

Februar 2021

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

INDHOLDSFORTEGNELSE

| | |
|--|----|
| Indholdsfortegnelse..... | 2 |
| 1. Generelt..... | 3 |
| 4. Krav til forbrugsanlæg til mellem- og højspændingsnettet..... | 4 |
| 5. Forbrug der leverer ydelser | 13 |

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 forbrugsinstallationer 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

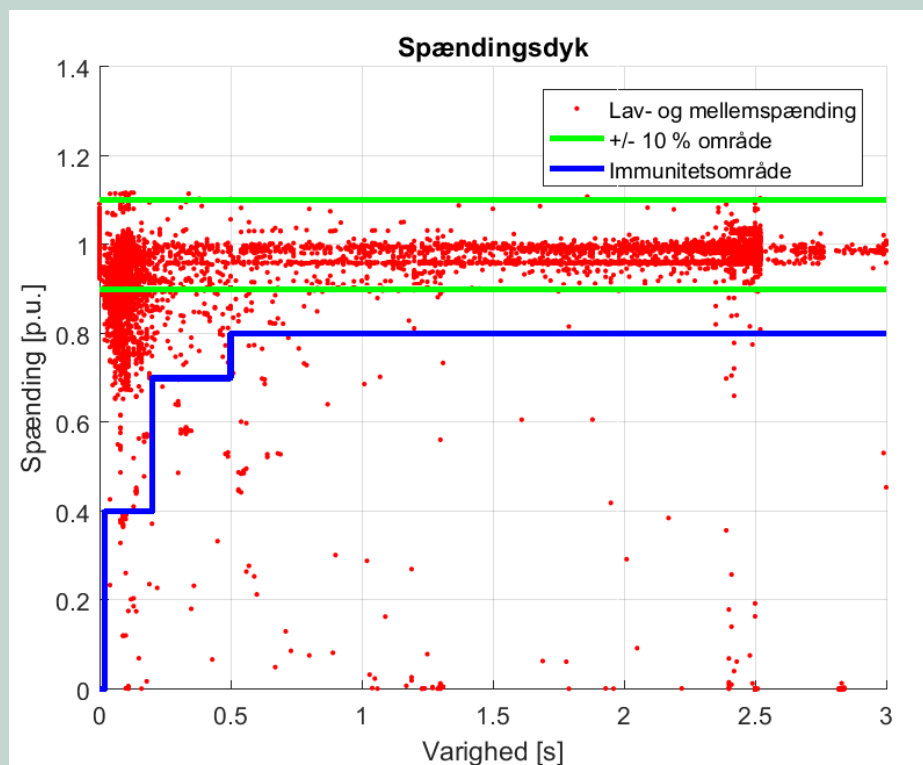
4. KRAV TIL FORBRUGSANLÆG TIL MELLEM- OG HØJSPÆNDINGSNETTET

| Punkt | Krav |
|----------------------|---|
| Spændingsvariationer | <p data-bbox="384 342 1198 376">4.1 Tolerance over for frekvens- og spændingsafvigelser</p> <p data-bbox="384 383 1369 416">Et forbrugsanlæg skal overholde nedennævnte krav til normaldrift og unormaldrift.</p> <p data-bbox="384 450 639 483">4.1.1 Normaldrift</p> <p data-bbox="384 490 1433 562">Forbrugsanlægget skal designes, så det kan opretholde normaldrift i spændingsintervallet $\pm 10\%$ af U_c og i frekvensintervallet 49 Hz til 51 Hz i nettilslutningspunktet.</p> <p data-bbox="384 607 1401 640">Spændingen, U_c, i nettilslutningspunktet (POC) oplyses af elforsyningsvirksomheden.</p> <p data-bbox="384 674 1007 707">4.1.2 Tolerance over for frekvensafvigelser</p> <p data-bbox="384 714 1433 869">Forbrugsanlægget må ikke tage skade af frekvensafvigelser, som kan opstå i de danske elforsyningsnet. Med skade menes, at anlægget og komponenter i anlægget skal være designet, så de ikke lider varigt tab af funktionalitet forårsaget af frekvensafvigelser mellem 47 Hz til 52 Hz, som der kan forventes i de danske elforsyningsnet, jf. DS/EN 50160.</p> <p data-bbox="384 902 1034 936">4.1.3 Tolerance over for spændingsafvigelser</p> <p data-bbox="384 943 1433 1178">Et forbrugsanlæg skal designes, så det ikke tager skade af spændingsafvigelser, som kan forekomme i de danske distributionsnet ved normaldrift og unormaldrift. Med skade menes, at anlægget og komponenter i anlægget skal være designet, så de ikke lider varigt tab af funktionalitet forårsaget af spændingsafvigelser. Kravet anses som opfyldt, hvis forbrugsanlægget overholder de krav, der stilles til immunitet jf. de relevante produktstandarder eller DS/EN 61000-6-serien.</p> |

Derudover anbefales det, at et forbrugsanlæg designs, så det kan opretholde normaldrift under de spændingsdyk, som kan forekomme i danske distributionsnet ved unormaldrift, se figur 4.1.

Et forbrugsanlæg eller forbrugsenhed kan miste sin funktionalitet kortvarigt eller genstarte ved et spændingsdyk. Det er op til anlægsejeren i samarbejde med anlægsoperatøren af forbrugsanlægget at vurdere, hvor robust anlægget skal være over for spændingsdyk.

På figur 4.1 er vist en oversigt over forekommende spændingsdyk i danske distributionsnet. [DEFU rapport RA 599]



Figur 4.1 – Oversigt over forekommende spændingsdyk i det danske elforsyningsnet.

4.2 Indkobling og opstart af et forbrugsanlæg

Normale indkoblinger, herunder start af motorer, skal følge kravene i afsnit 4.6.1.2.

4.3 Regulering af aktiv effekt

Store variationer i forbrug kan udfordre systemstabiliteten i forhold til både frekvens- og spændingsstabilitet. Det kan derfor være nødvendigt at begrænse hastigheden, hvormed forbruget ændrer sig.

Der stilles som udgangspunkt ikke krav til regulering af den aktive effekt for forbrugsanlæg. Der kan dog forekomme situationer, hvor sådanne krav er nødvendige af hensyn til systemstabiliteten. Derfor kan elforsyningsvirksomheden fastsætte grænser for hvor hurtigt et forbrugsanlæg kan variere forbruget for at sikre systemstabiliteten og den tekniske kvalitet i det kollektive elforsyningsnet.

I kravene til elkvalitet ligger der implicit krav for store og hyppigt forekommende ændringer i den aktive effekt. Store og hyppige ændringer i forbruget vil typiske give anledning til et forhøjet flickerniveau og overskridelse af grænseværdien for hurtige spændingsændringer.

Netbeskyttelse

4.5 Netbeskyttelse

Netbeskyttelse og jording skal aftales med elforsyningsvirksomheden.

Med netbeskyttelse menes typisk koordinering af størrelser på kortslutningsbeskyttelsen via overstrømsrelæer eller sikringer i forbrugsanlæggets nettilslutningspunkt og det kollektive elforsyningsnet.

Elforsyningsvirksomheden skal, på anfordring fra anlægsejer, oplyse den største og mindste kortslutningsstrøm i nettilslutningspunktet, samt krav til jording.

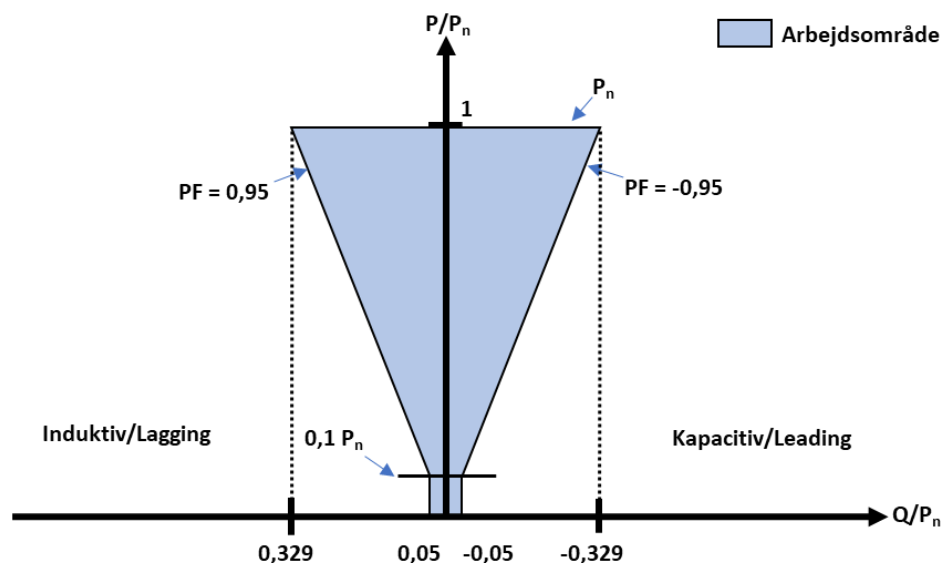
Reaktiv effekt

4.4 Krav til reaktiv effekt

I en forbrugsinstallation skal effektfaktoren som udgangspunkt være mellem 0,95 og 1, regnet som en middelværdi over 15 minutter. Effektfaktoren skal overholdes i nettilslutningspunktet.

Der er dog en vis måleusikkerhed omkring effektfaktor, som gør udgangspunktet svært at anvende i praksis. Tagende højde for bl.a. usikkerheder vil den praktiske anvendelse af kravet være som vist i figur 4.2.

Forbrugsanlæg hvis reaktive effekttræk forårsager betydelige forstyrrelser eller overbelastninger i det kollektive elforsyningsnet kan dog have et effektfaktorkrav strammere end 0,95.



Figur 4.2 : Krav til effektfaktor.

P_n svarer til kundens leveringsomfang, omregnet til aktiv effekt under antagelse af en effektfaktor på 1.

| | |
|---|--|
| | <p>Når kunden trækker en aktiv effekt på 10 % af leveringsomfanget eller herunder, er den reaktive tilladelige effekt således låst til en fast grænseværdi. Trækker kunden en aktiv effekt på mere end 10 % af leveringsomfanget, vil den tilladelige reaktive effekt være afhængig af det aktuelle effekttæk (effekt faktoren).</p> <p>Verifikation af overholdelse af krav kan også gøres med måling af middelværdi over kortere tid end 15 min, men dette kan ikke bruges til at verificere manglende overholdelse af krav.</p> <p>Hvis effekt faktoren ikke kan overholdes, skal der installeres fasekompenserende udstyr, som bevirker, at effekt faktoren overholdes.</p> <p><i>En erhvervskunde med et leveringsomfang på 250 A pr. fase har en $P_n = 172,5$ kW. Hvis kundens aktive effekttæk er mere end 17,25 kW, skal effekt faktoren ligge mellem 0,95 og 1.</i></p> <p><i>Hvis kundens aktive effekttæk er mindre end eller lig med 17,25 kW, skal den reaktive effekt ligge mellem 5,67 kVAr induktiv og 5,67 kVAr kapacitiv.</i></p> <p><i>Er der målt med 10-minutters middelværdier, og kunden overholder værdierne, er kravene overholdt. Overholder kunden ikke værdierne, skal der anvendes 15-minutters middelværdier for at kunne konkludere, at kunden ikke overholder kravene.</i></p> |
| <p>Elkvalitet – Hurtige spændingsændringer Faseubalance Flicker Harmoniske forstyrrelser DC-indhold</p> | <p>4.6 Elkvalitet</p> <p>Kravet til elkvalitet er, at et forbrugsanlæg ikke må forårsage væsentlige eller uacceptable forstyrrelser i det kollektive elforsyningsnet, som kan være til gene for andre kunders anlæg.</p> <p>Hvis forbrugsanlægget opfylder bestemmelserne i afsnit 4.6.1, vil forbrugsanlægget ikke forårsage væsentlige forstyrrelser i det kollektive elforsyningsnet.</p> <p>Forårsager forbrugsanlægget væsentlige forstyrrelser, som bringer den tekniske kvalitet i det kollektive elforsyningsnet i fare, kan elforsyningsvirksomheden kræve at forstyrrelserne bringes under niveauet fastsat i afsnit 4.6.1.</p> <p>Der kan være yderligere krav til et forbrugsanlæg i særlige tilfælde, hvor et forbrugsanlæg kan have en betydende indvirkning på det kollektive elforsyningsnet (distributionsnettet og/eller transmissionsnettet), se afsnit 4.6.2.</p> <p><i>Ved vurdering af elkvalitet benyttes en tretrin procedure, som kort opsummeret er:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <i>1. Kortslutningsforholdet (SCR) ≥ 500</i> <i>2. En for-evaluering af elkvalitet ved beregning.</i> <i>3. Måling af støj i nettet før og efter tilslutning af forbrugsanlægget. Løse problemet ved at dæmpe forstyrrelserne.</i> |

4.6.1 Grænseværdier

Væsentlige forstyrrelser forekommer, hvis forbrugsinstallationen overskrider grænseværdierne i afsnit 4.6.1.1 til 4.6.1.7.

Forbrugsanlæg må ikke overskride grænseværdierne til strømubalance, hurtige spændingsændringer og flicker jf. afsnit 4.6.1.1 - 4.6.1.3.

Der er yderligere oplyst grænseværdier for øvrige spændingsforstyrrelser i afsnit 4.6.1.4 -4.6.1.7. Det er ikke et krav, at forbrugsanlæg skal holde sig under disse grænseværdier, men hvis et forbrugsanlæg overskrider disse grænseværdier, kan forbrugsanlægget forårsage væsentlige forstyrrelser i det kollektive elforsyningsnet, som netselskabet kan kræve udbedret, hvis de samlede spændingsforstyrrelser lokalt overskrider det tilladelige jf. EN 50160.

Hurtige spændingsændringer

4.6.1.2 Hurtige spændingsændringer

En hurtig spændingsændring er en enkelt hurtig ændring af spændingens effektivværdi fra et niveau til et andet.

Et forbrugsanlæg må ikke forårsage hurtige spændingsændringer større end de i tabel 4.1 specificerede grænseværdier.

| Spændingsniveau | d (%) |
|-----------------|-------|
| Mellemspænding | 4 % |
| Højspænding | 3 % |

Tabel 4.1 – Grænseværdier for hurtige spændingsændringer.

Krav om hurtige spændingsændringer er sat med udgangspunkt i IEC/TR 61000-3-7.

Faseubalance

4.6.1.1 Spændingsubalance

Forbrugsanlæg må ikke forårsage uacceptabel forøgelse af spændingsubalance i nettet. For at undgå dette skal forbruget fordeles så ligeligt på faserne som muligt.

Krav om ubalance stilles, fordi ubalance i fasespændinger 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.

Grundet tekniske årsager er det nødvendigt at vurdere den acceptable spændingsubalance i hvert enkelt tilfælde. I nogle tilfælde vil selv en lille spændingsubalance fra forbrugsanlægget være uacceptabel, mens der i andre tilfælde kan accepteres en større spændingsubalance fra forbrugsanlægget, især hvis forbrugsanlæggets spændingsubalance er modsatrettet den spændingsubalance, som allerede eksisterer i nettilslutningspunktet.

| | |
|---------------------------------|---|
| Flicker | <p>4.6.1.3 Flicker</p> <p>Et forbrugsanlæg kan forårsage væsentlige forstyrrelser, hvis det overskrider de grænseværdier for flicker som beregnes af elforsyningsvirksomheden. Elforsyningsvirksomheden oplyser på anfordring af anlægsejer grænseværdierne.</p> <p><i>Grænseværdier for flicker fastsættes med udgangspunkt i metoderne, som er beskrevet i IEC/TR 61000-3-7.</i></p> |
| Harmoniske forstyrrelser | <p>4.6.1.4 Harmoniske forstyrrelser</p> <p>Et forbrugsanlæg kan forårsage væsentlige forstyrrelser, hvis det overskrider de grænseværdier for harmoniske forstyrrelser som beregnes af elforsyningsvirksomheden. Elforsyningsvirksomheden oplyser på anfordring af anlægsejer grænseværdierne.</p> <p><i>Grænseværdier for harmoniske forstyrrelser fastsættes med udgangspunkt i metoderne, som er beskrevet i IEC/TR 61000-3-6.</i></p> <p>4.6.1.5 Interharmoniske forstyrrelser</p> <p>Et forbrugsanlæg kan forårsage væsentlige forstyrrelser, hvis det overskrider de grænseværdier for interharmoniske forstyrrelser som beregnes af elforsyningsvirksomheden. Elforsyningsvirksomheden oplyser på anfordring af anlægsejer grænseværdierne.</p> <p><i>Grænseværdier for interhamoniske forstyrrelser fastsættes med udgangspunkt i metoderne, som er beskrevet i IEC/TR 61000-3-6.</i></p> <p>4.6.1.6 Forstyrrelser i frekvensintervallet 2-9 kHz</p> <p>Et forbrugsanlæg kan forårsage væsentlige forstyrrelser, hvis det overskrider de grænseværdier for forstyrrelser i frekvensintervallet 2-9 kHz som beregnes af elforsyningsvirksomheden. Elforsyningsvirksomheden oplyser på anfordring af anlægsejer grænseværdierne.</p> <p><i>Grænseværdier for forstyrrelser i frekvensintervallet 2-9 kHz fastsættes med udgangspunkt i metoderne, som er beskrevet i IEC/TR 61000-3-6.</i></p> |
| DC indhold | <p>4.6.1.7 DC-indhold</p> <p>Et forbrugsanlæg kan forårsage væsentlige forstyrrelser hvis det trækker DC-strømme fra det kollektive elforsyningsnet, som er større end 0,5% af forbrugsanlæggets nominelle strøm.</p> <p>Hvis anlægget er tilsluttet gennem en anlægstransformer (galvanisk adskillelse), antages grænseværdien for overholdt.</p> |

| | |
|---|---|
| | <p><i>Grænseværdien er for DC-indhold er sat, fordi DC-strømme ikke ønskes i det kollektive elforsyningsnet og kan have negative indvirkninger på nettets drift og beskyttelse. Grænseværdien er sat med udgangspunkt i tilsvarende krav for produktionsanlæg.</i></p> |
| <p>Elkvalitet – Ansvarsfordeling og målemetode – Hurtige spændingsændringer Faseubalance Flicker Harmoniske forstyrrelser DC-indhold</p> | <p>4.6.2 Ansvarsfordeling</p> <p>4.6.2.1 Anlægsejers forpligtelser</p> <p>Anlægsejer skal sikre, at forbrugsanlægget er designet, konstrueret og konfigureret på sådan en måde, at anlægget ikke forårsager væsentlige forstyrrelser i det kollektive elforsyningsnet, som kan være til gene for andre kunders anlæg.</p> <p>I de tilfælde, hvor forbrugsanlægget er medvirkende årsag til, at der opstår uacceptable forstyrrelser i det kollektive elforsyningsnet, eller som er til gene for andre kunders anlæg i det kollektive elforsyningsnet, er anlægsejeren forpligtet til at bidrage til løsning.</p> <p>Hvis der er tvivl om, hvorvidt forbrugsanlægget kan forårsage væsentlige eller uacceptable forstyrrelser i det kollektive elforsyningsnet, er anlægsejeren forpligtet til at kontakte elforsyningsvirksomheden.</p> <p>Hvis forbrugsanlægget har en betydende indvirkning på det kollektive elforsyningsnet skal grænseværdierne for forbrugsanlægget overholdes og anlægsejer skal verificere at grænseværdierne er overholdt.</p> <p><i>Anlægsejer har mulighed for at verificere, at emissionsgrænserne i nettilslutningspunktet er overholdt i henhold til de krav, der er i denne vejledning.</i></p> <p><i>Hvis anlægsejer ønsker at regne på elkvalitet for forbrugsanlæg, skal anlægsejer kontakte elforsyningsvirksomheden for at få oplyst kortslutningsniveauet $S_{k,elkvalitet}$ og den tilhørende kortslutningsvinkel ψ_k i nettilslutningspunktet.</i></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>Netvirksomheden og transmissionsvirksomheden foretager i samarbejde en bedømmelse af om et forbrugsanlæg har betydende indvirkning på det kollektive elforsyningsnet.</p> <p>Ved forbrugsanlæg 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. • Samt kunne levere en impedansmodel for produktionsanlægget jævnfør afsnit 4.8. <p>4.6.2.2 Elforsyningsvirksomhedens forpligtelser</p> <p>Elforsyningsvirksomheden har ansvaret for at fastsætte emissionsgrænser i nettilslutningspunktet.</p> |

Elforsyningsvirksomheden skal på anmodning fra anlægsejeren 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 på anmodning fra anlægsejer 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 .

I de tilfælde, hvor det kollektive elforsyningsnet er medvirkende årsag til at der opstår uacceptable forstyrrelser i det kollektive elforsyningsnet eller som er til gene for andre kunders anlæg i det kollektive elforsyningsnet, er elforsyningsvirksomheden forpligtet til at bidrage til løsning.

4.6.3 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 Anneks B og skal måles i 200 Hz-vinduer med centerfrekvenser fra 2100 Hz til 8900 Hz.

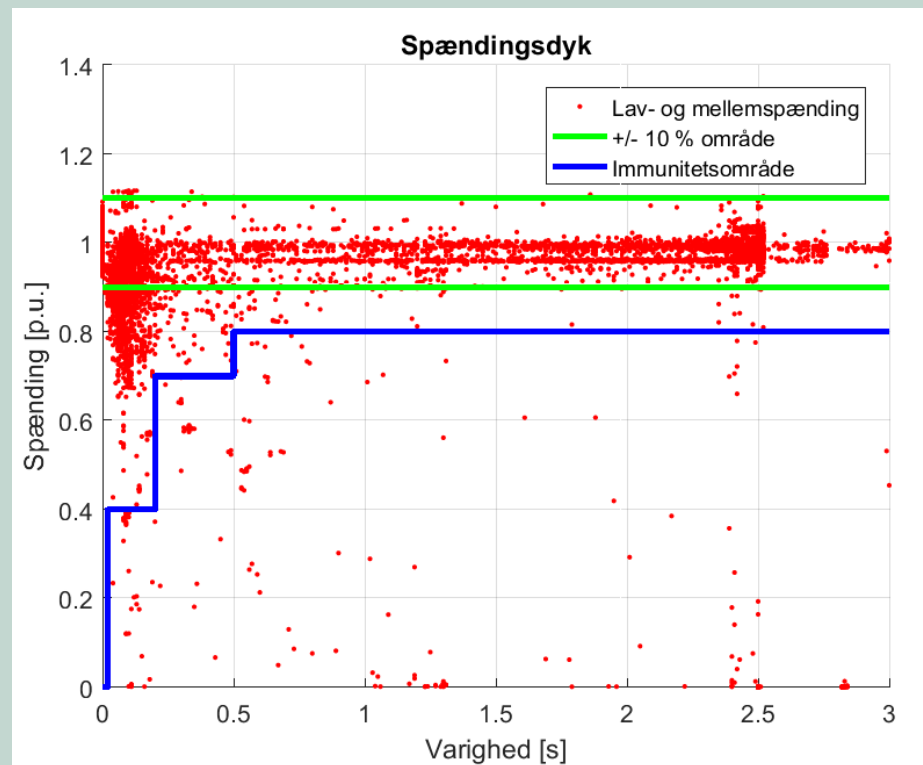
5. FORBRUG DER LEVERER YDELSER

| | |
|-----------------------------|--|
| Spændingsvariationer | <p>5.1.2 Frekvensafvigelser Forbrugsenheder, der leverer ydelser, må ikke tage skade af de frekvensafvigelser, som kan opstå i det danske elforsyningsnet. Med skade menes, at forbrugsenheder skal være designet, så de ikke lider varigt tab af funktionalitet forårsaget af frekvensafvigelser mellem 47 Hz til 52 Hz, som der kan forventes i de danske elforsyningsnet, jf. DS/EN 50160</p> <p>5.1.3 Spændingsafvigelser Forbrugsenheder, der leverer ydelser, skal designes, så de ikke tager skade af spændingsafvigelser, som kan forekomme i de danske distributionsnet ved normal drift og unormal drift. Med skade menes, at forbrugsenheder skal være designet, så de ikke lider varigt tab af funktionalitet forårsaget af spændingsafvigelser. Kravet anses som opfyldt, hvis forbrugsenheden overholder de krav, der stilles til immunitet jf. de relevante produktstandarder eller DS/EN 61000-6-serien.</p> |
|-----------------------------|--|

Derudover anbefales det at forbrugsenheden designes, så den kan opretholde kontinuerlig drift under de spændingsforhold, som kan forekomme i danske distributionsnet ved unormale driftsforhold i elnettet, se figur 5.1.

Det er op til ejeren i samarbejde med operatøren af forbrugsenheden at vurdere, hvor robuste man vil være overfor spændingsdyk. En forbrugsenhed kan miste sin funktionalitet kortvarigt eller genstarte efter et spændingsdyk.

På figur 5.1 er vist en oversigt over forekommende spændingsdyk i danske distributionsnet.



Figur 5.1 – Oversigt over forekommende spændingsdyk i det danske elforsyningsnet.

INDKOBLING OG OPSTART AF EN FORBRUGSENHED DER LEVERER YDELSER

Normale indkoblinger, herunder start af motorer, skal følge kravene i afsnit 4.2.