåtgärder för. Som viktigaste önskemål kommer behovet av ett säkert telekommunikationssystem, vilket också fanns med hos elanvändarna. Riskanalys som ett förbättringsinstrument återkommer som vanligt i dessa sammanhang kommenterade Matz. Rapportens föreslår därutöver en lång rad beredskapsåtgärder.

Efter lunchen höll Mats Wahlberg, Skellefteå Kraft AB, en presentation om ”Telestörningar som inträffat som följd elkvalitetsstörningar”. Mats redogjorde för ett större elkvalitetsrelaterat teleavbrott i Skellefteå och kommenterade vissa resultat från utredningen av den så kallade ”Uppsalaincidenten”. Teleavbrottet i Skellefteå började som en följd av ett åsknedslag 6 mil utanför Skellefteå och resulterade i att 47 000 abonnenter blev utan teleförbindelser i 8 timmar. Mats återkom flera gånger till betydelsen av ett aktivt samarbete mellan el och telebranscherna för att kunna minska riskerna för avbrott i el och teleförsörjningen.

För att beskriva HEL-projektet och summera en nulägesrapport kom projektledare Mats Ekeblom. Han arbetar som konsult åt Energimyndighetens avdelning för hållbar energianvändning som driver projektet. Inom HEL-projektet diskuteras hur man genom en strukturerad privat och offentlig samverkan som ett hjälpmedel kan stärka samhällets beredskap vid svåra påfrestningar, t.ex. är ett långvarigt elavbrott.

Christina Frost från Totalförsvarets Forskningsinstitut berättade om den stora studie med rubriken ”Strategier för elförsörjningens säkerhet och beredskap” som genomförts. Studien ger en bred genomgång av olika strategier för att hantera konsekvenser för samhället av störningar i elsystemet, samt en redogörelse för vad som bedöms vara acceptabla störningstider, som olika verksamhetsansvariga aktörer måste klara själva. Rapporten innehåller uppskattningar av kostnaderna för olika prioriteringar och åtgärdsstrategier. Det mest intressanta resultatet av projektet var att man nådde enighet bland representanterna från aktörerna om att elstörningar under sex timmar inte ansågs som samhällsfarliga. Därmed följer också att elförsörjning av samhällsviktig verksamhet också måste vara elanvändarnas, eller de verksamhetsansvarigas, eget ansvar att hantera.

Efter presentationerna fanns nu tid för fria inlägg och debatt. Math Bollen från STRI presenterade deras ”website” STRI Forum, där man kan diskutera elkvalitetsproblem t.ex. mätningar, beräkningar m.m. Platsen är under uppbyggnad, men fungerar redan.

Åke Sjödin och John Åkerlund sammanfattade och avslutade dagens program. Deltagarantalet (cirka 60) vid detta möte tillhör ett av de största under projektet, vilket var mycket glädjande. Projektet Utveckling Elkvalitet lider nu mot sitt slut. Detta möte

blir nog det sista i denna serie. Åke Sjödin berättade att man inom Elforsk prövar olika möjligheter att komma med en fortsättning för att vidmakthålla det ganska stora nätverk av personer med intresse för elkvalitet som nu finns etablerat. Värdet av nätverket som en levande informationsresurs är mycket stort. Åke gjorde en liten opinionsundersökning bland mötesdeltagarna. Handuppräckningen visade att en majoritet vill ha en fortsättning och Åke lovade att arbeta för det.

Se vidare bilaga B 6. Nyhetsbrev 040515 med bilagor

3.3 Expertseminarier

3.3.1 Expertseminarium om guider 021204

Projektet hade ett seminarium med en sammankallad expertpanel från nätverket bestående av Leo Giesenfeld, fd Elsäkerhetsverket, Gösta Bengtsson, Göteborg Energi, Wilhelm Liander, fd Birka Energi, Bo Wahlström, fd. STRI AB, Sven-Erik Berglund, SEB-Elkonsult, Lars Rask, ABB och Ulf Grape, Vattenfall Utveckling. Mötets målsättning var att rekommendera de viktigaste ämnena inom elkvalitet där guider – kunskapssammanställningar skulle göra störst nytta. Mötet rekommenderade att UE-projektet tar fram:

1. Guide över baskvalitet i gränssnittet mellan nätägare och kundutrustning.
2. Guide i att skriva upphandlingsspecifikation för att minska konsekvenser av dippar.
3. Guide om frekvensomriktare, för dels projektering, specificering och upphandling, och dels för installation.

Se minnesanteckningar, bilaga C 1. Minnesanteckningar från Expertseminarium om guider 021204.

3.3.2 Expertseminarium om dippar

Dippar och korta avbrott och elanvändarnas kostnader för dessa har varit projektets huvudtema. Den 26 februari 2004 hölls ett särskilt expertseminarium om dippar. Syftet var att sammanfatta och dra slutsatser gemensamt inför avslutningen av UE-projektet. De medverkande vid seminariet var delprojektledare och några personer från styrgruppen och externt med särskilt intresse och kunskap om dippar. För att få en extern belysning och jämförelse deltog ordföranden i Elforsks programråd för överföring och distribution. Ett examensarbete om dippar som genomförts vid Chalmers presenterades och dess resultat diskuterades som en jämförelse till UE-projektets resultat. Svensk Energis nya avbrottskostnadsutredning fanns också med som underlag under mötet.

Avsnitt 5.3 i denna rapport bygger till stora delar på diskussionerna under expertseminariet. Diskussionerna sammanfattas i minnesanteckningar med bilagor i bilaga C 2.

Expertseminariets deltagare var:

Per Norberg, Vattenfall Regionnät AB

Ulf Grape, Vattenfall Utveckling AB

Erik Thunberg, Svenska Kraftnät
Mats Wahlberg, Skellefteå Kraft Elnät AB
Torbjörn Johnson, Torbjörn Johnson IT-Konsult
Åke Sjödin, Elforsk AB
John Åkerlund, UPN AB

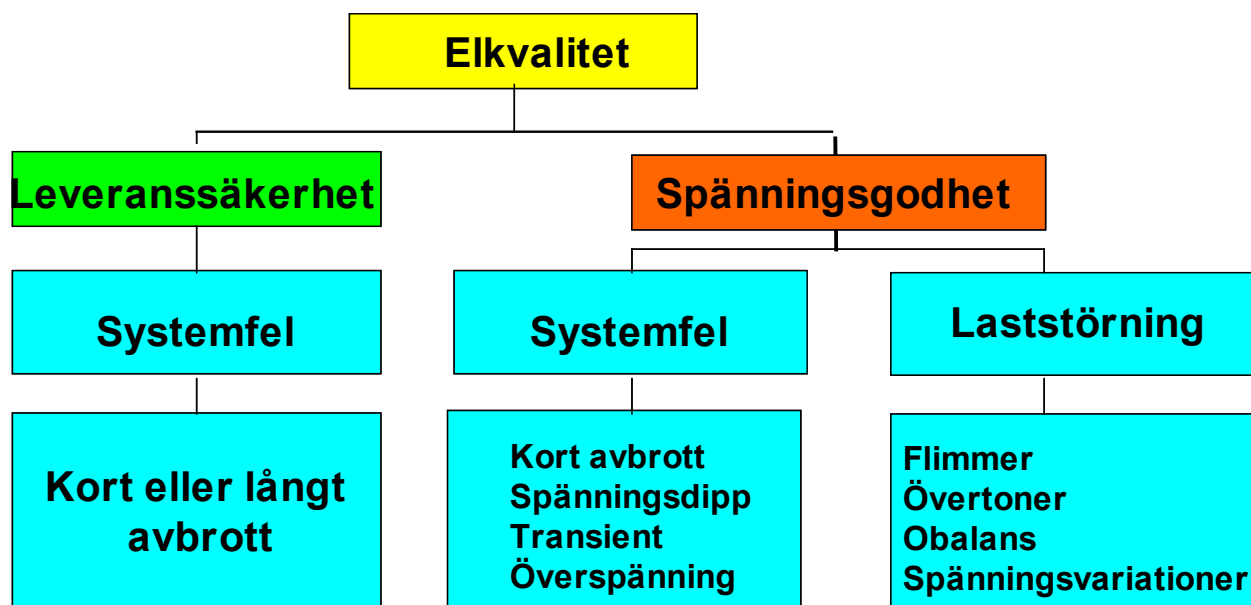
3.4 Extern kontaktverksamhet

Möten med Elindustriföreningen
Möte med Energimyndigheten
Möte med Elsäkerhetsverket
Presentation för Stor-Stockholms Elförening

4 Kunskapssammanställningar

4.1 Definition av elkvalitet

Inom projektet Utveckling Elkvalitet har vi definierat elkvalitet att omfatta, både leveranssäkerhet och spänningsgodhet. Denna omfattning finner stöd bakåt i tiden från Svenska Elverksföreningens definition av Leveranskvalitet från 1991, ref [9], samt från Eurelectrics arbeten om elkvalitet, ref [10], och i den allmänna uppfattningen inom nätverkets elkvalitetsspecialister.



4.2 Beskrivningar av elkvalitetsfenomen

Elkvalitetsfenomen finns beskrivna i två rapporter inom detta projekt samt i Energimyndighetens utredning om elkvalitet.

1. EMC, elkvalitet och elmiljö – guide för elanvändare och allmänt sakkunniga inom elområdet, bilaga B 1
2. Teknisk beskrivning av spänningsdippar och korta avbrott, Erik Thunberg, Svenska Kraftnät, bilaga B 4
3. Energimyndighetens slutredovisning av regeringsuppdrag God elkvalitet, 2003-10-27, bilaga B 9 ”Vad kan deformera en sinusvåg”, se bilaga E 1

4.3 Guider

4.3.1 Guide Elkvalitet

Elkvalitet uppfattas ofta olika av elanvändare och elnätsägare. Det är för det mesta förknippat med dålig kännedom om elkvalitet och EMC. Parternas hantering av elkvalitet ger som en konsekvens kostnader för elanvändare och elnätsbolag som med bättre information skulle kunna undvikas. En guide om elkvalitet har utarbetats av projektet för att underlätta och ge allmän information och överblicka om elkvalitet. Syftet är också att ge icke specialister förklaringar och information som är praktiskt orienterad för att kunna hantera olika situationer vid problemlösning i samband med störd drift i elektrisk utrustning.

Vad som menas med god elkvalitet är ofta föremål för olika uppfattning. I guiden finns ett antal definitioner på begrepp som är viktiga att känna till för att förstå övriga samband inom elkvalitetsområdet. Risken är annars stor att man pratar förbi varandra och att missförstånd uppstår.

Nyckeln till god elkvalitet ligger främst i ett framgångsrikt samarbete mellan elnätsägarna och elanvändarna. Båda parter är ansvariga för att god elkvalitet ska erhållas, men alltid var och en tillsammans med sina respektive utrustningsleverantörer, som också har ett stort ansvar genom sin kompetens.

I samband med upphandling har det stor betydelse att relevanta krav ställs om emission och immunitet på av elektrisk utrustning, installationer och anläggningar som skall anslutas till elnäten. I guiden anges en del exempel grundade på erfarenheter från praktiskt elkvalitetsarbete. Här finns även vägledning om de normer som är viktiga att känna till för kunna tränga djupare i enskilda frågor. Den viktigaste slutsatsen som guiden förmedlar, och den kan inte nog betonas, är att ingen part ensam kan åstadkomma god elmiljö i våra elnät. På samma sätt som vår livsmiljö behöver vårdas, behöver också elmiljön vårdas och det gör vi med gemensamma ansträngningar, till ekonomisk nytta för alla.

Se vidare bilaga B 1, EMC, elkvalitet och elmiljö – guide för elanvändare och allmänt sakkunniga inom elområdet.

4.3.2 Guide Frekvensomriktare

Frekvensomriktare används för varvtalsstyrning av en rad olika el-motordrifter inom såväl fastigheter som industrianläggningar. Varvtalsstyrning är ett effektivt och energibesparande sätt att reglera olika processer. I installationer med frekvensomriktare förekommer inte sällan EMC-problem på grund av brister vid såväl anskaffning som vid installationen av frekvensomriktare. Dessa EMC-problem kan yttra sig som svårigheter med störningar av driften eller som svårigheter med störningar av annan utrustning som också är ansluten till det aktuella elnätet.

För att kunna ta tillvara fördelarna med bra varvtalsreglering och undvika problem och svårigheter vid användning av frekvensomriktare behövs elementär kunskap om de

viktigaste förutsättningarna för framgångsrikt anskaffning och installation till så många som möjligt. Guiden ska ge en gemensam kunskapsgrund och kunna vara en mall för diskussioner mellan parterna i en upphandling av frekvensomriktare och installation av dessa. Elkvalitet är resultatet av ett samspel mellan tre intressenter och parter: - köparen och anläggningsinnehavaren, - elnätägaren och - utrustningsleverantören. Alla har intresse av en så störningsfri drift i anläggningen som möjligt. Parterna har här ett gemensamt ansvar. Kunden och köparen måste kunna ställa specificerade krav för att hans anläggning ska få en god driftsäkerhet

Frekvensomriktare gör det möjligt att varvtalsreglera asynkronmaskinen, som är den absolut vanligaste elmotor som används idag. Den har en robust konstruktion som kräver ett minimum av underhåll och som oftast tål betydande kortvariga överlaster. Motorerna finns i standardiserade byggstorlekar med avseende på effekt och varvtal (poltal) och axelhöjd. Det har gjort det möjligt att konstruera t.ex. laster såsom pumpar och fläktar i motsvarande storlekar så att när vi har valt en önskad pump eller fläkt så finns det en passande motor som vi kan ta direkt från "hyllan". Det är lite som att bygga med "Lego". Men vi måste dock vara observanta om en motor skall matas från en frekvensomriktare. Vi måste säkerställa att frekvensomriktaren och motorn är anpassade till varandra så att de inte skadar varandra utan kan fungera väl ihop dvs. att motorn har rätt isolationsnivå och klarar frekvensomriktarens höga spänningspulser. Vi måste också säkerställa att motorkabeln, som är den viktigaste problemkällan blir rätt vald och rätt installerad, så att den inte förorsakar EMC-problem. Då kan vi tvingas att förändra vissa delar av ett drivsystem för att kompensera för de problem, som en frekvensomriktardrift annars kan ge upphov till.

Då asynkronmaskinen tidigare inte enkelt kunde varvtalsregleras, använde man i många tillämpningar principen att "gasa och bromsa" samtidigt. Om luftflödet från en fläkt behövde justeras användes spjäll för att styra luftflödet, men maskinen fick ändå gå på fullvarv. Fläktdrifterna i Sverige beräknades förbruka ca 10 TWh per år 2002, till en kostnad av ca 6 miljarder kronor. Denna energiförbrukning motsvarar ca 1.5 kärnkraftverk. Genom att byta ut en spjällreglering mot en varvtalsreglering i vårt fläktexempel finns det möjlighet att spara energi. Visserligen minskar fläktens energiförbrukning något när spjället stängs, men inte lika markant som vid varvtalsreglering. Om vi minskar varvtalet på en vanlig fläkt med kvadratisk moment från fullt varv till halva varvtalet kommer effektförbrukningen att sjunka till en åttondel av effektförbrukningen vid fullvarv. Samma förhållande gäller de flesta pumpdrifter. Strypreglering är vanligt i pumpdrifter.

Frekvensomriktare med de vanligaste konstruktionslösningarna är tyvärr en potentiell störsändare. Den önskade utspänningen till motorn vid en viss frekvens skapas genom användning av elektroniska switchar. Utspänningen byggs upp av korta spänningspulser. Spänningspulsernas branta flanker dvs. korta stigtider, ger upphov till mycket högfrekventa spänningsövertoner.

Det finns dock apparatkonstruktioner där utspänningen formas till mjuk sinusform. Konstruktioner har inte i samma utsträckning de nedanstående EMC-problemen, men förbättringarna ger något högre förluster i frekvensomriktaren.

Spänningspulsernas flanker skapar problem när de kommer utanför frekvensomriktaren. De kan ge upphov till störningar med frekvenser över 100 MHz. Vi kan återfinna dessa störspänningar både på frekvensomriktarens nätanslutningar och dess motoranslutningar. Den största störkällan vid frekvensomriktardrifter är omriktardelens anslutna motorkablar. Dessa matar den anslutna asynkronmaskinen med en pulsbredsmodulerad spänning vars spänningspulser, vid 400 V nätspänning, uppvisar en amplitud av 540 V. På grund av missanpassning av motorimpedansen mot kabelimpedansen vid längre kablar (över ca 10 meter) erhåller vi spänningsreflektioner vid motoranslutningen. Dessa kan ge upphov till spänningsspicar vid motoranslutningen på dubbla mellanledningsspänningen dvs. över 1000 V. Om asynkronmaskinen är ansluten via en oskärmad kabel, dvs. en vanlig fyrledarkabel med PEN-ledare, kommer denna att fungera som en sändarantenn och vi kan få stora störfält som stör bl.a. radiokommunikation. Det uppstår även kapacitivt kopplade jordströmmar i anläggningen. Om matande kabel till asynkronmaskinen är dragen via kabelstegar och/eller nära jordade metallytor kopplas en viss ström via jorden tillbaka till matande frekvensomriktare via transformatorns eller elcentralens PEN-kretsar. Vi finner i dag många frekvensomriktardrifter som förorsakar diverse störningar i närliggande apparatur som t.ex. mätgivare, styrsystem, datorkommunikationer osv. Vid en närmare undersökning av dessa installationer finner man att det oftast har brustit i installationen ur ett EMC-perspektiv. De hittills vanligast förekommande frekvensomriktarna går nästan aldrig att montera med oskärmda motorkablar och eller styrkablar. Kablarnas isolationsspänning måste också vara högre än standard för installationsledningar. Det finns dock på marknaden frekvensomriktare med sinusform på utspänningen där dessa problem inte uppstår. EMC-problematiken är ett komplext ämnesområde och får inte försummas i samband med frekvensomriktardrifter. Se vidare bilaga B 2, Frekvensomriktare - guide för elanvändare och allmänt sakkunniga inom elområdet.

4.3.3 Upphandling av elektriska installationer och anläggningar med avseende på elkvalitet

Att idag ansvara för upphandlingen av teknisk utrustning till olika projekt inom svensk industri är att hantera många svåra ekonomiska och tekniska frågeställningar. Tidigare var kunderna mer aktivt engagerade i den detaljerade tekniska specifikationen och konstruktionen av den apparat eller maskin som skulle upphandlas. Företagens kompetens var inom många områden större än idag. Detta medförde att större företag hade en stab av tekniska experter med för företaget avgörande kompetens inom fackområdet.

Nu minskar många företag sina konstruktionsavdelningar och förlitar sig alltmer på extern kompetens. Alltmer av konstruktionsarbetet överläts åt konsulter och den leverantör som väljs. Detta utifrån antagandet, att dessa trots allt är experter inom sitt område. Upphandling inriktas alltmer på inköp av en funktion utan att den specificeras tekniskt i detalj. Detta förfaringssätt kan mycket väl vara framgångsrikt och rationellt om funktionens samtliga kvantitets- och kvalitetsparametrar finns med i specifikationen för den aktuella upphandlingen.

Detta dokument behandlar de kvalitetsparametrar som har stor betydelse för objektets driftsäkerhet som många gånger starkt beror av elkvalitet och elmiljö. Vi koncentrerar oss på elkvalitet vid installation av eldrivna maskiner anslutna till elnät. Utgående från en vanlig upphandlingsprocess diskuteras var elkvalitetsfrågorna kommer in. De vanligaste elkvalitetsfenomenens parametrar diskuteras för teknisk specificering för att inte något av dessa ska lämnas åt slumpen.

En viktig del är mätningar av elkvalitet i matande elnät och i befintlig anläggning för att skaffa fram underlag till specificeringsarbetet. Dessa mätningar ger anläggningsägaren och utrustningsleverantören en god uppfattning om den elmiljö som den tänkta utrustningen skall arbeta i. Mätningarna är ett bra komplement till de av kunden angivna gränsvärdena för olika elkvalitetstorheter. Dessa mätningar är även värdefulla som en jämförelse av elkvalitet före/efter installationen av ny utrustning för att kunna påvisa eventuella försämringar/störningar som introducerats med den nya utrustningen. Det är viktigt att vid mätningen beakta att alla driftsituationer av intresse inryms under mätperioden.

Grundläggande för lyckade upphandlingar är en tydlighet, avseende krav på tålighet för bristande elkvalitet, samt krav på den nya utrustningen, så att den inte ger upphov till en försämring av befintlig elkvalitet. Det finns flera exempel på problem som har uppstått på grund av att man i upphandlingsfasen inte ställt tillräckligt stora krav på den nya utrustningen med avseende på elkvalitet. Exempelvis fick en kund problem med driftstörningar på en datastyrd maskin, efter att han hade kopplat in en ny punktsvets. Orsaken till problemen var att punktsvetsen orsakade för stora spänningsdippar.

Se vidare bilaga B 3, Upphandling av elektriska installationer och anläggningar med avseende på elkvalitet.

4.3.4 Teknisk beskrivning av dippar och avbrott

Dippar och korta avbrott är en ofrånkomlig företeelse, en naturlig konsekvens av och en del av det skyddssystem, som elnätet måste ha för att vara säkert. Dipparnas djup och varaktighet är en direkt följd av nätets och skyddssystemens konstruktion. Förekomsten av dippar är det yttre tecknet på att skyddssystemen fungerar.

Elsystemet är avsett att försörja alla användare och bör vara konstruerat för att ge en leveranskvalitet som tillfredsställer flertalet användares behov. Många av de tekniska åtgärder som behövs för att minska dippar och av korta avbrott i elnätet kan innebära mycket stora kostnader för nätägaren, och därmed också för kunderna genom att kostnaderna för åtgärderna återförs till kunderna.

Ny teknik och nya tillämpningar, exempelvis bredbandskommunikation och hemsjukvård kommer troligen att öka kraven på elsystemet i framtiden. Det kommer alltid att finnas vissa elanvändare som har avsevärt högre krav på spänningskvalitet och tillgänglighet än andra. Sådana elanvändare bör i möjligaste mån, tillsammans med nätägaren, försöka hitta lokala lösningar och riktade insatser för att minska

konsekvenserna av dippar och avbrott genom att förbättra sin immunitet och försäkra sig om att spänningskvalitet och tillgänglighet motsvarar den som verksamheten kräver.

Varaktigheten för spänningsdippar beror huvudsakligen på hur snabbt det orsakande felet bortkopplas. Beskrivningen samt resultat från mätningar visar tydligt att de flesta spänningsdippar har en varaktighet på ca 100-200 ms. Genom att utnyttja denna kunskap bör det vara relativt överkomligt, både tekniskt och ekonomiskt, att införa åtgärder för att öka immuniteten hos apparater och utrustningar som är känsliga för sådana spänningsdippar.

Se vidare bilaga B 4, Teknisk beskrivning av dippar och avbrott, Svenska Kraftnät, Erik Thunberg

4.4 Övriga mindre delprojekt

4.4.1 Överspänningar i lågspänningsnät

UE-projektet har stött två mindre studier i ämnet överspänningar i lågspänningsnät. Krister Tykeson från Carl Bro Energikonsult AB har gjort en simuleringsanalys och beräknat hur transienter överförs genom transformatorer till och från lågspänningsnätet, rapporten bifogas i bilaga E 1. Vidare lämnar UE-projektet tillsammans med Öresundskraft (Olle Corfitsson) stöd till ett examensarbete vid Lunds Tekniska Högskola med samma ämne. Uppdragsbeskrivningen för examensarbetet bifogas i bilaga E 1. Vidare finns en intressant konferensrapport i samma ämne från företaget Emerson Energy Systems i Kungens Kurva i Stockholm bifogad i bilaga E 1.

4.4.2 Immunitet

Projektet har stött EMC-on site i Skellefteå med medel för att utarbeta ett projektförslag till förstudie om immunitet mot transienter och dippar i byggnader. Detta har utarbetats av Martin Lundmark och John Åkerlund tillsammans. Projektförslaget har rubriken: "Immunitet, tålighet mot transienter och dippar i apparater vid sammankoppling mellan el och telenät mfl. på fastighetsnivå" (Elforsk projektnummer 3917). Detta projektförslag har skickats till samarbetsprojektet mellan Elsäkerhetsverket och Elforsk med namnet EMC och Elsäkerhet och ingår i Ramprojekt 6: EMC-Elsäkerhet (Elforsk projektnummer 3915), se bilaga E 2.

4.4.3 Småindustrier

Elforsk har i början av sitt arbete med elkvalitet, sedan mitten på 1990-talet, tittat på småindustriernas eventuella problem. Rapporteringen om omfattningen av småindustriernas bekymmer har dock varit splittrad. Några utredningar finns dokumenterade från Småland där problem rapporterats. Från vissa håll har alarmerande svårigheter rapporterats medan det från andra håll har menats att man inte har några allvarliga problem. Åke Danemar från Teknikföretagen som är styrgruppsmedlem har inte heller kunnat hitta något företag eller någon företagsgrupp med stora elkvalitetsbekymmer, som kunnat leda till en insats från UE-projektet. Vårt intryck är att det sannolikt finns elkvalitetsproblem inom småindustrissektorn men att dessa döljs

eller tas om hand i den allmänna problemlösningen av personalen på företagen och sällan identifieras som renodlade elkvalitetsproblem. Orsaken kan vara att det vid sidan av tydliga åskstörningar kan vara kompetensmässigt svårt att identifiera elkvalitetsproblem från vad som kan vara "vanligt" maskinkrängel och "datastrul". Elkvalitetsproblemen är sannolikt inte större än att man väljer att leva med dessa och köra vidare utan att kosta på större analysinsatser. En studieresa har gjorts till HABO kommun i Småland med många småindustrier. Situationen där var på förhand rapporterad god och studieresan gjordes för att se på bra exempel. Reserapporten bifogas i bilaga E 3.

4.4.4 Återinkopplingstider

Svensk Energi har remitterat sitt projekt "Återinkopplingstider för distributionsnät" för vidare behandling till Elforsk UE-projekt. Det har kommit klagomål om skadad utrustning till nätbolagen och en hypotes finns om att återkopplingsautomatiken är för snabb och därigenom alstrar transienter eller genom sin snabba återkoppling med återkommande spänning stör och skadar utrustningens framförallt motordrifter som inte hunnit stanna mm. I september 2002 publicerades en rapport som ifrågasätter om en fördröjning av återkopplingstiderna eventuellt skulle kunna minska skador på utrustningen. Svensk Energi har emellertid inte haft resurser att verifiera detta genom simuleringar i laboratorium eller genom fältförsök utan har remitterat frågan för fortsatt studier till UE-projektet.

UE-projektets analys av problemet leder till förslaget att frågan bör behandlas tillsammans med immunitetsproblem generellt. Immunitetsfrågor är ett satsningsområde som Elsäkerhetsverket och Elforsk samarbetar om, se vidare bilaga E 4.

5 Dippar och korta avbrott

5.1 Förstudie: Förberedande kartläggning av spänningsdippar i olika typer av nät

En typ av bristande spänningsgodhet som har blivit alltmer störande för kunder med känslig elutrustning (datorer, elektronik, processanläggningar mm) är de kortvariga spänningssänkningar, s.k. dippar, som uppträder mer eller mindre slumpartat. Kunskaper om hur ofta dippar förekommer och dess karaktär i olika typer av nät är väsentlig för att kunna hjälpa kunderna på rätt sätt.

En första översiktlig sammanställning görs av förekomsten av dippar (antal/månad) och dess längd (antal perioder) i några tätortsnät samt hos några kundkategorier i datortäta/processtäta miljöer.

Ambitionsnivån samt redovisningsstruktur och redovisningssätt fastställs av KFE: s styrgrupp. Ett antal ”typnät” väljs ut där mätningarna genomförs. Offerter för genomförande av projektet är inhämtade av Elforsk under hösten 2001 och finns som underlag för styrgruppens beslut.

Ett större upphandlingsförfarande genomföres med offertförfrågan till sex olika konsultföretag. Efter utvärdering beslutade styrgruppen att uppdraget skulle gå till Vattenfall Utveckling AB, med Ulf Grape och Ulf Johansson som utförande konsulter. Motiven för valet var vid sidan om ett bra pris möjligheten att innefatta även Vattenfalls tidigare dippmätningar i utvärderingsmaterialet. I Vattenfalls offert ingick även en analysdel, som styrgruppen värderade positivt tillsammans med den erfarenhet inom området som Vattenfall Utveckling AB har.

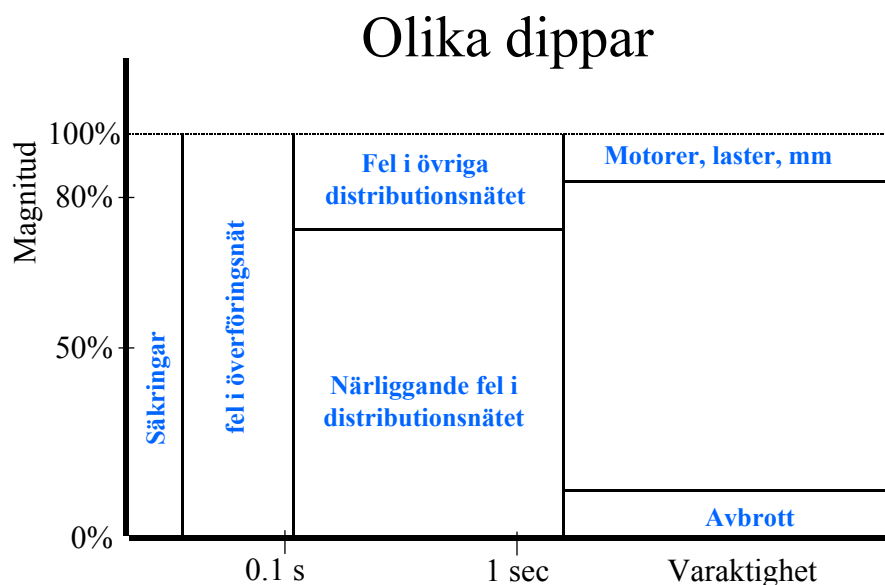
Se vidare hela rapporten i bilaga A 1, Elforsk rapport 04:43, Förberedande kartläggning av spänningsdippar i olika typer av nät.

5.2 UE-projektets slutsats

Baserat på professor Math Bollens föreläsningar, på resultat från projektets dippmätningar och expertseminarium om dippar kan följande sammanfattning göras. Dippar och korta avbrott är en ofrånkomlig företeelse, en naturlig konsekvens av och en del av det skyddssystem, som elnätet måste ha för att vara säkert. Genom skyddssystemets ingripande kan feltillstånd förkortas och begränsas så att de inte utvecklas till långvariga elavbrott. Dipparnas djup och varaktighet är en direkt följd av nätets och skyddssystemens konstruktion. Förekomsten av dippar är det yttre tecknet på att skyddssystemen fungerar. Dipparnas karaktär speglar hur väl skyddssystemet arbetar och kopplar bort ledningar i elöverföringen. Om skydden inte fungerade och inte kopplade bort ledningar som drabbats av fel skulle allvarliga explosioner, bränder och olyckor kunna inträffa. Dessa skulle leda till mycket långvariga elavbrott och stora konsekvenser för samhället. Dippar orsakas primärt av kortslutningar, jordfel och efterföljande nätomkopplingar och återinkopplingar av ledningar och transformatorer i nät på olika spänningsnivåer. Grundorsaken är oftast åskurladdningar, men även andra

felorsaker såsom ”snösläpp” och olika ”fågelfel”, kabelfel samt grävningsskador och andra mänskliga felgrepp förekommer. I lågspänningsnät och industrinät på låg- och mellanspänningsnivå kan dippar orsakas av kortslutningar och inkopplingar av stora motordrifter. Dipparnas djup och varaktighet relaterat till orsak framgår av figuren 5.3.1.

”Dippfria” elnät är omöjligt att åstadkomma. Dippar är ett nödvändigt ont som vi måste leva med.



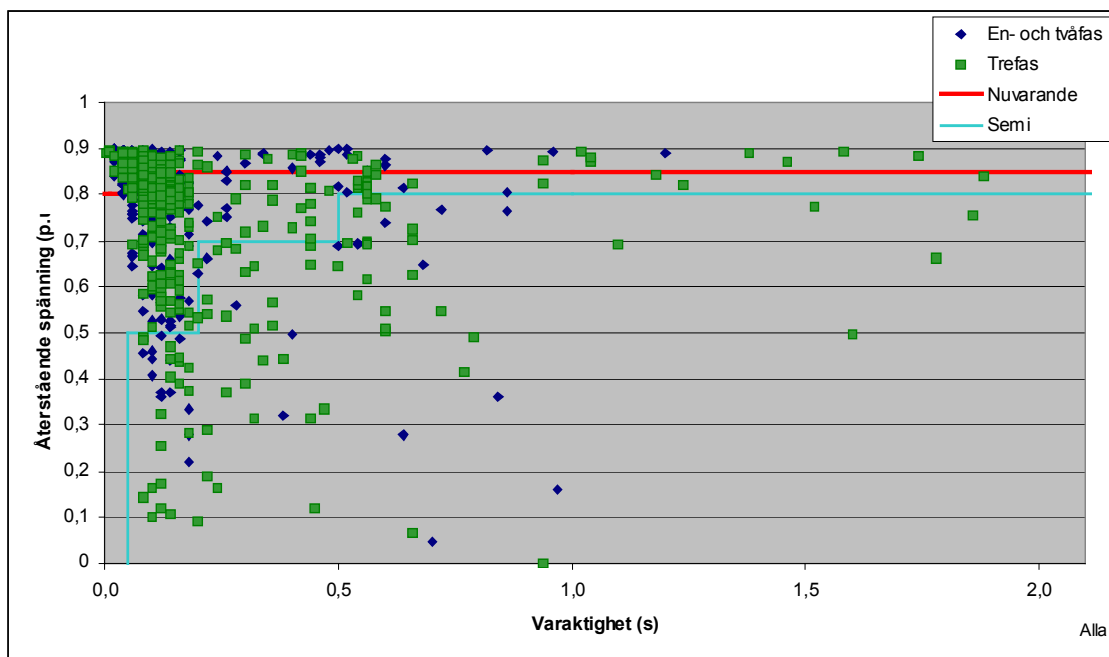
Figur 5.3.1 Dippar orsakade av olika fel i överföring och distribution av el

Projektets mätningar och Vattenfalls tidigare mätningar visar att det genomsnittliga antalet dippar per månad i elnäten i Sverige är 1,8 stycken, medelvärde 0,8 för stadsnät och medelvärde 3,5 för landsbygdsnät. Det indikerar cirka 20 stycken i grovt medeltal i varje eluttag i Sverige per år. Projektet har registrerat 848 dippar och 658 av dessa (77 %) är kortare än 200 ms. Nästan alla inträffar under tre månader under årsäsongen varje år. Dock har landsbygdsnät med luftledningarna en större spridning under året och större maxmedelvärden. Landsbygdsnät kan ha en andra tyngdpunkt under året som hänger samman med snöoväder, trädpåfall och snösläpp längs luftledningarna, som oftast är oisolerade. Följande iakttagelser bör noteras:

- Stora variationer från år till år
- Fler dippar i södra Sverige än i norra
- Mellanspänningsnät med luftledningarna är utsatta
- Åska är den vanligaste orsaken
- Flera exempel visar att mätningarna och efterföljande åtgärder inneburit förbättringar i nät
- Nätets struktur har stor betydelse för dipparnas förekomst och karaktär. Maskade nät och många ledningar är inte bra ur dippsynpunkt. De kan visserligen ge hög kortslutningseffekt och därmed förhållandevis grunda dippar

men utgör stora åskantenner och ger fler störningar än radialnät med få ledningar. Maskade nät har färre avbrott men flera dippar och fler andra elkvalitetsproblem än radialnät. Maskade nät är svåra att överblicka, kontrollera, styra och manövrera.

De dippar som projektet registrerat i de använda mätpunkterna har en spridning som visas i figuren nedan. Denna bild är typisk och förekommer i all litteratur om dippar från hela världen. Det är en spegling av hur elnäten är konstruerade för att kunna arbeta säkert och hur de fungerar med sin nuvarande utrustning och skyddssystem.



Figur 5.3.2 Spridningen av samtliga registrerade spänningsdippar.

Den röda linjen indikerar den immunitetsnivå som nuvarande kundutrustning i allmänhet har i industrin. Den blåa linjen indikerar den immunitetsnivå som Semistandard F47 föreslår, se ref [10] i bilaga A1, Elforsk rapport 04:43, "Förberedande kartläggning av spänningsdippar i olika typer av nät".

I tabellen 5.3.3 nedan visas antalet dippar fördelade enligt Semistandarden F 47. Om kundernas utrustning hade haft en immunitet enligt F47 hade 87 % av dipparna (blåmarkerade) inte lett till någon störning i driften alls. Av totalt 848 dippar, ligger 737 över immunitetslinjen och 658 (77 %) är kortare än 200 ms och 847 är kortare än tre sekunder. Utrustningen hade klarat "ride through" för nästan 90 % av alla dippar. Störningar beroende på dippar i matning till industri- och kundutrustning är nästan alltid helt relaterade till nivån på immuniteten i kundens utrustning och processens konstruktion. Detta indikerar att förbättringar i utrustningens och processens immunitet har mycket stor potential att minska kostnaderna för störningar i processerna och förbättra driftresultaten.

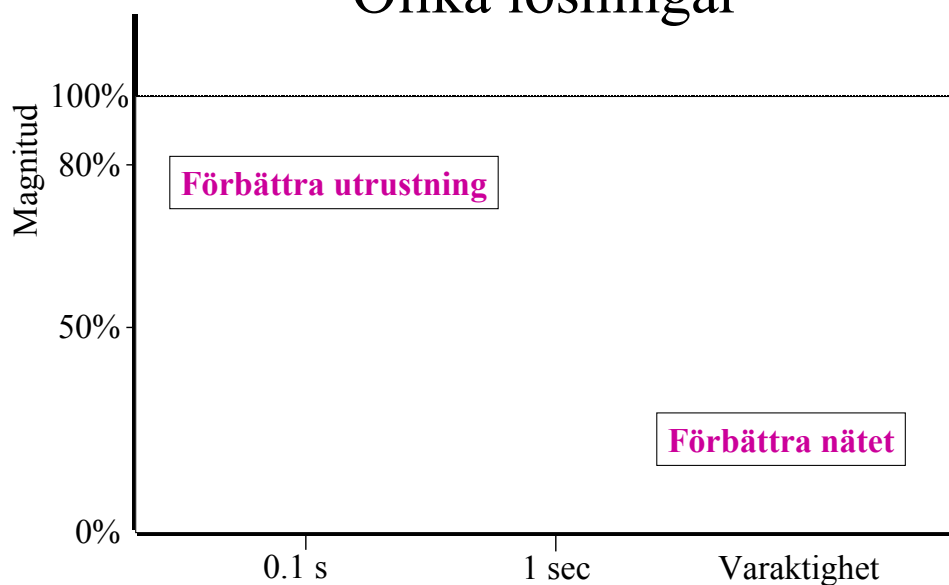
Residual voltage u % of U_{ref}	Duration s							
	$0,01 < \Delta t$ $\leq 0,05$	$0,05 < \Delta t$ $\leq 0,2$	$0,2 < \Delta t$ $\leq 0,5$	$0,5 < \Delta t$ ≤ 1	$1 < \Delta t$ ≤ 3	$3 < \Delta t$ ≤ 20	$20 < \Delta t$ ≤ 60	$60 < \Delta t$ ≤ 180
$90 > u \geq 80$	123	354	25	29	11	1	0	0
$80 > u \geq 70$	0	110	13	9	2	0	0	0
$70 > u \geq 50$	0	71	18	14	3	1	0	0
$50 > u \geq 10$	0	31	14	5	1	2	0	0
$10 > u \geq 0$	0	2	0	3	0	0	2	4

Summa : 848(737) 123(123) 568(535) 70(38) 60(29) 17(11) 4(1) 2(0) 4(0)

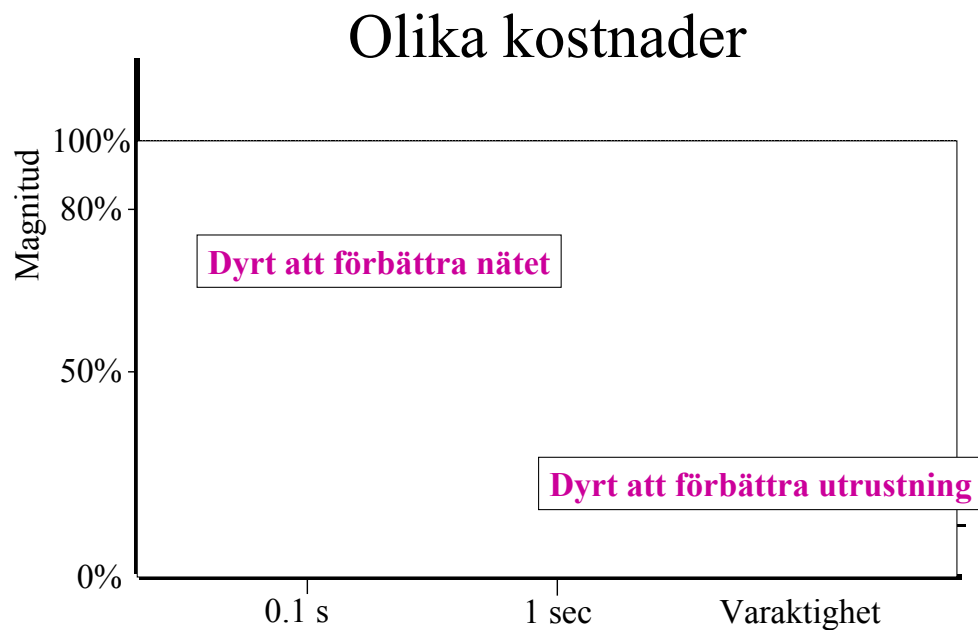
Tabell 5.3.3 Antalet registrerade spänningsdippar fördelade enligt Semistandard F-47

Det finns olika åtgärder som kan vidtas för att hantera och motverka följderna av dippar. Generellt kan sägas att det är lätt och billigt att skydda små belastningar och svårt och dyrt att skydda stora belastningar. Korta dippar eller korta avbrott är lättast att klara särskilt vid små effekter, medan långa och djupa dippar och avbrott blir svårare att klara ju större effekter som lasterna har. Det är dyrbart att eliminera dippar genom åtgärder i elnätet, särskilt korta dippar är svårt och dyrt. Man kan minska antalet dippar men inte ta bort dem helt, och det är åtgärder som kan ta lång tid att genomföra. Dock kan elnätsägare minska antalet långvariga dippar genom justeringar av skyddens inställningar.

Olika lösningar

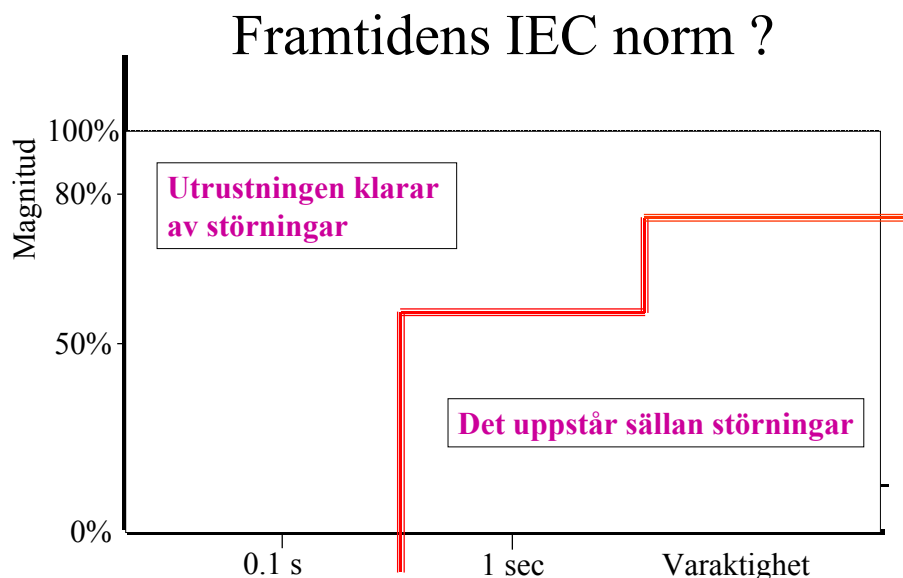


Figur 5.3.4 Olika lösningar för att förbättra kundsituationen för olika spänningsdippar



Figur 5.3.5 Olika kostnader i nät och kundutrustning för förbättringsåtgärder för olika slag av dippar.

Dippar är ett nytt problemområde beroende på att belastningarna har blivit känsligare för dippar. Problemet finns också därför att det inte har formulerats tillräckliga krav på varken kundutrustningar eller elnät i internationella standarder och normer avseende tålighet mot dippar. Elnätbolagen i Sverige har varit tveksamma till att deklarerat dippegenskaperna. Det saknas också officiell statistik för händelser i nätet med varaktighet < 3 min dvs. om dippar och korta avbrott. Framtida IEC normer skulle kunna medverka till en situation som skulle kunna göra att kundutrustningar och industriprocesser kan klara de flesta dippar och bara stördes av sällan förekommande kraftiga dippar och avbrott, se beskrivning i figur 5.3.6.



Figur 5.3.6 En framtidens IEC norm skulle kunna göra att kundutrustningar och industriprocesser kunde klara de flesta dippar och bara stördes av sällan förekommande kraftiga dippar och avbrott.

Det är billigare och mer genomförbart att selektivt göra känslig utrustning tålig eller immun mot dippar och det kan därigenom införas på kortare tid. Se figur 5.3.4 och 5.3.5.

Dippstudien kan sättas i relation till vilken dippskyddsutrustning som marknaden erbjuder och elkunderna använder i verkligheten för att göra och som figur 5.3.4 och 5.3.5. pekar på att man bör göra. Resultatet av dippstudien är att dippskydd av kundutrustning inte behöver ha längre reservtid än 150 - 500 ms. för att skydda kundutrustningen mot dippar.

I verkligheten behövs dock längre reservertider, 1 - 5 min för att kunna stänga av datorsystem på kontor och styrsystem i industriprocesser. UPS system används just som dippskydd och för att stänga av datorer och styrsystem på ett kontrollerat sätt vid elavbrott. Studien visar att om man inte har behov av tid för kontrollerad avstängning av datorer och styrsystem kan inbyggda reservertider på 150 – 500 ms i kraftaggregaten till utrustningen göra stor nytta.

Om man sedan betraktar behov av kontinuerlig och avbrottsfri drift som kan överbrygga sällan förekommande elavbrott, området till höger i figurerna 5.3.4 – 6. är reservertidsbehoven mellan 1 – 6 timmar. Enligt Jörgen Andersson rapport "Åtgärder för ökad Leveranssäkerhet, juni 2001" [3] och FOI:s rapport "En analys av fel- och driftstörningsstatistik från eltransmissions- och eldistributionsnät i Sverige, december 2003" [4] är medelavbrottstiderna (CAIDI) i tätorter mellan 40 min till 1,5 tim och på landsbygd 2 - 3 timmar. Enligt FOI:s rapport är avbrottstiden i Stockholm (1998 – 2001 och 314 observationer) i medel (CAIDI) 98 min och median 64 min.

De vanligaste batterilösningarna på marknaden med längre batteritid för standard UPS är cirka 30 min. För längre tider erbjuds oftast speciallösningar. De sällan förekommande avbrotten som är längre än 3 min är ofta längre än 30 min, eftersom dessa nästan alltid förknippas med manuella ingrepp och tar längre tid att åtgärda i elnäten. Batterireservtider i UPS-installationer i intervallet 5 - 30 min är i allmänhet för korta som reservkraftanläggningar, men onödigt långa som dippskydd.

6 Kundernas förluster i samband med dippar och korta avbrott

6.1 Förstudie: Värdering av kundernas förluster till följd av dippar och avbrott

I samband med att användningen av bl. a datorer och avancerad elektronik ökar så ökar samtidigt kundernas ekonomiska förluster till följd av bristande leveranssäkerhet och spänningsgodhet. För att eldistributörer/nätägare skall kunna optimera utförandet av sina nät är kunskap om dessa kundkostnader viktig. Dessutom är denna kunskap viktig för att bedöma behovet av åtgärder i kundernas egna anläggningar.

Dåvarande Svenska Elverksföreningen utgav år 1994 skriften "Avbrottskostnader för kunder" där kostnaderna till följd av bristande leveransförmåga redovisades med den uppfattning kunderna hade för knappt 10 år sedan.

En uppdatering eller komplettering görs av skriften "Avbrottskostnader för kunder", där kostnaderna till följd av bristande leveransförmåga utvidgas och kompletteras med information om kundernas kostnader för bristande spänningsgodhet.

Projektet bör genomföras på liknande sätt som för 1994 års skrift, ref [6], dvs. någon form av intervjuundersökning. I 1994 års skrift användes begreppet "avbrottstid (i timmar)" till vilket kundens kostnad relaterades. I en uppdaterad och kompletterad version med information om kundernas kostnader för bristande spänningsgodhet bör begreppet "avbrottstid (i timmar)" förtydligas och avse "spänningsavvikelsestid (från just över 0 sekunder till x timmar) i eltillförseln". Spänningsavvikelsestid är den tid som spänningen avviker från den garanterade; normalt + 3 % – 3 % enligt SvEl:s skrift "Kriterier för spänningsgodhet vid leveransspänning över 1 000 V". Därutöver införs begreppet "stillestånd hos kund (i timmar)". Det är nämligen skillnad på "spänningsavvikelsestid i eltillförseln" och "stillestånd hos kund". Det relevanta måttet är vad elstörningar kostar i kundens produktion. Så kan t ex en dipp på några perioder förorsaka kunden stillestånd i verksamheten på flera timmar.

Elforsk har gjort vissa förberedande undersökningar och inhämtat information om liknande och pågående projekt i de nordiska länderna. Dessa finns som underlag för styrgruppens ställningstagande.

I styrgruppens diskussioner inför starten av förstudien infördes också att en nationalekonomisk bedömning av kostnaderna skulle göras, och av detta skäl bestämdes att en ekonom skulle kopplas till förstudien.

Se vidare hela rapporten i bilaga A 2, Elforsk rapport 04:42, Förstudie: Värdering av kundernas förluster till följd av dippar och avbrott.

6.2 UE-projektets slutsats angående kundernas kostnader

Vid expertseminariet inom UE-projektet om dippar 040226 konstaterades att en ny helhetsbild beträffande avbrottskostnader totalt har växt fram. Under tiden som UE-projektet löpt har förutom vår egen rapport två undersökningar av kundernas kostnader till följd av dippar och avbrott blivit färdiga. Dessa kompletterar varandra väl. Efter vår dippkostnadsstudie har dels den stora avbrottskostnadsutredningen i Norge, ref [8], färdigställts och dels har Svensk Energi avslutat och publicerat rapporten ”Elavbrottskostnader, 2003”, Uppdatering utförd år 2003, av rapporten ”Avbrottskostnader för elkunder” från 1994, ref [5].

Vi har nu en bild av och uppfattning om elanvändarnas kostnader för dippar och korta avbrott (< 3 min). De tidigare uppfattningar som funnits inom elbranschen och i diskussioner med kunder har baserats på Elverksföreningens rapport från 1994, ref [6], som bara behandlar avbrottskostnader längre än 3 min (> 3 min) och man har i elbranschen i stort sett bortsett från kostnader för dippar korta avbrott (< 3 min). Dessa registreras eller rapporteras inte och har heller inte tidigare analyserats. Däremot har elanvändarna klagat över avbrottskostnader, och de uppgifter om avbrottskostnader som elanvändarna har givit har inte stämt med de kostnader som Elverksföreningen rapport från 1994 indikerade. Baserat på denna nu 10 år gamla rapport har uppfattningen inom branschen varit att elanvändarnas avbrottskostnader har varit i storleksordningen 700 Mkr (1994 år kostnadsnivå och längre än 3 min (> 3 min), vilket är mycket mindre än elanvändarnas uppgifter.

Tillsammans med nya siffror från Norge och den nyligen avslutade uppdateringsrapporten från Svensk Energi kan en ny säkrare uppskattning av de totala kostnaderna för elanvändarna göras. Konsulten Torbjörn Johnson lämnade vid expertseminariet med stöd av de nya rapporterna kostnadsindikationer som framkommit i vår förstudie, men som då bedömdes alltför osäkra att publicera.

UE-projektets förstudie ”Värdering av elkunders störningskostnader till följd av dippar och korta avbrott i elförsörjningen”, kan sammanfattas kort med följande punkter:

- Det är mycket svårt att skydda last med stor effekt mot dippar
- Kunderna har skyddat mindre effekter i stor utsträckning med UPS
- Stor omedvetenhet om problemet bland vanliga elkunder
- Mycket stor spridning och svängningar i kostnadsutfall
- Studien kunde inte göra en nationalekonomisk bedömning av samhällskostnader i samband med dippar och korta avbrott.
- Uppskattningsvis så kan kostnaderna totalt vara 1 000 – 1 500 MSEK baserat på förstudiens uppgifter från intervjuer av elansvariga i olika branscher utom småindustrier. Denna bedömning stöds också av resultat från den norska avbrottskostnadsutredningen och den fortsatta kunskapsuppbyggnad som Svensk Energis rapport givit.

Den norska utredningen har specificerat sina resultat enligt följande:

Langvarige avbrudd (>3 min):	850	MNOK pr år
Kortvarige avbrudd: (< 3 min):	600	MNOK pr år
Spänningsdip:	170 - 330	MNOK pr år
Totalt:	1 600 – 1 800	MNOK kr pr år

Korta avbrott och spänningsdippar i Norge uppskattas alltså till 770-930 MNOK och skulle översatt till svenska förhållanden kunna motsvara cirka 1,5 ggr det norska utfallet, dvs. 1 100 – 1 400 MSEK baserat på en dubblering med hänsyn till folkmängd men reducerat eftersom elnätet i Norge har annorlunda egenskaper och förutsättningar och därför har flera dippar än det svenska.

Svensk Energis uppdatering 2003 av Elverksföreningens rapport från 1994 kan sammanfattas:

- Avbrottskostnaderna har i ungefär fördubblats i genomsnitt för alla branscher jämfört med år 1994
- Störst för handel och tjänster cirka 2,5 gånger
- Storindustrin minst med cirka 1,4 gånger
- Jordbruk med cirka 1,8 gånger
- Även hushållens elavbrottskostnader har ökat cirka 1,6 gånger
- En bekräftelse på det ökande allmänna elberoendet
- Särskilt noteras lantbrukets och landsbygdens elberoende och ökade känslighet

Utgående från Elverksföreningens rapport 1994, ref [6] om avbrottskostnader för avbrott längre än 3 min på cirka 700 Mkr, och resultatet från uppdateringen 2003 med en c.a dubblering av avbrottskostnaderna (> 3 min) skulle detta motsvara cirka 1 400 Mkr år 2003. Se Svensk Energis nyligen avslutade uppdatering av Elverksföreningens 1994 år rapport, ref [5]. För dippar och korta avbrott kortare tid än 3 min (< 3 min) indikerar UE-projektets förstudie en ungefär lika stor kostnad på 1 000 – 1 500 Mkr.

Kostnader för dippar, korta och långa avbrott år 2003 kan därför uppskattas till:

Dippar och korta avbrott	< 3 min	1 000- 1 500 MSEK
<u>Avbrott</u>	<u>>3 min</u>	<u>1 400 MSEK</u>
Summa:		2 400 – 2 900 MSEK

I Elverksföreningens rapport ingår inte kostnader i andra led för kunder till t.ex. kommunikationsoperatörer eller resenärer som drabbas av störningar, därför att fjärrkontroll eller datakommunikation inte fungerat till följd av en elstörning. Effekter för tredje man uppstår först vid längre avbrott men dessa är mycket sällsynta. Telekommunikation ska egentligen inte drabbas, men den har blivit känsligare genom Internetteknikens intåg. Mobiltelenät, datanät, företagsväxlar och kundtjänster drabbas numera i stor utsträckning, eftersom man inte har särskilt lång uthållighet i sina reservbatterier eller helt saknar batterier. Dessa effekter i andra led är inte riktigt kartlagda, men borde studeras i en fortsättning.

I Energimyndighetens slutredovisning av regeringsuppdraget om God elkvalitet, 2003-10-27, ref. [7] avsnitt 7.3 och dess bilaga B7 inkluderas även kundernas årliga kostnader

om 1 435 MSEK för skyddsåtgärder mot brister i elkvalitet samt användarnas kostnader för skadad utrustning. Dessa omfattar skydd mot brister i leveranssäkerhet och spänningsgodhet, vilket båda är delmängder av elkvalitet och omfattar kostnader för reservkraft, överspänningsskydd och transientskydd mm. Redovisningen har också en uppskattning av kundernas kostnader för skadad utrustning och bränder till följd av transienter, cirka 400 MSEK. Dessa skador har ökat kraftigt under den senaste 10-årsperioden och den främsta orsaken är att kunderna numera i stor utsträckning ansluter sin utrustning till både el- och telenäten. Bärbara telefoner, modem, fax och PC-datorer är de apparater som för det mesta ansluts till både el- och telenäten och som går sönder. Orsaken till sammankopplingen är bland annat den ökande användningen av Internet. Se Energimyndighetens slutredovisning, 2003-10-27 (dess bilaga B6) ref [7].

Summeras dessa kostnader uppstår följande sammanställning av alla elkvalitetsrelaterade kostnader för kundkollektivet per år:

Dippar och korta avbrott	< 3 min	1 000 – 1 500 MSEK
Avbrott	>3 min	1 400 MSEK
Kostnader för bränder och trasiga apparater		400 MSEK
Skyddsåtgärder		1 400 MSEK
Summa:		4 200 – 4 700 MSEK

7 Sammanfattning och resultat av hela projektet

7.1 Vilka är problemen

Ett problem med elkvalitet är att det omfattar ett mycket brett spektrum av olika teoretiskt ganska svåra frågeställningar, som är tätt sammanvävda och som intertakterar och påverkar varandra. De olika delarna i ämnesområdet är svåra att hantera isolerat var för sig. För det mesta måste elkvalitetsproblem lösas med helhetsanalys av t.ex. en process eller ett system. Till viss del behövs nya kunskaper och nya insikter, något som projektet har skapat, dels angående dipparnas karaktär och dels om kostnader för dippar och avbrott kortare än 3 min. Behov av nya kunskaper kvarstår inom området för HF-störningar på elnätet, vagabonderande strömmar samt om övertoner i elnätet. Men trots allt finns den mesta informationen om elkvalitetsfrågor redan. Det är dock svårt och kräver mycket erfarenhet att få en överblick över alla relevanta standarder och normer och koppla dessa till en praktisk verklighet.

Ett annat problem är att kontinuerligt sprida, informera och utbilda om betydelsen av god elkvalitet för att hålla kostnaderna i samband med användning av el låga. Alla medarbetare både inom elbranschen och bland elanvändarna, som i sin tur består av en rad olika teknikområden och branscher har ständigt behov av denna information. Det finns ett fortsatt stort behov av ”teknisk tvärkommunikation”, dvs. mellan elbranschen och elanvändarna, men också mellan olika tekniska branscher inom användarkollektivet

7.2 Vilka är projektets resultat

Projektet har:

- etablerat en Kunskapsplats för Elkvalitet med ett nätverk av cirka 130 personer med kunskaper och intresse för elkvalitetsfrågor. Nätverket består av personer från elnätsbolag, stora elanvändare, industriföretag, utrustningsleverantörer, myndigheter, universitet och högskolor samt konsulter. Nio stycken nätverksmöten och seminarier har hållits om olika elkvalitetsfrågor. Dessa finns dokumenterade genom nyhetsbrev på projektets hemsida.
- klarlagt elanvändarnas kostnader i samband med störningar i elleveranserna., Dessa är elkvalitetsrelaterade kostnader som kundkollektivet betalar löpande per år. De är i storleksordningen 4,5 Miljarder kronor. I denna summa ingår kostnaderna för skyddsåtgärder såsom dippskydd, transientskydd och reservkraft m.m. för att förbättra elleveranserna som kunderna upphandlar för de egna installationerna. Kostnaden utgör nästan 25 % i tillägg till de cirka 20 miljarder kronor, som elanvändarna betalar i nätavgifter för driften av elnätet. Olika delprojekt har visat att potentialen till kostnadssänkningar är stor särskilt genom att förbättra immuniteten mot störningar i elleveranserna i elanvändarnas installationer och anläggningar.
- skapat en bild av förekomst och frekvens av dippar och korta avbrott och nya insikten om dem. Dippar är en ofrånkomlig företeelse och en naturlig del av elnätets skyddssystem, - en konsekvens av dess nödvändiga funktion. I grovt

genomsnitt förekommer ett 20-tal dippar i varje eluttag i Sverige per år med högst frekvens under sommarmånaderna. Cirka 80% av dipparna är kortare än 200 ms och är sällan djupare än till halva den nominella spänningen. En ny insikt är att maskade nät genererar flera dippar än enklare och radiella nät med få linjer. Maskade nät ger däremot färre långa avbrott. Kostnaderna hos elanvändarna för ofta förekommande dippar och korta avbrott kan sammantaget dock bli större än för sällan förekommande långa avbrott.

- utgivit fyra guider och informationsskrifter om elkvalitet:
 - En allmänt förklarande guide om elkvalitet,
 - En guide om elkvalitetsrelaterade frågor kring frekvensomriktare
 - En guide om elkvalitetsaspekter i samband upphandling av elektriska installationer och anläggningar
 - En teknisk beskrivning av dippar

8 Vad behöver göras mer inom elkvalitet

I slutfasen av projektet Utveckling Elkvalitet kan sju behov av fortsatt verksamhet urskiljas.

1. Ett vidmakthållande av kunskapsplatsen för elkvalitet (KFE) och dess nätverk med kanske 2-3 gånger årligen återkommande temadagar för utbildning, information och tvärteknisk kommunikation med angränsande teknikområden.
2. Förstudier och utvecklingsprojekt inom områdena HF-störningar med koppling till området störningsfri elnätssamkommunikation för behoven av elmätning och Internetkommunikation, (PLC), samt övertoner.
3. Uppbyggnad av ett kompetensstöd för Elkvalitetsfrågor inom Svensk Energi som stödresurs till medlemsföretagen.
4. Immunitetsförbättringar i kunders installationer och anläggningar. Information till kunder och elanvändare om att ställa bättre krav på apparat- och utrustningstillverkare.
5. Vagabonderande strömmar i samband med eldistribution och fastighetsinstallation.
6. Riktlinjer och rekommendationer för mätning av elkvalitet.
7. Kvarvarande projektförslag enligt Elforsks FoU-program Elforsk rapport 99:46

8.1 Kunskapsplats för Elkvalitet (KFE) och nätverksmöten

Många medlemmar i styrgruppen och nätverket för elkvalitet har framfört utbildnings- och informationsvärdet av nätverket och de möten som har hållits. De flesta skulle vilja se en fortsättning. En viktig och avgörande faktor och avgörande förutsättning för detta är att kunna fylla nätverket och dess möten med substans. För att detta ska vara möjligt måste ett antal förstudier, projekt och eller löpande driftfrågor intressanta och typiska fallbeskrivningar kunna redovisas och debatteras och det måste finnas finansiering för dessa.

Det har också diskuterats olika möjligheter till samverkan och tvärtekniskt informationsutbyte med andra nätverk och verksamheter. Två sådana med nära anknytning till elkvalitet är Energimyndighetens BELOK-grupp för energieffektivisering och Post och Telestyrelsens SITIC-verksamhet. (Sveriges IT-incidentcentrum). SITIC, stödjer samhället i arbetet med skydd mot IT-incidenter. BELOK har ett nätverk av fastighetsägare. SITIC tillhandahåller ett system för informationsutbyte om IT-incidenter mellan samhällets organisationer och sprider information i samhället om nya problem som kan störa IT-system. En tredje organisation med ett stort behov av el med god elkvalitet och hög tillgänglighet är Stadsnätetsföreningen (SSNF). Där finns ett nätverk av personer, som bygger ny

infrastruktur för tele och datakommunikation, som det vore intressant att byta information med. Under UE-projektets löptid har det observerats att flera större telestörningar har haft sin orsak i störningar i elförsörjningen beroende på olika elkvalitetsfenomen. Fortsatta analyser och samarbete med tele- och datasidan är därför angeläget för att motverka detta.

Inom uppbyggnaden av fjärravläsning av elmätare finns också ett liknande behov av ett informations och utbildningsnätverk. Kopplingar finns till olika elkvalitetsfenomen framförallt till HF-störningar och andra elkvalitetsstörningar som kan påverka överföringen av energimätvärden.

En fortsatt KFE- och nätverksverksamhet skulle kunna samordnas med förslaget att upprätta ett kompetensstöd om elkvalitet inom svensk Energis EBR-verksamhet, se vidare avsnitt 8.3.

8.2 Hf-störningar och övertoner

Dessa områden har i nuvarande projekt inte kunnat prioriteras eftersom dippar och avbrott och deras kostnader har bedömts som mest angelägna att klarlägga. I det förslag till FoU-program inom området Elkvalitet som utarbetades på Elforsk under 1999 fanns dessa områden. Dessa är fortfarande aktuella.

Sedan FoU-programmet för elkvalitet utarbetats har utvecklingen inom PLC kommit långt. Det finns ett starkt intresse att kunna använda elnätet för bland annat Internetkommunikation. Dessutom har beslut fattats om införande av månadsvis avläsning av elmätare, som i de flesta fall kommer att ske genom fjärravläsning. Båda dessa satsningar är beroende av störningsfri kommunikation över elnätet. HF-störningar på elnätet som kan störa eller försvåra satsningarna. Därför behöver kunskap byggas upp inom området HF-störningar.

Övertoner bedöms inte som ett stort problem av nätbolagen i UE-projektet. Under 1994/1995 genomförde Elforsk ett stort antal övertonsmätningar i fyra storstäder för att kartlägga förekomst av övertoner och spektral fördelning kring olika slutanvändarsystem. På varje mätställe utfördes mätning under i princip ett sammanhängande arbetsdygn. Mätresultaten redovisades fördelade över ca 30 olika kundkategorier. Från dessa mätresultat finns inte någon trend beträffande övertonernas utveckling över tiden, utan materialet gav en ”ögonblicksbild” av situationen mellan de angivna tidpunkterna för mätningen. Det är nu nästan 10 år sedan dessa mätningar gjordes. För några år sedan har Eurelectric publicerat trendmätningar från flera länder i Europa. Det skulle kunna vara ett intresse för nätbolagen att kontrollmäta övertonerna på de mätpunkter som mättes 1994/1995 för att avläsa en trendmässig förändring i svenska förhållanden och därmed kunna jämföra med de mätningar som finns publicerade i Eurelectrics material.

8.3 Kompetensstöd om Elkvalitet till nätbolagen genom Svensk Energi

Det är särskilt de mindre nätbolagen, som har svårt att klara en egen kompetensförsörjning inom elkvalitet. En satsning på kompetensstöd skulle vara en driftkostnadssänkande faktor för många nätbolag då nya upprepade utredningar av återkommande och liknande elkvalitetsfall inte skulle behöva göras inom Svensk Energis medlemsbolag, om det på ett centralt ställe fanns systematiskt insamlade fallbeskrivningar, som kunde tillhandahållas för medlemmarna. På några elnätsbolag finns redan ett visst startmaterial med fallbeskrivningar att börja med. Normer och standarder med relevans för elkvalitet är svåra att överblicka till alla delar förstå och att ha tillgång till. För särskilt mindre elnät bolag skulle det vara en stor tillgång att ha tillgång till ett centralt bibliotek och kompetensstöd för dessa frågor. Nätbolagen skulle via kompetenscentret kunna köpa ny särskilda elkvalitetsutredningar om det inte redan fanns fallbeskrivningar som passade från tidigare. En kompetensstödverksamhet skulle kunna vara en naturlig del av EBR-verksamheten och skulle kunna sammankalla till utbildnings- och informationsträffar cirka 2 gånger per år. Vid dessa träffar skulle också mer tillfälligt genomförda förstudier inom elkvalitet kunna redovisas och få allmänare spridning samt ett tvärtekniskt utbyte av t.ex. elkvalitetsrelaterade telekommunikationsstörningar kunna redovisas av den liknande verksamhet som på går inom PTS (SITIC). Därigenom skulle också det önskemål om att vidmakthålla nätverket ges en substans och levande innehåll som blir fast förankrat i den löpande driften av elnäten och de behov som uppstår där.

Denna verksamhet skulle eventuellt kunna kombineras med en utbyggd avbrottsrapportering även för dippar och avbrott < 3 min samt en förstärkning av rapportering av avbrott > 3 min.

Förslag 8.1 och 8.3 skulle med fördel kunna kombineras på ett fruktbart sätt. Ett kompetens- och resurstöd inom elkvalitet för Svensk Energis medlemmar skulle kunna fånga upp generella elkvalitetsproblem och exempel på deras lösning. KFE:s nätverket som nu etablerats skulle kunna vidmakthållas genom att resultat från Svensk Energis kompetens- och resurstöd inom elkvalitet och Elforskprojekt inom elkvalitet kunde spridas till alla Svensk Energis medlemmar och till alla elkvalitetsintressenter. På detta sätt skulle effektiviteten i verksamheten kunna stärkas genom en aktiv kunskapsuppbyggnad. Förslag 1 och 3 skulle kunna självfinansieras genom avgifter på låga nivåer. En enkät som Svensk Energi har gjort avseende förslag 3 visar på ett stort intresse för förslaget och bekräftar finansieringen.

8.4 Immunitet, bättre elinstallationer och elmiljö hos elanvändarna

Projektets huvudresultat pekar på att potentialen är stor i att förbättra immuniteten mot dippar och korta avbrott i kunders utrustningar och anläggningar. Stora kostnader kan sparas där genom åtgärder till låga kostnader relativt åtgärder i elnätet. Projekt för att förbättra kunders elinstallationer och anläggningar samt dess elmiljö skulle hjälpa kunderna att sänka sina driftstörningskostnader och medföra att trycket och kraven på elbranschen skulle minska.

Elforsk har utarbetat ett projektförslag om immunitet i fastigheter och apparater, se avsnitt 4.4.2, som har skickats till Elsäkerhetsverkets och Elforsks samarbetsprojekt ”EMC och Elsäkerhet” för att komma med i detta projekt. Handläggare på Elforsk är Sven Jansson. Styrgruppen föreslår att kontakt även tas med SEK (Svenska Elektriska Kommissionen) om immunitetsfrågan.

Ett projektförslag från Bengt-Arne Waldén, StoraEnso, Skoghall, är att samla elbranschen och elanvändarna till att enas och formulera en ny immunitetsgräns för olika omriktare som förslag till en ny IEC standard. Den nya gränsen skulle kunna utformas enligt vad prof. Math Bollens föreslår i figuren 5.3.6 som alternativ till den amerikanska semistandarden SEMI F47, [2].

8.5 Vagabonderande strömmar

Den vanligaste orsaken till förhöjda magnetfält i lokaler och bostäder är förekomst av vagabonderade strömmar. Vagabonderande strömmar innebär att ström från utrustningar går i retur till den matande centralen eller transformatorn via andra ledningssystem än den avsedda elkabeln. Strömmen letar sig tillbaka efter den väg som har det minsta motståndet. Finns andra ledningssystem, t ex fjärrvärme, vattenrör, kylrör, datanät eller sprinkler med lägre motstånd följer strömmen dessa. Summaströmmen i en ledning blir inte längre 0 A vilket betyder att det uppstår ett magnetfält.

Om summaströmmen i en kabel t ex är 1 A blir magnetfältet från en sådan kabel 0,2 μT på 1 m radie från kabeln.

De ökade kraven på potentialutjämning i kombination med TN-C-system, 4-ledarsystem, medför också att den vagabonderande strömmen ökar eftersom potentialsystemet ledningsmässigt är en parallell ledare till anläggningens strömförande PEN-ledare.

Angående vagabonderande strömmar har två projektidéer kommit upp inom UE-projektet, dels ett omvärldsanalysprojekt och dels ett guideprojekt.

Omvärldsprojektet föreslås kartlägga vårt svenska läge i jämförelse med andra länder i Europa. Det svenska distributionssystemet jämförs med andra länders med avseende på vagabonderande strömmar och vilken grad av problem som dessa andra system och länder har med vagabonderande strömmar.

Ett guide projekt skulle kunna omfatta en guide som beskriver vagabonderande ström allmänt och vilka metoder som finns för att minska dessa, via åtgärder i elnätet och andra nät utanför fastigheter och genom åtgärder i fastigheter. I grunden finns det tre sätt att reducera vagabonderande ström och en guide skulle kunna ha beskrivningar av följande fall:

1. Förhindra att strömmen leds i andra ledningar t ex i fjärrvärmerör

2. Förbättra PEN-ledarens ledningsförmåga t ex genom installation av sugtransformatorer
3. Installera TN-S-system, 5-ledarsystem

Beroende på typ av anläggning, anläggningsstorlek, ledningstopologi och dylikt är vissa åtgärder lämpligare än andra.

Projektet innebär att en guide tas fram med vars hjälp lämpligaste åtgärd att reducera vagabonderande ström presenteras utifrån typiska givna förutsättningar.

8.6 Riktlinjer för mätning av elkvalitet

Energimyndigheten har i sitt regeringsuppdrag, om att ta fram ett förslag till närmare föreskrifter om god kvalitet på överföringen av el, föreslagit att nätkoncessionsinnehavaren bör vara skyldig att, så långt det är tekniskt möjligt och ekonomiskt rimligt, utföra regelbunden mätning eller kontroll av överföringskvalitén på erforderligt antal mätpunkter i nätet. Mätningarna bör dokumenteras och hållas tillgängliga för nätmyndigheten”. Energimyndigheten föreslår att nätmyndigheten bemyndigas att meddela närmare föreskrifter om mätning, kontroll, beräkning och rapportering.

Energimyndighetens rapport har nu varit på remiss och framöver, behöver sannolikt ett arbete göras tillsammans med elbranschen för att utarbeta riktlinjer och standard för var och hur dessa mätningar ska utföras och dokumenteras. Mätningarna måste vara spårbara, repeterbara, likformigt dokumenterade etc, för att kunna vara jämförbara m.m.

8.7 Kvarvarande projektförslag enligt Elforsks rapport 99:46, Förslag till FoU-program inom området Elkvalitet

En redovisning av Elforsks insatser inom Elkvalitet under åren 1999 – 2004 och en jämförelse med Förslaget till FoU-program inom området Elkvalitet från 1999.

Tabell över genomförda och kvarvarande projektförslag enligt Elforsk rapport 99:46, Förslag till FoU-program inom området Elkvalitet

Nummer enligt FoU-program	Benämning an projektförslag	Genomfört år	Kvarvarande Motsvarande UE-förslag
7.2.1	Värdering av kundernas förluster till följd av dippar och avbrott	UE-projektet 2003,	
7.2.2.	Sammanställning av åtgärder och system för leverans av avbrottsfri el		8.4
7.2,3	Kartläggning av hur ofta och hur långa spänningsdippar är i olika typer av nät	UE-projektet 2004	
7.3.1	Elsystem, jordning och transientskydd för fastigheter med	Uppdrag från SB/BOLAB och	

	bredbandsnät	Elforsk 2000	
7.3.2	Övertonsmätning i tätort		8.2
7.3.3	EMP och EMC klassificering av byggnader och anläggningar		Kvarvarande
7.4.1	Inverkan av högfrekvensbrus i elnät och på produktionsutrustning		8.2
7.4.2	EMC inom industrier och fastigheter		8.2 och 8.4
7.4.3	Elektronisk instabilitet		8.2
7.5.1	Normer och standarder inom elkvalitet		8.4
7.6.1	Forum för Elkvalitet eller Kunskapsplats för Elkvalitet KFE	UE-projektet KFE 2004	

9 Referenser

Bilagorna [2] – [10] finns i mappen Referenser i bifogad CD tillsammans med bilagorna.

- [1] Math H.J. Bollen, "Understanding Power Quality Problems, Voltage Sags and Interruptions". IEEE Inc, New York, 2000.
- [2] Allan M.Wolsky, "The Relation between the Concern for Power Quality and Future Power Sector Equipment Incorporating Ceramic Superconductors", Aragonne National Laboratory/IEA, 2003.
- [3] Jörgen Andersson, "Åtgärder för ökad leveranssäkerhet", Regeringsuppdrag Avbrottsutredningen, 2001
- [4] Åke Holmgren, Staffan Mollin, "En analys av fel- och driftstörningsstatistik från eltransmissions- och eldistributionsnät i Sverige", FOI-R-1090-SE, FOI/Försvarsanalys, Stockholm, 2003
- [5] Elavbrottskostnader 2003 Uppdatering utförd år 2003 av rapporten "Avbrottskostnader för elkunder" från 1994, Svensk Energi, 2004
- [6] Avbrottskostnader för elkunder" från 1994, Elverksföreningen, 1994
- [7] Energimyndighetens slutredovisning av regeringsuppdraget om God elkvalitet, 2003-10-27, med bilagor
- [8] Avbrudd og spenningsforstyrrelser – et samfunnsproblem, SINTEF 2003.
- [9] Leveranskvalitet, Svenska Elverksföreningen 1991.
- [10] Power Quality in European Electricity Supply Networks, 2nd edition, Eurelectric 2003.

Bilagor

Alla bilagor finns i en till rapporten bifogad CD

A Delförprojekt

- A.1 Förberedande kartläggning av spänningsdippar i olika typer av nät. (Elforsk rapport 04:43)**
- A.2 Värdering av kundernas förluster till följd av dippar och avbrott. (Elforsk rapport 04:42)**

B Guider och kunskapssammanställningar

- B.1 EMC, elkvalitet och elmiljö – guide för elanvändare och allmänt sakkunniga inom elområdet. (Elforsk rapport 04:40)**
- B.2 Frekvensomriktare - guide för elanvändare och allmänt sakkunniga inom elområdet. (Elforsk rapport 04:44)**
- B.3 Upphandling av elektriska installationer och anläggningar med avseende på elkvalitet – guide för elanvändare och allmänt sakkunniga inom elområdet. (Elforsk rapport 04:45)**
- B.4 Teknisk beskrivning av spänningsdippar och korta avbrott. (Elforsk rapport 04:41)**

C Nyhetsbrev med bilagor

- C.1 Nyhetsbrev 020701**
- C.2 Nyhetsbrev 021105**
- C.3 Nyhetsbrev 030311**
- C.4 Nyhetsbrev 030811**
- C.5 Nyhetsbrev 040115**
- C.6 Nyhetsbrev 040515**

D Expertseminarier

D.1 Minnesanteckningar från Expertseminarium om Guider 021204

D.2 Minnesanteckningar från Expertseminarium om Dippar 040226

E Övriga mindre delprojekt

E.1 Överspänningar i lågspänningsnät

E.2 Immunitet

E.3 Småindustrier

E.4 Återinkopplingstider

ELFORSK

SVENSKA ELFÖRETAGENS FORSKNINGS- OCH UTVECKLINGS - ELFORSK - AB
Elforsk AB, 101 53 Stockholm. Besöksadress: Olof Palmes Gata 31
Telefon: 08-677 25 30. Telefax 08-677 25 35
www.elforsk.se