

# ***Rekommandation 16***

*Spændingskvalitet i lavspændingsnet  
5. udgave, oktober 2019*

Dansk Energi  
Forskning og Udvikling  
Vodroffsvej 59  
1900 Frederiksberg C

Tlf.: 35 300 770

Fax: 35 300 771

E-mail: [info@defu.dk](mailto:info@defu.dk)

[www.defu.dk](http://www.defu.dk)



<b>Rekommandation 16</b> .....	1
<i>Spændingskvalitet i lavspændingsnet</i> .....	1
1. Indledning .....	3
2. Gyldighedsområde .....	3
3. DEFINITIONER .....	4
3.1 Afbrud: .....	4
3.2 Flicker: .....	4
3.3 Flickerintensitet: .....	4
3.4 Harmonisk overtonespænding $U_h$ : .....	4
3.5 Hurtig spændingsændring: .....	5
3.6 Interharmonisk over-tonespænding: .....	5
3.7 Lavspænding: .....	5
3.8 Leveringspunkt: .....	5
3.9 Leveringsspænding .....	5
3.10 Netfrekvens: .....	5
3.11 Netkunde: .....	5
3.12 Netvirksomhed: .....	5
3.13 Nominel spænding, $U_n$ : .....	5
3.14 Normal driftstilstand: .....	5
3.15 Referencespænding: .....	5
3.16 Signaltransmissionsspænding $u_s$ : .....	5
3.17 Spændingsdyk: .....	6
3.18 Spændingsfluktuation: .....	6
3.19 Spændingsstigning: .....	6
3.20 Spændingsusymmetri: .....	7
3.21 Transient: .....	7
4. ANBEFALINGER .....	7
4.1 Netfrekvens: .....	8
4.2 Leveringsspænding: .....	8
4.3 Hurtige spændingsændringer: .....	8
4.4 Flickerintensitet: .....	8
4.5 Spændingsdyk: .....	8
4.6 Spændingsusymmetri: .....	8
4.7 Harmoniske overtoner: .....	8
4.8 Interharmoniske overtoner: .....	9
4.9 Signaltransmission .....	9
4.10 Transienter .....	9
5. REFERENCER .....	10
Bilag 1. Spændingsfluktuationer .....	11

## 1. INDLEDNING

I forhold til 4. udgave indeholder denne 5. udgave af rekommandation 16 en opdatering af anbefalingen vedrørende harmoniske, da der er udkommet en tilføjelse til EN 50160 som ændrer i disse. Der er yderligere lavet mindre redaktionelle ændringer og opdateringer.

## 2. GYLDIGHEDSOMRÅDE

Denne rekommandation omhandler leveringsspændingen i danske lavspændingsnet.

Rekommandationen angiver den spændingskvalitet, som netvirksomhederne tilstræber at overholde i leveringspunktet.

Den spændingskvalitet som netvirksomhederne skal overholde fremgår af Europanormen EN 50160.

Rekommandationens anbefalinger gælder, når nettet er i normal driftstilstand.

NOTE 1: Planlagte omkoblinger medregnes til normal driftstilstand.

NOTE 2: Driftsmæssige koblinger og koblinger pga. fejl i nettet medregnes til normal driftstilstand.

NOTE 3: Midlertidig forsyning ved hjælp af mobile generatorer regnes ikke som normal driftstilstand

Rekommandationen fastsætter ikke grænser for spændingsdyk og overspændinger i forbindelse med fejl. Rekommandationen fastsætter ligeledes ikke grænseværdier for transienter.

NOTE 3: Dette skyldes, at årsagerne hertil er udenfor netvirksomhedens umiddelbare kontrol, og at der derfor ikke kan specificeres og garanteres overholdelse af grænseværdier.

Grænseværdierne, der er angivet i denne rekommandation, må ikke anvendes som grænseværdier for elektromagnetisk kompatibilitet (EMC). Ligeledes må grænseværdierne ikke udnyttes af den enkelte netkunde som grænseværdier for emission.

Overholdelse af rekommandationens anbefalinger forudsætter, at installationer og tilsluttede anlæg er tilsluttet iht. netvirksomhedens tilslutningsbestemmelser og opfylder relevante tekniske standarder.

NOTE 4: Rekommandationen indeholder ikke anbefalinger vedrørende afbrud. Disse findes i DEFU rekommandation 23 og 24.

NOTE 5: Rekommandationens anbefalinger svarer til, eller er strengere end, de krav, der stilles i EN 50160 vedr. spændingskvalitet i lavspændingsnet.

### 3. DEFINITIONER

Til brug for denne rekommandation anvendes følgende definitioner:

#### 3.1 Afbrud:

Tilstand hvor spændingens effektivværdi i leveringspunktet er mindre end 5 % af referencespændingen på en eller flere faser.

NOTE: Måleinstrumenter i henhold til EN 61000-4-30 klassificerer spændingsændringer til under 5 % af den nominelle spænding på 1 eller 2 faser i trefasesystemer som spændingsdyk. Definitionen af afbrud i EN 50160 svarer hertil.

#### 3.2 Flicker:

Visuel opfattelse af flimren i lys forårsaget af ændringer i lysets luminans eller spektralfordeling.

NOTE: Spændingsfluktuationer forårsager ændringer af luminansen fra elektriske lyskilder, hvilket forårsager flicker. Ved et vist niveau bliver flicker irriterende for øjet.

#### 3.3 Flickerintensitet:

Intensiteten af flickerirritationen som defineret ved IEC-flickermålemetoden og opgjort ved hjælp af følgende størrelser:

- Korttidsflickerintensiteten  $P_{st}$  målt over en periode på 10 minutter
- Langtidsflickerintensiteten  $P_{lt}$  beregnet for en to-timers periode ved hjælp af en sekvens af 12 på hinanden følgende  $P_{st}$ -værdier i henhold til følgende udtryk:

$$P_{lt} = \sqrt[3]{\sum_{i=1}^{12} \frac{P_{st,i}^3}{12}}$$

NOTE: Måleinstrumentet vil normalt beregne både kort- og langtidsflicker-værdier.

#### 3.4 Harmonisk overtone-spænding $U_h$ :

Sinusformet spænding med en frekvens der er et helt multiplum ( $h$ ) af grundtonens frekvens.

Individuel harmonisk forvrængning i procent af grundtonen ( $u_h$ ), bestemmes som:

$$u_h = \frac{U_h}{U_1} \cdot 100\%$$

Hvor  $U_h$  er den harmoniske spændingskomponent af orden  $h$  og  $U_1$  er spændingens grundtonekomponent.

Den totale harmoniske forvrængning bestemmes som:

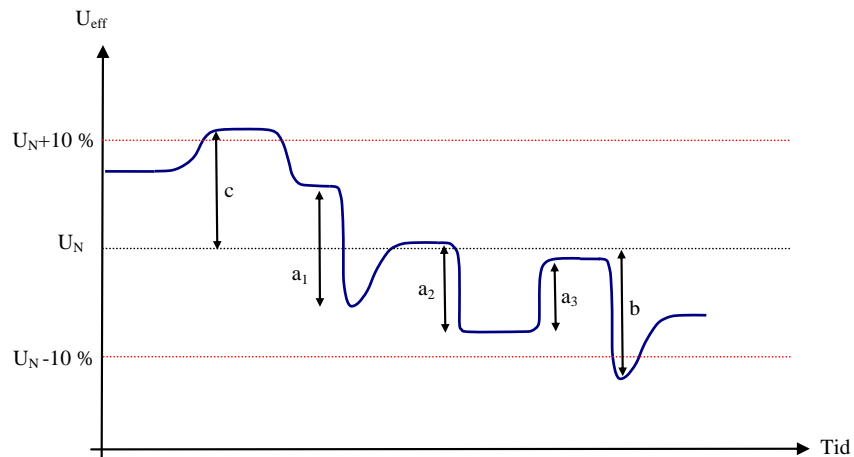
$$THD = \sqrt{\sum_{h=2}^{40} u_h^2}$$

Den vægtede totale harmoniske forvrængning bestemmes som:

$$THD_{v\ddot{a}g\text{tet}} = \sqrt{\sum_{h=2}^{40} h^2 \cdot u_h^2}$$

**3.5 Hurtig spændingsændring:**

En enkelt hurtig ændring af spændingens effektivværdi fra et niveau til et andet. Hurtige spændingsændringer udtrykkes som procent af referencespændingen.



a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub>, a<sub>3</sub>: Hurtig spændingsændring  
b: Spændingsdyk  
c: Spændingsstigning

**3.6 Interharmonisk over-tonespænding:**

Sinusformet spænding med en frekvens, der ikke er et helt multiplum af grundtonens frekvens.

**3.7 Lavspænding:**

Vekselspænding, hvis nominelle effektivværdi er under eller lig 1 kV.

**3.8 Leveringspunkt:**

Det punkt, hvor netkundens installation er tilsluttet elforsyningsnettet.

NOTE: En stikledning medregnes til kundens installation.

**3.9 Leveringsspænding**

Spændingens effektivværdi målt som en gennemsnit over et givet tidsinterval.

**3.10 Netfrekvens:**

Frekvensen af leveringsspændingens grundtone målt som et gennemsnit over et givet tidsinterval

**3.11 Netkunde:**

En person (evt. juridisk person), hvis installation direkte eller indirekte er tilsluttet et kollektivt elforsyningsnet, som aftager eller leverer elektricitet via dette.

**3.12 Netvirksomhed:**

En virksomhed, der driver et kollektivt elforsyningsnet inden for et nærmere afgrænset geografisk område.

**3.13 Nominel spænding, U<sub>n</sub>:**

Den spænding hvorved et net benævnes, og hvortil visse driftsstørrelser henføres.

**3.14 Normal driftstilstand:**

Tilstand i elforsyningsnettet hvor der er ligevægt mellem forbrug og produktion, hvor der foretages driftsmæssige koblinger, hvor eventuelle fejl bortkobles og hvor der ikke optræder ekstraordinære forhold forårsaget af udefrakommende hændelser, som er uden for netvirksomhedens kontrol, og som netvirksomheden ikke med rimelighed kunne eller burde have forudset.

**3.15 Referencespænding:**

Spændingsværdi der anvendes som reference ved bestemmelse af afbrud, spændingsdyk og spændingsstigninger

NOTE: For lavspænding anvendes den nominelle spænding som referencespænding.

**3.16 Signaltransmissions-spænding U<sub>s</sub>:**

Spændingssignal overlejret leveringsspændingen der har til formål at overføre information i elforsyningsnettet eller mellem netvirksomhed og netkunde.

### 3.17 Spændingsdyk:

Kortvarig spændingsændring, som resulterer i at spændingens effektivværdi i leveringspunktet kortvarigt er mindre end 90 % men større end 5 % af referencespændingen.

Størrelsen af et spændingsdyk udtrykkes ved differencen mellem referencespændingen og den mindste effektivværdi af spændingen under spændingsdyket.

Varigheden af et spændingsdyk bestemmes som den tidsmæssige forskel mellem det øjeblik hvor spændingens effektivværdi bliver mindre end 90 % af referencespændingen og det øjeblik, hvor spændingens effektivværdi bliver større end en forud defineret tærskelværdi.

NOTE 1: En typisk værdi for den foruddefinerede tærskelværdi er 92 % af referencespændingen, svarende til en hysteres på 2 % af referencespændingen.

Et spændingsdyk kan vare fra og med 10 ms til og med 1 min.

NOTE 2: Hvis et spændingsdyk varer længere end 1 min., betragtes det som en ændring i leveringsspændingens effektivværdi.

NOTE 3: Spændingsdyk skyldes normalt fejl i elforsyningsnettet eller netbrugernes installationer. Startstrømme ved indkobling af motorer og lignende kan også medføre spændingsdyk.

### 3.18 Spændingsfluktuation:

En serie af hurtige spændingsændringer eller periodisk variation af spændingens effektivværdi

### 3.19 Spændingsstigning:

Kortvarig spændingsændring som resulterer i, at spændingens effektivværdi i leveringspunktet kortvarigt overstiger 1,1 gange referencespændingen.

Varigheden af en spændingsstigning bestemmes som den tidsmæssige forskel mellem det øjeblik, hvor spændingens effektivværdi bliver større end 1,1 gange referencespændingen og det øjeblik, hvor spændingens effektivværdi bliver mindre end en forud defineret tærskelværdi.

NOTE 1: En typisk værdi for den foruddefinerede tærskelværdi er 1,08 gange referencespændingen; svarende til en hysteres på 2 % af referencespændingen.

En spændingsstigning kan vare fra og med 10 ms til og med 1 min.

NOTE 2: Hvis en spændingsstigning varer længere end 1 min., betragtes det som en ændring i leveringsspændingens effektivværdi.

**3.20 Spændingsusymmetri:** Tilstand i et flerfasesystem, hvor effektivværdierne af yderspændingernes grundtone og/eller vinklerne mellem på hinanden følgende yderspændinger ikke er ens.

Størrelsen af spændingsusymmetrien udtrykkes ved forholdet mellem inversspænding og synkronspænding og kan i procent udtrykkes ved:

$$\frac{U_-}{U_+} = \sqrt{\frac{1 - \sqrt{3 - 6\beta}}{1 + \sqrt{3 + 6\beta}}} \cdot 100\%$$

$$\text{Hvor } \beta = \frac{U_{12}^4 + U_{23}^4 + U_{31}^4}{(U_{12}^2 + U_{23}^2 + U_{31}^2)^2}$$

$U_-$  er inversspændingen,  $U_+$  er synkronspændingen og  $U_{ij}$  repræsenterer linjespændingens grundtoneværdi mellem fase i og j.

NOTE 1: Størrelsen af usymmetrien kan bestemmes ved at måle effektivværdien af de tre yderspændinger og indsætte de målte størrelser i følgende tilnærmede formel:

$$\frac{\text{Største afvigelse mellem yderspænding og middelværdien af de tre yderspændinger}}{\text{Middelværdien af de tre yderspændinger}} \cdot 100\%$$

### 3.21 Transient:

Kortvarig oscillerende eller ikke-oscillerende spændingsafvigelse med en varighed af nogle få millisekunder eller mindre.

NOTE: Transienter skyldes normalt forhold i en netkundes egen installation og forårsages typisk af kobling med kontaktorer, motorer, lystofarmaturer mv.

## 4. ANBEFALINGER

Nedenstående grænseværdier anbefales overholdt på et hvilket som helst tidspunkt i leveringspunktet. Registreringen skal foregå i én måleperiode på 1 uge; dog med undtagelse af punkt 4.9.

Måleinstrumentet bør så vidt muligt opfylde betingelserne for *Class A* i EN 61000-4-30. Hysteres til brug for evaluering af spændingsdyk og spændingsstigninger bør være 2 %.

Data der af måleinstrumentet er markeret (*flagged*) pga. spændingsdyk, spændingsstigning eller afbrud anvendes ved evalueringen. Dog udelades data, der er markeret pga. afbrud, hvis den samlede afbrudsvarighed udgør mindre end 5 % af måleperioden. Har spændingen været afbrudt i 5 % af måleperioden eller mere, foretages en ny måling.



- 4.1 Netfrekvens:** Den nominelle frekvens er 50 Hz. Frekvensen målt som et 10-sekunders gennemsnit skal ligge inden for:  
50 Hz ± 1 %
- 4.2 Leveringsspænding:** Den nominelle spænding  $U_n$  er som standard 230 V mellem fase og nul.  
Leveringsspændingens effektivværdi målt som et 10 minutters gennemsnit skal ligge inden for:  
 $U_n \pm 10 \%$
- NOTE: Den nominelle spænding kan – efter aftale mellem netkunde og netvirksomhed – have en anden værdi; for eksempel 690 V mellem faserne.
- 4.3 Hurtige spændingsændringer:** Hurtige spændingsændringer må sædvanligvis ikke overskride 5 % af  $U_n$ . Ændringer på op til 10 % af  $U_n$  anses dog for acceptabelt få gange dagligt.
- 4.4 Flickerintensitet:** Langtidsflickerintensiteten  $P_{it}$  bør højst være 1 bortset fra kortere perioder (få timer om ugen), hvor højere niveauer må accepteres.
- NOTE 1: Bilag 1 viser grænseværdier for den acceptable flickerintensitet ved periodiske springvise spændingsændringer.
- NOTE 2: Korrektionsfaktorer for visse typer spændingsændringer, der ikke er springvise, kan findes i EN 61000-3-3
- 4.5 Spændingsdyk:** Kortvarige spændingsændringer må normalt ikke medføre, at spændingen falder til under 85 % af  $U_n$
- 4.6 Spændingsusymmetri:** Spændingsusymmetrien målt som et 10-minutters gennemsnit skal være mindre end 2 %.
- 4.7 Harmoniske overtoner:** Effektivværdien af den enkelte harmoniske overtonespænding målt som et 10 minutters gennemsnit skal være mindre end eller lig med grænseværdierne ( $U_h$ ) angivet i tabel 1.

Ordenstal h	Frekvens Hz	$U_h$ %	Ordenstal h	Frekvens Hz	$U_h$ %
3	150	5	2	100	2
5	250	6	4	200	1
7	350	5	6...24	300...1200	0,5
9	450	1,5			
11	550	3,5			
13	650	3			
15	750	1			
17	850	2			
19	950	1,5			
21	1050	0,75			
23	1150	1,5			
25	1250	1,5			

**Tabel 1: Maksimale harmoniske overtonespændinger i procent af grundtonespændingen.**

Herudover skal THD målt som et 10-minutters gennemsnit være mindre end eller lig 8 %.

NOTE: Overtoner kan medføre skadelig opvarmning af kondensatorbatterier, hvis den vægtede totale harmoniske forvrængning ( $THD_{v\ddot{a}g\ddot{t}et}$ ) er større end 75 %. Se eventuelt DEFU KR 70.

#### 4.8 Interharmoniske overtoner:

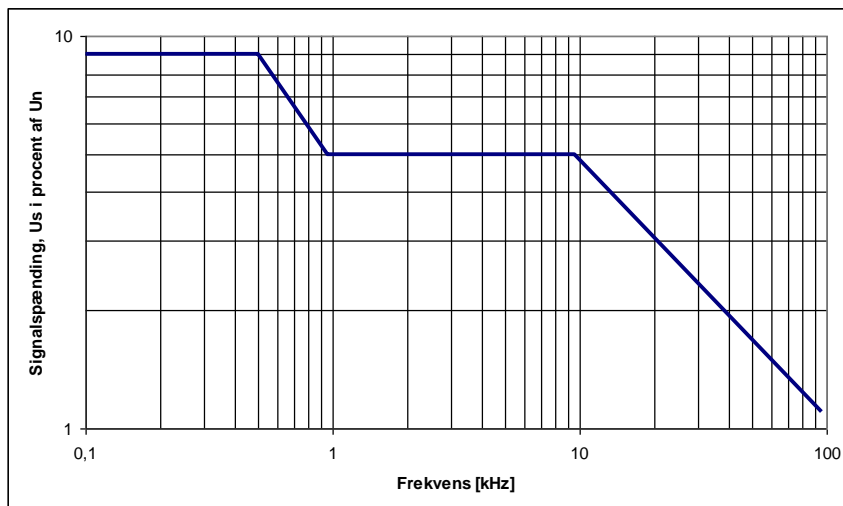
Grænseværdier for interharmoniske overtonespændinger er ikke fastlagt

NOTE: Selv små bidrag kan i særlige tilfælde medføre flicker.

#### 4.9 Signaltransmission

Signaltransmissionsspændingen ( $U_s$ ) målt som et 3-sekunders gennemsnit bør på et hvilket som helst tidspunkt være mindre end eller lig med de angivne værdier i figur 1. Registreringer skal foretages i én måleperiode på 1 dag.

NOTE 1: Signaltransmission med frekvenser i området 95-148,5 kHz må anvendes internt i en netkundes installation. Dette kan medføre signalspændinger med en effektivværdi på op til 1,4 V i lavspændingsnettet. Beskyttelse af den enkelte installation imod disse signalspændinger må foretages af netkunden selv.



Figur 1: Maksimale signaltransmissionsspændinger

#### 4.10 Transienter

Grænseværdier for transienter er ikke fastlagt.

## 5. REFERENCER

1. DS/EN 50160: *Karakteristika for spændingen i offentlige elektricitetsforsyningsnet*. CENELEC 2009.
2. DS/EN 50160:2010/A3:2019: *Karakteristika for spændingen i offentlige elektricitetsforsyningsnet*. CENELEC 2019.
3. DEFU rekommandation 23 *Leveringssikkerhed for leveringspunkter*. DEFU 1999.
4. DEFU rekommandation 24: *Leveringssikkerhed for elforsyningsnet*. DEFU 1999.
5. DEFU KR 70: *Elektroniske motorreguleringer. Overtoner*. DEFU 1986.
6. EN 61000-3-3: *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-3: Limits – Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems, for equipment with rated current < 16 A per phase and not subject to conditional connection*. IEC 2008.
7. EN 61000-4-15: *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-15: Testing and measurement techniques – Flickermeter – Functional and design specifications*. IEC 2003.
8. EN 61000-4-30: *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-30: Testing and measurement techniques – Power quality measurement methods*. IEC 2008.

## BILAG 1. SPÆNDINGSFLUKTUATIONER

