



BILAG 1.E - KRAV FOR ELKVALITET FOR TRANSMISSIONSTILSLUTTEDE DISTRIBUTIONSSYSTEMER OG FORBRUGSANLÆG

ENERGINET

Energinet
Tonne Kjærvej 65
DK-7000 Fredericia

+45 70 10 22 44
info@energinet.dk
CVR-nr. 28 98 06 71

		FBN	CSH	CFJ	JBO
1B	Anmeldelsesudgave	15-12-2021	16-12-2021	16-12-2021	17-12-2021
REV.	BESKRIVELSE	UDARBEJDET	KONTROLLERET	GENNEMGÅET	GODKENDT

Revisionsoversigt

AFSNIT	ÆNDRING	REV	DATO
	Ændringer i forbindelse med Forsyningstilsynets høring – specifikation af kategorier og fjernelse af kategori 2.	1	18.01.2019
	Ændring i forbindelse med indførsel af forbrugsanlægs kategori 7 og kategori 3-5 omfattet af krav om levering af RMS-, harmonisk- og EMT-simuleringsmodeller. Konsekvensrettet spændingskvalitet til elkvalitet.	1A	17.12.2021
	Udgave anmeldt til Forsyningstilsynet	1B	07.09.2022

Indhold

1. Terminologi og definitioner.....	5
1.1 Definitioner.....	5
1.1.1 Anlæg.....	5
1.1.2 Anlægsejer.....	5
1.1.3 Anlægskategorier	5
1.1.4 Anlægskomponent	5
1.1.5 Baggrundharmonisk spændingsforvrængning	5
1.1.6 Distributionssystem – kategori 1.....	5
1.1.7 Distributionssystemsoperatør	6
1.1.8 Elforsyningsvirksomheden	6
1.1.9 Elkvalitet	6
1.1.10 Emissionsgrænser.....	6
1.1.11 Energinet	6
1.1.12 Flicker	6
1.1.13 Flickerbidrag	6
1.1.14 Forbrugsanlæg - kategori 3	6
1.1.15 Forbrugsanlæg - kategori 4	6
1.1.16 Forbrugsanlæg - kategori 5	7
1.1.17 Forbrugsanlæg - kategori 6	7
1.1.18 Forbrugsanlæg – kategori 7.....	7
1.1.19 Forbrugsanlægsoperatør	7
1.1.20 Grænseværdi for harmonisk spændingsforvrængningsbidrag (GHF).....	8
1.1.21 Harmonisk emission	8
1.1.22 Harmonisk netimpedans	8
1.1.23 Harmonisk planlægningsmargin	8
1.1.24 Harmonisk spektrum	8
1.1.25 Harmonisk spændingsforvrængning	8
1.1.26 Harmonisk spændingsforvrængningsbidrag (HF).....	8
1.1.27 Harmonisk spændingsovertone.....	8
1.1.28 Interharmonisk	8
1.1.29 Interharmonisk spændingsforvrængningsbidrag	9
1.1.30 Interharmonisk undergruppe	9
1.1.31 Kollektive elforsyningsnet	9
1.1.32 Netimpedanspolygoner	9
1.1.33 Nettilslutningsaftale	9
1.1.34 Tilslutningspunkt	9
1.1.35 Netvirksomhed	9
1.1.36 Planlægningsniveau.....	9
1.1.37 Spændingsubalance.....	9
1.1.38 Spændingsubalancebidrag	9
1.1.39 Spændingsubalancevektor	10
1.1.40 Elkvalitetsparametre	10
1.1.41 Systemmodel afgrænset ved impedanspolygoner	10
1.1.42 Tilgængelige harmoniske forvrængningsbånd	10
1.1.43 Total harmonisk spændingsforvrængning.....	10
1.1.44 Transmissionsvirksomhed	10

2. Formål, anvendelsesområde og forvaltningsmæssige bestemmelser	11
3. Harmonisk spændingsforvrængning	11
3.1 Planlægningsniveau og definition af harmonisk spændingsforvrængningsbidrag	11
3.1.2 Fast harmonisk spændingsforvrængningsbidrag	12
3.1.3 Spændingsforvrængningsbidrag baseret på baggrundstøjsmåling	12
3.2 Eftervisning af krav til det harmoniske spændings forvrængningsbidrag	13
3.2.1 Eftervisning af krav ved tildeling af fast harmoniske spændingsforvrængningsbidrag	13
3.2.2 Eftervisning af krav for forvrængningsbidrag baseret på baggrundstøjsmåling	14
3.2.3 Datagrundlag for eftervisning af krav til det harmoniske spændingsforvrængningsbidrag ved beregning	14
3.2.4 Eftervisning af krav ved måling	16
4. Interharmoniske	17
4.2 Fastsættelse af krav for interharmonisk spændingsforvrængningsbidrag	17
5. Spændingsubalance	18
5.1 Planlægningsniveau og definition af spændingsubalancebidrag	18
5.2 Fastsættelse af krav for spændingsubalancebidraget – anlægskategori 3 til 5 samt 7	18
5.3 Fastsættelse af krav for spændingsubalancebidraget – anlægskategori 6	18
5.4 Eftervisning af krav for spændingsubalance - anlægskategori 3 til 5 samt 7	19
5.5 Eftervisning af krav for anlægskategori 6	19
6. Flicker	21
7. DC-indhold	22
8. Transmissionstilsluttede distributionssystemer – kategori 1	23
9. Referencer	24

Læsevejledning

Denne kravspecifikation indeholder alle generelle og specifikke krav vedrørende elkvalitet for transmissionstilsluttede *distributionssystemer* og transmissionstilsluttede *forbrugsanlæg*.

Ved vurdering af de forskellige typer transmissionstilslutninger, som er defineret herunder, skal de forskellige *elkvalitetsparametre* i *tilslutningspunktet* dokumenteres. Disse parametre, samt metoder til eftervisning af dem, beskrives i denne kravspecifikation.

Kravspecifikationen er bygget op således, at afsnit 1 indeholder terminologi og definitioner, som anvendes i kravspecifikationen. Definitioner i teksten er tydeliggjort med kursiv skrift.

Metoderne og kravene er specificerede i afsnit 3 til 8.

Kravspecifikationen udgives også på engelsk. I tvivlstilfælde er den danske udgave gældende.

Kravspecifikationen er udgivet af Energinet og kan hentes på Energinets hjemmeside, www.energinet.dk

1. Terminologi og definitioner

1.1 Definitioner

I dette afsnit er anført de definitioner, der benyttes i dokumentet.

1.1.1 Anlæg

Generel betegnelse for *forbrugsanlæg* og *distributionssystemer*.

1.1.2 Anlægsejer

Anlægsejer er den, der juridisk ejer *forbrugsanlægget* eller *distributionssystemet*. *Anlægsejer* kan overdrage det driftsmæssige ansvar til en *forbrugsanlægsoperatør* eller *distributionssystemoperatør*.

1.1.3 Anlægskategorier

Der defineres tilsammen 6 forskellige kategorier af transmissionstilsluttede *distributionssystemer* og *forbrugsanlæg*:

1. *Distributionssystem* – Kategori 1
2. *Forbrugsanlæg* – Kategori 3
3. *Forbrugsanlæg* – Kategori 4
4. *Forbrugsanlæg* – Kategori 5
5. *Forbrugsanlæg* – Kategori 6
6. *Forbrugsanlæg* – kategori 7

1.1.4 Anlægskomponent

En *anlægskomponent* er en komponent eller et delsystem, der indgår i et samlet *forbrugsanlæg* eller *distributionssystemstilslutning*.

1.1.5 Baggrundharmonisk spændingsforvrængning

Den *harmoniske spændingsforvrængning*, der eksisterer i *tilslutningspunktet* inden *distributionssystemet* eller *forbrugsanlægget* tilsluttes.

1.1.6 Distributionssystem – kategori 1

Et *distributionssystem*, som er kendetegnet ved ét eller flere POC til transmissionssystemet og som desuden, afhængigt af aktuelle driftsforhold, har elektrisk sammenkobling - eller mulighed for elektrisk sammenkobling - med et eller flere *distributionssystemer*.

Distributionssystemet leverer transport af elektricitet for kunder tilsluttet på *distributionssystemets* kollektive højspændings-, mellemspændings- og lavspændingsnet.

Hvis elforsyningsvirksomheden ved ansøgning om nettilslutning vurderer, at der er risiko for væsentlige udfordringer med elkvaliteten, skal elforsyningsvirksomheden rette henvendelse til Energinet, jf. processen i bilag 1.F.

1.1.7 Distributionssystemoperatør

Distributionssystemoperatøren er den virksomhed, der har det driftsmæssige ansvar for *anlægget* via ejerskab eller kontraktmæssige forpligtelser.

1.1.8 Elforsyningsvirksomheden

Elforsyningsvirksomheden er den virksomhed, i hvis net et *anlæg* er tilsluttet elektrisk. Ansvarsforholdene i det *kollektive elforsyningsnet* er opdelt på flere *netvirksomheder* og én *transmissionsvirksomhed*.

Netvirksomheden er den virksomhed, der med bevilling driver det *kollektive elforsyningsnet* på højst 100 kV.

Transmissionsvirksomheden er den virksomhed, der med bevilling driver det *kollektive elforsyningsnet* over 100 kV.

1.1.9 Elkvalitet

Generel betegnelse for kvaliteten af den spænding, der eksisterer i transmissionsnettet. *Elkvaliteten* defineres på baggrund af en række *elkvalitetsparametre*.

1.1.10 Emissionsgrænser

Grænseværdier for de gældende *elkvalitetsparametre*.

1.1.11 Energinet

Virksomhed, der har det overordnede ansvar for at opretholde forsynings sikkerheden og en effektiv udnyttelse af det sammenhængende elforsyningssystem.

1.1.12 Flicker

Flicker er hurtige spændingsfluktuationer, der for nogle typer af lyskilder bliver identificeret ved flimren til irritation for øjet. *Flicker* måles som beskrevet i DS/EN 61000-4-15 [1].

1.1.13 Flickerbidrag

Anlæggets bidrag af *flicker* til transmissionsnettet.

1.1.14 Forbrugsanlæg - kategori 3

Et *forbrugsanlæg*, som, i forbindelse med afslutning af nettilslutningsprocessen (EON, ION, FON) og tildeling af FON, kan eftervise maksimalt forbrug i forhold til den tildelte maksimale trækingsret.

Den tildelte maksimale trækingsret kan i konkrete tilfælde være begrænset, såfremt der er forudsigtelig risiko for mangel på nettilstrækkelighed, mangel på effekttilstrækkelighed og/eller forringelse af robustheden i transmissionssystemet. Hvis dette er tilfældet, vil de konkrete omstændigheder være angivet i *nettilslutningsaftalen*.

1.1.15 Forbrugsanlæg - kategori 4

Et *forbrugsanlæg*, som, i forbindelse med afslutning af nettilslutningsprocessen (EON, ION, FON) og tildeling af FON, ikke kan eftervise maksimalt forbrug i forhold til den tildelte maksimale trækingsret.

Forbrugsanlæggets forbrug kan, efter aftale med *Energinet*, øges til den tildelte maksimale trækningsret ved en trinvis udbygning af det eksisterende *forbrugsanlæg*.

Den tildelte maksimale trækningsret kan i konkrete tilfælde være begrænset, såfremt der er forudsigelig risiko for mangel på nettilstrækkelighed, mangel på effektilstrækkelighed og/eller forringelse af robustheden i transmissionssystemet. Hvis dette er tilfældet, vil de konkrete omstændigheder være angivet i *nettilslutningsaftalen*.

1.1.16 Forbrugsanlæg - kategori 5

Et *forbrugsanlæg*, som, i forbindelse med afslutning af nettilslutningsprocessen (EON, ION, FON) og tildeling af FON, kan eftervise maksimalt forbrug i forhold til den tildelte maksimale trækningsret.

Forbrugsanlægget er anvendt i spidslastsituationer med maksimalt 500 fuldlastækvivalens-timer årligt.

Den tildelte maksimale trækningsret kan i konkrete tilfælde være begrænset, såfremt der er forudsigelig risiko for mangel på nettilstrækkelighed, mangel på effektilstrækkelighed og/eller forringelse af robustheden i transmissionssystemet. Hvis dette er tilfældet, vil de konkrete omstændigheder være angivet i *nettilslutningsaftalen*.

1.1.17 Forbrugsanlæg - kategori 6

Kørestrømsforsyning for elektrisk togdrift, hvor *anlæggets* forsynings- og fordelingsstationer er tilsluttet transmissionsnettet.

Forsynings- og fordelingsstationerne er sammenkoblet med Banedanmarks øvrige kørestrøms-system for elektrisk togdrift.

Denne type af *forbrugsanlæg* kan adskille sig væsentligt fra de øvrige transmissionstilsluttede *forbrugsanlæg* med hensyn til tilslutnings- og forbrugskarakteristika.

1.1.18 Forbrugsanlæg – kategori 7

Et forbrugsanlæg, som, ved ansøgning om tilslutning til transmissionssystemet eller ved ændring af et eksisterende forbrugsanlæg af kategori 3, 4 eller 5, etableres med en maksimal trækningsret på 200 MW eller derover.

Forbrugsanlægget skal, i forbindelse med afslutning af nettilslutningsprocessen (EON, ION, FON) og tildeling af FON, eftervise maksimalt forbrug i forhold til den tildelte maksimale trækningsret. Den tildelte maksimale trækningsret kan i konkrete tilfælde være begrænset, såfremt der er forudsigelig risiko for mangel på nettilstrækkelighed, mangel på effektilstrækkelighed og/eller forringelse af robustheden i transmissionssystemet. Hvis dette er tilfældet, vil de konkrete omstændigheder være angivet i nettilslutningsaftalen.

Forbrugsanlæg i kategori 6 kan ikke blive omfattet af kategori 7.

1.1.19 Forbrugsanlægsoperatør

Forbrugsanlægsoperatøren er den virksomhed, der har det driftsmæssige ansvar for *anlægget* via ejerskab eller kontraktmæssige forpligtelser.

1.1.20 Grænseværdi for harmonisk spændingsforvrængningsbidrag (GHF)

Den grænse, der sættes for det *harmoniske spændingsforvrængningsbidrag*.

1.1.21 Harmonisk emission

Det transmissionstilsluttede *anlægs emission af harmoniske*, indeholdende den *harmoniske spændingsforvrængning*, som er forårsaget af harmoniske spændinger eller strømme fra det transmissionstilsluttede anlæg (aktivt introduceret forvrængning) samt forstærkning af eksisterende *baggrundsharmonisk spændingsforvrængning i tilslutningspunktet* grundet interaktion mellem *anlæggets* og transmissionsnettets *harmoniske netimpedans* (passivt introduceret forvrængning).

1.1.22 Harmonisk netimpedans

Den frekvensafhængelige netimpedans, evalueret som synkronsekvens-, inverssekvens- og nulsekvensimpedanser, udtrykt enten som en real og imaginær værdi eller som en længde og vinkel.

1.1.23 Harmonisk planlægningsmargin

Den del af det *tilgængelige harmoniske forvrængningsbånd*, som reserveres til fremtidige *anlæg* samt anvendes som sikkerhed i tilfælde af afvigelse.

1.1.24 Harmonisk spektrum

En afbildning af fourierkoefficienterne (frekvenskomposanter) hidrørende fra en fourieranalyse af et givet signal.

1.1.25 Harmonisk spændingsforvrængning

Forvrængningen af netspændingen grundet indhold af en eller flere højere ordens *harmoniske spændingsovertone*. Bidraget kan dække det samlede bidrag i form af den *totale harmoniske spændingsforvrængning* eller være opgjort per *harmonisk spændingsovertone*.

1.1.26 Harmonisk spændingsforvrængningsbidrag (HF)

Det transmissionstilsluttede *anlægs bidrag af harmoniske spændingsforvrængning* til transmissionsnettet i *tilslutningspunktet*. Bidraget kan dække det samlede bidrag i form af den *totale harmoniske spændingsforvrængning* eller være opgjort per *harmonisk spændingsovertone*.

1.1.27 Harmonisk spændingsovertone

Fourierkoefficient (frekvenskomposanter) hidrørende fra en fourieranalyse af et givet spændingssignal, hvor frekvensen gældende for fourierkoefficienten er et heltals multiplum af grundtonefrekvensen.

1.1.28 Interharmonisk

Fourierkoefficient (frekvenskomposanter) hidrørende fra en fourieranalyse af et givet spændingssignal, hvor frekvensen gældende for fourierkoefficienten ikke er et heltals multiplum af grundtonefrekvensen.

1.1.29 Interharmonisk spændingsforvrængningsbidrag

Forbrugsanlæggets eller *distributionssystemets* bidrag af interharmonisk spændingsforvrængning til transmissionsnettet i *tilslutningspunktet*. Bidraget opgøres ved *interharmoniske undergrupper*.

1.1.30 Interharmonisk undergruppe

Gruppering af en række *interharmoniske*, udført som beskrevet i DS/EN 61000-4-7 [2].

1.1.31 Kollektive elforsyningsnet

Transmissions- og distributionsnet, som på offentligt regulerede vilkår har til formål at transportere elektricitet for en ubestemt kreds af elleverandører og elforbrugere.

Distributionsnettet defineres som det *kollektive elforsyningsnet* med nominel spænding på **højst** 100 kV.

Transmissionsnettet defineres som det *kollektive elforsyningsnet* med nominel spænding **over** 100 kV.

1.1.32 Netimpedanspolygoner

Metode for beskrivelse af transmissionsnettets frekvensafhængige netimpedans i *tilslutningspunktet*.

1.1.33 Nettilslutningsaftale

Betingelser og vilkår, som indgås mellem *elforsyningsvirksomheden* og *anlægssejer*, og som inkluderer relevante data og specifikke krav og forhold.

1.1.34 Tilslutningspunkt

Tilslutningspunktet (POC) er det fysiske punkt i det *kollektive elforsyningsnet*, hvor *forbrugsanlægget* eller *distributionssystemet* er tilsluttet eller kan tilsluttes.

Alle krav specificeret i denne kravspecifikation er gældende i *tilslutningspunktet*. Det er *elforsyningsvirksomheden*, der anviser *tilslutningspunktet*.

1.1.35 Netvirksomhed

Netvirksomheden er den virksomhed, der med bevilling driver det *kollektive elforsyningsnet* på højst 100 kV.

1.1.36 Planlægningsniveau

Det niveau for en given *elkvalitetsparameter*, hvorefter transmissionsnettet planlægges.

1.1.37 Spændingsubalance

Indholdet af invertersekvensspænding, opgjort i procent af synkronsekvensspændingen.

1.1.38 Spændingsubalancebidrag

Anlæggets bidrag af *spændingsubalance* til transmissionsnettet i *tilslutningspunktet*.

1.1.39 Spændingsubalancevektor

Spændingsubalancevektoren er defineret som forholdet mellem inverssekvens- og synkronsekvensspændingen, begge udtrykt som vektorer.

1.1.40 Elkvalitetsparametre

De parametre, som elkvaliteten opgøres efter. Specifikt benyttes *harmonisk spændingsforvrængning*, *interharmoniske*, *flicker*, *spændingsubalance* og DC-indhold.

1.1.41 Systemmodel afgrænset ved impedanspolygoner

Afgrænset simuleringsmodel af transmissionsnettet omkring et *tilslutningspunkt*.

1.1.42 Tilgængelige harmoniske forvrængningsbånd

Det bånd, som er til rådighed efter *baggrundsharmonisk spændingsforvrængning* er fratrukket *planlægningsniveauerne*.

1.1.43 Total harmonisk spændingsforvrængning

Den *totale harmoniske spændingsforvrængning* beregnes som:

$$THD_U = \sqrt{\sum_{h=2}^{50} U_h^2}$$

hvor U_h er effektivværdien (RMS) af den h 'ende *harmoniske spændingsovertone* udtrykt som en procentdel af effektivværdien af grundtonespændingen.

1.1.44 Transmissionsvirksomhed

Transmissionsvirksomheden er den virksomhed, der med bevilling driver det *kollektive elforsyningsnet* over 100 kV.

2. Formål, anvendelsesområde og forvaltningsmæssige bestemmelser

Dette dokument er bilag 1.E til de anmeldte krav, som fastsætter gennemførelsesforanstaltninger på baggrund af EU-forordning 2016/1388 (DCC); heri foreskrives krav til elkvalitet.

3. Harmonisk spændingsforvrængning

Afsnit 3 er gældende for *anlægskategorierne* 3 til 7.

Der fastsættes grænseværdier for *anlæggets* maksimale bidrag til *harmonisk spændingsforvrængning* i *tilslutningspunktet*.

3.1 Planlægningsniveau og definition af harmonisk spændingsforvrængningsbidrag

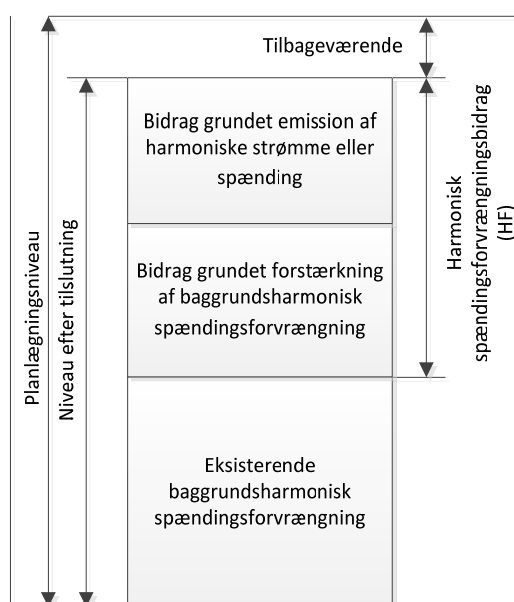
Anlægget tildeles grænseværdier i *tilslutningspunktet*, dækkende *anlæggets* *harmoniske spændingsforvrængningsbidrag*. *Energinet* benytter *planlægningsniveauer* for højspændingssystemer angivet i IEC 61000-3-6 [3], Tabel 2, og vil koordinere det enkelte *anlæggs* bidrag i henhold til disse niveauer.

Grænseværdierne for *anlægget* fastlægges som *grænseværdi for harmonisk spændingsforvrængningsbidrag (GHF)*, og defineres som det maksimale *harmoniske spændingsforvrængningsbidrag (HF)*, som *anlægget* må bibringe transmissionsnettet.

Anlæggets *harmoniske spændingsforvrængningsbidrag* inkluderer:

- den *harmoniske spændingsforvrængning* forårsaget af *harmoniske spændinger* eller *strømme* fra *anlægget* (aktivt introduceret forvrængning)
- forstærkning af eksisterende *baggrundsharmonisk spændingsforvrængning* i *tilslutningspunktet* grundet interaktion mellem *anlæggets* og transmissionsnettets *harmoniske netimpedans* (passivt introduceret forvrængning).

Bidragene illustreres grafisk i Figur 1.



Figur 1 Grafisk præsentation af bidragene til den harmoniske spændingsforvrængning i tilslutningspunktet efter idriftsættelse af anlægget

Der fastsættes en unik grænse per *harmonisk spændingsovertone* fra den 2. til den 50. orden. Disse grænser fastsættes som effektivværdien af den enkelte *harmoniske spændingsovertone*, udtrykt som en procentdel af effektivværdien af grundtonespændingen. Foruden grænseværdien per *harmonisk spændingsovertone* fastsættes der en grænse for den *totale harmoniske spændingsforvrængning* (THD_U). Den *totale harmoniske spændingsforvrængning* beregnes som:

$$THD_U = \sqrt{\sum_{h=2}^{50} U_h^2}$$

hvor U_h er effektivværdien (RMS) af den h 'ende *harmoniske spændingsovertone*, udtrykt som en procentdel af effektivværdien af grundtonespændingen.

Alle de omtalte *harmoniske spændingsovertoner* er definerede som 95-procent-fraktilniveauer, beregnet på basis af 10 minutters aggregerede værdier målt over en uge. Aggregeringen fortages som specificeret i DS/EN 61000-4-30 [4].

3.1.1.1 Fastsættelse af krav for harmonisk spændingsforvrængningsbidrag

Krav til *harmonisk spændingsforvrængningsbidrag* kan fastsættes ved at benytte en af de to metoder, som er beskrevet i afsnit 3.1.2 og 3.1.3.

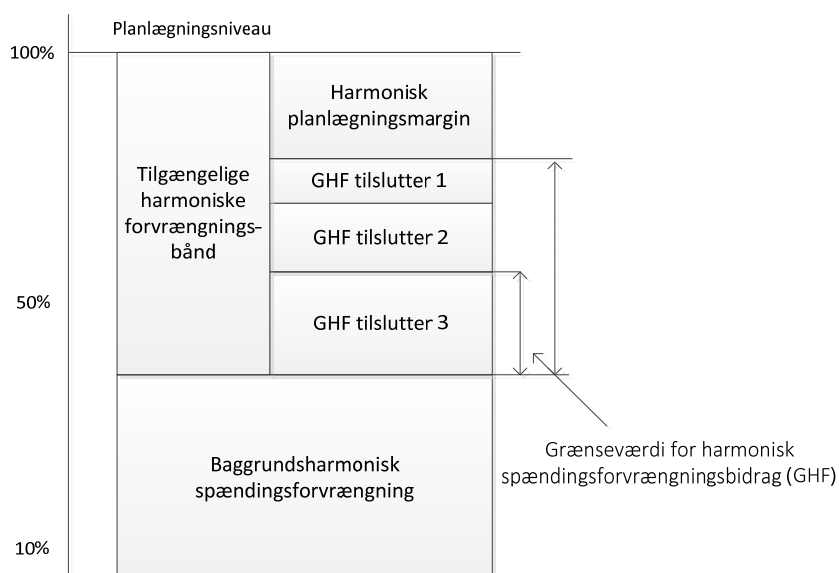
Metoden vælges af *anlægssejer* og godkendes af *Energinet*.

3.1.2 Fast harmonisk spændingsforvrængningsbidrag

Anlæggets harmoniske spændingsforvrængningsbidrag må maksimalt antage 10 % af *planlægningsniveauerne* angivet i IEC 61000-3-6, Tabel 2 [3]; dog kan grænseværdien mindst antage 0,1 % af effektivværdien af grundtonespændingen. Der fastsættes en grænseværdi for den *totale harmoniske spændingsforvrængning* på 0,2 %.

3.1.3 Spændingsforvrængningsbidrag baseret på baggrundstøjsmåling

Grænseværdien for det harmoniske spændingsforvrængningsbidrag fastsættes af *Energinet*. Grænseværdien fastsættes per *harmonisk spændingsovertone* ud fra princippet vist i Figur 2.



Figur 2 Illustration af metode benyttet til fastsættelse af grænseværdi for harmonisk spændingsforvrængningsbidrag

Metoden for grænsefastsættelse bygger på, at niveauet af *baggrundsharmonisk spændingsforvrængning* i *tilslutningspunktet* er kendt for alle relevante *harmoniske overtoner*. Baseret på dette beregnes det *tilgængelige harmoniske forvrængningsbånd*. Dette deles mellem de planlagte *anlæg* (produktion eller forbrug), der måtte tilslutte sig i eller nær *tilslutningspunktet* for *anlægget*. En del af det *tilgængelige harmoniske forvrængningsbånd* reserveres til fremtidige *anlæg* samt anvendes som sikkerhed i tilfælde af afvigelse. Det reserverede bånd benævnes *harmonisk planlægningsmargin*. Størrelsen fastsættes af *Energinet* og kan variere i størrelse fra tilslutningspunkt til tilslutningspunkt.

Grænseværdien for det *harmoniske spændingsforvrængningsbidrag* for *anlæg* nummer et beregnes ved aritmetisk at fratække baggrundsniveauet og den *harmoniske planlægningsmargin* fra *planlægningsniveauet* for den pågældende *harmoniske spændingsovertone*. Herudover fratækkes grænsen tildelt andre *anlæg*, der ikke er en del af den *baggrundsharmoniske spændingsforvrængning* på tidspunktet for måling (se Figur 2):

$$U(h)_{GHF1} = U(h)_{PL} - U(h)_{bag} - U(h)_{PM} - U(h)_{GHF2} - \dots - U(h)_{GHFn}$$

Det betyder, at det er *anlægsejers* ansvar at vælge en passende metode til summering af bidragene fra aktiv *harmonisk emission* og forstærkning af den eksisterende *harmoniske baggrundsförvrængning* (passiv *harmonisk emission*).

3.2 Eftervisning af krav til det harmoniske spændings forvrængningsbidrag

Kravene til forvrængningsbidraget for *anlægget* kan eftervises ved at følge en af to fremgangsmåder. Fremgangsmåden beskrevet i afsnit 3.2.1 forudsætter, at grænseværdierne er fastsat efter afsnit 3.1.2. Er grænseværdierne fastsat efter afsnit 3.1.3, benyttes metoden beskrevet i afsnit 3.2.2.

3.2.1 Eftervisning af krav ved tildeling af fast harmoniske spændings forvrængningsbidrag

Kravene ved tildeling af et fast *harmonisk spændingsforvrængningsbidrag* eftervises ved at forelægge en skriftlig teknisk redegørelse for, at bidraget forårsaget af *anlægget* er negligerbart i *tilslutningspunktet* ($U(h) < 0,1\%$). Omfanget af datagrundlaget for eftervisning af krav

beskrevet i afsnit 3.2.3 kan reduceres ved brug af denne tilgang. Omfanget aftales mellem *anlægssejer* og *Energinet*.

3.2.2 Eftervisning af krav for forvrængningsbidrag baseret på baggrundstøjsmåling

For at eftervise, at *anlægget* opfylder kravene til *harmonisk spændingsforvrængning* før spændingssætning, skal *anlægssejer* udføre et teoretisk studie, der dokumenterer, om *anlæggets harmoniske forvrængningsbidrag* er lavere end de oplyste grænser. Dette skal eftervises under alle de operationelle konfigurationer hvormed *anlægget* skal drives, så 95-procent-fraktilgrænsen af en uges 10-minutters-værdier bliver relevant. Dette inkluderer eventuelle temporære konfigurationer under idriftsættelse af *anlægget*.

Det er *anlægssejers* ansvar at fastsætte, samt at redegøre for, den anvendte metode til summering af *harmonisk emission* fra flere *anlæg/enheder*. Det er ligeledes *anlægssejers* ansvar at fastsætte, samt at redegøre for, metoden anvendt til summering af bidragene fra aktivt og passivt introduceret forvrængning (punkt a og b i afsnit 3.1).

Metoden skal godkendes af *Energinet*.

Godkendelse af kravene for de enkelte *spændingsovertoner* samt THD_U opnås, hvis:

Eftervisningskriterie	
Harmonisk forvrængningsbidrag (HF)	Grænseværdi for harmonisk forvrængningsbidrag (GHF)
\leq	

Foruden *anlæggets harmoniske forvrængningsbidrag* skal det fremgå af det teoretiske studie, hvor store bidragene fra aktiv emission samt forstærkning af den eksisterende *baggrundsharmoniske spændingsforvrængning* (passiv emission) er inden summering (punkt a og b i afsnit 3.1). Det præcise omfang af studiet samt beregningsmetoden aftales mellem *anlægssejer* og *Energinet*, inden studiet udføres. *Anlægssejer* fremsender en beskrivelse af studieindhold og metodebeskrivelse, inden studiet udføres.

3.2.3 Datagrundlag for eftervisning af krav til det harmoniske spændings forvrængningsbidrag ved beregning

Energinet udleverer følgende data for eftervisning af kravene til *forbrugsanlæggets harmoniske forvrængningsbidrag*:

1. Niveaue af *baggrundsharmonisk spændingsforvrængning*
2. *Netimpedanspolygoner* i *anlæggets* tilslutningspunkt eller *systemmodel afgrænset ved impedanspolygoner*

3.2.3.1 Baggrundsharmonisk spændingsforvrængning

Baggrundsharmonisk spændingsforvrængning oplyses som 95-procent-fraktil af 10-minutters-værdier, der er aggregerede som beskrevet i DS/EN 61000-4-30 [4] og målt over en uge. Der måles typisk i 6-12 måneder inden tilslutning, og de højeste *harmoniske spændingsovertoner* på de tre faser, målt over alle uger, oplyses.

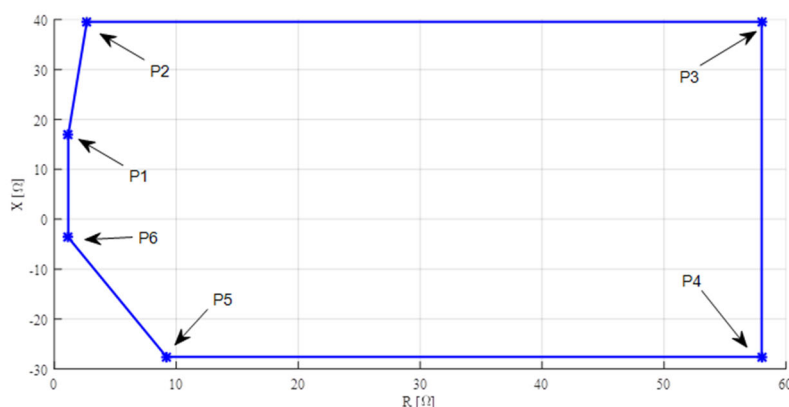
Bemærk, at den oplyste *baggrundsharmoniske forvrængning* alene er til eftervisning af operationelle krav (GHF). For komponentdesign fastsættes designniveauerne af komponentproducenten under forudsætning af, at de enkelte *harmoniske overtoner* kan antage *planlægningsniveauerne* i *tilslutningspunktet*.

3.2.3.2 Netimpedanspolygoner i forbrugsanlæggets tilslutningspunkt eller systemmodel afgrænset ved netimpedanspolygoner

Det vælges af *Energinet*, om transmissionsnettet bagved *tilslutningspunktet* for *forbrugsanlægget* beskrives ved *impedanspolygoner*, eller om der oplyses en *systemmodel afgrænset ved impedanspolygoner*. Metoden fastsættes af *Energinet* inden opstart af analyserne for eftervisning af krav.

3.2.3.2.1 Netimpedanspolygoner i forbrugsanlæggets tilslutningspunkt

Transmissionsnettets *netimpedanspolygoner* defineres i R-X planet, set fra *tilslutningspunktet*, uden at *anlægget* er tilsluttet. *Netimpedanspolygonerne* beregnes under en række net- og systemkonfigurationer, inklusive ikke-favorable, men planlagte, komponentudfald. Det *harmoniske spektrum* fra 50 Hz til 2500 Hz deles i en række frekvensintervaller, hvor hvert interval repræsenteres ved en seks-punkts polygon. Polygonens hjørnepunkter er grafisk vist på Figur 3.



Figur 3 Eksempel på netimpedanspolygon beskrivende for netimpedansen i tilslutningspunktet for anlægget

Det er *anlægsejers* ansvar at eftervise, at det *harmoniske forvrængningsbidrag* er under de tildelte *grænseværdier for harmonisk spændingsforvrængningsbidrag* i hele polygonens område for hver polygon opgivet. Metoden for beregning ved brug af *netimpedanspolygoner* fastsættes af *Energinet* i et samarbejde med *anlægsejer*.

3.2.3.2.2 Systemmodel afgrænset ved netimpedanspolygoner

Energinet kan vælge at oplyse en systemmodel til brug for eftervisning af *grænseværdier for harmonisk spændingsforvrængningsbidrag*. Dette kan gøres, hvis systemets kompleksitet afstedkommer, at en systemmodel enten er mere repræsentativ grundet påvirkning mellem dele af elsystemet, eller hvis det stiller *anlægsejer* mere fordelagtigt i forhold til eftervisning af kravene. Detaljerne for proces og metode, hvis en systemmodel oplyses, aftales mellem *Energinet* og *anlægsejer* inden opstart af relevante studier.

3.2.4 Eftervisning af krav ved måling

Metoden for eftervisning af krav ved måling fastsættes af *Energinet* i samarbejde med *anlægs-ejer*. Eftervisning foretages af *Energinet*. Dette kan ske umiddelbart efter idriftsættelse, inden en endelig *nettilslutningsaftale* gives, samt til enhver tid under *anlæggets* levetid. Overholder *anlægget* ikke kravene, følger de sanktioner, som er beskrevet i forordningen.

4. Interharmoniske

Afsnit 4 er gældende for *anlægskategorierne* 3 til 7.

4.1.1.1 Planlægningsniveau og definition af interharmonisk spændingsforvrængningsbidrag

Planlægningsniveauet for *interharmoniske* for transmissionsnettet fastsættes som beskrevet i IEC 61000-3-6 [3] og måles som defineret i IEC 61000-4-7 [2].

4.2 Fastsættelse af krav for interharmonisk spændingsforvrængningsbidrag

Grænseværdier for *interharmonisk spændingsforvrængningsbidrag* fastsættes som krav til de *interharmoniske undergrupper*. Hver enkelt *interharmonisk undergruppe* skal evalueres som beskrevet i DS/EN 61000-4-30 [4] og DS/EN 61000-4-7 [2]. Grænseværdien fastsættes til 0,36 % i frekvensområdet fra 50 Hz op til 2,5 kHz i henhold til IEC 61000-3-6 [3]. Kravet er gældende for 95-procent-fraktilniveauer, beregnet på basis af 10-minutters aggregerede værdier målt over en uge.

4.2.1.1 Eftervisning af krav

Minimum seks måneder inden idriftsættelse af *anlægget* skal dokumentation for opfyldelse af krav til *interharmoniske* indleveres til *Energinet*. Eftervisning kan ske ved brug af en af disse to metoder:

- 1) Ved at forelægge en skriftlig teknisk redegørelse for, at det *interharmonisk spændingsforvrængningsbidrag* forårsaget af *anlægget* er negligerbart i *tilslutningspunktet*.
- 2) Ved simulering under værste tænkelige driftsforhold ved brug af en simuleringsmodel, hvor kilder til *interharmoniske* er inkluderet.

Vælges eftervisning af krav efter punkt 2, leverer *Energinet* relevante data, som beskriver transmissionsnettet i *tilslutningspunktet*. Omfanget af data vil afhænge af den simuleringsmetode, der er valgt for eftervisning, og fastsættes derfor som en del heraf.

Metode for eftervisning samt produkterne godkendes af *Energinet*.

Eftervisning af krav ved måling foretages af *Energinet*. Dette kan ske umiddelbart efter idriftsættelse, inden en endelig *nettilslutningsaftale* gives, samt til enhver tid under *anlæggets* levetid. Overholder *anlægget* ikke kravene, følger de sanktioner, som er beskrevet i forordningen.

5. Spændingsubalance

Afsnit 5 er gældende for *anlægskategorierne* 3 til 7, dog hvor afsnit 5.2 + 5.4 kun er gældende for *anlægskategorierne* 3 til 5 samt 7, og afsnit 5.3 + 5.5 kun er gældende for *anlægskategori* 6.

Der fastsættes en grænse i *tilslutningspunktet* for *spændingsubalancen* forårsaget af *anlægget*.

5.1 Planlægningsniveau og definition af spændingsubalancebidrag

Planlægningsniveauet for *spændingsubalance* for transmissionsnettet fastsættes som beskrevet i IEC 61000-3-13, Tabel 2 [5]. En del af dette *planlægningsniveau* tildeles *anlægget* i *tilslutningspunktet*.

Spændingsubalancevektoren defineres generelt som:

$$\vec{u}_2 = \frac{\vec{U}_2}{\vec{U}_1}$$

hvor \vec{U}_2 er inverssekvensspændingen, og \vec{U}_1 er synkronsekvensspændingen, begge fastsat som spændingsvektorer (beskrevet ved størrelse og vinkel) og bestemt i *anlæggets tilslutningspunkt*.

Spændingsubalancebidraget, forårsaget af tilslutning af *anlægget* til transmissionsnettet, defineres som størrelsen af *spændingsubalancebidragsvektoren* $\vec{u}_{2,bidrag}$. *Spændingsubalancebidragsvektoren* bestemmes som differencen mellem *spændingsubalancevektorerne*, bestemt i *anlæggets tilslutningspunkt* efter og før *anlægget* tilsluttes:

$$\vec{u}_{2,bidrag} = \vec{u}_{2,efter} - \vec{u}_{2,før}$$

hvor $\vec{u}_{2,før}$ er *spændingsubalancevektoren* før *anlægget* tilsluttes, og $\vec{u}_{2,efter}$ er *spændingsubalancevektoren* efter *anlægget* tilsluttes.

5.2 Fastsættelse af krav for spændingsubalancebidraget – anlægskategori 3 til 5 samt 7

Anlægget tillades at have et maksimalt *spændingsubalancebidrag* på 0,2 % i *tilslutningspunktet*. Kravet er gældende for 95-procent-fraktilniveauer, beregnet på basis af 10-minutters aggregerede værdier målt over en uge

Tilslutning af et *anlæg* kan lede til, at ubalancen i *tilslutningspunktet* reduceres. Hvis dette er tilfældet, sættes størrelsen af *spændingsubalancebidraget* lig med nul, og kravet er dermed opfyldt.

Tilslutningen af et balanceret *forbrugsanlæg* kan lede til, at niveauet af ubalance i *tilslutningspunktet* forøges, hvis transmissionsnettet er asymmetrisk, og kortslutningsniveauet er lavt. En sådan forøgelse påhviler ikke *anlægsejer*.

5.3 Fastsættelse af krav for spændingsubalancebidraget – anlægskategori 6

Anlægget tillades at have et maksimalt *spændingsubalancebidrag* på 0,7 % i *tilslutningspunktet*. Kravet er gældende for både 95-procent-fraktilniveauer, beregnet på basis af 10-minutters aggregerede værdier målt over en uge, samt 99-procent-fraktilniveauer beregnet på basis af 3-

sekunders aggregerede værdier målt over en dag. Aggregeringen foretages som specificeret i DS/EN61000-4-30 [4].

Tilslutning af et *anlæg* kan lede til, at ubalancen i *tilslutningspunktet* reduceres. Hvis dette er tilfældet, sættes størrelsen af *spændingsubalancebidraget* lig med nul, og kravet er dermed opfyldt.

Tilslutningen af et balanceret *anlæg* kan lede til, at niveauet af ubalance i *tilslutningspunktet* forøges, hvis transmissionsnettet er asymmetrisk, og kortslutningsniveauet er lavt. En sådan forøgelse påhviler ikke *anlægsejer*.

5.4 Eftervisning af krav for spændingsubalance - anlægskategori 3 til 5 samt 7

Minimum seks måneder inden idriftsættelse af *anlægget* skal dokumentation for opfyldelse af krav til *spændingsubalance* indleveres til *Energinet*. Eftervisning kan ske ved brug af en af de to metoder beskrevet nedenfor:

- 1) Ved at forelægge en skriftlig teknisk redegørelse for, at *spændingsubalancebidraget* forårsaget af *anlægget* er negligerbare i *tilslutningspunktet*.
- 2) Ved simulering under værst tænkelige driftsforhold ved brug af en simuleringsmodel, hvor kilder til *spændingsubalance* er inkluderet

Ved eftervisning af krav efter punkt 2 leverer *Energinet* relevante data, som beskriver transmissionsnettet i *tilslutningspunktet*. Omfanget af data vil afhænge af den simuleringsmetode, der er valgt for eftervisning, og fastsættes derfor som en del heraf.

Metode for eftervisning samt produkterne godkendes af *Energinet*.

Eftervisning af krav ved måling foretages af *Energinet*. Dette kan ske umiddelbart efter idriftsættelse, inden en endelig *nettilslutningsaftale* gives, samt til enhver tid under *anlæggets* levetid. Overholder *anlægget* ikke kravene, følger de sanktioner, som er beskrevet i forordningen.

5.5 Eftervisning af krav for anlægskategori 6

Minimum seks måneder inden idriftsættelse af *forbrugsanlægget* skal dokumentation for opfyldelse af krav til *spændingsubalance* indleveres til *Energinet*. Eftervisning kan ske ved brug af en af de to metoder beskrevet nedenfor:

- 1) Ved at forelægge en skriftlig teknisk redegørelse for, at *spændingsubalancebidraget* forårsaget af *anlægget* er negligerbare i *tilslutningspunktet*.
- 2) Ved simulering under værst tænkelige driftsforhold ved brug af en simuleringsmodel, hvor kilder til *spændingsubalance* er inkluderet

Ved eftervisning af krav efter punkt 2 leverer *Energinet* relevante data, som beskriver transmissionsnettet i *tilslutningspunktet*. Omfanget af data vil afhænge af den simuleringsmetode, der er valgt for eftervisning, og fastsættes derfor som en del heraf.

Metode for eftervisning samt produkterne godkendes af *Energinet*.

Eftervisning af krav ved måling foretages af *Energinet*. Dette kan ske umiddelbart efter idriftsættelse, inden en endelig *nettilslutningsaftale* gives, samt til enhver tid under *anlæggets* levetid. Overholder *anlægget* ikke kravene, følger de sanktioner, som er beskrevet i forordningen.

6. Flicker

Afsnit 6 er gældende for *anlægskategorierne* 3 til 7.

Der fastsættes en grænse i *tilslutningspunktet* for *flicker* forårsaget af *anlægget*.

6.1.1.1 Planlægningsniveau og definition af flickerbidrag

Planlægningsniveauet for *flicker* for transmissionsnettet fastsættes som beskrevet i IEC 61000-3-7 [6] og måles som defineret i DS/EN 61000-4-15 [1].

6.1.1.2 Fastsættelse af krav for flicker

Kravene til *flickerbidraget* for *anlægget* i *tilslutningspunktet* vises i Tabel 1. De fastsættes som mindste tilrådelige grænser j f. IEC 61000-3-7 [6].

Parametre	Grænse
P_{st}	0,25
P_{tt}	0,35

Tabel 1 Grænseværdier for flicker forårsaget af forbrugsanlægget

P_{st} er korttidsflickerintensitet, og P_{tt} er langtidsflickerintensitet, begge defineret som beskrevet i DS/EN 61000-4-15 [1].

6.1.1.3 Eftervisning af krav

Minimum seks måneder inden idriftsættelse af *anlægget* skal dokumentation for opfyldelse af krav til *flicker* indleveres til *Energinet*. Eftervisning kan ske ved brug af en af disse to metoder:

- 1) Ved at forelægge en skriftlig teknisk redegørelse for, at *flickerbidraget*, som er forårsaget af *anlægget*, er negligerbart i *tilslutningspunktet*.
- 2) Ved simulering under værste tænkelige driftsforhold ved brug af en simuleringsmodel, hvor kilder til *flicker* er inkluderet.

Ved eftervisning af krav efter punkt 2 leverer *Energinet* relevante data, som beskriver transmissionsnettet i *tilslutningspunktet*. Omfanget af data vil afhænge af den simuleringsmetode, som er valgt for eftervisning, og fastsættes derfor som en del heraf.

Metode for eftervisning, samt produkterne, godkendes af *Energinet*.

Eftervisning af krav ved måling foretages af *Energinet*. Dette kan ske umiddelbart efter idriftsættelse, inden en endelig *nettilslutningsaftale* gives, samt til enhver tid under *anlæggets* levetid. Overholder *anlægget* ikke kravene, følger de sanktioner, som er beskrevet i forordningen.

7. DC-indhold

Afsnit 7 er gældende for *anlægskategorierne* 3 til 7.

Der fastsættes en grænse i *tilslutningspunktet* for DC-indholdet i den leverede strøm fra *anlægget*.

7.1.1.1 Fastsættelse af krav for DC-indhold

DC-indholdet, målt i den leverede AC-strøm fra *forbrugsanlægget*, må maksimalt udgøre 0,5 % af den nominelle strøm i *tilslutningspunktet*.

7.1.1.2 Eftervisning af krav

Minimum seks måneder inden idriftsættelse af *anlægget* skal dokumentation for opfyldelse af krav til DC-indhold indleveres til Energinet. Eftervisning kan ske ved brug af en af disse to metoder:

- 1) Ved at forelægge en skriftlig teknisk redegørelse for, at DC-indholdet, som er forårsaget af *anlægget*, er negligerbart i *tilslutningspunktet*.
- 2) Ved simulering under værst tænkelige driftsforhold ved brug af en simuleringsmodel, hvor kilder til DC-strømme eller spændinger er inkluderet.

Ved eftervisning af krav efter punkt 2 leverer *Energinet* relevante data, som beskriver transmissionsnettet i *tilslutningspunktet*. Omfanget af data vil afhænge af den simuleringsmetode, som er valgt for eftervisning, og fastsættes derfor som en del heraf.

Metode for eftervisning, samt produkterne, godkendes af *Energinet*.

Eftervisning af krav ved måling foretages af *Energinet*. Dette kan ske umiddelbart efter idriftsættelse inden en endelig *nettilslutningsaftale* gives, samt til en hver tid under *anlæggets* levetid. Overholder *anlægget* ikke kravene, følger de sanktioner, som er beskrevet i forordningen.

8. Transmissionstilsluttede distributionssystemer – kategori 1

Der påhviler *netvirksomheden* og *Energinet* et fælles ansvar for at sikre, at elkvaliteten i *tilslutningspunktet* opfylder *planlægningsniveauerne* specificeret af *Energinet*. Dette gælder særligt for *harmonisk spændingsforvrængning*, *interharmonisk spændingsforvrængning*, *spændingsubalance* samt *flicker*. Hver af parterne har på ethvert tidspunkt ret til at foretage målinger af elkvaliteten i *tilslutningspunktet*.

Det stilles som krav, at netvirksomheden følger tilslutningsprocessen for distributionstilsluttede anlæg jf. bilag 1.F, hvorved netvirksomheden og *Energinet* indgår samarbejde om håndtering af kravsætning for elkvalitet ved tilslutning af distributionstilsluttede anlæg med betydende indflydelse på transmissionsnettet.

I tilfælde af at en part identificerer, at niveauer nærmer sig - eller overskrider - *planlægningsniveauerne*, skal den anden part underrettes. Herefter skal parterne inden 30 dage indgå et gensidigt forpligtende samarbejde for at identificere kilden til forstyrrelsen samt udarbejde en plan for udbedringen. Hvis kilden til forstyrrelsen med overvejende sandsynlighed kan identificeres, afholdes omkostningerne til udbedring af den part, som ejer det pågældende net.

9. Referencer

- [1] DS/EN 61000-4-15:2011 Elektromagnetisk kompatibilitet (EMC) - Del 4-15: Prøvnings- og måleteknikker - Flickermeter - Funktions- og designspecifikationer, Dansk Standard, 2011.
- [2] IEC/TR 61000-3-14:2011 Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3-14: Assessment of emission limits for harmonics, interharmonics, voltage fluctuations and unbalance for the connection of disturbing installations to LV power systems, International Electrotechnical Commission, 2011.
- [3] IEC TR 61000-3-6:2008 Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3-6: Limits - Assessment of emission limits for the connection of distorting installations to MV, HV and EHV Power systems, International Electrotechnical Commission, 2008-02.
- [4] DS/EN 61000-4-30:2015 Elektromagnetisk kompatibilitet (EMC) - Del 4-30: Prøvnings- og måleteknikker - Metoder til måling af spændingskvaliteten; AC:2017, Dansk Standard, 2015.
- [5] IEC/TR 61000-3-13:2008 Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3-13: Limits - Assessment of emission limits for the connection of unbalanced installations to MV, HV, 2008.
- [6] IEC/TR 61000-3-7:2008 Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3-7: Limits - Assessment of emission limits for the connection of fluctuating installations to MV, HV and EHV power systems, International Electrotechnical Commission, 2008.

De nævnte Internationale Standarder (her: IEC) og Europæiske Normer (EN) skal kun anvendes inden for de emner, der er nævnt i forbindelse med referencerne i denne kravspecifikation.