

# Tekniske funksjonskrav til tilknytnings- og nettleieavtale for innmatingskunder i lavspenningsnettet

Versjon: 2.1

## FORMÅL

Beskriver ulike tekniske krav for innmatingskunder som skal tilknyttes i lavspennings distribusjonsnett.

## Nedlastbart eksemplar

Les fullversjon i nettleseren [ren.no/renblad/342](https://ren.no/renblad/342)



## Innholdsfortegnelse

|  |    |
|--|----|
| 1 Introduksjon   | 3  |
| 2 Tekniske funksjonskrav – Tabellformat  | 4  |
| 3 Tekniske funksjonskrav: kapitelformat  | 5  |
| 3.1 Frekvensområde med fortsatt drift (4.4.2)  | 5  |
| 3.2 Minimumskrav for aktiv effekt levert ved underfrekvens (4.4.3)                       | 5  |
| 3.3 Spenningsområde med kontinuerlig drift (4.4.4)                                       | 5  |
| 3.4 Immunitet mot hurtig endring av frekvens (4.5.2)                                     | 6  |
| 3.5 Tåleevne mot kortvarig underspenning (4.5.3.2, 4.5.3.3)                              | 6  |
| 3.6 Tåleevne mot kortvarig overspenning (4.5.4)  | 10 |
| 3.7 Effektrespons mot overfrekvens (4.6.1)   | 10 |
| 3.8 Effektrespons mot underfrekvens (4.6.2)  | 10 |
| 3.9 Reaktiv effektkontroll, funksjonsområde (4.7.2.2 og 4.7.2.3)                         | 10 |
| 3.10 Reaktiv effektkontrollmodus og karakteristisk kurve (4.7.2.3 og 4.7.2.3.4)          | 10 |
| 3.11 Krav til verninnstillinger for spenning og frekvens (4.9.2)                         | 10 |
| 3.12 Oppstart av kraftproduksjon, og gjeninnkobling etter utløst vern (4.10.2 og 4.10.3) | 10 |
| 4 Krav til harmoniske spenninger   | 10 |
| 5 Referanser   | 10 |



# 1 Introduksjon

Småskala elektrisk energiproduksjon tilkoblet lavspentnettet utgjør en økende del av total strømproduksjon, og det er de siste årene blitt utformet krav for at disse generatorene skal yte sin del av ansvaret for stabiliteten i kraftsystemet. Dette dokumentet lister opp tekniske krav til produksjonsenheten som skal mate elektrisk energi inn i lavspenningsnettet. Kravene er satt slik at de innfrir lovpålagte krav fra nasjonal og europeisk lovgivning.

RENblad 0342 vil også kunne benyttes som vedlegg til Energi Norges standardavtale for sluttbrukere. Det henvises til kapittel 4.6 i Energi Norges standardavtale.

Solcelleanlegg utgjør majoriteten av produksjon som tilknyttes lavspentnettet, men dette dokumentet er gjeldende også for alle andre teknologier som mater inn elektrisk kraft,

blant annet vindturbiner og batteribanker. De ulike formene for elektrisk energiproduksjon sorteres inn i to hovedkategorier, som definert i tabell 1.

Kapittel 2 lister opp de tekniske funksjonskravene etter mal fra europanormen NEK EN 50549-1 Annex C. I kapittel 3 er de samme verdiene gjengitt på norsk, med forklarende tekst. Kapittel 4 setter krav til harmoniske spenninger som produksjonsenheten har lov til å forårsake i nettet.

Produksjonsenheten skal overholde alle relevante krav gitt i NEK EN 50549-1. For alle krav hvor standarden åpner for at det settes nasjonale krav innenfor de gitte rammene, skal disse kravene være spesifisert i dette RENbladet.

Ytterligere detaljer rundt kravene som er listet opp i kapittel 2 og 3 kan leses i NEK EN 50549-1. For krav om sikker installasjon, skal produksjonsenheten oppfylle kravene i gjeldende NEK 400. For nettselskapets håndtering av plusskunder i planleggingsfasen, se [RENblad 3040](#) <sup>1</sup>.

I enkelte krav skilles det mellom «synkron» og «ikke-synkron» generatorteknologi:

## Forskjell mellom synkron og ikke-synkron generatorteknologi

### Synkron generatorteknologi

Kraftproduksjon tilkoblet nettet via synkrongenerator

**Ikke-synkron  
generorteknologi**

Kraftproduksjon tilkoblet nettet via kraftelektronikk (bl.a. solcelleanlegg) eller asynkrongenerator

De ulike parametersymbolene som brukes er oppsummert under. Ved uklarheter henvises det til NEK EN 50549-1.

**Beskrivelse av parametersymboler**

**$P_n$**  Nominell aktiv effekt (kWp)

**$P_M$**  Momentan aktiv effekt som leveres ved øyeblikket funksjonen som bygger på  $P_M$  trigges

**$P_{max}$**  Maksimal aktiv effekt som kan leveres til nettet

**$\cos \varphi$**  Effektfaktor

**$U_n$**  Nominell nettspenning

## 2 Tekniske funksjonskrav – Tabellformat

Kravene gjelder for type A omformere (800 W - 1,5 MW), og er hentet fra Annex C i europasnormen EN 50549-1.

[Last ned tabelloversikt](#) ↗

### 3 Tekniske funksjonskrav: kapittelformat

Kapittelnummer i parentes refererer til nummerering i nedlastbart tabellformat i kapittel 3.

#### 3.1 Frekvensområde med fortsatt drift (4.4.2)

Generatoren skal tåle å være tilkoblet nettet under de ulike frekvensene så lenge som Tabell 1 angir uten å ta skade av dette. Vær oppmerksom på at dette bare er krav om teknisk tåleevne, og *ikke* hva vern-innstillinger skal settes til.

Tabell 1: Minimumskrav til produksjonsenhetens evne til å holde seg tilkoblet til nettet

| Frekvens        | Tid    |
|-----------------|--------|
| 47,0 -- 47,5 Hz | 20 s   |
| 47,5 -- 48,5 Hz | 30 min |
| 48,5 -- 49,0 Hz | 30 min |
| 49,0 -- 51,0 Hz | Alltid |
| 51,0 -- 51,5 Hz | 30 min |
| 51,5 -- 52,0 Hz | 15 min |

#### 3.2 Minimumskrav for aktiv effekt levert ved underfrekvens (4.4.3)

Om frekvensen synker under angitt frekvens i Tabell 2, skal generatoren ikke redusere sin leverte aktive effekt med mer enn det som er angitt reduksjonsfaktor. PM betegner den aktive effekten som ble levert i øyeblikket frekvensen sank ned forbi angitt frekvens.



Tabell 2: Minimumskrav for evne til å levere aktiv effekt ved underfrekvens

| Frekvens | Maksimal reduksjonsfaktor |
|----------|---------------------------|
| 49,5 Hz  | 10 % av $P_M$             |

### 3.3 Spenningsområde med kontinuerlig drift (4.4.4)

Generatoren skal være teknisk i stand til å levere effekt kontinuerlig innenfor spenningsområdet angitt i tabell 3.

Tabell 3: Krav til spenningsområde med evne til kontinuerlig drift

| Parameter       | Verdi                 |
|-----------------|-----------------------|
| Spenningsområde | $0,85 U_n - 1,10 U_n$ |

Ved  $U_n = 230 \text{ V}$  vil dette si intervallet 195,5-253 V.

### 3.4 Immunitet mot hurtig endring av frekvens (4.5.2)

Avhengig av teknologi, skal kraftverket i sin helhet kunne holde seg tilkoblet ved minst så store frekvensendringer som gitt i tabell 4.

Tabell 4: Krav til immunitet mot hurtig endring av frekvens

| Generatortype | Minimum frekvensendring som skal tåles |
|---------------|--|
|---------------|--|



|   |        |
|---|--------|
| Tilkoblet med ikke-synkron generatorteknologi | 2 Hz/s |
| Tilkoblet med synkron generatorteknologi      | 1 Hz/s |

Endringsraten er definert med et flytende målevindu på 500 ms.

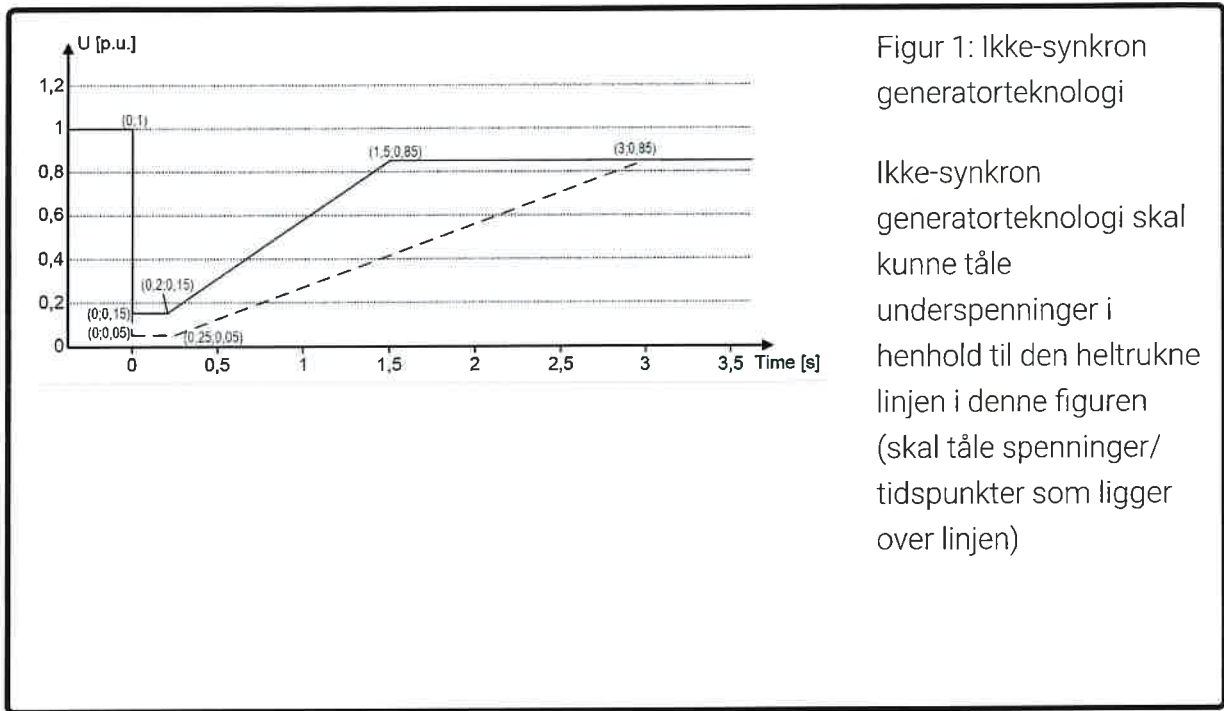
### 3.5 Tåleevne mot kortvarig underspenning (4.5.3.2, 4.5.3.3)

Det skilles her mellom generatorer av synkron og ikke-synkron teknologi. I begge tilfeller gis påkrevd tåleevne mot underspenning som et spenning-tid-diagram.

Produksjonsenheten skal kunne holde seg tilkoblet nettet gjennom spenningsnivåer og varigheter på disse som ligger over heltrukket linje i Figur 1 eller figur 2 (avhengig av teknologi), og skal til enhver tid være transient stabil og beholde synkronisme. Spenning-tiddiagrammene er også gjengitt i tabellformat i Tabell 5 og Tabell 6.

Ved redusert produksjon som følge av underspenning skal begge generatortyper kunne gjenta minst 90 % av opprinnelig kraftproduksjon (eller opp til ny tilgjengelig produksjon) innen 1 sekund etter at spenningen er tilbake i normalt driftsområde.

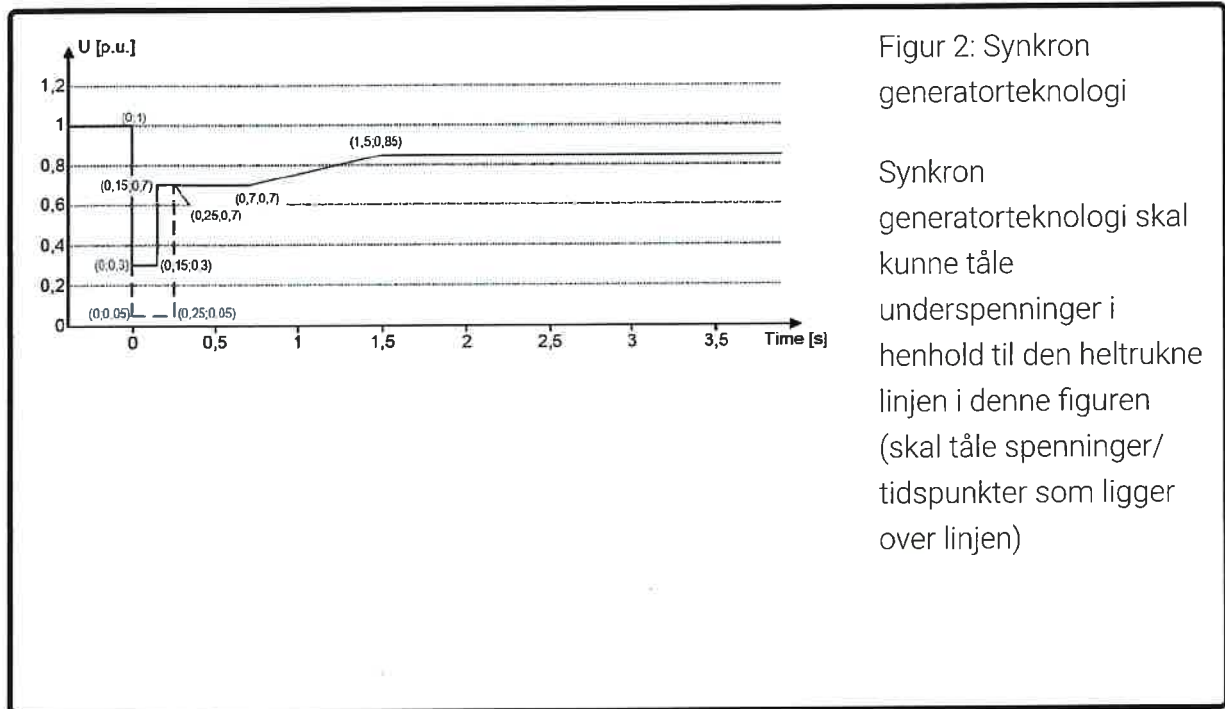
#### Ikke-synkron generatorteknologi



Tabell 5. Kurven fra Figur 1 oppgitt som punkter. Alle oppgitte punkter er forbundet til hverandre med lineære linjer.

| Tid [s] | Spenning [p.u.] |
|---------|-----------------|
| 0,0     | 0,2             |
| 0,15    | 0,2             |
| 1,5     | 0,85            |





Tabell 6: Kurven fra Figur 2 oppgitt som punkter. Alle oppgitte punkter er forbundet til hverandre med lineære linjer

| Tid [s] | Spenning [p.u.] |
|---------|-----------------|
| 0,0     | 0,3             |
| 0,15    | 0,3             |
| 0,15    | 0,7             |
| 0,7     | 0,7             |
| 1,5     | 0,85            |

### 3.6 Tåleevne mot kortvarig overspenning (4.5.4)

Hvis samlet produksjon fra kraftverket leverer over 16 A per fase, skal det være i stand til å forbli tilkoblet minst like lenge som definert i tabell 10. Vær oppmerksom på at dette er et krav til teknisk tåleevne, og ikke er et krav til vern-innstillinger.

Tabell 7: Krav til tåleevne mot kortvarig overspenning

| Tid [s] | U [p.u.] <sup>1</sup> |
|---------|-----------------------|
| 0,0     | 1,25                  |
| 0,1     | 1,25                  |
| 0,1     | 1,20                  |
| 5,0     | 1,20                  |
| 5,0     | 1,15                  |
| 60      | 1,15                  |
| 60      | 1,10                  |

<sup>1</sup>p.u.» = «Per Unit».  $1,25 \text{ p.u.} = 1,25 \cdot U_n$

Spenningen som legges til grunn skal være den høyeste spenningen mellom fase- og nøytralleder. Hvis nettsystemet ikke har nøytralleder, skal det være den høyeste spenningen mellom to faseledere.

### 3.7 Effektorespons mot overfrekvens (4.6.1)

Hvis frekvensen overstiger 50,5 Hz, skal kraftverket redusere sin produksjon i henhold til følgende krav i tabell 8.



Tabell 8: Krav til effektrespons mot overfrekvens

| Parameter   | Verdi     |
|---|-----------|
| Aktiveringsfrekvens   | 50,5 Hz   |
| Statikk   | 5 %       |
| Referanse   | $P_{max}$ |
| Forsinkelse   | 0 s       |
| Utkobling ved statikk forbi minimum produksjon <sup>2</sup> | Ja        |

$P_{max}$  er maksimal nominell effekt

<sup>2</sup> Eng: «Acceptance of staged disconnection». Sier at hvis frekvensen øker til et nivå som krever en reduksjon av produsert aktiv effekt som er lavere enn hva kraftverket er i stand til å levere, skal det koble seg ut.

### 3.8 Effektrespons mot underfrekvens (4.6.2)

Dette punktet er kun gjeldende for elektriske energilagringseenheter.

Om frekvensen faller under angitt frekvens, skal relevante generatorer levere aktiv effekt tilsvarende verdiene i tabell 9.

Tabell 9: Krav til effektrespons mot underfrekvens

| Parameter           | Verdi |
|---------------------|-------|
| Aktiveringsfrekvens | 49 Hz |



|             |           |
|-------------|-----------|
| Statikk     | 5 %       |
| Referanse   | $P_{max}$ |
| Forsinkelse | 0 s       |

### 3.9 Reaktiv effektkontroll, funksjonsområde (4.7.2.2 og 4.7.2.3)

Produksjonsenheten skal være i stand til å endre effektfaktor innenfor området gitt i tabell tabell 10.

Tabell 10: Krav til evne til å endre effektfaktor

| Parameter           | Verdi                                  |
|---------------------|--|
| Effektfaktor-område | 0,9 overeksitert til 0,9 undereksitert |

### 3.10 Reaktiv effektkontrollmodus og karakteristisk kurve (4.7.2.3 og 4.7.2.3.4)

Benyttet kontrollmodus skal være « $\cos \varphi(P)$ », som vil si at anleggets effektfaktor endrer seg avhengig av effekten som produseres. Endringen følger en gitt karakteristisk kurve. Denne kurven gis av tabellverdiene i tabell 11.

Tabell 11: Tabellverdier for karakteristisk kurve for  $\cos \varphi(P)$ -basert regulering (effektfaktor som endrer seg i takt med levert effekt)

| Punkt | $P/P_{n2}$ | Effektfaktor |
|-------|------------|--------------|
| 1     | 0,0        | 1,0          |



|   |     |                  |
|---|-----|------------------|
| 2 | 0,5 | 1,0              |
| 3 | 1,0 | 0,9 overeksitert |

$P/P_n$  betyr levert aktiv effekt delt på nominell aktiv effekt (kWp).

### 3.11 Krav til verninnstillinger for spenning og frekvens (4.9.2)

Om anlegget har samlet installert effekt over verdien angitt i Tabell 12, skal frekvens- og spenningsvern være plassert i en egen, dedikert enhet.

Tabell 12: Grense for når vernbeskyttelsen for anlegget skal være i en dedikert enhet

| Parameter  | Verdi  |
|--|--------|
| Grense for vernbeskyttelse montert i ekstern, dedikert enhet | 30 kVA |

Vær oppmerksom på at de påfølgende tabellene med krav i dette delkapitlet ikke er relatert til anleggets størrelse, slik forrige punkt var. Utløsertid på vern skal stilles inn etter følgende parametere som gitt i tabell 13 og tabell 14.

Tabell 13: Krav til verninnstillinger for over- og underspenning

| Parameter                          | Verdi     |
|------------------------------------|-----------|
| Underspenning utløsernivå steg 1   | 0,8 $U_n$ |
| Underspenning utløsningstid steg 1 | 3 s       |



|                                    |            |
|------------------------------------|------------|
| Underspenning utløsernivå steg 2   | 0,45 $U_n$ |
| Underspenning utløsningstid steg 2 | 0,3 s      |
| Underspenning utløsningstid steg 2 | 1,10 $U_n$ |
| Overspenning utløsningstid steg 1  | 30 s       |
| Overspenning utløsernivå steg 2    | 1,15 $U_n$ |
| Overspenning utløsningstid steg 2  | 0,1 s      |

Produksjonsenheten skal i tillegg måle 10 minutters gjennomsnitt av spenningen (oppdatert minst hvert 3. sekund), og trigge et vern om spenningen overstiger verdien i tabell 18.

Tabell 14: Overspenningsgrense for 10 min. gjennomsnittsmåling

| Parameter   | Verdi      |
|---|------------|
| Overspenningsgrense for 10 min. gjennomsnittsmåling | 1,10 $U_n$ |

### 3.12 Oppstart av kraftproduksjon, og gjeninnkobling etter utløst vern (4.10.2 og 4.10.3)

Tabell 15 gir krav for startbetingelser og oppstartsforløpet ved oppstart av kraftverkets produksjon. Dette gjelder både for normal, manuell oppstart og for automatisk gjeninnkobling etter utløst vern.



Tabell 15: Krav til betingelser ved oppstart av kraftproduksjon og gjeninnkobling etter utløst vern

| Parameter                                  | Verdi          |
|--|----------------|
| Nedre frekvens                             | 49,9 Hz        |
| Øvre frekvens                              | 50,1 Hz        |
| Nedre spenningsnivå                        | 85 % av $U_n$  |
| Øvre spenningsnivå                         | 110 % av $U_n$ |
| Observasjonstid                            | 60 s           |
| Økningsgradient for aktiv effektproduksjon | 50 %/min       |

Observasjonstiden angir hvor lenge frekvens- og spennings-verdiene må være kontinuerlig innenfor tillatte verdier før kraftverket begynner å levere strøm. Økningsgradienten sier hvor fort anlegget maksimalt kan trappe opp produksjonen sin, som en prosent av nominell aktiv effekt per minutt.

## 4 Krav til harmoniske spenninger

For anlegg *under* 30 kW gjelder grensene i Forskrift om leveringskvalitet i kraftsystemet (FoL) for både individuelle harmoniske og total harmonisk forvrengning (THD).

For anlegg *over* 30 kW skal anlegget maksimalt mate inn 70 % av grensene i FoL for individuelle harmoniske og total harmonisk forvrengning (THD), som vist i Tabell 20. Anlegget skal heller ikke gi en THD av spenningens kurveform som overstiger verdiene i Tabell 17.

Verdiene i tabell 16 og tabell 17 gjelder for gjennomsnittverdier målt over 10 minutter.

Tabell 16: Grenser for individuelle harmoniske forårsaket av generatorer over 30 kW

| Odde harmoniske     |                | Like harmoniske |                |         |                |
|---------------------|----------------|-----------------|----------------|---------|----------------|
| Ikke multiplum av 3 |                | Multiplum av 3  |                |         |                |
| Orden h             | U <sub>h</sub> | Orden h         | U <sub>h</sub> | Orden h | U <sub>h</sub> |
| 5                   | 4,2 %          | 3               | 3,5 %          | 2       | 1,4 %          |
| 7                   | 3,5 %          | 9               | 1,1 %          | 4       | 0,7 %          |
| 11                  | 2,5 %          | >9              | 0,4 %          | >4      | 0,4 %          |
| 13                  | 2,1 %          |                 |                |         |                |
| 17                  | 1,4 %          |                 |                |         |                |
| 19, 23, 25          | 1,1 %          |                 |                |         |                |
| >25                 | 0,7 %          |                 |                |         |                |

Tabell 17: Grenser for THD forårsaket av generatorer over 30 kW

| Parameter                              | Verdi |
|--|-------|
| THD målt over 10 minutter gjennomsnitt | 6 %   |
| THD målt over en ukes gjennomsnitt     | 4 %   |

## 5 Referanser

- NEK EN 50549-1





- [RENblad 3040](#) ↗