

**ENERGINET**

Energinet
Tonne Kjærvej 65
DK-7000 Fredericia

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

Dato:
14. oktober 2019

Forfatter:
AIE/

ANNEX A - KRAV FOR SPÆNDINGSKVALITET FOR TILSLUTNING AF HVDC-SYSTEMER OG JÆVNSTRØM - REV 0

Nærværende kravspecifikation omfatter Energinets krav for spændingskvalitet i forbindelse med nettilslutning af HVDC-anlæg. Kravspecifikationen indgår som baggrund i forbindelse med implementering af EU-forordning 2016/1447 om fastsættelse af netregler om tilslutning af transmissionssystemer med højspændingsjævnstrøm og jævnstrømsforbundne elproducerende anlæg (HVDC), og omhandler således krav til HVDC-anlæg.

0	Publiceret	AIE XCJS	CHJ CSH	FBN	JBO
		28-09-2018	28-09-2018	28-09-2018	28-09-2018
REV.	BESKRIVELSE	UDARBEJDET	KONTROLLERET	GENNEMGÅET	GODKENDT

Revisionsoversigt

AFSNIT	TEKST	REV.	DATO
	Oprindelige udgave til Forsyningstilsynet	a	28-09-2018
1.1.16	Gyldighed for fjerntbeliggende vekselrettere tydeliggjort	b	
Forside	Indføjet dato for Fsts' afgørelse og publiceret	0	14-10-2019

Indhold

1. Terminologi og definitioner	4
2. Formål, anvendelsesområde og hjemmel.....	8
3. Harmonisk spændingsforvrængning.....	9
4. Interharmoniske	14
5. Spændingsubalance	15
6. Flicker	17
7. DC-indhold.....	18
8. Referencer	19
Figur 1 Grafisk præsentation af bidragene til den harmoniske spændingsforvrængning i nettilslutningspunktet efter idriftsættelse af anlægget.	9
Figur 2 Illustration af metode benyttet til fastsættelse af grænseværdi for harmonisk spændingsforvrængningsbidrag.....	10
Figur 3 Eksempel på netimpedanspolygon beskrivende for netimpedansen i nettilslutningspunktet for HVDC-anlægget.....	12
Tabel 1 Grænseværdier for flicker forårsaget af anlægget.....	17

Læsevejledning

Denne kravspecifikation indeholder alle generelle og specifikke krav vedrørende spændingskvalitet for tilslutning af *HVDC-anlæg* til *transmissionsnettet*.

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

Afsnit 2 indeholder formål, anvendelsesområde og de forvaltningsmæssige bestemmelser.

Afsnit 3 til og med 7 indeholder de tekniske og funktionelle krav.

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, i sektionen Rammer og Regler.

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 *HVDC-anlægget*. *Anlægsejer* kan overdrage det driftsmæssige ansvar til en *anlægsoperatør*.

1.1.2 Anlægskomponent

En *anlægskomponent* er en komponent eller et delsystem, der indgår i et samlet *HVDC-anlæg*.

1.1.3 Anlægsoperatør

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

1.1.4 Baggrundharmonisk spændingsforvrængning

Den harmoniske spændingsforvrængning, der eksisterer i nettilslutningspunktet inden HVDC-anlægget tilsluttes.

1.1.5 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.

1.1.6 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].

1.1.7 Flickerbidrag

HVDC-anlæggets bidrag af *flicker* til transmissionsnettet.

1.1.8 Grænseværdi for harmonisk spændingsforvrængningsbidrag (GHF)

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

1.1.9 Harmonisk emission

HVDC-anlæggets emission af harmoniske, indeholdende den *harmoniske spændingsforvrængning* forårsaget af harmoniske spændinger eller strømme fra *HVDC-anlægget* (aktiv introduceret forvrængning) samt forstærkning af eksisterende *baggrundsharmonisk spændingsfor-*

vrængning i nettilslutningspunktet grundet interaktion mellem anlæggets og transmissionsnettets *harmoniske netimpedans* (passiv introduceret forvrængning).

1.1.10 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.

1.1.11 Harmonisk planlægningsmargin

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

1.1.12 Harmonisk spektrum

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

1.1.13 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*.

1.1.14 Harmonisk spændingsforvrængningsbidrag (HF)

HVDC-anlæggets 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*.

1.1.15 Harmonisk spændingsovertone

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

1.1.16 HVDC-anlæg

Et *HVDC-anlæg* omfatter i denne kravspecifikation både HVDC-systemer og jævnstrømsforbundne elproducerende anlæg (fx ilandføringsanlæg) samt fjerntbeliggende HVDC-vekselrettere.

1.1.17 Interharmonisk

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

1.1.18 Interharmonisk spændingsforvrængningsbidrag

HVDC-anlæggets bidrag af *interharmonisk spændingsforvrængning* til *transmissionsnettet* i *nettilslutningspunktet*. Bidraget opgøres ved *interharmoniske undergrupper*.

1.1.19 Interharmonisk undergruppe

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

1.1.20 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.

1.1.21 Netimpedanspolygoner

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

1.1.22 Nettilslutningsaftale

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

1.1.23 Nettilslutningspunkt

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

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

1.1.24 Planlægningsniveau

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

1.1.25 Spændingskvalitetsparametre

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

1.1.26 Spændingsubalance

Indholdet af invertersekvensspænding, opgjort i procent af synkronsekvensspændingen.

1.1.27 Spændingsubalancebidrag

HVDC-anlæggets bidrag af *spændingsubalance* til *transmissionsnettet* i *nettilslutningspunktet*.

1.1.28 Spændingsubalancevektor

Spændingsubalancevektoren er en vektor defineret som forholdet mellem invertersekvens- og synkronsekvensspændingen, begge udtrykt som vektorer.

1.1.29 Systemansvarlig virksomhed

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

1.1.30 Systemmodel afgrænset ved impedanspolygoner

Afgrænset simuleringsmodel af *transmissionsnettet* omkring et *nettilslutningspunkt*.

1.1.31 Tilgængeligt harmonisk forvrængningsbånd

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

1.1.32 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.

1.1.33 Transmissionsvirksomhed

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

2. Formål, anvendelsesområde og hjemmel

Dette dokument er Annex A til de anmeldte krav, som fastsætter gennemførselsforanstaltninger på baggrund af EU-forordning 2016/1447 (HVDC); heri foreskrives krav til spændingskvalitet.

3. Harmonisk spændingsforvrængning

Der fastsættes grænseværdier for HVDC-anlæggets maksimale bidrag til harmonisk spændingsforvrængning i nettilslutningspunktet.

3.1 Planlægningsniveau og definition af harmonisk spændingsforvrængningsbidrag

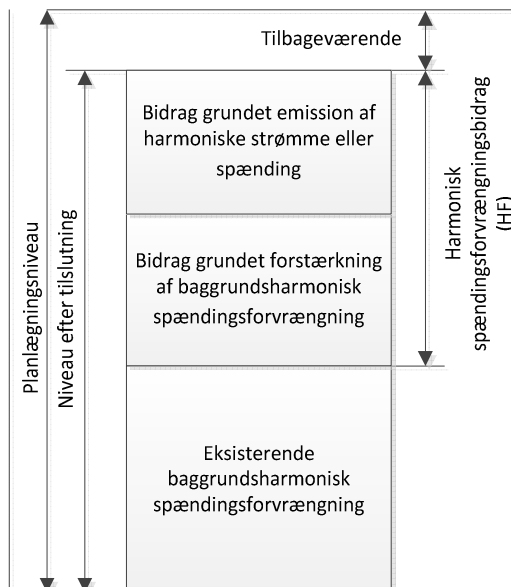
HVDC-anlægget tildeles grænseværdier i nettilslutningspunktet, dækkende anlæggets harmoniske spændingsforvrængningsbidrag. Energinet benytter planlægningsniveauer for højspændingssystemer angivet i IEC 61000-3-6, Tabel 2 [3], og vil koordinere det enkelte anlægs bidrag i henhold til disse niveauer.

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 nettilslutningspunktet 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 nettilslutningspunktet 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:

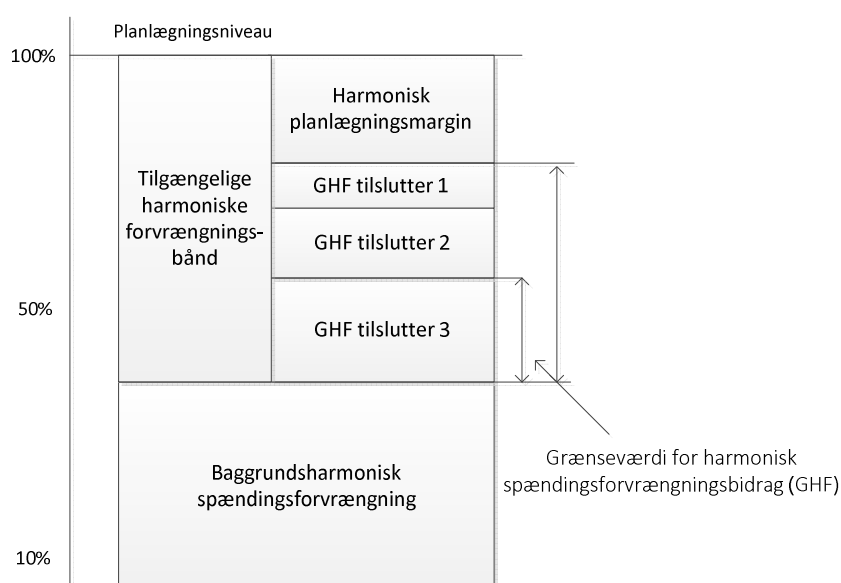
$$THD_U = \sqrt{\sum_{h=2}^{50} U_h^2}$$

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].

3.2 Fastsættelse af krav for harmonisk spændingsforvrængningsbidrag

Grænseværdien for det harmoniske spændingsforvrængningsbidrag fastsættes af den systemansvarlige virksomhed. 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 nettilslutningspunktet er kendt for alle relevante harmoniske overtoner. Baseret på dette beregnes det tilgængelige harmoniske forvrængningsbånd. Dette deles mellem de planlagte anlæg, der måtte tilslutte sig i eller nær nettilslutningspunktet for det HVDC-anlæg. En del af det tilgængelige harmoniske forvrængningsbånd reserveres til fremtidige anlæg samt anvendes som sikkerhed i tilfælde af afvigelser. Det reserverede bånd benævnes harmonisk planlægningsmargin. Størrelsen fastsættes af den systemansvarlige virksomhed 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 fratrækkes 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 baggrundsforvrængning (*passiv harmonisk emission*).

3.3 Eftervisning af krav

I afsnit 3.3.2 og 3.3.3 beskrives metoderne til eftervisning af kravene til det *harmoniske forvrængningsbidrag* ved henholdsvis beregning og måling. I afsnit 3.3.1 beskrives det datagrundlag, som den *systemansvarlige virksomhed* stiller til rådighed for *anlægsejer*.

3.3.1 Datagrundlag for eftervisning af krav for harmoniske overtoner

Den *systemansvarlige virksomhed* udleverer følgende data for eftervisning af kravene til HVDC-anlægs *harmoniske spændingsforvrængningsbidrag*:

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

3.3.1.1 Baggrundsharmonisk spændingsforvrængning

Baggrundsharmonisk spændingsforvrængning oplyses som 95-procent-fraktil af 10-minuttersværdier, der er aggregerede som beskrevet i DS/EN [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.

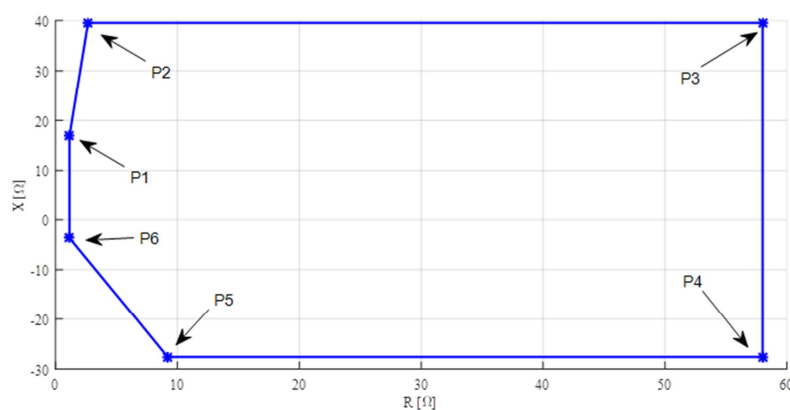
Bemærk, at den oplyste *baggrundsharmoniske spændingsforvrængning* alene er til eftervisning af operationelle krav (GHF). For komponentdesign fastsættes designniveauerne af komponentproducenten, under forudsætning af at de enkelte *harmoniske overtoner* kan antage *planlægningsniveauerne* i *nettilslutningspunktet*.

3.3.1.2 Netimpedanspolygoner i HVDC-anlæggets tilslutningspunkt eller systemmodel afgrænset ved netimpedanspolygoner

Det vælges af den *systemansvarlige virksomhed*, om transmissionsnettet bagved *nettilslutningspunktet* for anlægget beskrives ved *impedanspolygoner*, eller om der oplyses en *systemmodel afgrænset ved impedanspolygoner*. Metoden fastsættes af den *systemansvarlige virksomhed* inden opstart af analyserne for eftervisning af krav.

3.3.1.2.1 Netimpedanspolygoner i HVDC-anlæggets tilslutningspunkt

Transmissionsnettets netimpedanspolygoner defineres i R-X planet, set fra *nettilslutningspunktet*, 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 nettilslutningspunktet for HVDC-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 den *systemansvarlige virksomhed* i et samarbejde med *anlægsejer*.

3.3.1.2.2 Systemmodel afgrænset ved netimpedanspolygoner

Den *systemansvarlige virksomhed* 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 den *systemansvarlige virksomhed* og *anlægsejer* inden opstart af relevante studier.

3.3.2 Eftervisning af krav ved beregning

For at eftervise, at *HVDC-anlægget* opfylder kravene til *harmonisk spændingsforvrængning* før spændingssætning, skal *anlægsejer* 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-procentfraktilgrænsen af en uges 10-minutters-værdier bliver relevant. Dette inkluderer eventuelle temporære konfigurationer under idriftsættelse af anlægget.

Det er *anlægsejers* ansvar at fastsætte, samt at redegøre for, den anvendte metode til summering af *harmonisk emission* fra flere anlæg. Det er ligeledes *anlægsejers* 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 den *systemansvarlige virksomhed*.

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

Eftervisningskriterie

$$\text{Harmonisk forvrængningsbidrag (HF)} \leq \text{Grænseværdi for harmonisk forvrængningsbidrag (GHF)}$$

Foruden HVDC-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 anlægsejer og den systemansvarlige virksomhed, inden studiet udføres. Anlægsejer fremsender en beskrivelse af studieindhold og metodebeskrivelse, inden studiet udføres.

3.3.3 Eftervisning af krav ved måling

Metoden for eftervisning af krav ved måling fastsættes af den systemansvarlige virksomhed i samarbejde med anlægsejer. Metoden fastsættes specifikt for hvert HVDC-anlæg på grund af kompleksiteten i at måle harmonisk spændingsforvrængningsbidrag på højspændingsniveau.

4. Interharmoniske

4.1 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 DS/EN 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 fastsættes i henhold til IEC 61000-3-6 [3].

4.3 Eftervisning af krav

Minimum seks måneder inden idriftsættelse af *HVDC-anlægget* skal dokumentation for opfyldelse af krav til *interharmoniske* indleveres til den *systemansvarlige virksomhed*. 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 *HVDC-anlægget* er negligerbart i *nettilslutningspunktet*.
- 2) Ved simulering under værst tænkelige driftsforhold ved brug af en simuleringsmodel, hvor kilder til *interharmoniske* er inkluderet.

Vælges eftervisning af krav efter punkt 2, leverer den *systemansvarlige virksomhed* 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 den *systemansvarlige virksomhed*.

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

5. Spændingsubalance

Der fastsættes en grænse i *nettilslutningspunktet* for *spændingsubalancen* forårsaget af *HVDC-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 *nettilslutningspunktet*.

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 *nettilslutningspunkt*.

Spændingsubalancebidraget, forårsaget af tilslutning af anlægget til *transmissionsnettet*, defineres som størrelsen af *spændingsubalancebidragsvektoren* $\vec{u}_{2,bidrag}$. *Spændingsubalancebidragsvektoren* bestemmes som differensen mellem *spændingsubalancevektorerne*, bestemt i anlæggets *nettilslutningspunkt* 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 produktionsanlægget tilsluttes.

5.2 Fastsættelse af krav for spændingsubalancebidraget

HVDC-anlægget tillades at have et maksimalt *spændingsubalancebidrag* på 0,2 % i *nettilslutningspunktet*.

Tilslutning af et *HVDC-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 *HVDC-anlæg* kan lede til, at niveauet af ubalance i *nettilslutningspunktet* forøges, hvis *transmissionsnettet* er asymmetrisk, og *kortslutningsniveauet* er lavt. En sådan forøgelse påhviler ikke anlægsejer.

5.3 Eftervisning af krav

Minimum seks måneder inden idriftsættelse af anlægget skal dokumentation for opfyldelse af krav til *spændingsubalance* indleveres til den *systemansvarlige virksomhed*. 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 *HVDC-anlægget* 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 den *systemansvarlige virksomhed* 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 den *systemansvarlige virksomhed*.

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

6. Flicker

Der fastsættes en grænse i *nettilslutningspunktet* for *flicker* forårsaget af *HVDC-anlægget*.

6.1 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].

6.2 Fastsættelse af krav for flicker

Kravene til *flickerbidraget* for *HVDC-anlægget* i *nettilslutningspunktet* vises i Tabel 1. De fastsættes som mindste tilrådelige grænser jf. IEC 61000-3-7 [5].

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

Tabel 1 Grænseværdier for flicker forårsaget af anlægget.

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

6.3 Eftervisning af krav

Minimum seks måneder inden idriftsættelse af *HVDC-anlægget* skal dokumentation for opfyldelse af krav til *flicker* indleveres til den *systemansvarlige virksomhed*. 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 *HVDC-anlægget*, er negligerbart i *nettilslutningspunktet*.
- 2) Ved simulering under værst tænkelige driftsforhold ved brug af en simuleringsmodel, hvor kilder til *flicker* er inkluderet.

Ved eftervisning af krav efter punkt 2 leverer den *systemansvarlige virksomhed* 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 den *systemansvarlige virksomhed*.

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

7. DC-indhold

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

7.1 Fastsættelse af krav for DC-indhold

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

7.2 Eftervisning af krav

Minimum seks måneder inden idriftsættelse af *HVDC-anlægget* skal dokumentation for opfyldelse af krav til DC-indhold indleveres til den *systemansvarlige virksomhed*. 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 *HVDC-anlægget*, er negligerbart i *nettilslutningspunktet*.
- 2) Ved simulering under værste tænkelige driftsforhold ved brug af en simuleringsmodel, hvor kilder til DC-strømme eller -spændinger er inkluderet.

Ved eftervisning af krav efter punkt 2 leverer den *systemansvarlige virksomhed* 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 den *systemansvarlige virksomhed*.

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

8. 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] 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.
- [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.
- [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 and EHV power systems, International Electrotechnical Commission, 2008.
- [6] IEC/TR 61000-3-7:2008 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.

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