DNV·GL

UNDERPROJEKT TILL REVIDERING AV EIFS 2013:1

Krav på spänningskvalitet i ett föränderligt elsystem

Energimarknadsinspektionen

Rapportnr.: PP331119, Rev. 2
Dokumentnr.: 2020-103217
Datum: 2021-02-09

Projektnamn:	Underprojekt till revidering av EIFS 2013:1	DNV GL Energy
Rapporttitel:	Krav på spänningskvalitet i ett föränderligt elsystem	Avdelning för kraftsystemanalys
Uppdragsgivare:	Energimarknadsinspektionen, Box 155 631 03 ESKILSTUNA	
Kontaktperson:	Johanna Rosenlind	
Datum:	2021-02-09	Tel: +46 858 794 00
Projektnr.:	PP331119	
Rapportnr.:	PP331119, Rev. 2	
Dokumentnr.:	2020-103217	

Utfört av:	Verifierat av:	Godkänt av:
Digitally signed by Ackeby, Susanne Date: 2021.02.09 17:18:26 +01'00'		
Susanne Ackeby (Projektledare) Senior Engineer	Ambra Sannino Business Director	Lucas Thomée Team Lead
Daniel Karlsson Senior Principal Engineer		
Math Bollen Professor		

Copyright © DNV GL 2020. All rights reserved. Unless otherwise agreed in writing: (i) This publication or parts thereof may not be copied, reproduced or transmitted in any form, or by any means, whether digitally or otherwise; (ii) The content of this publication shall be kept confidential by the customer; (iii) No third party may rely on its contents; and (iv) DNV GL undertakes no duty of care toward any third party. Reference to part of this publication which may lead to misinterpretation is prohibited. DNV GL and the Horizon Graphic are trademarks of DNV GL AS.

DNV GL distribution:

☐ ÖPPEN. Fri distribution, internt och externt.

☐ INTERN. Fri distribution internt i DNV GL.

☒ KONFIDENTIELL. Distribution enligt distributionslista. *

☐ HEMLIG. Endast auktoriserad tillgång.

*Distributionslista:

Nyckelord:

Rev.nr.	Datum	Orsak för utgåva	Utfört av	Verifierat av	Godkänt av
0	2020-12-07	Första version innehållande Fas 1	Susanne Ackeby	Daniel Karlsson	
1	2021-01-25	Uppdaterad version inkl. Fas 2	Susanne Ackeby	Ambra Sannino	Lucas Thomée
2	2021-02-09	Uppdaterad version efter kommentarer	Susanne Ackeby	Ambra Sannino	Lucas Thomée

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING 4

1 INTRODUKTION 5
1.1 Läsanvisningar 5
1.2 Bakgrund till kompatibilitetskrav 6
1.3 Bakgrund ellagen och EIFS 8
1.4 Ett föränderligt elsystem 11
1.5 Syfte 12

2 OLIKA STÖRNINGSTYPER 13
2.1 Långsamma spänningsändringar 14
2.2 Spänningsövertoner 14
2.3 Spänningsosymmetri 17
2.4 Kortvarig spänningssänkning och spänningshöjning 17
2.5 Transienter 18
2.6 Snabb spänningsändring 18

3 OMVÄRLDSBEVAKNING 20
3.1 Långsamma spänningsändringar 23
3.2 Spänningsövertoner 24
3.3 Spänningsosymmetri 26
3.4 Kortvarig spänningssänkning och spänningshöjning 27
3.5 Snabb spänningsändring 30
3.6 Tänkbara nya spänningskvalitetsparametrar 32

4 SYNPUNKTER FRÅN BRANSCHEN 35
4.1 Allmänna synpunkter 35
4.2 Långsamma spänningsändringar 36
4.3 Spänningsövertoner 36
4.4 Spänningsosymmetri 37
4.5 Kortvarig spänningssänkning och spänningshöjning 37
4.6 Snabb spänningsändring 38
4.7 Nya förslag 38

5 MÖJLIGA KONSEKVENSER VID VILLKORADE AVTAL 39

6 SPÄNNINGSKVALITETSPARAMETRAR 41
6.1 Långsamma spänningsändringar 41
6.2 Spänningsövertoner 41
6.3 Spänningsosymmetri 41
6.4 Kortvarig spänningssänkning och spänningshöjning 41
6.5 Snabb spänningsändring 42
6.6 Nya förslag 42

7 UTFORMNING AV TRÖSKELNIVÅER 44
7.1 Långsamma spänningsändringar 44
7.2 Spänningsövertoner 44
7.3 Spänningsosymmetri 44

7.4 Kortvarig spänningssänkning och spänningshöjning 44
7.5 Snabb spänningsändring 45
7.6 Nya förslag 45

8 TRÖSKELNIVÅER 46
8.1 Långsamma spänningsändringar 46
8.2 Spänningsövertoner 46
8.3 Spänningsosymmetri 47
8.4 Kortvarig spänningssänkning och spänningshöjning 47
8.5 Snabb spänningsändring 47
8.6 Nya förslag 47

9 TILLSYN 49
9.1 Tidigare arbeten 49
9.2 Utökade funktionalitetskrav för elmätare 49
9.3 Krav på registrering av spänningskvalitetsparametrar i Norge 53
9.4 Insamling och redovisning av spänningskvalitetsparametrar i Nederländerna 54
9.5 Förslag och idéer på hur tillsyn skulle kunna genomföras 56

10 DISKUSSION OCH SLUTSATS 61

REFERENSER 63

APPENDIX A 65
Sammanställning diskussionsfrågor 65

APPENDIX B 84
EIFS 2013:1 kapitel 7 – Spänningskvalitet – Ett utkast till reviderad text 84

SAMMANFATTNING

Stora förändringar sker, och har under ett antal år skett, i Sverige både vad gäller generering och laster på olika spänningsnivåer i nätet. Detta får konsekvenser på nätens spänningskvalitet och på hur känslig den utrustning som ansluts till näten kan vara. Exempelvis genom att näten innehåller ett ökat antal kraftelektroniska omriktare, vilka medför en ändring både på emissions- och på immunitetssidan. Att se över föreskriften gällande spänningskvalitet är därför väl motiverat.

Ett antal uppdateringar föreslås i denna rapport vilka baseras på DNV GL:s samlade erfarenhet, kunskapsläget i forskningsvärden, en omvärldsbevakning av några relevanta länder, samt inhämtade synpunkter från några branschrepresentanter.

Några av de föreslagna uppdateringarna motiveras med den förändring och omställning som sker i energisystemet:

- Vi rekommenderar att tröskelnivåerna gällande den 15:e och 21:a spänningsövertonen höjs för lågspänning: H15 från 0,5 % till 1,0 % och H21 från 0,5 % till 0,75 %.
- Vi rekommenderar även att gränsvärdena för THD för högre spänningsnivåer sänks (d.v.s. hårdare krav) så att det finns utrymme för att nå kraven på 8 % i lågspänningsnäten.
- Vi rekommenderar att alla de spänningskvalitetsparametrar som nämns i EN 50160 även inkluderas i föreskriften d.v.s. lägga till flimmer, mellantoner, supratoner, transienter och signalering på elnätet, även om vi anser att det är för tidigt att komma med faktiska tröskelnivåer.

Några av de föreslagna uppdateringarna motiveras med att synpunkter framkommit om att föreskriften behöver förtydligas och där vi upptäcker att tolkningen av texten görs olika:

- För att harmoniera med EN 50160 rekommenderar vi även att samma indelningar gällande spänningsnivåer som i EN 50160 används: lågspänning ($\leqslant$ 1kV), mellanspänning ($1 < Un \leqslant 36$kV), och högspänning ($36 < Un \leqslant 150$kV).
- Ett antal förslag på omformuleringar ges och vissa stycken som upplevts extra problematiska belyses. Exempelvis föreslås att föreskriften specificerar tre områden för kortvariga spänningssänkningar; ett med god elkvalitet, ett med brist och ett odefinierat område däremellan. Beskrivningen relaterad till område B för kortvariga spänningssänkningar har visat sig orsaka problem för flera elnätsföretag i hur den tolkas och det är därför önskvärt att beskrivningen av vad som förväntas vid kortvariga spänningssänkningar som hamnar inom mellanområdet (B) görs tydligare.

Vi rekommenderar även att en fortsatt öppen och inkluderande diskussion med branschen hålls i arbetet med uppdateringen av föreskriften gällande spänningskvalitet. Dels inom det fortsatta övergripande projektet, dels efter att projektet avslutas. Vi bedömer det som tillräckligt med den referensgrupp som redan finns i det projektet, den konsekvensutredning som genomförs i samband med framtagandet av nya föreskrifter, samt den remittering som sker av förslag till föreskriften.

Vid diskussioner med branschen har önskemål om tydliga gränser framkommit; gränser, som dels ställer krav på förhållandena i inmatnings- och uttagspunkten, dels ställer krav på utrustning som ansluts i kundanläggningar, för att kompatibilitet ska uppnås på en samhällsekonomiskt optimal nivå.

DNV GL anser att det är bra med tillsyn av spänningskvalitet och anser att det är rimligt att utveckla tillsynen till att utöver svar på frågor även innehålla faktiska mätningar. Smarta elmätare i uttagspunkter borde kunna nyttjas för en första indikativ tillsyn, vilken kompletteras med särskild tillsyn utförd med elkvalitetsmätare för ett mer begränsat antal mätpunkter.

1 INTRODUKTION

Energimarknadsinspektionen genomför under 2020 – 2023 ett övergripande projekt för att revidera hela föreskriften EIFS 2013:1. Som en del av detta projekt har Energimarknadsinspektionen gett DNV GL i uppdrag att ge underlag till den delen av det övergripande projektet som berör spänningskvalitet (kapitel 7 i föreskriften). Underprojektet ska se över och vid behov ge rekommendationer till revidering av de regelverksmässiga krav som ställs på spänningskvalitet. Rekommendationerna ska gälla vilka spänningskvalitetsparametrar som bör ingå, hur tröskelnivåerna bör utformas, samt vilka gränsvärden som är lämpliga.

De nya förutsättningarna i elnätet i kombination med nya aktörer, nya tekniska lösningar samt en ökad digitalisering som medför nya möjligheter leder till ett behov av att se över de krav som ställs på nätföretagen att tillhandahålla en överföring av el, av god spänningskvalitet, i.e. kraven i EIFS 2013:1 kapitel 7.

Många tankar och resonemang bakom den första föreskriften som utgavs 2011 beskrivs i en CIRED artikel från samma år [1].

1.1 Läsanvisningar

Upplägget i denna rapport är enligt listan nedan. Notera att de rekommendationer som DNV GL ger kring hur föreskriften kan uppdateras ges i kapitel 5 till 8. Tidigare kapitel bör främst ses som underlag till dessa rekommendationer.

Kapitel 1 ger en introduktion till projektet, bakgrund till varför det finns kompabilitetskrav, övergripande bakgrundstankar till föreskriften som den ser ut idag (EIFS 2013:1), främst gällande spänningskvalitet, en översikt av den energiomställning som elsystemet står inför och hur det påverkar spänningskvaliteten, samt slutligen syftet med det projekt som ligger till grund för rapporten.

Kapitel 2 beskriver mer ingående forsknings- och kunskapsläget kring de spänningskvalitetsparametrar som i dagsläget finns omnämnda i EIFS 2013:1 samt några ytterligare som inte nämns i föreskriften.

Kapitel 3 beskriver de underlag som används i projektet samt ger en översiktlig bild över hur regelverket för spänningskvalitet ser ut i några andra länder i jämförelse med Sverige och EN 50160.

Kapitel 4 sammanfattar de åsikter som några branschrepresentanter uttryckt gällande föreskriften och hur de önskar att den skall förändras.

Kapitel 5 adresserar den specifika frågan kring om de villkorade avtal, som finns som föreslag i Energimarknadsinspektionens regeringsuppdrag för kapacitetsbrist, kan komma att påverka de krav som ställs på spänningskvalitet i föreskriften.

Kapitel 6 inkluderar DNV GL:s rekommendationer gällande vilka spänningskvalitetsparametrar som bör ingå i föreskriften.

Kapitel 7 lyfter DNV GL:s rekommendationer gällande hur tröskelnivåerna bör utformas.

Kapitel 8 ger DNV GL:s rekommendationer gällande vilka tröskelnivåer (gränsvärden) som bör gälla.

Kapitel 9 beskriver de nya funktionskraven på nästa generations elmätare samt ger idéer och förslag på hur tillsyn skulle kunna genomföras.

Kapitel 10 avslutar rapporten med diskussioner och slutsatser.

APPENDIX A innehåller en sammanställning av svaren på projektets frågeunderlag som samlats in från olika branschrepresentanter under projektet.

APPENDIX B innehåller ett utkast till reviderad lydelse, på ”föreskriftsformat”, för kapitel 7, spänningskvalitet.

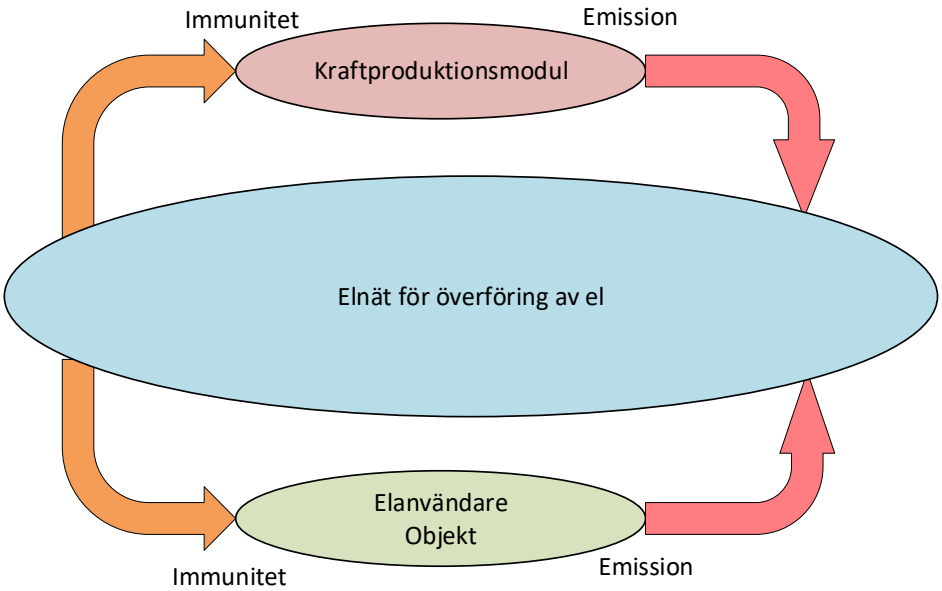
1.2 Bakgrund till kompatibilitetskrav

I grunden behöver vi ljus, kraft och värme - baserat på en energibärare som är tillförlitlig och reglerbar, med förmåga att överföra och distribuera tillräckliga energimängder. Elektriska kraftnät är en bra lösning, med spänningen i anslutningspunkten som kompatibilitetskriterium i gränssnittet mellan nätet och anslutna elnätsanvändare.

Överföringen är av god kvalitet om spänningen i anslutningspunkten, med avseende på vissa egenskaper, ligger inom stipulerade intervall kring ideala värden. Dessa egenskaper för spänningen omfattar:

- Spänningens nivå (rms-värde) - Långsamma spänningsändringar
- Spänningens frekvens (normalt inte påverkningsbar av elnätsföretaget)
- Spänningens kurvform (avvikelse från ren sinus, dvs övertoner, undertoner, mellantoner, och likkomponent)
- Trefasspänningens symmetri/osymmetri (avvikelse från lika amplitud, och lika fasvinkelskillnad)
- Kortvariga (enstaka) spänningssänkningar (djup, varaktighet, form, antal per tidsenhet)
- Kortvariga (enstaka) spänningshöjningar (höjd, varaktighet, form, antal per tidsenhet)
- Periodiska variationer i spänningens amplitud (flimmer)
- Kortvariga (inom en period) överlagrade spänningar (transienter)

Elnätets elkvalitet – eller egentligen brist på elkvalitet - påverkar anslutna objekt, såväl elanvändare som elproducenter. Objekten måste därför vara immuna mot förekommande avvikelser från ”perfekt” elkvalitet. Anslutna objekt påverkar, mer eller mindre, spänningen i anslutningspunkten, så att den avviker från den ideala spänningen. Objektens emission måste därför hållas inom vissa gränser. Det handlar helt enkelt om att finna en ekonomiskt optimal kompatibilitetsnivå, så att elnät och anslutna objekt kan fungera tillsammans. Det är ingen principiell skillnad mellan olika elnätsanvändare, såsom elproducenter, elanvändare, andra nät, HVDC-förbindelser, eller elnätsägarens egen utrustning. Ett försök till illustration av kompatibilitet har gjorts i Figur 1.

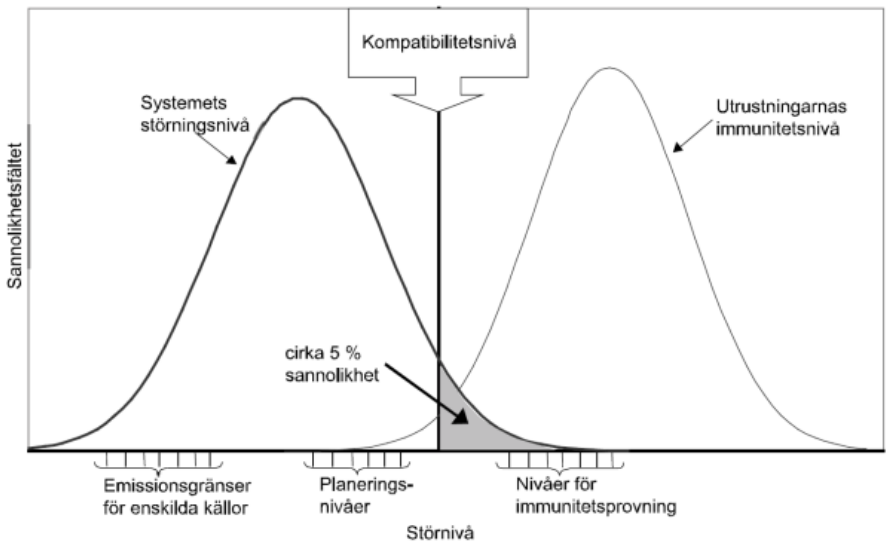


Figur 1 Kompatibilitet mellan elnät och elanvändare.

Elnätsföretaget ansvarar för nätets spänningskvalitet, dvs systemets störningsnivå (i anslutningspunkten), som i någon mening beror på summan av emissionen från samtliga anslutna objekt och nätets respons på dessa emissioner. Emission när det handlar om kontinuerliga elkvalitetsvariabler är ofta en ström som injiceras i nätet och elkvaliteten i en viss punkt ges av spänningens egenskaper i punkten, med en ekvivalent nätimpedans som överföringsfunktion mellan den injicerade strömmen och den resulterande spänningen.

Elnätskunden ansvarar för anslutna objekt avseende såväl immunitet som emission.

Figur 2 visar sannolikhetsfördelningen för olika störnivåer med avseende på systemet respektive utrustningars tålighet; notera de olika störnivåerna: emissionsgränser för enskilda källor, planeringsnivåer, respektive nivåer för immunitetsprovning.



Figur 2 Kompatibilitetsnivån mellan systemets störnivå och immunitetsnivån för ansluten utrustning, enligt EN 50160. Det är oklart hur kompatibilitetsnivån 5 % har valts.

För att säkerställa funktionen hos apparater som är kopplade till elnätet (både hos användare på låg- och mellanspänningsnivå och i nät på högre spänningsnivåer) behöver man säkerställa kompatibilitet mellan nätspänningens egenskaper och apparaternas immunitetsnivåer mot avvikelser från ideala förhållanden. Detta kan göras genom olika åtgärder för att förbättra spänningens kvalitet. Avvikelser från den ideala spänningen kan dock aldrig byggas bort helt och man kommer till en punkt där ytterligare investeringar leder till en orimlig kostnad för elnätsföretaget.

Alternativet till att förbättra nätspänningens egenskaper är att förbättra immuniteten hos anslutna objekt med en förbättrad design vilket innebär att införa ökade immunitetskrav i relevanta apparatstandarder. Högre immunitetskrav innebär oftast att apparaten blir dyrare och är till nackdel för tillverkaren.

Viktigt att tänka på är att även apparaten kan utgöra en påverkan på nätet, till exempel genom att dra en ström som inte är helt sinusformad, samtidigt som den påverkas av nätspänningens kvalitet. Enligt ellagen (3 kap. 6 §) har elnätsföretagen därmed möjlighet att ställa rimliga krav på kundernas anläggningar. För de apparater som säljs i Sverige ställs krav om emission enligt EMC-lagen och –förordningen, samt ELSÄKFS 2016:3.

1.3 Bakgrund ellagen och EIFS

Föreskrifter utgör en tvingande del av regelverket (lagar – förordningar – föreskrifter).

Enligt *ellagen* (3 kap. 9 §) ska överföringen av el vara av **god kvalitet** och nätkoncessionsinnehavare ska avhjälpa brister om det är rimligt i förhållande till olägenheterna. I Energimarknadsinspektionens föreskrift (EIFS 2013:1) beskrivs de krav som ska vara uppfyllda för att överföringen av el ska **anses vara av god kvalitet**. Föreskriften behandlar inte tillgång på el (primärenergi), effektbalans, eller frekvensrelaterade parametrar.

Kraven i föreskriften, som är riktade mot elnätsföretag (egentligen ”nätkoncessionsinnehavare”) är i olika grad påverkbara av elnätsföretagen. Elnätsföretagen har genom avtalsvillkor möjlighet att sätta krav på sina kunder gällande ström/emission.

I ellagen (1997:857 3 kap. 9 §) anges:

Den som har nätkoncession är skyldig att på skäliga villkor överföra el för annans räkning.

Överföringen av el skall vara av god kvalitet

En nätkoncessionshavare är skyldig att avhjälpa brister hos överföringen i den utsträckning kostnaderna för att avhjälpa bristerna är rimliga i förhållande till de olägenheter för elanvändarna som är förknippade med bristerna.

Regeringen eller den myndighet som regeringen bestämmer får meddela föreskrifter om vilka krav som skall vara uppfyllda för att överföringen av el skall vara av god kvalitet.

I föreskriften (EIFS 2013:1) anges krav som ska vara uppfyllda för att överföringen av el ska anses vara av god kvalitet. Kraven riktar sig mot elnätsföretag (egentligen ”nätkoncessionsinnehavare) (1 kap. Inledande bestämmelser 1 §):

Dessa föreskrifter innehåller bestämmelser om vissa krav som en nätkoncessionshavare ska uppfylla enligt 3 kap. 9 § ellagen (1997:857) för att överföringen av el ska vara av god kvalitet.

Vidare anges att bestämmelserna gäller för inmatnings- och uttagspunkter (2 kap. 2 §):

Bestämmelserna i 7 kap. gäller inmatnings- och uttagspunkter i växelspänningsnät som används med stöd av nätkoncession.

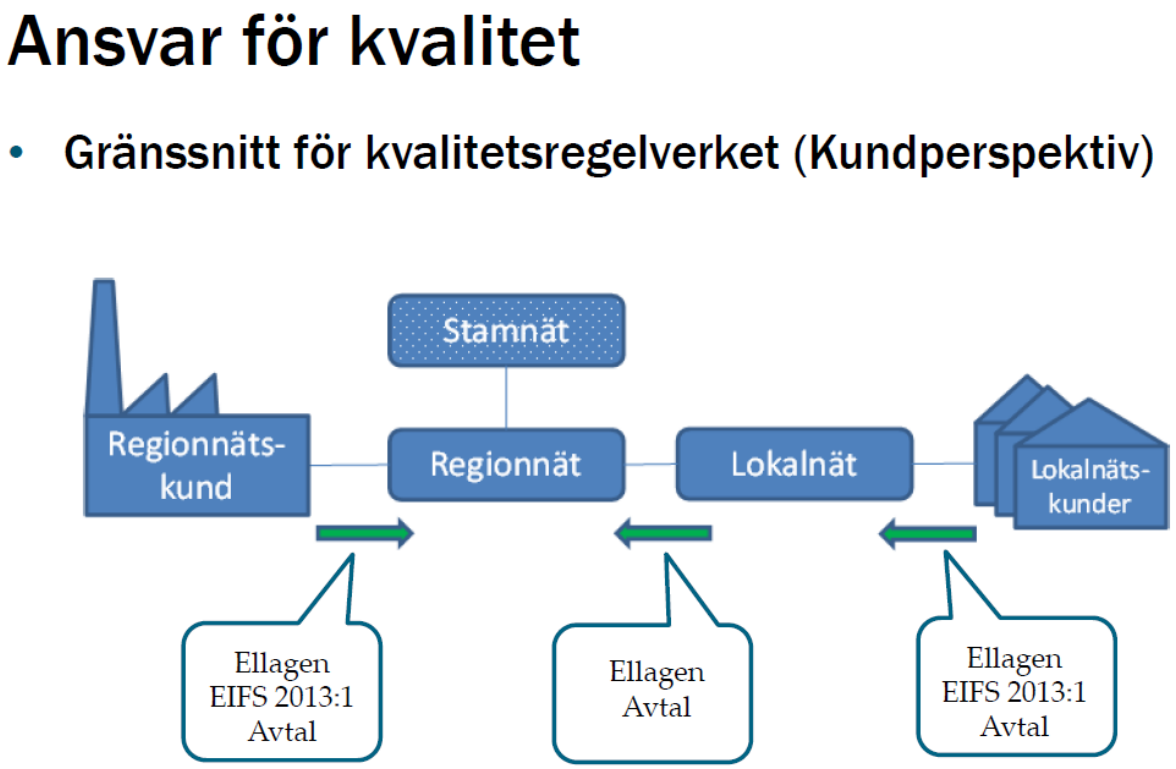
Vilka definieras enligt (3 kap. Definitioner):

Inmatningspunkt: den punkt där en elproduktionsanläggning för in el i ett schablonberäkningsområde respektive ledning som omfattas av nätkoncession för linje (region- eller stamledning).

Uttagspunkt: den punkt där en elanvändare tar ut el för förbrukning.

Illustrationer framtagna av Energimarknadsinspektionen för att förtydliga hur kraven på elkvaliteten påverkar industrin visas nedan.

Figur 3 Visar gränssnittet för regelverket från ett kundperspektiv. Där Ellagen och eventuella andra specifika avtal gäller i gränssnitten regionnätskund – regionnät, regionnät – lokalnät, lokalnät – lokalnätskund. Utöver dessa gäller i gränssnitten regionnätskund – regionnät och lokalnät – lokalnätskund även EIFS 2013:1.



Figur 3 Illustration av vilka regelverk som gäller sett från ett kundperspektiv [2]

Figur 4 visar vad som gäller vid en störning orsakad av en regionnätskund, där en lokalnätskund har rätt att förvänta sig en viss nivå på elkvalitet från sitt lokala elnätsföretag till vilket han är ansluten, dvs vad som kan förväntas regleras i ellagen och förtydligat i föreskriften samt i eventuella specifika avtal.

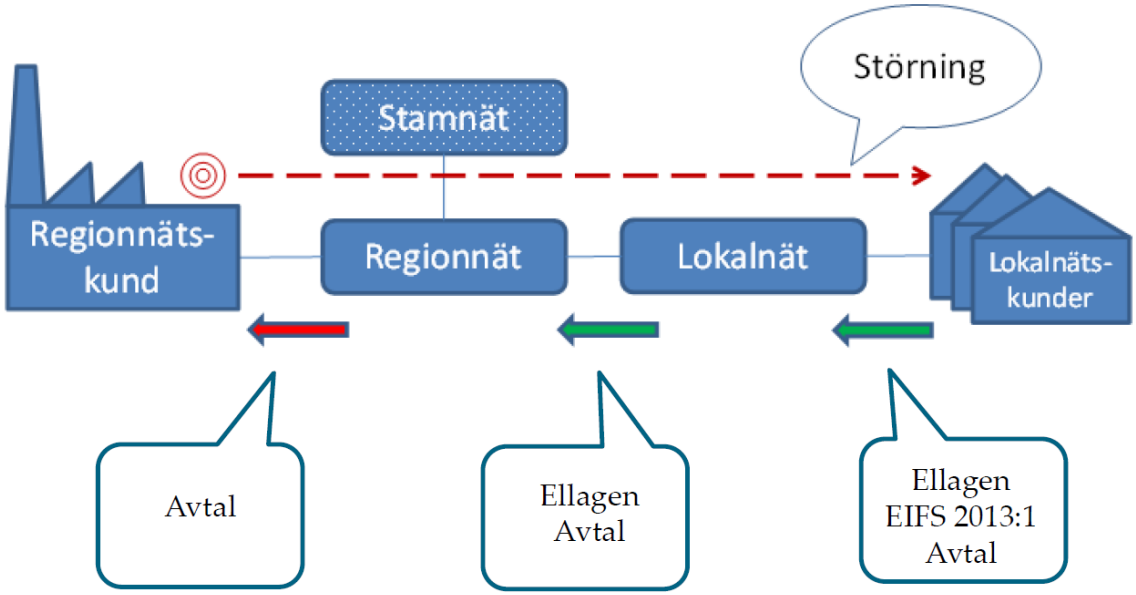
Det lokala elnätsföretaget kan i sin tur förvänta sig en viss nivå på elkvalitet från det regionnät till vilket lokalnätet är anslutet. Vad som kan förväntas regleras i ellagen, samt i eventuella specifika avtal.

Vilken maximal emission som en regionnätskund tillåts skicka in på nätet begränsas i specifika avtal mellan regionnätskunden och regionnätsföretaget.

Rekommendationer och principer för hur krav gällande emission av utrustning kan ställas finns exempelvis i IEC-standarder så som IEC 61000-3-6, IEC 61000-3-7, IEC 61000-3-13, IEC 61000-3-14, IEC 61000-3-15 och IEEE 519.

Ansvar för kvalitet

- ## Gränssnitt vid störning



Figur 4 Illustration av vilka regelverk som gäller vid en störning orsakad av en regionnätskund [2]

I Figur 5 förtydligas ansvarsfördelningen mellan kund och nätägaren vid kortvariga spänningssänkningar. I figuren anges tydligt att för område B gäller delat ansvar för åtgärder. Detta lyfts senare i föreliggande rapport. Den text som finns i föreskriften tolkas inte alltid som delat ansvar av alla berörda parter, då endast nätägaren nämns och om huruvida åtgärderna är rimliga. Anledningen till att endast nätägaren nämns i föreskriften är att det endast är dessa som ryms inom Energimarknadsinspektionen bemyndigande med avseende på gällande krav som skall vara uppfyllda för att överföringen av el skall vara av god kvalitet.

(7 kap. Inledande bestämmelser 6-7 §§):

Nätägaren är skyldig att åtgärda kortvariga spänningssänkningar inom område B i tabell 3 i den utsträckning åtgärderna är rimliga i förhållande till de olägenheter för elanvändarna som är förknippade med de kortvariga spänningssänkningarna.

Kvalitetsnivåer

- Kortvariga spänningssänkningar (dippar)
- Enligt föreskrift
  - A – kundens ansvar för ev. åtgärder
  - B – delat ansvar för ev. åtgärder
  - C – Nätägarens ansvar för ev. åtgärder

u [%]	Varaktighet				
	10 ≤ t ≤ 100	100 ≤ t ≤ 150	150 ≤ t ≤ 600	600 ≤ t ≤ 5000	5000 ≤ t ≤ 60000
90 > u ≥ 80					
90 > u ≥ 70					
70 > u ≥ 40	A		B	C	
40 > u ≥ 5					
5 > u					

- Tidigare ordning

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

Figur 5 Illustration av tankar, gällande ansvarsfördelningen för eventuella åtgärder för att motverka kortvariga spänningssänkningar, som låg bakom utformningen av tröskelnivåerna i den nuvarande föreskriften [3]

1.4 Ett föränderligt elsystem

Anledningen till att föreskriften gällande spänningskvalitet nu ses över är de stora förändringar som skett i Sverige både vad gäller generering och laster på olika spänningsnivåer i elnätet under de senaste 10 åren och de som förväntas komma att ske. Bland produktionskällor har vind- och solkraft ökat kraftigt. En snabb övergång till lågenergilampor har skett inom belysning och i industrin har varvtalstyrda motordrifter blivit dominerande. Även värmepumpar har blivit mer och mer varvtalsstyrda. Elbilsladdare blir vanligare.

Alla dessa förändringar innebär ett ökat antal kraftelektroniska omriktare vilket medför en ändring både på emissions- och på immunitetssidan. De nya förutsättningarna medför en förändring av förväntade emissionsnivåer av t.ex. övertoner. De medför också att emission kommer att ske vid andra frekvenser än förut, som supratoner (2 kHz till 150 kHz) och mellantoner (ej heltalsmultipler av 50 Hz). Dessa störningar och en del andra nya fenomen tas inte upp i nuvarande regelverk.

Även energieffektiviseringen medför en förväntad ökning av emission från laster p.g.a. att energieffektivare utrustning ofta inkluderar snabb lastkoppling. Ny utrustning använder även allt mer aktiva omriktare jämfört med enklare diodlikriktare som var vanligt tidigare, vilket resulterar i ett annat emissionsspektrum.

Påverkan av distribuerad generering på kortslutningseffekt, skyddsstrategi, spänningsreglering, etc., kommer att påverka karaktäristiken på eventuella spänningsdippar. För fel ovanför generatorn hjälper den distribuerade genereringen till så att dippen blir grundare.

Genom att en ökad andel motorer använder sig av utrustning för mjukstart och varvtalsstyrning, förväntas antalet dippar orsakade av motorstarter att minska, medan övertonerna antas öka.

Allmänt ses också en trend av ökad elektrifiering bland annat på grund av en förväntad elektrifiering av transporter och industriprocesser, medförande ökande lastvolymer och nya konsumtionsmönster. Då förnyelsebar produktion i många fall ansluts till lägre spänningsnivåer och i högre grad i distributionsnätet jämfört med konventionella produktionskällor skapas, tillsammans med nya konsumtionsmönster, nya effektflöden och därmed påverkas spänningsnivåerna. Kombinationen av lokal intermittent produktion och högre effektförbrukning medför även en större variation, och därmed större spänningsintervall som måste kunna hanteras. Även snabba spänningsvariationer kan komma att påverkas, exempelvis i situationer där en stor mängd produktion momentant kopplas bort, tex när spänningen blir för hög, eller den hastiga förändringen av effektuttag vid snabbladdning av elfordon.

Allt mer utrustning kopplas in enfasigt, som exempelvis enklare elbilsladdning, vilket kan leda till en ökad spänningsobalans. Med bra planering kan risken för obalans orsakad av elbilsladdning minskas.

I näten sker en ökad kablifiering. Kablifiering på högre spänningsnivåer medför troligen att antalet händelser orsakade av blixtnedslag kommer att minska, vilket bidrar till minskat antal transienter. Ökad kablifiering medför dock en ökad risk för transienta störningar i samband med spänningssättning av kablar. Då kablar är mer kapacitiva ökar driftspänningen hos kund, vilket innebär en minskad marginal mot överspänning, vilket i sin tur leder till en ökad risk för överspänning p.g.a. avlägsna enfasfel och omkoppling av last. Att kablar adderar ökad shuntkapacitans leder till resonans vid lägre frekvens, som kan leda till högre amplitud för spänningsövertoner och högre nivå på lågfrekventa kopplingstransienter.

Vi antar även att dämpningen vid resonansfrekvenserna kommer att minska genom att resistiv last ersätts med last kopplad via kraftelektronik. Detta resulterar i högre amplituder på spänningsövertoner vid resonansfrekvenserna. I dagsläget indikerar mätningar i fält att vi för de flesta spänningsövertoner har god marginal till dagens gränser. Flera ändringar i nätet förväntas dock flytta resonansen till lägre frekvenser, vilket påverkar övertoner och kopplingstransienter.

I rapporten från Cigre/CIRED om hur framtidens elsystem påverkar elkvalitet och EMC [4] beskriver bl.a. vilken typ av utrustning som blir påverkad vid olika typer av störningar. Exempelvis påverkar supratoner, som det i dagsläget finns begränsad kännedom om, många sorters utrustning samt aktiva omriktare (vilka blir allt fler i näten) påverkas av alla sorters störningar. Fortsatt forskning är därför viktigt.

1.5 Syfte

Syftet med denna studie är att se över och vid behov ge rekommendationer till revidering av de regelverksmässiga krav som ställs på spänningskvalitet i kapitel 7 i EIFS 2013:1 *Energimarknadsinspektionens föreskrifter och allmänna råd om krav som ska vara uppfyllda för att överföringen av el ska vara av god kvalitet*.

Detta genom att se över respektive spänningskvalitetsparameter i föreskriften, analysera om de fortsatt är relevanta och heltäckande eller om det finns ett behov av ytterligare alternativt färre parametrar. Även utformningen av de tröskelvärden som föreskriften anger skall ses över och vid behov skall förslag på nya nivåer ges. Utredningen skall även ge en bild av i hur stor utsträckning branschen ställer ytterligare elkvalitetsmässiga krav, utöver de föreskrivna grundkrav som finns i EIFS 2013:1. Beroende på utfallet görs en bedömning av vilka krav som bör regleras i föreskriften och vad som bör regleras i anslutningsavtalet mellan slutkunden och anslutande elnätföretag. Utöver detta skall den utformning som finns formulerad i Energimarknadsinspektionens regeringsuppdrag för kapacitetsbrist gällande så kallade villkorade avtal analyseras, samt belysa möjliga konsekvenser detta kan ha på kravställningen på spänningskvalitet.

Förslag till eventuella ändringar av föreskriften baseras på omvärldsbevakning, inhämtade synpunkter från branschen och DNV GL:s samlade erfarenhet.

2 OLIKA STÖRNINGSTYPER

Detta kapitel diskuterar kort kring att det finns olika störningstyper med väldigt skiftande karaktär, därefter ges en bild av forsknings- och kunskapsläget för olika spänningskvalitetsparametrar relevanta för föreskriften som en grund för om ändringar för dessa spänningskvalitetsparametrar kan anses motiverade.

I en ideal värld hade spänningen i alla anslutningspunkter alltid haft en perfekt sinusform, jämnt fördelad över alla tre faser med en magnitud som överensstämde med referensspänningen. I verkligheten förekommer olika störningar orsakade av emission från laster, produktionskällor och ansluten nätutrustning samt planerade och oplanerade händelser som omkopplingar i nätet och olika typer av fel orsakade exempelvis av blixtnedslag eller avgrävda kablar.

Denna rapport kommer inte att förklara orsaken till olika störningar men det är värt att understryka att störningarna har väldigt olika karaktär. Tabell 1 visar på skillnaden genom att jämföra en störning som kan kategoriseras som en kontinuerlig variation i spänningskvaliteten och en störning som snarare kategoriseras som en spänningskvalitetshändelse. Tabellen är hämtad från Nya Zeelands elkvalitetsguide [5].

Tabell 1 Jämförelse av en kontinuerlig spänningskvalitetsstörning och en händelse

	Kontinuerlig variation	**Plötslig händelse**
Exempel	Obalans	Spänningsdipp
Förekommande (tidsskala, karaktär)	Konstant närvarande	Uppstår som separata oberoende händelser
Påverkan på utrustning	Termisk, kumulativt	Utrustningen fungerar felaktigt, förstörs, eller degraderas, sker genast
Gränser	Statistiska	Ej alltid så välutvecklade, gränser för att begränsa värsta fallen

Då kontinuerliga variationer och plötsliga händelser har så skiftande karaktär kan det argumenteras att de egentligen behöver olika typer av standarder/regelverk.

Tabell 2 kategoriserar de olika störningarna i kapitlet efter störningstyp (variation/händelse).

Tabell 2 Störningstyp för olika störningar

Störning	**Störningstyp**
Långsamma spänningsändringar	Kontinuerlig variation
Spänningsövertoner	Kontinuerlig variation
Spänningsosymmetri	Kontinuerlig variation
Kortvarig spänningssänkning eller spänningshöjning	Plötslig händelse
Snabba spänningsändringar – individuella	Plötslig händelse
Snabba spänningsändringar – flimmer	Kontinuerlig variation

Följande avsnitt beskriver observationer från DNV GL vad gäller forsknings- och kunskapsläget för olika spänningskvalitetsparametrar, de som i dagsläget finns omnämnda i EIFS 2013:1 samt några ytterligare som inte nämns i föreskriften. Det är ingen komplett översikt av forskningsläget, men bör enligt DNV GL, ge en bra bild av rådande läge.

2.1 Långsamma spänningsändringar

Gällande långsamma spänningsändringar finns det tydliga gränsvärden och intervall i Sverige; men det är samtidigt denna parameter som har störst skillnader mellan länder. Detta kan exempelvis ses i den jämförelse som CEER gör mellan hur 27 olika Europeiska länders regelverk skiljer sig mot EN50160 [6], se även Figur 7.

Det forskas en hel del om hur solcellsanläggningar leder till spänningshöjningar. Det pågår även forskning om hur elbilsladdning leder till spänningssänkning, om än i mindre omfattning. Slutsatsen från denna forskning är att det sannolikt kommer att bli ett större behov (från nätoperatörens sida) av ett utökat område för långsamma spänningsvariationer. Det har visats av ett antal forskare att acceptansgränsen för solkraft blir större om man tillåter en högre spänning (än 110 % i Sverige). Samma sak gäller för elbilsladdning, men för en lägre spänning än 90 %. Vid elbilsladdning verkar det dock framförallt vara belastningsförmågan av transformatorn som sätter gränsen för hur mycket nätet klarar av, vilket inte är relaterat till spänningskvalitet.

Det som saknas helt i forskningen är om det har blivit någon ändring på immunitetssidan. Det saknas även standarder gällande apparaters immunitet mot långsamma spänningsändringar. Det finns dock två saker som är kända utan forskning. För det första att det inte finns många glödlampor kvar. Glödlampornas livslängd gick snabbt ner vid spänningar över 105-108 %. Denna påverkan behöver vi inte längre ta hänsyn till, men det kan finnas elnätsföretag som fortfarande använder ett planeringsvärde i detta område. För det andra vet vi att växelriktare vid solcellsanläggningar kopplas ur när spänningen når nivåer strax över 110 %. Detta har med ödriftsdetektering att göra och inte egentligen med immunitet, men sätter en gräns som måste tas hänsyn till. Frågan om en höjning av gränsen för överspänning vore lämplig just p.g.a. att lampor är mindre känsliga och att en hård gräns gör det svårare att ansluta solanläggningar lyfts som en öppen fråga i Cigres/CIREDs rapport om elkvalitets- och EMC-utmaningar i framtida nät [4].

2.2 Spänningsövertoner

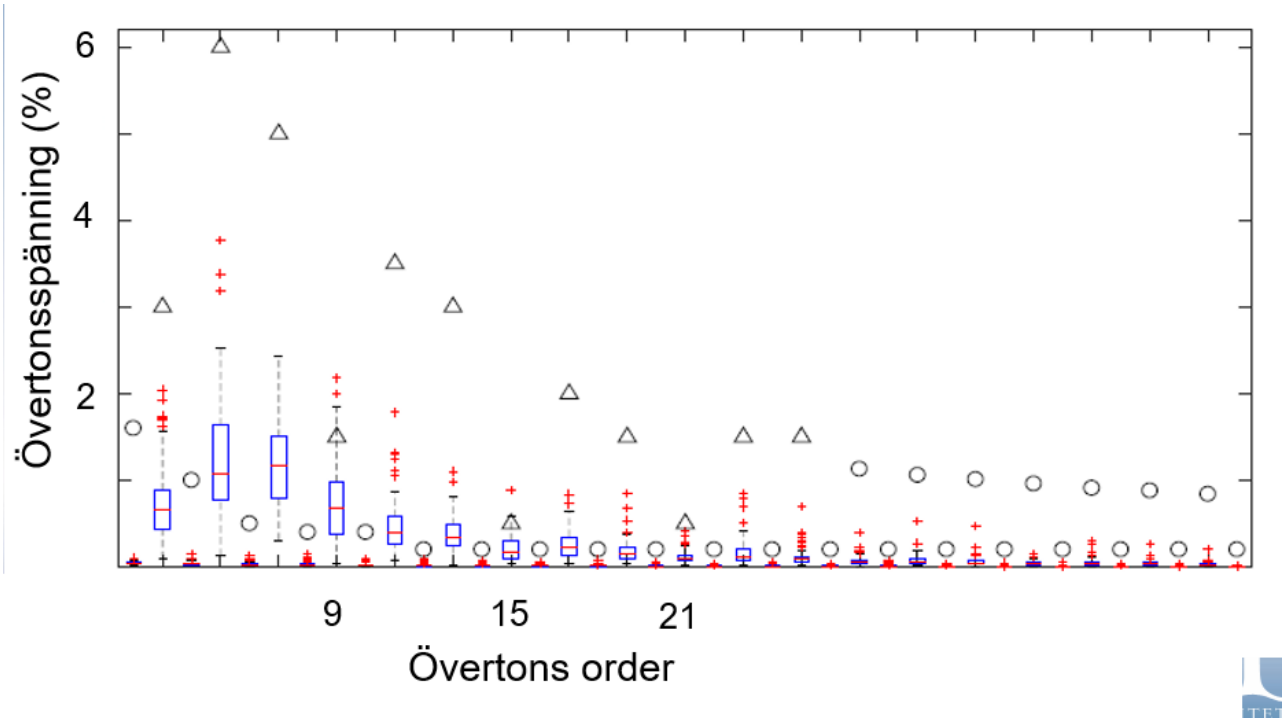
Inom detta område pågår det väldigt mycket forskning där många mätningar utförs, men även forskning kring vilka modeller som lämpligen bör användas för att illustrera detta komplexa fenomen. En översikt ges bl.a. av Cigres/CIREDs rapport i [4].

Forskning om modellering av nätet och apparater för att förutse övertonsnivåerna har pågått sedan slutet av 50-talet. Från början fokuserades mycket på individuella stora anläggningar anslutna till högre spänningsnivåer. Men orsaken till övertoner är numera framförallt beroende av den stora mängden anslutna små apparater: TV-apparater; värmepumpar; datorer; belysning, mm. Detta gör det väldigt komplicerat och hittills har egentligen ingen lyckats komma fram till någon modell eller beräkningsmetod som är tillräckligt detaljerad för att ge ett noggrant resultat, och som samtidigt är tillräckligt enkel för att kunna tillämpas i verkligheten. Studier vid Luleå tekniska universitet tyder på att det kan vara tusentals apparater som bidrar till spänningsdistorsion i en viss anslutningspunkt i nätet. Att modellera alla dessa apparater är inte praktiskt möjligt.

Det finns å andra sidan en hel del mätningar, som visar på att fler och fler apparater genererar övertoner (detta beskrivs i många publikationer) men som också tyder på att spänningsdistorsionen fortfarande inte är så hög att det finns anledning till ett förhastat agerande, med några undantag.

I en studie mättes spänningsdistorsionen i ca. 100 punkter, företrädesvis i Sverige, men även i andra delar av världen [7]. Intentionen var att komma fram till en ”typisk spänningsdistorsion” som kunde användas vid utveckling av modeller för övertonsemission från apparater, se ovan. Ett flertal studier visar att spänningsdistorsionen kan påverka övertonsströmmen/emissionen. Slutsatserna var:

- Det fanns i de flesta mätpunkterna ett stort utrymme mellan högsta spänningsdistorsion och satta gränsvärden för de flesta övertonerna. Utrymmet är ungefär hälften av gränsvärdet.
- Undantag är ton 9, 15 och 21. Här kommer man ofta i närheten av gränsvärdena, som i vissa fall även överskrids. För ton 15 och 21 är detta ett känt faktum och en ökning av tillåtna nivåer finns inkluderade i [8]. Höga värden för 9e ton var oväntat och här skulle det behövas mer studier.



Figur 6 Boxplot över uppmätt övertonsspänning för ett antal olika punkter främst i Sverige [7] Trianglarna och cirklarna representerar gränserna i EN 50160 respektive IEC 61000-2-2

När man tittar i detalj på forskningen om emission från olika apparater, visas det att LED-lampor kan ge väldigt distorterade strömmar. Men då grundtonen är så pass liten, blir bidraget av lamporna till den totala strömmen så litet, att det inte är något som påverkar den totala distorsionen i en större anläggning. Det har utförts specifika experiment (i både labbmiljö och i verkligheten, hotell och 12 hushåll) där slutsatsen är att lampornas bidrag på övertonsströmmen är försumbart. Fallet är dock fortfarande inte helt utrett och det finns forskningsresultat som tyder på att belysning kan ge ett stort bidrag, bland annat gatubelysning. Oftast kommer dessa resultat från simuleringar, varvid osäkerheter i modellen får stort genomslag. En fullständig validering återstår att genomföras.

Något som regelbundet kommer upp i laborationsmätningar (bland annat Aalborg-Danmark, Gent-Belgien, Dresden-Tyskland och studier vid Luleå tekniska universitet) är att det finns någon typ av växelverkan mellan olika apparater som leder till en förstärkning av emissionen. Det tyder på att vi kan komma att få höga värden av övertoner i framtiden, men hittills finns det inga mätningar från verkliga

anslutningspunkter som påvisar ett sådant förstärkningsfenomen. Slutsatsen som kan dras från detta är att det är viktigt att hålla koll på nivåerna och att forskningen inom området ska fortsätta, men att det inte finns någon anledning att ändra regelverket.

En annan sak som tas upp i forskningen ibland är att spridning av övertoner har ändrads. Delvis är detta orsakat av den ökade kablifieringen (kablarnas kapacitans ger nya resonanser) men det orsakas också av ökad kapacitans vid nätanslutning av många lågspänningsapparater. Framförallt i nät med omfattande installation av solceller kan resonansen sjunka till lägre frekvenser och då förstärka 5:e och 7:e ton. Hur stor förstärkningen blir är dock okänt eftersom det saknas bra modeller för dämpning samtidigt som det finns mycket begränsade möjligheter att bestämma dämpning genom mätningar.

Det som även här till stor del saknas (något som bland annat IEC gruppen om övertoner, IEC TC77A WG1, har flaggat för) är kunskaper om immunitet hos apparater för övertoner. Det har gjorts några studier där apparater utsatts för höga nivåer av spänningsdistorsion, men studierna var då riktade mot hur spänningsdistorsion påverkar övertonsströmmen, inte mot hur apparaterna fungerade. Just nu pågår det ett experiment då kring 150 olika LED-lampor utsätts för en distorterad spänning under 6000 timmar. Första resultaten av detta experiment förväntas i början av 2021. För mer information om detta, skulle det först behövas en mer detaljerad litteraturstudie och efter det några lämpliga korttids- och långtidsexperiment. Sådana experiment blir dock inte enkla och det är möjligen därför det inte finns något sådant i litteraturen.

2.2.1 Mellantoner

De övertoner som inte är en heltalsmultipel av grundtonen (50 Hz) kallas ofta för mellantoner. Detta är ett fenomen som i dagsläget inte finns med i EIFS 2013:1. Att det finns mellantoner har varit känt länge och det har funnits forskning och kunskap om detta under en lång tid. Källorna är kända och egentligen begränsade till framförallt frekvensomformare. Det finns i dagsläget inga gränsvärden på mellantoner och på de flesta ställen i nätet är nivåerna så pass låga att de är svåra att identifiera genom mätningar. Vissa forskargrupper har dock hållit studierna kring mellantoner vid liv, framförallt gruppen kring Prof. Alfredo Testa i Neapel.

Det finns en del pågående forskning om mellantoner som visar att det finns flera källor till mellantoner. Dels har det upptäckts emission från vindkraftsanläggningar som innehåller frekvensomformare. Även solkraft genererar mellantoner under vissa solförhållanden (här saknas det fortfarande modeller). Senaste forskningen visar även på att väldigt många apparater kan bli en källa till mellantoner om de utsatts för en viss sorts spänningsstörning. Detaljerna är fortfarande otydliga och det behövs mer forskning/analys/tolkning/tillämpning av resultat, innan man kan dra slutsatser relevanta för regelverket. Det är även för tidigt att göra några åtgärder då mycket av forskningsresultaten ännu inte är publicerad.

En slutsats redan nu är att det här är ett område där det bör hållas koll på utvecklingen. Då nästan ingen mäter mellantoner i elnätet vore en mätkampanj bra.

Vad det gäller spridning av mellantoner är det samma som för (vanliga) övertoner, så länge det gäller individuella källor. Blir det flera källor är det annorlunda och intrycket är att det är något som saknas i modelleringen, vilket behöver undersökas vidare.

Vad gäller immunitet hos apparater mot mellantoner är den enda forskning vi känner till riktad mot flimmer vid LED-belysning. Detta är bra dokumenterat och resultaten kan till stor del direkt användas för att sätta krav på nivåer av mellantoner. Det finns dock andra konsekvenser av mellantoner, som ännu inte är kartlagda, vilket gör att DNV GL anser det för tidigt att sätta gränsvärden.

2.2.2 Supratoner (ny)

Ett annat område som i dagsläget inte finns omnämnt i EIFS 2013:1 är supratoner (övertoner i området 2 kHz – 150 kHz, d.v.s. över 40:e övertonen). Det pågår en hel del forskning på flera ställen, där Luleå tekniska universitet är ansett som världsledande. Forskningen om supratoner är till stor del baserad på mätningar, då det inte finns mycket om modellering. Det finns en del publicerat inom detta område, bland annat i en CIGRE rapport [9], men främst bara riktat mot ledningar och kablar i mellan- och högspänningsnät. Studierna vid Luleå tekniska universitet tyder på att impedansen i apparater i lågspänningsanläggningar spelar en mycket större roll än impedansen i själva elnätet. Supratoner verkar främst sprida sig till närliggande utrustning och inte ut på nätet.

Hittills har mätningar av supratoner framförallt gjorts på apparater i lågspänningsnät, men detta fenomen blir intressant även på högre spänningsnivåer med stora omformare (vindturbiner, industriella drivsystem, HVDC-light) som källor av supratoner anslutna till högre spänningsnivåer.

Vad det gäller immunitet, finns det många fall då supratoner verkar ha orsakat att apparater inte fungerar. Tyvärr, saknas ännu systematiska studier av detta.

Då forskning inom detta område är relativt ny är det troligen för tidigt att sätta gränsvärden i ett regelverk. Det skulle dock vara bra att inkludera supratoner som en rubrik redan nu även om det här endast anges att regelverk är under utveckling.

2.3 Spänningsosymmetri

Detta fenomen finns väl reglerat. Det verkar inte finnas höga värden i Sverige, men det finns inte så mycket källor av information kring detta. Mätningar som görs är främst vid distributionstransformatorer och inte hos slutkunden.

En allmän slutsats är att det borde göras en sammanställning av nivåerna vid distributionstransformatorerna, eftersom en del[1] elnätsföretag har mätare installerade där.

Om enfasiga elbilsladdare fortsätter att öka som last kan detta medföra en allt större osymmetri. Detta ger mer värmeutveckling och åldring av direktanslutna asynkronmotorer, på grund av höga nivåer under en längre tid. Antalet direktanslutna asynkronmotorer blir dock allt färre. Trefasiga varvtalsstyrda drivsystem, elbilsladdning och solcellsanläggningar kan slås ut av kortvariga höga nivåer.

2.4 Kortvarig spänningssänkning och spänningshöjning

Kortvariga spänningssänkningar (dippar) är det fenomen som industrin har mest bekymmer med.

Vad gäller forskningen, så finns det inte så mycket nytt inom detta område. Forskning pågår, men det finns mycket upprepningar och/eller saker som inte är relevanta för regelverket. Något som är intressant för regelverket är immunitet för nya typer av apparater. Drivsystem, med störst problem relaterade till dippar, ser helt annorlunda ut nu än för 25 år sedan, då mycket av kunskapen om dippar utvecklades. Hur moderna drivsystem reagerar på dippar är inte så väl känt hos forskare eller ”allmänheten”. Det som framförallt borde studeras är hur andra egenskaper än varaktighet och kvarstående spänning påverkar apparater. Det finns en del uppfattningar om att ändringen i spänningens fasvinkel som inträffar i samband med början av en kortvarig spänningssänkning (fashoppet vid dippen) spelar en större roll vid moderna apparater än vid äldre apparater, men tyvärr finns ingen systematisk forskning om detta ännu.

[1] Uppskattningsvis finns 500 – 1000 sådana mätpunkter

Det har dock gjorts en hel del forskningen om hur dippar påverkar vindturbiner (”fault-ride-through”, se nätförordning om krav på generatorer, RfG [10]). Men även här oftast begränsat till varaktighet och kvarstående spänning.

Kortvariga spänningshöjningar (”swells”) nämns inte alls längre i forskningslitteraturen. De tas endast med vid t.ex. automatisk klassificering eller för att visa hur bra vissa kraftelektroniska lösningar är, men det är inte relevant för spänningskvaliteten.

Även här är det som behövs en systematisk studie om immunitet hos apparater mot kortvariga spänningshöjningar, vilket är relevant för lågspänningsnät på landsbygd. Även en studie om hur ofta de uppstår är intressant, men det kan göras relativt enkelt genom simuleringar och möjligen några verklighetsnära experiment.

2.5 Transienter

Transienter är inte heller ett område som i dagsläget omnämns i EIFS 2013:1. Ingen eller väldigt lite forskning görs som är relevant för regelverket. Inom IEEE har det gjorts en del försök att skapa en bas för regelverk och standardisering, men hittills har ingen velat ta det vidare. Första steget är att sätta upp en metod att mäta transienter, som kan tas med i IEC 61000-4-30.

Det vore väldigt bra att ha en del regelverk om detta, tex i form av allmänna råd, men det kan vara svårt att förankra om det inte finns någon standardisering alls.

2.6 Snabb spänningsändring

Snabba spänningsändringar kom upp på agendan efter att Norge tog med detta i sina föreskrifter. Innan dess fanns det inget sätt att mäta sådana ”spänningssteg”. Gränsvärdena som sattes baserades delvis på en lista med krav i IEC 61000-4-30 (i vilken det dock inte angavs hur man kunde mäta detta) och delvis på en studie från Sintef som visade att vi inte uppmärksammar en ändring i belysning när det finns ett steg i spänning på mindre än 2 % av märkspänning.

Detta baserades dock på en situation där belysningen i stort sett bara bestod av glödlampor. Nuvarande LED-belysning uppför sig helt annorlunda. Dels varierar det en hel del mellan olika typer av lampor och utöver detta finns det indikationer på att vissa LED-lampor är känsliga för snabba spänningsändringar, faktiskt mer känsliga än glödlampor (vad gäller snabba steg i spänning).

Det finns fortfarande en del forskning om snabba spänningsändringar, men den handlar mest om hur man kan mäta dem (det finns numera en metod i IEC 61000-4-30, men den är inte accepterad av alla forskare) och studier om beräkning av Pst-värdet, som ju bara är relevant för glödlampor. Det finns några artiklar som ser på LED-belysning, men tyvärr mycket begränsat.

2.6.1 Kontinuerliga och individuella snabba spänningsändringar

Enligt EN 50160 finns det två typer av snabba spänningsändringar: kontinuerliga snabba spänningsändringar och individuella snabba spänningsändringar. De sistnämnda brukar också refereras till som ”snabba spänningsändringar”, vilket kan leda till viss förvirring.

I dagsläget omnämns endast individuella snabba spänningsändringar EIFS 2013:1 och inte kontinuerliga snabba spänningsändringar, det som ibland kallas för ”spänningsflimmer” vilka Pst[2]-beräkningar är

[2] Både Pst och Plt definieras enligt den internationella flickermetern och beskrivs i IEC 6100-4-15.
- Pst anger de regelbundna snabba spänningsändringarnas storlek i förhållande till den så kallade flickerkurvan. Flickerkurvan definieras av Pst=1, mätt som ett viktat medelvärde över en tiominutersperiod (Pst, eng. short term).
- Plt mäts över en tvåtimmarsperiod utgående från 12 konsekutiva Pst-värden (Plt, eng. long term).

baserade på. Det som de-facto gäller i Sverige är då EN-50160 gränsen vilken säger att 95 % av Plt under en vecka inte ska överskrida 1. Pst/Plt-modellen är baserad på ljusflimmer från glödlampor, som inte längre saluförs. När första versionen av föreskriften skrevs, antogs att flimmerproblemet skulle försvinna, men så har det inte blivit.

Det finns stora skillnader mellan olika LED-lampor när det gäller flimmer. En del LED-lampor avger nästan inget ljusflimmer till följd av spänningsvariationer, medan andra är ganska känsliga. Den senare kategorin leder till att flimmer fortfarande är aktuellt och bör adresseras. Det har gjorts en del studier om känslighet hos LED-lampor för snabba spänningsändringar och slutsatsen är då framförallt att det varierar mycket mellan olika lampor.

En annan slutsats från de olika studierna är att flimmer och LED-belysning är väldig komplicerat.

En långsiktig lösning är att det ställs krav på immunitet hos belysning (obligatoriskt eller som ett krav för att kunna märkas som ”flimmerfri lampa”) och då kan krav på spänningskvalitet anpassas till immunitetskraven. Det pågår en del forskning om hur man mäter och kvantifierar ljusflimmer direkt (istället för via spänningsändringarna). Det kan vara som bas för nämnda immunitetskrav. Det finns dock en del regelverk kvar att utveckla och en del forskning att bedriva innan vi är där.

Kontinuerliga snabba spänningsvariationer borde nämnas i EIFS 2013:1 med allmänna råd, men för tillfället inga gränsvärden då man bör invänta om det kommer immunitetskrav på LED-belysning gällande flimmer.

2.6.2 Mellansnabba spänningsändringar

Ett annat område som är relativt outforskat är variationer i spänningsamplitud på tidskalan mellan några sekunder och några minuter. Detta fenomen kan benämnas mellansnabba spänningsändringar ”very-short variations” (VSV). Denna typ av variationer uppkommer exempelvis genom påverkan av produktionen från solcellsanläggningar av moln som förflyttar sig.

De studier som gjorts har inte visat på att detta verkar medföra några problem och det är inte heller ett fenomen som ännu uppmärksammats i stor utsträckning på internationell nivå, varför det i dagsläget inte bör tas upp i en föreskrift.

Dock är medelsnabba spänningsändringar ett område där det kan vara värt att hålla uppsikt över utvecklingen.

3 OMVÄRLDSBEVAKNING

Detta kapitel ger en översiktlig omvärldsbevakning för att undersöka hur motsvarande reglering sker i andra länder och på så sätt se om ändringar i föreskriften kan anses motiverade.

Ett antal rapporter, standarder och nätkoder ingick i omvärldsbevakningen, vilka listas nedan:

- (EU) 2016/631 (RfG): Network code on requirements for grid connection of generators

  I denna nätkod finns begränsad information som berör arbetet i detta projekt. Nätkoden fastställer nätföreskrifter som anger kraven för nätanslutning av olika typer av kraftproduktionsanläggningar.

  För vissa kraftparksmoduler (typ C: 10 – 30 MW ansluten på nivå under 110 kV) ställs krav på att de ska kunna bidra till spänningsreglering med ett spänningsbörvärde som omfattar intervallet 0,95–1,05. Denna typ av kraftparksmodul ska även vara utrustad med en anordning som tillhandahåller felregistrering och övervakning av systemdynamik bl.a. för spänning. Det beskrivs även att den berörda systemansvarige har rätt att ange parametrar (inklusive spänning) för leveranskvalitet som ska uppnås.

  Definitionen av *anslutningspunkt* är enligt nätkoden: ”det gränssnitt där kraftproduktionsanläggningen, förbrukningsanläggningen, distributionssystemet eller systemet för högspänd likström är anslutet till ett överföringssystem, ett havsbaserat nät, ett distributionssystem (inklusive slutet distributionssystem) eller ett system för högspänd likström, så som det fastställs i anslutningsavtalet.” Även gränspunkter definieras i RfG:n som anslutningspunkter.

  Definitionen av *anslutningsavtal* är enligt nätkoden: ”ett avtal mellan å ena sidan den berörda systemansvarige och å andra sidan ägaren av kraftproduktionsanläggningen, förbrukningsanläggningen eller systemet för högspänd likström eller den systemansvarige för distributionssystemet, som anger den aktuella placeringen och särskilda tekniska krav för kraftproduktionsanläggningen, förbrukningsanläggningen, distributionssystemet, distributionsanläggningen som är ansluten till överföringssystemet eller systemet för högspänd likström.”

  Nätkoden fastställer inga krav för nätkoncessionsinnehavare vilka EIFS 2013:1 berör.

- (EU) 2016/1388: Network Code on Demand Connection

  I denna nätkod finns begränsad information som berör arbetet i detta projekt. Nätkoden fastställer nätföreskrifter för anslutning av förbrukare. För förbrukningsanläggningar gäller nätkoden de nya anläggningar som är anslutna till överföringssystem (eng. version transmission-system) eller som används för att tillhandahålla tjänster avseende efterfrågeflexibilitet till berörda systemansvariga och berörda systemansvariga för överföringssystem.

  Det finns ett stycke om elkvalitet där det anges att förbrukaren ska se till att deras anslutning till nätet inte leder till en fastställd nivå av distorsion eller variation i nätets försörjningsspänning. Nivån fastställs av berörd systemansvarig.

  I stycket om allmänna krav på spänning anges att förbrukningsanläggningar i Norden ska kunna förbli anslutna och vid drift en obegränsad tidsperiod vid spänningar inom intervallet 0,9 – 1,05 i förhållande till spänningens referensvärde. För spänningsintervallet 1,05 – 1,1 i förhållande till spänningens referensvärde ska anläggningarna kunna vara anslutna i 60 minuter.

I EIFS 2013:1 anges ingen tidsbegränsning för hur länge spänningen (tiominutersvärden av spänningens effektivvärde) får ligga i spänningsintervallet 1,05 – 1,1 i förhållande till spänningens referensvärde. Kravet i nätkoden är dock riktad mot förbrukaren och för att en stor laständring inte automatiskt ska ske vid endast en relativt liten spänningsändring. Att förbrukaren endast kravställs att de måste klara att förbli anslutna och i drift i 60 minuter, ser vi inte som ett hinder för en generösare kravställning (obegränsad tid) på elnätsföretag.

Nätkoden fastställer inga krav för nätkoncessionsinnehavare vilka EIFS 2013:1 berör.

- (EU) 2017/1485 (SOGL): System Operation Guideline,

  Kommissionens förordning om fastställande av riktlinjer för driften av elöverföringssystem.

  I denna guide finns begränsad information som berör arbetet i detta projekt.

  Guiden specificerar bl.a. vilken typ av data som varje systemansvarig för överföringssystem ska utbyta med övriga systemansvariga för överföringssystem i samma synkronområde. Den specificerar även vad som ska ingå i årlig rapportering av incidenter, där varaktighet och antal fall av spänningsavvikelser som ligger utanför angivet intervall inkluderas. Spänningsintervallen (vid anslutningspunkten) för Norden är 0,90–1,05 (relativtal) och gäller för spänningar mellan 110 och 400 kV. Det är även detta intervall som anger vilket kriterium för spänning som ska vara uppfyllt för att ett överföringssystem ska anses vara i normaldrifttillstånd.

  Guiden listar även vilka kategorier av avhjälpande åtgärder varje systemansvarig för överföringssystem ska använda sig av för exempelvis reglering av spänning.

  Guiden anger även att varje systemansvarig för överföringssystem ska fastställa gränserna för driftsäkerhet för varje element i sitt överföringssystem, med beaktande av åtminstone ett antal fysikaliska egenskaper. För spänningsgränserna anges samma intervall som ovan: 0,90–1,05 (relativtal) och gäller för spänningar mellan 110 och 400 kV.

- EN 50160: Voltage characteristics of electricity supplied by public electricity networks

  Spänningens egenskaper i elnät för allmän distribution.

  Denna europeiska standard är högst relevant för arbetet i detta projekt då den definierar, beskriver och specificerar huvudegenskaperna hos spänningen i en elnätsanvändares anslutningspunkt i allmänna distributionsnät för låg-, mellan- och högspänning under normala driftförhållanden. Den beskriver även de gränser eller värden mellan vilka spänningens egenskaper kan förväntas bibehållas vid anslutningspunkter i de publika europeiska elnäten.

  Standarden är framtagen av experter[3] och väl ansedd och använd[4] (även utanför Europa).

  För de spänningskvalitetsparametrar som inte omnämns i EIFS 2013:1 är det enligt god branschpraxis denna standard som gäller om än den ej är juridiskt bindande.

  De nivåer som inkluderas här refereras till och jämförs med i stor utsträckning i detta projekt.

- EN 61000-4-30: Testing and measurement techniques – Power quality measurement methods

  Standard för mätmetodik för elkvalitet [11].

[3] arbetsgrupp 1, Physical characteristics of electrical energy, i den tekniska kommittén CENELEC TC 8X, System aspects for electrical energy supply.

[4] Enligt Google Scholar är det över 3000 artiklar som refererar till EN 50160 sedan 2017.

Denna standard anger inga gränser utan främst definitioner, osäkerheter och mätintervall för olika elkvalitetsparametrar.

Standraden är relevant och beaktad inom detta projekt genom att den definierar hur spänningskvalitetsparametrarna i EIFS 2013:1 ska mätas vilket skapar förutsättningar för en rättvis jämförelse och bedömning.

- 6th CEER benchmarking report on the quality of electricity and gas supply (Chapter 3)

  I denna rapport gör CEER (Council of European Energy Regulators), en jämförelse mellan hur 27 olika Europeiska länders regelverk skiljer sig mot EN 50160 [6].

  Denna rapport anses väldigt relevant för detta projekt och jämförelserna refereras till i stor utsträckning.

- Elkvalitetsarbete i Sverige 2019 (Energiforskrapport 2019:633)

  Energiforskrapport som bland annat presenterar intervjuer som utförts inom ett Energiforskprojekt om elkvalitetsarbete i Sverige.

  Information från denna rapport ansågs inte tillföra något ytterligare och användes inte i projektet.

- Kapacitetsutmaningen i elnäten [19]

  Rapport över Energimarknadsinspektionens regeringsuppdrag för kapacitetsbrist.

  Denna rapport studerades med avseende att identifiera eventuell påverkan på EIFS 2013:1´s kravställning på spänningskvalitet från de villkorade avtal som finns med i rapporten. Detta beskrivs i kapitel 5.

Utöver dessa dokument vilka omnämndes i anbudet har även ytterligare dokument studerats och i olika mån bidragit och refererats till under projektet exempelvis Cireds rapport: Power quality and emc issues with future electricity networks [4] och en artikel av bl.a. Math Bollen och Sara Rönnberg vilken publicerades på CIREDs 25:e internationella konferens om eldistribution: Typical harmonic levels and spectra with low-voltage customers [7].

I omvärldsbevakningen har vi även valt att titta på regelverk för några utvalda länder utanför EU: vårt grannland Norge [12], Storbritannien [13], [14], [15] och Nya Zeeland. Norge valdes då det är ett annat nordiskt land med liknande förutsättningar som Sverige. Storbritannien är intressant då britterna var mycket tidiga med att ta med kvalitet i regelverket (dock främst avbrott) samt att de refererar främst till IEC 61000. Nya Zeeland är erkänt duktiga vad det gäller arbete med elkvalitetsstandarder, har gjort intressant och ledande forskning vad gäller övertoner och flimmer samt att de kan anses relativt oberoende av vad som händer i Europa. Ett exempel från Brasilien inkluderas relaterat till deras angreppssätt gällande kortvariga spänningsändringar.

3.1 Långsamma spänningsändringar

Specifikationen i EN 50160 för långsamma spänningsändringar är under normala omständigheter enligt Tabell 3:

Tabell 3 Specifikationer i EN 50160 gällande långsamma spänningsändringar

Typ av nät	Kvalitetsparameter	Andelskrav	Gräns
lågspänningsnät (< 1 kV)	antalet 10-minuters medelvärden av effektivvärdet hos matningsspänningen under en vecka	95 %	± 10 %
		100 %	+10 % / -15 %
mellanspänning (1 kV ≤ Un < 36 kV)		99 %	± 10 %
		100 %	± 15 %
högspänning (36 kV ≤ Un < 150 kV)		hänvisar till enskilda avtal	

CEER gjorde 2016 en jämförelse mellan 27 europeiska länders elkvalitetskrav [6]. Figur 7 redovisar hur länderna avviker från EN 50160:s specifikationer för långsamma spänningsändringar.

VOLTAGE QUALITY REGULATION DIFFERING FROM EN 50160 – SUPPLY VOLTAGE VARIATIONS

Voltage disturbances	Indicator	Integration period	Time	Limit	Country (voltage level)
Supply voltage variations	r.m.s. voltage	1 min	100%	±10% of U_N	SE (HV, MV, LV)
	r.m.s. voltage	1 min	100%	+10% / -6% of U_N	GB (LV)
	r.m.s. voltage	1 min	100%	±10% of U_N	NO (LV)
	r.m.s. voltage	10 min	100%	±5% of U_N	FR (MV) MT (MV) [11 kV]
	r.m.s. voltage	10 min	100%	±6% of U_N	MT (HV), GB (HV, MV)
	r.m.s. voltage	10 min	100%	+9% / -5% of U_N	IE (MV)
	r.m.s. voltage	10 min	100%	+5% / -10% of U_N	MT (MV) [3 kV]
	r.m.s. voltage	10 min	100%	±10% of U_N	FR (LV), MT (LV) GB (EHV)
	r.m.s. voltage	10 min	100%	+13.16% / -8.42% of U_N	IE (HV)
	r.m.s. voltage	10 min	100%	+10% / -15% of U_N	NL (MV, LV)
	r.m.s. voltage	10 min	99.9%	±10% of U_N	NL (EHV, HV)
	r.m.s. voltage	10 min	95%	±5% of U_N	PT (EHV)
	r.m.s. voltage	10 min	95%	±10% of U_N	NL (MV, LV)

(1): EHV is not covered by the EN 50160: 2010.
(2): For HV no supply voltage variations limits are given by the EN 50160: 2010.
(3): The measurement period for all the above requirements is 1 week.

Figur 7 Avvikelser från EN 50160:s specifikationer för långsamma spänningsändringar

Värt att notera är att Sverige, liksom många andra länder, valt att kravställa att gränserna, för tiominutersmedelvärden, ska hållas för 100 % av tiden. (Integreringstiden står i tabellen felaktigt som 1 minut för Sverige.) I Nya Zeeland tillämpas ±6 % av nominell spänning för anslutningar på lågspänning (fasspänning 230 V) och mellanspänning [5].

3.2 Spänningsövertoner

Specifikationen i EN 50160 för spänningsövertoner är under normala omständigheter enligt Tabell 4:

Tabell 4 Specifikationer i EN 50160 gällande spänningsövertoner

Kvalitetsparameter	Typ av nät	Andelskrav	Gräns
Antalet 10-minuters medelvärden av effektivvärdet för varje enskild överton av matningsspänningen under en vecka	Lågspänningsnät (< 1 kV)	95 %	Undre gränser angivna i tabell
		100 %	8 % THD
	Mellanspänning (1 kV ≤ Un < 36 kV)	95 %	Undre gränser angivna i tabell
		100 %	8 % THD
	Högspänning (36 kV ≤ Un < 150 kV)	95 %	Undre gränser angivna i tabell
			Gränser för THD är under övervägande

För Sverige gäller att 100 % av alla övertoners 10-minutersmedelvärden av effektivvärdet hos matningsspänningen ska understiga värdena i presenterad tabell jämfört med 95 % som anges i EN 50160.

EN 50160 har tabeller för tre brytspänningar Un ≤ 1 kV, 1 kV < Un ≤ 36 kV, 36 kV < Un < 150 kV medan EIFS 2013:1 endast har en brytspänning vid 36 kV. EIFS 2013:1 har ett värde för den 21:a övertonen på 0,5 %. Detta stämmer med värdet för mellanspänning i EN 50160 men är något lägre än värdet 0,75 % som i EN 50160 anges för lågspänning. För referensspänningar över 36 kV anger EIFS2013:1 värden för 17:e, 19:e, 23:e och 25:e övertonen, vilket inte EN 50160 gör.

Figur 8 visar CEERs jämförelse av länders avvikelse mot EN 50160:s specifikationer för övertoner.

Voltage disturbances	Indicator	Integration period	Time	Limit	Country (voltage level)
Harmonic voltage	THD	-	-	≤ 1.5%	MT (MV) [33 kV]
	THD	-	-	≤ 2%	MT (MV) [11 kV]
	THD	-	-	≤ 2.5%	MT (LV)
	THD	10 min	100%	≤ 8%, 0,23 ≤ U ≤ 35 kV	NO (EHV, HV, MV, LV)
				≤ 3%, 35 ≤ U ≤ 245 kV	
				< 2%, U > 245 kV	
	THD	10 min	99.9%	≤ 6%	NL (EHV)
	THD	10 min	99.9%	≤ 7%	NL (HV)
	THD	10 min	99.9%	≤ 12%	NL (MV)
	THD	10 min	95%	≤ 4%	PT (EHV)
	THD	10 min	95%	≤ 5%	NL (EHV)
	THD	10 min	95%	≤ 6%	NL (HV)
	THD	10 min	95%	≤ 8%	NL (MV)
	THD	1 week	100%	≤ 5%	NO (MV, LV)
	Individual	10 min	100%	Table	NO (HV, MV, LV)
	Individual	10 min	100%	Table (as in EN 50160)	SE (HV, MV, LV)
	Individual	10 min	95%	Table	PT (EHV)

(1): The measurement period for all the above requirements is 1 week.

Figur 8 Avvikelser från EN 50160:s specifikationer för övertoner

Som ses i tabellen har Norge hårdare krav gällande THD för mellanspänningsnät, där THD ska ligga på nivåer under 3 % och högspänningsnät där THD ska ligga på nivåer under 2 %. Norge anger nivåer för högre spänningar (< 245 kV) både gällande THD och individuella övertoner.

Gällande krav på individuella övertoner ställer Norge krav om max 1 % för övertoner > 25:e multipeln för spänningar under 35 kV, övriga gränser ligger på samma nivåer som de svenska. Sverige har inga krav för övertoner > 25:e multipeln p.g.a. att dessa vanligtvis är små och i stor utsträckning oförutsägbara till följd av resonansfenomen. För högre spänning (35 kV < Un ≤ 245 kV) är gränserna snävare eller lika för alla övertoner utom 9:e där gränsen är aningen högre (1,5 % jämfört med 1,3 %).

Odde harmoniske				*Like harmoniske*	
Ikke multiplum av 3		*Multiplum av 3*			
Orden h	**U_h**	**Orden h**	**U_h**	**Orden h**	**U_h**
5	3,0%	3	3,0%	2	1,5%
7, 11	2,5%	9	1,5%	4	1,0%
13, 17	2,0%	15, 21	0,5%	6	0,5%
19, 23	1,5%	>21	0,3%	>6	0,3%
25	1,0%				
>25	0,5%				

Figur 9 Gränser för övertoner för högre spänningar (35 kV < Un ⩽ 245 kV) från det norska regelverket [12]

Nya Zeeland har något generösare gränser gällande udda övertoner som är multiplar av 3 för låg- och mellanspänning.

Odd harmonics non-multiple of 3		Odd harmonics multiple of 3		Even harmonics	
Order h	Harmonic Voltage %	Order h	Harmonic Voltage %	Order h	Harmonic Voltage %
5	6	3	5	2	2
7	5	9	3.0	4	1
11	3.5	15	2.0	6	0.5
13	3	21	1.5	8	0.5
17≤ h ≤49	2.27x(17/h)-0.27	21< h ≤45	1.5	10≤ h ≤50	0.25x(10/h)+0.25
Note: Total Harmonic Distortion (THD): 8%					

Figur 10 Kompatibilitetsnivåer gällande övertoner för låg- och mellanspänning från det Nya zeeländska regelverket [5].

3.3 Spänningsosymmetri

Specifikationen i EN 50160 för spänningsosymmetri är under normala omständigheter enligt Tabell 5:

Tabell 5 Specifikationer i EN 50160 gällande spänningsosymmetri.

Typ av nät	Kvalitetsparameter	Andelskrav	Gräns
Lågspänningsnät, mellanspänningsnät, högspänningsnät (Un < 150 kV)	antalet 10-minuters medelvärden av effektivvärdet av matningsspänningens minusföljdskomponent (grundton) i förhållande till dess plusföljdskomponent (grundton) under en vecka	100 %	inom 0 % till 2 %

Figur 11 beskriver hur länders regelverk skiljer sig mot EN 50160.

VOLTAGE QUALITY REGULATION DIFFERING FROM EN 50160 – OTHER VARIATIONS					
Voltage disturbances	**Indicator**	**Integration period**	**Time**	**Limit**	**Country (voltage level)**
Voltage unbalance	V_{un}	10 min	100%	≤ 2%	NO (EHV, HV, MV, LV), SE (HV, MV, LV)
	V_{un}	10 min	100%	≤ 3%	NL (MV, LV)
	V_{un}	10 min	99.9%	≤ 1%	NL (EHV, HV)
	V_{un}	10 min	95%	≤ 2%	NL (MV, LV), PT (EHV)
	V_{un}	-	-	≤ 1.3%	MT (LV)

Figur 11 Avvikelser från EN 50160:s specifikationer för spänningsosymmetri

I Storbritannien är den maximalt tillåtna obalansen 2 % utvärderad över 1 minut [14].

I Nya Zeeland är kravet att rimliga åtgärder ska göras för att hålla en nivå där spänningsosymmetrin ligger under 1 % och för att se till att tillfälliga osymmetrier är maximalt 2 % i alla delar av nätet [5].

3.4 Kortvarig spänningssänkning och spänningshöjning

I EN 50160 nämns inga specifika gränser för kortvariga spänningssänkningar eller höjningar. En tabell för hur störningarna kan kategoriseras vid insamling av statistik finns inkluderad.

I CEERs jämförelse ser man att det är Sverige och Malta som angett avvikelser.

VOLTAGE QUALITY REGULATION DIFFERING FROM EN 50160 – EVENTS					
Voltage disturbances	**Indicator**	**Integration period**	**Time**	**Limit**	**Country (voltage level)**
Voltage dips	The dip-table is divided in the 3 areas A, B and C. Dips with a duration and severity that puts them in area A is regarded a normal part of the operation of the network. Dips within area B need to be investigated and dips in area C are not allowed. The borders between the areas are slightly different for voltages above and below 45 kV. (see case study in the 5th Benchmarking Report).				SE (HV, MV, LV)
	A sudden reduction of the voltage to a value between 90% and 1% of the declared voltage followed by a voltage recovery after a short period of time.				MT (MV, LV)
Voltage swells	The swell-table is divided in the 3 areas A, B and C. Swells with a duration and severity that puts them in area A is regarded a normal part of the operation of the network. Swells within area B need to be investigated and swells in area C are not allowed. (see case study in the 5th Benchmarking Report).				SE (HV, MV, LV)

Figur 12 Avvikelser från EN 50160:s specifikationer för kortvariga spänningsändringar

Märk att i EIFS 2013:1 beskrivs ett avbrott som ett tillstånd då uttags-, gräns- eller inmatningspunkten är elektriskt frånkopplad i en eller flera faser, vilket resulterar i en spänning nära eller lika med 0 vilket i praktiken innebär att varaktigheten är längre än 100 ms vid oplanerade händelser. I EN 50160 definieras ett spänningsavbrott som ett tillstånd under vilket spänningen i anslutningspunkten är lägre än 5 % av referensspänningen, ingen minsta varaktighet angiven. För system med flera faser uppträder ett avbrott när spänningen faller under 5 % av referensspänningen på alla faserna (i övriga fall betraktas det som

en kortvarig spänningssänkning). Detsamma gäller för den norska föreskriften. I den Nya Zeeländska föreskriften anges att en händelse klassificeras som ett avbrott om den kvarvarande spänningen är väldigt låg (< 10 % IEEE eller < 1 % IEC).

Den Norska föreskriften [12] definierar en kortvarig spänningssänkning som en snabb reduktion av spänningens effektivvärde till under 90 %, men större än 5 % av avtalad spänningsnivå med en varaktighet från 10 ms till 60 s. D.v.s. samma varaktighet och övre nivå som specificeras i EIFS 2013:1, men med skillnaden att spänningar under 5 % av avtalad spänningsnivå inte inkluderas.

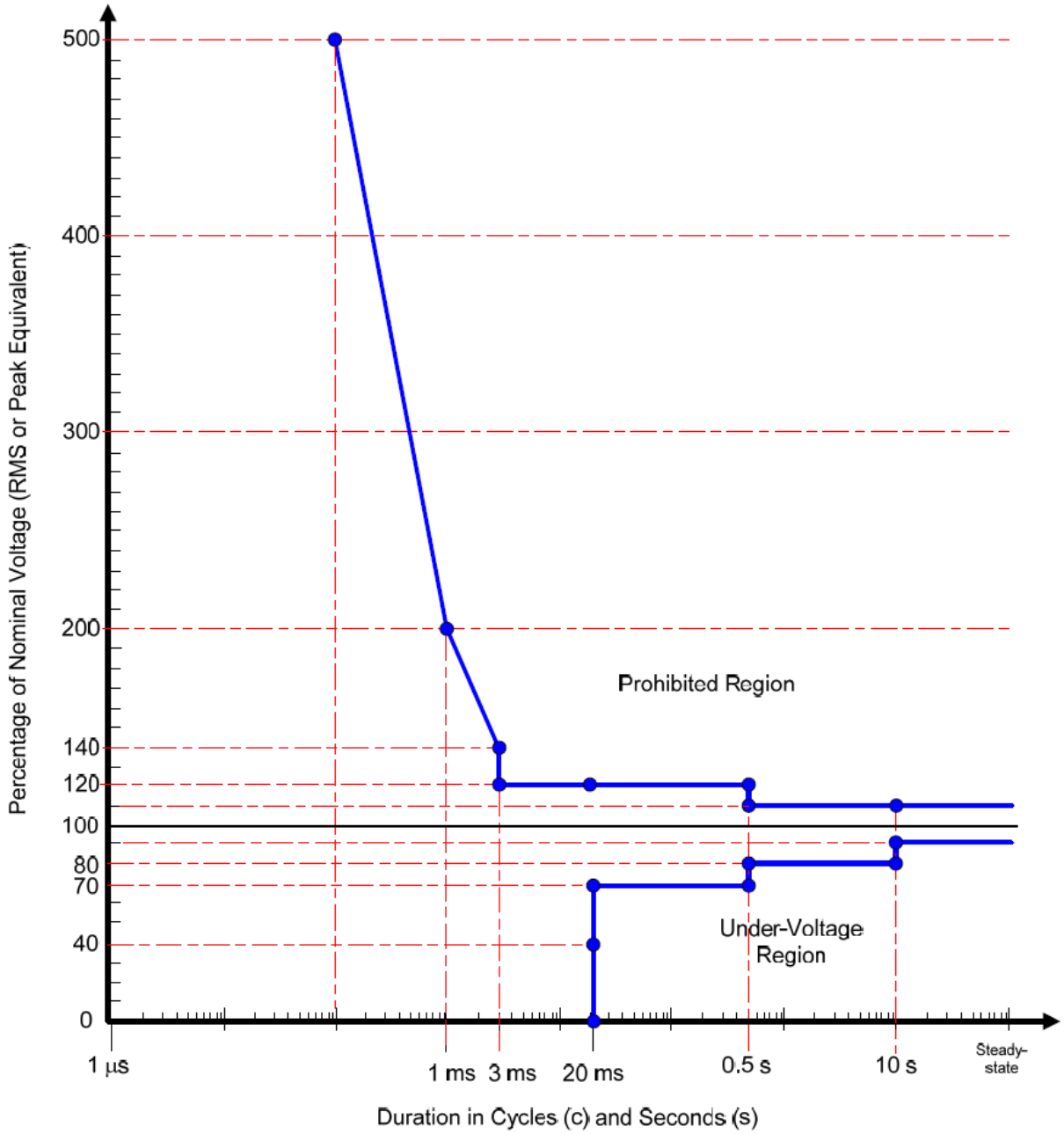
Inga gränser för kortvariga spänningssänkningar som orsakats av fel anges i Storbritanniens regelverk [13] utan de diskuterar endast snabba spänningsändringar vilka sträcker sig som lägst ner till -12 % jämfört med nominell spänning (se Tabell 6). I deras Distribution Code [16] påpekas att de detaljer om spänningsvariationer och störningar som beskrivs i EN 50160 ska has i åtanke då utrustning som ska installeras eller kopplas till systemet väljs.

Nya Zeeland använder sig av en kurva som visar datautrustningsimmunitet mot spänningsdippar och spänningshöjningar då det finns begränsat med internationellt accepterade gränser gällande immunitet mot kortvariga spänningsändringar för annan utrustning. Elkvalitetsguiden presenterar dessa immunitetsnivåer, samt planeringsnivåer, men inga kompatibilitetskrav. Det är värt att notera att för händelser som varar under 20[5] ms är immunitetsgränsen en spänning på 0 % av nominell spänning (planeringsnivån 10 %).

Duration of Event	Deviation from Nominal		Retained Voltage	
	Immunity (ITIC Curve)	Planning Level	Immunity (ITIC Curve)	Planning Level
< 2 ms	100%	90%	0%	10%
20 ms to 0.5 s	30%	27%	70%	73%
0.5-10 s	20 %	18%	80%	82%
> 10 s	10%	9%	90%	91%

Figur 13 Immunitetsnivåer och planeringsnivåer för kortvariga spänningssänkningar från den Nya zeeländska elkvalitetsguiden.

[5] I tabellen vilken visas i Figur 13 står 2 ms vilket troligtvis är fel då nästa rad börjar på 20 ms och det även är detta värde som visas i Figur 14

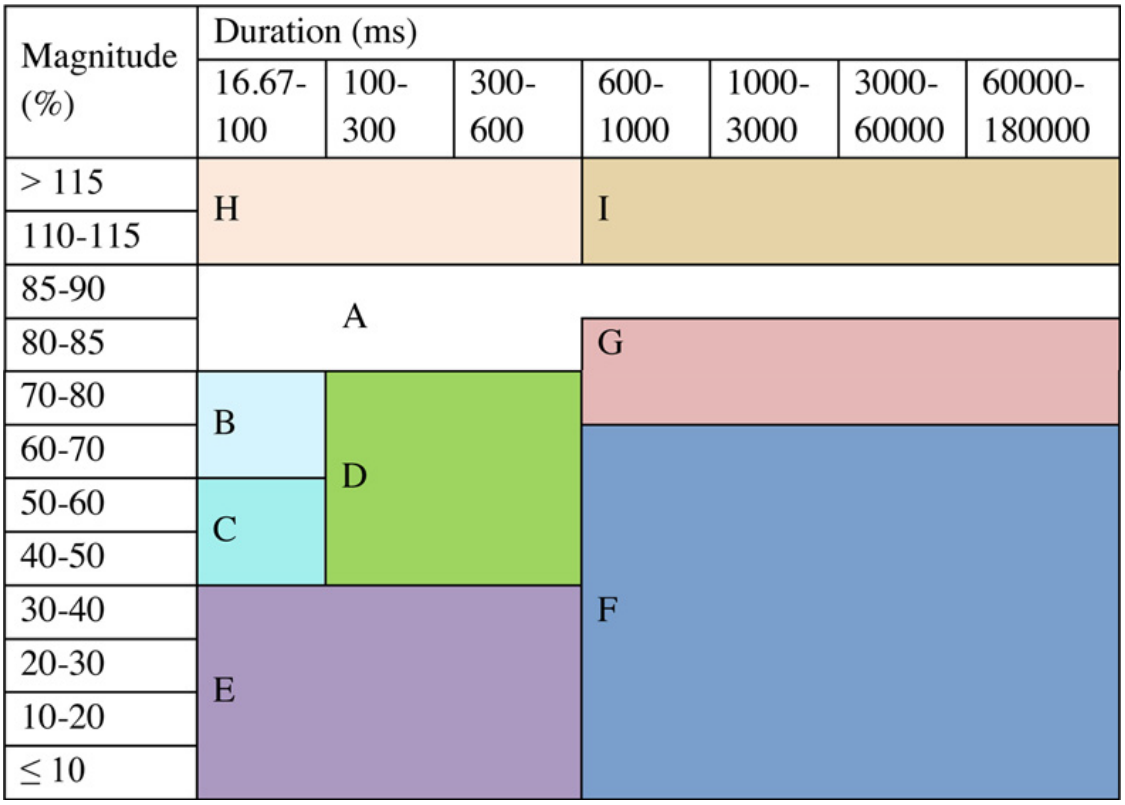


Figur 14 Kurva från den Nya zeeländska elkvalitetsguiden som visar datautrustnings immunitet mot spänningsdippar och spänningshöjningar [5].

Brasiliens regulator ANEEL har i sin senaste utgåva av deras elkvalitetsguide [17] beslutat att bedömningen av kortvariga spänningsändringar i en anslutningspunkt mellan 1 och 230 kV ska göras baserat på en påverkansfaktor.

Antalet händelser som uppmätts under en månad klassificeras enligt bestämda känslighetsområden, vilka visas i Figur 15. De händelser som hamnar inom samma känslighetsområde viktas där viktningsfaktorernas värde är satta efter hur stor påverkan denna typ av händelse får på driften av laster. Slutligen "normeras" en påverkansfaktor med en bas-påverkansfaktor som är beroende på punktens spänningsnivå. Bas-påverkansfaktorn definierades genom att titta på hur många händelser inom de olika känslighetsområdena som inträffade per spänningsnivå för ett referensfall.

I nuläget är inga faktiska gränser satta, men det verkar tänkt att bli gränser i framtiden.



Figur 15 Känslighetsområden för kortvariga spänningsändringar från Brasiliens elkvalitetsguide [17].

3.5 Snabb spänningsändring

Snabba spänningsändringar definieras som spänningsändringar som helt ligger inom 90 – 110 % av referensspänningen. Nivåkriterierna är 3 % stationärt och 5 % ”momentant”

Inga gränser specificeras i EN 50160 för individuella snabba spänningsändringar.

VOLTAGE QUALITY REGULATION DIFFERING FROM EN 50160 – EVENTS					
Voltage disturbances	Indicator	Integration period	Time	Limit	Country (voltage level)
Single rapid voltage change	Number of voltage changes per 24 hours			$\Delta U_{steady\ state} \geq 3\%$:	NO (HV, MV, LV)
				≤ 24 0.23 ≤ U ≤ 35 kV	
				≤ 12 35 kV < U	
				$\Delta U_{max} \geq 5\%$:	
				≤ 24 0.23 ≤ U ≤ 35 kV	
				≤ 12 35 kV < U	

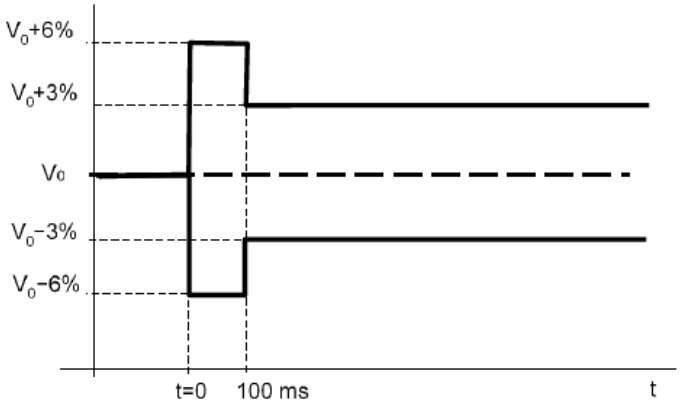
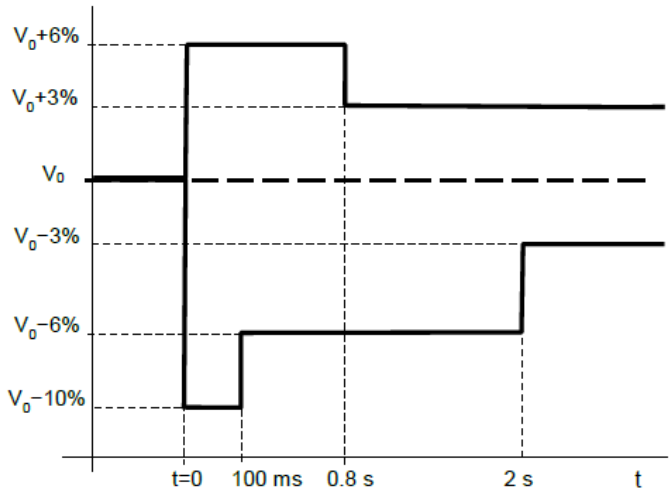
Figur 16 Avvikelser från EN 50160:s specifikationer för snabba spänningsändringar.

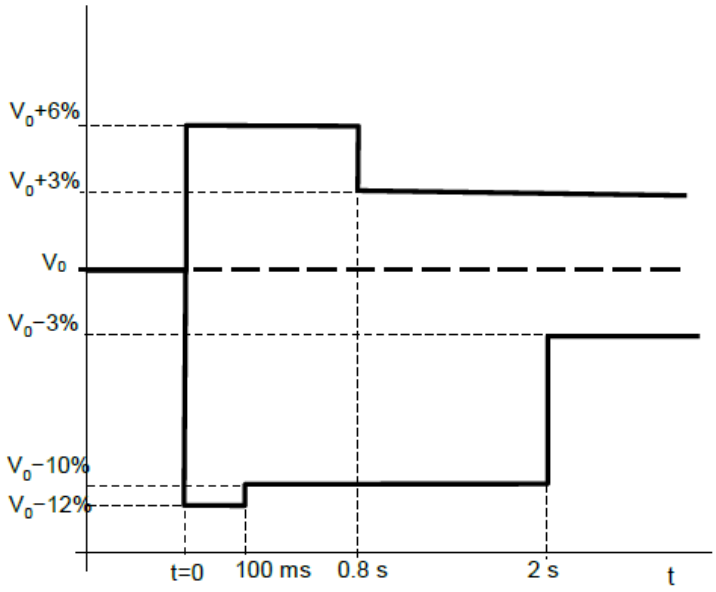
I Sverige ger vi en gräns för maximalt antal snabba spänningsändringar per dygn där nät med en referensspänning under 45 kV får ha max 24 stycken spänningsändringar där den stationära skillnaden är max 3 % och max 24 stycken spänningsändringar där den maximala skillnaden är max 5 %. Nät med

en referensspänning över 45 kV får ha max 12 stycken spänningsändringar där den stationära skillnaden är max 3 % och max 24 stycken spänningsändringar där den maximala skillnaden är max 5 %.

I Storbritannien [13] är tillåtna nivåer olika beroende på hur ofta händelserna inträffar vilket illustreras i Tabell 6.

Tabell 6 Gränser för snabba spänningsändringar enligt Storbritanniens regelverk [13]

Händelsefrekvens		**Gräns**
ofta	Ingen kvantitativ angivelse	 **Figure 5 — Voltage characteristic for frequent events** Hanteras som flimmer
Mer sällan	4 händelser per kalendermånad (max en händelse per dag bestående av upp till 4 RVC separerade med minst 10 minuter alla 4 inom 2 timmar)	 **Figure 6 — Voltage characteristic for infrequent events**

Väldigt sällan	1 händelse per 3 månader	 **Figure 7 — Voltage characteristic for very infrequent events**[15]

I det norska regelverket [12] anges gränserna för snabba spänningsändringar tillsammans med kortvariga spänningssänkningar och spänningshöjningar. Begränsningen är på samma sätt som i den svenska föreskriften ett maximalt antal händelser över gränserna. En skillnad är att Sverige räknar maxantal per dygn och Norge maxantal per en flytande 24-timmarsperiod. Norges brytspänning är 35 kV. Intressant att notera är att händelser som orsakas av jordfel eller kortslutningar i nätet, inkopplingar av transformatorer, återinkopplingar efter fel eller driftomläggningar som utförts för att upprätthålla en bra elförsörjning för systemet som helhet inte räknas med i de gränsvärden som anges.

De Nya Zeeländska kraven gällande snabba spänningsändringar är att de under normala omständigheter ska begränsas till 3 %. Ändringar större än 3 % är tillåtet för händelser som inträffar sällan.

För kopplingstransienter är gränserna satta för toppvärdet och nivån relaterad till hur långvarig händelsen är:

Peak as percentage of normal steady-state crest voltage	Duration of event
200	< 1 ms
140	1 to 3 ms
120	3 ms to 0.5 s
110	> 0.5 s

Figur 17 Rekommenderade för kopplingstransienter från den Nya zeeländska elkvalitetsguiden [5].

3.6 Tänkbara nya spänningskvalitetsparametrar

Man kan tänka sig att komplettera nuvarande spänningskvalitetsparametrar med krav som gäller flimmernivå, mellantoner, supratoner, respektive signalfrekvenser i elnät för allmän distribution.

3.6.1 Flimmer

EN 50160 specificerar en maxnivå för flimmer i form av att under normala driftförhållanden bör, under varje tidsperiod av en vecka, långtidsvärdet Plt för flimmer orsakat av spänningsvariationer högst vara 1 under 95 % av tiden. Det anges att vid klagomål i mellan- eller högspänningsnät bör gränser sättas så att Plt i lågspänningsnätet blir maximalt 1.

VOLTAGE QUALITY REGULATION DIFFERING FROM EN 50160 – OTHER VARIATIONS					
Voltage disturbances	**Indicator**	**Integration period**	**Time**	**Limit**	**Country (voltage level)**
Flicker	Pl_t	-	100%	≤ 0.5	MT (MV, LV)
	P_{lt}	-	100%	≤ 0.8	NO (EHV, HV)
	P_{lt}	-	100%	≤ 1	NO (MV, LV), PT (EHV)
		-	100%	≤ 5	NL (EHV, HV)
	P_{lt}	-	95%	≤ 1	NL (EHV, HV)
		-	100%	≤ 0.7	MT (MV, LV)
	P_{st}	-	100%	≤ 1	PT (EHV)
	P_{st}	-	95%	≤ 1	NO (EHV, HV)
	P_{st}	-	95%	≤ 1.2	NO (MV, LV)

Figur 18 Avvikelser från EN 50160:s specifikationer för flimmer

I Storbritannien [13] är gränsvärdena för långvarigt flimmer (Plt) 0,8 för lågspänningsnät (50 V < Un ≤ 1 kV) och 1,0 för kortvarigt (Pst). Inga gränsvärden är för närvarande givna för högre spänningsnivåer.

Norge har, som anges i tabellen ovan, gränsvärden både för kortvariga och långvariga flimmernivåer. Gränserna för de långvariga nivåerna gäller 100 % av tiden och för de kortvariga gäller de 95 % av en vecka.

Nya Zeeland har inkluderat flimmergränser för låg och mellanspänning: P_{st}: 1.0 och P_{lt}: 0.8

I Cigres/CIREDs rapport [4] om elkvalitetsfrågor relaterade till framtida elsystem skriver de att de tycker att det är oklart om Pst fortfarande ska behållas som en spänningskvalitetsparameter.

3.6.2 Mellantoner

EN 50160 nämner även mellantoner för låg- och mellanspänningsnät då dessa nivåer ökar. Det anges att nivåer är under övervägande i avvaktan på mer erfarenhet.

Det norska regelverket nämner mellantoner och anger att myndigheten för reglering kan fastställa gränser för detta. Inga gränser är dock angivna.

Nya Zeeland har inkluderat mellantoner i sin kvalitetsguide [5] se Figur 19.

Interharmonic and High Frequency Limits

Frequency	Applied to		Reference Level (%V_1)
0 – 100 Hz	Interharmonics	Discrete frequency	0.2%
Ripple frequency		Discrete frequency	0.1%
100 Hz to 2.5 kHz	Interharmonics	Discrete frequency	0.5%
2.5 to 9 kHz	Harmonics/interharmonics	Discrete frequency	0.2%
2.5 to 9 kHz	n/a	Band of frequencies	0.3%
9 to 150 kHz	Harmonics/interharmonics		0.2%
9 to 150 kHz	n/a	Band of frequencies	0.3%

Figur 19 Gränser för mellantoner från den nya zeeländska elkvalitetsguiden [5]

3.6.3 Supratoner

Modern transistorbaserad kraftelektronik arbetar med höga switchfrekvenser, vilket innebär att amplituden för övertoner av lägre ordningar går ned, medan amplituden för övertoner av högre ordningar går upp. Det kan vara värt att ta höjd för en föreskriftsstruktur som medger framtida gränsvärden också för övertoner över 2500 Hz.

3.6.4 Signalering på elnätet

Signalering på elnätet omnämns i EN 50160 med gränsvärden för låg- och mellanspänning.

Det norska regelverket nämner signalering på elnätet och anger att myndigheten för reglering kan fastställa gränser för detta. Inga gränser är dock angivna.

4 SYNPUNKTER FRÅN BRANSCHEN

DNV GL har sett det som en viktig del av uppdraget att försöka beskriva hur nätkoncessionsinnehavare påverkas av föreskriften och dess utformning. De synpunkter som framförts finns sammanställda i detta kapitel och ska ses som en bakgrund till varför vissa ändringar i föreskriften kan anses motiverade. **Notera att innehållet speglar det som uttryckts av branschrepresentanterna vilket nödvändigtvis inte stämmer överens med DNV GL:s eller Energimarknadsinspektionens uppfattning.**

DNV GL har sökt input från branschen via:

- Energimarknadsinspektionens referensgrupp för det övergripande projektet, vilken består av ca 25 personer från olika sektorer som elnätsföretag; branschorganisationer som exempelvis Svensk solenergi, Svensk vindenergi och Svenskt näringsliv; elproducenter och industrirepresentanter
- Extra utskick till kontaktpersoner inom industrin, sjukvården, produktionsbolag, samt tillverkare av elkvalitetsmätare
- Notis om möjlighet att ge synpunkter i Power Circle Nyhetssammanfattning, v 45
- Notis om möjlighet att ge synpunkter via Linkedin-gruppen Elnät i Sverige [18]
- Notis om möjlighet att ge synpunkter via det internationella forumet Powerglobe

Främst har möjligheten att ge synpunkter getts via ett antal frågor som distribuerats, men information har även inhämtats från ett referensgruppsmöte för Energimarknadsinspektionens övergripande projekt [19], samt några ytterligare möten med olika representanter.

Svaren på det utskickade frågeunderlaget finns sammanställda i Tabell 9. Ytterligare synpunkter är inkluderade i APPENDIX A samt sammanfattade i föreliggande kapitel.

4.1 Allmänna synpunkter

Redovisningen i föreliggande kapitel följer i allt väsentligt strukturen i föreskriften. Dock har en del allmänna synpunkter kommit in, som är svårare att sortera in under paragraferna i EIFS 2013:1 kapitel 7. Dessa synpunkter redovisas nedan i punktform.

- Något som ofta kommer upp är avsaknad av tydlighet, exempelvis att föreskriftens relation till standarden EN 50160 behöver förtydligas.
- Det påpekades att det inte är entydigt hur referensspänningen ska väljas, vilket ju har stor påverkan på kravuppfyllnaden.
- Det framkom en synpunkt om att Energimarknadsinspektionen helt borde peka på gällande standarder på samma sätt som Elsäkerhetsverket gör.
- Vikten av bra och väl underbyggda gränsvärden lyfts fram tillsammans med svårigheten vid elkvalitetsproblem där gränsvärden saknas, exempelvis transienter och supratoner.
- Positiva synpunkter är exempelvis att det är bra att föreskriften pekar på SS-EN 61000-4-30 så att det är tydligt hur storheterna som bedöms skall mätas.
- Elnätsföretagen önskar leverera en god elkvalitet till sina kunder, men de upplever att dagens föreskrift ställer krav som de ej har möjlighet att uppfylla på vissa områden, vilket försvårar i

deras dialog med kund. Då Energimarknadsinspektionens ambition med föreskriften är att uppmuntra till dialog och förklara ansvarsbilden kan vissa bitar behöva förtydligas.

- En branschrepresentant uttrycker sig som: *Överföringen ska enligt ellagen vara av god kvalitet. Brister ska enligt ellagen åtgärdas, om det är rimligt. Överföringen av el är god om den uppfyller krav enligt föreskriften. Överföringen av el är bristande om olägenheter uppstår i samband med att god elkvalitet inte uppfylls. Brister ska åtgärdas om det är rimligt i relation till olägenheter. Föreskriften bör därför fokusera på och vara tydligt om vad som är god elkvalitet. För att behålla denna tydlighet bör uttryck om rimliga åtgärder i relation till olägenheter uttryckas separat.*
- Flera elnätsföretag lyfter även fram att det från ett samhällsperspektiv ofta är bättre att försöka hitta lösningar i den industriella processen än att lägga pengar i det befintliga nätet. Att få bra lösningar redan vid nybyggnation är mest ekonomiskt varför det är viktigt med rätt bild av förutsättningarna vid dimensionering. Här kan en tydlig föreskrift bidra.
- En representant från industrin uttrycker att *industrin anser att nätägarna måste säkerställa förutsättningar för etablerad tung industri att vara verksam, d.v.s. kunna erbjuda ett starkt och robust elnät med tillräcklig kortslutningseffekt*.

4.2 Långsamma spänningsändringar

Gällande långsamma spänningsändringar anser ett elnätsföretag att tröskelvärdet för långsamma spänningsvariationer på lågspänning skulle kunna korrigeras för att ta hänsyn till nya apparater, t.ex. LED-belysning som ofta inte klarar av att drivas på inkommande spänning under 210-215 V vilket är högre än den lägsta spänningsnivå som idag tillåts (207 V vilket motsvarar 90% av 230 V).

Några elnätsföretag uttrycker oro över påverkan från den ökande mängden produktion på lägre spänningsnivåer.

4.3 Spänningsövertoner

Vikten av gränsvärden för övertoner understryks från en elkraftsproducent. Idag upplever de normalt inget allvarligt problem relaterat till övertoner, *men det kan uppkomma i lokala fall och då oftast i samband med resonansförstärkning med kondensatorbatterier. Vid höga övertonsnivåer behöver märkdata för apparater som transformatorer, motorer och generatorer reduceras för att undvika exempelvis överhettning.*

En konsult som jobbar med elkvalitetsmätningar åt industrier och elnätsföretag belyser även han att *höga halter av övertoner kan leda till problem i kundanläggningar p.g.a. t.ex. serieresonanser med tanke på att det finns kondensatorer i nästan alla omvandlare och belysning.* Han anser därför att gränsen för THD för spänningar upp till 150 kV är alldeles för generös.

Önskemål om lägre gränser för tillåten THD för spänning för högre spänningsnivåer uttrycks även av ett elnätsföretag som ser att det är problematiskt att leva upp till krav på samma nivå i underliggande nät som nivån överliggande nät tillåts innehålla.

Ett elnätsföretag påpekade att det i IEC 60076-1 om krafttransformatorer står att de ska klara THD max 5 % och där jämna toner får vara max 1 %, varför de menar att de 8 % som det står i föreskriften inte är tillämpbart.

En person uttryckte en oro över att det inte finns en tydlig differentiering mellan planeringsnivåer och krav, samt önskade beskrivningar om hur befintliga bakgrundsövertoner ska hanteras. Även önskan om krav på nivåer av strömövertoner uttrycktes.

Personen påpekade även att det i många länder med en ökad mängd shuntutrustning och långa kablar observerats hur systemresonansen kontinuerligt skiftar varför regulatorn behöver anpassa planeringsnivåerna.

4.4 Spänningsosymmetri

Även vikten av bra gränser för osymmetri understryks från en elkraftsproducent. *Redan en osymmetri på 2 % medför att maximalt uttagbar effekt från en asynkronmotor, pga. ökade tillsatsförluster i rotorn, reduceras till ca 95 %.*

En ökad nivå av obalans skapar mekaniskt slitage vilket bl.a. leder till ökade kostnader p.g.a. ökat behov av underhåll. Vid högre osymmetri krävs omdimensionering av asynkronmotorer vilket påverkar hela hjälpkraftsystem och kan bli mycket omfattande/dyrt.

Ett elnätsföretag förutspår att obalansen i nätet kommer att öka mycket bl.a. genom en ökad mängd enfasansluten laddutrustning för elbilar.

4.5 Kortvarig spänningssänkning och spänningshöjning

Kortvariga spänningsändringar är den spänningskvalitetsparameter vi fått flest synpunkter på.

Kunder som exempelvis sjukhus pekar på att det är detta område som de har störst problem med.

Elnätsföretagen anser att nät med en referensspänning under 45 kV inte har en möjlighet att undvika att hamna i nivå B om de själva måste vara beredda på en kortvarig spänningssänkning som kan gå ända ner till 0 % från överliggande när (med en referensspänning över 45 kV). Och som föreskriften idag är utformad upplever de att det endast står att de är skyldiga att åtgärda dessa händelser om åtgärderna är rimliga i förhållande till olägenheterna för elanvändaren. Denna formulering upplever de orsaka problem i deras kunddialog då kunden tolkar detta som att störningar inom detta området ska byggas bort. Kunden reagerar dipp för dipp, varför tydlighet efterfrågas.

Fel i överliggande nät som resulterar i ett enfasfel innebär för kund att han får 40 – 70 % spänning på två faser och alltså inte att störningen hamnar inom nivå B. Ett två- eller trefasfel i överliggande maskade region/stamnätet slår, vid begränsad mängd produktion i underliggande nät (som kan hålla uppe spänningen vid fel), mer eller mindre rakt igenom ända till vägguttaget. Majoriteten av de fel som inträffar på högre spänningsnivåer är initialt enfasfel p.g.a. åska. Om dessa fel resulterar i ett stumt enfasfel eller en trefasig kortslutning påverkas främst av två faktorer: Ledningens uppbyggnad (jordad regel eller inte) samt övergångsmotståndet till jord.

Som kortvariga spänningsändringar nu regleras bedöms endast max/min-värde samt total varaktighet, vilket enligt ett elnätsföretag inte blir en rättvis bedömning då magnitudens värde under hela störningen påverkar hur allvarlig störningen är.

Elnätsföretagen upplever stundtals att nätkunder kräver åtgärder för alla störningar inom nivå B. Enligt Energimarknadsinspektionen är det tänkt att det ska ske en bedömning för incidenter som faller inom område B. Åtgärder för att förbättra spänningskvaliteten ska utföras om det finns tillräckligt starka skäl att göra det, i förhållande till kostnader och andra olägenheter som är förknippade med åtgärderna. Detta beskrivs i en artikel som utkom i samband med EIFS 2011 [1], men som enligt elnätsföretagen inte blir tydligt som föreskriften är utformad idag.

Ett elnätsföretag understryker även att *det angreppssätt där ansvaret fördelas mellan elnätsföretag och kund* (vilket ligger bakom utformningen av tröskelnivåerna för kortvariga spänningsändringar) *blir orimligt eftersom föreskriften endast avser reglera att överföring av el ska vara av god kvalitet*. De

upplever att indelningen i A, B och C gör nätägarens ansvar mot kund mycket otydligt samt även att ekonomiska argument för att tolka B är mycket otydligt.

Elnätsföretaget anser att *det finns en bakomliggande tanke om att det är antalet spänningssänkningar i varje kategori som ska regleras och därmed driva fram en förbättring, men att föreskriften inte är utformad så*. Elnätsföretaget pekar här på mätningar där ett stort antal kortvariga spänningssänkningar hamnar inom område B där bolaget inte haft möjlighet att påverka flertalet av dem. De störningar inom detta område som de anser att de kan påverka blir inte lika tydliga och incitamentet därmed inte lika tydligt.

Elnätsföretaget anser att det *inte finns förutsättningar för att värdera område B* vilket de upplever mycket problematiskt varför de helst önskar en tydlig gräns mellan god och dålig elkvalitet.

Det har även inkommit synpunkter på att det vore bättre från ett samhällsekonomiskt perspektiv att åtgärda problem som orsakar spänningssänkningar i området A (vilket enligt den källan orsakar de flesta driftstörningar) centralt på nätet istället för att som nu helt lägga det ansvaret på kunden.

Synpunkter gällande att gränsen på 45 kV är olycklig har inkommit från ett elnätsföretag vilka har 40 och 50 kV nät som de gärna vill behandla på samma sätt.

4.6 Snabb spänningsändring

En kommentar gällande individuella snabba spänningsändringar gavs om att kraven i EIFS sänktes gentemot tidigare branschpraxis på 3 % för dygns- och 5 % för mer sällsynta händelser.

En person saknade figurer för att karaktärisera och kvantifiera snabba spänningsändringar.

4.7 Nya förslag

4.7.1 Flimmer

Synpunkter har framkommit från elnätsföretag att flimmer är en relevant spänningskvalitetsparameter som även ingår i EN 50160. Detta är något de kravställer mot sina kunder och där de upplevt att avsaknaden av flimmer i föreskriften ibland lett till frågeställningar.

4.7.2 Supratoner

Svårigheten vid elkvalitetsproblem relaterade till supratoner där gränsvärden saknas har lyfts.

4.7.3 Transienter

Svårigheten vid elkvalitetsproblem relaterade till transienter där gränsvärden saknas har lyfts.

4.7.4 Signalering på elnätet

En person uttryckte att störning från utrustning skulle adderas i form av TIF (Telephone Interference Factor) och IT.

5 MÖJLIGA KONSEKVENSER VID VILLKORADE AVTAL

Detta kapitel redogör för möjliga konsekvenser för kravställning på spänningskvalitet vid användning av så kallade villkorade avtal enligt den utformning som finns formulerad i Energimarknadsinspektionens regeringsuppdrag för kapacitetsbrist [20]. På området ”villkorade avtal” adresserar regeringsuppdraget frågeställningar kring ”att kontraktera kapacitet”, ”åtgärder på förbrukarsidan”, ”flexibilitetsmarknader” och ”prioritetsordning för olika typer av anläggningar”.

Ur Energimarknadsinspektionens rapport saxar vi följande:

Villkorade nyttjandeavtal innebär att kunden godtar att deras rätt att ta ut eller mata in el kan vara begränsad under vissa perioder.

Villkorade anslutningar innebär att erbjuda anslutningar med begränsad nyttjanderätt av elnätet för att undvika eller skjuta upp behovet av elnätsförstärkning.

En frågeställning är om villkorade nyttjandeavtal utgör en tariff eller köp av flexibilitetstjänst.

Om villkorade avtal bedöms vara en tariff måste villkoren för att vara skäliga sannolikt vara förenade med en rabatterad nättariff för överföring.

Om villkorade nyttjandeavtal i stället bedöms utgöra köp av flexibilitetstjänst finns kopplingar till Ren energi-paketets tydliga inriktning mot en energy only-marknad och marknadsbaserad anskaffning av flexibilitetstjänster för att bland annat hantera överbelastningar i elnätet.

Oavsett om villkorade avtal är en tariff eller flexibilitetstjänst är det viktigt att utforma villkoren så att snedvridningen minimeras.

Slutsats:
Vi ser inledningsvis ingen koppling mellan ”möjliga konsekvenser för kravställning på spänningskvalitet” och ”användning av villkorade avtal”, oavsett om dessa villkorade avtal bedöms vara en tariff eller om de bedöms vara köp av flexibilitetstjänst. Styrningen av effekten antas sådan att den inte påverkar spänningskvaliteten så den hamnar utanför tillåtna gränser.

Fortsatt arbete:
Det återstår att säkerställa huruvida kraven på leveranskvalitet (kap. 6) och spänningskvalitet (kap. 7) är att betrakta som dispositiva eller inte. Så länge det inte handlar om avbrott, så innebär flexibiliteten enbart en variation i tiden av maximalt uttagbar effekt (ungefär som att timvis, eller liknande, istället för som nu, för en längre avtalsperiod, avtala om storleken på mätarsäkringen). Maximalt uttagbar effekt bestäms då på vissa villkor och påverkar pris/tariff.

Inledande diskussion:
Vi har svårt att se problemet. Som vi ser det blir det en volymfråga, eller kanske snarare en effektbegränsningsfråga, som inte påverkar spänningskvaliteten (EIFS 2013:1 kap. 7). Effektbegränsningar har vi ju redan idag i form av mätarsäkring och abonnerad effekt.

Det handlar då om två eller flera effektnivåer och sätt/kriterier för att växla mellan dessa, istället för som idag en konstant effektnivå. Dubbeltariff tillämpades på 80-talet och var en ren tidsstyrning av priset. Eftersom det är svårt att från elnätsföretagets sida rent fysiskt begränsa effektuttaget, så får man finna andra lösningar. Närmast till hands ligger böter eller kraftigt höjd avgift vid överskridande, alternativt bortkoppling.

Gällande flexibilitet och möjligheten att avtala bort kvalitet:

Spänningskvaliteten ska inte vara förhandlingsbar.

Volymen/abonnerad effekt är självklart förhandlingsbar och har alltid varit.

- Val av mätarsäkring -> abonnemangsgräns - ganska statisk
- Effekttariff – mer dynamisk
- Enklast är ju tidsvariabel effekttariff,
- Man kan även tänka sig en uttagsgräns som bestäms av andra faktorer, t ex elpris.
- Förändringar av effektgränsen kan ske med varsel av olika typ/framförhållning, etc.
- Förändringar av effektgränsen kan vara begränsade till förutbestämda värden, eller till värden som bestäms av överenskomna algoritmer.
- Effektgränsen för eluttaget skulle genom avtal kunna ha vilken struktur som helst – dock finns det ingen anledning att krångla till det i onödan.

6 SPÄNNINGSKVALITETSPARAMETRAR

Spänningskvalitetsparametrar, dels de som är med i EIFS 2013:1, dels sådana som inte är med i föreskriften, analyseras i föreliggande kapitel, med avseende på huruvida respektive parameter bör vara med i en föreskrift som definierar spänningskvalitet, och hur kravet avseende den specifika parametern i så fall bör utformas. I efterföljande kapitel ges DNV GLs förslag till tröskelvärdenas utformning, respektive relevanta tröskelnivåer.

Vi anser att alla spänningskvalitetsparameterar som omnämns i EN 50160 även bör omnämnas i föreskriften, även om det inte finns några specifika krav.

Vi anser även att kravställning på spänning även fortsättningsvis ska ligga i föreskriften och kravställning gällande ström/emission i specifika avtal (då detta beror på nätets beskaffenhet).

Vi tycker inte att det bör finnas undantag i föreskriften för vad som är god kvalitet (vilket föreskriften beskriver) utan möjligen endast undantag kring hur man hålls ansvarig / vilka åtgärder man måste ta.

6.1 Långsamma spänningsändringar

Rekommenderas vara kvar.

Följande förändring av formuleringen föreslås: ”Under en *sammanhängande* period motsvarande en *avbrottsfri* vecka ska *samtliga* tiominutersvärden.....” En liknande skrivning finns i referens [1].

6.2 Spänningsövertoner

Rekommenderas vara kvar.

Följande förändring av formuleringen föreslås i 3 § respektive 4 §:

1) ”Under en *sammanhängande* period motsvarande en *avbrottsfri* vecka ska *samtliga* tiominutersvärden.....” En liknande skrivning finns i referens [1].

2) ”... för varje enskild överton, *i en eller flera fasspänningar* (alternativt huvudspänningar), vara mindre än ...”

6.3 Spänningsosymmetri

Rekommenderas vara kvar.

Följande förändring av formuleringen i 6 § föreslås:

1) ”Under en *sammanhängande* period motsvarande en *avbrottsfri* vecka ska *samtliga* tiominutersvärden.....”. En liknande skrivning finns i referens [1].

6.4 Kortvarig spänningssänkning och spänningshöjning

Rekommenderas vara kvar, men viktigt att syftet kommer fram tydligare (se avsnitt 7.4).

Formuleringen i andra meningen ”Det ska inte inträffa.....” är olycklig, eftersom det ligger utanför nätkoncessionshavarnas kontroll om vad som ska och inte ska inträffa (exempelvis ett åsknedslag). Förslag är exempelvis *Kortvariga spänningssänkningar med sådan kvarstående spänning och sådan varaktighet som framgår av område C i tabell 3 klassas som en brist.*

Även tredje meningen vore önskvärd att förtydliga då område B verkar leda till mycket diskussion mellan elnätsföretagen och deras kunder. Det som behöver komma fram är att det kan förekomma störningar inom detta område som elnätsföretagen inte har möjlighet att undvika varför störningar inom området

inte per automatik kan klassas som en brist. Området är dock problematiskt varför störningar inom området inte heller kan klassas som god kvalitet. Speciellt handlar det om djupa spänningssänkningar vid näraliggande kortslutningar, som hamnar i B-området (under A-området) i tidsintervallet 10-200 ms. Det finns ingen försvarbar teknisk lösning som kan att koppla bort sådana fel på kortare tid än 100 ms.

Behovet av ett förtydligande baseras främst på synpunkter från branschen, samt vad DNV GL själva upplever vid diskussioner.

6.5 Snabb spänningsändring

Rekommenderas vara kvar, men att det förtydligas att det finns individuella och kontinuerliga snabba spänningsändringar (flimmer), samt att flimmer adresseras.

Då begränsningen som anges för individuella snabba spänningsändringar är en kombination av antalet tillåtna snabba spänningsändringar och antalet kortvariga spänningsändringar inom område A kan beskrivningen upplevas förvirrande och rubriken blir på ett sätt missvisande. Speciellt då snabba spänningsändringar definieras som ändringar där spänningens effektivvärde före, under och efter ändringen är mellan 90 och 110 % av referensspänningen, vilket inte kortvariga spänningsändringar inom område A är.

Tanken med att inkludera kortvariga spänningsändringar inom område A vid summeringen av antalet snabba spänningsändringar är troligen att understryka att varje individuell dip för sig (inom område A) inte anses vara dålig kvalitet men att det anses vara dålig kvalitet om det kommer flera dippar kort efter varandra. Det kan vara värt att inkludera denna förklaring till varför en spänningsstörning relaterad till en annan spänningskvalitetsparameter (annan definition) inkluderas i gränsen för antalet snabba spänningsändringar.

6.6 Nya förslag

Utöver de spänningskvalitetsparametrar som i dagsläget är inkluderade rekommenderar vi att följande beaktas:

6.6.1 Flimmer

Då flimmer omnämns i EN 50160 och inkluderas i många länders regelverk, samt att parametern ingår i många elnätsföretags krav gentemot sina anslutande kunder, är detta ett fenomen som borde inkluderas i föreskriften. Anledningen till att en sådan kravställning inte gjordes i tidigare utgåvor var att fenomenet ansågs direkt associerat med glödlamporna i elnätet, vilka skulle fasas ut inom kort. Då det visat sig att även vissa nya typer av belysning är känsliga för flimmer är det fortfarande en relevant parameter.

6.6.2 Mellantoner

Eftersom mycket forskning visar på att mellantoner ökar allt mer i takt med en ökande mängd kraftelektronik i näten, är mellantoner ett fenomen som kan orsaka störningar på utrustning. Mellantoner finns med i EN 50160 och omnämns i några andra länders regelverk. Därför rekommenderar vi att även den svenska föreskriften adresserar detta fenomen. Det är dock för tidigt att komma med gränsvärden.

6.6.3 Supratoner

Då forskning inom supratoner är ett relativt nytt område är det för tidigt att ange specifika gränser för supratoner. Trots detta rekommenderar vi att supratoner omnämns i föreskriften då forskningen visar på att nivåerna av supratoner ökar och kan orsaka problem. Vi rekommenderar dock att föreskriften anger att en eventuell gränssättning avvaktar utvecklingen av forskningen.

6.6.4 Transienter

Det skulle vara bra att ha ett regelverk även för transienter, tex i form av allmänna råd, då transienter är lite speciella till sin karaktär jämfört med kortvariga spänningsändringar. Då det inte finns något om transienter i den internationella standardiseringen, samt att det saknas allmänt-accepterade mätmetoder anser vi det svårt att förankra.

Vi rekommenderar att transienter omnämns i ett eget stycke även om vi inte anser att det bör specificeras några gränser.

6.6.5 Signalering på elnätet

Då signalering på elnätet omnämns i EN50160 kan det även inkluderas i föreskriften. Vi rekommenderar inga specifika krav, bl.a. beroende på problematik kring hur det ska mätas.

7 UTFORMNING AV TRÖSKELNIVÅER

Vad det gäller utformningen av tröskelnivåer anser DNV GL att det är viktigt att föreskriften är tydlig och att eventuella bakomliggande syften inkluderas, alternativt finns beskrivna i ett relaterat icke-juridiskt dokument. Vi rekommenderar att detta utreds närmare i ett annat projekt där representanter för både industri och elnätsföretag finns med. Föreskriften bör dock vara så tydlig att förtydliganden inte behövs.

För enkelhets skull rekommenderar vi att föreskriften har en enda spänningsnivå som ”brytspänning”, d.v.s. inte både 36 och 45 kV som idag. För konsistens med EN 50160 rekommenderar vi att samma indelningar som i EN 50160 används.

7.1 Långsamma spänningsändringar

Vi rekommenderar att gällande utformning fortsätter vara kvar.

7.2 Spänningsövertoner

Vi rekommenderar att använda samma intervall som EN 50160: lågspänning ($\leqslant$ 1kV), mellanspänning (1 < Un $\leqslant$ 36kV), och högspänning (36 <Un $\leqslant$ 150kV).

Dels för att vara konsistent med EN 50160, dels för att undvika två olika brytnivåer för olika spänningskvalitetsparametrar.

7.3 Spänningsosymmetri

Vi rekommenderar att gällande utformning av tröskelnivåer fortsätter vara kvar då detta är ett vedertaget sätt som både används i EN50160 och i andra regelverk.

7.4 Kortvarig spänningssänkning och spänningshöjning

För kortvariga spänningssänkningar och spänningshöjningar rekommenderar vi att försöka göra föreskriften tydligare.

Vi föreslår att föreskriften specificerar tre områden; ett med god elkvalitet, ett med brist (förslag att uppdatera nomenklaturen och använda ordet ”brist”, vilket används i ellagen 3 kap. 9 §), och ett odefinierat område däremellan.

Genom att endast område C benämns explicit som brist, tydliggörs att man kan förvänta sig att vissa kortvariga spänningssänkningar eller höjningar hamnar i område B. På så sätt blir det tydligare att utrustning som ansluts till näten måste beakta även område B. Exempelvis är det troligen mest fördelaktigt från ett samhällsekonomiskt perspektiv att från början välja omriktare som kan klara en kortvarig spänningsdipp utan större konsekvenser på processen.

Beskrivningen av vad som förväntas vid kortvariga spänningssänkningar och höjningar som hamnar inom det odefinierade området bör också vara tydligare, exempelvis att var händelsens orsak ligger, påverkar förväntan på vilka åtgärder som krävs.

Vi rekommenderar att föreskriften använder samma intervall som EN 50160: lågspänning ($\leqslant$ 1kV), mellanspänning (1 < Un $\leqslant$ 36kV), och högspänning (36 < Un $\leqslant$ 150kV), dels för att överensstämma med EN 50160, dels för att undvika två olika brytnivåer för olika spänningskvalitetsparametrar samt för att kunna specificera specifika nivåer för lågspänningsnät, vilka genom sin design inte alltid kan upprätthålla samma kvalitet.

7.5 Snabb spänningsändring

Både kontinuerliga (flimmer) och individuella snabba spänningsändringar bör adresseras.

Nuvarande beskrivning kan upplevas förvirrande, bl.a. då paragrafen inkluderar både snabba spänningsändringar och kortvariga spänningssänkningar, och bör förtydligas.

7.6 Nya förslag

För de nya förslagen av spänningskvalitetsparametrar rekommenderar vi följande gällande utformning av tröskelnivåer:

7.6.1 Mellantoner

Våra rekommendationer är att i nuläget inte ange några specifika tröskelnivåer (eller utformning av dessa) för mellantoner, då detta är för tidigt. Vi rekommenderar att fenomenet tas upp och att det nämns att gränser är under övervägande.

7.6.2 Supratoner

Våra rekommendationer är att i nuläget inte ange några specifika tröskelnivåer (eller utformning av dessa) för supratoner, då detta är för tidigt, utan endast ta upp fenomenet och nämna att gränser är under övervägande.

7.6.3 Flimmer

Våra rekommendationer är att i nuläget inte ange några specifika tröskelnivåer (eller utformning av dessa) för flimmer utan invänta hur eventuella immunitetskrav på LED-belysning gällande flimmer kommer att utformas. Önskas värden är i nuläget Plt och eventuellt även Pst den utformning som är mest relevant att använda då det är dessa parametrar som används i standarder och andra regelverk.

7.6.4 Transienter

Våra rekommendationer är att i nuläget inte ange några specifika tröskelnivåer (eller utformning av dessa) för transienter då det är svårt att komma till någon konsensus eftersom det inte finns ett enkelt sätt att definiera indikatorer och gränsvärden.

7.6.5 Signalering på elnätet

Våra rekommendationer är att i nuläget inte ange eller utforma några specifika tröskelnivåer för signalering i elnätet.

8 TRÖSKELNIVÅER

Gällande tröskelnivåer menar DNV GL att det är viktigt att både behovet hos konsumenterna (så att tillräckligt höga nivåer sätts) och elnätsföretagens roll tas i beaktande så att realistiska nivåer sätts. Från ett samhällsekonomiskt perspektiv ska åtgärderna sättas in där det blir lägst kostnad för erhållen kvalitet.

Vi anser att det är bra att föreskriften pekar på SS-EN 61000-4-30 för att definiera hur egenskapen (spänningskvalitetsparametern) ska mätas.

8.1 Långsamma spänningsändringar

Vissa, som exempelvis Cigre/CIRED [4], lyfter att man bör överväga en höjning av den övre gränsen för de långsamma spänningsändringarna. Detta då det skulle underlätta för att koppla in mer distribuerad produktion samt att glödlamporna fasas ut och ersätts av annan belysning som är mindre känslig för höga spänningar.

Några elnätsföretag har uttryckt att de känner oro för att lokal produktion gör det svårare att hålla spänningsnivån rätt.

Vi ser i dagsläget inte ett behov av att ändra på den gräns på ±10 % som är satt. Vid tillägg av LV som en egen spänningsnivå kan en höjning av den övre gränsen diskuteras i samråd med tillverkare av solkraftanläggningar, som verkar vara den utrustning som är inställd att kopplas bort så fort spänningen når 110 %.

Eftersom lågspänningsanläggningar och apparater har isolationshållfasthet dimensionerad snarare av mekaniska aspekter än elektriska, så borde utrustning vara relativt okänslig mot måttliga överspänningar. Då det främst är en forcerad åldring som blir resultatet blir exponeringstiden avgörande, och det kan vara rimligt att (ur teknisk synpunkt) tillåta spänningar i intervallet 110 – 112 % under en begränsad tid. Dock kan det ju vara så att tillverkare av enklare hushållsapparater, som är helt kapslade, optimerar designen inne i apparaten så att även några få procents överspänning kan bli problematisk.

Gällande krav att nivån hålls 100 % av tiden skulle avvikelser från intervallet kunna anses tillåtet så länge övriga krav i EIFS 2013:1 kapitel 7 uppfylls.

8.2 Spänningsövertoner

Vi rekommenderar att gränsvärden för H15 och H21 ändras för lågspänning (spänning vars nominella effektivvärde är mindre eller lika med 1 kV) i enlighet med [21], dvs H15 från 0,5 % till 1,0 %[6] och H21 från 0,5 % till 0,75 %.

Vi rekommenderar även att nivåerna för THD för högre spänningsnivåer sänks. Det är orimligt att förvänta sig samma nivå vid alla spänningsnivåer. THD-nivåerna vid högre spänningar är oftast långt under dagens gräns och en skärpning av kraven skulle addera utrymme för viss ökning av övertoner på lägre spänningsnivåer. Vilken nivå som är lämplig borde egentligen bestämmas från fall till fall då näten är väldigt olika, men slutmålet är att hamna på en nivå av maximalt 8 % i lågspänningsnätet.

Vi ser även att det vore önskvärt med en diskussion kring krav på emission av strömövertoner från stora anläggningar. Även hur stora kunder påverkar resonanserna i nätet bör diskuteras, trots att detta är ett väldigt komplext område. Representanter från elnätsföretagen, stora kunder (industri, vindparksägare, m.fl.) och Energimarknadsinspektionen skulle inkluderas i en sådan diskussion. Detta ligger dock utanför

[6] Notera att i den svenska versionen där tillägget A3:2019 är sagt ska ingå står fortfarande 0,5 % i tabellen. I den engelska versionen står 1,0 %

föreskriften och därmed utanför vårt projekt. Detta är något som kan tänkas ingå i ett dokument som beskriver god branschpraxis.

8.3 Spänningsosymmetri

Våra rekommendationer är att i dagsläget inte ändra denna gräns då den stämmer väl med de gränser som finns i standarder och i andra länder.

En sänkning vore troligen svårmotiverad då antalet enfasiga laster (exempelvis elbilsladdning) förväntas öka. En höjning vore troligen också svårmotiverad då det får en negativ påverkan på viss typ av utrustning (som transformatorer, generatorer och en del trefaslaster).

8.4 Kortvarig spänningssänkning och spänningshöjning

Tröskelnivåerna för främst tabell 3 i EIFS 2013:1 är väldigt omdebatterade. Vi rekommenderar att det finns ett område som klassas som god elkvalitet (A), ett område där en störning klassas som en brist (C) och ett område däremellan (B). Om antalet händelsen i området däremellan är större än vad som kan anses vara god praxis, då kan krav ställas på elnätsföretaget om förbättring. Vi rekommenderar att Energimarknadsinspektionen, i samråd med elnätsföretag, känsliga industrikunder och andra intressenter utvecklar allmänna råd och ett dokument som beskriver vad som anses vara god praxis. Vi rekommenderar att även här ange tröskelnivåerna för tre spänningsnivåer: lågspänning ($\leqslant$1 kV), mellanspänning (1 < Un $\leqslant$ 36kV), och högspänning (36 < Un $\leqslant$ 150kV). Tröskelnivåerna bör eventuellt ses över i synnerhet om lågspänning läggs till som en egen tabell.

Insamlande av information via en eventuell tillsyn skulle också kunna ligga till grund för vilka tröskelnivåer som är lämpliga att sätta.

Kortvariga spänningshöjningar är sannolikt främst ett problem för lågspänningsnät med luftledning. Vi rekommenderar att befintliga nivåer behålls, men skulle rekommendera att en statistisk studie utförs för att få bättre kunskap. För en mer komplett föreskrift bör tröskelvärden för kortvariga spänningshöjningar även för högre spänningsnivåer inkluderas. En motivering till att inkludera även högre spänningsnivåer är påverkan från allt mer omriktaransluten produktion med olika kompenseringsutrustning och från mikronät vilka båda kan anslutas på spänningsnivåer högre än 1 kV. Det finns dock väldigt begränsat med erfarenhet inom detta.

8.5 Snabb spänningsändring

Gällande antalet snabba spänningsändringar ser vi ingen anledning till att det behöver ändras. Om man för tydlighetens skull väljer att exkludera kortvariga spänningssänkningar och istället endast adressera dessa under paragrafen för kortvariga spänningssänkningar, bör antalet ses över.

8.6 Nya förslag

För de nya förslagen av spänningskvalitetsparametrar rekommenderar vi följande gällande tröskelnivåer:

8.6.1 Mellantoner

Vad det gäller immunitet hos apparater mot mellantoner relaterat till flimmer vid LED-belysning finns bra dokumenterad forskning där resultaten skulle kunna användas för att sätta krav på nivåer för mellantoner. Det finns dock andra konsekvenser av mellantoner, som ännu inte är kartlagda, vilket gör att DNV GL anser det för tidigt att sätta gränsvärden. Då det är ett känt faktum att mellantoner existerar, om än forskningen kring konsekvenserna ännu inte är tillräcklig, samt att mellantoner omnämns i bl.a. EN 50160, rekommenderar vi att fenomenet tas upp och att föreskriften nämner att gränser är under övervägande.

Det jobbas nu med gränsvärden för mellantoner i den nyaste versionen av IEEE 519. Men endast som ett informativt annex.

8.6.2 Supratoner

Våra rekommendationer är att i nuläget inte ange några specifika gränser för supratoner, då detta är för tidigt utan endast ta upp fenomenet och nämna att gränser är under övervägande.

8.6.3 Flimmer

Våra rekommendationer är att invänta om det kommer immunitetskrav på LED-belysning gällande flimmer innan en skarp gränssättning införs.

Då flimmervärden efterfrågats anser vi att om detta tillmötesgås är det rimligt att ange något generösare värden än vad som enligt EN 50160 gäller nu (Plt=1, 95 % av tiden, se 3.6.1), exempelvis Plt = 1,5. Tidigare nivåer var baserade på glödlampors känslighet och nuvarande belysning har i allmänhet blivit mindre känslig för kontinuerliga snabba spänningsvariationer.

8.6.4 Transienter

Våra rekommendationer är att i nuläget inte ange några specifika gränser för transienter. Det är viktigt att påpeka att det är inte är så att Energimarknadsinspektionen anser transienter som oviktiga eller inte vill ha krav på transienter, men det kommer inte vara möjligt att nå någon typ av konsensus.

8.6.5 Signalering på elnätet

Våra rekommendationer är att i nuläget inte ange några specifika gränser för signalering i elnätet.

9 TILLSYN

Respekt för och efterlevnad av regelverk av alla slag kräver någon form av tillsyn och därtill kopplade konsekvenser vid misskötsel. Sådan tillsyn måste för att vara effektiv ha en viss omfattning, för att ge en allmän bild av tillståndet i systemet och för att kunna identifiera avvikelser. Att som ansvarig tillsynsmyndighet enbart, eller till övervägande delen, förlita sig på anmälningar om missförhållanden känns inte tillräckligt. Energimarknadsinspektionen har därför ambitionen att, som ett komplement till inkomna anmälningar, etablera rutiner för kontinuerlig tillsyn. Att utnyttja så kallade smarta elmätare, kan vara ett utmärkt sätt att få en uppfattning om spänningskvaliteten för vissa parametrar och kan utgöra ett sållningsverktyg för mer noggranna analyser.

Föreliggande kapitel inleds med en kort resumé av den särskilda tillsyn som Energimarknadsinspektionen gjorde 2016, följt av en översikt av funktionalitetskraven på nya så kallade smarta elmätare. Därefter görs en utblick till Norge och Nederländerna för att kort summera hur tillsyn eller kvalitetssäkring fungerar i dessa länder. Kapitlet avslutas med ett avsnitt som beskriver DNV GL:s syn på hur en mer detaljerad tillsyn skulle kunna genomföras i Sverige i praktiken.

9.1 Tidigare arbeten

Energimarknadsinspektionen satsade 2016 särskilt på tillsyn avseende leveranskvaliteten i elnäten där spänningskvalitet var ett av de områden som inkluderades. Vid denna tillsyn valdes 15 redovisningsenheter (15 elnätsföretag) ut vilka fick svara på frågor om de klagomål som företaget fått in om spänningskvalitet samt om vilka rutiner elnätsföretaget har för att hantera klagomål som är relaterade till spänningskvalitet och hur företaget säkerställer kravuppfyllnad gentemot Ei:s föreskrifter. Resultaten från denna tillsyn finns sammanställda i en rapport som publicerades 2017 [22]. Slutsatsen var att Energimarknadsinspektionen då hade relativt få indikationer på bristande spänningskvalitet och att det saknas tillgång till omfattande statistik på området. Energimarknadsinspektionen får endast in ett fåtal klagomål om bristande spänningskvalitet per år vilket stämmer väl med vad de elnätsföretag som omfattades av tillsynen redovisat. Eftersom frågan om spänningskvalitet är mycket viktig och kraven på att överföringen av el skall vara av god kvalitet tillsammans med kraven att elnäten ska klara att ta emot producerad förnybar el i växande omfattning, kan innebära att en ökad tillsyn av spänningskvaliteten blir nödvändig.

9.1.1 Kommentarer på tidigare tillsyn

DNV GL anser att det är bra att genom tillsyn undersöka vilka åtgärder som görs för att säkerställa en god spänningskvalitet och vilken typ av störningar som ligger bakom ett klagomål samt säkerställa att det finns rutiner för att hantera och åtgärda klagomål.

Vi anser även att det är önskvärt att inkludera mätdata i tillsynen för att se hur nivåerna ligger och inte bara be om svar på frågor, som man gjorde vid den särskilda tillsynen 2016, eftersom mätdata behövs för att kunna säkerställa att överföringen av el ligger inom de tröskelvärden som anges i föreskriften för att uppfylla god kvalitet. Tillsynen styrs av ellagen (3 kap. 9 §, 12 kap. 1-2 §§) och elförordningen (3 §, 16 §).

Som omnämns i avsnitt 8.4 skulle insamlande av information via en eventuell tillsyn också kunna ligga till grund för vilka tröskelnivåer som är lämpliga att sätta.

9.2 Utökade funktionalitetskrav för elmätare

De nya elmätarna skapar möjligheter att samla in indikativ information över trender gällande långsamma spänningsändringar och obalans. Övriga kvalitetsindex kräver högre tidsupplösning.

De krav som gäller för elmätarna anges i Förordning 1999:716 Om mätning, beräkning och rapportering om överförd el [23]. Mer detaljerad beskrivning finns i Energimarknadsinspektionens författningsförslag om funktionskrav på elmätare (Ei R2017:08) [24]. Kraven gäller både för mätsystem och mätutrustning som har strömtransformator men saknar spänningstransformator (för lågspänning), och mätsystem och mätutrustning som saknar både strömtransformator och spänningstransformator. Kraven behöver inte vara uppfyllda förrän 1:a januari 2025.

Enlig förordning 1999:716 gäller följande relaterat till spänning:

- (25 §) Mätutrustningen ska kunna mäta spänning i varje fas både vid uttag och inmatning av el.
    - I författningsförslaget [24] anges att med spänning avses mätning av effektivvärdet av fasspänningen i Volt (V).
- (26 §) Mätutrustningen ska kunna registrera mängden överförd aktiv energi varje kvart.
- (27 §) Mätutrustningen ska ha ett kundgränssnitt som stöds av en öppen standard. Kundgränssnittet ska vara utformat så att det är möjligt att i nära realtid få information om spänning i varje fas både vid uttag och inmatning. Det ska inte vara möjligt att skicka information till mätutrustningen genom kundgränssnittet.
    - Krav angående öppet kundgränssnitt anges i Energimarknadsinspektionens föreskrifter om funktionskrav för mätsystem och mätutrustning [25] vilka stöds av 34 § i Förordning 1999:716. I denna föreskrift specificeras att information i kundgränssnittet ska, om elanvändaren så önskat, uppdateras och finnas tillgänglig för elanvändaren minst var 10:e sekund.
- (30 §) Mätsystemet och mätutrustningen ska göra det möjligt för nätkoncessionshavaren att på distans avläsa spänning i varje fas både vid uttag och inmatning.

Krav finns att informationen från det öppna kundgränssnittet, där spänningsmätning ingår, ska finnas tillgängligt minst var 10:e sekund.

Det finns inget krav på registrering av spänning utan endast att den ska mätas och att kunden måste ha tillgång till värdena närapå i realtid.

Det finns inga krav på maximal avfrågningstid (dvs. tid för att avläsa ett värde på distans) då detta vid Energimarknadsinspektionens analys bedömdes vara kostnadsdrivande samtidigt som nyttan bedömdes vara begränsad [24].

För elenergimätare upp till 63 A, finns inga noggrannhetskrav för andra storheter än för elenergi, vilket är något som enligt Energimarknadsinspektionens författningsförslag om funktionskrav på elmätare [24] lyfts fram av flera remissinstanser. Rapporten anger vidare att flera ansåg att det bör utredas för vilka storheter sådana noggrannhetskrav behövs. Flera remissinstanser ansåg att det är viktigt att klargöra definitioner av och principer för mätning av spänning, ström och effekt.

Rapporten skriver att då det idag inte finns några särskilda krav på mätnoggrannhet (se även stycke 9.2.1) för spänningen kommer uppgifterna om spänning inte vara kvalitetssäkrade utan får ses som indikativa. Trots att det inte finns några explicita krav på spänning medför noggrannhetskraven på energin (vilken beräknas utifrån ström och spänning) att det inte är sannolikt att kraven på energi skulle kunna uppfyllas utan en hög noggrannhet för både ström och spänning.

9.2.1 Krav på mätnoggranhet

I Europaparlamentets och rådets direktiv 2014/32/EU [26] fastställs de krav som mätinstrument, bl.a. aktiva elenergimätare, måste uppfylla för att få tillhandahållas på marknaden och/eller tas i bruk för de mätfunktioner som staten föreskrivit. Styrelsen för ackreditering och teknisk kontroll (Swedac) har angett svenska föreskrifter angående mätinstrument i STAFS 2016:1 [27] vilken pekar på den instrumentspecifika föreskriften STAFS 2016:4 [28] för mätare för aktiv elenergi. STAFS 2016:4 gäller elmätare upp till och med 63 A som är avsedda för mätning av aktiv elenergi i bostäder, butiks- och kontorslokaler samt lätta industrier.

Mätare för aktiv elenergi ska vara minst av noggrannhetsklass A för att få användas för direktmätning och B för övriga mätningar i föreskriften.

Föreskriften anger största tillåtna fel för aktiv elenergi för olika klasser på elenergimätare (där Klass C är bäst och klass A sämst) vid olika driftstemperaturer och olika lastnivå. Detta största tillåtna fel beräknas utifrån en formel där bl.a. påverkan av spänningsvariation ingår som en del. Aktiv elenergi uppmäts i kWh eller MWh. I Swedacs föreskrifter kan inte utläsas största tillåtna fel på endast spänningsstorheten.

Regler för kontroll och godkännande av nya elmätartyper enligt mätinstrumentdirektivet (MID) är gemensamma för hela EU. Den harmoniserade standarden för MID är EN 50470, EN 50470 – 1 (General requirements, tests and test conditions - Metering equipment) [29] och EN 50470 – 3 (Particular requirements Static meters for active energy (class indexes A, B and C)) [30]. I EN 50470 – 3 beskrivs krav på noggrannhet och hur det testas, där tabellen för största tillåtna fel överensstämmer med motsvarande tabell i STAFS 2016:4.

Största tillåtna fel för aktiv elenergi är vid en driftstemperatur på + 5 °C och + 30 °C ± 3,5 % för en Klass A mätare för aktiv elenergi (enfasmätare eller flerfasmätare med symmetrisk belastning).

Den maximala mätonoggrannheten för spänningens magnitud som anges i IEC 61000-4-30 [11] till ± 0,1 % för ett klass A instrument för *elkvalitetsmätning* och ± 0,3 % för ett klass S instrument.

EN 50470 – 3 specificerar att tester ska utföras för att uppmäta hur onoggrannheten påverkas av exempelvis spänningsvariationen. I samband med detta anges en tabell vilken anger de referensförhållanden som ska vara grunden för testerna. Inga krav gällande onoggrannhet för spänning anges för elmätarna utan bara för aktiv energi.

Skälet till att inte krav på vare sig ström eller spänningsmätningar anges i MID eller STAFS kommer från att MID även ska kunna gälla för elektromekaniska mätare. I dessa mätare så gick det inte att särskilja ström- eller spänningsvärdena eftersom effektbildningen skedde genom induktionsprincipen.

När senaste versionerna av STAFS och Energimarknadsinspektionens mätförskrifter togs fram, så diskuterades krav på noggrannhet av spänningsnivåerna. Främst mätartillverkare ville inte att sådana krav skulle införas, inte minst eftersom det saknas felkriterier och testmetoder, vilket de fick medhåll av från branschen. Det saknas även stöd i MID för krav på noggrannhet av spänningsnivåerna.

Från branschen anses att elmätarna är bra på att ange indikativa värden på elkvaliteten (t.ex. spänningsnivåer, övertoner mm), inte att de kan antas mäta spänning och ström med en noggrannhet som är ”absolut” och som skulle kunna jämföras med de referensnormaler man har för mätstorheter, vilket även nämndes i Energimarknadsinspektionens författningsförslag om funktionskrav på elmätare [31].

9.2.2 Exempel på nästa generations elmätare

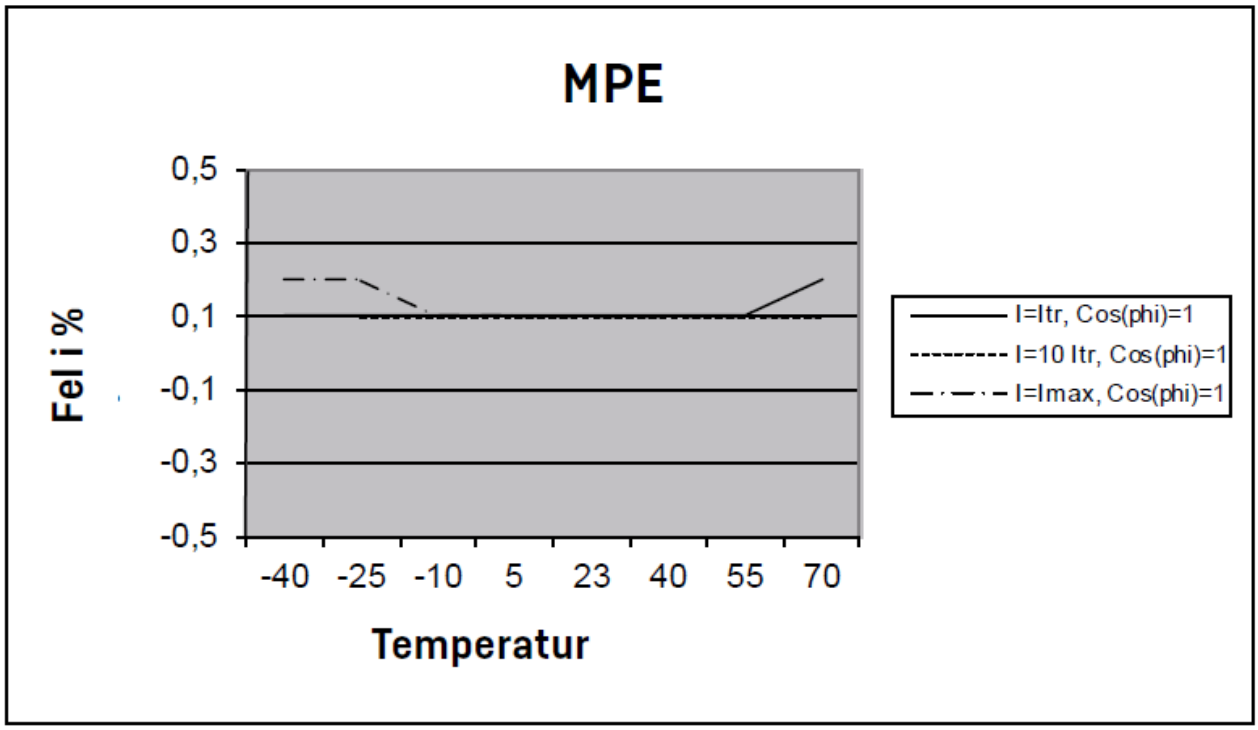
I detta stycke ges exempel på två elmätare som uppfyller de nya funktionalitetskraven vilka är representativa för den svenska marknaden. Det ska dock understrykas att det finns fler möjliga elmätare från de 5-10 mätartillverkare som är etablerade på den svenska marknaden.

OMNIPOWER® trefasmätare är en direktansluten elmätare för registrering av elektrisk energi.

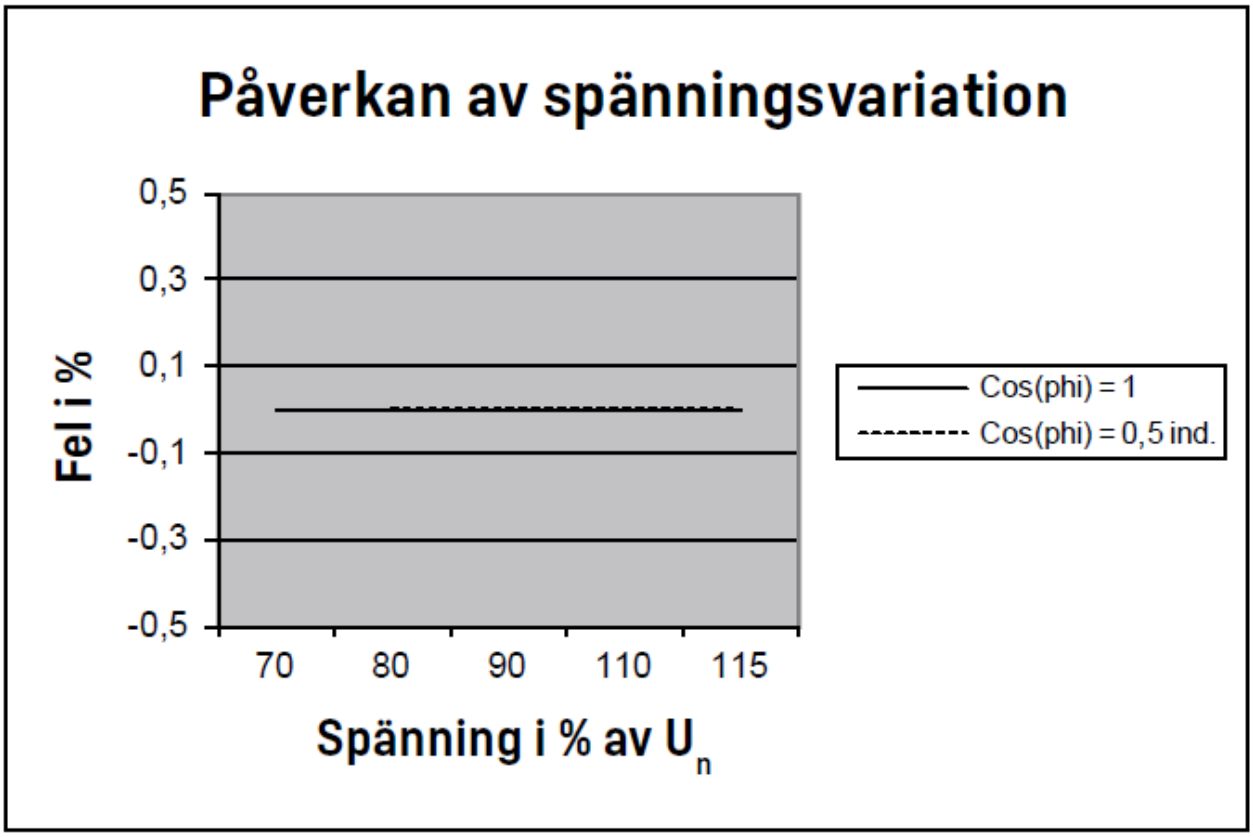
Enligt databladet för mätaren [32] stödjer den utöver mätning av aktiv elenergi även mätning av THD, spänningsobalans, spänningsvariationer, kortvariga spänningssänkningar och kortvariga spänningshöjningar.

Enfas spänningsmätning sker med hjälp av spänningsdelare och den är typgodkänd enligt Noggrannhetsklass EN 50470 – 1 och EN 50470 – 3 (Klass A, Klass B).

Databladet redovisar diagram över typisk noggrannhet där Figur 20 visar mätarens största tillåtna fel för olika temperaturer och Figur 21 visar påverkan av felet i % vid olika spänningsnivå.



Figur 20 Största tillåtna fel vid olika temperaturer



Figur 21 Påverkan på fel av spänningsvariation

En annan möjlig variant är **Iskraemecos elmätare AM550** [33]. Här har vi haft mer begränsad teknisk information, men Iskraemeco anger att de utöver aktiv energi bl.a. mäter kontinuerlig spänning och har noggrannhetsklass A och B enligt EN 50470 - 3, EN 50470 – 1.

9.3 Krav på registrering av spänningskvalitetsparametrar i Norge

Enligt det norska regelverket [12] ska elnätsföretagen hela tiden registrera följande i en eller flera mätpunkter i deras egna högspänningsanläggningar:

- Kortvariga över- och underspänningar
    - Registreringen för dessa händelser ska minst inkludera antalet påverkade faser, störningens varaktighet och magnitud (i procent av nominell spänning).
- Snabba spänningshöjningar > 3%
    - Registreringen för dessa händelser ska minst inkludera antalet spänningsändringar och maximal spänningsändring (i procent av nominell spänning).
- Korttids- och långtidsvärde av flimmer
- Den totala övertonshalten (THD) hos spänningen som 10-minuters medelvärden för effektivvärdet
- Långsamma spänningsvariationer i spänningens effektivvärde (1-minutsmedelvärde)

Registreringen av spänningskvalitetsparametrarna skall utföras för olika karakteristiska nät och skall sparas tillsammans med dataunderlaget i 10 år.

Regleringsmyndigheten för energi genomför tillsyn och kontroll över att angivna bestämmelser i föreskriften efterföljs. De som innefattas av föreskriften skall medverka till att tillsynen kan genomföras.

Elnätsföretagen ska rapportera till systemansvarig enligt [34]. Systemansvarig rapporterar i sin tur till reglermyndigheten om detta inte efterföljs.

Tillsynen i Norge 2018 baserades på inrapporterade klagomål. [35]

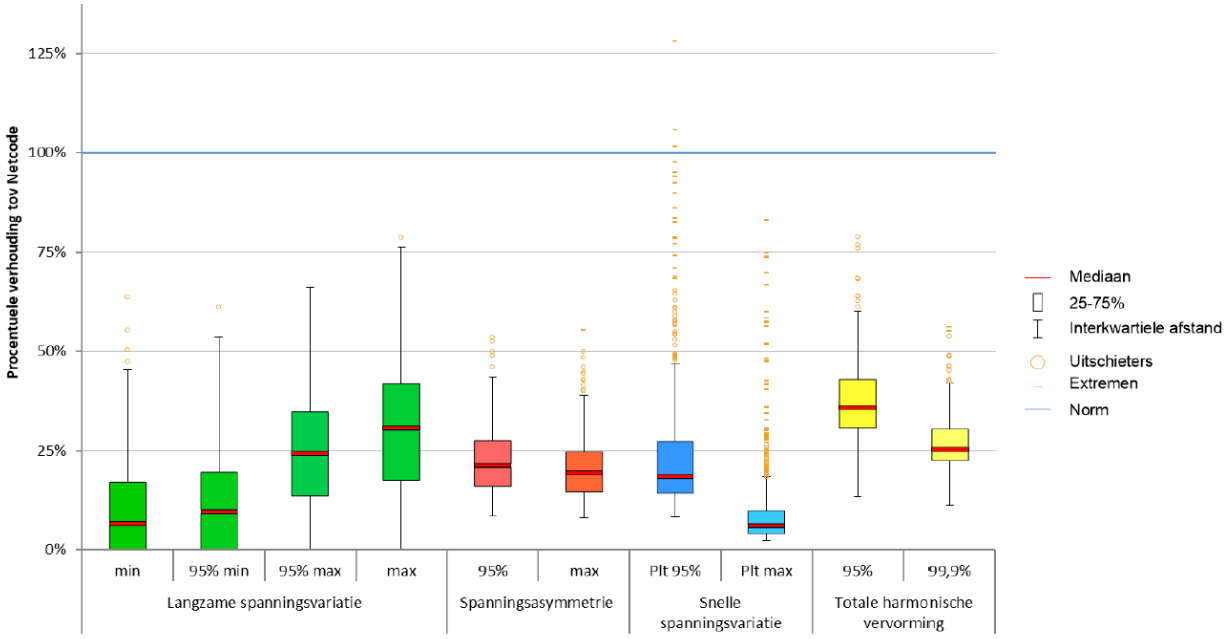
9.4 Insamling och redovisning av spänningskvalitetsparametrar i Nederländerna

I Nederländerna rapporterar elnätsföretagen nivån på spänningskvaliteten, vilken årligen sammanställs i en rapport. Detta arbete görs inom ett projekt kallat ”Voltage Quality” vilket drivs av Netbeheer Nederland, vilket är en branschorganisation som företräder de nationella och regionala el- och gassystemansvariga. Mätresultaten sammanställs av en oberoende tredje part. De senaste åren har detta arbete hanteras av Movares, tidigare ledde DNV GL detta arbete. Årsrapporterna finns tillgängliga via Netbeheer Nederlands hemsida [36] [37] [38] där även mätvärden för ett visst område finns tillgängliga.

Resultaten sammanställer antalet överträdelser av kontinuerliga olägenheter per spänningsnivå för vissa spänningskvalitetsparametrar (långsamma spänningsändringar, spänningsosymmetri, flimmer och den totala övertonshalten (THD) för spänning), se Figur 22 och Figur 23.

Net	Aantal meters	Aantal week-metingen	Weekmetingen met overschrijding	Aantal overschrijdingen			
				Langzame spannings-variatie	Spannings-asymmetrie	Snelle spannings-variatie	Harmo-nischen
LS	268	268	3	-	-	3	-
MS	260	260	-	-	-	-	-
HS 35-72 kV	18	589	-	-	-	-	-
HS 110-150 kV	90	3.707	23	-	22	16	-
EHS	19	863	-	-	-	-	-

Figur 22 Antalet överträdelser av kontinuerliga olägenheter per spänningsnivå i Nederländerna 2019 [38]



Figur 23 Antalet överträdelser av kontinuerliga olägenheter 2019 för lågspänning presenterat grafiskt med låddiagram (eng. boxplot) [38]

Vidare redovisas genomsnittligt antal spänningsdippar per år per mätpunkt för olika spänningsnivå (totala antalet dippar genom antalet mätpunkter), se Figur 24, samt vissa andra spänningskvalitetsparametrar (långsamma spänningsändringar, spänningsosymmetri, flimmer, THD för spänning och kortvariga spänningssänkningar/spänningsdippar).

Restspanning U (%)	Duur t (ms)			
	10 ≤ t ≤ 200	200 < t ≤ 500	500 < t ≤ 1000	1000 < t ≤ 5000
90 > u ≥ 80	Niet hinderlijk			
80 > u ≥ 70			MS: 0,30 HS 35-72 kV: 0 HS 110-150 kV: geen EHS: geen	
70 > u ≥ 40		MS: 0,32 HS 35-72 kV: 0,08 HS 110-150 kV: 0,02 EHS: geen		
40 > u ≥ 5	MS: 0,18 HS 35-72 kV: 0 HS 110-150 kV & EHS: geen			
5 > u				

Figur 24 Genomsnittligt antal störande spänningsdippar per spänningsnivå i Nederländerna 2019 [38]

Antalet olägenheter kategoriseras även per ”urbaniseringsgrad” enligt Tabell 7.

Tabell 7

Urbaniseringsgrad (Kategori)	Definition
Mycket stark	2500 eller fler adresser per km^2
Stark	1500 – 2500 adresser per km^2
Måttlig	1000 – 1500 adresser per km^2
Liten	500 – 1000 adresser per km^2
Ingen	Mindre än 500 adresser per km^2

Rapporten innehåller även en trendanalys för de olika spänningskvalitetsparametrarna över de senaste 10 åren.

Låg- och mellanspänningsnät redovisar resultat för en utvald vecka, medan högspänning (och extra högspänning > 150 kV) redovisar resultat för betydligt fler veckor (drygt 30 veckor 2019). Troligen görs mätningar för låg- och mellanspänningsnät endast för den utvalda veckan (med mätaren endast inkopplad då).

I låg- och mellanspänningsnät kopplas mätpunkterna till ett postnummer. Sedan 2014 har minst 250 veckomätningar utförts per år. För att säkerställa att detta antal uppnås väljs 270 mätpunkter ut representativt, men slumpvis. Vid val av postnummerområdena har anslutningstätheten beaktats. Det innebär att det är större sannolikhet att ett postnummerområde med många kundanslutningar väljs än ett med få. De valda mätplatserna är sedan slumpmässigt länkade till en kalendermånad inom vilken de veckovisa mätningarna ska utföras för att säkerställa en god spridning över året och därmed undvika eventuella säsongseffekter. Utgångspunkten är att fasspänningar mäts i lågspänningsnät och huvudspänning i mellanspänningsnät.

Mätningarna i låg- och mellanspänningsnät rekommenderas att utföras med mätinstrumentet Fluke 435-I och 435-II vid kundanslutningspunkter. Båda Fluke-instrumenten är klass A i enlighet med standarden SS-EN 61000-4-30.

Mätningarna i nät för hög- och extra hög spänning sker kontinuerligt under hela året och utförs alla med Klass A mätare (enligt SS-EN 61000-4-30).

9.5 Förslag och idéer på hur tillsyn skulle kunna genomföras

Avsikten med föreliggande avsnitt är att dra upp riktlinjer för hur en framtida mätbaserad tillsyn av elkvalitet skulle kunna realiseras. Tillsynen har hittills baserats på frågeformulär och tillfälliga insatser. Inför elkraftsystemets förändring mot alltmer förnybar omriktaransluten produktion och nya belastningsobjekt, t ex inom transportsektorn, ter det sig rimligt att utveckla tillsynen av elkvalitet till att även innehålla faktiska mätningar. Moderna smarta elmätare i uttagspunkten borde kunna vara ett effektivt instrument i en sådan utökad tillsyn. Framställningen gör inte anspråk på att vara fullständig eller definitiv, utan ska snarare ses som idéer och riktlinjer för fortsatt diskussion och precisering.

9.5.1 Underlag i gällande regelverk

Enligt ellagen (3 kap. 9 §) ska överföringen av el vara av god kvalitet och föreskriften (EIFS 2013:1) definierar sedan vilka krav som ska vara uppfyllda för att överföringen ska vara av ”god kvalitet”. Om inga problem eller olägenheter finns kan det möjligen ses som god kvalitet varför ett val där det förekommit klagomål skulle kunna anses relevant. Vi menar dock att detta urval känns väl passivt då man önskar förekomma eventuella problem och försöka säkerställa att eventuella åtgärder som skulle behövas, implementeras innan eventuella problem uppstår. Enligt ellagen 3 kap. 1 § anges att *ett företag som bedriver nätverksamhet ansvarar för drift och underhåll och, vid behov, utbyggnad av sitt ledningsnät och, i tillämpliga fall, dess anslutning till andra ledningsnät. Företaget svarar också för att dess ledningsnät är säkert, tillförlitligt och effektivt och för att det på lång sikt kan uppfylla rimliga krav på överföring av el.* Elnätsföretagen har alltså även som uppgift att se till att näten på lång sikt kan uppfylla rimliga krav på överföring av el vilket även inkluderar överföringens kvalitet. Ett val där avvikelser rapporterats eller kan förväntas, t ex långt ut i svaga nät, nära omriktaranslutna produktionskällor, nära industrier eller nära en ljusbågsugn, anser vi bättre. Då ska det dock beaktas att det finns begränsad kännedom om vilka punkter i nätet som har högst störnivåer.

9.5.2 Allmänt om tillsyn

Tillsyn brukar avse ett begränsat antal företag, en begränsad period, och ett begränsat antal kundanslutningar. Tillsyn är positiv av olika anledningar, inte minst för att understryka att spänningskvalitet är ett viktigt område, speciellt inför de många förändringarna som elsystemet står inför under de närmaste decennierna.

För att få kontinuitet och rutiner kan det vara lämpligt att genomföra tillsynen på årsbasis.

Tillsynen kommer att kräva resurser, såväl hos elnätsföretagen som hos Energimarknadsinspektionen. Det är nödvändigt att elnätsföretagens kostnader för tillsynen avspeglas i intäktsramen och att departementet säkerställer erforderliga medel för Energimarknadsinspektionen. En möjlighet är att Energimarknadsinspektionen införskaffar lämplig mätutrustning och tillhandahåller mätinsamling samt att tillsynade elnätsföretag ansvar för installation och anslutning av mätaren.

Slumpmässigt urval oberoende av förväntade kvalitetsavvikelser skulle ge en generell bild (jämför arbetet med att kartlägga spänningskvaliteten som görs i Nederländerna och beskrivs i avsnitt 9.4). Slumpmässigt urval skulle ge en bra bild av ”genomsnittlig kvalitet” men inte av extrema värden (dvs anslutpunkter där det kan förväntas klagomål). Vill man få underlag för striktare konfidensintervall (95%, 99%) behövs det många mätpunkter (se t.ex. [39]).

Vi anser att spänningskvalitetsmätningar på något sätt bör fokusera på områden/inmatnings- eller uttagspunkter där avvikelser kan förväntas (för att täcka in extrema värden), i kombination med områden/ inmatnings- och uttagspunkter med ”stor betydelse”, t ex i termer av antal anslutna kunder, ansluten effekt, eller betydelse för samhället. Inom respektive område baseras mätpunkterna på ett slumpmässigt urval.

En frågeställning som måste besvaras är vem som gör bedömningen av lämpliga platser där avvikelser kan förväntas. Vi rekommenderar att elnätsföretagen själva gör denna bedömning baserat på av Energimarknadsinspektionen givna kriterier. Valet av mätpunkter ska motiveras väl och resonemanget dokumenteras.

Notera att med en metodik där en del av mätpunkterna valts ut efter att avvikelser kan förväntas, kommer resultaten att visa på en sämre spänningskvalitet än den genomsnittliga.

Att som i tillsynen som utfördes 2016 ställa frågor om vilka klagomål som företaget fått in om spänningskvalitet, samt om vilka rutiner nätföretaget har för att hantera klagomål som är relaterade till spänningskvalitet och hur företaget säkerställer kravuppfyllnad gentemot Ei:s föreskrifter är bra för att fånga upp vilka klagomål som anmäls och hur dessa hanteras av elnätsföretagen.

9.5.3 Val av spänningskvalitetsparametrar

Man kan välja att för ett elnätsföretag samla in information om alla spänningskvalitetsparametrar som ingår i föreskriften, eller endast för ett urval. Vi rekommenderar att alla de spänningskvalitetsparametrar som ingår med specificerade tröskelvärden ingår i tillsynen, med tydlig beskrivning av vad som ska mätas och hur resultaten ska redovisas.

- Långsamma spänningsändringar
- Spänningsövertoner (Individuella toner, ej bara THD)
- Spänningsosymmetri
- Kortvariga spänningssänkningar och kortvariga spänningshöjningar
- Snabba spänningsändringar
- Flimmer

Spänningskvalitetsparametrarna bör mätas under samma förutsättningar för att ge en rättvisande bild. Idealt skulle därför alla mätningarna utföras enligt EN61000-4-30.

Med det utökade funktionskravet för elmätare för lågspänning kommer alla uttagspunkter att ha mätutrustning med utökad funktionaliteten från 1:a januari 2025 [25] [31]. Nivån på kravställningen av mätning, registrering och inhämtande av spänningsdata, vilket beskrivs närmare i avsnitt 9.2, leder till att spänningsmätningarna endast kan ses som indikativa och att ett begränsat antal spänningskvalitetsparametrar kan studeras. Elmätarna erbjuder dock stora möjligheter till indikativ övervakning och identifiering av trender av vissa spänningskvalitetsparametrar, i stor omfattning. Ett rätt-fram och kostnadseffektivt sätt att utöva proaktiv tillsyn avseende spänningskvalitet, vore att utnyttja information från utvalda elmätare hos utvalda elnätsföretag för kontinuerlig övervakning av möjliga parametrar hos utvalda kunder. De parametrar som skulle kunna omfattas är långsamma spänningsändringar (spänningens magnitud för de olika faserna) och spänningsosymmetri (som i ett första steg får indikeras genom skillnad i magnitud mellan fasspänningarna). Sådan indikativ övervakning kan genomföras i ett relativt stort antal inmatnings- och uttagspunkter. Begränsningen finns framförallt i datalagring och –behandlingen.

Det indikativa resultatet bör kompletteras med en bedömning av felmarginalen med referens till klass A mätningar enligt SS-EN 61000-4-30.

För övriga parametrar, där data från smarta elmätare skulle få alltför låg tidsupplösning, menar vi att kompletterande mätningar från elkvalitetsmätare från ett begränsat antal mätpunkter högre upp i nätet kan ge en bra bild av hur spänningskvaliteten i näten är. Speciellt gällande kortvariga spänningssänkningar och vissa övertoner. För dessa mätningar skulle elkvalitetsmätare som exempelvis är placerade i matande station eller annan nätstation kunna utnyttjas. Det visas i sammanställningen från branschen (Appendix C) att allt fler elnätsföretag har installerat elkvalitetsmätare och att antalet ökar. En möjlighet är att urvalet av bolag, åtminstone till en början, kan göras beroende på om elnätsföretaget har installerade elkvalitetsmätare. Detta urval riskerar dock exkludering av vissa punkter som kan vara av stort intresse.

Det är av intresse att inte bara antalet överträdelse registreras utan även rådata. Tabell 8 listar vad som minst bör registreras vid en detaljerad mätning.

Tabell 8 Vad som bör ingå vid detaljerad mätning

Spänningskvalitetsparameter	Mätstorheter
Långsamma spänningsändringar	Tiominutersvärden av spänningens effektivvärde
Spänningsövertoner	Enskild överton i förhållande till grundton, minst till 25:e ton men helst till 40:e ton[7]. THD
Spänningsosymmetri	Tiominutersvärden av effektivvärdet av matningsspänningens minusföljdskomponent i förhållande (%) av plusföljdskomponenten
Kortvariga spänningssänkningar och kortvariga	Förekomst av kortvariga spänningssänkningar eller

[7] Att inkludera enskilda övertoner med högre ordning än 25:e i tillsynen är för att bevaka trenden av dessa nivåer. Detta då det kan förväntas en ökning, eftersom tekniken i många nya typer av anslutningar (solcellsanläggningar, elbilsladdning etc.) har relativ stor del emission på frekvenser högre än de vanliga (3,5,7,9). Anledningen till att rapporten inte innehåller förslag på att föreskriften ska ställa krav även på övertoner > 25:e multipeln är att dessa krav inte inkluderas i SS-EN 50160, där endast nivåer på enskilda övertoner upp till 25:e ton anges. Vid beräkning av THD definieras dock att övertoner upp t.o.m. 40:e ton ska ingå.

spänningshöjningar	höjningar inom respektive område Magnitud och varaktighet per störning
Snabba spänningsändringar	Antalet snabba spänningssänkningar Magnitud och varaktighet per störning
Flimmer	Kort- och långvarigt flimmer-värde (Pst, Plt)

Eftersom mätningarna i uttagspunkterna med smarta elmätare endast kan ses som indikativa och övriga mätningar rekommenderas utföras i punkter som i dag inte omfattas av föreskriften kommer den kvantitativa delen av tillsynen inte att kunna ligga till grund för en faktiskt bedömning. Dock tror vi att värdet av en kvalitativ del överväger. Det är också så att i rent passiva (utan produktion) radiella nät, finns det ingen elkvalitetsparameter som generellt blir bättre ju längre ut i nätet man kommer.

Vi föreslår att ett bredare mätprogram än bara för spänningskvalitet sätt upp, se t.ex. CEERs guide om god praxis gällande att för reglersyfte sätta upp system för övervakning av elkvalitet [40].

9.5.4 Indikativ tillsyn och särskild tillsyn

För att uppnå både volym och detaljeringsgrad i tillsynen rekommenderas att tillsynen delas upp i en indikativ tillsyn, där information från moderna smarta elmätare utnyttjas, för att få en inblick i hur elvaliteten är för vissa parametrar för ett större antal mätpunkter. Baserat på resultatet från de indikativa mätningarna genomförs sedan särskild tillsyn med komplett mätutrustning för elkvalitetsmäting i ett mindre antal punkter, enligt ett rullande schema:

År 1: Registrering av indikativa mätstorheter från elmätare i ett större antal punkter
År 2: Utvärdering av de indikativa registreringarna och fastställande av punkter för särskild mätning
År 3: Registrering av samtliga elkvalitetsparametrar i utvalda mätpunkter
År 4: Utvärdering och rapportering

Det vore fördelaktigt om den indikativa mätningen under År 1 kan samla in mätvärden under hela året för att täcka in säsongsvariationer etc. Beroende på tillgång till mätutrustning, möjlighet att bearbeta data, förväntade variationer och störningstyp av särskilt intresse, bestäms mätperiod för den detaljerade mätningen. Mätperioderna bör för de uttagspunkter där avvikelser kan förväntas läggas där sannolikheten att avvikelser inträffar är som högst (om ett sådant samband kan förväntas).

9.5.5 Tillsynsintervall och val av elnätsföretag för tillsyn

För varje tillsynsperiod väljs ett antal elnätsföretag ut för tillsyn; ett lämpligt antal kan vara c:a 35, vilket skulle innebära att tillsynscykeln för ett elnätsföretag startar om vart 5:e år, och utförs enligt schemat i avsnitt 9.5.4. Första tillsynsåret väljs elnätsföretagen helt slumpmässig. Andra tillsynsåret väljs elnätsföretag slumpmässigt bland dem som inte tidigare utsatts för tillsyn under den pågående 5-årsperioden, osv. Dessutom rekommenderas uppföljande tillsyn för de elnätsföretag och mätpunkter, där brist registrerats.

9.5.6 Val av mätpunkter

Antalet mätpunkter för respektive elnätsföretag för den indikativa tillsynen skulle kunna vara en viss procent av företagets kunder (t ex 0,1%), dock angivet ett minsta antal. Notera att absolutbeloppet av antal mätpunkter som ingår i undersökningen är viktigt för att få en rättvisande bild [39]. För att uppnå en noggrannhet på mindre än 10% fel vid uppskattning av ett distributionssystems medelvärde eller 95-

percentil gällande kortvariga avbrott krävs enligt [39] minst 1000 mätpunkter. Vid en tillsyn av alla elnätsbolag under 5 år skulle totalt minst 1000 mätpunkter per år över hela landet analyseras.

Valet av mätpunkter för den indikativa tillsynen bör ske som en kombination av särskilt intressanta grupper eller områden och en slumpmässighet inom respektive grupp eller område. Det bör lämnas åt elnätsföretagen att välja mätpunkter baserat på de av Energimarknadsinspektionen uppsatta kriterierna. Elnätsföretagen ska i sin redovisning motivera sina val av mätpunkter. För den första indikativa tillsynen kan urvalen ske slumpvis inom följande grupper:

- Punkter med kända brister i elkvaliteten (20 % av totala antalet mätpunkter)
- Punkter med befarade brister i elkvaliteten (20 % av totala antalet mätpunkter)
- Punkter i områden med stor förbrukning (20 % av totala antalet mätpunkter)
- Punkter i områden med hög kundtäthet (20 % av totala antalet mätpunkter)
- Andra punkter av särskilt intresse (20 % av totala antalet mätpunkter)

Efter utvärdering väljs en viss andel av de indikativa mätpunkterna (kanske 10%) ut för särskild mätning, med komplett mätutrustning för elkvalitet. Mätpunkterna inom respektive grupp väljs av Energimarknadsinspektionen i samråd med elnätsföretaget.

Notera att de punkter som ligger nära eller över tröskelvärdena för de spänningskvalitetsparametrar som kan mätas med elmätare inte nödvändigtvis är samma punkter som ligger nära eller över tröskelvärden för övriga spänningskvalitetsparametrar.

9.5.7 Databearbetning och utvärdering

Vi rekommenderar att de utvalda elnätsföretagen själva, baserat på av Energimarknadsinspektionen givna kriterier, tar fram en rapport med bearbetad analys av data. Rapporten kan kompletteras med krav att bakomliggande mätdata ska lagras X år. En annan möjlighet är att Energimarknadsinspektionen samlar in rådata enligt specificerat format och därefter analyserar och sammanställer i egen regi. Ytterligare en möjlighet är att Energimarknasinspektionen (eller en tredje part på uppdrag av Energimarknasinspektionen) äger mätare och data samlas in i ett centralt mätsystem.

Det är angeläget att ta fram rapportstruktur, utvärderingsmallar och nyckeltal för att få en enhetlig och konsekvent tillsyn.

10 DISKUSSION OCH SLUTSATS

Stora förändringar sker, och har skett under ett antal år, i Sverige både vad gäller generering och laster på olika spänningsnivåer i nätet. Detta får konsekvenser för nätens spänningskvalitet och för hur känslig den utrustning som ansluts till näten kan vara. Exempelvis genom att näten innehåller ett ökat antal kraftelektroniska omriktare, vilket medför en ändring både på emissions- och på immunitetssidan. Att se över föreskriften gällande spänningskvalitet är därför väl motiverat.

Ett antal uppdateringar föreslås i denna rapport vilka baseras på DNV GL:s samlade erfarenhet, kunskapsläget i forskningsvärlden, en genomgång av tillsyn och elkvalitet i några relevanta länder samt inhämtade synpunkter från branschrepresentanter.

Några av de föreslagna uppdateringarna motiveras med den förändring och omställning som sker i energisystemet:

- Vi rekommenderar att tröskelnivåerna gällande den 15:e och 21:a spänningsövertonen höjs för lågspänning: H15 från 0,5 % till 1,0 % och H21 från 0,5 % till 0,75 %.
- Vi rekommenderar även att gränsvärdena för THD för högre spänningsnivåer sänks (d.v.s. hårdare krav) så att det finns utrymme för att nå kraven på 8 % i lågspänningsnäten.
- Vi rekommenderar att alla de spänningskvalitetsparametrar som inkluderas i EN 50160 även inkluderas i föreskriften, d.v.s. tillägg av flimmer, mellantoner, supratoner, transienter och signalering på elnätet, även om vi anser att det är för tidigt att komma med faktiska tröskelnivåer.

Några av de föreslagna uppdateringarna motiveras med att synpunkter framkommit om att föreskriften behöver förtydligas och där vi upptäckt att tolkningen av texten görs olika:

- För konsistens med EN 50160 rekommenderar vi även att samma indelningar gällande spänningsnivåer som i EN 50160 används: lågspänning ($\leqslant$ 1 kV), mellanspänning (1 < Un $\leqslant$ 36 kV), och högspänning (36 < Un $\leqslant$ 150 kV).
- Ett antal förslag på omformuleringar ges och vissa stycken som upplevts extra problematiska belyses. Exempelvis föreslås att föreskriften specificerar tre områden för kortvariga spänningssänkningar; ett med god elkvalitet, ett med brist och ett odefinierat område däremellan. Beskrivningen relaterad till område B för kortvariga spänningssänkningar har visat sig orsaka problem för flera elnätsföretag i hur den tolkas och det är därför önskvärt att beskrivningen av vad som förväntas vid kortvariga spänningssänkningar som hamnar inom mellanområdet (B) görs tydligare.

Det som kommit fram vid diskussioner med branschen är att det är väldigt viktigt att föreskriften är tydlig. Den önskade tydligheten kan ofta uppnås i ”Allmänna råd” direkt i föreskriften, alternativt i kompletterande dokument eller referenser. Sådana dokument kan författas av Energimarknadsinspektionen själva eller överlåtas åt branschen i samarbete med Energimarknadsinspektionen[8].

Värt att notera är även att det verkar som att det finns begränsat med kännedom och systematisk forskning om nuvarande störningsnivåer i näten, exempelvis gällande osymmetri. Det verkar även finnas begränsat med kunskap och systematisk forskning om vissa typer av modernare utrustnings

[8] Jämför gärna med branschdokumnet som ALP, AMP och ASP, som ges ut av Energiföretagen Sverig, som komplement till RfG: och EIFS 2018:2.

immunitetsnivåer. Detta bidrar självklart till svårigheten att ange bra tröskelnivåer. Fortsatta studier och forskning för att öka denna kunskap rekommenderas.

Vi rekommenderar även att en fortsatt öppen och inkluderande diskussion med branschen hålls under uppdateringen av föreskriften gällande spänningskvalitet, dels i det fortsatta övergripande projektet, dels efter att projektet avslutas. Exempelvis skulle Energimarknadsinspektionen årligen kunna bjuda in till ett seminarium om elkvalitet.

Vi ser ingen koppling mellan möjliga konsekvenser för kravställning på spänningskvalitet och användning av villkorade avtal enligt den utformning som finns formulerad i Energimarknadsinspektionens regeringsuppdrag för kapacitetsbrist.

DNV GL anser att tillsyn av spänningskvalitet är bra för att sätta fokus på ämnet och understryka att elkvalitet är viktigt. Vi anser att det är rimligt att utveckla tillsynen, från att endast baseras på frågeformulär vid enstaka tillfällen, mot en kontinuerligt återkommande företeelse, som även innehåller faktiska mätningar. Smarta elmätare i uttagspunkter borde kunna nyttjas för en första indikativ tillsyn, vilken kompletteras med en särskild tillsyn, utförd med elkvalitetsmätare för ett mer begränsat antal mätpunkter.

REFERENSER

[1] L. Ström och M. H. K. R. Bollen, ”Paper 0168 VOLTAGE QUALITY REGULATION IN SWEDEN,” i *21st International Conference on Electricity Distribution*, Frankfurt, 2011.

[2] H. Bobadilla Robles, ”Presentation Krav på elkvalitet – spänningskvalitet,” Energimarknadsinspektionen.

[3] L. Ström, *Presentation: Krav på elkvalitet - Hur påverkar det industrin?,* Energimarknadsinspektionen, DNV GL fick ta del av presentationen dec 2020. Troligen framtagen 2011..

[4] J. C4.24, ”POWER QUALITY AND EMC ISSUES WITH FUTURE ELECTRICITY NETWORKS (4.6.8.3),” CIRED, 2018.

[5] ”Power Quality (PQ) Guidelines,” Electricity Engineers’ Association of New Zeeland in conjunction with University of Canterbury and the EPECentre (Revision 3.8), 2012.

[6] *6th CEER benchmarking report on the quality of electricity and gas supply,* CEER, 2016.

[7] M. Bollen, S. Rönnberg och A. Gil de Castro, ”Typical harmonic levels and spectra with low-voltage customers,” i *CIRED 2019 Conference*, 2019.

[8] ”IEC TS 62749 Assessment of Power Quality Characteristics of electricity supplied by public networks,” The International Electrotechnical Commission, 2020.

[9] C. TB799, ”Assessment of conducted disturbances above 2kHz in MV and LV power systems,” 2020.

[10] ”Kommissionens förordning om fastställande av nätföreskrifter med krav för nätanslutning av generatorer, (EU) 2016/631RfG,” EUROPEISKA KOMMISSIONEN, 2016.

[11] *Testing and measurement techniques Power quality measurement methods IEC 61000-4-30,* International Electrotechnical Commission IEC , 2015.

[12] ”Forskrift om levereringskvalitet i kraftsystemet,” Olje- og energidepartementet, 2020.

[13] ”Engineering Recommendation P28 Voltage fluctuations and the connection of disturbing equipment to transmission systems and distribution networks in the United Kingdom,” Energy Networks Association (ENA), 2019.

[14] ”Engineering Recommendation P29 Planning Limits for Voltage Unbalance in the United Kingdom,” Energy Networks Associations (ENA), 1990.

[15] legislation.gov.uk, ”The Electricity Safety, Quality and Continuity Regulations 2002, clause 27 Declaration of phases, frequency and voltage at supply terminals,” 2002. [Online]. Available: https://www.legislation.gov.uk/uksi/2002/2665/regulation/27/made. [Använd 11 11 2020].

[16] ”THE DISTRIBUTION CODE OF LICENSED DISTRIBUTION NETWORK OPERATORS OF GREAT BRITAIN Issue 45,” 2020.

[17] ”Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional Rev 10,” Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, 2018.

[18] *https://www.linkedin.com/feed/update/urn:li:activity:6729297474588094464.*

[19] *Referensgruppsmöte Spänningskvalitet EIFS 2013:1,* 2020-10-29.

[20] E. Axberg, T. Alkefjärd, P. Grahn, C. Jigvall, J. Karlsson, T. Karlsson, S. Pandur, J. Sidén, C. Vendel Nylander och C. J. Wallnerström, ”Kapacitetsutmaningen i elnäten (Ei R2020:06),” Energimarknadsinspektionen, 2020.

[21] ”EN50160:2010/A3:2019 Voltage characteristics of electricity supplied by electricity networks,” CENELEC European Committee for Electrotechnical Standardization , 2019.

[22] T. Westergaard och L. Jaakonantti, ”Ei_R2017_02: Tillsyn avseende leveranskvaliteten i elnäten - Erfarenheter och resultat från tillsyn av leveranskvalitet 2016,” Energimarknadsinspektionen, 2017.

[23] S. riksdag, ”Förordning 1999:716 Om mätning, beräkning och rapportering om överförd el,” [Online]. Available: https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/forordning-1999716-om-matning-berakning-och_sfs-1999-716. [Använd January 2021].

[24] L. Weman Tell, L. Jaakonantti, E. Grahn, T. Ny och R. Husblad, *Funktionskrav på elmätare - Författningsförslag Ei R2017:08,* Energimarknadsinspektionen, 2017.

[25] ”EIFS_2019_5 - Energimarknadsinspektionens föreskrifter om funktionskrav för mätsystem och

mätutrustning," Energimarknadsinspektionen, 2019.

[26] *Europaparlamentets och rådets direktiv 2014/32/EU om harmonisering av medlemsstaternas lagstiftning om tillhandahållande på marknaden av mätinstrument,* Europaparlamentet, 2014.

[27] *Styrelsens för ackreditering och teknisk kontroll (Swedac) föreskrifter om mätinstrument STAFS 2016:1,* SWEDAC Styrelsens för ackreditering och teknisk kontroll , 2016.

[28] *Styrelsens för ackreditering och teknisk kontroll (Swedac) före-skrifter om mätare för aktiv elenergi STAFS 2016:4,* Swedac Styrelsen för ackreditering och teknisk kontroll, 2016.

[29] *EN 50470-1 Electricity metering equipment (a.c.) Part 1: General requirements, tests and test conditions - Metering equipment,* International Electrotechnical Commission, IEC, 2006 .

[30] *EN 50470-3 Electricity metering equipment (a.c.) Part 3: Particular requirements Static meters for active energy (class indexes A, B and C),* International Electrotechnical Commission, IEC, 2006.

[31] L. Weman Tell, L. Jaakonantti, E. Grahn, T. Ny och R. Husblad, "Ei_R2017_08 - Funktionskrav på elmätare – Författningsförslag," Energimarknadsinspektionen, 2017.

[32] *Datablad OMNIPOWER trefasmätare,* Kamstrup A/S, 2020.

[33] *SMART AM550 Modular Electricity meter,* Iskraemeco .

[34] *Forskrift om systemansvaret i kraftsystemet,* Olje- og energidepartementet, 2002 senast ändrad 20200701.

[35] *Omfang av henvendelser om leveringskvalitet - Registrerte henvendelser hos norske nettselskap i perioden 2014-2016,* NVE, 2018.

[36] "Netbeheer Nederland - Voltage quality," [Online]. Available: https://www.netbeheernederland.nl/spanningskwaliteit.

[37] "Netbeheer Nederland - Publications," [Online]. Available: https://www.netbeheernederland.nl/publicaties-en-codes/publicaties.

[38] "Spanningskwaliteit in Nederland - Resultaten 2019," April 2020. [Online]. Available: https://www.netbeheernederland.nl/_upload/Files/Spanningskwaliteit_in_Nederland_2019_172.pdf.

[39] S. Rönnberg och M. Bollen, "Estimating system indices for short interruptions from data obtained by a limited number of monitors," 2017.

[40] C. o. E. E. R. CEER, "Guidelines of Good Practice on the Implementation and Use of Voltage Quality Monitoring Systems for Regulatory Purposes," 2012. [Online]. Available: https://www.ceer.eu/documents/104400/-/-/bdd2c6cb-5ccf-b342-2728-3e6c38536daf..

[41] M. V. Costa, J. M. Filho, R. C. Leborgne och N. B. Pereira, "A novel methodology for determining the voltage sag Impact Factor," *Electric Power Systems Research 174 (2019) 105865,* 2019.

[42] *Energimarknadsinspektionens författningssamling - Energimarknadsinspektionens föreskrifterom funktionskrav för mätsystem och mätutrustning EIFS 2019:5,* Energimarknadsinspektionen, 2019.

[43] T. Pehrsson, Interviewee, [Intervju]. Januari 2021.

APPENDIX A

Sammanställning diskussionsfrågor

Tabell 9 redovisar de svar DNV GL fick in på det frågeunderlag som distribuerades till olika branschrepresentanter. För de representanter som mer fritt gav sina åsikter har dessa kategoriserats under den fråga som ansågs passa bäst för att ger en bättre översikt. I kolumnen för svarande anges endast det företag som representanten arbetar för (eller en beskrivning representantens roll relaterat elkvalitet). Notera att denna åsikt inte nödvändigtvis representerar hela bolagets åsikt.

Tabell 9 Sammanställning av inskickade svar på diskussionsfrågor gällande föreskriften

Fråga	Svar	Svarande
Upplever ni problem med dagens spänningskvalitet (dvs. situationer då spänningen fortfarande ligger inom gränsen men det uppstår problem ändå)?	Ja, spänningsdippar kan vara ett problem även inom gränsvärden.	Vattenfall
	Ja, det har hänt att kunder klagar, upplever dålig spänningskvalitet, trots att mätningar visar på god kvalitet. Vi som elnätsföretag upplever inte problemen men våra kunder gör det.	GENAB
	Nej	AZELIO
	Yes, even if the voltage is within the limit. Mostly, some harmonic distortion levels, flicker (Pst levels), resonances around high frequency resonances that may lead potential telephone interference.	AFRY T&D
	Ja, våra kunder märker ofta av sättningar på 130 kV och 400 kV nätet. Ibland oftare och ibland mer sällan. Vi upplever ett mer ”känsligt” nät då det händer saker så som felbortkopplingar.	Österlens Kraft
	Ja, viktigast för industrin är exempelvis tillgänglig kortslutningseffekt och vid omläggningar i regionnätet är detta inte alltid det regionnätet tänker på. Men även ändringar av ledningslängd i överliggande ledningsnät ger ändrade spänningsnivåer.	Sandvik
	Ja, det finns exempel på problem i kundanläggning (0,4kV) som kvarstått (t.ex. blinkningar i lampor) även om rapport kring elkvalitet kunnat godkännas utifrån kriterier i EIFS 2013:1. Kunden upplever då problem trots att spänningen är inom gränsvärden.	Ellevio

Har ni upplevt motsatt situation, d.v.s. då spänningen inte uppfyller kraven (regelbundet och/eller under en längre tid) utan att det uppvisat problem?	Ja, många kunder klarar spänningsdippar som ligger utanför gränsvärden.	Vattenfall
	Nej, vi har bevakning av spänningskvalitet på nedsidan av krafttransformatorer på 10 kV och vi har inte upplevt några problem på den nivån.	GENAB
	Nej	AZELIO
	There are situations that this would emerge that are not detected as they are usually resolved when there is a dynamic shunt compensating device connected for example. However, this means sometimes that those devices are running at/close by their full capacity (using their dynamic reserve) and any failure may result in lack of readiness for the system to react. Such situation would emerge after decommissioning some of the nuclear plants that play a role in maintaining the network strength, e.g. the situation post decommissioning of Ringhals nuclear power plant which played an important role in maintaining the voltage in the nearby area with a large reactive power capacity for both production and absorption. There were observed situations of high flicker in two areas in Sweden nearby steel plants, in both locations there were violations on the flicker levels. One of which, the levels were almost 3 times the limit. There are cases nearby onshore wind farms in northern Sweden, at which some resonances were detected around the 13th and 14th order harmonics without affecting the remaining system quality as a whole.	AFRY T&D
	Nja, Vi hade ett exempel då vi hamnade i lite ö-drift med vindkraft, men det var verkligen exceptionellt och inget vanligt. Inga fel rapporterades från våra kunder. Det är snabba sättningar i nätet som vi upplever. Ibland är de tydliga men ibland ligger de gränszonen.	Österlens Kraft
	Nej	Sandvik
	Svårt att svara på för vår del då vi endast får kundinitierade ärenden och om kunden inte	Ellevio

	upplever problem så hör de inte heller av sig.	
Känner ni oro inför spänningskvaliteten framöver?	Lokal produktion gör det svårare att hålla spänningsnivån rätt.	Vattenfall
	Det finns oro inför de nya laster och produktionsanläggningar som ansluts, främst de med omriktare (elbilar och solceller framförallt). Det finns också oro för spänningsvariationer från större solcellsanläggningar (> 1 MW) som ansluts i ordinarie distributionsnät. Har egentligen för lite underlag för att kunna dra några slutsatser.	E.ON
	Ja, vi känner oro på grund av lokal produktion på 0,4 kV nivån, laddningsinfrastruktur, hur spänningskvalitet försämring kan spridas sig i nätet på grund av kraftelektronik.	GENAB
	Ja, med fler intermittenta energikällor (sol och vind) kommer risken för försämrad spänningskvalitet öka. Det kommer bli problem att möta efterfrågan, vi ser att behovet av distribuerade lagringslösningar kommer vara viktigt för att stabilisera spännings kvalitet. Det finns begränsad mängd snabb frekvensregler-kapacitet i nätet idag.	AZELIO
	Oro för att vi kör ner egenresonansfrekvensen i 132 kV näten. Oro över förmycket produktion av reaktiv effekt i näten tillsammans med ev. filterinstallation av övertonsfilter hos kunderna. Oro för att köra nätdelar med svag matning – uppbyggnadssituationer efter stora avbrott eller reservkraft i lågspänningsnät.	Öresundskraft
	There are concerns where there is no clear differentiation between planning and compatibility levels and how to count for background harmonics. Short term distortion levels are not specified and should be addressed. The amplification of harmonics from the given voltage levels in the EIFS 2013:1 report to the transmission HV levels may get overlooked.	AFRY T&D

	Telephone interference increase caused by power influence There is a risk with the methodology of rating of some critical devices in the power system with regards to harmonics and THD. The method is not clearly defined as it is today. In many countries with increased presence of shunt devices and long cables, it has been observed that the system resonances continuously shift and hence the regulator need to adjust the planning levels. There are concerns of amplification of background harmonic distortions in areas where Wind Power Plants WPP with long HV connections due to resonances caused by the offshore WPP electrical infrastructure as well as the onshore and offshore transmission system. During low power production or in some cases under normal production, the background harmonic distortion in the onshore grid can potentially be amplified towards the offshore WPP leading to potential design or compliance issues both at the PoC. Such harmonics amplification at different locations within the WPP and transmission system electrical infrastructure can possibly bring concerns in relation to estimated harmonic voltage distortion levels or limits specified in grid codes.	
	Ja, absolut. Märker tydligt när de kopplade bort kärnkraften OKG och vi hade lite åskstörningar. Saknar verkligen svängmassan här nere i södra Sverige.	Österlens Kraft
	Ja, dialogen från energiföretagen är oftast utifrån regionnätägarens perspektiv och inte anslutna industriers perspektiv. Industrin anser att nätägarna måste säkerställa förutsättningar för etablerade tung industri att vara verksam, Dvs kunna erbjuda ett starkt och robust elnät med tillräcklig kortslutningseffekt	Sandvik
	Ja, med ökande andel decentraliserad produktion lär spänningsproblemen öka successivt. Vi får redan idag in enstaka spänningsklagomål som kan härledas till produktion från mikroproduktionsanläggningar i svaga/äldre nät och allt eftersom antalet installationer	Ellevio

	ökar så lär man se ökad problematik. Med tanke på ökningen som väntas på elbilsfronten och de utmaningar som det för med sig så finns även där en viss risk för försämrad spänningskvalitet i framtiden. Kunder kommer mer och mer bli prosumenter och mönstren kring uttag/produktion kommer därför att ändras jämfört med idag och förmodligen ställa högre krav på spänningsreglering.	
Hur ser ni på kravställningen i dagens föreskrift?		
Generell kommentar	There is a need for more requirements to be added, both on the power quality aspects but also on the system interactions that compromise system quality.	AFRY T&D
	En viktig fråga kring kravställningen i dagens föreskrift är vilken emission en enskild kund ska få bidra med? Ska en kund kunna lägga beslag på hela störutrymmet eller ska det finnas utrymme för flera? Och det kan ju heller knappast vara ett mål att man ska komma upp till kompatibilitetsnivån så fort som möjligt. Det har gjort försök tidigare inom ramen för dåvarande Elforsk att sätta gemensamma gränser för vad man ska tillåta men det fanns olika uppfattningar mellan nätbolagen och projektet kom inte i mål. En annan stor fråga nu och framåt är ju utbyggnaden av solceller och laddplatser som båda genererar övertoner och kanske även mellantoner. Det är därför viktigt att ställa krav och följa upp redan från början. Även vindkraften producerar övertoner men där verkar man ha koll på läget utifrån det vi har sett så här långt.	Ellevio
	Jag misstänker att industrin generellt knappt har koll på denna föreskrift, vi tillämpar den mycket sällan i upphandlingar eller inom verksamheten. Våra konsulter som stöttar oss kompetensmässigt har ingen koll på detta. Därför upplever vi att vi får stora störningar av alla dippar, det får vi också. Här skulle jag påstå att vi inte har gjort allt vi kunnat. Tror vi är dåliga på att följa upp vad som faller ifrån och vad som orsakar själva störningen som kan kosta stora pengar. Ser man på tiderna kring 200 ms så borde det inte vara så svårt att skaffa sig immunitet. Tror exempelvis att komponentval kan påverka rent generellt, då det troligtvis finns sådana som inte är lika känsliga för denna typ av korta spänningsdippar.	SSAB

	Det största problemet för oss i alla fall i norra Sverige med hyfsat stabila nät är korta spänningssänkningar. Men hur det ser ut om 5-10 år med dom tänkta etableringarna samt mer vindkraft är en annan sak. Kanske värt att börja försöka skapa spelregler. Gällande standarder så upplever jag från industriperspektivet för stor skillnad inom ”elkvalitet” mellan: SS-EN 50160 som är för nätägare SS-EN 61000-2- för industrinät Samt sedan dessa för olika apparat tillverkare Framförallt att de inte hänger ihop utan skapar ett område som igen hanterar. Jag tror att många industrier samt även nätbolag skulle vara hjälpt av att det vågades lite mer i föreskrifter. Är som samhället i övrigt, att få gehörs för någon persons åsikter är inte alltid lätt, om däremot finns att hänvisa till vad någon annan har upprättat så väger det tyngre oavsett innehållet.	
	En intressant sak jag noterar (som förvisso inte ingår i 7 kap) är begreppet ”referensspänning”, vilken ju återfinns även i EIFS 2018:2, 2 kap, 2 §. Vald referensspänning påverkar ju kraven ganska påtagligt, men det är lite löst hur den väljs, speciellt i EIFS 2018:2. Det vore olyckligt om en nätägare tillämpade olika värden för de olika föreskrifterna…	Statkraft
	Överföringen ska enligt ellagen vara av god kvalitet Brister ska enligt ellagen åtgärdas, om det är rimligt. Överföringen av el är god om den uppfyller krav enligt föreskriften. Överföringen av el är bristande om olägenheter uppstår i samband med att god elkvalitet inte uppfylls.	Vattenfall

	Brister ska åtgärdas om det är rimligt i relation till olägenheter. Föreskriften bör därför fokusera på och vara tydligt om vad som är god elkvalitet. För att behålla denna tydlighet bör uttryck om rimliga åtgärder i relation till olägenheter uttryckas separat.	
	Den stora slutsatsen från Elvis projektet (2000-2002) var att det var betydligt mer optimalt att se över den industriella processen än att lägga pengar i det befintliga nätet.	Vattenfall (representant 2)
	Det är bra med väl underbyggda gränsvärden för olika elkvalitetsparametrar. De flesta elkvalitetsproblem som jag jobbat med på senare tid handlade om transienter, spänningsvariationer vid omkopplingar, ultratoner och spänningsdippar och för dessa fenomen finns det knappt några bra gränsvärden.	En konsult som jobbarmed elkvalitetsmätningar åt industrier och elnätsföretagnätbolag
	De vi har problem med är oftast störningar i nätet i form av spänningsdippar och kortvariga strömavbrott. Oftast går det bra vid ett avbrott då maskinerna hinner ”ladda” ur sig, problemen dyker oftast upp när spänningen kommer tillbaka snabbt. Man försöker tidsfördröja tillslag av maskinerna och då fungerar det bättre.	Representanter från ett sjukhus
Är det bra parametrar?	Bättre överenstämmelse med standarden 50160 där, flimmer ingår, vore rimligt. Det behövs ett tydligare uttryck vad föreskriften syftar till.	Vattenfall
	Överlag bra. Avsaknad av flimmer i föreskriften har lett till frågeställningar i vissa fall. Eventuellt skulle man kunna föra in hur nätägaren ska hantera störutrymme mellan olika kunder i ett nät.	E.ON
	Ja	GENAB
	Vi anser att det är tillräckligt med parametrar.	AZELIO
	From power quality point of view, tn some SvK documents, other than EIFS 2013:1, there are more clear requirements. However, similar to what is addressed above, the following requirements are suggested to be added:	AFRY T&D

	1. Differentiating planning and compatibility levels and how to count for background harmonics. 2. Short term distortion levels are not specified and should be addressed. 3. The harmonic levels for HV levels 4. Harmonic current distortion levels 5. THD levels at different voltage levels 6. Telephone interference in form of TIF and IT should be added.	
	Viktigt att kraven är dubbelriktade och rimliga	Sandvik
	Tycker att föreskriften är en bra balansgång mellan de krav industrin kan ställa, och de krav som nätägaren ska uppfylla	Förening Industriell Elektronik (FIE)
	Vi tittar endast vid enstaka tillfällen på Spänning. Det är oftast när det har varit störningar i form av åska eller andra störningar i nätet i närområdet.	Stora Enso
Är utformningen för tröskelnivåerna bra? (Exempelvis så är kraven gällande kortvariga- och snabba spänningsändringar olika för referensspänningar över resp. under 45 kV.)	Det ska bara vara en enda skiljelinje mellan bra och dåligt. 100 % giltighet istället för 95 % som i standarden är väldigt definitivt. 99 % kanske är mer rimligt? Det största behovet av en översyn i EIFS2013:1 gäller kortvarig spänningssänkning och uppdelningen i kategorierna A, B och C. Hela idén med område A, B och C bygger på ett angreppssätt där ansvaret fördelas mellan elnätsföretag och kund, men resonemanget blir orimligt eftersom föreskriften endast avser reglera att överföring av el ska vara av god kvalitet. Det finns en bakomliggande tanke om att det är antalet spänningssänkningar i varje kategori som ska regleras och därmed driva fram en förbättring, men föreskriften är inte utformad så. Område B blir en gråzon både för kunderna och elnätsföretagen vilket innebär att det inte finns förutsättningar för att värdera område B.	Vattenfall

	Indelningen i A, B och C gör nätägarens ansvar mot kund mycket otydligt. Naturlig förekomst i B gör att fokus inte blir tillräckligt stort på dessa. Ekonomiska argument för att tolka B är mycket otydligt. Antalet dippar var ett regleringsperspektiv, men kunden reagerar dipp för dipp. Att kund störs av svåra dippar ska inte innebära en föreskrift mot nätägaren. Det är helt orimligt att alla spänningsdippar under 40 % hamnar utanför område A, det blir en föreskrift mot otur. *Figurer vilka illustrerar uppmätta spänningsdippar inkluderas sist i detta Appendix.* Dippar som är djupa en mycket kort tid, men med lång återhämning, kategoriseras inte rättvist. Dippar är inte tillräckligt definierade för att förbjudas i en föreskrift.	
	En branschrepresentant från Vattenfall önskar ge följande förtydligande gällande feltyper: När det gäller feltyper är det viktigast att skilja på den initiala orsaken. Majoriteten av fel på högre spänningar (inga trädfel) är initialt enfasfel p.g.a. åska. Resultaten påverkas då främst av två faktorer: • Ledningens uppbyggnad (jordad regel eller inte) Med en isolerad regel blir resultatet av dessa enfasfel i mer än 90 % en trefasig kortslutning • Övergångsmotståndet till jord Vattenfall har återinfört ”jordad regel” vid ny/om-byggnad eftersom man vid en åskstörning förhoppningsvis då enbart får ett jordfel istället för en tre-fas kortslutning. Ett stumt enfas jordfel på överliggande nät innebär för kund att han i regel har 40 – 70 % spänning på två faser och den tredje orörd istället för ”0” på alla faser. Sverige har ingen (2012) produktion i underliggande nät som kan hålla uppe spänningen vid fel.	Vattenfall (representant 2)

	Det innebär att en dipp i det maskade region/stamnätet slår mer eller mindre rakt igenom ända till vägguttaget utan att bry sig om koncessionsgränser etc. Den undre kurvan för kortvariga spänningssänkningar (Tabell 3) kräver i princip momentan bortkoppling av kortslutningar eller att alla leverans-punkter har egen UPS. Kraven för kortvariga spänningsförändringar sänktes i EIFS. Här fanns tidigare en bransch-praxis på 3 % för dygns och 5 % för mer sällsynta händelser men det gillades inte av industrin som ville direktstarta stora motorer.	
	Vi ser gärna en ändring då vi har 40- och 50 kV nät som vi gärna vill behandla på samma sätt. Gränsen på 45 kV är olycklig i detta perspektiv.	E.ON
	Vi skulle vilja se någon åtgärd (område B) för dippar djupare än 60 %.	GENAB
	Vi anser att tröskelnivåerna för spänningsändringar och frekvensvariationer bör skärpas. Orsak till detta är: Högre krav på elnätet kommer ge ett mer robust nät vilket leder till färre fel. Högre robusthet i nätet kommer gynna ytterligare implementering av intermittenta energikällor.	AZELIO
	Angående kortvariga spänningsändringar -dippar- över respektive under 45kV. För närvarande täckes vanliga lågspänningssystem av tabell 3. De allra vanligaste lågspänningsnäten har svårt att uppfylla tabell 3:s krav. Vi föreslår att ytterligare en tabell tas fram för dessa vanliga lågspänningsnät som har mera harmoni med dagens verklighet. Grunden till detta är att om lågspänningsnäten skulle byggas om för att uppfylla tabell 3 kraven, så skulle detta troligen kosta samhället stora summor och att kunder i dessa lågspänningsnät normalt inte har en verksamhet av processkaraktär där dippar orsakar stora kostnader. Utöver ovan är dippar på grund av fel i lågspänningsnät ovanliga eftersom dessa nät har en begränsad storlek.	Öresundskraft
	There are no comments on the maximum voltage change and the stationary voltage levels other than the maximum should be made clear as instantaneous value.	AFRY T&D

	The document lacks figures that demonstrate the characterisation and quantification of a Rapid Voltage Change (RVC)	
	Är inte fullt insatt i detta, men många av kraven vi har kan vi inte påverka, tex det är SvK som orsakar det. Det är tråkigt att ha fel och sen inte kunna påverka felet då det inte ligger inom vårt område. Då brukar företag vilja hota med flytt och vi kan inte komma vidare med problemlösningen. Vi har problem med överspänning i lsp nätet på grund av solceller. Regelverket borde ställa krav på att reglera ner solceller om spänning blir för hög än att frånkoppla hela anläggningen. Resultatet blir att anläggningen kopplar in och ur sig hela tiden.	Österlens Kraft
	Egentligen borde man ta bort område B, som jag ser det gör det ingen nytta, men i vilket fall minska. För är ingen ansvarig så kommer inget att hända. Alla åtgärder kostar pengar. Kanske borde föreskriften ha en lite text om att det finns en skyldighet för kunder att analysera och genomföra åtgärder för störningar med varaktighet ca 300 ms och typ en kvarvarade spänning under störningen på medelvärdet 70%. Tyvärr är det ofta så att även fast incitamentet borde finnas utan föreskrifter så kan det vara svårt att få gehör i en organisation, framförallt om det innebär kostnad eller att ”andra” ska utföra ett arbete. Då är det bra även internt med en förskrift att kunna nyttja.	SSAB
Är tröskelnivåerna bra?	Föreskriften för < 45 kV, max 40 % vid NOLL-200 ms är fullständigt orimligt.	Vattenfall
	Gällande tabell 3; Det är inte praktiskt möjligt att koppla bort fel så snabbt så att vi inte hamnar kortvarigt i område B. Lämpligen borde område A gå ner till 0 spänning under åtminstone 100 ms.	E.ON
	Överlag bra.	GENAB
	Se tidigare svar	AZELIO
	Angående kortvariga spänningsändringar -dippar- över respektive under 45 kV. I tabell 4 sträcker sig A området ner till noll under 100 ms. I tabell 3 sträcker sig A området endast	Öresundskraft

	ner till 40 %. Då vanligtvis spänningssystem under 45 kV är matade av spänningssystem över 45 kV får en spänningssänkning normalt påverkan på underliggande system. Vi efterlyser mera harmoni mellan systemen vid kommande revidering. Det blir problematiskt att ha samma THD värde för alla spänningsnivåer. De krav som överliggande nät ställer på THD för ström blir svåra att klara då inmatande spänning tillåts ha en hög THD för spänning.	
	Please refer to the reports made to the National Grid (UK) describing proposals to modify the Grid Code limits on the Rapid Voltage Changes which can occur because of planned Transmission system and Transmission User operations	AFRY T&D
	Tröskelnivåerna är inget problem i ett nät med oändlig kortslutningseffekt. Frågan svår att besvara ja eller nej på	Sandvik
	De parametrar i föreskriften som är mest kritiska för industrin och som absolut inte får ändras är § 7och 8 (kortvariga spänningsändringar). Om dessa värden ändras så att det tillåts sänkning till lägre spänningsnivå innebär det stora problem och kostnader för industrin. Spänningssänkningar ner till de angivna värdena som finns i § 7 och 8 ska industrin själva kunna förebygga och hantera, medan spänningssänkningar som går under dessa värden ska åtgärdas i elnäten. Åtgärderna i elnäten kan då ekonomiskt fördelas/hanteras mellan nätägaren och de industrier som är berörda eftersom det är en förbättringsåtgärd som alla har nytta av. THD är ett problem som industrin har lärt sig att leva med och kan hantera. Om nätägaren vill skärpa kraven på industrin så föreslår jag en dialog direkt mellan industrin och nätägaren för att hitta en rimlig nivå för båda parter. Tror att industrin generellt kan hantera något högre gränsvärden men det måste till en dialog för att förstå varandras problem. Industrin vill ju precis som nätägaren ha en så bra spänning som möjligt. Flimmer är också en fråga som måste diskuteras.	Förening Industriell Elektronik (FIE)
	Tröskelvärdet för långsamma spänningsvariationer (tiominutersvärden) skulle kunna	Ellevio

	korrigeras för att ta hänsyn till nya apparater, t.ex. LED-belysning som ofta inte klarar av att drivas på inkommande spänning under 210-215V (idag är det tillåtet att ha spänningsändring ner till 207V, 230V-10%. Läser man en spänningskvalitetsstandard eller föreskriften står THD max åtta procent men läser man 60076-1 om krafttransformatorer står det att de ska klara THD max fem procent och där jämna toner får vara max en procent. Åtta procent som det står i föreskriften är med andra ord inte tillämpbart.	
	Rent praktiskt tror jag inte det går att få tider på störningar(sänkningar) under 100 - 150 ms, så den tiden anser jag inte är så mycket att bråka om. Dock bör man kunna komma ner i tider för dessa till en rimlig kostnad med reläkom och korrekta inställningar, framförallt i maskade nät. Borde även vara den missta kostnaden för samhället. Djupet kanske är även lite svårt att göra något åt på många håll i Sverige, beroende på hur olika ”starka” våra nät är i förhållande till laster. Dock anser jag att område C inte är relevant gällande tiden för de spänningssänkningar med högre kvarvarande innehåll. För i praktiken handlar det om felbortkoppling och ofta i maskade nät, även fast det bara vore radiellt så förstår jag inte tider på över 600 ms.	SSAB
	I dagsläget är övertoner normalt inget allvarligt problem, mer än i lokala fall och då oftast i samband med resonansförstärkning med kondensatorbatterier. Lämpliga gränsvärden för övertoner måste finnas, samt att de bör vara koordinerade för de olika näten eftersom övertonerna sprider sig. De problem som kan uppträda vid höga övertonshalter i spänningen är bl. a överhettning av transformatorer, motorer och generatorer, dvs. objekt som normalt är dimensionerade för att arbeta med låga övertonsnivåer i spänningen och som själva inte genererar nämnvärt med övertonsströmmar. Vid höga övertonsnivåer leder detta till att märkdata för dessa apparater måste reduceras. Det är viktigt att snäva gränsvärden gällande osymmetri finns annars krävs omdimensionering av asynkronmotorer vilket påverkar hela hjälpkraftsystem och kan bli	OKG

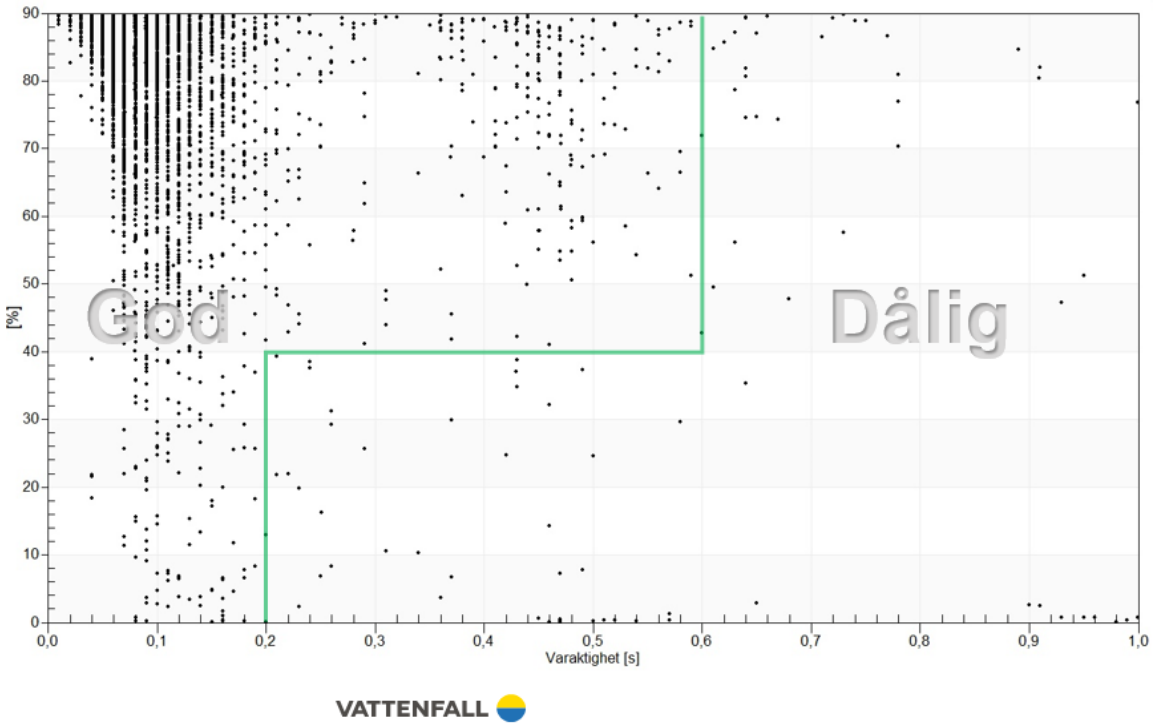
	mycket omfattande/dyrt. Redan en osymmetri på 2 % medför att maximalt uttagbar effekt från en asynkronmotor, pga. ökade tillsatsförluster i rotorn, reduceras till ca 95 %.	
	I ett projekt tillsammans med DELFT 2005 undersöktes påverkan av obalans och övertoner på synkrona maskiner. En ökad nivå av övertoner och obalans skapar mekaniskt slitage vilket kan leda till ökat behov av underhåll (och därmed ökade kostnader) eller i värsta fall förkortad livslängd eller haveri. Denna aspekt är viktig att ha i åtanke om gränserna för övertoner höjs i transmissionsnäten (vilket verkar vara tendenser i övriga Europa?) inte minst med tanke på att Sverige har en stor andel vattenkraft vilken driver stora synkronmaskiner.	Utredning av DNV GL
	Gränsvärden för övertoner är inte för snäva, tvärtom, mera generösa än t.ex. IEEE 519. 8 % THD för spänningar upp till 150 kV är alldeles för högt och kan leda till problem i kundanläggningar p.g.a. t.ex. serieresonanser med tanke på att det finns kondensatorer i nästan alla omvandlare och belysning. Gällande Par. 6, Kortvarig spänningssänkning, skjuter man hela ansvaret för att åtgärda driftstopp pga. spänningsdippar på kunden då de flesta driftstörningar orsakas av spänningssänkningar i området A. Samhällsekonomisk skulle det nog vara bättre att åtgärda problemen centralt på nätet men det skulle krävas större investeringar hos elnätsföretagen.	En konsult som jobbar med elkvalitetsmätningar åt industrier och elnätsföretagnätbolag
(Elnätsföretag) Hur ofta ställer ni krav utöver de som finns i föreskriften? Gällande vad?	Kund får inte störa annan kund, det är ett vanligt krav vid flimmer.	Vattenfall
	För regionnätskunder ställer vi krav på flimmer, Pst och Plt samt mellantoner.	E.ON
	Energimarknadsinspektionens föreskrifter (EIFS 2013:1) samt främst nätnormerna SS-EN 50 160, SS-EN 61000-2-2 och SS-EN 61000-2-12 är de dokument som anger vilken kvalitet som skall hållas i elnätet.	GENAB

	Vi försöker informera kunder att köpa utrustning som klarar minst dessa krav. Men det kostar tyvärr lite förmycket för dem ibland då det kan vara stora maskiner och man väljer då flytta dem till annan placering/ort/land.	Österlen Kraft
	Branschpraxis för beräkning av långsamma spänningsvariationer vid inkoppling av produktion till 0,4kV-nätet som vi använder (ALP-handboken) har strängare gränsvärden för spänningsvariation (5% i anslutningspunkt) än föreskriften (10%), i dessa lägen räknar vi också bakåt i nätet och tittar på sammankopplingspunkter och det är delvis ett strängare krav.	Ellevio
Använder ni interna planeringsnivåer som är striktare än kraven enligt föreskriften?	Ja	Vattenfall
	Ja	E.ON
	Ja, cirka hälften av lagställda kraven.	GENAB
	Ja, men det handlar om eventuella högre laster i form av laddare/solceller.	Österlen Kraft
	För konsumenter som exempelvis nya villakunder har vi regelverk för nätstyrka. Detta för att i första hand motverka elkvalitet i form av spänningsändringar. Kraven på nätstyrka (planeringsnivån) är striktare än föreskriften. Exempelvis måste en nyanslutning ha tillräcklig nätstyrka för att vid nyttjande av hela sin effekt (säkringsstorlek) inte påverka sammankopplingspunkten mer än 3% samt anslutningspunkten mer än 5%. För småhus är regelverket något striktare då de flesta lasterna är av enfaskaraktär.	Ellevio
Hur översätter ni krav eller planeringsnivåer i spänning till emissionskrav (strömgränser)?	Vi har börjat tillämpa ett begrepp vi kallar uttagsrätt med avseende på elkvalitet.	Vattenfall
	Vi har tagit fram ett kravdokument för regionnätskunder där först spänningens egenskaper (nätägarens ansvar) beskrivs och sedan återverkan från kundanläggning (ström, kundens ansvar). Kraven på kunden utgår ifrån en referensström som är beräknad utifrån abonnerad effekt.	E.ON

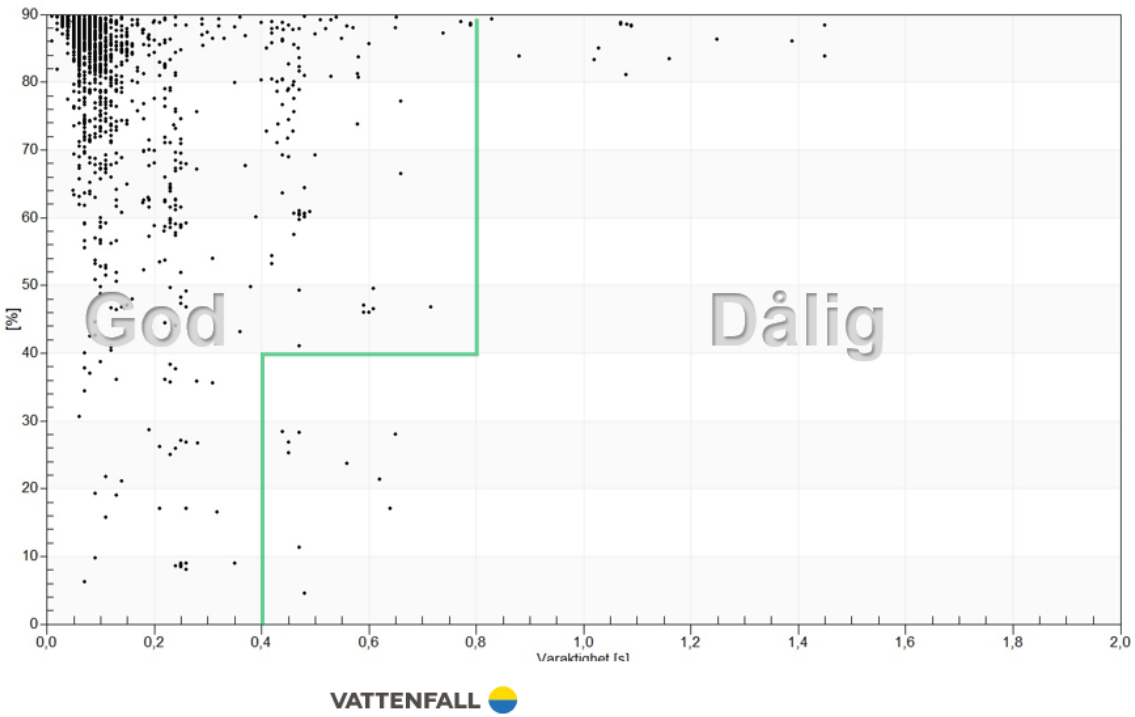
Har ni information om befintliga nivåer i era nät?	De är inget vi publicerar.	Vattenfall
	Väldigt lite information, har i princip inga fasta mätare.	E.ON
	Nej	GENAB
	Vi har loggat många år hur kvaliteten ser ut från vårt elnätsföretag (E.ON) och har börjat med stationsmätning. Dock har numera våra elmätare också information om överspänning, THD samt mycket mer.	Österlen Kraft
	Nej framgår ej av vårt avtal med regionnätet	Sandvik
	Upplevs från vår sida att detta inte är fallet, information om t.ex. spänning på transformatorers lågspänningssida saknas i stor utsträckning. Kommer dock att förbättras generellt efter utrullning av nya generationens mätare.	Ellevio
Hur stor andel av era stationer har mätutrustning?	En stor andel.	Vattenfall
	I princip inga.	E.ON
	Elkvalitetsmätning kontinuerligt Bara i stationer 130/10 kV	GENAB
	Just nu 1 % men vi kommer ha 100 % inom 2 år.	Österlen Kraft
	Alla	Sandvik
	Nätstationer saknar i dagsläget mätutrustning för elkvalitet. Vi har ambition att nyttja de smarta elmätarna för att få mer information om elkvalitéten i näten. En andel nätstationer ska också utrustas med mätning av lågspänning och då finns kvaliteten med som en parameter vi önskar ha koll på. Att både kunna mäta i överlämningspunkt hos kunder och i matande nätstation bygger bättre förståelse för vad som orsakar dålig elkvalitét. På sikt vill vi gärna jobba proaktivt med frågan och hitta problem innan de uppstår som kundklagomål.	Ellevio
Vilken typ av stationer har mätutrustning?	Utbyggnad av elkvalitetsmätning började med fokus på känsliga kunder, men det används mycket bredare idag.	Vattenfall

	I princip inga.	E.ON
	En vanligt strömtrafomätare för debitering klass B. Där får vi indikering om felaktiga nivåer, men kan inte hämta hem någon störningsfil.	Österlen Kraft
	Alla grupper i 135 kV / 42,5 kV / 11 kV / 6 kV och 3,25 kV har klass A instrument för elkvalitets mätning samt ca 50 % av alla lågspänningsstationer	Sandvik
	Regionnätsstationer	Ellevio
Hur används data?	Som underlag i kundärenden samt till utredningar och dimensionering.	Vattenfall
	Används för bevakning av elkvalitet mot regionnät, får riktning för störningar.	GENAB
	Mest för att se flödet och titta på förluster. Mätarna hemma hos kund tittar vi på elkvalitet efter debiteringsmätning.	Österlen Kraft
	Varje mätare redovisar veckorapporter mot gällande standard samt så visualiseras störningar i vårt elnät på en intern ”el-portal” på företagets intranät	Sandvik
Blir ni ofta kravställda utöver de krav som finns i föreskriften?	Nej	Vattenfall
	Nej (Ibland ställer kunder krav på åtgärder trots att elkvaliteten ligger inom föreskrifternas gränser.)	GENAB
	Nej	AZELIO
	Stabiliteten typ dippar m.m.	Österlen Kraft
	Regionnätet försöker skärpa kraven för att kunna ansluta övrig borgerlig last till det industriella regionnät vi idag är anslutna till.	Sandvik

Figur 25 och Figur 26 visar förslag från Vattenfalls representant på hur hen anser att skiljelinjen för ett område med bra respektive dålig elkvalitet bör gå baserat på mätningar.



Figur 25 Förslag baserat på mätningar från 22 slumpmässigt utvalda 130 kV stationer (2011-2019)



Figur 26 Förslag baserat på mätningar från 9 slumpmässigt utvalda 10 kV stationer (2016-2019)

APPENDIX B

EIFS 2013:1 kapitel 7 – Spänningskvalitet – Ett utkast till reviderad text

Föreliggande appendix är en ansats att skriva om föreskriftens kapitel 7, i ett första steg. Det är därför endast de mest akuta och mest uppenbara förändringarna som har tagits med. Rapportens huvuddokument innehåller ett större antal mer genomgripande förslag på förändringar och kompletteringar, som inte rymts att vidareutveckla och genomarbeta inom ramen för detta begränsade uppdrag exempelvis de nya spänningskvalitetsparametrar som föreslås att adderas.

Den ursprungliga, nuvarande texten i EIFS 2013:1 återges i blått. Förslag till ny text återges i rött och kommentarer återges i svart text.

1 § Överföringen av el, med avseende på spänningskvalitet, är av god kvalitet när spänningens egenskaper, uppmätta i enlighet med SS-EN 61000-4-30 (mätklass A), uppfyller de krav som framgår av 2–9 §§.

Allmänt råd
För referensspänningar upp till och med 1 000 volt bestäms spänningens egenskaper med fasspänningar som utgångspunkt.
För referensspänningar över 1 000 volt bestäms spänningens egenskaper med huvudspänningar som utgångspunkt.

Vi föreslår följande text:
Allmänt råd
Vid bedömningen av vad som utgör rimliga åtgärder i förhållande till olägenheterna (enlig ellagen 3 kap. 9 §), för att avhjälpa brist i elöverföringens kvalitet, kan exempelvis historiska data, andra liknande nät under liknande förhållanden, tekniska möjligheter, god branschpraxis samt kostnader för åtgärderna beaktas.

Kommentar: Den ursprungliga texten i §1 och det allmänna rådet är ok, vi föreslår inga förändringar. Dock har vi flyttat fram det allmänna rådet från §6 till §1, och den förklarande texten ”för att avhjälpa brist i elöverföringens kvalitet”, har lagts till.

Notera att det in detta förslaget inte ingår någon skrivelse om vem som är ansvarig att åtgärda en brist som uppkommit. Detta bör utredas vidare.
Exempelvis kan händelsens orsak och ursprung påverka förväntan på vilka åtgärder som krävs, om vem som är anvarig för förbättringsåtgärderna.

Långsamma spänningsändringar
2 § Under en period motsvarande en vecka ska förekommande tiominutersvärden av spänningens effektivvärde vara mellan 90 procent och 110 procent av referensspänningen.

Vi föreslår följande text:
Långsamma spänningsändringar
2 §: Under en sammanhängande period motsvarande en avbrottsfri vecka ska samtliga tiominutersvärden av effektivvärdet för var och en av de tre fasspänningarna (för referensspänningar understigande 1000 V) respektive huvudspänningarna (för referensspänningar överstigande 1000 V) vara mellan 90 procent och 110 procent av referensspänningen.

Kommentar: Ordet ”förekommande” har tagits bort. Orden ”sammanhängande”, ”avbrottsfri” och ”samtliga” har tillkommit. Kravet har preciserats till var och en av de tre faserna /huvudspänningarna.

Spänningsövertoner
3 § För referensspänningar upp till och med 36 kilovolt gäller följande.
Under en period motsvarande en vecka ska förekommande tiominutersvärden för varje enskild överton vara mindre än eller lika med värdena i tabell 1 och varje tiominutersvärde av den totala övertonshalten ska vara mindre än eller lika med åtta procent.

Vi föreslår följande text:
Spänningsövertoner
3 §: För referensspänningar upp till och med 1 kilovolt gäller följande:
Under en sammanhängande period motsvarande en avbrottsfri vecka ska samtliga tiominutersvärden för varje enskild överton, i en eller flera faser vara mindre än eller lika med värdena i tabell 1 och varje tiominutersvärde av den totala övertonshalten ska vara mindre än eller lika med 8 procent.

Kommentar: Spänningsnivån har ändrats från 36 kilovolt till 1 kilovolt för att överensstämma med EN50160. Texten har anpassats till fasspänningar; ”åtta” har ändrats till ”8”, för ökad tydlighet. Ordet ”förekommande” har tagits bort. Orden ”sammanhängande”, ”avbrottsfri” och ”samtliga” har tillkommit. Den gamla paragraf 3 har delats upp på två nya paragrafer; paragraf 3 respektive 4.

Tabell 1

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 1

Udda övertoner				Jämna övertoner	
Ej multipler av 3		Multipler av 3			
Överton (n)	Relativ övertonshalt (%)	Överton (n)	Relativ övertonshalt (%)	Överton (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	1,0	6...24	0,5
13	3,0	21	0,75		
17	2,0				
19	1,5				
23	1,5				
25	1,5				

Kommentar: H15 i Tabell 1 har ändrats från 0,5% till 1,0%, H21 i samma tabell har ändrats från 0,5% till 0,75%.

3 § För referensspänningar upp till och med 36 kilovolt gäller följande. Under en period motsvarande en vecka ska förekommande tiominutersvärden för varje enskild överton vara mindre än eller lika med värdena i tabell 1 och varje tiominutersvärde av den totala övertonshalten ska vara mindre än eller lika med åtta procent.

Vi föreslår följande text:

Spänningsövertoner

4 §: För referensspänningar över 1 kilovolt upp till och med 36 kilovolt gäller följande: Under en sammanhängande period motsvarande en avbrottsfri vecka ska samtliga tiominutersvärden för varje enskild överton, i en eller flera huvudspänningar, vara mindre än eller lika med värdena i tabell 2 och varje tiominutersvärde av den totala övertonshalten ska vara mindre än eller lika med 8[9] procent.

Kommentar: Spänningsnivån har ändrats från 36 kilovolt till intervallet mellan 1 kilovolt och 36 kilovolt för att överensstämma med EN50160. Texten har anpassats till en eller flera huvudspänningar; ”åtta” har ändrats till ”8”, för ökad tydlighet. Ordet ”förekommande” har tagits bort.
Orden ”sammanhängande”, ”avbrottsfri” och ”samtliga” har tillkommit.

Tabell 1 / Tabell 2

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 %				

Kommentar: Tabellen är oförändrad, endast Tabellnummer behöver uppdateras

4 § För referensspänningar över 36 kilovolt och under eller lika med 150 kilovolt gäller följande. Under en period motsvarande en vecka ska förekommande tiominutersvärden för varje enskild överton vara mindre än eller lika med värdena i tabell 2 och varje tiominutersvärde av den totala övertonshalten ska vara mindre än eller lika med åtta procent.

Vi föreslår följande text:

5 §: För referensspänningar över 36 kilovolt upp till och med 150 kilovolt gäller följande: Under en sammanhängande period motsvarande en avbrottsfri vecka ska samtliga tiominutersvärden för varje enskild överton, i en eller flera huvudspänningar vara mindre än eller lika med värdena i tabell 3 och varje tiominutersvärde av den totala övertonshalten ska vara mindre än eller lika med 8[10] procent.

Kommentar: Texten har anpassats till en eller flera huvudspänningar; ”åtta” har ändrats till ”8”, för ökad tydlighet. Ordet ”förekommande” har tagits bort. Orden ”sammanhängande”, ”avbrottsfri” och ”samtliga” har tillkommit.

[9] Förslag att detta tröskelvärde sänks
[10] Förslag att detta tröskelvärde sänks

Tabell 2 / Tabell 3

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 %				

Kommentar: Tabellen är oförändrad, endast Tabellnummer behöver uppdateras

Spänningsosymmetri

5 § Under en period motsvarande en vecka ska förekommande tiominutersvärden av spänningsosymmetrin vara mindre än eller lika med två procent.

Vi föreslår följande text:

Spänningsosymmetri

6 §: Under en sammanhängande period motsvarande en avbrottsfri vecka ska samtliga tiominutersvärden av spänningsosymmetrin, mätt som minusföljdosymmetri enligt SS-EN 61000-4-30, vara mindre än eller lika med 2 procent.

Kommentar**:** Det går inte att utgående från definitionen på osymmetri i kapitel 3, sluta sig till vad det är som ska bli maximalt 2%. IEC 61000-4-30 talar både om minusföljdsosymmetri och om nollföljdsosymmetri. Ordet ”förekommande” har tagits bort. Orden ”sammanhängande”, ”avbrottsfri” och ”samtliga” har tillkommit; ”två” har ändrats till ”2”, för ökad tydlighet, ”hänvisningen till SS-EN 61000-4-30 har lagts till.

Kortvarig spänningssänkning

6 § För referensspänningar upp till och med 45 kilovolt gäller följande.
Det ska inte inträffa några kortvariga spänningssänkningar med sådan kvarstående spänning och sådan varaktighet som framgår av område C i tabell 3.

Nätägaren är skyldig att åtgärda kortvariga spänningssänkningar inom område B i tabell 3 i den utsträckning åtgärderna är rimliga i förhållande till de olägenheter för elanvändarna som är förknippade med de kortvariga spänningssänkningarna.

Vi föreslår följande text:

Kortvariaga spänningssänkningar

7 §: För referensspänningar upp till och med 36 kilovolt gäller följande för områdena A, B och C i tabell 4:

- Kortvariga spänningssänkningar i område A, på en eller flera faser, alternativt för en eller flera huvudspänningar, bedöms som god spänningskvalitet oavsett antalet överträdelser om inget annat gränsvärde överskrids.
- Kortvariga spänningssänkningar inom område B, på en eller flera faser, alternativt för en eller flera huvudspänningar, är inte god spänningskvalitet, men heller inte nödvändigtvis en kvalitetsbrist.
- Inträffar, en eller flera, kortvariga spänningssänkningar inom område C, på en eller flera faser, alternativt för en eller flera huvudspänningar, har elöverföringen bristande spänningskvalitet.

Kommentarer: Spänningsnivån ändrad till 36 kV (45 var lite udda); Texten om Nätägarens skyldighet för område B har tagits bort, eftersom den finns med i ellagen.

Notera att en bra beskrivning av område B är svår att få till och i detta förslag ingår inte en skrivelse om hur bedömningen ska göras om en störning i område B ska åtgärdas eller inte. Detta är inte trivialt att beskriva på ett tydligt och entydigt sätt och bör utredas vidare. I kapitel 6 finns motsvarande område mellan vad som bedöms som god kvalitet och inte god kvalitet. Detta område beskrivs inte alls. Ordet brist som används i ellagen 3 kap. 9 § har använts i detta förslag.

Tabell 3

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

Tabell 4

Spänning, U [%]	Varaktighet, t [ms]					
	10⩽t⩽200	200<t⩽500	500<t⩽1000	1000<t⩽5000	5000<t⩽60000	60000<t
80⩽U<90	A					
70⩽U<80						
40⩽U<70			B			
5⩽U<40					C	
U<5						

Kommentarer: Sättet att skriva intervallen har harmoniserats mellan Tabell 3 och Tabell 4. Område A och C har justerats. En kolumn för tider längre än 1 minut har lagts till.

Allmänt råd
Vid bedömningen av vad som utgör rimliga åtgärder i förhållande till olägenheterna kan exempelvis historiska data, andra liknande nät under liknande förhållanden, tekniska möjligheter samt kostnader för åtgärderna beaktas.

Kommentar: Det Allmänna rådet är OK. Rådet är mer allmängiltigt och borde vara mer framskjutet. Vi föreslår en framflyttning till § 1.

7 § För referensspänningar över 45 kilovolt gäller följande. Det ska inte inträffa några kortvariga spänningssänkningar med sådan kvarstående spänning och sådan varaktighet som framgår av område C i tabell 4. Nätägaren är skyldig att åtgärda kortvariga spänningssänkningar inom område B i tabell 4 i den utsträckning åtgärderna är rimliga i förhållande till de olägenheter för elanvändarna som är förknippade med de kortvariga spänningssänkningarna.

Vi föreslår följande text:
8 §: För referensspänningar över 36 kilovolt gäller följande för områdena A, B och C i tabell 5:

- Kortvariga spänningssänkningar i område A, för en eller flera huvudspänningar, bedöms som god spänningskvalitet oavsett antalet överträdelser om inget annat gränsvärde överskrids.
- Kortvariga spänningssänkningar inom område B, för en eller flera huvudspänningar, är inte god spänningskvalitet, men heller inte nödvändigtvis en kvalitetsbrist.

- Inträffar, en eller flera, kortvariga spänningssänkningar inom område C, på en eller flera faser, alternativt för en eller flera huvudspänningar, har elöverföringen bristande spänningskvalitet.

Kommentarer: Spänningsnivån ändrad till 36 kV (45 var lite udda); Texten om Nätägarens skyldighet för område B har tagits bort, eftersom den finns med i ellagen.

Tabell 4

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	A				
70 > u ≥ 40			B		
40 > u ≥ 5				C	
5 > u					

Tabell 5

Spänning, U [%]	Varaktighet, t [ms]					
	10≤t≤100	100<t≤150	150<t≤600	600<t≤5000	5000<t≤60000	60000<t
80≤U<90						
70≤U<80	A					
40≤U<70			B			
5≤U<40				C		
U<5						

Kommentarer: Sättet att skriva intervallen har harmoniserats mellan Tabell 3/4 och Tabell 4/5. Områdena har inte ändrats. En kolumn för tider längre än 1 minut har lagts till.

Kortvarig spänningshöjning

8 § För referensspänningar upp till och med 1 000 volt gäller följande.
Det ska inte inträffa några kortvariga spänningshöjningar med sådan spänning och sådan varaktighet som framgår av område C i tabell 5. Nätägaren är skyldig att åtgärda kortvariga spänningshöjningar inom område B i tabell 5 i den utsträckning åtgärderna är rimliga i förhållande till de olägenheter för elanvändarna som är förknippade med de kortvariga spänningshöjningarna.

Vi föreslår följande text:

Kortvarig spänningshöjning

9 §: För referensspänningar upp till och med 1000 volt gäller följande för områdena A, B och C i tabell 6:

- Kortvariga spänningshöjningar i område A, på en eller flera faser, bedöms som god spänningskvalitet oavsett antalet överträdelser om inget annat gränsvärde överskrids.
- Kortvariga spänningshöjningar inom område B, på en eller flera faser, är inte god spänningskvalitet, men heller inte nödvändigtvis en kvalitetsbrist.
- Inträffar, en eller flera, kortvariga spänningshöjningar inom område C, på en eller flera faser, alternativt för en eller flera huvudspänningar, har elöverföringen bristande spänningskvalitet.

Kommentarer:; Texten om Nätägarens skyldighet för område B har tagits bort. Vi noterar att spänningshöjning enbart finns för lågspänning.

Tabell 5

U [%]	Varaktighet t [ms]		
	10 ≤ t ≤ 200	200 < t ≤ 5000	5000 < t ≤ 60000
u ≥ 135			C
135 > u ≥ 115		B	
115 > u ≥ 111	A		
111 > u ≥ 110			

Tabell 6

Spänning, U [%]	Varaktighet, t [ms]			
	10≤t≤200	200<t≤5000	5000<t≤60000	60000<t
135≤U				
115≤U<135			C	
111≤U<115	A	B		
110≤U<111				

Kommentarer: Sättet att skriva intervallen har harmoniserats. Områdena har inte ändrats. En kolumn för tider längre än 1 minut har lagts till.

Snabb spänningsändring

9 § Antalet snabba spänningsändringar adderat med antalet kortvariga spänningssänkningar som överensstämmer med område A enligt 6–7 §§ tabell 3 och 4, ska inte överstiga antalen angivna i tabell 6.

Vi föreslår följande text:

Snabb spänningsändring

10 §: Antalet snabba spänningsändringar per dygn, som överstiger $\Delta U_{stationär}$=3% eller ΔU_{max}=5% ska inte överstiga antalen angivna i tabell 7.

Kommentarer: Det är absolut nödvändigt att harmoniera paragraftexten, tabelltexten och definitionen, i det nuvarande kravet på snabba spänningsändringar. Brytpunkten i tabellen bör vara 36 kV. Notera att en snabb spänningsändring kan kvalificeras enligt båda kriterierna (stationär respektive max), och således trigga båda ”räkneverken”.
Om summan av antalet ”kortvariga spänningssänkningar” och antalet ”snabba spänningsändringar” är speciellt intressant kan ett sådant krav enkelt formuleras i en egen paragraf.

Tabell 6

Snabba spänningsändringar	Maxim alt antal per dygn	
	Un ≤ 45 kV	Un > 45 kV
$\Delta U_{stationär}$ ≥ 3%	24	12
ΔU_{max} ≥ 5%	24	12

Tabell 7

Snabba spänningsändringar	Maximalt antal per dygn	
	U_n ≤ 36 kV	36 kV < U_n
3% ≤ $\Delta U_{stationär}$	X	X
5% ≤ ΔU_{max}	x	X

Kort om DNV GL

Med syfte att skydda liv, egendom och miljö, gör DNV GL det möjligt för företag och organisationer att utveckla säkerheten och hållbarheten i sin verksamhet.

Vi är ett av världens största klassningssällskap för fartyg och offshore, samt ledande inom teknisk rådgivning till olje-, gas- och elindustrins försörjningskedjor. DNV GL är även ett världsledande certifieringsorgan med 80,000 företagskunder i olika industrisektorer.

Med mer än 13,500 anställda i över 100 länder är vi på DNV GL dedikerade att hjälpa våra kunder göra världen säkrare, smartare och grönare.