

Februar 2021

Oversigtsskema til nye Tekniske betingelser for nettilslutning af produktionsanlæg til mellem- og højspændingsnettet (≥ 1 kV)

Produktionsanlæg kategori B, C og D

INDHOLDSFORTEGNELSE

Indholdsfortegnelse.....	2
1. Generelt.....	3
4. Krav til produktionsanlæg i kategori B.....	4
5. Krav til produktionsanlæg i kategori C.....	11
6. Krav til produktionsanlæg i kategori D.....	18

1. GENERELT

I det følgende beskrives strukturen i oversigtskemaet:

Afsnit 4, 5 og 6 beskrives de krav, der er anmeldt i forbindelse med elforsyningsloven §26, stk. 3 til de tekniske betingelser for nettilslutning af produktion til mellem- og højspændingsnettet.

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 B

Punkt	Krav						
Spændingsvariationer	<p>4.1 Immunitet over for frekvens og spændingsafvigelser Et produktionsanlæg skal overholde nedennævnte krav til normaldrift og unormal drift.</p> <p>4.1.1 Normaldrift U_c i nettilslutningspunktet (POC) oplyses af elforsyningsvirksomheden.</p> <p>Et produktionsanlæg skal være i stand til at producere kontinuert, når spændingen i tilslutningspunktet ligger inden for spændingsintervallet 90 % til 110 % af normal driftsspænding.</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>4.1.3 Tolerance over for spændingsafvigelser 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>4.1.3.1 Tilladt reduktion af aktiv effekt ved underspænding Når spændingen i nettilslutningspunktet ligger under 95% af nominel 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>4.1.3.2 Robusthed over for spændingsstigninger Et produktionsanlæg skal kunne forblive forbundet til elnettet ved spændingsstigninger, som defineret i tabel 4.2.</p> <table border="1"><thead><tr><th>Spænding</th><th>Varighed</th></tr></thead><tbody><tr><td>$1,15 \cdot U_c$</td><td>60 s</td></tr><tr><td>$1,20 \cdot U_c$</td><td>5 s</td></tr></tbody></table> <p>Tabel 4.2 – Robusthed over for spændingsstigninger.</p> <p>4.2. INDKOBLING OG OPSTART AF ET PRODUKTIONSANLÆG Et produktionsanlæg må først indkoble og starte op i spændingsområdet: 90%- 110% af U_c</p> <p>4.2.1 Synkronisering 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> <p>4.3 Regulering af aktiv effekt Et produktionsanlæg skal kunne regulere sin aktive effekt. Angivelse af setpunkter skal kunne ske i trin på 1% af P_n eller bedre.</p>	Spænding	Varighed	$1,15 \cdot U_c$	60 s	$1,20 \cdot U_c$	5 s
Spænding	Varighed						
$1,15 \cdot U_c$	60 s						
$1,20 \cdot U_c$	5 s						

	<p>Reguleringen skal ske med en nøjagtighed på $\pm 2\%$ af nominal aktiv effekt for produktionsanlægget. Nøjagtigheden for reguleringen måles over en periode på 1 minut.</p> <p>4.3.2.1 Absolut-effektbegrænsere Absolut effektbegrænsere bruges til at beskytte det kollektive elforsyningsnet mod overbelastning i kritiske situationer.</p> <p>Regulering med en ny parameter for absolut-effektbegrænsere skal være fuldført inden for 5 minutter fra modtagelse af ordre om parameterændring.</p> <p>4.3.2.2 Gradient-effektbegrænsere 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 P_n/min. Dette gælder både for op- og nedregulering under hensyntagen til tilgængeligheden af den primære energikilde.</p> <p><i>Gradient-effektbegrænsere bruges af systemdriftsmæssige årsager, så ændringerne i aktiv effekt ikke giver stabilitetsmæssige problemer i det kollektive elforsyningsnet.</i></p>
Netbeskyttelse	<p>4.5.5 Jordning Forhold omkring jording af produktionsanlægget skal aftales med elforsyningsvirksomheden.</p> <p>4.3.1 Frekvensrespons – overfrekvens Af hensyn til detektering af \emptyset-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 f_{RO} krydses.</i></p> <p>Eksempel <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>
Reaktiv effekt	RfG krav
Elkvalitet – Hurtige spændingsændringer	<p>4.6 Elkvalitet Et produktionsanlæg må ikke forårsage uacceptabel elkvalitet i elnettet. For at undgå dette skal produktionsanlægget overholde kravene specificeret i de følgende afsnit.</p>

Faseubalance Flicker Harmoniske forstyrrelser DC-indhold	<p>4.6.1 Grænseværdier</p> <p>Et produktionsanlæg skal overholde kravene beskrevet i de følgende afsnit.</p>						
Hurtige spændingsændringer	<p>4.6.1.1 Hurtige spændingsændringer</p> <p>Et produktionsanlæg må ikke forårsage hurtige spændingsændringer større end de grænseværdier, der er angivet i Tabel 4.9.</p> <table border="1" data-bbox="686 564 1133 784"> <thead> <tr> <th>Spændingsniveau</th> <th>Grænseværdi</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Mellemspænding</td> <td>d(%) = 4 %</td> </tr> <tr> <td>Højspænding</td> <td>d(%) = 3 %</td> </tr> </tbody> </table> <p>Tabel 4.9 – Grænseværdi for hurtige spændingsændringer.</p> <p><i>Krav om hurtige spændingsændringer er sat med udgangspunkt i DS/EN 61000-3-11, DEFU rapport RA 557 samt de metoder til fastsættelse af grænseværdier, som beskrives i IEC/TR 61000-3-7.</i></p>	Spændingsniveau	Grænseværdi	Mellemspænding	d(%) = 4 %	Højspænding	d(%) = 3 %
Spændingsniveau	Grænseværdi						
Mellemspænding	d(%) = 4 %						
Højspænding	d(%) = 3 %						
Faseubalance	<p>4.6.2.2 Spændingsubalance</p> <p>Et elproducerende anlæg skal være balanceret 3-faset, så anlægget ikke giver anledning til spændingsubalance.</p>						

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

Den internationale standard DS/EN 50160 sætter en grænse for den samlede spændingsubalance i det kollektive elforsyningsnet på 2%. Spændingsubalance kan fordeles i henhold til metoden i IEC/TR 61000-3-13, men dette vil give upraktisk lave grænseværdier for det enkelte produktionsanlæg, som er lavere end måleusikkerheden for måling af ubalance.

Når produktionsanlægget er balanceret 3-faset, giver det som udgangspunkt ikke anledning til en forværring af den spændingsubalance, som findes i det kollektive elforsyningsnet. Dokumentation på, at produktionsanlægget er balanceret 3-faset, vil derfor oftest være tilstrækkeligt til at påvise, at anlægget ikke giver anledning til spændingsubalance i det kollektive elforsyningsnet.

Hvis man skal være sikker på, at produktionsanlægget ikke giver anledning til spændingsubalance, kan spændingsubalancen i nettilslutningspunktet (POC) måles før og efter idriftsættelse af anlægget. Hvis der ikke er en betydelig forværring af spændingsubalancen efter idriftsættelse af anlægget i forhold til før idriftsættelse, er kravet til spændingsubalance opfyldt.

Spændingsubalancen måles jf. DS/EN 61000-4-30 som negativsekvenskomponenten divideret med positivsekvenskomponenten.

Flicker

4.6.2.3 Flicker

Et elproducerende anlæg må ikke forårsage flickerbidrag, der er større end grænseværdierne for kort- og langtidsflicker, som angivet i tabel 4.10.

	Korttidsflicker (P_{st})	Langtidsflicker (P_{lt})
Grænseværdi	0,3	0,2

Tabel 4.10 – Grænseværdi for kort-og langtidsflicker.

Grænseværdier for flicker er sat med udgangspunkt i DS/EN 61000-3-11, DEFU rapport RA 557 samt de metoder til fastsættelse af grænseværdier, som beskrives i IEC/TR 61000-3-7.

Harmoniske forstyrrelser

4.6.2.4 Harmoniske overtoner

Et elproducerende anlæg må ikke emittere harmoniske strømme højere end grænseværdierne i tabel 4.11 for de enkelte harmoniske overtoner, som er angivet i procent af anlæggets nominelle strøm, (I_h/I_n (%)).

Ulige harmonisk orden h							Lige harmonisk orden h					
3	5	7	9	11	13	15	2	4	6	8	10	12
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

Tabel 4.11 – 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 THD₁ og PWHD₁ er angivet i tabel 4.12.

THD ₁	PWHD ₁
4,4	4,4

Tabel 4.12 – Grænseværdier for THD₁ og PWHD₁ i strøm (% af I_n).

Kravene til enkelte harmoniske, THD₁ og PWHD₁, stilles med udgangspunkt i DS/EN 61000-3-12 Tabel 3, DEFU rapport RA 557 samt de metoder til fastsættelse af grænseværdier, som beskrives i IEC/TR 61000-3-6.

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.

Tripple harmoniske er tilføjet ud fra forholdet for grænseværdierne i DS/EN 50160. Tripple 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 tripple 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 de grænseværdier for interharmoniske overtoner, der er angivet i tabel 4.13.

Frekvens (Hz)		
75 Hz	125 Hz	> 175 Hz

0,44	0,66	$\frac{83}{f}$ *)
*) Dog ikke mindre end målesikkerheden		

Tabel 4.13 – 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 samt de metoder til fastsættelse af grænseværdier, som beskrives i IEC/TR 61000-3-6.

4.6.2.6 Forstyrrelser i intervallet 2-9 kHz

Et elproducerende anlæg skal overholde grænseværdien i tabel 4.14 for alle 200 Hz frekvensgrupper mellem 2 kHz og 9 kHz.

Grænseværdi
0,2 %

Tabel 4.14 - Grænseværdien for harmoniske strømme for alle frekvenser mellem 2 kHz og 9 kHz, angivet som procent af I_n.

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

DC indhold

4.2.6.1 DC-indhold

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

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

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.

Elkvalitet –
Ansvarsfordeling og målemetode –
 Hurtige spændingsændringer
 Faseubalance
 Flicker
 Harmoniske forstyrrelser
 DC-indhold

4.6.3 Ansvarsfordeling

4.6.3.1 Anlægssejers forpligtelser

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

Anlægssejer skal verificere, at emissionsgrænserne i nettilslutningspunktet er overholdt.

Til beregning af elkvalitet anvender anlægssejer den typiske trefasede kortslutningseffekt, S_k, elkvalitet i nettilslutningspunktet.

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

4.6.3.2 Elforsyningsvirksomhedens forpligtelser

Elforsyningsvirksomheden har ansvaret for at fastsætte emissionsgrænser i nettilslutningspunktet.

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

4.6.4 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.

5. KRAV TIL PRODUKTIONSANLÆG I KATEGORI C

Punkt	Krav						
Spændingsvariationer	<p>5.1 Immunitet over for frekvens og spændingsafvigelser</p> <p>Et produktionsanlæg skal overholde nedennævnte krav til normaldrift og unormal drift.</p> <p>5.1.1 Normaldrift</p> <p>U_c i nettilslutningspunktet (POC) oplyses af elforsyningsvirksomheden.</p> <p>Et produktionsanlæg skal være i stand til at producere kontinuert, når spændingen i tilslutningspunktet ligger inden for spændingsintervallet 90 % til 110 % af normal driftsspænding.</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>5.1.3 Tolerance over for spændingsafvigelser</p> <p>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>5.1.3.1 Robusthed over for spændingsstigninger</p> <p>Et produktionsanlæg skal kunne forblive forbundet til elnettet ved spændingsstigninger, som defineret i tabel 4.2.</p> <table border="1"><thead><tr><th>Spænding</th><th>Varighed</th></tr></thead><tbody><tr><td>$1,15 \cdot U_c$</td><td>60 s</td></tr><tr><td>$1,20 \cdot U_c$</td><td>5 s</td></tr></tbody></table> <p>Tabel 4.2 – Robusthed over for spændingsstigninger.</p> <p>5.2. INDKOBLING OG OPSTART AF ET PRODUKTIONSANLÆG</p> <p>Et produktionsanlæg må først indkoble og starte op i spændingsområdet: 90% - 110% af U_c</p> <p>5.2.1 Synkronisering</p> <p>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> <p>5.3 Regulering af aktiv effekt</p> <p>Et produktionsanlæg skal kunne regulere sin aktive effekt. Angivelse af setpunkter skal kunne ske i trin på 1% af P_n eller bedre.</p>	Spænding	Varighed	$1,15 \cdot U_c$	60 s	$1,20 \cdot U_c$	5 s
Spænding	Varighed						
$1,15 \cdot U_c$	60 s						
$1,20 \cdot U_c$	5 s						

	<p>Regulering af aktiv effekt skal ske med en gradient på mindst 1% P_n/min for synkrone produktionsanlæg og mindst 20 % P_n/min for elproducerende anlæg. For synkrone produktionsanlæg er der desuden 10 minutters reaktionstid til teknologineutralitet, hvis nødvendigt.</p> <p>Reguleringen skal ske med en nøjagtighed på $\pm 2\%$ af nominel aktiv effekt for produktionsanlægget. Nøjagtigheden for reguleringen måles over en periode på 1 minut.</p> <p>5.3.4 Begrænsningsfunktioner Et produktionsanlæg skal være udstyret med en række begrænsningsfunktioner til aktiv effekt. Kravene afhænger af typen af produktionsanlæg.</p> <p>5.3.4.1 Absolut-effektbegrænsere Absolut effektbegrænsere bruges til at beskytte det kollektive elforsyningsnet mod overbelastning i kritiske situationer.</p> <p>Regulering med en ny parameter for absolut-effektbegrænsere skal være fuldført inden for 5 minutter fra modtagelse af ordre om parameterændring.</p>
<p>Netbeskyttelse</p>	<p>5.5.5 Jording Forhold omkring jording af produktionsanlægget skal aftales med elforsyningsvirksomheden.</p> <p>5.3.1 Frekvensrespons – underfrekvens Af hensyn til detektering af \emptyset-drift må produktionsanlægget ikke påbegynde opregulering af den aktive effekt i nettilslutningspunktet, før der er gået 500 ms.</p> <p><i>Hvis produktionsanlæggets naturlige forsinkelse (dødtid) for påbegyndelse af opregulering er 500 ms eller mere, er kravet til forsinkelse opfyldt.</i></p> <p><i>Hvis produktionsanlæggets naturlige forsinkelse (dødtid) for påbegyndelse af opregulering er mindre end 500 ms, skal denne forlænges til 500 ms. Den ekstra forsinkelse påtrykkes kun ved overgangen til frekvensrespons, dvs. når frekvenstærsklen f_{RV} krydses.</i></p> <p>Eksempel <i>Et produktionsanlægs naturlige forsinkelse (dødtid) for påbegyndelse af opregulering er 300 ms. Der tilføjes en kunstig forsinkelse (dødtid) på 200 ms, således at den samlede forsinkelse (dødtid) for produktionsanlægget er 500 ms.</i></p>
<p>Reaktiv effekt</p>	<p>Reguleringen skal ske med en nøjagtighed på $\pm 3\%$ af Q_n eller bedre. Nøjagtigheden for reguleringen måles over en periode på 1 minut.</p>
<p>Elkvalitet – Hurtige spændingsændringer Fasebalance Flicker</p>	<p>5.6 Elkvalitet Et produktionsanlæg må ikke forårsage uacceptabel elkvalitet i elnettet. For at undgå dette skal produktionsanlægget overholde kravene specificeret i de følgende afsnit.</p>

<p>Harmoniske forstyrrelser DC-indhold</p>	<p>Der kan være yderligere krav til et produktionsanlæg i særlige tilfælde, hvor et produktionsanlæg kan have en betydende indvirkning på det kollektive elforsyningsnet (distributionsnettet og/eller transmissionsnettet), se afsnit 0.</p> <p><i>Ved vurdering af elkvalitet benyttes en tretrinsprocedure, som kort opsummeret er:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Kortslutningsforholdet (SCR) ≥ 500.</i> 2. <i>Vurdering af elkvalitet ved beregning.</i> 3. <i>Måling af støj i nettet før og efter tilslutning af produktionsanlægget og aftale om løsning på problemet.</i> 						
<p>Hurtige spændingsændringer</p>	<p>5.6.1.1 Hurtige spændingsændringer</p> <p>Et produktionsanlæg må ikke forårsage hurtige spændingsændringer større end de grænseværdier, der er angivet i tabel 4.9.</p> <table border="1" data-bbox="762 842 1209 1061"> <thead> <tr> <th>Spændingsniveau</th> <th>Grænseværdi</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Mellemspænding</td> <td>d(%) = 4 %</td> </tr> <tr> <td>Højspænding</td> <td>d(%) = 3 %</td> </tr> </tbody> </table> <p>Tabel 4.9 – Grænseværdi for hurtige spændingsændringer.</p> <p><i>Krav om hurtige spændingsændringer er sat med udgangspunkt i DS/EN 61000-3-11, DEFU rapport RA 557 samt de metoder til fastsættelse af grænseværdier, som beskrives i IEC/TR 61000-3-7.</i></p>	Spændingsniveau	Grænseværdi	Mellemspænding	d(%) = 4 %	Højspænding	d(%) = 3 %
Spændingsniveau	Grænseværdi						
Mellemspænding	d(%) = 4 %						
Højspænding	d(%) = 3 %						
<p>Faseubalance</p>	<p>5.6.2.2 Spændingsubalance</p> <p>Et elproducerende anlæg skal være balanceret 3-faset, så anlægget ikke giver anledning til spændingsubalance.</p>						

	<p><i>Krav om ubalance stilles, fordi ubalance i fasespændingerne mellem faserne ikke ønskes i det kollektive elforsyningsnet, da det kan have negative indvirkninger på nettets drift og på de enheder, som er tilsluttet det kollektive elforsyningsnet.</i></p> <p><i>Den internationale standard DS/EN 50160 sætter en grænse for den samlede spændingsubalance i det kollektive elforsyningsnet på 2%. Spændingsubalance kan fordeles i henhold til metoden i IEC/TR 61000-3-13, men dette vil give upraktisk lave grænseværdier for det enkelte produktionsanlæg, som er lavere end måleusikkerheden for måling af ubalance.</i></p> <p><i>Når produktionsanlægget er balanceret 3-faset, giver det som udgangspunkt ikke anledning til en forværring af den spændingsubalance, som findes i det kollektive elforsyningsnet. Dokumentation på, at produktionsanlægget er balanceret 3-faset, vil derfor oftest være tilstrækkeligt til at påvise, at anlægget ikke giver anledning til spændingsubalance i det kollektive elforsyningsnet.</i></p> <p><i>Hvis man skal være sikker på, at produktionsanlægget ikke giver anledning til spændingsubalance, kan spændingsubalancen i nettilslutningspunktet (POC) måles før og efter idriftsættelse af anlægget. Hvis der ikke er en betydelig forværring af spændingsubalancen efter idriftsættelse af anlægget i forhold til før idriftsættelse, er kravet til spændingsubalance opfyldt.</i></p> <p><i>Spændingsubalancen måles jf. DS/EN 61000-4-30 som negativsekvenskomponenten divideret med positivsekvenskomponenten.</i></p>
<p>Flicker</p>	<p>5.6.2.2 Flicker</p> <p>Det elproducerende anlæg skal overholde de grænseværdier for flicker, som fastsættes af elforsyningsvirksomheden.</p> <p><i>Når kravene skal fastsættes, tager elforsyningsvirksomheden udgangspunkt i metoden, som er beskrevet i IEC/TR 61000-3-7.</i></p>
<p>Harmoniske forstyrrelser</p>	<p>5.6.2.4 Harmoniske overtoner</p> <p>Det elproducerende anlæg skal overholde de spændingsgrænseværdier for emission af harmoniske overtoner, som fastsættes af elforsyningsvirksomheden.</p> <p><i>Når kravene skal fastsættes, tager elforsyningsvirksomheden udgangspunkt i metoden, som er beskrevet i IEC/TR 61000-3-6.</i></p> <p>5.6.2.5 Interharmoniske overtoner</p> <p>Det elproducerende anlæg skal overholde de spændingsgrænseværdier for interharmoniske overtoner, som fastsættes af elforsyningsvirksomheden.</p> <p><i>Når kravene skal fastsættes, tager elforsyningsvirksomheden udgangspunkt i metoden, som er beskrevet i IEC/TR 61000-3-6.</i></p>

	<p>5.6.3.6 Forstyrrelser i intervallet 2-9kHz</p> <p>Det elproducerende anlæg skal overholde de spændingsgrænseværdier for forstyrrelser i frekvensområdet 2 kHz til 9 kHz, som fastsættes af elforsyningsvirksomheden.</p> <p><i>Når kravene skal fastsættes, tager elforsyningsvirksomheden udgangspunkt i metoden, som er beskrevet i IEC/TR 61000-3-6.</i></p>
<p>DC indhold</p>	<p>5.6.2.1 DC-indhold</p> <p>Et elproducerende må ikke injicere DC-strømme i elnettet. Dette er opfyldt, hvis DC indholdet i den strøm, som produktionsanlægget injicerer i nettet, er under 0,5% af produktionsanlæggets nominelle strøm.</p> <p>Hvis anlægget er tilsluttet gennem en anlægstransformer, antages kravet for opfyldt.</p> <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>Elkvalitet – Ansvarsfordeling og målemetode – Hurtige spændingsændringer Faseubalance Flicker Harmoniske forstyrrelser DC-indhold</p>	<p>5.6.3 Ansvarsfordeling</p> <p>5.6.3.1 Anlægsejers forpligtelser</p> <p>Anlægsejer skal som udgangspunkt sikre, at produktionsanlægget er designet, konstrueret og konfigureret på sådan en 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, $S_{k, \text{elkvalitet}}$ i nettilslutningspunktet.</p> <p>Netvirksomheden og transmissionsvirksomheden foretager i samarbejde en bedømmelse af, om et produktionsanlæg har betydende indvirkning på det kollektive elforsyningsnet.</p> <p>Ved produktionsanlæg, som har en betydende indvirkning på det kollektive elforsyningsnet, vil anlægsejer yderligere skulle:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anvende frekvensafhængige impedanspolygoner til beregning af elkvalitet. • Verificere, at emissionsgrænser også er overholdt op imod transmissionsnettet. • Levere en impedansmodel for produktionsanlægget jævnfør afsnit 5.8.

Verifikation af overholdelse af emissionsgrænser ved anlæg med en betydende indvirkning på elnettet vil typisk foregå ved, at beregningerne foretages på en udleveret model, hvor der vil være emissionsgrænser i et eller to punkter i modellen, som skal overholdes.

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 kortslutningsvinkel ψ_k i nettilslutningspunktet.

I tilfælde, hvor den egentlige $S_{k,elkvalitet}$ ikke er mulig at beregne for et tilslutningspunkt, estimeres $S_{k,elkvalitet}$ som $(S_{k,min} + S_{k,maks})/2$.

Elforsyningsvirksomheden skal også oplyse den frekvensafhængige netimpedans i nettilslutningspunktet $Z_{net,h}$. Elforsyningsvirksomheden kan vælge at oplyse netimpedansen som målt værdi eller som en tilnærmet model. Ved anvendelse af impedanspolygoner videreformidler netvirksomheden impedanspolygoner fra transmissionsvirksomheden, evt. justeret efter mellemliggende net.

Som udgangspunkt oplyses $Z_{net,h}$ som tilnærmet model, hvor nedenstående tilnærmede model benyttes. I tilfælde, hvor det vurderes nødvendigt af hensyn til indvirkning på det kollektive elforsyningsnet, oplyses frekvensafhængige impedanspolygoner i stedet.

For frekvenser til og med 2 kHz:

$$|Z_{net,h}| = \sqrt{R_{50}^2 + (h \cdot X_{50})^2}, \text{ for } h = [1; 40]$$

For frekvenser over 2 kHz:

$$|Z_{net,h}| = \sqrt{R_{50}^2 + (40 \cdot X_{50})^2}, \text{ for } h > 40$$

R_{50} og X_{50} er resistans og reaktans ved 50 Hz og udregnes på baggrund af $S_{k,elkvalitet}$ og tilhørende kortslutningsvinkel ψ_k .

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.

Punkt	Krav						
<p>Spændingsvariationer</p>	<p>6.1 Immunitet over for frekvens og spændingsafvigelser Et produktionsanlæg skal overholde nedennævnte krav til normaldrift og unormal drift.</p> <p>6.1.1 Normaldrift U_c i nettilslutningspunktet (POC) oplyses af elforsyningsvirksomheden.</p> <p>Et produktionsanlæg skal være i stand til at producere kontinuert, når spændingen i tilslutningspunktet ligger inden for spændingsintervallet 90 % til 110 % af normal driftsspænding.</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>6.1.3 Tolerance over for spændingsafvigelser 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>6.1.3.1 Robusthed over for spændingsstigninger Et produktionsanlæg skal kunne forblive forbundet til elnettet ved spændingsstigninger, som defineret i tabel 4.2.</p> <table border="1" data-bbox="742 1115 1067 1339"> <thead> <tr> <th>Spænding</th> <th>Varighed</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$1,15 \cdot U_c$</td> <td>60 s</td> </tr> <tr> <td>$1,20 \cdot U_c$</td> <td>5 s</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">Tabel 0.1 – Robusthed over for spændingsstigninger.</p> <p>6.3 Regulering af aktiv effekt Et produktionsanlæg skal kunne regulere sin aktive effekt. Angivelse af setpunkter skal kunne ske i trin på 1% af P_n eller bedre.</p> <p>Regulering af aktiv effekt skal ske med en gradient på mindst 1% P_n/min for synkrone produktionsanlæg og mindst 20 % P_n/min for elproducerende anlæg. For synkrone produktionsanlæg er der desuden 10 minutters reaktionstid til teknologineutralitet, hvis nødvendigt.</p> <p>Reguleringen skal ske med en nøjagtighed på $\pm 2\%$ af nominel aktiv effekt for produktionsanlægget. Nøjagtigheden for reguleringen måles over en periode på 1 minut.</p> <p>6.3.4 Begrænsningsfunktioner Et produktionsanlæg skal være udstyret med en række begrænsningsfunktioner til aktiv effekt. Kravene afhænger af typen af produktionsanlæg.</p>	Spænding	Varighed	$1,15 \cdot U_c$	60 s	$1,20 \cdot U_c$	5 s
Spænding	Varighed						
$1,15 \cdot U_c$	60 s						
$1,20 \cdot U_c$	5 s						

	<p>6.3.4.1 Absolut-effektbegrænser Absolut effektbegrænser bruges til at beskytte det kollektive elforsyningsnet mod overbelastning i kritiske situationer.</p> <p>Regulering med en ny parameter for absolut-effektbegrænser skal være fuldført inden for 5 minutter fra modtagelse af ordre om parameterændring.</p>
<p>Netbeskyttelse</p>	<p>6.5.5 Jording Forhold omkring jording af produktionsanlægget skal aftales med elforsyningsvirksomheden.</p> <p>6.3.1 Frekvensrespons – underfrekvens Af hensyn til detektering af ø-drift må produktionsanlægget ikke påbegynde opregulering af den aktive effekt i nettilslutningspunktet, før der er gået 500 ms.</p> <p><i>Hvis produktionsanlæggets naturlige forsinkelse (dødtid) for påbegyndelse af opregulering er 500 ms eller mere, er kravet til forsinkelse opfyldt.</i></p> <p><i>Hvis produktionsanlæggets naturlige forsinkelse (dødtid) for påbegyndelse af opregulering er mindre end 500 ms, skal denne forlænges til 500 ms. Den ekstra forsinkelse påtrykkes kun ved overgangen til frekvensrespons, dvs. når frekvenstærsklen f_{RU} krydses.</i></p> <p>Eksempel <i>Et produktionsanlægs naturlige forsinkelse (dødtid) for påbegyndelse af opregulering er 300 ms. Der tilføjes en kunstig forsinkelse (dødtid) på 200 ms, således at den samlede forsinkelse (dødtid) for produktionsanlægget er 500 ms.</i></p>
<p>Reaktiv effekt</p>	<p>Reguleringen skal ske med en nøjagtighed på $\pm 3\%$ af Q_n eller bedre. Nøjagtigheden for reguleringen måles over en periode på 1 minut.</p>
<p>Elkvalitet – Hurtige spændingsændringer Faseubalance Flicker Harmoniske forstyrrelser DC-indhold</p>	<p>6.6 Elkvalitet Et produktionsanlæg må ikke forårsage uacceptabel elkvalitet i elnettet. For at undgå dette skal produktionsanlægget overholde kravene specificeret i de følgende afsnit.</p> <p>Der kan være yderligere krav til et produktionsanlæg i særlige tilfælde, hvor et produktionsanlæg kan have en betydende indvirkning på det kollektive elforsyningsnet (distributionsnettet og/eller transmissionsnettet), se afsnit 5.6.3.</p> <p><i>Ved vurdering af elkvalitet benyttes en tretrinsprocedure, som kort opsummeret er:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <i>4. Kortslutningsforholdet (SCR) ≥ 500.</i> <i>5. Vurdering af elkvalitet ved beregning.</i> <i>6. Måling af støj i nettet før og efter tilslutning af produktionsanlægget og aftale om løsning på problemet.</i>

Hurtige spændingsændringer

6.6.1.1 Hurtige spændingsændringer

Et produktionsanlæg må ikke forårsage hurtige spændingsændringer større end de grænseværdier, der er angivet i tabel 4.9.

Spændingsniveau	Grænseværdi
Mellemspænding	d(%) = 4 %
Højspænding	d(%) = 3 %

Tabel 4.9 – Grænseværdi for hurtige spændingsændringer.

Krav om hurtige spændingsændringer er sat med udgangspunkt i DS/EN 61000-3-11, DEFU rapport RA 557 samt de metoder til fastsættelse af grænseværdier, som beskrives i IEC/TR 61000-3-7.

Faseubalance

6.6.2.2 Spændingsubalance

Et elproducerende anlæg skal være balanceret 3-faset, så anlægget ikke giver anledning til spændingsubalance.

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

Den internationale standard DS/EN 50160 sætter en grænse for den samlede spændingsubalance i det kollektive elforsyningsnet på 2%. Spændingsubalance kan fordeles i henhold til metoden i IEC/TR 61000-3-13, men dette vil give upraktisk lave grænseværdier for det enkelte produktionsanlæg, som er lavere end måleusikkerheden for måling af ubalance.

Når produktionsanlægget er balanceret 3-faset, giver det som udgangspunkt ikke anledning til en forværring af den spændingsubalance, som findes i det kollektive elforsyningsnet. Dokumentation på, at produktionsanlægget er balanceret 3-faset, vil derfor oftest være tilstrækkeligt til at påvise, at anlægget ikke giver anledning til spændingsubalance i det kollektive elforsyningsnet.

Hvis man skal være sikker på, at produktionsanlægget ikke giver anledning til spændingsubalance, kan spændingsubalancen i nettilslutningspunktet (POC) måles før og efter idriftsættelse af anlægget. Hvis der ikke er en betydelig forværring af spændingsubalancen efter idriftsættelse af anlægget i forhold til før idriftsættelse, er kravet til spændingsubalance opfyldt.

Spændingsubalancen måles jf. DS/EN 61000-4-30 som negativsekvenskomponenten divideret med positivsekvenskomponenten.

Flicker	<p>6.6.2.3 Flicker</p> <p>Det elproducerende anlæg skal overholde de grænseværdier for flicker, som fastsættes af elforsyningsvirksomheden.</p> <p><i>Når kravene skal fastsættes, tager elforsyningsvirksomheden udgangspunkt i metoden, som er beskrevet i IEC/TR 61000-3-7.</i></p>
Harmoniske forstyrrelser	<p>6.6.2.4 Harmoniske overtoner</p> <p>Det elproducerende anlæg skal overholde de spændingsgrænseværdier for emission af harmoniske overtoner, som fastsættes af elforsyningsvirksomheden.</p> <p><i>Når kravene skal fastsættes, tager elforsyningsvirksomheden udgangspunkt i metoden, som er beskrevet i IEC/TR 61000-3-6.</i></p> <p>6.6.2.5 Interharmoniske overtoner</p> <p>Det elproducerende anlæg skal overholde de spændingsgrænseværdier for interharmoniske overtoner, som fastsættes af elforsyningsvirksomheden.</p> <p><i>Når kravene skal fastsættes, tager elforsyningsvirksomheden udgangspunkt i metoden, som er beskrevet i IEC/TR 61000-3-6.</i></p> <p>6.6.2.6 Forstyrrelser i intervallet 2-9kHz</p> <p>Det elproducerende anlæg skal overholde de spændingsgrænseværdier for forstyrrelser i frekvensområdet 2 kHz til 9 kHz, som fastsættes af elforsyningsvirksomheden.</p> <p><i>Når kravene skal fastsættes, tager elforsyningsvirksomheden udgangspunkt i metoden, som er beskrevet i IEC/TR 61000-3-6.</i></p>
DC indhold	<p>6.6.2.1 DC-indhold</p> <p>Et elproducerende må ikke injicere DC-strømme i elnettet. Dette er opfyldt, hvis DC indholdet i den strøm, som produktionsanlægget injicerer i nettet, er under 0,5% af produktionsanlæggets nominelle strøm.</p> <p>Hvis anlægget er tilsluttet gennem en anlægstransformer, antages kravet for opfyldt.</p> <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>

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

6.6.3 Ansvarsfordeling

6.6.3.1 Anlægsejers forpligtelser

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

Anlægsejer skal verificere, at emissionsgrænserne i nettilslutningspunktet er overholdt.

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

Netvirksomheden og transmissionsvirksomheden foretager i samarbejde en bedømmelse af, om et produktionsanlæg har betydende indvirkning på det kollektive elforsyningsnet.

Ved produktionsanlæg, som har en betydende indvirkning på det kollektive elforsyningsnet, vil anlægsejer yderligere skulle:

- Anvende frekvensafhængige impedanspolygoner til beregning af elkvalitet.
- Verificere, at emissionsgrænser også er overholdt op imod transmissionsnettet.
- Levere en impedansmodel for produktionsanlægget jævnfør afsnit 5.8.

Verifikation af overholdelse af emissionsgrænser ved anlæg med en betydende indvirkning på elnettet vil typisk foregå ved, at beregningerne foretages på en udleveret model, hvor der vil være emissionsgrænser i et eller to punkter i modellen, som skal overholdes.

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

6.6.3.2 Elforsyningsvirksomhedens forpligtelser

Elforsyningsvirksomheden har ansvaret for at fastsætte emissionsgrænser i nettilslutningspunktet.

Elforsyningsvirksomheden skal oplyse kortslutningsniveauet $S_{k, \text{elkvalitet}}$ med tilhørende kortslutningsvinkel ψ_k i nettilslutningspunktet.

I tilfælde, hvor den egentlige $S_{k, \text{elkvalitet}}$ ikke er mulig at beregne for et tilslutningspunkt, estimeres $S_{k, \text{elkvalitet}}$ som $(S_{k, \text{min}} + S_{k, \text{maks}})/2$.

Elforsyningsvirksomheden skal også oplyse den frekvensafhængige netimpedans i nettilslutningspunktet $Z_{\text{net}, h}$. Elforsyningsvirksomheden kan vælge at oplyse netimpedansen som målt værdi eller som en tilnærmet model. Ved anvendelse af impedanspolygoner videreformidler netvirksomheden impedanspolygoner fra transmissionsvirksomheden, evt. justeret efter mellemliggende net.

Som udgangspunkt oplyses $Z_{net,h}$ som tilnærmet model, hvor nedenstående tilnærmede model benyttes. I tilfælde, hvor det vurderes nødvendigt af hensyn til indvirkning på det kollektive elforsyningsnet, oplyses frekvensafhængige impedanspolygoner i stedet.

For frekvenser til og med 2 kHz:

$$|Z_{net,h}| = \sqrt{R_{50}^2 + (h \cdot X_{50})^2}, \text{ for } h = [1; 40]$$

For frekvenser over 2 kHz:

$$|Z_{net,h}| = \sqrt{R_{50}^2 + (40 \cdot X_{50})^2}, \text{ for } h > 40$$

R_{50} og X_{50} er resistans og reaktans ved 50 Hz og udregnes på baggrund af $S_{k,elkvalitet}$ og tilhørende kortslutningsvinkel ψ_k .

6.6.4 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.