

Februar 2021

# Oversigtsskema til nye Tekniske betingelser for nettilslutning af produktionsanlæg til lavspændingsnettet ( $\leq 1$ kV)

## INDHOLDSFORTEGNELSE

Indholdsfortegnelse.....	2
1. Generelt.....	3
4. Krav til produktionsanlæg i kategori A.....	4
5. Krav til produktionsanlæg i kategori B.....	16

## 1. GENERELT

I det følgende beskrives strukturen i oversigtskemaet:

Afsnit 4 og 5 beskrives de krav, der er anmeldt i forbindelse med elforsyningsloven §26, stk. 3 til de tekniske betingelser for nettilslutning af produktion til lavspændingsnettet.

Kravene er delt op i et skema, hvor de forskellige krav er sat ind efter kategorierne:

- Spændingsvariationer
- Netbeskyttelse
- Reaktiv effekt
- Hurtige spændingsændringer
- Faseubalance
- Flicker
- Harmoniske forstyrrelser
- DC-indhold

## 4. KRAV TIL PRODUKTIONSANLÆG I KATEGORI A

Punkt	Krav
Spændingsvariationer	<p><b>4.1 Tolerance over for frekvens- og spændingsafvigelser</b> Et produktionsanlæg skal overholde nedennævnte krav til normaldrift og unormal drift.</p> <p><b>4.1.1 Normaldrift</b> <math>U_n</math> i nettilslutningspunktet (POC) er 230 V.</p> <p>Et produktionsanlæg skal være i stand til at producere kontinuert, når spændingen i nettilslutningspunktet (POC) ligger inden for spændingsintervallet 85 % til 110 % af nominal spænding.</p> <p>Et produktionsanlæg skal være designet til, uden afbrydelse, at kunne tolerere et momentant spændingsfasespring på op til 20 grader i nettilslutningspunktet.</p> <p><b>4.1.3 Tolerance over for spændingsafvigelser</b> Et produktionsanlæg skal designes, så det ikke tager skade af spændingsafvigelser, som kan forekomme i de danske distributionsnet ved normaldrift og unormal drift. Med skade menes, at anlægget og komponenter i anlægget skal være designet, så de ikke lider varigt tab af funktionalitet forårsaget af spændingsafvigelser. Produktionsanlægget skal derfor overholde de krav, der stilles til immunitet jf. de relevante produktstandarder eller DS/EN 61000-6 serien.</p> <p><b>4.1.3.1 Tilladt reduktion af aktiv effekt ved underspænding</b> Når spændingen i nettilslutningspunktet ligger under 100% af nominal værdi, er det tilladt at reducere produktionen af aktiv effekt for at overholde produktionsanlæggets strømgrænse. Reduktionen skal være så lille, som teknisk muligt.</p> <p><b>4.2 INDKOBLING OG OPSTART AF ET PRODUKTIONSANLÆG</b> Et produktionsanlæg må først indkoble og starte op i spændingsområdet: 90% - 110% af <math>U_n</math></p> <p><b>4.2.1 Synkronisering</b> Et produktionsanlæg skal automatisk kunne synkronisere sig til det kollektive elforsyningsnet. Det må ikke være muligt at omgå den automatiske synkronisering manuelt, så anlægget kobler ind uden synkronisering.</p>
Netbeskyttelse	<p><b>4.5 BESKYTTELSE</b></p> <p><b>4.5.1 Generelt</b> Beskyttelse af anlæg skal både beskytte produktionsanlægget og være med til at sikre stabilitet i det kollektive elforsyningsnet.</p> <p>Relæindstillinger må ikke forhindre specificeret anlægsfunktionalitet i at fungere korrekt.</p> <p>Det er anlægsejers ansvar, at anlægget er dimensioneret og udstyret med de nødvendige beskyttelsesfunktioner, således at anlægget:</p>

- sikres mod skader som følge af fejl og hændelser i det kollektive elforsyningsnet
- sikrer det kollektive elforsyningsnet mod uønsket påvirkning fra anlægget
- sikres mod skader som følge af asynkrone sammenkoblinger
- beskyttes mod udkoblinger i ikke-kritiske situationer for anlægget
- ikke skades og ikke udkobler ved spændingsdyk som angivet i afsnit 4.1.3.

Elforsyningsvirksomheden eller den systemansvarlige virksomhed kan kræve indstillingsværdierne for beskyttelsesfunktioner ændret efter idriftsættelsen, hvis det vurderes at have betydning for driften af det kollektive elforsyningsnet.

Efter en udkobling af et anlæg på grund af en fejl i det kollektive elforsyningsnet må anlægget tidligst indkoble automatisk, som angivet i afsnit 4.2.

Et anlæg, der forud for en fejl i det kollektive elforsyningsnet var udkoblet af et eksternt signal, må ikke indkobles, før det eksterne signal er fjernet, og spænding og frekvens igen er inden for de intervaller, der er angivet i afsnit 4.2.

Det påhviler elforsyningsvirksomheden, på anfordring fra anlægsejer, at oplyse den største og mindste kortslutningsstrøm, der kan forventes i nettilslutningspunktet (POC), samt andre oplysninger om det kollektive elforsyningsnet, som er nødvendige for at fastlægge anlæggets beskyttelsesfunktioner.

Spænding og frekvens skal måles samtidigt på de faser, som anlægget er tilsluttet i nettilslutningspunktet (POC).

#### **4.5.2 Krav til beskyttelsesfunktioner og -indstillinger**

Anlæggets beskyttelsesfunktioner og tilhørende indstillinger skal være som angivet i efterfølgende underafsnit. Kun efter tilladelse fra elforsyningsvirksomheden må der anvendes indstillinger, der afviger fra de i dette dokument specificerede indstillingsværdier, fx i tilfælde af problemer med lokale overspændinger.

Relæbeskyttelsen skal ved interne kortslutninger i anlægget være selektiv med netbeskyttelsen; det vil sige, at kortslutninger i anlægget skal være udkoblet inden for 100 ms.

Alle indstillinger er angivet som RMS-værdier.

Anlægget skal udkobles eller stoppes, hvis et målesignal afviger mere fra dets nominelle værdi end indstillingen.

Den oplyste funktionstid er den måletid, hvor udløsebetingelsen konstant skal være opfyldt, for at beskyttelsesfunktionen må afgive udløsesignal.

Nøjagtigheden, hvormed spænding og frekvens måles, skal være henholdsvis  $\pm 1\%$  af  $U_n$  og  $\pm 0,05$  Hz eller bedre.

Frekvensændringen beregnes efter nedenstående eller ækvivalent princip.

Frekvensmålingen anvendt til beregning af frekvensændringen er baseret på en 200 ms måleperiode, hvor middelværdien beregnes.

Frekvensmålingerne skal foregå løbende, så der beregnes en ny værdi for hver 20 ms.

ROCOF skal beregnes som forskellen mellem den netop udførte middelværdifrekvensberegning og den middelværdifrekvensberegning, der blev foretaget for 20 ms siden.

$$(df/dt = (\text{middelværdi 2} - \text{middelværdi 1})/0,020 \text{ [Hz/s]}).$$

Hvis et anlæg isoleres med en del af det kollektive elforsyningsnet, må anlægget ikke give anledning til midlertidige overspændinger, der kan medføre skader på anlægget eller det kollektive elforsyningsnet.

#### 4.5.3 Krav til netbeskyttelse

Et produktionsanlæg skal have beskyttelsesfunktioner, som vist i tabel 4.4. Medmindre andet aftales med elforsyningsvirksomheden, anvendes standardværdierne i tabellen. Intervaller og opløsning er vejledende.

Beskyttelsesfunktion	Symbol	Indstilling (Interval / Opløsning)		Funktionstid (Interval / Opløsning)	
Overspænding (trin 2)	$U_{\gg}$	1,0 – 1,3 / 0,01 Standard: 1,15	$U_n$	0,1 – 5 / 0,05 Standard: 0,2	s
Overspænding (trin 1)	$U_{>}$	1,0 – 1,2 / 0,01 Standard: 1,10	$U_n$	0,1 – 100 / 0,1 Standard: 60	s
Underspænding (trin 1)	$U_{<}$	0,2 – 1,0 / 0,01 Standard: 0,85	$U_n$	0,1 – 100 / 0,1 Standard: 50	s
Overfrekvens	$f_{>}$	50,0 – 52,0 / 0,1 Standard: 51,5	Hz	0,1 – 5 / 0,05 Standard: 0,2	s
Underfrekvens	$f_{<}$	47,0 – 50,0 / 0,1 Standard: 47,5	Hz	0,1 – 5 / 0,05 Standard: 0,2	s

Tabel 4.4 – Krav til alle produktionsanlæg uanset type.

##### 4.5.3.1 (a) Yderligere krav til netbeskyttelse for synkron produktionsanlæg

Synkron produktionsanlæg over 11 kW skal, udover de generelle beskyttelsesfunktioner og -indstillinger, også have de beskyttelsesfunktioner og indstillinger, der er angivet i tabel 4.5.

Synkront underspændingsrelæ er kun et krav i de tilfælde, hvor elforsyningsvirksomheden vurderer, at der er risiko for asynkron sammenkobling. Elforsyningsvirksomheden fastsætter indstillingsværdierne for det synkron underspændingsrelæ.

*Elforsyningsvirksomheden, i hvis net anlægget er tilsluttet, beregner indstillingsværdierne for det synkron underspændingsrelæ ved hjælp af principperne i DEFU TR 293, 3. udgave, "Relæbeskyttelse ved decentral produktion med synkrongeneratorer", marts 2018.*

Det er tilladt at benytte en sikring i stedet for overstrøm (trin 1). I så fald skal sikringens størrelse og karakteristik godkendes af elforsyningsvirksomheden.

Beskyttelsesfunktion	Symbol [IEC]	Indstilling		Funktionstid	
Synkron underspænding*	-	Fastsættes af elforsyningsvirksomheden	V	≤ 50	ms
Overstrøm (trin 2)**	$I_{>>}$	Fastsættes af elforsyningsvirksomheden	A	50	ms
Overstrøm (trin 1)	$I_{>}$	1,2	$I_n$	2	s

\*) Hvis synkront underspændingsrelæ anvendes.

Synkront underspændingsrelæ: Indstillingen er afhængig af de lokale generator- og netdata. Den aktuelle indstilling beregnes af elforsyningsvirksomheden.

\*\*) Hvis der ikke anvendes synkron underspændingsrelæ, anvendes generatorfabrikantens indstillinger for overstrømsbeskyttelse.

**Tabel 4.5 – Yderligere beskyttelsesindstillinger for synkron produktionsanlæg.**

#### 4.5.5 Jording

Forhold omkring jording af produktionsanlægget skal aftales med elforsyningsvirksomheden.

#### 4.3.1 Frekvensrespons – Overfrekvens

Af hensyn til detektering af ø-drift må produktionsanlægget ikke påbegynde nedregulering af den aktive effekt i nettilslutningspunktet, før der er gået 500 ms.

*Hvis produktionsanlæggets naturlige forsinkelse (dødtid) for påbegyndelse af nedregulering er 500 ms eller mere, er kravet til forsinkelse opfyldt.*

*Hvis produktionsanlæggets naturlige forsinkelse (dødtid) for påbegyndelse af nedregulering er mindre end 500 ms, skal denne forlænges til 500 ms. Den ekstra forsinkelse påtrykkes kun ved overgangen til frekvensrespons, dvs. når frekvens-tærsklen  $f_{RO}$  krydses.*

***Eksempel***

*Et produktionsanlægs naturlige forsinkelse (dødtid) for påbegyndelse af nedregulering er 300 ms. Der tilføjes en kunstig forsinkelse (dødtid) på 200 ms, så den samlede forsinkelse (dødtid) for produktionsanlægget er 500 ms.*

**Reaktiv effekt**

**4.4 REGULERING AF REAKTIV EFFEKT**

Hvis produktionsanlægget kan indstilles med en effektfaktor på 1, kræves dette.

Produktionsanlægget skal holde sin effektfaktor med en nøjagtighed på  $\pm 2\%$  af nominel tilsyneladende effekt. Nøjagtigheden for effektfaktoren måles over en periode på 1 minut.

Det er tilladt, at nøjagtigheden af effektfaktoren er dårligere end  $\pm 2\%$  af  $S_n$ , når produktionen af aktiv effekt er under 10% af produktionsanlæggets nominelle tilsyneladende effekt. Dog må udvekslingen af ukontrolleret reaktiv effekt aldrig være større end 10% af produktionsanlæggets nominelle tilsyneladende effekt.

**Øvrige elproducerende anlæg**

Øvrige elproducerende anlæg, som ikke kan indstille den reaktive effekt med en effektfaktor på 1, er fritaget for de generelle krav til reaktiv effekt.

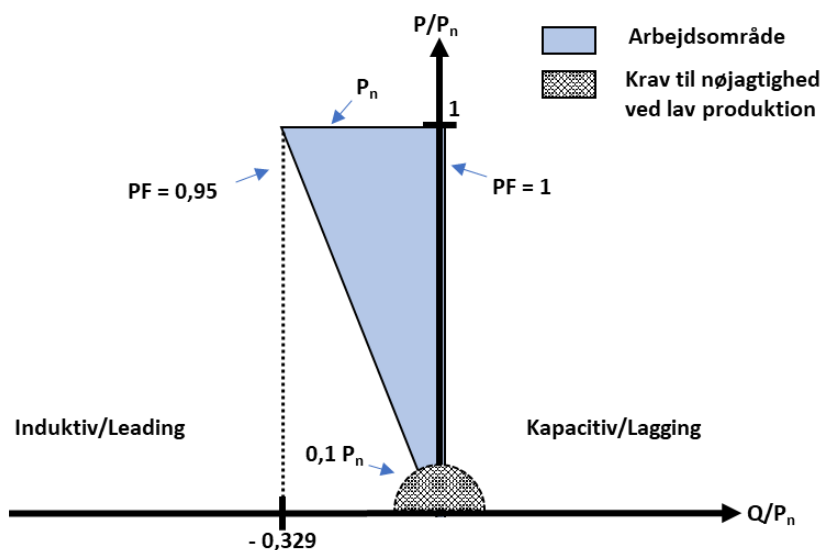
For øvrige elproducerende anlæg til og med 11 kW kræves, at anlægget producerer ved en effektfaktor på 0,95 eller bedre, som vist på figur 4.4.

For øvrige elproducerende anlæg større end 11 kW kræves, at anlægget producerer ved en valgbar effektfaktor, som skal kunne vælges i intervallet 0,95 induktiv til 1. Effektfaktoren aftales med elforsyningsvirksomheden indenfor området vist på figur 4.4.

Hvis der benyttes passiv kompensering til at opfylde kravet til reaktiv effekt, må denne kun være indkoblet, når anlægget er indkoblet og i drift.



Figur 4.4 Krav til øvrige elproducerende anlæg



**Elkvalitet –**  
 Hurtige spændingsændringer  
 Faseubalance  
 Flicker  
 Harmoniske forstyrrelser  
 DC-indhold

#### 4.6 Elkvalitet

Et produktionsanlæg skal overholde de krav til elkvalitet, som er angivet i europæiske standarder og kravene i dette afsnit. Der er forskellige standarder, alt efter hvilken effektstørrelse et produktionsanlæg har.

##### 4.6.1 Grænseværdier

Produktionsanlæg skal overholde kravene beskrevet i afsnit 4.6.2.1 og afsnit 4.6.2.2.

Produktionsanlæg til og med 11 kW skal derudover overholde de krav, som stilles i DS/EN 61000-3-2 og DS/EN 61000-3-3. Disse internationale standarder omhandler bl.a. flicker, hurtige spændingsændringer og harmoniske overtoner.

Produktionsanlæg over 11 kW til og med 50 kW skal derudover overholde de krav, som stilles i DS/EN 61000-3-11 og DS/EN 61000-3-12. Disse internationale standarder omhandler bl.a. flicker, hurtige spændingsændringer og harmoniske overtoner.

I produktionsanlæg op til 50 kW bestående af flere mindre enheder skal enhederne overholde de krav, som stilles i de relevante standarder beskrevet ovenfor. Herefter anses kravet for det samlede anlæg overholdt for flicker, hurtige spændingsændringer og harmoniske overtoner.

Produktionsanlæg over 50 kW skal derudover overholde de krav og grænseværdier, som stilles i afsnit 4.6.1.1 til 4.6.2.6. Disse afsnit omhandler bl.a. flicker, hurtige spændingsændringer og harmoniske overtoner.

*De grænseværdier, der er i denne vejledning i afsnit 4.6.1.1 og 4.6.2.3 til 4.6.4.6 er baseret på DEFU rapport RA 557 og principperne i IEC/TR 61000-3-14.*

<p><b>Hurtige spændingsændringer</b></p>	<p><b>4.6.1.1 Hurtige spændingsændringer</b></p> <p>Et produktionsanlæg må ikke forårsage hurtige spændingsændringer større end den grænseværdi, der er angivet i Tabel 4.7.</p> <div style="text-align: center; margin: 10px 0;"> <div style="background-color: #4a7c59; color: white; padding: 5px; display: inline-block;"><b>Grænseværdi</b></div> <div style="background-color: #c6e0b4; padding: 5px; display: inline-block; margin-top: 5px;"><math>d(\%) = 4 \%</math></div> </div> <p style="text-align: center;"><b>Tabel 4.7 – Grænseværdi for hurtige spændingsændringer i procent af <math>U_n</math>.</b></p> <div style="background-color: #c6e0b4; padding: 10px; margin-top: 10px;"> <p><i>Krav om hurtige spændingsændringer er sat med udgangspunkt i DS/EN 61000-3-11, DEFU rapport RA 557 og de metoder til fastsættelse af grænseværdier, som beskrives i IEC/TR 61000-3-14.</i></p> </div>
<p><b>Faseubalance</b></p>	<p><b>4.6.2.2 Strømubalance</b></p> <p>Et elproducerende anlæg må højst have 16 A i strømubalance indbyrdes mellem de tre faser.</p> <p>Elproducerende anlæg over 11 kW skal være balanceret 3-faset, dvs. være designet til at levere den samme strøm på alle 3 faser samtidig.</p> <div style="background-color: #c6e0b4; padding: 10px; margin-top: 10px;"> <p><i>Kravet til højst 16 A i strømubalance medfører, at produktionsanlæg med en-faset tilslutning højst må have en nominel effekt <math>P_n</math> på 3,68 kW svarende til en fasestrøm på 16 A.</i></p> </div> <div style="background-color: #c6e0b4; padding: 10px; margin-top: 10px;"> <p><i>Krav om ubalance stilles, fordi ubalance i fasespændinger og fasestrømme ikke ønskes i det kollektive elforsyningsnet, da de kan have negative indvirkninger på nettets drift og på de enheder, som er tilsluttet det kollektive elforsyningsnet.</i></p> <p><i>Kravet er fastsat med baggrund i Fællesregulativet og internationale standarder. Det er i Danmark tilladt at tilslutte enfasede enheder med nominel strøm op til 16 A, og mange internationale standarder benytter 16 A pr. fase, som grænseværdi for de enheder, der omfattes af standarderne.</i></p> <p><i>De internationale standarder, som omhandler ubalance, ser på spændingsubalance. Da det er mere kompliceret at dokumentere overholdelse af krav til spændingsubalance, er det valgt udelukkende at stille krav til strømubalance for produktionsanlæg tilsluttet lavspænding. Krav om strømubalance er lettere at dokumentere, bl.a. fordi de ikke afhænger af kortslutningseffekten i nettilslutningspunktet.</i></p> </div>
<p><b>Flicker</b></p>	<p><b>4.6.2.3 Flicker</b></p> <p>Et elproducerende anlæg må ikke forårsage flickerbidrag, der er højere end grænseværdierne for kort- og langtidsflicker, som angivet i tabel 4.8.</p>

	Kortidsflicker ( $P_{st}$ )	Langtidsflicker ( $P_{lt}$ )
Grænseværdi	0,35/0,45/0,55*	0,25/0,30/0,40*
*Grænseværdierne gælder, hvis der allerede er tilsluttet hhv. 4+/2/1 produktionsanlæg under samme transformerstation.		

Tabel 4.8 – Grænseværdi for kort- og langtidsflicker.

Grænseværdier for flicker er sat med udgangspunkt i DS/EN 61000-3-11, DEFU rapport RA 557 og de metoder til fastsættelse af grænseværdier, som beskrives i IEC/TR 61000-3-14.

### Harmoniske forstyrrelser

#### 4.6.2.4 Harmoniske overtoner

Et elproducerende anlæg må ikke emitte harmoniske strømme højere end grænseværdierne i tabel 4.9 for de enkelte harmoniske overtoner, som er angivet i procent af anlæggets nominelle strøm, ( $I_h/I_n$  (%)). Grænseværdierne afhænger af forholdet SCR mellem det elproducerende anlægs nominelle tilsyneladende effekt og kortslutningseffekten i anlæggets nettilslutningspunkt.

SCR	Ulige harmonisk orden h							Lige harmoniske orden h					
	3	5	7	9	11	13	15	2	4	6	8	10	12
<33	3,4	3,8	2,5	0,5	1,2	0,7	0,35	0,5	0,5	1,0	0,8	0,6	0,5
≥33	3,5	4,1	2,7	0,5	1,3	0,7	0,37	0,5	0,5	1,0	0,8	0,6	0,5
≥66	3,9	5,2	3,4	0,6	1,8	1,0	0,43	0,5	0,5	1,0	0,8	0,6	0,5
≥120	4,6	7,1	4,6	0,8	2,5	1,5	0,5	0,5	0,5	1,0	0,8	0,6	0,5
≥250	6,3	11,6	7,3	1,3	4,4	2,7	0,8	0,5	0,5	1,0	0,8	0,6	0,5
≥350	7,5	15,0	9,5	1,6	5,7	3,7	1,0	0,5	0,5	1,0	0,8	0,6	0,5

Tabel 4.9 – Grænseværdier for harmoniske strømme  $I_h/I_n$  (% af  $I_n$ ).

Udover grænseværdierne for de enkelte harmoniske overtoner er der også grænseværdier for alle harmoniske overtoner samlet set. Grænseværdierne for  $THD_1$  og  $PWHD_1$  er angivet i tabel 4.10.

SCR	THD <sub>i</sub>	PWHD <sub>i</sub>
<33	4,4	4,4
≥33	4,7	4,7
≥66	6,1	6,1
≥120	8,4	8,4
≥250	13,8	13,8
≥350	18,0	18,0

**Tabel 4.10 – Grænseværdier for THD<sub>i</sub> og PWHD<sub>i</sub> i strøm (% af I<sub>n</sub>) .**

*Kravene til enkelte harmoniske, THD<sub>i</sub> og PWHD<sub>i</sub>, stilles med udgangspunkt i DS/EN 61000-3-12 Tabel 3, DEFU rapport RA 557 og de metoder til fastsættelse af grænseværdier, som beskrives i IEC/TR 61000-3-14.*

*Den 2. og 4. harmoniske er reduceret i forhold til metoden i RA 557, fordi de kan være en indikation på, at der er DC i den strøm, som leveres til det kollektive elforsyningsnet. En overskridelse af grænseværdierne for 2. eller 4. harmoniske kan indikere, at anlægget ikke opfylder kravet til DC-indhold.*

*Triple harmoniske er tilføjet ud fra forholdet for grænseværdierne i DS/EN 50160. Triple harmoniske bør slet ikke forekomme for balanceret 3-faset udstyr. I praksis er det dog blevet observeret, at 3-fasede invertere til tider producerer disse, grundet inverterstyringen, og det er derfor valgt at tilføje en grænseværdi for disse. I praksis er grænseværdierne for triple harmoniske i denne vejledning sat så højt, at de aldrig bør udgøre et problem for et balanceret 3-faset produktionsanlæg. Skulle et produktionsanlæg overskride disse grænser, vil det derfor være et tegn på, at anlægget ikke kan kategoriseres som balanceret og derfor ikke kan tilsluttes, da det ikke overholder kravene til ubalance.*

#### **4.6.2.5 Interharmoniske overtoner**

Et elproducerende anlæg skal overholde grænseværdierne angivet i strømme for alle interharmoniske overtoner, som er angivet i tabel 4.11.

SCR	Frekvens (Hz)		
	75 Hz	125 Hz	> 175 Hz
<33	0,4	0,6	$\frac{75}{f}$ *
≥33	0,5	0,7	$\frac{83}{f}$ *
≥66	0,6	0,8	$\frac{104}{f}$ *
≥120	0,7	1,1	$\frac{139}{f}$ *
≥250	1,2	1,8	$\frac{224}{f}$ *
≥350	1,5	2,3	$\frac{289}{f}$ *
*Dog ikke mindre end måleusikkerheden.			

Tabel 4.11 – Grænseværdier for interharmoniske overtoner i strøm (% af  $I_n$ ).

*Grænseværdier for interharmoniske overtoner er sat med udgangspunkt i DS/EN 61000-3-12, DEFU rapport RA 557 og de metoder til fastsættelse af grænseværdier, som beskrives i IEC/TR 61000-3-14.*

#### 4.6.2.6 Forstyrrelser i intervallet 2-9 kHz

Elproducerende anlæg skal overholde grænseværdien angivet i strøm i tabel 4.12 for alle 200 Hz frekvensgrupper mellem 2 kHz og 9 kHz.

Grænseværdi

0,2 %

Tabel 4.12 – Grænseværdi i strøm angivet som procent af  $I_n$  for alle frekvenser mellem 2 kHz og 9 kHz.

*Grænseværdi for forstyrrelser i intervallet 2-9 kHz er sat med udgangspunkt i DEFU rapport RA 557.*

#### DC indhold

##### 4.6.2.1 DC-indhold

Et elproducerende anlæg må ikke injicere DC-strømme i elnettet. Dette er opfyldt, hvis DC-indholdet i den strøm, som det elproducerende anlæg injicerer i nettet, er under 0,5% af produktionsanlæggets nominelle strøm.

Hvis anlægget er tilsluttet gennem en anlægstransformer, antages kravet for opfyldt.

	<p><i>Grænseværdien for DC-indhold er sat, fordi DC-strømme ikke ønskes i det kollektive elforsyningsnet, da de kan have negative indvirkninger på nettets drift og beskyttelse. Grænseværdien er sat med udgangspunkt i IEC/TR 61000-3-15, som giver anbefaling til, hvilke krav der skal stilles til decentral produktion tilsluttet det kollektive elforsyningsnet på lavspændingsniveau.</i></p>
<p><b>Elkvalitet – Ansvarsfordeling og målemetode –</b>  Hurtige spændingsændringer  Faseubalance  Flicker  Harmoniske forstyrrelser  DC-indhold</p>	<p><b>4.6.3 Ansvarsfordeling</b></p> <p><b>4.6.3.1 Anlægsejers forpligtelser</b>  Anlægsejer skal som udgangspunkt sikre, at produktionsanlægget er designet, konstrueret og konfigureret på en sådan måde, at alle grænseværdier overholdes.</p> <p>Anlægsejer skal verificere, at emissionsgrænserne i nettilslutningspunktet er overholdt.</p> <p>Til beregning af elkvalitet anvender anlægsejer den typiske trefasede kortslutningseffekt <math>S_{k,elkvalitet}</math> i nettilslutningspunktet.</p> <p><i>Anlægsejer kan efter aftale tilkøbe supplerende ydelser (højere kortslutningseffekt eller leveringsomfang) af elforsyningsvirksomheden med henblik på overholdelse af de specifikke grænseværdier.</i></p> <p><b>4.6.3.2 Elforsyningsvirksomhedens forpligtelser</b>  Elforsyningsvirksomheden har ansvaret for at fastsætte emissionsgrænser i nettilslutningspunktet.</p> <p>Elforsyningsvirksomheden skal oplyse kortslutningsniveauet <math>S_{k,elkvalitet}</math> med tilhørende impedansvinkel <math>\psi_k</math> i nettilslutningspunktet.</p> <p><b>4.6.4 Målemetode</b>  Målinger af de forskellige elkvalitetsparametre skal udføres i henhold til den europæiske norm DS/EN 61000-4-30 (klasse A).</p> <p>Måling af harmonisk forvrængning af spænding og strøm skal foretages som defineret i IEC 61000-4-7 efter de principper (harmonic subgroup) og med de nøjagtigheder, der er angivet for klasse I.</p> <p>Måling af interharmonisk forvrængning op til 2 kHz skal foretages som defineret i IEC 61000-4-7 Annex A og skal måles som interharmoniske grupper (interharmonic subgroup).</p> <p>Alternativt er det tilladt at måle harmonisk forvrængning op til 2 kHz med grouping aktiveret (harmonic groups), som specificeret i IEC 61000-4-7 og med de nøjagtigheder, der er angivet for klasse I. Hvis harmonisk forvrængning op til 2 kHz måles med grouping aktiveret, er det ikke påkrævet at måle interharmonisk forvrængning op til 2 kHz separat.</p> <p>Måling af forstyrrelser i området 2-9 kHz skal foretages jævnfør IEC 61000-4-7 Annex B og skal måles i 200 Hz-vinduer med centerfrekvenser fra 2100 Hz til 8900 Hz.</p>

---

Punkt	Krav						
<b>Spændingsvariationer</b>	<p><b>5.1 Tolerance over for frekvens- og spændingsafvigelser</b> Et produktionsanlæg skal overholde nedennævnte krav til normaldrift og unormal drift.</p> <p><b>5.1.2 Normaldrift</b> <math>U_n</math> i nettilslutningspunktet (POC) er 230 V.</p> <p>Et produktionsanlæg skal være i stand til at producere kontinuert, når spændingen i nettilslutningspunktet (POC) ligger inden for spændingsintervallet 85 % til 110 % af nominal spænding.</p> <p>Et produktionsanlæg skal være designet til, uden afbrydelse, at kunne tolerere et momentant spændingsfasespring på op til 20 grader i nettilslutningspunktet.</p> <p><b>5.1.3 Tolerance over for spændingsafvigelser</b> Et produktionsanlæg skal overholde kravene til tolerancer over for spændingsafvigelser, som angivet i dette afsnit. Der er specifikke krav, som afhænger af typen af produktionsanlægget.</p> <p><b>5.1.3.1 Tilladt reduktion af aktiv effekt ved underspænding</b> Når spændingen i nettilslutningspunktet ligger under 100% af nominal værdi, er det tilladt at reducere produktionen af aktiv effekt for at overholde produktionsanlæggets strømgrænse. Reduktionen skal være så lille, som teknisk muligt.</p> <p><b>5.1.3.2 Robusthed over for spændingsstigninger</b> Et produktionsanlæg skal kunne forblive forbundet til elnettet ved spændingsstigninger, som defineret i tabel 5.1.</p> <table border="1" data-bbox="730 1406 1058 1626"> <thead> <tr> <th>Spænding</th> <th>Varighed</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>1,15 \cdot U_n</math></td> <td>60 s</td> </tr> <tr> <td><math>1,20 \cdot U_n</math></td> <td>5 s</td> </tr> </tbody> </table> <p><b>Tabel 5.1 – Robusthed over for spændingsstigninger.</b></p> <p><b>5.2 INDKOBLING OG OPSTART AF ET PRODUKTIONSANLÆG</b> Et produktionsanlæg må først indkoble og starte op i spændingsområdet: 90% - 110% af <math>U_n</math></p> <p><b>5.2.1 Synkronisering</b> Et produktionsanlæg skal automatisk kunne synkronisere sig til det kollektive elforsyningsnet. Det må ikke være muligt at omgå den automatiske synkronisering manuelt, så anlægget kobler ind uden synkronisering.</p>	Spænding	Varighed	$1,15 \cdot U_n$	60 s	$1,20 \cdot U_n$	5 s
Spænding	Varighed						
$1,15 \cdot U_n$	60 s						
$1,20 \cdot U_n$	5 s						



	<p><b>5.3 Regulering af aktiv effekt</b>  Et produktionsanlæg skal kunne regulere sin aktive effekt. Angivelse af setpunkter skal kunne ske i trin på 1% af <math>P_n</math> eller bedre.</p> <p>Reguleringen skal ske med en nøjagtighed på <math>\pm 2\%</math> af nominal aktiv effekt for produktionsanlægget. Nøjagtigheden for reguleringen måles over en periode på 1 minut.</p> <p><b>5.3.2.1 Absolut-effektbegrænser</b>  Regulering med en ny parameter for absolut-effektbegrænser skal være fuldført inden for 5 minutter fra modtagelse af ordre om parameterændring.</p> <p><b>5.3.2.2 Gradient-effektbegrænser</b>  Et produktionsanlæg skal have mulighed for at begrænse gradienten af den aktive effekt. Medmindre anden funktionalitet, inklusive markedsydelse, kræver en højere gradient fx genoprettelse af aktiv effekt efter fejl m.m., må gradienten ikke overstige mere end 20 % af <math>P_n/\text{min}</math>. Dette gælder både for op- og nedregulering under hensyntagen til tilgængeligheden af den primære energikilde.</p> <p><i>Gradient-effektbegrænser bruges af systemdriftsmæssige årsager, så ændringerne i aktiv effekt ikke giver stabilitetsmæssige problemer i det kollektive elforsyningsnet.</i></p>
<p><b>Netbeskyttelse</b></p>	<p><b>5.5.5 Jording</b>  Forhold omkring jording af produktionsanlægget skal aftales med elforsyningsvirksomheden.</p> <p><b>5.3.1 Frekvensrespons – Overfrekvens</b>  Af hensyn til detektering af <math>\emptyset</math>-drift må produktionsanlægget ikke påbegynde nedregulering af den aktive effekt i nettilslutningspunktet, før der er gået 500 ms.</p> <p><i>Hvis produktionsanlæggets naturlige forsinkelse (dødtid) for påbegyndelse af nedregulering er 500 ms eller mere, er kravet til forsinkelse opfyldt.</i></p> <p><i>Hvis produktionsanlæggets naturlige forsinkelse (dødtid) for påbegyndelse af nedregulering er mindre end 500 ms, skal denne forlænges til 500 ms. Den ekstra forsinkelse påtrykkes kun ved overgangen til frekvensrespons, dvs. når frekvenstærsklen <math>f_{RO}</math> krydses.</i></p> <p><b>Eksempel</b>  <i>Et produktionsanlægs naturlige forsinkelse (dødtid) for påbegyndelse af nedregulering er 300 ms. Der tilføjes en kunstig forsinkelse (dødtid) på 200 ms, så den samlede forsinkelse (dødtid) for produktionsanlægget er 500 ms.</i></p>
<p><b>Reaktiv effekt</b></p>	<p>RfG krav</p>

<p><b>Elkvalitet - Hurtige spændingsændringer</b>  Faseubalance  Flicker  Harmoniske forstyrrelser  DC-indhold</p>	<p><b>5.6 Elkvalitet</b>  Et produktionsanlæg må ikke forårsage uacceptabel elkvalitet i elnettet. For at undgå dette skal produktionsanlægget overholde kravene specificeret i de følgende afsnit.</p> <p><b>5.6.1 Grænseværdier</b>  Et produktionsanlæg skal overholde kravene beskrevet i de følgende afsnit.</p> <p><i>Grænseværdierne i denne vejledning i afsnit 5.6.1.1, 5.6.2.1 til 5.6.2.6 er baseret på DEFU rapport RA 557 og principperne i IEC/TR 61000-3-14.</i></p>
<p><b>Hurtige spændingsændringer</b></p>	<p><b>5.6.1.1 Hurtige spændingsændringer</b>  Et produktionsanlæg må ikke forårsage hurtige spændingsændringer større end den grænseværdi, der er angivet i Tabel 4.7.</p> <div style="text-align: center;"> <p><b>Grænseværdi</b></p> <p><math>d(\%) = 4 \%</math></p> </div> <p><b>Tabel 4.7 – Grænseværdi for hurtige spændingsændringer i procent af <math>U_n</math>.</b></p> <p><i>Krav om hurtige spændingsændringer er sat med udgangspunkt i DS/EN 61000-3-11, DEFU rapport RA 557 og de metoder til fastsættelse af grænseværdier, som beskrives i IEC/TR 61000-3-14.</i></p>
<p><b>Faseubalance</b></p>	<p><b>5.6.2.2 Strømubalance</b>  Et elproducerende anlæg må højst have 16 A i strømubalance indbyrdes mellem de tre faser.</p> <p>Elproducerende anlæg over 11 kW skal være balanceret 3-faset, dvs. være designet til at levere den samme strøm på alle 3 faser samtidig.</p> <p><i>Kravet til højst 16 A i strømubalance medfører, at produktionsanlæg med en-faset tilslutning højst må have en nominel effekt <math>P_n</math> på 3,68 kW svarende til en fasestrøm på 16 A.</i></p>

*Krav om ubalance stilles, fordi ubalance i fasespændinger og fasestrømme ikke ønskes i det kollektive elforsyningsnet, da de kan have negative indvirkninger på nettets drift og på de enheder, som er tilsluttet det kollektive elforsyningsnet.*

*Kravet er fastsat med baggrund i Fællesregulativet og internationale standarder. Det er i Danmark tilladt at tilslutte enfasede enheder med nominel strøm op til 16 A, og mange internationale standarder benytter 16 A pr. fase, som grænseværdi for de enheder, der omfattes af standarderne.*

*De internationale standarder, som omhandler ubalance, ser på spændingsubalance. Da det er mere kompliceret at dokumentere overholdelse af krav til spændingsubalance, er det valgt udelukkende at stille krav til strømubalance for produktionsanlæg tilsluttet lavspænding. Krav om strømubalance er lettere at dokumentere, bl.a. fordi de ikke afhænger af kortslutningseffekten i nettilslutningspunktet.*

## Flicker

### 5.6.2.3 Flicker

Et elproducerende anlæg må ikke forårsage flickerbidrag, der er højere end grænseværdierne for kort- og langtidsflicker, som angivet i tabel 4.8.

	Korttidsflicker ( $P_{st}$ )	Langtidsflicker ( $P_{lt}$ )
Grænseværdi	0,35/0,45/0,55*	0,25/0,30/0,40*

\*Grænseværdierne gælder, hvis der allerede er tilsluttet hhv. 4+/2/1 produktionsanlæg under samme transformestation.

**Tabel 4.8 – Grænseværdi for kort- og langtidsflicker.**

*Grænseværdier for flicker er sat med udgangspunkt i DS/EN 61000-3-11, DEFU rapport RA 557 og de metoder til fastsættelse af grænseværdier, som beskrives i IEC/TR 61000-3-14.*

## Harmoniske forstyrrelser

### 5.6.2.4 Harmoniske overtoner

Et elproducerende anlæg må ikke emitte harmoniske strømme højere end grænseværdierne i tabel 4.9 for de enkelte harmoniske overtoner, som er angivet i procent af anlæggets nominelle strøm, ( $I_h/I_n$  (%)). Grænseværdierne afhænger af forholdet SCR mellem det elproducerende anlægs nominelle tilsyneladende effekt og kortslutningseffekten i anlæggets nettilslutningspunkt.

SCR	Ulige harmonisk orden h							Lige harmoniske orden h					
	3	5	7	9	11	13	15	2	4	6	8	10	12
<33	3,4	3,8	2,5	0,5	1,2	0,7	0,35	0,5	0,5	1,0	0,8	0,6	0,5
≥33	3,5	4,1	2,7	0,5	1,3	0,7	0,37	0,5	0,5	1,0	0,8	0,6	0,5
≥66	3,9	5,2	3,4	0,6	1,8	1,0	0,43	0,5	0,5	1,0	0,8	0,6	0,5
≥120	4,6	7,1	4,6	0,8	2,5	1,5	0,5	0,5	0,5	1,0	0,8	0,6	0,5
≥250	6,3	11,6	7,3	1,3	4,4	2,7	0,8	0,5	0,5	1,0	0,8	0,6	0,5
≥350	7,5	15,0	9,5	1,6	5,7	3,7	1,0	0,5	0,5	1,0	0,8	0,6	0,5

**Tabel 4.9 – Grænseværdier for harmoniske strømme  $I_h/I_n$  (% af  $I_n$ ).**

Udover grænseværdierne for de enkelte harmoniske overtoner er der også grænseværdier for alle harmoniske overtoner samlet set. Grænseværdierne for  $THD_1$  og  $PWHD_1$  er angivet i tabel 4.10.

SCR	$THD_1$	$PWHD_1$
<33	4,4	4,4
≥33	4,7	4,7
≥66	6,1	6,1
≥120	8,4	8,4
≥250	13,8	13,8
≥350	18,0	18,0

**Tabel 4.10 – Grænseværdier for  $THD_1$  og  $PWHD_1$  i strøm (% af  $I_n$ ).**

Kravene til enkelte harmoniske,  $THD_1$  og  $PWHD_1$ , stilles med udgangspunkt i DS/EN 61000-3-12 Tabel 3, DEFU rapport RA 557 og de metoder til fastsættelse af grænseværdier, som beskrives i IEC/TR 61000-3-14.

Den 2. og 4. harmoniske er reduceret i forhold til metoden i RA 557, fordi de kan være en indikation på, at der er DC i den strøm, som leveres til det kollektive elforsyningsnet. En overskridelse af grænseværdierne for 2. eller 4. harmoniske kan indikere, at anlægget ikke opfylder kravet til DC-indhold.

Triple harmoniske er tilføjet ud fra forholdet for grænseværdierne i DS/EN 50160. Triple harmoniske bør slet ikke forekomme for balanceret 3-faset udstyr. I praksis er det dog blevet observeret, at 3-fasede invertere til tider producerer disse, grundet inverterstyringen, og det er derfor valgt at tilføje en grænseværdi for disse. I praksis er grænseværdierne for triple harmoniske i denne vejledning sat så højt, at de aldrig bør udgøre et problem for et balanceret 3-faset produktionsanlæg. Skulle et produktionsanlæg overskride disse grænser, vil det derfor være et tegn på, at anlægget ikke kan kategoriseres som balanceret og derfor ikke kan tilsluttes, da det ikke overholder kravene til ubalance.

#### 5.6.2.5 Interharmoniske overtoner

Et elproducerende anlæg skal overholde grænseværdierne angivet i strømme for alle interharmoniske overtoner, som er angivet i tabel 4.11.

SCR	Frekvens (Hz)		
	75 Hz	125 Hz	> 175 Hz
<33	0,4	0,6	$\frac{75}{f}$ *
≥33	0,5	0,7	$\frac{83}{f}$ *
≥66	0,6	0,8	$\frac{104}{f}$ *
≥120	0,7	1,1	$\frac{139}{f}$ *
≥250	1,2	1,8	$\frac{224}{f}$ *
≥350	1,5	2,3	$\frac{289}{f}$ *
*Dog ikke mindre end måleusikkerheden.			

Tabel 4.11 – Grænseværdier for interharmoniske overtoner i strøm (% af  $I_n$ ).

*Grænseværdier for interharmoniske overtoner er sat med udgangspunkt i DS/EN 61000-3-12, DEFU rapport RA 557 og de metoder til fastsættelse af grænseværdier, som beskrives i IEC/TR 61000-3-14.*

#### **5.6.2.6 Forstyrrelser i intervallet 2-9 kHz**

Elproducerende anlæg skal overholde grænseværdien angivet i strøm i tabel 4.12 for alle 200 Hz frekvensgrupper mellem 2 kHz og 9 kHz.

Grænseværdi
0,2 %

**Tabel 4.12 – Grænseværdi i strøm angivet som procent af  $I_n$  for alle frekvenser mellem 2 kHz og 9 kHz.**

*Grænseværdi for forstyrrelser i intervallet 2-9 kHz er sat med udgangspunkt i DEFU rapport RA 557.*

#### **DC indhold**

##### **5.6.2.1 DC-indhold**

Et elproducerende anlæg må ikke injicere DC-strømme i elnettet. Dette er opfyldt, hvis DC-indholdet i den strøm, som det elproducerende anlæg injicerer i nettet, er under 0,5% af produktionsanlæggets nominelle strøm.

Hvis anlægget er tilsluttet gennem en anlægstransformer, antages kravet for opfyldt.

#### **Elkvalitet – Ansvarsfordeling og målemetode – Hurtige spændings- ændringer Faseubalance Flicker Harmoniske forstyr- relser DC-indhold**

##### **5.6.3 Ansvarsfordeling**

###### **5.6.3.1 Anlægsejers forpligtelser**

Anlægsejer skal som udgangspunkt sikre, at produktionsanlægget er designet, konstrueret og konfigureret på en sådan måde, at alle grænseværdier overholdes.

Anlægsejer skal verificere, at emissionsgrænserne i nettilslutningspunktet er overholdt.

Til beregning af elkvalitet anvender anlægsejer den typiske trefasede kortslutningseffekt  $S_{k,elkvalitet}$  i nettilslutningspunktet.

*Anlægsejer kan efter aftale tilkøbe supplerende ydelser (højere kortslutningseffekt eller leveringsomfang) af elforsyningsvirksomheden med henblik på overholdelse af de specifikke grænseværdier.*

###### **5.6.3.2 Elforsyningsvirksomhedens forpligtelser**

Elforsyningsvirksomheden har ansvaret for at fastsætte emissionsgrænser i nettilslutningspunktet.

Elforsyningsvirksomheden skal oplyse kortslutningsniveauet  $S_{k,elkvalitet}$  med tilhørende impedansvinkel  $\psi_k$  i nettilslutningspunktet.

#### **5.6.4 Målemetode**

Målinger af de forskellige elkvalitetsparametre skal udføres i henhold til den europæiske norm DS/EN 61000-4-30 (klasse A).

Måling af harmonisk forvrængning af spænding og strøm skal foretages som defineret i IEC 61000-4-7 efter de principper (harmonic subgroup) og med de nøjagtigheder, der er angivet for klasse I.

Måling af interharmonisk forvrængning op til 2 kHz skal foretages som defineret i IEC 61000-4-7 Annex A og skal måles som interharmoniske grupper (interharmonic subgroup).

Alternativt er det tilladt at måle harmonisk forvrængning op til 2 kHz med grouping aktiveret (harmonic groups), som specificeret i IEC 61000-4-7 og med de nøjagtigheder, der er angivet for klasse I. Hvis harmonisk forvrængning op til 2 kHz måles med grouping aktiveret, er det ikke påkrævet at måle interharmonisk forvrængning op til 2 kHz separat.

Måling af forstyrrelser i området 2-9 kHz skal foretages jævnfør IEC 61000-4-7 Annex B og skal måles i 200 Hz-vinduer med centerfrekvenser fra 2100 Hz til 8900 Hz.