



# Teknisk forskrift

## TF 3.4.1

### Spændingskvalitet

Tilslutningsbetingelserne med hensyn til spændingskvalitet  
for forbrugsanlæg tilsluttet transmissionsnettet

|      |             |                 |            |            |            |      |
|------|-------------|-----------------|------------|------------|------------|------|
| 1.3  |             | 02.04.2013      | 02.04.2013 | 02.04.2013 | 09.04.2013 | DATE |
| REV. | DESCRIPTION | PHT             | FBC        | SFJ        | TSK        | NAME |
|      |             | PREPARED        | CHECKED    | REVIEWED   | APPROVED   |      |
|      |             | <b>80758/12</b> |            |            |            |      |

## Revisionsoversigt

| Kapitel nr. | Tekst  | Revision | Dato       |
|-------------|--|----------|------------|
|             | Redaktionelle ændringer efter offentlig høring | 1.3      | 9.04.2013  |
|             | Offentlig høring                               | 1.2      | 4.03.2013  |
|             | Rettet udgave efter præhøring                  | 1.1      | 22.11.2012 |
|             | Præhøring                                      | 1.0      | 11.10.2012 |

## Indholdsfortegnelse

|      |  |    |
|------|--|----|
| 1.   | Terminologi og definitioner .....                            | 5  |
| 1.1  | Anlægsejer .....   | 5  |
| 1.2  | Anlægsoperatør .....   | 5  |
| 1.3  | Distributionsnet .....                                       | 5  |
| 1.4  | Elforsyningsvirksomhed .....                                 | 5  |
| 1.5  | Kollektive elforsyningsnet .....                             | 5  |
| 1.6  | Netvirksomhed .....  | 5  |
| 1.7  | Forbrugsanlæg .....  | 5  |
| 1.8  | Transmissionsnet .....                                       | 5  |
| 1.9  | Transmissionsvirksomhed .....                                | 5  |
| 1.10 | Kortslutningseffekt .....                                    | 5  |
| 1.11 | Tilslutningspunkt .....                                      | 6  |
| 1.12 | Fællespunkt .....  | 6  |
| 1.13 | Power factor .....   | 6  |
| 2.   | Formål, anvendelse og forvaltningsmæssige bestemmelser ..... | 7  |
| 2.1  | Forskriftens formål og anvendelsesområde .....               | 7  |
| 2.2  | Hjemmel .....  | 7  |
| 2.3  | Hvilke anlægskategorier er omfattet af forskriften .....     | 7  |
| 2.4  | Misligholdelse og sanktioner .....                           | 7  |
| 2.5  | Klage .....  | 8  |
| 2.6  | Dispensation og uforudsete forhold .....                     | 8  |
| 2.7  | Ikrafttræden og implementering .....                         | 8  |
| 3.   | Krav til spændingskvalitet .....                             | 9  |
| 3.1  | Spændingsubalancer .....                                     | 9  |
| 3.2  | Harmoniske .....   | 10 |
| 3.3  | Flicker og hurtige spændingsændringer .....                  | 11 |
| 3.4  | Power factor .....   | 13 |
| 4.   | Dokumentation .....  | 14 |
| 5.   | Referencer .....   | 15 |

## *Læsevejledning*

Denne forskrift indeholder de krav, som et forbrugsanlæg tilsluttet transmissionsnettet skal leve op til for at opretholde en sikker og stabil systemdrift. Opfyldelse af kravene er en betingelse for at være tilsluttet det kollektive elforsyningsnet.

Forskriften er bygget op således:

**Kapitel 1** indeholder terminologier og definitioner, som anvendes i de efterfølgende kapitler.

**Kapitel 2** beskriver formålet med forskriften, dens anvendelsesområde og de forvaltningsmæssige bestemmelser, der ligger til grund for udstedelse af forskriften.

**Kapitel 3 og frem** indeholder de specifikke krav til et forbrugsanlæg tilsluttet transmissionsnettet.

Forskriften er udgivet af Energinet.dk og kan hentes på [www.energinet.dk](http://www.energinet.dk).

## **1. Terminologi og definitioner**

### **1.1 Anlægsejer**

Anlægsejer er den, der juridisk ejer anlægget. Anlægsejer kan overdrage det driftsmæssige ansvar til en anlægsoperatør.

### **1.2 Anlægsoperatør**

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

### **1.3 Distributionsnet**

Se kollektive elforsyningsnet.

### **1.4 Elforsyningsvirksomhed**

Elforsyningsvirksomheden er den virksomhed, i hvis net et forbrugsanlæg er tilsluttet elektrisk. For spændingsniveauer op til 100 kV er det den lokale netvirksomhed, og for spændingsniveauer over 100 kV er det Energinet.dk.

### **1.5 Kollektive elforsyningsnet**

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

Transmissionsnettet defineres som det kollektive elforsyningsnet med nominel spænding over 100 kV, mens distributionsnettet defineres som det kollektive elforsyningsnet med nominel spænding under 100 kV.

### **1.6 Netvirksomhed**

Virksomhed med bevilling, der driver distributionsnettet.

### **1.7 Forbrugsanlæg**

Forbrugsanlæg er alle typer anlæg, der udgør et forbrug i det kollektive elforsyningsnet. Distributionsnet tilsluttet transmissionsnettet er ikke omfattet af denne forskrift.

### **1.8 Transmissionsnet**

Se kollektive elforsyningsnet.

### **1.9 Transmissionsvirksomhed**

Energinet.dk, som driver transmissionsnettet.

### **1.10 Kortslutningseffekt**

Kortslutningseffekten,  $S_k$  er størrelsen af den trefasede kortslutningseffekt i et tilslutningspunkt. Kortslutningseffekten i et tilslutningspunkt oplyses af Energinet.dk.

### **1.11 Tilslutningspunkt**

Tilslutningspunktet er det punkt i det kollektive elforsyningsnet, hvor forbrugsanlægget er tilsluttet.

### **1.12 Fællespunkt**

Fællespunktet er det punkt i det kollektive elforsyningsnet, nærmest tilslutningspunktet, hvor andre forbrugs- eller produktionsanlæg er eller kan blive tilsluttet.

### **1.13 Power factor**

Grundtonens faseforskydning (ofte benævnt "displacement power factor") imellem strøm og spænding.

## **2. Formål, anvendelse og forvaltningsmæssige bestemmelser**

### **2.1 Forskriftens formål og anvendelsesområde**

Formålet med forskriften er at sikre den tekniske kvalitet og balance i det kollektive elforsyningsnet.

Forskriften specificerer de krav til spændingskvalitet i tilslutningspunktet, som de enkelte forbrugsanlæg skal overholde, hvis de tilsluttes transmissionsnettet. Eksisterende forbrugsanlæg skal, hvor der foretages væsentlige ændringer i det bestående anlæg, overholde bestemmelserne i denne forskrift for den del af anlægget, som ændres. En væsentlig ændring berører en eller flere egenskaber, som behandles i forskriften. I tvivlstilfælde afgør Energinet.dk, om det er en væsentlig ændring.

### **2.2 Hjemmel**

Forskriften er udarbejdet på baggrund af bekendtgørelse nr. 891 af 17. august 2011 om systemansvarlig virksomhed og anvendelse af eltransmissionsnettet § 7, hvorefter Energinet.dk skal udarbejde forskrifter for benyttelsen af det kollektive elforsyningsnet herunder, jf. §7, stk. 1, litra 2: "Tekniske forskrifter for tilslutning af elforbrugsanlæg til transmissionsnettet".

Forskriften har, jf. § 7, stk. 1, i bekendtgørelse nr. 891 af 17. august 2011 om systemansvarlig virksomhed og anvendelse af eltransmissionsnettet m.v. – været i ekstern høring inden anmeldelse til Energitilsynet.

Forskriften præciserer bestemmelserne i lovbekendtgørelse nr. 279 af 21. marts 2012 om lov om elforsyning:

- § 26, hvorefter anlæg og installationer for at kunne blive tilsluttet det kollektive elforsyningsnet skal opfylde fastsatte tekniske krav og standarder.
- § 26, stk. 2 for at få adgang til tilslutning og benyttelse af det kollektive elforsyningsnet skal brugerne opfylde de krav, som er fastsat herfor.

### **2.3 Hvilke anlægskategorier er omfattet af forskriften**

Forskriften gælder for:

- nye forbrugsanlæg, der ønskes tilsluttet transmissionsnettet
- væsentligt ombyggede forbrugsanlæg, som er tilsluttet transmissionsnettet.

### **2.4 Misligholdelse og sanktioner**

Det påhviler anlægsejer at sikre, at bestemmelserne i denne forskrift overholdes.

Omkostningerne forbundet med overholdelse af bestemmelserne påhviler anlægsejer.

Overtrædelse af de tekniske bestemmelser i denne forskrift vil blive anmeldt til Energitilsynet.

Hvis forbrugsanlægget ikke overholder de tekniske bestemmelser i denne forskrift, og den tekniske kvalitet i det kollektive elforsyningsnet ikke kan opretholdes, vil Energinet.dk efter forudgående varsel foranledige, at forbrugsanlægget bliver afbrudt.

## **2.5 Klage**

Klage over forskriftens indhold kan indbringes for Energitilsynet, Carl Jacobsens Vej 35, 2500 Valby. Energitilsynet kan give Energinet.dk pålæg om ændring af forskriften.

Klager over Energinet.dk's forvaltning af bestemmelserne i forskriften kan ligeledes indbringes for Energitilsynet.

Spørgsmål vedrørende administrationen af bestemmelserne i forskriften kan rettes til Energinet.dk.

## **2.6 Dispensation og uforudsete forhold**

### **Dispensation**

Energinet.dk kan give dispensation fra specifikke bestemmelser i denne forskrift.

For at der kan gives dispensation,

- skal der være tale om særlige forhold, fx af lokal karakter
- må afvigelsen ikke give anledning til nævneværdig forringelse af den tekniske kvalitet og balance i det kollektive elforsyningsnet
- må afvigelsen ikke være uhensigtsmæssig, set ud fra en samfundsøkonomisk betragtning.

Dispensationsansøgning skal ske skriftligt til Energinet.dk. Det skal angives, hvilke bestemmelser dispensationen vedrører og begrundelsen for dispensationsønsket.

### **Uforudsete forhold**

Hvis der viser sig forhold omkring de tekniske bestemmelser, som ikke er forudset i denne forskrift, men som er af væsentlig betydning for systembalancen og/eller systemsikkerheden på kortere sigt, vil Energinet.dk efter drøftelse med anlægsejeren beslutte, hvilke ændringer anlægsejeren skal foretage.

## **2.7 Ikrafttræden og implementering**

Forskriften træder i kraft 1. maj 2013.

Forskriften anmeldes til Energitilsynet efter reglerne i elforsyningslovens § 76 samt systemansvarsbekendtgørelsens § 7, stk. 2.



### 3. Krav til spændingskvalitet

#### 3.1 Spændingsubalancer

Spændingsubalancen, givet som inverssspændingen i forhold til synkronspændingen, i et givet punkt i transmissionsnettet, må ikke overstige  $E_u = 1,4 \%$  [1].

Det tilladte bidrag fra en vilkårlig installation er givet ved [1]:

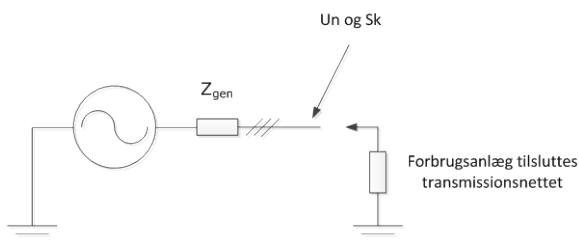
$$E_{ui} = E_u \cdot \left( \alpha \sqrt{\frac{S_i}{S_{\max}}} \right)$$

hvor:

- $E_{ui}$  = Grænseværdien for bidraget til spændingsubalancen for det enkelte forbrugsanlæg, givet som inverssspændingen i forhold til synkronspændingen i et givet punkt i transmissionsnettet.
- $E_u$  = Grænseværdien for spændingsubalancen, givet som inverssspændingen i forhold til synkronspændingen, i et givet punkt i transmissionsnettet.
- $S_i$  = Det maksimale momentane effekttræk i MVA for det enkelte forbrugsanlæg i tilslutningspunktet.
- $S_{\max}$  = Den maksimale belastning i en 132 kV- og 150 kV-station, der sættes til  $S_{\max} = 100$  MVA.
- $\alpha$  = SummationsekspONENT  $\alpha$  er sat til 2, der tager højde for samtidigheden mellem ubalancerne fra flere kilder.

Grundet måleunøjagtigheder er emissionsgrænsen for en installation ikke mindre end 0,2 %.

Under vurdering af det usymmetriske strømtræk skal der tages udgangspunkt i den simple generatorækvivalent i figur 1.



Figur 1 Ækvivalent netmodel til beregning af grænseværdien for det enkelte forbrugsanlæg ud fra den overordnede grænseværdi i transmissionsnettet.

hvor:

- $U_n$  = Mærkespændingen for den samleskinne, hvor forbrugsanlægget tilsluttes transmissionsnettet.

$S_k = S_{k''\min}$  : Det minimale kortslutningsniveau for den station, hvor forbrugsanlægget ønskes tilsluttet. Det minimale kortslutningsniveau oplyses af Energinet.dk.

### 3.2 Harmoniske

Den samlede harmoniske spændingsforvrængning,  $E_{THD}$ , for hvert knudepunkt i transmissionsnettet må ikke overstige 3 % [2].

Grænseværdierne for de individuelle harmoniske overtoner,  $E_h$ , er vist i tabel 1 og 2.

| Spændingsniveau (AC) | Ulige harmonisk orden h (ikke multiplum af 3) |     |     |     |                             | Ulige harmonisk orden h (multiplum af 3) |     |     |                     |
|----------------------|---|-----|-----|-----|-----------------------------|--|-----|-----|---------------------|
|                      | 5   | 7   | 11  | 13  | $17 \leq h \leq 49$         | 3  | 9   | 15  | $21 \leq h \leq 45$ |
| $U_n > 100$ kV       | 2,0   | 2,0 | 1,5 | 1,5 | $1,2 \cdot \frac{17}{h}$ *) | 2,0                                      | 1,0 | 0,3 | 0,2                 |

Tabel 1 Grænseværdier for harmonisk spænding  $U_h/U_n$  (%) for ulige harmoniske ordner h [2].

| Spændingsniveau (AC) | Lige harmonisk orden h |     |     |     |                                  |
|----------------------|------------------------|-----|-----|-----|----------------------------------|
|                      | 2                      | 4   | 6   | 8   | $10 \leq h \leq 50$              |
| $U_n > 100$ kV       | 1,4                    | 0,8 | 0,4 | 0,4 | $0,19 \cdot \frac{10}{h} + 0,16$ |

Tabel 2 Grænseværdier for harmonisk spænding  $U_h/U_n$  (%) for lige harmoniske ordner h [2].

Grænseværdien for  $E_{THD,i}$  og grænseværdierne for de individuelle harmoniske  $E_{h,i}$  for det enkelte forbrugsanlæg, som er tilsluttet transmissionsnettet, beregnes ud fra følgende formel:

$$E_{THD,i} = E_{THD} \cdot \left( \sqrt[\alpha]{\frac{S_i}{S_{\max}}} \right)$$

og

$$E_{h,i} = E_h \cdot \left( \sqrt[\alpha]{\frac{S_i}{S_{\max}}} \right)$$

Hvor:

$E_{THD}$  = Grænseværdien for den samlede harmoniske frekvensforvrængning i transmissionsnettet.

$E_{THD,i}$  = Grænseværdien for den samlede harmoniske frekvensforvrængning for det enkelte forbrugsanlæg tilsluttet transmissionsnettet.

$E_h$  = Grænseværdien for den h harmoniske frekvensforvrængning i transmissionsnettet.  $h = [1,2,3,4,\dots]$ .

- $E_{h,i}$  = Grænseværdien for den h harmoniske frekvensforvrængning for det enkelte forbrugsanlæg tilsluttet transmissionsnettet.  $h = [1,2,3,4,\dots]$ .
- $S_i$  = Det maksimale momentane effekttræk i MVA for det enkelte forbrugsanlæg i tilslutningspunktet.
- $S_{max}$  = Den maksimale belastning i en 132 kV- og 150 kV-station, der sættes til  $S_{max} = 100$  MVA.
- $\alpha$  = SummationsekspONENT  $\alpha$ , der tager højde for samtidigheden mellem harmoniske fra flere kilder.  
Følgende  $\alpha$ -værdier anvendes:

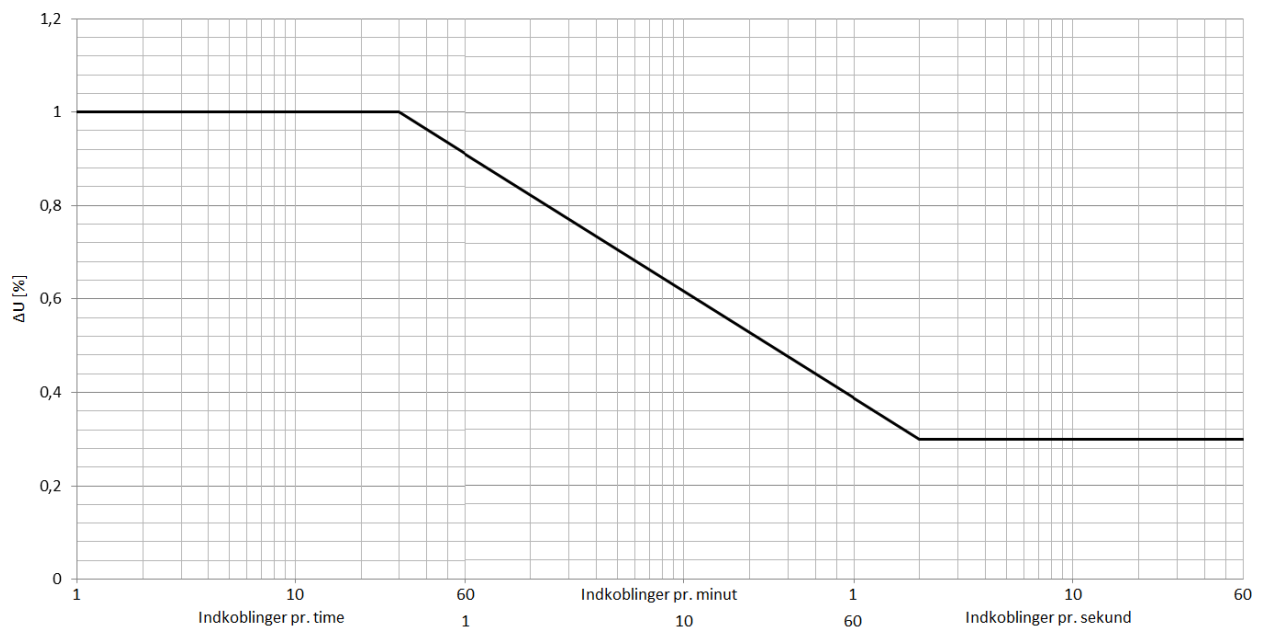
| Harmonisk orden    | $\alpha$ |
|--------------------|----------|
| THD                | 1        |
| $h < 5$            | 1        |
| $5 \leq h \leq 10$ | 1,4      |
| $H > 10$           | 2        |

Under vurdering af de harmoniske forstyrrelser fra det tilsluttede forbrugsanlæg skal der tages udgangspunkt i det minimale kortslutningsniveau for den station, hvor forbrugsanlægget ønskes tilsluttet. Det minimale kortslutningsniveau oplyses af Energinet.dk.

THD-værdien fra et forbrugsanlæg beregnes ud fra de individuelle harmoniske bidrag op til og med den 50. harmoniske,  $h_{50}$ .

### 3.3 Flicker og hurtige spændingsændringer

Hurtige spændingsændringer og flickerniveauet i et givet punkt i transmissionsnettet må ikke overstige grænseværdierne i figur 2 og tabel 3.



Figur 2 Maksimalt tilladte spændingsvariationer

|                           |          | Grænseværdi |
|---------------------------|----------|-------------|
| Korttidsflickerintensitet | $P_{st}$ | 0,8         |
| Langtidsflickerintensitet | $P_{lt}$ | 0,6         |

Tabel 3 Grænseværdierne for flickerintensitet [3].

Grænseværdierne,  $P_{st,i}$  og  $P_{lt,i}$ , for det enkelte forbrugsanlæg beregnes efter følgende fordelingsnøgle:

$$P_{st,i} = P_{st} \cdot \left( \sqrt[\alpha]{\frac{S_i}{S_{\max}}} \right)$$

og

$$P_{lt,i} = P_{lt} \cdot \left( \sqrt[\alpha]{\frac{S_i}{S_{\max}}} \right)$$

Hvor:

- $P_{st,i}$  = Den tilladte korttidsflickerintensitet fra det enkelte forbrugsanlæg tilsluttet transmissionsnettet i tilslutningspunktet. Midlingsperiode 10 minutter.
- $P_{lt,i}$  = Den tilladte langtidsflickerintensitet fra det enkelte forbrugsanlæg tilsluttet transmissionsnettet i tilslutningspunktet. Midlingsperiode 60 minutter.
- $S_i$  = Det maksimale momentane effekttræk i MVA for det enkelte forbrugsanlæg i tilslutningspunktet.
- $S_{\max}$  = Den maksimale belastning i en 132 kV- og 150 kV-station, der sættes til  $S_{\max} = 100$  MVA.
- $\alpha$  = SummationsekspONENT  $\alpha$  er sat til 3, der tager højde for samtidigheden mellem flickerintensiteten fra flere kilder [3].

Emissionsgrænsen for en installation er minimum  $P_{st,i} = 0,35$  og  $P_{lt,i} = 0,25$  [3].

Under vurdering af flickerintensiteten og hurtige spændingsændringer fra det tilsluttede forbrugsanlæg skal der tages udgangspunkt i det minimale kortslutningsniveau for den station, hvor forbrugsanlægget ønskes tilsluttet. Det minimale kortslutningsniveau oplyses af Energinet.dk.

### **3.4 Power factor**

Alle forbrugsanlæg, som er tilsluttet transmissionsnettet, skal overholde følgende krav.

Forbrugsanlæg, som er tilsluttet transmissionsnettet gælder  $\cos(\varphi) \geq 0,95$ .

I tilfælde af, at forbrugsanlægget er udstyret med dynamisk reaktiv kompenseringsring gælder  $\cos(\varphi) \geq 0,98$ .

## 4. Dokumentation

Det er anlægsejerens ansvar, at forbrugsanlægget overholder den tekniske forskrift og dokumenterer, at kravene er overholdt.

Den generelle proces omkring godkendelse og udstedelse af driftstilladelse for et forbrugsanlæg tilsluttet transmissionsnettet følger:

- Dokumentationens indsendes i elektronisk form til Energinet.dk senest 3 måneder før ønsket idriftsættelsestidspunkt (Nettilslutninger og Nettoafregning - Erhverv, [teknik@energinet.dk](mailto:teknik@energinet.dk)).
- Energinet.dk gennemgår og godkender dokumentationen og afklarer eventuelle mangler. Når dokumentationen er godkendt, udstedes der en driftstilladelse til anlægsejeren.

Den tekniske dokumentation skal oplyses som idriftsættelsesdata, som er gældende for forbrugsanlægget på idriftsættelsestidspunktet.

Hvis der sker ændring af oplysninger efter idriftsættelsestidspunktet, så skal der sendes en opdateret dokumentation i henhold til kravene i afsnit 2.1.

## 5. Referencer

- [1] IEC/TR 61000-3-13: Limits - Assessment of emission limits for the connection of unbalanced installations to MV, HV and EHV power systems, 2008.
- [2] IEC/TR 61000-3-6: Limits - Assessment of emission limits for the connection of distorting installations to MV, HV and EHV power systems, 2008.
- [3] IEC/TR 61000-3-7: Limits - Assessment of emission limits for the connection of fluctuating installations to MV, HV and EHV power systems, 2008.