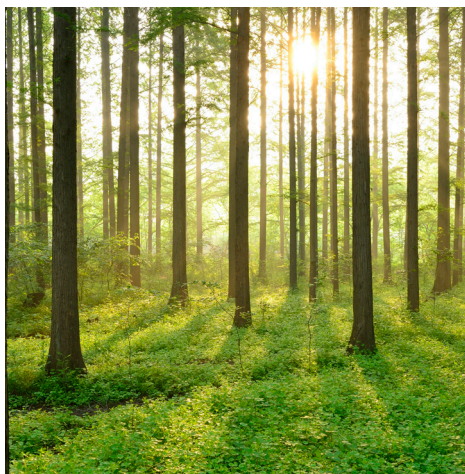


SLUTKUNDENS STÖRNINGSTÅLIGHET

RAPPORT 2022:852



Slutkundens störningstålighet

Elkvalitet och dess påverkan på energikrävande verksamheter

PETER EKSTRÖM ANN BRÄNNLUND

ISBN 978-91-7673-852-8 | © Energiforsk mars 2022

Energiforsk AB | Telefon: 08-677 25 30 | E-post: kontakt@energiforsk.se | www.energiforsk.se

Förord

Projektet Slutkundens störningstålighet har genomförts inom Energiforsks program Risk- och tillförlitlighetsanalys på uppdrag av Svenska kraftnät. Bakgrunden till projektet är att stora elanvändare har en viktig roll i kraftsystemet, och att man önskar att öka kunskapen om deras förutsättningar att hantera problem med elkvaliteten.

Studien har genomförts i form av intervjuer med stora slutanvändare av el från olika branscher, samt med ägare av elnät på regionnätetsnivå. Resultaten visar att stora slutkunder påverkas av variationer i elkvaliteten och att det då främst rör sig om avvikelser i spänning. Både slutkunder och nätägare upplever att det generellt finns ett gott samarbete med kring dessa frågor, men det är också så att det alltid går att hitta ytterligare samarbetsformer kring dessa frågor.

Projektet utfördes av Peter Ekström och Ann Brännlund på Sweco. Lennart Kjellman på Energiforsk genomförde några av de intervjuer som låg till underlag för slutrapporten. På Svenska kraftnät har Andreas Westberg, Maja Lundbäck, Linn Saarinen och Robert Eriksson agerat beställare och bollplank.

Programmet Risk- och Tillförlitlighetsanalys programstyrelse har följt projektet som referensgrupp. Stort tack till samtliga företag som har varit engagerade i programmet Risk- och Tillförlitlighetsanalys:

- Göteborg Energi AB
- Ellevio
- Svenska kraftnät
- Vattenfall Eldistribution AB
- Elinorr AB
- Mälarenergi Elnät AB
- Jämtkraft AB
- Skellefteå Kraft AB
- AB PiteEnergi
- Jönköping Elnät AB
- Borås Elnät AB
- Föreningen Industriell Elteknik (FIE)

Stockholm februari 2022

Lennart Kjellman
Energiforsk AB

Här redovisas resultat och slutsatser från ett projekt inom ett forskningsprogram som drivs av Energiforsk. Det är rapportförfattaren/-författarna som ansvarar för innehållet.

Sammanfattning

Energisystemet behöver förändras i takt med att samhället förändras. Genom mer intermittent elproduktion i energimixen ökar variationerna i spänning och frekvens, vilket är något som energisystemet måste hantera. Elkvalitet är elens förmåga att uppfylla användarens behov, och elektronisk utrustning kan få förkortad livslängd och försämrade prestanda om elkvaliteten sviktar. I denna utredning har olika slutkunder och elnätsbolag intervjuats utifrån hur de påverkas av olika elkvalitetsfenomen, så som spännings- och frekvensvariationer och övertoner. Syftet är att undersöka slutkundens faktiska störningstålighet mot elkvalitetsproblem genom att genomföra ett antal intervjuer med större slutkunder och elnätsbolag.

Fjorton olika aktörer har intervjuats, från papper- och massaindustri och stålindustri till andra typer av industrier och elnätsbolag. Intervjuerna har baserats på ett antal olika diskussionsfrågor, bland annat ifall organisationen har påverkats av elkvalitetsproblem och i så fall vilka fenomen som är mest problematiska. Diskussioner fördes också kring hur organisationen påverkas av avbrott och hur lång tid det tar att återställa driften.

Tio utav de elva slutkunder som intervjuades upplever elkvalitetsproblem och sex av dem upplever också det som en prioriterad fråga. Intervjuerna visar också att det är korta spänningsvariationer som är det största problemet, bara ett fåtal har problem med frekvensvariationer och övertoner. Slutkunderna kan få problem med korta spänningsdippar vid avbrott i närliggande nät, vilket elnätsbolagen inte upplever som ett elkvalitetsproblem utan en snarare som följd av avbrottet. Olika slutkunder har olika störningstålighet mot korta spänningsdippar, vissa klarar spänningsdippar på cirka 50 ms medan andra klarar spänningsdippar på cirka 400 ms.

En viktig slutsats är att även om det i dagsläget förekommer kommunikation mellan nätägare och slutkunder i denna fråga, så rekommenderas att denna kommunikation i många fall kan intensifieras för att hitta möjliga lösningar på problematiken.

Nyckelord

Elkvalitet, spänningsvariationer, frekvensvariationer, övertoner, spänningsdipp, avbrott

Summary

With the present progress of the society, the energy system needs to be able to change to keep up. An increase of intermittent electricity production in the energy mix leads to an increase in the variation of voltage and frequency and this is something the energy system needs to be able to handle. Power quality is the ability of the electricity to fulfil the need of the user, and electronic devices can have decreased life span and worsen performance if the power quality is low. This report has investigated how different consumers and power grid companies are affected by different power quality phenomes, for example, voltage – and frequency variations and harmonics. The aim is to investigate consumers' ability to handle power quality problems, and the investigation is performed by a couple of interviews with larger consumers and power grid companies.

Fourteen different companies have been interviewed. From the paper and pulp industry and steel industry to other types of industries and power grid companies. The interviews have been based on a couple of questions, for example, if the company have a problem with power quality and which phenomes is then most problematic. The discussion was based on power failure, and how the company is affected by this.

10 out of the 11 consumers that were interviewed have problem with power quality and 6 of these experience power quality as a prioritized matter. The short voltage dips are the biggest power quality problem according to the interviews, only a few has problem with frequency variations and harmonics. The consumers can experience short voltage dips that cause a problem when there is a failure in the nearby grid, this is something that power grid companies not experiences as a power quality problem but rather because of the power failure. Different consumers have different abilities to handle short voltage dips, in the range from around 50 ms to 400 ms. An important conclusion is that even if there is communication between power grid companies and consumers today about power quality, this communication is recommended to be increased to be able to find solutions to the problems with power quality.

Innehåll

1	Inledning	7
2	Begrepp och förutsättningar	8
2.1	Spänningsvariationer	8
2.2	Frekvensvariationer	9
2.3	Övertoner	10
2.4	Avbrott	11
2.5	Nätdefinitioner	13
3	Metod	15
4	Analys	16
4.1	Generellt	16
4.2	Korta spänningsdippar	17
4.3	Elnätets förutsättningar	18
4.4	Erfarenheter	19
4.5	Framtidsutsikter	20
5	Slutsatser	21
6	Referenslista	22

1 Inledning

Energisystemet behöver förändrats i takt med att samhället förändras. Genom mer intermittent elproduktion så som sol- och vindkraft ökar variationerna i spänning och frekvens, vilket är något som energisystemet måste hantera. Inom elkvalitet existerar olika begrepp och definitioner. Elkvalitet kan definieras som elens förmåga att uppfylla användarens behov. Begreppen leveranssäkerhet, spänningskvalitet och leveranskvalitet kan också förekomma vid diskussioner gällande elkvalitet. Leveranssäkerhet innebär att elen kan överföras till användarna utan avbrott medan spänningskvalitet och leveranskvalitet är sammanfattande begrepp för spänningens respektive leveransens kvalitet. Att elen håller god kvalitet är viktigt för både konsumenter och elnätsägare. Elektronisk utrustning kan vara känslig för dålig elkvalitet och kan få förkortad livslängd och försämrade prestanda om elkvaliteten sviktar. För konsumenter kan elkvalitetsproblem leda till avbrott och stopp i produktionen för de konsumenter som bedriver verksamhet. Det är just den senare typen av konsumenter, det vill säga större industrier och annan verksamhet med stor konsumtion av elektrisk energi som behandlas i denna utredning, och det är dessa som benämns slutkunder i denna rapport. Med aktörer avses såväl slutkunder som nätägare och leverantörer, det vill säga alla intervjuade verksamheter.

Svenska kraftnät (Svk) har krav uppsatta på elkvalitet i elnätet. Svenska kraftnät jobbar i ett flertal projekt med att utveckla krav på det framtida elsystemet, och med ökad kunskap om hur elkvalitet påverkar slutkunden kan man i detta skede ytterligare förbättra möjligheten att ge förutsättningar för en god elkvalitet. I detta projekt undersöks just detta, hur olika aktörer som elnätsbolag och konsumenter påverkas av olika elkvalitetsfenomen, så som spänningsvariationer och frekvensvariationer.

Syftet med denna rapport är att undersöka slutkunders faktiska tålighet mot elkvalitetsproblem. Målet är att genomföra ett antal intervjuer med olika aktörer inom industrisektorn och elnätsbranschen. De elkvalitetsproblem som fokuserats på i den här studien är spänning- och frekvensvariationer samt övertoner.

2 Begrepp och förutsättningar

Elkvalitet är ett generellt begrepp som består av ett antal olika parametrar. Parametrarna inkluderar egenskaper som amplitud, kurvform och symmetri.

2.1 SPÄNNINGSVARIATIONER

Spänningsvariationer kan vara både kortvariga och långvariga spänningssänkningar och höjningar. Kortvariga spänningssänkningar definieras som en relativ spänningssänkning med mer än 10 % och med en varaktighet på längre än 10 ms men kortare än eller lika med 60 sekunder. Kortvariga spänningshöjningar avser spänningshöjningar med mer än 10 % och en normal varaktighet är mindre än 0,5 s, ofta mindre än 0,1 s.¹

Spänningssänkningarnas djup och varaktighet för referensspänningar på under respektive över 45 kV visas i Figur 1 respektive Figur 2. I område B är nätägaren skyldig att åtgärda kortvariga spänningssänkningar i den utsträckning åtgärderna är rimliga i förhållande till de olägenheter för elanvändarna som är förknippade med de kortvariga spänningssänkningarna. Det ska inte inträffa några kortvariga spänningssänkningar med sådan kvarvarande spänning och sådan varaktighet som framgår av område C, för att elen ska vara av god kvalitet.²

U [%]	Varaktighet t [ms]				
	10 ≤ t ≤ 200	200 < t ≤ 500	500 < t ≤ 1000	1000 < t ≤ 5000	5000 < t ≤ 60000
90 > u ≥ 80					
80 > u ≥ 70					
70 > u ≥ 40					
40 > u ≥ 5					
5 > u					

Figur 1 Kortvariga spänningssänkningar med amplitud och varaktighet för anslutningar till och med 45 kV.³

U [%]	Varaktighet t [ms]				
	10 ≤ t ≤ 100	100 < t ≤ 150	150 < t ≤ 600	600 < t ≤ 5000	5000 < t ≤ 60000
90 > u ≥ 80					
80 > u ≥ 70					
70 > u ≥ 40					
40 > u ≥ 5					
5 > u					

Figur 2 Kortvariga spänningssänkningar med amplitud och varaktighet för anslutningar över 45 kV.⁴

¹ Svenska kraftnät (SVK), Tekniska riktlinjer för elkvalitet Del 1: Spänningens egenskaper i stamnätet, s.21–22

² Energimarknadsinspektionen (EI), Energimarknadsinspektionens föreskrifter och allmänna råd om krav som ska vara uppfyllda för att överföringen av el ska vara av god kvalitet (EIFS 2013:1), s.5–6

³ EI EIFS 2013:1, s.5–6

⁴ EI EIFS 2013:1, s.5–6

En snabb spänningsändring är en ändring av spänningens effektivvärde som är snabbare än 0,5 % per sekund och där effektivvärde före, under och efter ändringen är mellan 90 och 110 % av referensspänningen. Antalet snabba spänningsändringar adderat med antalet kortvariga spänningssänkningar i område A ska inte överstiga antalet i Tabell 1.⁵

Tabell 1 Maximalt antal snabba spänningssänkningar

Snabba spänningsändringar	Maximalt antal per dygn	
	$U_n \leq 45 \text{ kV}$	$U_n > 45 \text{ kV}$
$\Delta U_{\text{stationär}} \geq 3\%$	24	12
$\Delta U_{\text{max}} \geq 5\%$	24	12

2.2 FREKVENSVARIATIONER

Svenska kraftnät är nationellt ansvariga för att frekvensen håller sig inom vissa gränser. Frekvensvariationerna är ofta så små i ett stort elkraftsystem att de mycket sällan påverkar slutkunden, och i det fall då slutkunder upplever problem kan det vara svårt att koppla till faktiska störningar i elnätet.⁶ Figur 3 visar driftstånden för det svenska stamnätet med avseende på frekvensen. Normaldrift sker mellan 49,9 och 50,1 Hz, och sjunker eller höjs frekvensen så klarar kraftsystemet normaldrift under kortare perioder, innan det går över i skärpt drift och nöddrift.



Figur 3 Systemdriftstånd med avseende på frekvensdriftsgränser.⁷

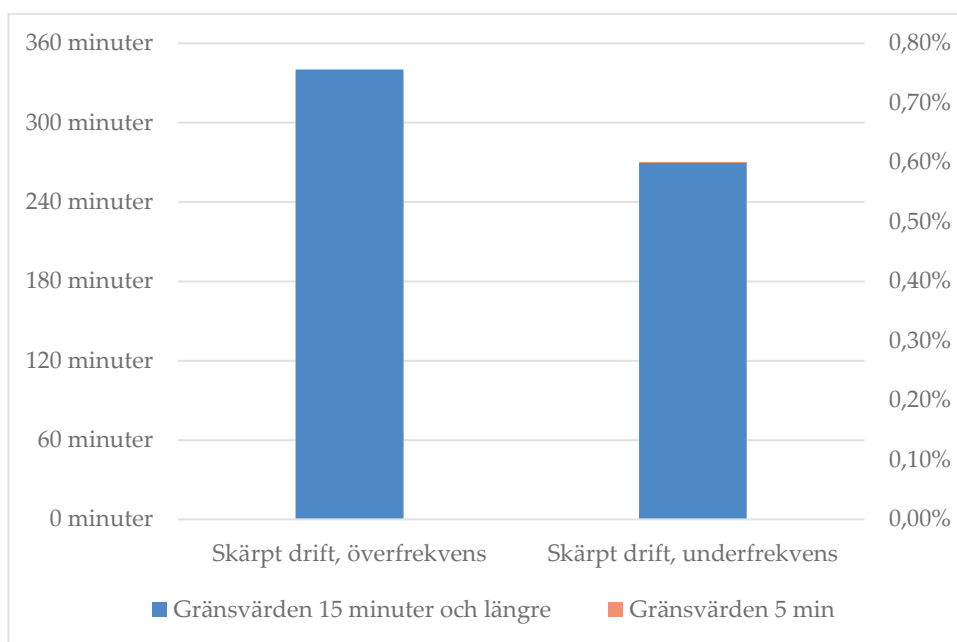
Den finska motsvarigheten till Svenska kraftnät, Fingrid, har statistik för frekvensen i deras elnät, statistik som är öppen och tillgänglig. Stamnäten i Sverige, Norge, Finland samt östra Danmark är anslutna till samma synkroniseringsområde, vilket betyder att frekvensen skall vara densamma inom detta område. Vid en jämförelse mellan frekvensgränserna som visas i Figur 3 ovan och statistiken från Fingrids 400 kV-nät för december 2021 kan man utläsa att det under denna månad uppstod läge motsvarande skärpt drift vid totalt 363 250 mätpunkter, där varje mätpunkt är en tiondels sekund, vilket motsvarar 1,36 % av den totala tiden i december månad. 202 493 mätpunkter (0,76 %) gällde

⁵ EI EIFS 2013:1, s 2 och 7

⁶ SVK Tekniska riktlinjer, s.8

⁷ SVK Systemdrifttillstånd, s.8

överfrekvenser högre än 50,1 Hz. 160 757 mätpunkter (0,60 %) gällde därmed underfrekvenser lägre än 49,9 Hz, varav 186 mätpunkter (0,0007 %) underskred 49,75 Hz. Nöddrift var ej aktuellt vid något tillfälle under denna månad. I Figur 4 nedan visas totalt antal minuter där motsvarande skärpt drift var aktuell i 400 kV-nätet under december månad. Observera att det är en total sammanslagning av antalet mätpunkter, och att denna tabell inte anger hur långa de olika tillfällena med motsvarande skärpt drift egentligen var. Den röda delen av stapeln gällande underfrekvens, som skall visa tiden med värden under 49,75 Hz, syns knappt då den endast är cirka 20 s totalt. I samma figur visas även motsvarande tider som procent av den totala tiden i december månad 2021.



Figur 4 Totalt antal minuter, samt procentsats, med motsvarande skärpt drift i Fingrids 400 kV-nät under december 2020⁸

2.3 ÖVERTONER

Övertoner är multiplar av grundtonsfrekvensen. Under en period av en vecka ska förekommande tiominutersvärden för varje enskild överton vara mindre än eller lika med värdena i Tabell 2 och Tabell 3. Dessutom ska varje tiominutersvärde av den totala övertonshalten, THD, vara mindre än eller lika med 8%.⁹

⁸ Fingrid, Frekvensdata

⁹ SVK, s.10-11

Tabell 2 Gränser för den relativa övertonshalten för varje enskild överton för spänningar till 36 kV.¹⁰

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

Tabell 3 Gränser för den relativa övertonshalten för varje enskild överton för spänningar över 36 kV och under 150 kV.¹¹

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

Övertoner är vanligtvis ett fenomen som påverkar främst hushållskunder. För de industrier som intervjuats i denna undersökning leder problem med övertoner sällan eller aldrig till stopp i produktionen, eller andra nämnvärda problem. Förekomsten av övertoner märks ofta först efter att någon rapporterat ett problem och en mätning därefter skett. Därmed kan man misstänka att mörkertalet gällande förekomsten av övertoner är stort då övertonerna kanske inte ger problem som upplevs, eller så rapporteras inte problemen, och det sker kanske inte heller en mätning som bekräftar förekomsten av övertoner.

2.4 AVBROTT

Avbrott definieras som en spänningssänkning ned till noll eller nära noll (lägre än 1 % av U) på en eller flera faser. Avbrott kan vara tillfälliga orsakade av bestående eller transienta fel, ofta som följd av yttre händelser, utrustningsfel eller störningar. Ett kortvarigt avbrott är längre än 10 ms och kortare eller lika med 90 sekunder.¹²

¹⁰ EI EIFS 2013:1, s.5

¹¹ EI EIFS 2013:1, s.5

¹² SVK, s.23

Rent praktiskt finns det två typer av fel som kan orsaka ett oavsiktligt avbrott:

- Kortslutning avser ett fel som uppstår när två eller tre av ledningsfaser får kontakt.
- Jordfel avser ett fel som uppstår när en av en ledningsfaser får kontakt med jord.

Avbrott kan uppstå på många olika sätt och i Tabell 4 visas genom statistik från branschorganisationen Energiföretagen Sverige de felorsaker, på respektive spänningsnivå, som förekom 2020 för avbrott som varade längre än 3 minuter.

Tabell 4 Antalet avbrott > 3 min per felorsak och spänningsnivå 2020.¹³

	12 kV Lokalnät	0,4 kV Lsp.Nät	< 10 kV Lokalnät	132 kV Regionnät	24 kV Lokalnät	36 kV Regionnät	45 kV Regionnät	66 kV Regionnät
Bristande underhåll	99	238	2	3	7	1	0	0
Dimensioneringsfel	12	53	2	0	4	0	0	0
Djur	286	209	3	10	65	1	5	2
Fabr- eller mtrlfel	1518	5808	5	31	622	6	47	11
Felaktig förläggning	1	0	0	0	0	0	0	0
Felaktig metod/instruktion	27	68	1	1	7	1	1	0
Felaktig mont/förläggning	42	396	0	4	16	0	2	1
Felmanöver	104	195	0	7	21	1	9	0
Grävning	648	4755	13	1	110	3	0	0
Okänd	2012	6969	36	98	514	16	45	12
Provning	26	5	0	12	8	0	5	0
Regn/Vatten	30	50	0	1	7	0	0	0
Sabotage	20	128	2	1	1	0	0	0
Salt	9	3	0	0	0	0	0	0
Snö, islast	27	14	0	0	18	0	0	0
Säkringsbrott	203	669	14	4	52	0	6	0
Trafik	67	864	5	0	28	0	5	1
Trädfall, Snö	40	13	1	1	29	0	0	1
Trädfall, vind	2257	2406	13	3	494	8	10	0
Trädfällning	47	133	1	0	20	0	3	0
Vind	417	669	8	2	160	2	2	1
Åska	506	438	10	30	166	4	22	5
Återvändande last	1	10	1	1	0	0	0	0
Överbelastning	26	260	1	0	2	0	2	0
Totalt:	8425	24 353	118	210	2351	43	164	34

¹³ DARWin, Energiföretagen, 2020

I Tabell 5 och 6 redovisas statistik från Energimarknadsinspektionen (Ei) från 2018. I Tabell 5 visas hur många fel varje kund har i snitt per år för varje kundsegment. Man kan där se att industrier 2018 inte drabbades av fler avbrott än något annat kundsegment i snitt. Det är således inte så att elnäten som matar industrier är sämre rustade eller tilltagna jämfört med övriga kundsegment, men som tidigare konterat blir effekterna av varje avbrott mer kännbara för detta kundsegment. I informativt syfte redovisas även antal anläggningspunkter per kundsegment i Tabell 6.

Tabell 5 Genomsnittligt antal korta avbrott per kund och år, 2019¹⁴

Kundkategori	Genomsnittligt antal korta avbrott ≤3 minuter*		
	Eget nät	Överliggande nät	Totalt
Jordbruk	1,78	0,22	2,00 (1,60)
Industri	0,62	0,10	0,72 (0,59)
Handel och tjänster	0,47	0,08	0,56 (0,47)
Offentlig verksamhet	0,67	0,12	0,79 (0,63)
Hushåll	0,77	0,11	0,88 (0,69)

*Per kund och år

Tabell 6 Antalet anläggningspunkter för olika kundkategorier 2019¹⁵

Kundkategori	Antal anläggningspunkter	Andel	Elkonsumtion [TWh]	Andel
Jordbruk	39 781	0,72	1,55	1,28
Industri	104 643	1,88	46,60	38,56
Handel och tjänster	498 037	8,97	30,09	24,90
Offentlig verksamhet	143 729	2,59	7,45	6,16
Hushåll	4 768 020	85,85	35,17	29,10
Totalt	5 554 210	100 %	121	100 %

I Tabell 5 kan man identifiera en intressant sak. De flesta avbrotten som påverkar slutkunden sker i det nät som kunden är ansluten till, och endast en liten del av avbrotten sker i överliggande nät. Men ett faktum som döljs i denna statistik är att avbrott på överliggande nät kan ge en spänningsdipp som ger ett avbrott i en specifik industrianläggning. Mer om detta i kapitel 4.2.

2.5 NÄTDEFINITIONER

De flesta slutkunderna som deltagit i denna studie köper sin elkraft på regionnätetsnivå. Några har abonnemang på lokalnätetsnivå. De intervjuade nätbolagen levererar på såväl regionnätetsnivå som på lokalnätetsnivå.

¹⁴ Energimarknadsinspektionen, Leveranssäkerhet i Sveriges elnät 2019 s.63

¹⁵ EI Leveranssäkerhet, s.

Definitionerna regionnät och lokalnät är ej tydligt kopplade till olika spänningsnivåer, även om det oftast finns en sådan distinktion. Med lokalnät avses ofta spänningsnivåer mellan 6 och 30 kV, medan regionnät ofta avser spänningsnivåerna 40 – 130 kV. Men det förekommer exempelvis regionnät på 20 kV-nivån, och det är hur nätet nyttjas som egentligen avgör definitionen av elnätet.

Lokalnät, med spänningsdefinitioner enligt ovan, är vanligtvis radialmatade. Det innebär att det från den matande stationen endast finns en matningsväg till varje punkt, en så kallad radial. Precis som ett träd utgår från en stam som sedan grenar ut sig i varje enskild punkt. Ett radialnät har således en startpunkt och en eller flera slutpunkter. Ett radialnät kan ha flera punkter där de olika radialerna sitter ihop, men dessa punkter är normalt öppna, och sluts bara vid olika reservdriftsscenarioer för att skapa ett radialnät med nytt "utseende" (en ny fördelning).

Med ett maskat nät innebär att nätet är hopkopplat i flera punkter och att ett avbrott på en linje normalt sett inte ska orsaka strömavbrott för abonnenter och stationer som är anslutna till nätet. Detta innebär även ett mer komplicerat scenario vid fel då felströmmarna då kan flöda ifrån olika håll och ställer därmed hårdare krav på bland annat reläskydd som ska lösa ut vid fel.

3 Metod

Denna rapport har baserats på ett antal intervjuer med olika aktörer som industrier och elnätsbolag. Intervjuer har hållits med följande företag:

- Papper/massa-industri: SCA, Stora Enso, Södra Cell, Essity
- Stålindustri: SSAB
- Gruvindustri: Boliden
- Elnät: Vattenfall, Skellefteå Kraft
- Annan industri: Borealis, Preem, Hitachi Energy, Cementa, Scania
- Annan infrastruktur: Trafikverket
- Branschorganisationer: Energiföretagen

Företagen är både geografiskt utspridda och aktiva inom olika branscher för att få en mer komplett bild av hur problemen kring elkvalitet ser generellt ut i Sverige.

Diskussionerna har utgått ifrån ett antal grundläggande frågor:

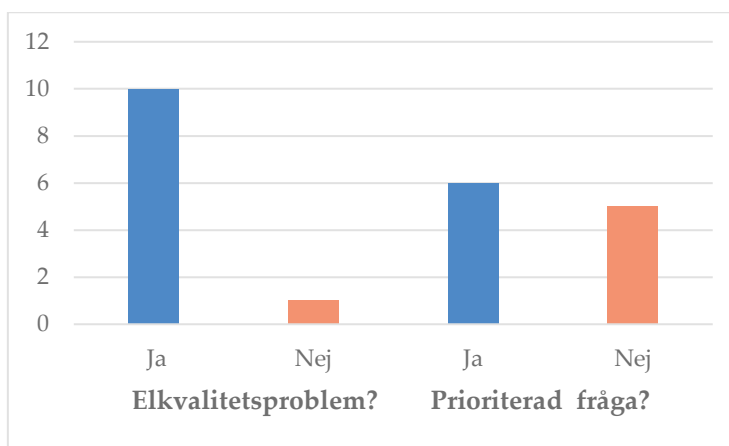
- Har din organisation påverkats av elkvalitetsfenomen? Hur?
- Vilket/vilka fenomen är mest problematiskt?
- Hur reagerar anläggningen på nämnda fenomen?
- Finns det fasta värden då anläggningen slår ifrån? Eller riktvärden?
- Vad får ett sådant fenomen för följder för er förmåga att konsumera/ producera el?
- Vid ett avbrott, ungefär hur lång tid tar det att återställa driften vid normal leverans av el?

Analysen baserats på de intervjuer som hållits. I analysen kommer det inte specificeras vilken aktör som sagt vad, utan analysen ska ge en generell uppfattning kring slutkundernas störningstålighet.

4 Analys

4.1 GENERELLT

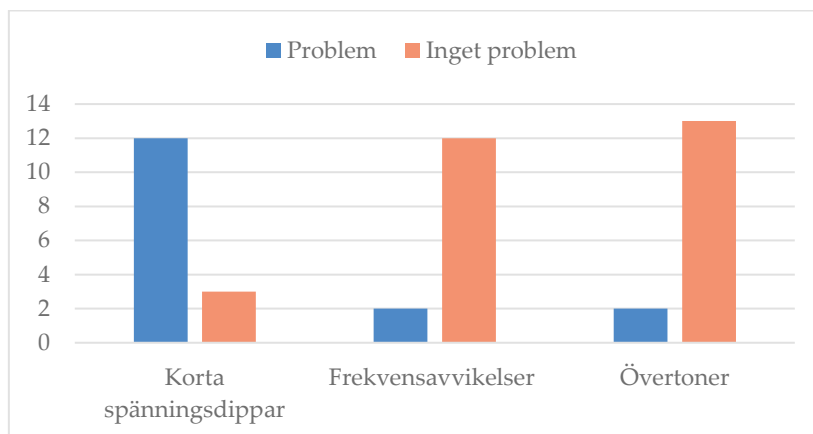
I Figur 5 syns slutkundernas svar på huruvida de har elkvalitetsproblem och om det är en prioriterad fråga inom organisationen. 10 av de 11 slutkunderna i diagrammet har elkvalitetsproblem, och 6 av slutkunderna uppger att elkvalitet är en prioriterad fråga.



Figur 5 Slutkundernas upplevelse kring elkvalitet som ett problem och om det är en prioriterad fråga inom organisationen

Slutkunderna upplever alltså elkvalitet som ett problem, men i vissa fall upplevs det inte som om deras egen organisation tar detta som en prioriterad fråga. Vissa slutkunder upplever också att det är svårt att få finansiering internt för att göra något åt elkvalitetsproblem, för att det kan vara svårt att visa på nytta av den stora investeringen som det medför att minska elkvalitetsproblemen.

Utifrån de utförda intervjuerna kan man tydligt se att det är spänningsvariationer som utgör det stora problemet, se Figur 6. Frekvensvariationer och övertoner är betydligt mer sällsynta fenomen och då de förekommer har de inte samma påverkan.



Figur 6 Slutkundernas inställning kring de olika elkvalitetsparametrarna.

Frekvensvariationer förekommer hos fler slutkunder än vad som anges som problem i Figur 6, men de är i så fall av underordnad betydelse. Och det inte säkert att slutkunden ens noterar sådana variationer, inom rimliga nivåer. Möjligtvis kan de märka att viss utrustning "saktar ned" men det påverkar inte i form av avbrott och det är som sagt sällsynt.

Övertoner förekommer och är då ofta något som skapas inom slutkundens egen anläggning. Generellt är man bra på att ta hand om dessa övertoner genom användning av filter och dylika utrustningar, varför det inte tycks skapa några större problem. Nätägare ställer också höga krav på utsläpp av övertoner på elnätet, vilket också påverkar hanteringen inom den egna verksamheten.

Spänningsvariationer är dock oftare förekommande och dessutom ställer de till med stora problem för de flesta slutkunderna. Det ska dock nämnas att det finns slutkunder som inte heller har några större problem med spänningsvariationer, och för de som upplever problemen ter de sig olika, exempelvis genom att varaktigheten på spänningsdippen som krävs för att den ska vara problematisk varierar.

4.2 KORTA SPÄNNINGSDIPPAR

En viktig slutsats i analysen är att det tydligt framgår att det finns en skillnad i hur de olika aktörerna identifierar ett elkvalitetsproblem. Vid avbrott i nätet i slutkundens "närhet" sker normalt en spänningsdipp som ofta är väldigt kort, typ maximalt några tiondels sekunder. Det kan var avbrott på annan grupp inom samma lokalnät, ett avbrott på överliggande regionnät eller ett avbrott på en parallell ledning eller annan närliggande ledning i ett maskat regionnät när slutkunden erhåller sin matning på den nivån. Även feltiden, det vill säga hur länge felet ligger kvar, kan ha påverkan då även själva felet påverkar spänningsnivån. En kort spänningsdipp kan räcka för att kritisk utrustning och apparatur stoppar, vilket i sin tur kan leda till produktionsstopp med i värsta fall en veckas produktionsbortfall. Vid intervjuerna framgår att korta spänningsdippar sannolikt är den vanligaste förekommande anledningen till produktionsstopp, och slutkunden upplever detta som ett elkvalitetsproblem, medan elnätsbolagen upplever det mer som ett resultat av ett avbrott som ger ett elkvalitetsproblem. Skillnaden i dessa upplevelser kan tyckas marginell, men det är en avgörande skillnad i synen på problemet. Per definition är en spänningsdipp som är längre än 10 ms ett elkvalitetsproblem, och de spänningsdippar som orsakar problemen är längre än så varför de kan anses vara ett elkvalitetsproblem. Elnätsbolagens upplevelse av elkvalitet avser vanligtvis spänningsvariationer som återkommer under längre period, en situation som exempelvis skapas av start av effektkrävande apparatur långt ut på en ledning där spänningsnivån redan är låg och övriga kunder i apparaturens närhet upplever problem med spänningsnivån.

Olika slutkunder har olika problem med korta spänningsdippar. Vissa slutkunder får problem nära den lägre definitionen på spänningsdippar på 10 ms, medan andra får problem först vid spänningsdippar på 400 ms. Hur långt produktionsstoppet blir varierar också, men vanligt är några timmar till en dag. Detta leder till stora ekonomiska förluster, i miljonklassen. Även om man försöker

minska feltiden, går det inte att minska feltiden till lägre än cirka 50 ms, vilket är den tid det tar för brytaren att koppla bort felet. De industrier som har problem med spänningsdippar kortare än 50 ms behöver därmed försöka öka sin störningstålighet då det inte är möjligt för elnätsbolag att korta spänningsdipparna mer.

4.3 ELNÄTETS FÖRUTSÄTTNINGAR

Oavsett om spänningsdippar skapade av ett närliggande avbrott upplevs som ett elkvalitetsproblem eller ej så är det för slutkunderna en viktig aspekt med stora ekonomiska konsekvenser, och det finns hos slutkunderna generellt en önskan om att förbättra förutsättningarna. För nätägarna är avbrott en företeelse som alltid kommer att finnas då det är extremt kostsamt och dessutom sannolikt omöjligt att totalt säkra ett elnät mot fel. När det gäller hur stor påverkan ett avbrott får på en ansluten slutkund pratas det under intervjuerna om "starkt nät". Med starkt nät kan två saker avses:

- Ett nät som enligt ovan är förstärkt och så pass omfattande att det minimerar risken för fel och omfattningen av ett inträffat fel. Detta innebär att fel inträffar mer sällan exempelvis för att omgivningen är säkerställd så som välskötta ledningsgator, eller för att elnätet i sig är säkrare så som utökad kablifiering istället för friledning, då friledningar generellt är mer behäftade av fel på grund av kraftigt snöfall, växande vegetation med mera. Det kan också handla om att se till att feltiden blir kortare när väl felet inträffar, exempelvis genom att nyttja specifika reläskyddsfunktioner.
- Ett nät som har en stark kortslutningseffekt kan också benämnas som ett starkt nät. Vissa typer av produktionsanläggningar av energi så som vattenkraft, kärnkraft eller kraftvärmeverk ger nätet en betydande kortslutningseffekt. Kortslutningseffekten ger nätets felström vid fel, och en hög kortslutningseffekt avser ett starkt nät då en hög kortslutningseffekt bland annat dämpar effekten av avbrott på närliggande nät. Transformatorer begränsar kortslutningseffekten dramatiskt, och även ledningar sänker kortslutningseffekten per längdenhet, så att det i slutänden av en radial är lägre kortslutningseffekt än vid stationen som matar radialen (radialens startpunkt). I en radials slutpunkter uppstår således ett svagare nät. Intermittent energiproduktion som vindkraft och solkraft har kraftsystemelektronik som ger en avsevärt lägre kortslutningseffekt ut på nätet.

Genom att förstärka nätet med avseende på dessa båda punkter kan alltså effekterna av avbrott på närbelägna linjer dämpas och eventuellt kan även antalet sådana händelser sänkas.

Avbrott i elnätet är något som dessvärre alltid kommer att finnas och som dessutom är nödvändigt. Om en händelse skapar ett fel i form av exempelvis en kortslutning så måste felet kopplas bort vilket innebär att det kan vara en ledning, en transformator etcetera som kopplas bort. I värsta fall kopplas flera ledningar bort. Detta är nödvändigt så att risken för personskada eller skada på material och utrustning begränsas så mycket som det är möjligt. Det går således inte att helt

investera bort felrisken, och det är dessutom extremt dyrt att förstärka nätet i detta avseende över en viss nivå, denna nivå varierar förstås beroende på nät och övriga förutsättningar.

4.4 ERFARENHETER

Att tillse att det finns stora produktionsanläggningar av energi nära slutkunder är alldeles för kostsamt, men det kan finnas betydligt mer kostnadseffektiva lösningar. En slutkund rapporterade om att läget förbättrades betydligt då nätägaren på regionnivå installerad reläskydd med längsdifferentialskydd på närbelägen ledning, vilket sannolikt kortade feltiden och därmed såg till att utrustningen som tidigare stannat nu kunde fortsätta att fungera oftare vid sådana händelser. Det finns därmed anledning att närmare undersöka de olika anslutningarna för att se om det finns enkla medel för att förbättra läget.

De slutkunder som intervjuades i denna undersökning var uteslutande anläggningar med stor konsumtion av energi och de utgör därmed en viktig del av elkraftsystemet. Huruvida de själva anser sig vara just en del av detta system varierar sannolikt, men det är definitivt inte en självklarhet att det är så. Däremot är det tydligt att de är och anser sig vara en engagerad och viktig kund med goda kunskaper inom området.

En slutsats är att det i de flesta fall pågår en dialog mellan slutkunden och nätbolagen, och att slutkunden oftast är relativt nöjd med den dialogen. Dock kan man även utläsa att det i många fall inte är så frekvent då begrepp som årligen används. I de fall där sådan dialog sker mer ofta kan man skönja att det skett mer konkreta åtgärder till att lösa problemen, även om den iakttagelsen är ganska vag. Att diskussionen mellan slutkund och nätägare är viktig är däremot något som definitivt kan slås fast, och en omedelbar förbättringspotential för de slutkunder som upplever stora problem är att om möjligt intensifiera en sådan dialog.

För de kortvariga spänningsdippar som ställer till problem för slutkunderna har de nuvarande föreskrifterna inga krav på nätägaren att åtgärda problemet. Spänningsdipparna är kortare än vad kravet för åtgärd anger. Nätägarna har ansvar för att se till att inga fel händer i område C, se Figur 1 och Figur 2, och för att åtgärda de korta spänningsdippar i område B om det är ekonomiskt försvarbart jämfört med de olägenheter som de är förknippade med. Men många industrier har problem redan i område A. Därmed återstår att slutkunderna själva får öka störningståligheten mot korta spänningsdippar, eller att slutkunderna i dialog med nätbolagen tillsammans verkar för att lösa problem om så är möjligt.

Det finns på marknaden utrustning som kan stötta och hjälpa till med några av de problem som de intervjuade slutkunderna upplever. Roterande UPS:er (*uninterruptible power supply* – sv. *avbrottsfri kraftförsörjning*) kan exempelvis användas för att lagra energi och att kunna utnyttja den lagrade energi vid korta spänningsdippar. Sådana roterande UPS:er kan hantera höga kortslutningsströmmar, och även filtrera strömmen på både nätsida och lastsida från till exempel övertoner. Det finns i dag roterande UPS:er i storleksordningen från ca 1 MW till 100 MW tillgängliga för mellanspänning. Det finns även statiska UPS:er, men de används då vid mindre effektbehov. Huruvida det sedan är

ekonomiskt, eller ens tekniskt, realistiskt att använda sig av sådan utrustning när det gäller slutkunder med stort (eller väldigt stort) behov av effekt är upp till varje enskilt fall att avgöra.

4.5 FRAMTIDSUTSIKTER

Många slutkunder upplever att risken är att elkvaliteten kommer försämrats och ge större problem i framtiden. Detta kan bero på ett antal olika faktorer.

Många slutkunder väljer att byta till nya komponenter dels för att utrustning är gammal och behöver förnyas, dels för förbättrad kontroll och styrning. Nya komponenter innehåller ofta mer elektronik än äldre komponenter, och det är inte ovanligt att denna nya elektronik är mer känslig för olika störningar, men även att den genererar egna störningar som exempelvis övertoner, vilket kan innebära behov av åtgärder i form av filter etcetera. Att ny utrustning riskerar vara mer störningskänslig ställer således ännu tuffare krav på störningar utifrån via elnätet.

Samhället genomför en omställning till mer förnybar energi, både hos producenter och hos konsumenter. Mer förnybar produktion i energimixen är något som slutkunderna ser som en risk, eftersom intermitterent elproduktion inte går att planera och det är därmed svårare att se till att effektleveransen hålls konstant och att elkvaliteten upprätthålls. En högre andel intermitterent produktion riskerar att ge lägre kortslutningseffekt och ett svagare nät, såvida inte olika åtgärder för att motverka detta sker, exempelvis genom att införa utrustning som är avsedd för detta ändamål.

5 Slutsatser

I de genomförda intervjuerna är det tydligt att elkvalitet orsakar produktionsstopp för åtskilliga miljoner kronor varje år för slutkunderna, och det är i nästan uteslutande spänningsvariationer i form av korta spänningsdippar som är den utlösande faktorn. Frekvensvariationer och övertoner kan ej anses vara av större betydelse för slutkunderna i jämförelse.

De korta spänningsdipparna bedöms i sin tur i stor uträkning bero på närliggande fel i det matande nätet, eller på överliggande nät. Så genom att minska antalet fel och/eller korta ned tiden för felens varaktighet kan det största problemet gällande elkvalitet minskas. Att minska felen i elnätet ligger givetvis även i elnätsbolagen intresse, så det är oftast på en ekonomiskt försvarbar nivå redan nu, och att ytterligare bygga bort felriskerna är generellt en väldigt kostsam historia. I specifika fall kan det dock vara möjligt att med förhållandevis enkla medel till exempel korta ned felens varaktighet.

Redan nu sker det en relativt bra kommunikation mellan slutkunder och elnätsägare. Och i den kommunikationen diskuteras redan olika möjligheter att arbeta för att minska felen och deras varaktighet, men om det i specifika fall inte förekommer sådana diskussioner så är det en relativt enkel väg att börja på för att om möjligt minska risken för produktionsstopp för slutkunderna. Även i de fall där sådan kommunikation förekommer kan det finnas anledning att utöka den och om det föreligger problematik med de störande spänningsdipparna, kanske tillsammans mellan slutkunder och nätägare starta fokuserade projekt för att om möjligt åstadkomma en lösning.

6 Referenslista

Energimarknadsinspektionen, Energimarknadsinspektionens föreskrifter och allmänna råd om krav som ska vara uppfyllda för att överföringen av el ska vara av god kvalitet EIFS 2013:1, 2013, [Energimarknadsinspektionens föreskrifter och allmänna råd om krav som ska vara uppfyllda för att överföringen av el ska vara av god kvalitet \(ei.se\)](#)

Energimarknadsinspektionen, Leveranssäkerhet i Sveriges elnät 2019, 2020, [Ei R2020:08 Leveranssäkerhet i Sveriges elnät 2019](#)

Fingrid, Frekvens – Historisk data, 2021, [Frequency - historical data - Dataset - Fingridin avoin data](#)

Svenska kraftnät, Systemdrifttillstånd – grundläggande dimensionering- och riskkoncept i ett mer flexibelt kraftsystem, 2019, [systemdrifttillstanden.pdf \(svk.se\)](#)

Svenska Kraftnät, Tekniska riktlinjer för elkvalitet Del 1: Spänningens egenskaper i stamnätet, 2006, [tr06-01-b.pdf \(svk.se\)](#)

SLUTKUNDENS STÖRNINGSTÅLIGHET

Olika slutkunder har olika förmåga att hantera problem med kvaliteten på el. Det största problemet är korta spänningsdippar, där en längd på ca 50 – 400 ms kan leda till att industriens produktion står still i en dag till någon vecka, med stora ekonomiska förluster som följd. I och med att problemen med all tydlighet existerar och är kostsamma så finns det skäl till att fortsätta arbetet med att hitta förbättrande åtgärder och lösningar. En bra början kan vara att utöka kommunikationen mellan elnätsbolagen och slutkunderna. Sådan kommunikation finns i vissa fall redan idag, men det rekommenderas att denna intensifieras för att försöka hitta realistiska lösningar för att minska de problem som uppstår som en följd av elkvalitetsfenomen.

Ett nytt steg i energiforskningen

Energiforsk är en forsknings- och kunskapsorganisation som samlar stora delar av svensk forskning och utveckling om energi. Målet är att öka effektivitet och nyttiggörande av resultat inför framtida utmaningar inom energiområdet. Vi verkar inom ett antal forskningsområden, och tar fram kunskap om resurseffektiv energi i ett helhetsperspektiv – från källan, via omvandling och överföring till användning av energin. www.energiforsk.se