

**ENERGINET**

Energinet  
Tonne Kjærsvej 65  
DK-7000 Fredericia

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

# TEKNISK FORSKRIFT 3.2.7 KRAV FOR SPÆNDINGSKVALITET FOR TILSLUTNING AF PRODUKTIONSENHEDER TIL TRANSMISSIONSNETTET - REV. 2

GYLDIG FRA 29. MARTS 2019

REV.	BESKRIVELSE	UDARBEJDET	KONTROLLERET	GENNEMGÅET	GODKENDT
2	PUBLICERET UDGAVE	29-03-2019	29-03-2019	29-03-2019	29-03-2019
		CFJ	FBN	ARY	JBO

## Revisionsoversigt

AFSNIT	ÆNDRING	REV	DATO
7.2	Rettet ombyttede grænseværdier for <i>flicker</i> samt	2	29-03-2019
2	opdateret forvaltningsmæssige bestemmelser.		
Alle		1	03-08-2018

## Indhold

1. Terminologi og definitioner	5
2. Formål, anvendelsesområde og forvaltningsmæssige bestemmelser	9
3. Generelt	13
4. Harmonisk spændingsforvrængning	14
5. Interharmoniske	19
6. Spændingsubalance	20
7. Flicker	21
8. DC-indhold	22
9. Referencer	23

## Liste over figurer

Figur 1 Grafisk præsentation af bidragene til den harmoniske spændingsforvrængning i nettilslutningspunktet efter idriftsættelse af det elproducerende anlæg	14
Figur 2 Illustration af metode benyttet til fastsættelse af grænseværdi for harmonisk spændingsforvrængningsbidrag	15
Figur 3 Eksempel på netimpedanspolygon beskrivende for netimpedansen i nettilslutningspunktet for det elproducerende anlæg	17

## Liste over tabeller

Tabel 1 Grænseværdier for flicker forårsaget af det elproducerende anlæg	21
--	----

## Læsevejledning

Denne forskrift indeholder alle generelle og specifikke krav vedrørende spændingskvalitet for tilslutning af *produktionsanlæg* til transmissionsnettet.

Forskriften er bygget op således, at afsnit 1 indeholder terminologi og definitioner, som anvendes i forskriften.

Afsnit 2 indeholder formål, anvendelsesområde og forvaltningsmæssige bestemmelser.

Afsnit 3 til 8 indeholder de tekniske og funktionelle krav.

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

Forskriften er udgivet af Energinet, CVR-nr. 28 98 06 71, og kan hentes på:  
[www.energinet.dk](http://www.energinet.dk).

# 1. Terminologi og definitioner

## 1.1 Definitioner

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

### 1.1.1 Anlægsejer

*Anlægsejer* er den, der juridisk ejer *produktionsanlægget*. *Anlægsejer* kan overdrage det driftsmæssige ansvar til en *produktionsanlægsoperatør*.

### 1.1.2 Anlægskomponent

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

### 1.1.3 Elforsyningsvirksomhed

*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.

### 1.1.4 Elkvalitet

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

### 1.1.5 Elproducerende anlæg

En enhed eller en samling af enheder, der producerer elektricitet, som ikke er synkront tilsluttet nettet eller er tilsluttet ved hjælp af effektelektronik, og som også har ét fælles tilslutningspunkt til et transmissionssystem. Betegnelsen "power park-modul" anvendes også som synonym for *elproducerende anlæg*.

### 1.1.6 Emissionsgrænser

Grænseværdier for de gældende *spændingskvalitetsparametre*.

### 1.1.7 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].

### 1.1.8 Flickerbidrag

Det *elproducerende anlægs* bidrag af *flicker* til transmissionsnettet.

### 1.1.9 Grænseværdi for harmonisk spændingsforvrængningsbidrag (GHF)

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

#### 1.1.10 Grænseværdi for interharmonisk spændingsforvrængningsbidrag

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

#### 1.1.11 Harmonisk baggrundsforvrængning

Den *harmoniske spændingsforvrængning*, der eksisterer i *nettilslutningspunktet* inden *det el-producerende anlæg* tilsluttes.

#### 1.1.12 Harmonisk emission

Det *elproducerende anlægs* emission af harmoniske, indeholdende den *harmoniske spændingsforvrængning* forårsaget af harmoniske spændinger eller strømme fra det *elproducerende anlæg* (aktiv introduceret forvrængning) samt forstærkning af eksisterende *harmonisk baggrundsforvrængning* i *nettilslutningspunktet* grundet interaktion mellem anlæggets og transmissionsnettets *harmoniske netimpedans* (passiv introduceret forvrængning).

#### 1.1.13 Harmonisk netimpedans

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

#### 1.1.14 Harmonisk planlægningsmargin

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

#### 1.1.15 Harmonisk spektrum

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

#### 1.1.16 Harmonisk spændingsforvrængning

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

#### 1.1.17 Harmonisk spændingsforvrængningsbidrag (HF)

Det *elproducerende anlægs* bidrag af *harmoniske spændingsforvrængning* til transmissionsnettet i *nettilslutningspunktet*. Bidraget kan dække det samlede bidrag i form af den *totale harmoniske spændingsforvrængning* eller være opgjort per *harmonisk spændingsovertone*. Den enkelte *harmoniske spændingsovertone* defineres som beskrevet i IEC/TR 61000-3-7:2008 [2].

#### 1.1.18 Harmonisk spændingsovertone

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

#### 1.1.19 Interharmoniske

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

#### 1.1.20 Interharmonisk spændingsforvrængningsbidrag

Det *elproducerende anlægs* bidrag af *interharmonisk spændingsforvrængning* til transmissionsnettet i *nettilslutningspunktet*. Bidraget opgøres ved *interharmoniske undergrupper*.

#### 1.1.21 Interharmonisk undergruppe

Gruppering af en række *interharmoniske*, udført som beskrevet i DS/EN 61000-4-7 [3].

#### 1.1.22 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 **højest** 100 kV.

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

#### 1.1.23 Netimpedanspolygoner

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

#### 1.1.24 Nettilslutningsaftale

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

#### 1.1.25 Nettilslutningspunkt

*Nettilslutningspunktet* (POC) er det fysiske punkt i det *kollektive elforsyningsnet*, hvor *produktionsanlægget* er tilsluttet eller kan tilsluttes.

Alle krav specificeret i denne forskrift er gældende i *nettilslutningspunktet*. Det er *elforsyningsvirksomheden*, der anviser *nettilslutningspunktet*.

#### 1.1.26 Planlægningsniveau

Det niveau for en given *spændingskvalitetsparameter* hvorefter transmissionsnettet planlægges.

#### 1.1.27 Produktionsanlæg

Et *synkront produktionsanlæg* eller et *elproducerende anlæg*.

#### 1.1.28 Produktionsanlægsoperatør

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

#### 1.1.29 Spændingskvalitetsparametre

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

### 1.1.30 Spændingsubalance

Indholdet af inverssekvensspænding, opgjort i procent af synkronsekvensspændingen.

### 1.1.31 Spændingsubalancebidrag

*Spændingsubalancebidraget*, forårsaget af tilslutning af det *elproducerende anlæg* til transmissionsnettet, defineres som størrelsen af spændingsubalancebidragsvektoren.

Spændingsubalancebidragsvektoren bestemmes som differencen mellem *spændingsubalancevektorerne*, bestemt i det *elproducerende anlægs nettilslutningspunkt* efter og før det *elproducerende anlæg* tilsluttes:

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

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

Spændingsubalancevektoren defineres 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 det *elproducerende anlægs nettilslutningspunkt*.

### 1.1.32 Synkront produktionsanlæg

En sammenhængende enhed, som kan producere elektrisk energi på en sådan måde, at den producerede spændingsfrekvens, vekselstrømsgeneratorens hastighed og frekvensen af netspændingen står i et konstant forhold til hinanden og dermed er synkrone.

### 1.1.33 Systemmodel afgrænset ved impedanspolygoner

Afgrænset simuleringsmodel af transmissionsnettet omkring et *nettilslutningspunkt*.

### 1.1.34 Tilgængeligt harmonisk forvrængningsbånd

Det bånd, der er til rådighed efter *harmonisk baggrundsforvrængning* er fratrukket *planlægningsniveauerne*.

### 1.1.35 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.



## 2. Formål, anvendelsesområde og forvaltningsmæssige bestemmelser

Spændingskvalitet for produktionsanlæg tilsluttet transmissionsnettet gennemføres som et nationalt krav ved denne forskrift, da spændingskvalitet ikke er omfattet af Kommissionens Forordning (EU) 2016/631 af 14. april 2016 om fastsættelse af netregler om krav til nettilslutning for produktionsanlæg (RfG).

### 2.1 Formål

Formålet med denne tekniske forskrift er at fastlægge de generelle og specifikke krav vedrørende spændingskvalitet for *produktionsanlæg* tilsluttet transmissionsnettet, som *produktionsanlægget* skal overholde i *nettilslutningspunktet*.

Forskriften er udstedt i medfør af § 7, stk. 1, nr. 1, 3 og 4, i Bekendtgørelse nr. 891 af 17. august 2011 om systemansvarlig virksomhed og anvendelse af eltransmissionsnettet mv. (herefter systemansvarsbekendtgørelsen) [4]. Forskriften er, jf. § 7, stk. 1 i systemansvarsbekendtgørelsen, udarbejdet efter drøftelser med aktører og har været i offentlig høring inden anmeldelse til Forsyningstilsynet.

Forskriften har gyldighed inden for rammerne af Bekendtgørelse af lov nr. 52 af 17. januar 2019 om elforsyning (herefter elforsyningsloven) [5].

Ud over denne forskrift gælder der for *produktionsanlæg* tilsluttet transmissionsnettet ligeledes gældende dansk lovgivning, herunder bekendtgørelse af lov nr. 10. januar 2019 om sikkerhed ved elektriske anlæg, elektriske installationer og elektrisk materiel (elsikkerhedsloven), og udstedte bekendtgørelser i medfør heraf, samt nettilslutningsaftalen mellem *anlægsejer* og den kollektive *elforsyningsvirksomhed*.

### 2.2 Anvendelsesområde

Et *produktionsanlæg*, som er tilsluttet transmissionsnettet, skal i hele *produktionsanlæggets* levetid opfylde bestemmelserne i forskriften.

#### 2.2.1 Et nyt produktionsanlæg

Kravene i forskriften gælder for alle *produktionsanlæg*, som er tilsluttet transmissionsnettet, og som er idriftsat fra og med ikrafttrædelsesdatoen for denne forskrift.

#### 2.2.2 Et eksisterende produktionsanlæg

Et *produktionsanlæg*, som er tilsluttet transmissionsnettet før ikrafttrædelsesdatoen for denne forskrift, skal overholde den forskrift, der var gældende på idriftsættelsestidspunktet.

#### 2.2.3 Ændringer på et eksisterende produktionsanlæg

Et eksisterende *produktionsanlæg*, hvor der foretages væsentlige funktionelle ændringer, skal overholde de bestemmelser i denne forskrift, som vedrører ændringerne. I tvivlstilfælde afgør Energinet Elsystemansvar A/S, om der er tale om en væsentlig ændring.

En væsentlig ændring er udskiftning af en eller flere vitale *anlægskomponenter*, der kan ændre *produktionsanlæggets* egenskaber.

Anlæggets dokumentation skal opdateres og fremsendes i en udgave, hvor ændringerne er vist.

## 2.3 Afgrænsning

Denne tekniske forskrift er en del af det samlede sæt af tekniske forskrifter fra Energinet.

Denne forskrift definerer pt. kun krav til *elproducerende anlæg*. Krav til *synkrone produktionsanlæg* vil blive inkluderet senere og vil gennemgå en separat høringsproces.

De tekniske forskrifter indeholder tekniske minimumskrav, der gælder for *anlægsejer, produktionsanlægsoperatør og elforsyningsvirksomhed*, vedrørende tilslutning til transmissionsnettet.

De tekniske forskrifter, herunder tilslutningsforskrifterne og systemdriftsforskrifterne, udgør sammen med markedsforskrifterne de krav, som *anlægsejer og produktionsanlægsoperatør* skal opfylde ved drift af et *produktionsanlæg*:

- Teknisk forskrift 5.8.1, Måledata til systemdriftsformål [7]
- Teknisk forskrift 5.9.1, Systemtjenester [8]
- Forskrift D1, Afregningsmåling [9]
- Forskrift D2, Tekniske krav til elmåling [10]
- Teknisk forskrift 3.2.5 for vindkraftanlæg større end 11 kW [11]
- Teknisk forskrift 3.2.2 for solcelleanlæg større end 11 kW [12]
- Teknisk forskrift 3.2.3 for termiske anlæg større end 11 kW [13]

Herudover kan gælde særlige kontrakt-/aftalemæssige forhold.

I tilfælde af uoverensstemmelse imellem kravene i de enkelte forskrifter er det Energinet Elystemansvar A/S, der afgør, hvilke krav der er gældende.

Gældende udgaver af ovennævnte dokumenter er tilgængelige på Energinets hjemmeside, [www.energinet.dk](http://www.energinet.dk).

De driftsmæssige forhold aftales mellem *anlægsejer og elforsyningsvirksomhed* inden for de rammer, der er fastlagt i denne forskrift.

## 2.4 Hjemmel

Forskriften er udstedt med hjemmel i:

- § 26 i bekendtgørelse af lov nr. 52 af 17. januar 2019 om elforsyning [5].
- § 7, stk. 1, nr. 1, 3 og 4 i bekendtgørelse nr. 891 af 17. august 2011 om systemansvarlig virksomhed og anvendelse af eltransmissionsnettet mv. [4].

## 2.5 Ikrafttræden

Denne reviderede forskrift træder i kraft ved anmeldelse til Forsyningstilsynet den 29. marts 2019 og afløser

- Teknisk forskrift 3.2.7, Krav for spændingskvalitet for tilslutning af produktionsanlæg til transmissionsnettet, rev. 1

Forskriften erstatter afsnit 4 for transmissionstilsluttede anlæg i følgende tekniske forskrifter:

- Teknisk forskrift 3.2.2 for solcelleanlæg større end 11 kW, Revision 4, gældende fra 14. juli 2016 [12]
- Teknisk forskrift 3.2.5 for vindkraftanlæg større end 11 kW, Revision 4, gældende fra 22. juli 2016 [11]
- Teknisk forskrift 3.3.1 for batterianlæg, Revision 1, gældende fra den 23. juni 2017 [14].

Ønsker om yderligere oplysninger og spørgsmål til denne tekniske forskrift rettes til Energinet Elsystemansvar A/S.

Kontaktoplysninger findes på <https://energinet.dk/El/Rammer-og-regler/Forskrifter-for-nettilslutning>.

Forskriften er anmeldt til Forsyningstilsynet efter reglerne i elforsyningslovens § 76, jf. § 73 a i elforsyningsloven [5] og systemansvarsbekendtgørelsens § 7 [4].

Af hensyn til *produktionsanlæg*, som er endeligt ordret ved bindende skriftlig ordre inden forskriften er anmeldt til Forsyningstilsynet, men planlagt idriftsat efter denne forskrift træder i kraft, kan der søges en dispensation i henhold til afsnit 2.9.

## 2.6 Klage

Klage over forskriften kan indbringes for Forsyningstilsynet, [www.forsyningstilsynet.dk](http://www.forsyningstilsynet.dk), if. [systemansvarsbekendtgørelsen § 7, stk. 3](#).

Klage over afgørelser truffet af Energinet kan ikke påklages til anden administrativ myndighed. Afgørelser kan alene påklages til domstolene.

## 2.7 Misligholdelse

Det påhviler *anlægsejer* at sikre, at bestemmelserne i denne forskrift overholdes i hele *produktionsanlæggets* levetid.

Hvis det er nødvendigt, skal der løbende udføres vedligeholdelse af *produktionsanlægget* for at sikre overholdelse af bestemmelserne i denne forskrift.

Omkostninger i forbindelse med at overholde bestemmelserne i denne forskrift påhviler *anlægsejer*.

## 2.8 Sanktioner

Hvis et *produktionsanlæg* ikke opfylder bestemmelserne, som er anført i afsnit 3 og fremefter i denne forskrift, er *elforsyningsvirksomheden* berettiget til, i yderste konsekvens – og efter Energinets afgørelse – at foranstalte afbrydelse af den elektriske forbindelse til *produktionsanlægget*, indtil bestemmelserne er opfyldt.

## 2.9 Dispensation og uforudsete forhold

Energinet kan give dispensation for specifikke bestemmelser i denne forskrift.

For at der kan gives dispensation, skal følgende betingelser være opfyldt:

- Der skal være tale om særlige forhold, fx af lokal karakter.

- Afvigelsen må ikke give anledning til en forringelse af den tekniske kvalitet og balance af det *kollektive elforsyningsnet*.
- Afvigelsen må ikke være uhensigtsmæssig ud fra en samfundsøkonomisk betragtning.

Der kan endvidere søges dispensation for *produktionsanlæg*, der er ordret inden forskriften er trådt i kraft, jf. afsnit 2.5.

Dispensation skal ske efter skriftlig ansøgning til *elforsyningsvirksomheden* med angivelse af, hvilke bestemmelser dispensationen vedrører, samt begrundelse for dispensationen. Relevant dokumentation skal vedlægges.

*Elforsyningsvirksomheden* har ret til at kommentere ansøgningen, inden den sendes til Energinet.

Hvis der opstår forhold, som ikke er forudset i denne tekniske forskrift, skal Energinet Elsystemansvar A/S konsultere de berørte parter med henblik på at opnå en aftale om, hvad der skal gøres.

Hvis der ikke kan opnås en aftale, skal Energinet beslutte, hvad der skal gøres. Beslutningen skal træffes ud fra, hvad der er rimeligt, og skal – når det er muligt – tage højde for synspunkterne fra de berørte parter.

Energinets afgørelse kan indklages til Forsyningstilsynet, jf. afsnit 2.6.

### 3. Generelt

Ved vurdering af et *produktionsanlægs* påvirkning af *elkvaliteten* i transmissionsnettet, skal de forskellige *elkvalitets*parametre i *nettilslutningspunktet* dokumenteres. Disse parametre, samt metoder til eftervisning af dem, beskrives i denne tekniske forskrift.

Det er Energinet Elsystemansvar A/S' ansvar at oplyse grænseværdier for emission af de forskellige typer forstyrrelser forårsaget af *produktionsanlægget*, så *planlægningsniveauer* for *elkvaliteten* i transmissionsnettet samlet set ikke overskrides.

*Anlægsejer* skal som udgangspunkt sikre, at *produktionsanlægget* er designet, konstrueret og konfigureret på en sådan måde, at de specificerede *emissionsgrænser* overholdes. Det er *anlægsejers* ansvar at eftervise, at *produktionsanlægget* overholder de fastlagte grænseværdier i *nettilslutningspunktet* ved hjælp af eftervisningsmetoder i henhold til denne forskrift.

Energinet Elsystemansvar A/S har ansvaret for at levere relevante baggrundsdata til eftervisning af samtlige krav for *elkvalitet*. Data udleveret af Energinet Elsystemansvar A/S skal opbevares og overføres sikkerhedsmæssigt forsvarligt, og må ikke videregives eller stilles til rådighed for andre uden Energinet Elsystemansvar A/S' samtykke.

Energinet Elsystemansvar A/S godkender både *anlægsejers* beregnings- og målemetoder og den endelige dokumentation, efterfølgende benævnt som produkterne, for verifikation for samtlige *elkvalitets*parametre.

Energinet Elsystemansvar A/S skal med *anlægsejer* aftale en tidsplan for levering af produkterne til eftervisning af *elkvalitets*krav. Dog skal de endelige studier leveres minimum seks måneder inden spændingssætning af første produktionsenhed.

Der stilles krav til eftervisning af *produktionsanlægs* påvirkning af *harmonisk spændingsforvrængning*, *interharmoniske*, *spændingsubalance*, *flicker* og DC-indhold.

## 4. Harmonisk spændingsforvrængning

Der fastsættes grænseværdier for det *elproducerende anlægs* maksimale bidrag til *harmonisk spændingsforvrængning* i *nettilslutningspunktet*.

### 4.1 Planlægningsniveau og definition af harmonisk spændingsforvrængningsbidrag

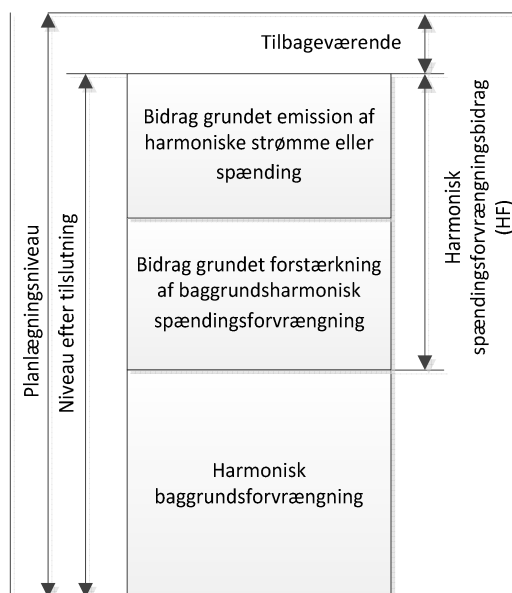
Det *elproducerende anlæg* tildeles grænseværdier i *nettilslutningspunktet*, dækkende anlæggets *harmoniske spændingsforvrængningsbidrag*. Energinet Elsystemansvar A/S benytter *planlægningsniveauer* for højspændingssystemer, som angivet i IEC/TR 61000-3-6, Tabel 2 [15], og vil koordinere det enkelte anlægs bidrag i henhold til disse niveauer.

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

Det *elproducerende anlægs harmoniske spændingsforvrængningsbidrag* inkluderer:

1. den *harmoniske spændingsforvrængning* forårsaget af *harmoniske spændinger* eller *strømme* fra det *elproducerende anlæg* (aktiv introduceret forvrængning)
2. forstærkning af eksisterende *harmonisk baggrundsforvrængning* i *nettilslutningspunktet* grundet interaktion mellem anlæggets og transmissionsnettets *harmoniske netimpedans* (passiv introduceret forvrængning).

Bidragene illustreres grafisk i Figur 1.



Figur 1 Grafisk præsentation af bidragene til den harmoniske spændingsforvrængning i nettilslutningspunktet efter idriftsættelse af det elproducerende anlæg

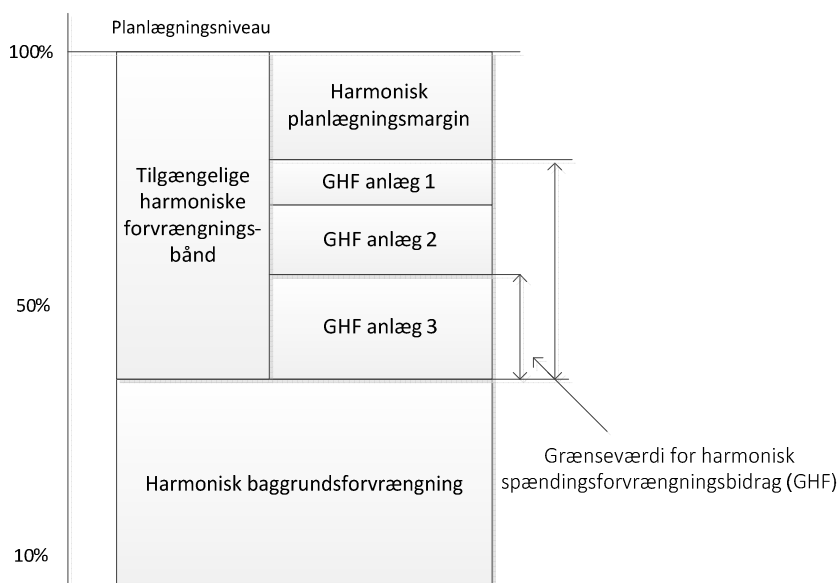
Der fastsættes en unik grænse per *harmonisk spændingsovertone* fra den 2. til den 50. orden. Disse grænser fastsættes som effektivværdien af den enkelte *harmoniske spændingsovertone*, udtrykt som en procentdel af effektivværdien af grundtonespændingen. Foruden grænsevæ-

dien per *harmonisk spændingsovertone* fastsættes der en grænse for den *totale harmoniske spændingsforvrængning* ( $THD_U$ ).

Alle de omtalte *harmoniske spændingsovertoner* er definerede som 95 procentfraktilniveauer, beregnet på basis af 10 minutters aggregerede værdier målt over en uge. Aggregeringen foretages som specificeret i DS/EN 61000-4-30 [16].

#### 4.2 Fastsættelse af krav for harmonisk spændingsforvrængningsbidrag

Grænseværdien for det *harmoniske spændingsforvrængningsbidrag* fastsættes af Energinet Elsystemansvar A/S. 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 *harmonisk baggrundsforvrængning* i *nettilslutningspunktet* er kendt for alle relevante *harmoniske spændingsovertoner*. Baseret på dette beregnes det *tilgængelige harmoniske forvrængningsbånd*. Dette deles mellem de planlagte anlæg (produktion eller forbrug), der tilsluttes i eller nær *nettilslutningspunktet* for det *elproducerende anlæg*. En del af det *tilgængelige harmoniske forvrængningsbånd* reserveres til fremtidige anlæg samt anvendes som sikkerhed i tilfælde af afvigelser. Det reservede bånd benævnes *harmonisk planlægningsmargin*. Størrelsen fastsættes af Energinet Elsystemansvar A/S og kan variere fra tilslutningspunkt til tilslutningspunkt. Ved tilslutning af flere anlæg på samme tid deles det tilgængelige bånd som et forhold mellem anlæggenes størrelse, opgjort i tilsyneladende effekt.

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

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

hvor  $U(h)_{PL}$  er *planlægningsniveauet*,  $U(h)_{bag}$  er den *harmoniske baggrundsforvrængning*,  $U(h)_{PM}$  er den *harmoniske planlægningsmargin* og  $U(h)_{GHFn}$  er *grænseværdien for det harmoniske spændingsforvrængningsbidrag* for det n'ende anlæg. Alle variable er gældende for den h'ende *harmoniske spændingsovertone*.

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 baggrundsforvrængning* (passiv *harmonisk emission*).

### 4.3 Eftervisning af krav

I afsnit 4.3.2 og 4.3.3 beskrives metoderne til eftervisning af kravene til det *harmoniske forvrængningsbidrag* ved henholdsvis beregning og måling. I afsnit 4.3.1 beskrives det datagrundlag, som Energinet Elsystemansvar A/S stiller til rådighed for *anlægsejer*.

#### 4.3.1 Datagrundlag for eftervisning af krav for harmoniske overtoner

Energinet Elsystemansvar A/S udleverer følgende data for eftervisning af kravene til det *elproducerende anlægs harmoniske forvrængningsbidrag*:

1. niveauet af harmonisk baggrundsforvrængning
2. netimpedanspolygoner i det elproducerende anlægs tilslutningspunkt eller systemmodel afgrænset ved impedanspolygoner.

##### 4.3.1.1 Harmonisk baggrundsforvrængning

*Harmonisk baggrundsforvrængning* oplyses som 95-procents-fraktilniveauer af 10-minuttersværdier, der er aggregerede som beskrevet i DS/EN 61000-4-30 [16] og målt over en uge. Der måles typisk i 6-12 måneder inden tilslutning, og de højeste *harmoniske spændingsovertone* 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 *nettilslutningspunktet*.

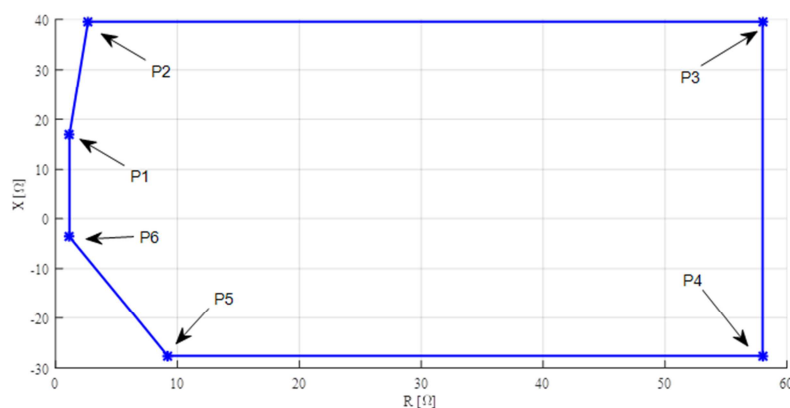
##### 4.3.1.2 Netimpedanspolygoner i det elproducerende anlægs tilslutningspunkt eller systemmodel afgrænset ved netimpedanspolygoner

Energinet Elsystemansvar A/S vælger, om transmissionsnettet bagved *nettilslutningspunktet* for det *elproducerende anlæg* beskrives ved *impedanspolygoner*, eller om der oplyses en *systemmodel afgrænset ved impedanspolygoner*. Metoden fastsættes af Energinet Elsystemansvar A/S inden opstart af analyserne for eftervisning af krav.



### Netimpedanspolygoner i det elproducerende anlægs tilslutningspunkt

Transmissionsnettets *netimpedanspolygoner* defineres i R-X planet, set fra *nettilslutningspunktet*, uden at det *elproducerende anlæg* 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 nettilslutningspunktet for det elproducerende anlæg

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 Elsystemansvar A/S i samarbejde med *anlægsejer*.

### Systemmodel afgrænset ved netimpedanspolygoner

Energinet Elsystemansvar A/S 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 Elsystemansvar A/S og *anlægsejer* inden opstart af relevante studier.

#### 4.3.2 Eftervisning af krav ved beregning

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

Det er *anlægsejers* ansvar at fastsætte samt redegøre for den anvendte metode til summering af *harmonisk emission* fra flere *elproducerende anlæg*. Det er ligeledes *anlægsejers* ansvar at fastsætte samt redegøre for metoden anvendt til summering af bidragene fra aktiv og passiv

introduceret forvrængning (punkt a og b i afsnit 4.1). Metoden skal godkendes af Energinet Elsystemansvar A/S.

Overholdelse af kravene for de enkelte spændingsovertoner samt  $THD_U$  opnås hvis:

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

Foruden det *elproducerende anlægs harmoniske spændingsforvrængningsbidrag*, skal det fremgå af det teoretiske studie, hvor store bidragene fra aktiv emission samt forstærkning af den eksisterende *harmoniske baggrundsforvrængning* (passiv emission) er inden summering (punkt a og b i afsnit 4.1). Det præcise omfang af studiet, samt beregningsmetoden, aftales mellem *anlægsejer* og Energinet Elsystemansvar A/S, inden studiet udføres. *Anlægsejer* skal fremsende en beskrivelse af studieindhold og metodebeskrivelse, inden studiet udføres.

#### 4.3.3 Eftervisning af krav ved måling

Metoden for eftervisning af krav ved måling fastsættes af Energinet Elsystemansvar A/S i samarbejde med *anlægsejer*. Metoden fastsættes specifikt for hvert *elproducerende anlæg* på grund af kompleksiteten i at måle *harmonisk spændingsforvrængningsbidrag* på højspændingsniveau.

## 5. Interharmoniske

### 5.1 Planlægningsniveau og definition af interharmonisk spændingsforvrængningsbidrag

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

### 5.2 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 [16] og DS/EN 61000-4-7 [3]. Grænseværdien for interharmonisk spændingsforvrængningsbidrag fastsættes til 0,15 % for frekvenser under 100 Hz og 0,36 % i frekvensområdet fra 100 Hz op til 2,5 kHz.*

### 5.3 Eftervisning af krav

Minimum seks måneder inden idriftsættelse af det *elproducerende anlæg* skal dokumentation for opfyldelse af krav til *interharmoniske* indleveres til Energinet Elsystemansvar A/S. Eftervisning kan ske ved brug af en af de to metoder beskrevet nedenfor:

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

Ved eftervisning af krav efter punkt 2 leverer Energinet Elsystemansvar A/S relevante data, som beskriver transmissionsnettet i *nettilslutningspunktet*. Omfanget af data vil afhænge af den simuleringstype, der er valgt for eftervisning, og fastsættes derfor som en del heraf. Metode for eftervisning samt produkterne godkendes af Energinet Elsystemansvar A/S.

Eftervisning af krav ved måling foretages af Energinet Elsystemansvar A/S. Dette kan ske umiddelbart efter idriftsættelse inden en endelig *nettilslutningsaftale* gives, samt til enhver tid under det *elproducerende anlægs* levetid. Overholder anlægget ikke kravene, følger de sanktioner, som er beskrevet i afsnit 2.8.

## 6. Spændingsubalance

Der fastsættes en grænse i *nettilslutningspunktet* for *spændingsubalancen* forårsaget af det *elproducerende anlæg*.

### 6.1 Planlægningsniveau og definition af spændingsubalancebidrag

*Planlægningsniveauet* for *spændingsubalance* for transmissionsnettet fastsættes som beskrevet i IEC/TR 61000-3-13 Tabel 2 [17]. Det *elproducerende anlægs spændingsubalancebidrag* defineres som beskrevet i afsnit 1.1.31.

### 6.2 Fastsættelse af krav for spændingsubalancebidraget

Det *elproducerende anlæg* må maksimalt have et *spændingsubalancebidrag* på 0,2 % i *nettilslutningspunktet*.

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

Tilslutningen af et balanceret *elproducerende anlæg* kan lede til, at niveauet af ubalance i *nettilslutningspunktet* forøges, hvis transmissionsnettet er asymmetrisk, og kortslutningsniveauet er lavt. Følgerne af denne forøgelse påhviler ikke *anlægsejer*.

### 6.3 Eftervisning af krav

Minimum seks måneder inden idriftsættelse af det *elproducerende anlæg* skal dokumentation for opfyldelse af krav til *spændingsubalance* indleveres til Energinet Elsystemansvar A/S. 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 det *elproducerende anlæg* er negligerbart i *nettilslutningspunktet*
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 Elsystemansvar A/S relevante data, som beskriver transmissionsnettet i *nettilslutningspunktet*. 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 Elsystemansvar A/S.

Eftervisning af krav ved måling foretages af Energinet Elsystemansvar A/S. Dette kan ske umiddelbart efter idriftsættelse inden en endelig *nettilslutningsaftale* gives, samt til enhver tid under det *elproducerende anlægs* levetid. Overholder anlægget ikke kravene, følger de sanktioner, som er beskrevet i afsnit 2.8.

## 7. Flicker

Der fastsættes en grænse i *nettilslutningspunktet* for *flicker*, forårsaget af det *elproducerende anlæg*.

### 7.1 Planlægningsniveau og definition af flickerbidrag

*Planlægningsniveauet* for *flicker* for transmissionsnettet fastsættes som beskrevet i IEC/TR 61000-3-7 [2] og måles som defineret i DS/EN 61000-4-15 [1].

### 7.2 Fastsættelse af krav for flicker

Kravene til *flickerbidraget* for det *elproducerende anlæg* i *nettilslutningspunktet* vises i Tabel 1. De fastsættes som mindste tilrådelige grænser jf. IEC/TR 61000-3-7 [2].

Parametre	Grænse
$P_{st}$	0,35
$P_{lt}$	0,25

Tabel 1 Grænseværdier for flicker forårsaget af det elproducerende anlæg

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

### 7.3 Eftervisning af krav

Minimum seks måneder inden idriftsættelse af det *elproducerende anlæg* skal dokumentation for opfyldelse af krav til *flicker* indleveres til Energinet Elsystemansvar A/S. Eftervisning kan ske ved brug af en af de to metoder beskrevet nedenfor:

1. ved at forelægge en skriftlig teknisk redegørelse for, at *flickerbidraget*, som er forårsaget af det *elproducerende anlæg*, er negligerbart i *nettilslutningspunktet*
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 Elsystemansvar A/S relevante data, som beskriver transmissionsnettet i *nettilslutningspunktet*. 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 Elsystemansvar A/S.

Eftervisning af krav ved måling foretages af Energinet Elsystemansvar A/S. Dette kan ske umiddelbart efter idriftsættelse inden en endelig *nettilslutningsaftale* gives, samt til enhver tid under det *elproducerende anlægs* levetid. Overholder anlægget ikke kravene, følger de sanktioner, som er beskrevet i afsnit 2.8.

## 8. DC-indhold

Der fastsættes en grænse i *nettilslutningspunktet* for DC-indholdet i den leverede strøm fra det *elproducerende anlæg*.

### 8.1 Fastsættelse af krav for DC-indhold

DC-indholdet, målt i den leverede AC-strøm fra det *elproducerende anlæg*, må maksimalt udgøre 0,5 % af den nominelle strøm i *nettilslutningspunktet*.

### 8.2 Eftervisning af krav

Minimum seks måneder inden idriftsættelse af det *elproducerende anlæg* skal dokumentation for opfyldelse af krav til DC-indhold indleveres til Energinet Elsystemansvar A/S. Eftervisning kan ske ved brug af en af de to metoder beskrevet nedenfor:

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

Ved eftervisning af krav efter punkt 2 leverer Energinet Elsystemansvar A/S relevante data, som beskriver transmissionsnettet i *nettilslutningspunktet*. Omfanget af data vil afhænge af den simuleringstype, som er valgt for eftervisning, og fastsættes derfor som en del heraf. Metode for eftervisning, samt produkterne, godkendes af Energinet Elsystemansvar A/S.

Eftervisning af krav ved måling foretages af Energinet Elsystemansvar A/S. Dette kan ske umiddelbart efter idriftsættelse inden en endelig *nettilslutningsaftale* gives, samt til en hver tid under det *elproducerende anlægs* levetid. Overholder anlægget ikke kravene, følger de sanktioner, som er beskrevet i afsnit 2.8.

## 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 61000-3-7:2008 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.
- [3] DS/EN 61000-4-7:2002 Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-7: Testing and measurement techniques - General guide on harmonics and interharmonics measurements and instrumentation, for power supply systems ...; Corr.1:2004; A1:2009, Dansk Standard, 2002.
- [4] BEK nr 891 af 17/08/2011 Bekendtgørelse om systemansvarlig virksomhed og anvendelse af eltransmissionsnettet m.v., Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet, 2011.
- [5] LBK nr 52 af 17/01/2019 Bekendtgørelse af lov om elforsyning, Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet, 2019.
- [6] »Teknisk forskrift 5.8.1, rev. 3 Måledata til systemdriftsformål,« Energinet, 28 06 2011. [Online]. Available: <https://energinet.dk/El/Rammer-og-regler/Forskrifter-for-systemdrift>.
- [7] »Teknisk forskrift 5.9.1 Systemtjenester, rev. 1.1,« Energinet, 06 07 2012. [Online]. Available: <https://energinet.dk/El/Rammer-og-regler/Forskrifter-for-systemdrift>.
- [8] »Forskrift D1 Afregningsmåling og afregningsgrundlag, v. 4.11,« Energinet, 01 04 2016. [Online]. Available: <https://energinet.dk/El/Rammer-og-regler/Markedsforskrifter>.
- [9] »Forskrift D2 Tekniske krav til elmåling, rev. 1,« Energinet, 05 2007. [Online]. Available: <https://energinet.dk/El/Rammer-og-regler/Markedsforskrifter>.
- [10] »Teknisk forskrift 3.2.5 for vindkraftanlæg større end 11 kW, rev. 4,« Energinet, 22 07 2016 [Online]. Available: <https://energinet.dk/El/Rammer-og-regler/Forskrifter-for-nettilslutning>
- [11] »Teknisk forskrift 3.2.2 for solcelleanlæg større end 11 kW, rev. 4,« Energinet, 14 07 2016. [Online]. Available: <https://energinet.dk/El/Rammer-og-regler/Forskrifter-for-nettilslutning>
- [12] »Teknisk forskrift 3.2.3 for termiske anlæg større end 11 kW, rev. 1,« Energinet, 10 01 2017 [Online]. Available: <https://energinet.dk/El/Rammer-og-regler/Forskrifter-for-nettilslutning>
- [13] »Teknisk forskrift 3.3.1 for batterianlæg, rev. 1,« Energinet, 23 06 2017. [Online]. Available: <https://energinet.dk/El/Rammer-og-regler/Forskrifter-for-nettilslutning>.
- [14] 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.
- [15] 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
- [16] 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 and EHV power systems, International Electrotechnical Commission, 2008.
- [17] LBK nr 26 om sikkerhed ved elektriske anlæg, elektriske installationer og elektrisk materiel (elsikkerhedsloven), Erhvervsministeriet, 2019.