

RENBLAD 342

VER 2.0 | 06 / 2020

TEKNISKE FUNKSJONSKRAV
TIL TILKNYTNINGS- OG
NETTLEIEAVTALE FOR
INNMATINGSKUNDER I
LAVSPENNINGSNETTET



Copyright 2020 © REN AS

INNHold

1 Introduksjon	3
2 Tekniske funksjonskrav: Tabellformat	4
3 Tekniske funksjonskrav: Kapittelformat	8
3.1 Frekvensområde med fortsatt drift (4.4.2)	8
3.2 Minimumskrav for aktiv effekt levert ved underfrekvens (4.4.3)	9
3.3 Spenningsområde med kontinuerlig drift (4.4.4)	9
3.4 Immunitet mot hurtig endring av frekvens (4.5.2)	9
3.5 Tåleevne mot kortvarig underspenning (4.5.3.2, 4.5.3.3)	10
3.6 Tåleevne mot kortvarig overspenning (4.5.4)	11
3.7 Effektrespons mot overfrekvens (4.6.1)	12
3.8 Effektrespons mot underfrekvens (4.6.2)	12
3.9 Reaktiv effektkontroll, funksjonsområde (4.7.2.2 og 4.7.2.3)	13
3.10 Reaktiv effektkontrollmodus og karakteristisk kurve (4.7.2.3 og 4.7.2.3.4)	13
3.11 Krav til verninnstillinger for spenning og frekvens (4.9.2)	13
3.12 Oppstart av kraftproduksjon, og gjeninnkobling etter utløst vern (4.10.2 og 4.10.3)	14
4 Krav til harmoniske spenninger	15
5 Referanser	16

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](#).

I enkelte krav skilles det mellom «synkron» og «ikke-synkron» generatorteknologi. Disse begrepene forklares i Tabell 1. De ulike parametersymbolene som brukes er oppsummert i Tabell 2. Ved uklarheter henvises det til NEK EN 50549-1.

Navn	Betydning
Synkron generatorteknologi	Kraftproduksjon tilkoblet nettet via synkrogenerator.
Ikke-synkron generatorteknologi	Kraftproduksjon tilkoblet nettet via kraftelektronikk (bl.a. solcelleanlegg) eller asynkrogenerator

Tabell 1: Forskjell mellom synkron og ikke-synkron generatorteknologi

Parameter	Beskrivelse
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.
$\cos \phi$	Effektfaktor
U_n	Nominell nettspenning

Tabell 2: Beskrivelse av parametersymboler

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.

Clause(s)/subclause(s) of this EN	Parameter	DSO Requirement (Norske krav)
4.4.2 Operating frequency range (Frekvensområde med fortsatt drift)	47,0 - 47,5 Hz Duration	20 s
	47,5 - 48,5 Hz Duration	30 min
	48,5 - 49,0 Hz Duration	30 min
	49,0 - 51,0 Hz Duration	Unlimited
	51,0 - 51,5 Hz Duration	30 min
	51,5 - 52,0 Hz Duration	15 min
4.4.3 Minimal requirement for active power delivery at underfrequency (Minimumskrav for evnen til å levere aktiv effekt ved underfrekvens)	Reduction threshold	49,5 Hz
	Maximum reduction rate	10 % P_M /Hz
4.4.4 Continuous operating voltage range (Spenningsområde for kontinuerlig drift)	Upper limit	110 % U_n
	Lower limit	85 % U_n

4.5.2 Rate of change of frequency (ROCOF) immunity (Immunitet mot frekvensendringsrate) (Dette er kun teknisk tålegrense, må ikke forveksles med ROCOF-vern)	ROCOF withstand capability (defined with a sliding measurement window of 500 ms)		
	Non-synchronous generating technology:	2 Hz/s	
	Synchronous generating technology:	1 Hz/s	
4.5.3.2 Generating plant with non-synchronous generating technology (Kraftverk med ikke-synkron generatorteknologi)	Maximum power resumption time	1 s	
	Voltage-Time-Diagram	Time [s]	U [p.u.]
		0	0,2
		0,15	0,2
		1,5	0,85
4.5.3.3. Generating plant with synchronous generating technology (Kraftverk med synkrongenerator-teknologi)	Maximum power resumption time	1 s	
	Voltage-Time-Diagram	Time [s]	U [p.u.]
		0	0,3
		0,15	0,3
		0,15	0,7
		0,7	0,7
		1,5	0,85
4.5.4 Over-voltage ride through (OVRT) (Evne til å forbli tilkoblet ved overspenning)	Voltage-Time-Diagram	Time [s]	U [p.u.]
		0	1,25
		0,1	1,25
		0,1	1,2
		5	1,2
		5	1,15
		60	1,15
		60	1,1

4.6.1 Power response to overfrequency (Effektrespons ved overfrekvens)	Threshold frequency f_1	50,5 Hz		
	Droop	5 %		
	Power reference	$P_{\max}$ for synchronous generating technology and EESS $P_{\max}$ for other non-synchronous generating technology		
	Intentional delay	0 s		
	Deactivation threshold f_{stop}	Deactivated		
	Deactivation time t_{stop}	-		
	Acceptance of staged disconnection	Yes		
4.6.2 Power response to underfrequency (Effektrespons ved underfrekvens, kun relevant for energi-lagringseenheter)	Threshold frequency f_1	49,0 Hz		
	Droop	5 %		
	Power reference	$P_{\max}$		
	Intentional delay	0 s		
4.7.2.2 Capabilities (Evner)	Active factor range overexcited	0,9		
	Active factor range underexcited	0,9		
4.7.2.3 Control modes (Kontrollmoduser)	Enabled control mode	$\cos \phi(P)$		
4.7.2.3.4 Power related control mode (Effektrelatert kontrollmodus)	Characteristic curve	Point	P/P_n	Power factor
		1	0,0	1,0
		2	0,5	1,0
		3	1,0	0,9 _{overexcited}

4.9.2 Requirements on voltage and frequency protection (Krav til spennings- og frekvensbeskyttelse)	Threshold for protection as dedicated device [in A or kW, kVA]	30 kVA
	Undervoltage threshold stage 1	0,8 U_n
	Undervoltage operate time stage 1	3 s
	Undervoltage threshold stage 2	0,45 U_n
	Undervoltage operate time stage 2	0,3 s
	Overvoltage threshold stage 1	1,10 U_n
	Overvoltage operate time stage 1	30 s
	Overvoltage threshold stage 2	1,15 U_n
	Overvoltage operate time stage 2	0,1 s
	Overvoltage threshold 10 min mean protection	1,10 U_n
	Underfrequency threshold stage 1	47,5 Hz
	Underfrequency operate time stage 1	20 s
	Underfrequency threshold stage 2	47 Hz
	Underfrequency operate time stage 2	5 s
	Overfrequency threshold stage 1	52 Hz
	Overfrequency operate time stage 1	20 s
	Overfrequency threshold stage 2	52,5 Hz
	Overfrequency operate time stage 2	5 s

4.10.2 Automatic reconnection after tripping (Automatisk gjeninnkobling etter tripp/utkobling)	Lower frequency	49,9 Hz
	Upper frequency	50,1 Hz
	Lower voltage	85 % U_n
	Upper voltage	110 % U_n
	Observation time	60 s
	Active power increase gradient	50 %/min
4.10.3 Starting to generate electrical power (Når kraftverket skal begynne å generere elektrisk kraft)	Lower frequency	49,9 Hz
	Upper frequency	50,1 Hz
	Lower voltage	85 % U_n
	Upper voltage	110 % U_n
	Observation time	60 s
	Active power increase gradient	50 %/min
4.11.1 Ceasing active power (Avslutning av aktiv effektproduksjon)	Remote operation of the logic interface	No
4.11.2 Reduction of active power on set point (Redusering av aktiv effekt på settpunkt)	Remote operation NOTE: If yes, further definition is provided by the DSO	No
4.12 Remote information exchange (Fjerntilgang til informasjonsutveksling)	Remote information exchange required NOTE: If yes, further definition is provided by the DSO	No

Tabell 3: Tekniske funksjonskrav type A-omformere

3 TEKNISKE FUNKSJONSKRAV: KAPITTELFORMAT

Kapittelnummer i parentes refererer til nummerering i Tabell 3.

3.1 Frekvensområde med fortsatt drift (4.4.2)

Generatoren tåle å være tilkoblet nettet under de ulike frekvensene så lenge som Tabell 4 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.

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

Tabell 4: Minimumskrav til produksjonsenhetens evne til å holde seg tilkoblet til nettet

3.2 Minimumskrav for aktiv effekt levert ved underfrekvens (4.4.3)

Om frekvensen synker under angitt frekvens i Tabell 5, skal generatoren ikke redusere sin leverte aktive effekt med mer enn det som er angitt reduksjonsfaktor. P_M betegner den aktive effekten som ble levert i øyeblikket frekvensen sank ned forbi angitt frekvens.

Frekvens	Maksimal reduksjonsfaktor
49,5 Hz	10 % av P_M

Tabell 5: Minimumskrav for evne til å levere aktiv effekt ved underfrekvens

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 6.

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

Tabell 6: Krav til spenningsområde med evne til kontinuerlig drift

Ved $U_n = 230$ 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 7.

Generatortype	Minimum frekvensendring som skal tåles
Tilkoblet med ikke-synkron generatorteknologi	2 Hz/s
Tilkoblet med synkron generatorteknologi	1 Hz/s

Tabell 7: Krav til immunitet mot hurtig endring av frekvens

Endringsraten er definert med et flytende målevindu på 500 ms.

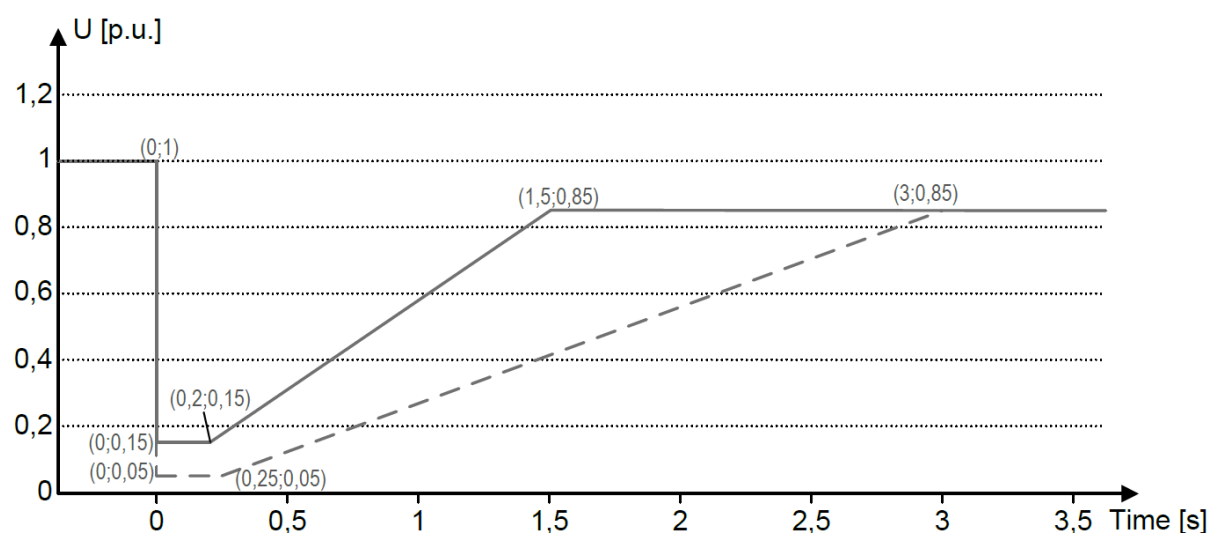
3.5 Tåleevne mot kortvarig underspenning (4.5.3.2, 4.5.3.3)

Det skilles her mellom generatorene 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-tid-diagrammene er også gjengitt i tabellformat i Tabell 8 og Tabell 9.

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.

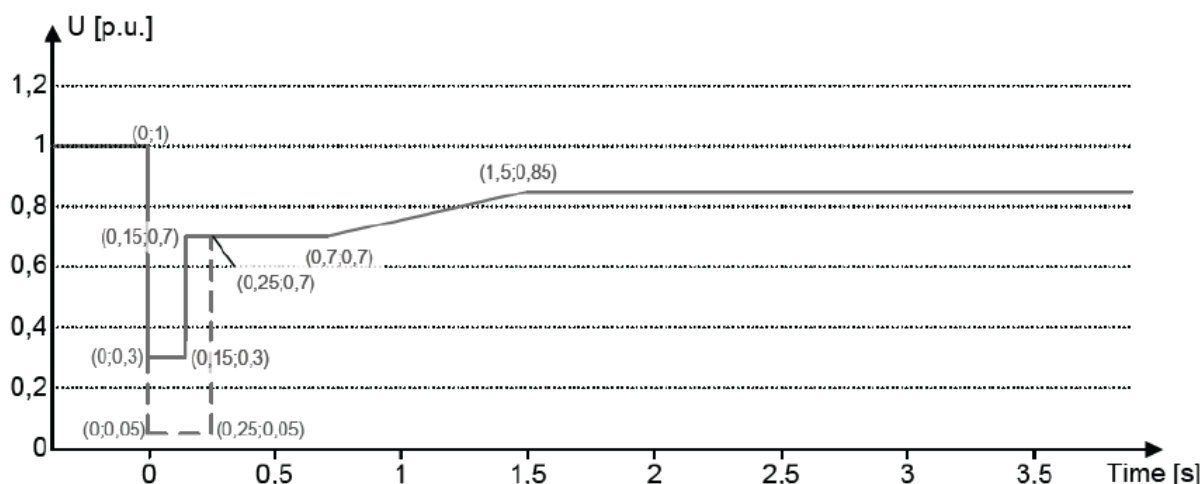
Ikke-synkron generatorteknologi



Figur 1 Ikke-synkron generatorteknologi skal kunne tåle underspenninger i henhold til den heltrukne linjen i denne figuren (skal tåle spenninger/tidspunkter som ligger over linjen)

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

Tabell 8: Kurven fra **Figur 1** oppgitt som punkter. Alle oppgitte punkter er forbundet til hverandre med lineære linjer.



Figur 2 Synkron generatorteknologi skal kunne tåle underspenninger i henhold til den heltrukne linjen i denne figuren (skal tåle spenninger/tidspunkter som ligger over linjen)

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

Tabell 9: Kurven fra **Figur 2** oppgitt som punkter. Alle oppgitte punkter er forbundet til hverandre med lineære linjer

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.

Tid [s]	U [p.u.] ¹
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

Tabell 10: Krav til tåleevne mot kortvarig overspenning

¹ «p.u.» = «Per Unit». 1,25 p.u. = 1,25*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 11.

Parameter	Verdi
Aktiveringsfrekvens	50,5 Hz
Statikk	5 %
Referanse	$P_{\max}$
Forsinkelse	0 s
Utkobling ved statikk forbi minimum produksjon ²	Ja

Tabell 11: Krav til effektorespons mot overfrekvens

$P_{\max}$ er maksimal nominell effekt.

3.8 Effektorespons 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 12.

Parameter	Verdi
Aktiveringsfrekvens	49 Hz
Statikk	5 %
Referanse	$P_{\max}$
Forsinkelse	0 s

Tabell 12: Krav til effektorespons mot underfrekvens

² 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.

3.9 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 13.

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

Tabell 13: Krav til evne til å endre effektfaktor

3.10 Reaktiv effektkontrollmodus og karakteristisk kurve (4.7.2.3 og 4.7.2.3.4)

Benyttet kontrollmodus skal være «cos $\phi(P)$ », 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 14.

Punkt	P/P_n	Effektfaktor
1	0,0	1,0
2	0,5	1,0
3	1,0	0,9 overeksitert

Tabell 14: Tabellverdier for karakteristisk kurve for cos $\phi(P)$ -basert regulering (effektfaktor som endrer seg i takt med levert effekt)

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 15, skal frekvens- og spenningsvern være plassert i en egen, dedikert enhet.

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

Tabell 15: Grense for når vernbeskyttelsen for anlegget skal være i en dedikert enhet

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 16 og Tabell 17.

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
Overspenning utløsernivå steg 1	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

Tabell 16: Krav til verninnstillinger for over- og underspenning

Parameter	Verdi
Underfrekvens utløsernivå steg 1	47,5 Hz
Underfrekvens utløsningstid steg 1	20 s
Underfrekvens utløsernivå steg 2	47 Hz
Underfrekvens utløsningstid steg 2	5 s
Overfrekvens utløsernivå steg 1	52 Hz
Overfrekvens utløsningstid steg 1	20 s
Overfrekvens utløsernivå steg 2	52,5 Hz
Overfrekvens utløsningstid steg 2	5 s

Tabell 17: Krav til verninnstillinger for over- og underfrekvens

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.

Parameter	Verdi
Overspenningsgrense for 10 min. gjennomsnittsmåling	1,10 U_n

Tabell 18: Overspenningsgrense for 10 min. gjennomsnittsmåling

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

Tabell 19 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.

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

Tabell 19: Krav til betingelser ved oppstart av kraftproduksjon og gjeninnkobling etter utløst vern

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 21.

Verdiene i Tabell 20 og Tabell 21 gjelder for gjennomsnittverdier målt over 10 minutter.

Odde harmoniske				Like harmoniske	
Ikke multiplum av 3		Multiplum av 3			
Orden h	U_h	Orden h	U_h	Orden h	U_h
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 20: Grenser for individuelle harmoniske forårsaket av generatorer over 30 kW

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

Tabell 21: Grenser for THD forårsaket av generatorer over 30 kW

5 REFERANSER

1. NEK EN 50549-1
2. RENblad 3040