



Transmissionsafdelingen

Reference: JHA

GoPro nr.: jha-08012004-

092543-972-2003020094

Forskrift TF 3.2.6

Ledninger

Dato: 3. november 2004

Sagsnr.: 3418

Dok.nr.: 187956 v2

Reference: AKS/RIH

***Vindmøller tilsluttet net med spændinger
under 100 kV***

*Teknisk forskrift for vindmøllers
egenskaber og regulering*

Forskriften er godkendt af Elkraft og Eltra i maj 2004. Anmeldelsen til
Energistyrelsen resulterede ikke i indsigelser.

I version 2, august 2004, er indmeldelsespligten af bilag 2 ændret, så det nu sker
via adressen www.dawt.dk

Indholdsfortegnelse

1.	Forskriftens formål.....	1
2.	Gyldighedsområde	2
3.	Terminologi.....	3
4.	Generelt	4
5.	Aktiv effekt og effektregulering.....	5
5.1	Fjernstyret regulering af produktionen	5
5.2	Lokal frekvensstyret regulering af produktionen.....	5
6.	Reaktiv effekt	7
7.	Dimensionerende spændinger og frekvenser	9
8.	Samspil mellem vindmøller og det øvrige elsystem ved netfejl	10
8.1	Situationer, hvor en vindmølle skal udkobles.....	10
8.2	Situationer, hvor en vindmølle ikke må udkoble	13
9.	Start og stop af en vindmølle	14
10.	Spændingskvalitet	15
10.1	Hurtige spændingsændringer	15
10.2	Flicker	15
10.2.1	<i>Flickerbidrag under drift</i>	16
10.2.2	<i>Flickerbidrag ved kobling med vindmøller</i>	16
10.3	Overtoner.....	17
10.3.1	<i>Harmoniske af grundtonen</i>	17
10.3.2	<i>Interharmoniske</i>	18
11.	Typeprøvninger	20
11.1	Overspændinger ved ø-drift	20
11.2	Reservekapacitet	20
11.3	Effektforhold under og efter en netkortslutning.....	20
11.4	Data med relation til spændingskvalitet	22
12.	Ekstern kontrol af vindmøller. Tillægskrav	23
12.1	Dataomfang	23
12.2	Dataoverføring	24
	Referenceliste	25

Bilag 1: Love, regler, forskrifter og procedurer vedrørende nettilslutning af vindmøller

Bilag 2: Tekniske oplysninger til netselskaberne

1. **Forskriftens formål**

Det påhviler ifølge Bekendtgørelse nr. 444 af 11. juni 2002 om systemansvarlig virksomhed og anvendelse af transmissionsnettet m.v. den systemansvarlige virksomhed at udarbejde tekniske forskrifter for tilslutning af elproduktionsanlæg til det kollektive elforsyningsnet samt forskrifter for aktørernes forpligtelser. Forskrifterne skal give de systemansvarlige virksomheder mulighed for at opretholde den tekniske kvalitet og balance inden for det sammenhængende elforsyningsnet m.v.

Tidligere varetog store kraftværksblokke alene regulerings- og stabiliseringsopgaverne i elsystemet. Da elproduktionen i Danmark i større og større omfang sker på decentrale produktionsanlæg, må alle produktionsanlæggene fremover bidrage til løsning af disse opgaver, herunder også vindkraftanlæg.

Denne tekniske forskrift vedrører vindkraftanlæg, som tilsluttes net med spændinger under 100 kV.

I Elforsyningsloven og tilhørende bekendtgørelser fastlægges en lang række forhold, der har konsekvenser for omkostningsfordeling og procedurer. I denne forskrifts bilag 1 findes en samlet beskrivelse af lovgrundlag og regler, der er væsentlige i forbindelse med nettilslutning af vindmøller.

Forskriften skal sikre, at vindmøllerne har de reguleringsmæssige og dynamiske egenskaber, som er væsentlige for elsystemet i henseende til driftssikkerhed og spændingskvalitet på såvel kort som langt sigt. Denne forskrift beskriver ikke måden, disse egenskaber vil blive eller kan blive anvendt i fremtidens elsystem.

Forskriften skal endvidere i samspil med forskrifter for den øvrige del af produktionsapparatet, transmissionsnettet, distributionsnettet og elforbruget bidrage til en optimal allokering af ressourcer i systemet. Dette inkluderer blandt andet en afbalancering af kravene til de forskellige anlægstyper.

Forskriften behandler ikke de økonomiske aspekter forbundet med anvendelsen af reguleringsegenskaberne.

Forskriften behandler ikke afregningsmåling eller tekniske krav hertil. Disse krav findes i Eltra's og Elkraft Systems tekniske forskrifter for elmåling. De målinger, der er omtalt i denne tekniske forskrift, er alle driftsmålinger.

2. **Gyldighedsområde**

Kravene i denne tekniske forskrift har gyldighed for vindmøller, der efter den 1. juli 2004 tilsluttes net med spændinger under eller lig med 100 kV i Danmark.

Kravene er opdelt i generelle krav, som alle vindmøller skal opfylde, og i nogle tillægskrav.

Tillægskravene skal uanset ejerforhold opfyldes, hvis der efter forskriftens ikrafttræden tilsluttes eller kan tilsluttes vindmøller med en samlet mærkeeffekt på 1,5 MW¹ eller derover i et tilslutningspunkt (se kapitel 3). Vindmøller, der kan blive tilsluttet senere, skal altså medregnes. Udskiftninger af eksisterende vindmøller betragtes som nyanlæg.

HISTORISK

¹ Nye vindmøller forventes opstillet i et område, der i en region-, kommune- eller lokalplan er udlagt til opstilling af vindmøller med en samlet effekt på mindst 1,5 MW.

3. Terminologi

Elsystem	Et system bestående af centrale og decentrale produktionsanlæg, som er forbundet indbyrdes og med forbrugssteder over transmissions- og distributionsnet.
Transmissionsnet	I denne tekniske forskrift defineres transmissionsnet som net med en driftspænding over 100 kV.
Distributionsnet	I denne tekniske forskrift defineres distributionsnet som net med en driftspænding under 100 kV.
Hovedtransformerstation	Transformerstation tilsluttet et net med spændinger over 30 kV.
Tilslutningspunkt	Det punkt, hvor én eller flere vindmøller forbindes til et netselskabs net.
Vindmøllepark	En vindmøllepark er en samling af én eller flere vindmøller med tilhørende udstyr.
En vindmølles mærkeeffekt	Den største aktive effekt, som en vindmølle er konstrueret til at kunne afgive vedvarende under normerede driftsbetingelser, og som fremgår af typegodkendelsen [10].
En vindmølleparks nominelle effekt	I denne tekniske forskrift defineres den nominelle effekt for en vindmøllepark som summen af mærkeeffekterne for vindmøllerne i parken.
Mærkevindhastighed	Specificeret vindhastighed ved hvilken en vindmølle kan producere mærkeeffekten [10].
Stopvindhastighed	Den maksimale vindhastighed i aksehøjde ved hvilken en vindmølle er konstrueret til at producere energi [10].
Generelle krav	Se afsnit 2.
Tillægskrav	Se afsnit 2.

4. Generelt

Det er vindmølleeejeres ansvar, at en vindmølle overholder forskriftens krav, og at verificere, at kravene i kapitel 11 er opfyldte. Den systemansvarlige virksomhed kan til et hvert tidspunkt kræve dette dokumenteret.

Inden en vindmølle tilsluttes et distributionsnet, skal skemaet i bilag 2 udfyldes og sendes til netselskabet. Enhver ændring af de oplyste indstillinger i skemaet skal forhåndsgodkendes af netselskabet og medføre en ajourføring af det skema, som netselskabet skal opbevare.

Netselskabet skal oplyse vindmøllernes stamdata til den systemansvarlige virksomhed (til Eltra via <http://wim.eltra.dk>. Indberetning til Elkraft System skal foregå som beskrevet i Elkraft Systems Markedsforskrift D1, bilag 7, Indberetning til stamdataregistret for vindkraftanlæg. Forskriften findes på Elkraft Systems hjemmeside: www.elkraft-system.dk). Herudover skal mølleejeren træffe aftale med en godkendt balanceansvarlig markedsaktør, inden møllen må nettilsluttes. Hvis der er truffet aftale om regulering af udvekslingen af reaktiv effekt med nettet, skal netselskabet endvidere fremsende et P-Q-diagram, der viser reguleringsområdet gældende i tilslutningspunktet.

De i forskriften nævnte strøm- og spændingsværdier er sande RMS-værdier.

Det er vindmølleeejeres ansvar at sikre en vindmølle mod skadelige påvirkninger forårsaget af fejl i vindmøllen eller dens installation samt mod udefrakommende påvirkninger i forbindelse med:

- kortslutnings- og jordslutningsstrømme,
- tilbagevendende spændinger ved bortkobling af netkortslutninger og jordslutninger,
- forhøjet spænding på fejlfrie faser ved enfasede jordfejl i isolerede og slukke-spolejordede net,
- fasebrud,
- asynkrone sammenkoblinger

samt andre påvirkninger, der forekommer under unormale driftsforhold.

5. Aktiv effekt og effektregering

5.1 Fjernstyret regulering af produktionen

Tillægskrav

En vindmølles produktion skal kunne begrænses til en vilkårlig bør-værdi i området 20-100 % af mærkeeffekten. Afvigelsen mellem en bør-værdi og en målt 5-minutters middelværdi i tilslutningspunktet må højst være ± 5 % af vindmøllens mærkeeffekt.

Begrænsningen af produktionen skal kunne styres eksternt, se kapitel 12. Reguleringshastigheden ved såvel en begrænsning af produktionen som ophævelse af en begrænsning skal ligeledes kunne styres eksternt og skal kunne vælges i området 10...100 % af mærkeeffekten pr. minut.

Indgår der vindmøller med passiv stall-regulering i en vindmøllepark, skal reguleringen af produktionen i tilslutningspunktet aftales med netselskabet².

5.2 Lokal frekvensstyret regulering af produktionen

Tillægskrav

En vindmølles regulering skal eksternt kunne omkobles mellem frekvensuafhængig og frekvensafhængig regulering.

Ved frekvensafhængig regulering skal en vindmølles kontroludstyr ændre produktionens afhængighed af netfrekvensen som beskrevet i det følgende.

Ved en frekvensændring skal vindmøllens produktion reguleres som angivet i **Tabel 1** og vist på **Figur 1**.

Opløsningen på indstillingen af setpunkterne i **Tabel 1** skal være mindst 10 mHz.

I frekvensområdet 47,00-52,00 Hz må målefejlen højst være ± 10 mHz. Kravet skal være overholdt, selv om spændingens kurveform måtte være forvrænget. Et enkeltstående momentant fasespring på 20° i tilslutningspunktet må ikke initiere en regulering.

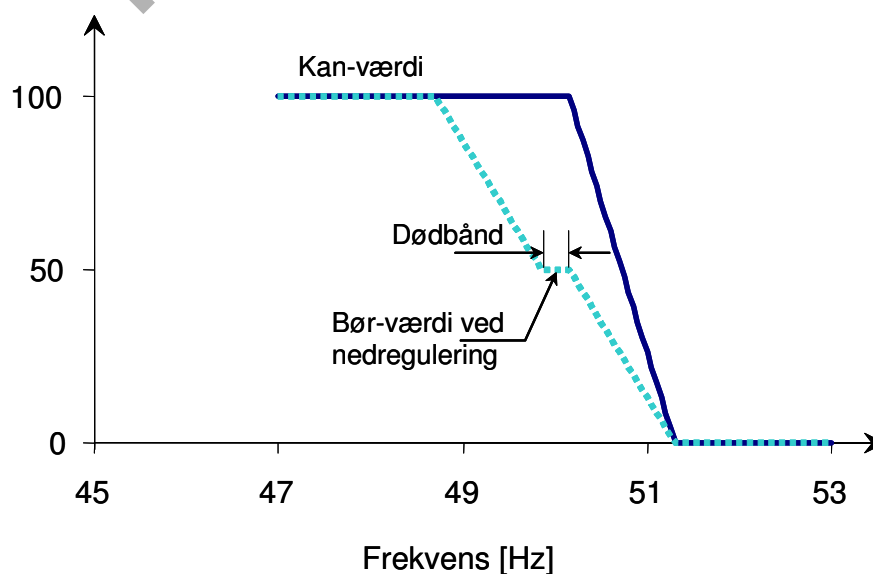
² Produktionen fra vindmøller med passiv stall-regulering kan reguleres ved kontrollerede ind- og udkoblinger af vindmøller.

	Indstillingsområde	Defaultværdi
Nedre frekvensgrænse for reguleringsområdet ved underfrekvens (f_n)	50,00...47,00 Hz	48,70 Hz
Øvre frekvensgrænse for reguleringsområdet ved overfrekvens (f_ϕ)	50,00...52,00 Hz	51,30 Hz
Nedre frekvensgrænse for dødbåndet ved underfrekvens (f_{d-})	50,00...47,00 Hz	49,85 Hz
Øvre frekvensgrænse for dødbåndet ved overfrekvens (f_{d+})	50,00...52,00 Hz	50,15 Hz
Reguleringsfaktor for produktionen gældende for frekvenser i området $f_n \dots f_{d-}$ samt $f_{d+} \dots f_\phi$, se Figur 1 . (Reguleringsfaktor 1 medfører, at produktionen er den maksimalt mulige – eller bør-værdien, hvis denne er specificeret)	Overfrekvens : $(1 - \frac{f - f_{d+}}{f_\phi - f_{d+}})$ Underfrekvens : $(1 + \frac{f - f_{d-}}{f_n - f_{d-}})$	
Reguleringshastighed regnet fra overskridelse af en grænseværdi til fuldført regulering	10 % af mærkeeffekten pr. sekund	

Tabel 1 Værdier gældende for frekvensregulering af produktionen.

Figur 1 viser to eksempler, en uden og en med 50 % nedregulering af den mulige produktion (kan-værdien). I det første eksempel kan frekvensreguleringen kun foretage nedregulering af produktionen, hvorimod det i sidstnævnte tilfælde også er muligt at foretage en opregulering.

Produktion i % af produktionen uden frekvensregulering



Figur 1 Frekvensregulering baseret på default-værdierne i Tabel 1.

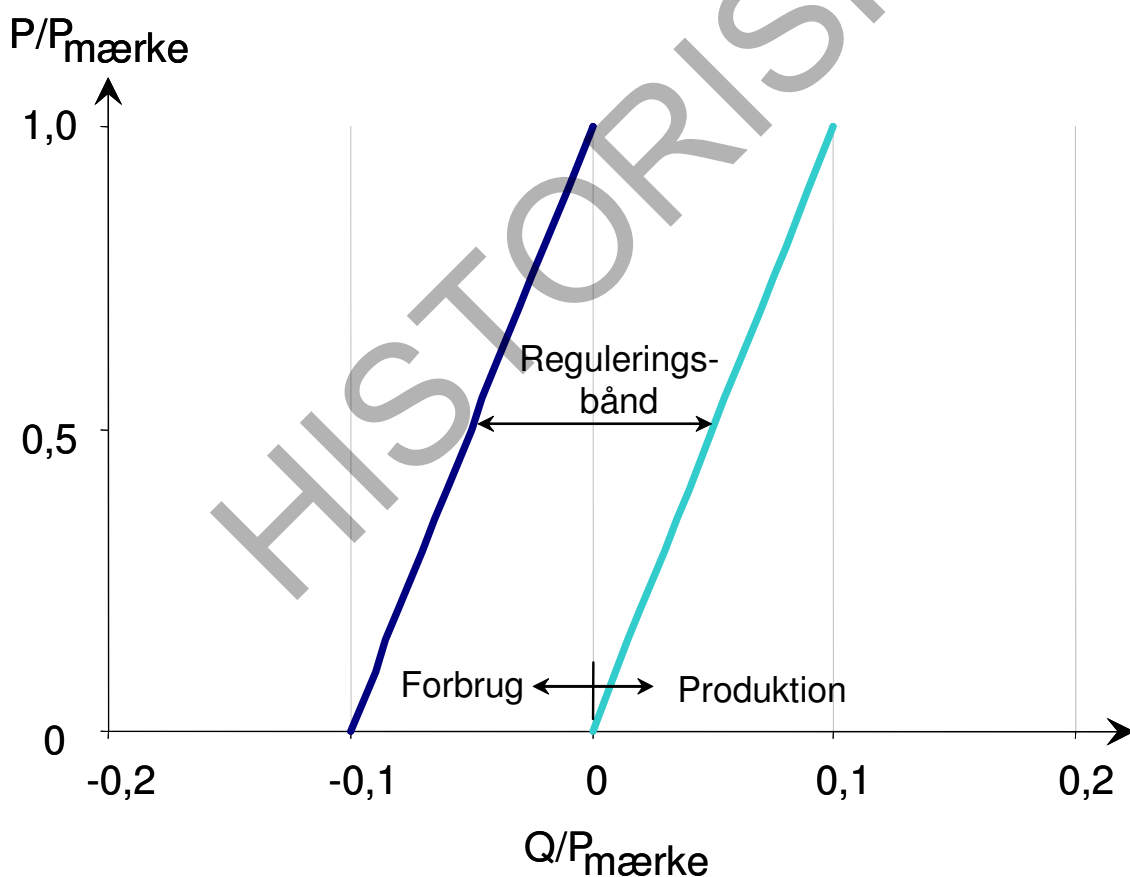
6. Reaktiv effekt

Generelt krav

Den reaktive effekt, som en vindmølle (inklusive vindmølletransformer) udveksler med et net, skal midlet over 5 minutter ligge inden for det på **Figur 2** viste reguleringsbånd. Kravet bortfalder, hvis den udvekslede effekt er mindre end 25 kvar.

Reguleringen henholdsvis kompenseringsreguleringen kan foretages centralt i en vindmøllepark. I dette tilfælde skal udvekslingen af reaktiv effekt overholde ovenstående krav i parkens tilslutningspunkt. $P_{\text{mærke}}$ erstattes af vindmølleparkens nominelle effekt i relationerne på **Figur 2**.

Efter aftale mellem vindmølleejere og netselskabet kan kompenseringsopgaven overdrages til netselskabet.



Figur 2 Krav vedrørende en vindmølles udveksling af reaktiv effekt med et net (P : Aktiv effekt, Q : Reaktiv effekt).

Tillægskrav

Den mængde reaktive effekt, som en vindmølle kan optage henholdsvis levere uden for det viste reguleringsbånd på **Figur 2**, skal oplyses ved ansøgning om tilslutning af vindmøllen og skal efter aftale kunne stilles til rådighed for netselskabet til regulering af elsystemets behov for reaktiv effekt. Dette gælder også, hvis der er anvendt central kompensering i en vindmøllepark³. Indmelding skal ske i henhold til bilag 2.

HISTORISK

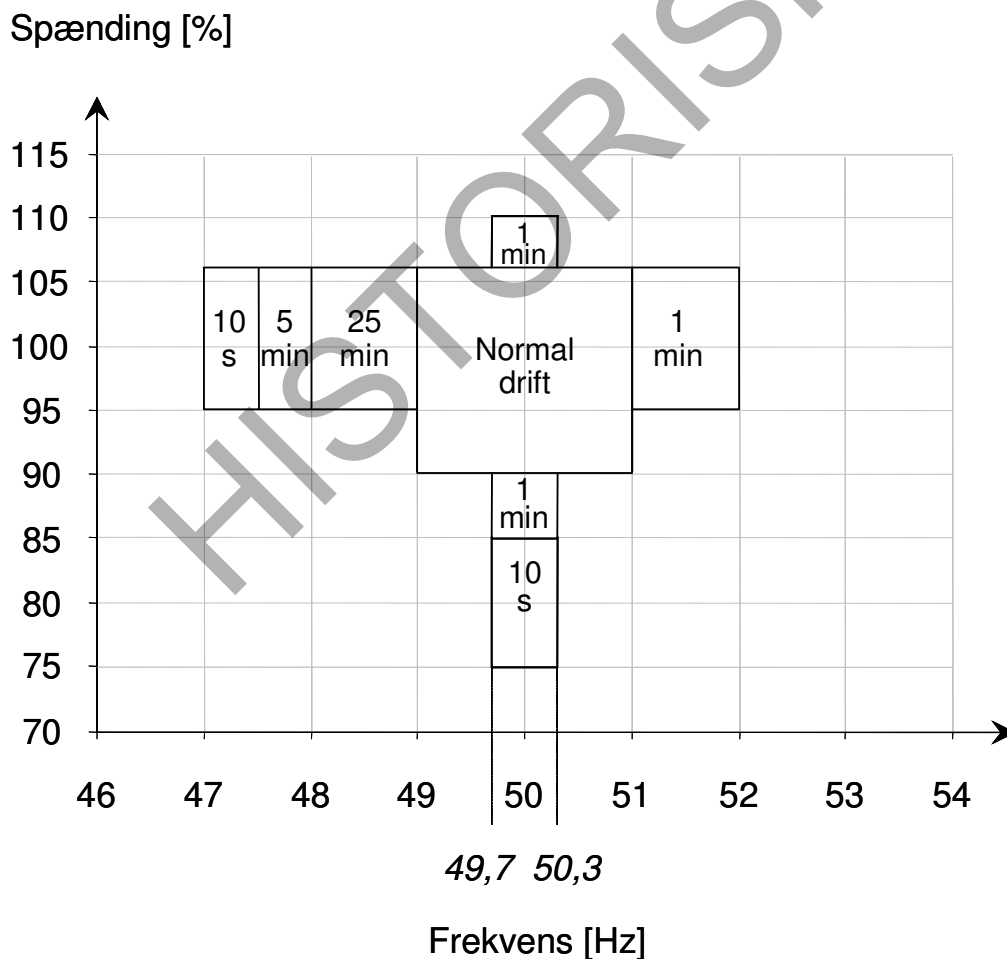
³ Det bør vurderes, om det er nødvendigt at begrænse reguleringshastigheden, så nettets spændingsregulering kan nå at følge med.

7. Dimensionerende spændinger og frekvenser

Generelt krav

En vindmølle skal være dimensioneret til at producere ved spændinger og frekvenser, der afviger fra mærkeværdierne i de på **Figur 3** angivne minimumtider. Spændinger og frekvenser, for hvilke figuren angiver tidsbegrænset drift, vil forekomme i mindre end 10 timer pr. år. Vindmøllens dimensionering må ikke kræve en begrænsning af produktionen og dermed **kan-værdien** på mere end 15 % ved unormalt lave frekvenser. Kravene i afsnit 8.2 skal dog også opfyldes.

Dimensioneringskravene er i nogle tilfælde mere restriktive end de aktuelle indstillinger af spændings- og frekvensrelæer (afsnit 8.1), da der inden for møllens levetid kan opstå behov for ændrede indstillinger.



Figur 3 Dimensionerende spændinger og frekvenser.

8. Samspil mellem vindmøller og det øvrige elsystem ved netfejl

8.1 Situationer, hvor en vindmølle skal udkobles

Generelt krav

Medmindre andet aftales med netselskabet, skal vindmøller udkoble, hvis spændingen eller frekvensen ligger uden for de driftsmæssige indstillinger, der er angivet i **Tabel 2**, og som er vist på **Figur 4**.

Måling af spænding og frekvens kan foretages på høj- eller lavspændingssiden af mølletransformeren. Spændingen skal måles i alle tre faser som yderspænding. Ved måling på lavspændingssiden kan spændingen alternativt måles mellem de tre faser og nul.

En vindmølles mærkespænding $U_{\text{mærke}}$ forudsættes fastlagt på lavspændingssiden af mølletransformeren. Ved treviklingstransformere er det mærkespændingen for den lavspændingsvikling, som har den største mærkeeffekt, der skal anvendes ved bestemmelse af indstillingsværdien.

Måles spændingen på højspændingssiden, skal indstillingsværdien bestemmes ved at omregne mærkespændingen til mølletransformerens højspændingsside.

Funktionsværdierne må højst afvige ± 1 % fra indstillingsværdierne.

Udkoblingskriterium	Indstillingsværdi		Den tid indstillingsværdien skal være overskredet	
Underspænding	$0,9 \cdot U_{\text{mærke}}$	V	10...60	s
Overspænding 1	$1,06 \cdot U_{\text{mærke}}$	V	60	s
Overspænding 2	$1,1 \cdot U_{\text{mærke}}$	V	200	ms
Overfrekvens	51	Hz	200	ms
	Hvis frekvensreguleringen er aktiv: $f_0 + 0,5$ (f_0 er den øvre frekvensgrænse for reguleringsområdet)	Hz		
Underfrekvens	47	Hz	200	ms

Tabel 2 Udkoblingskriterier⁴.

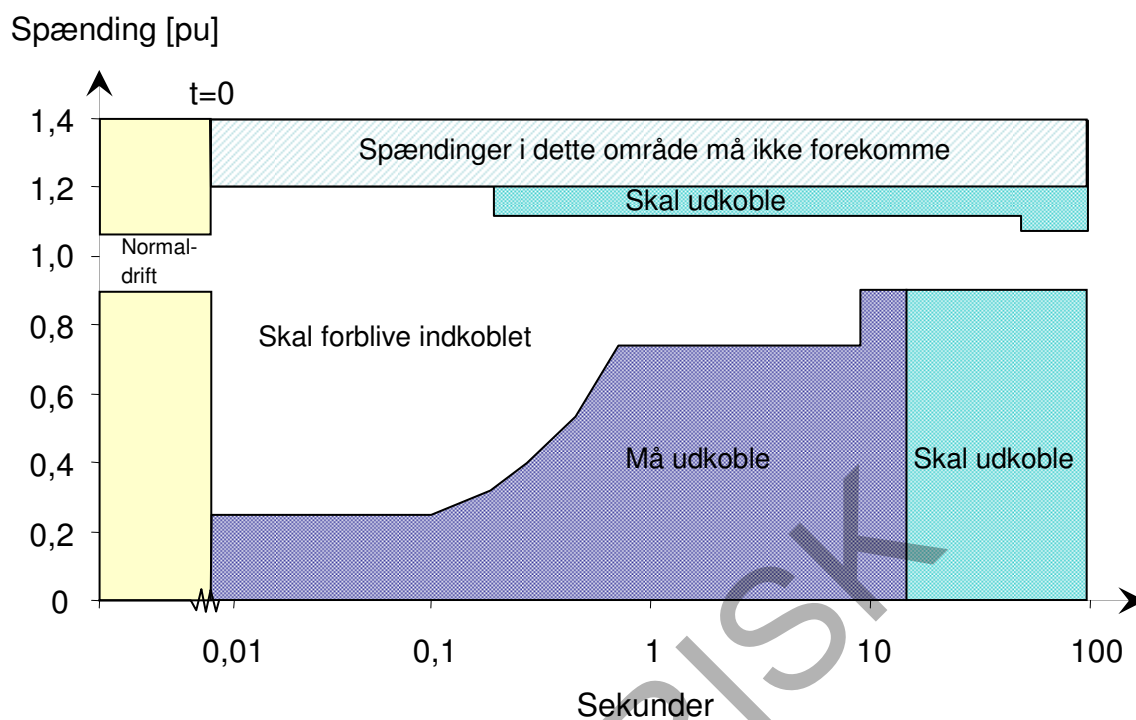
⁴ Udkoblingen har til formål at lette retableringen af elforsyningen ved omfattende driftsforstyrrelser at undgå vedvarende indfødning i en fejl i elnettet og at undgå, at apparater og anlæg udsættes for unormale driftsforhold.

Figur 4 forudsætter, at der er valgt et hensigtsmæssigt omsætningsforhold for mølletransformeren, hvilket bør ske i samråd mellem vindmølleleverandør og netelskab.

Udkobling af en netdel med vindmøller kan medføre, at spændingen i ø-nettet stiger hurtigt. De temporære overspændinger mellem faserne må ikke overstige $1,2 \cdot U_{\text{mærke}}$. Se afsnit 11.1.

Vindmøllens øvrige beskyttelsesfunktioner skal have tidsforsinkelser, der respekterer kravene i afsnit 8.2. Beskyttelse mod en intern fejl i vindmøllen eller dens installation skal dog have højere prioritet.

Udkoblingsbetingelserne fra **Tabel 2** – gældende for unormale spændinger – er afbildet grafisk på **Figur 4**. Figuren viser endvidere, at et kortvarigt spændingsdyk ikke må medføre en definitiv udkobling, jf. afsnit 11.3, og at der ikke selv kortvarigt må forekomme spændinger over 1,2 pu.



Figur 4 Krav til udkobling ved spændingsafvigelser. Til $t=0$ forekommer en driftsforstyrrelse. (Med lineær tidsakse er kurvestykket mellem 0,1 og 0,75 sekunder en ret linje).

8.2 Situationer, hvor en vindmølle ikke må udkoble

Tillægskrav

En vindmølle skal forblive indkoblet efter nedennævnte fejl i transmissionsnettet. Kompenseringsanlæg skal ligeledes forblive indkoblet.

3-faset kortslutning:	Kortslutning i 100 ms.
2-faset kortslutning med/uden jordberøring:	Kortslutning i 100 ms efterfulgt af en ny kortslutning 300...500 ms senere også med en varighed på 100 ms.

En vindmølle skal have tilstrækkelig kapacitet til at opfylde foranstående ved følgende to uafhængige sekvenser:

- Mindst to 2-fasede kortslutninger inden for 2 minutter
- Mindst to 3-fasede kortslutninger inden for 2 minutter.

Der skal dog være tilstrækkelige energireserver (nødstrøm, hydraulik og pneumatik) til følgende to uafhængige sekvenser:

- Mindst seks 2-fasede kortslutninger med 5 minutters interval
- Mindst seks 3-fasede kortslutninger med 5 minutters interval.

Kravet anses for opfyldt, hvis en vindmølletype består af i afsnittene 11.2 og 11.3 nævnte typeprøvninger.

En vindmølles henholdsvis en vindmølleparks kortslutningsbeskyttelse må ikke udløse ved de strømme, der kan optræde under og efter fejl i transmissionsnettet.

Kravet anses for opfyldt, hvis kortslutningsbeskyttelsen ikke udløser ved de strømme, der optræder ved forannævnte typeprøvninger.

9. Start og stop af en vindmølle

Generelt krav

Det skal være muligt eksternt at ind- og udkoble en vindmølle.

Udkobles en vindmølle definitivt på grund af en netfejl, må vindmøllen indkoble automatisk 5-10 minutter efter, at driftsforholdene er blevet normale, jf. **Figur 3**.

En vindmølle, der er udkoblet på grund af høj vindhastighed, må automatisk genindkoble, når hastigheden er faldet til under stopvindhastigheden.

Udkobles en vindmølle på grund af fejl i vindmøllen, må vindmøllen indkobles igen, efter fejlen er rettet uden at advisere netselskabet.

Tillægskrav

Hvis en vindmølle forud for en netfejl var udkoblet af et eksternt signal, må vindmøllen ikke indkoble automatisk, når driftsforholdene er blevet normale.

Vindmøllen skal være dimensioneret til vindhastigheder på mindst 25 m/s, og stopvindhastigheden må ikke vælges lavere.

10. Spændingskvalitet

Der stilles de samme krav til spændingskvaliteten, uanset hvor det første fællespunkt mellem forbrugere og producenter ligger i distributionsnettet.

10.1 Hurtige spændingsændringer

Generelle krav

En hurtig spændingsændring defineres som en enkeltstående hurtig ændring af spændingens effektivværdi. Der stilles følgende krav til størrelsen (d) af hurtige spændingsændringer forårsaget af en vindmølle i tilslutningspunktet:

10-20 kV-net: $d \leq 4 \%$ [1]

50-60 kV-net: $d \leq 3 \%$

I [5] defineres en spændingsændringsfaktor $k_u(\psi_k)$. Spændingsændringsfaktoren bestemmes ved typeprøvning af en vindmølle. Der er følgende relation mellem en hurtig spændingsændring (d) og spændingsændringsfaktoren:

$$d(\%) = 100 \cdot k_u(\psi_k) \cdot \frac{S_n}{S_k}$$

S_k : Kortslutningseffekten i tilslutningspunktet

ψ_k : Kortslutningsvinklen i tilslutningspunktet

S_n : Vindmøllens tilsyneladende mærkeeffekt.

Eksempel:

Af et udfyldt skema – som det der er vist i bilag 2 – fremgår det, at vindmøllens spændingsændringsfaktor er 1,1 ved den aktuelle kortslutningsvinkel. Spændingsændringen beregnes ved indsætning i formeludtrykket til

$$d(\%) = 100 \cdot 1,1 \cdot \frac{0,75 \text{ MVA}}{50 \text{ MVA}} = 1,7\%$$

Da spændingsændringen må være op til 4 %, er kravet opfyldt.

10.2 Flicker

Generelle krav

Der stilles følgende krav til flickerbidraget P_{lt} fra de vindmøller, som er tilsluttet på samme spændingsniveau og under samme hovedtransformerstation:

10-20 kV-net: $P_{lt} \leq 0,50$

50-60 kV-net: $P_{lt} \leq 0,35$.

Indekset (I_t) refererer til en observationsperiode på to timer.

I [5] defineres to faktorer, som kan anvendes til at estimere flickerbidraget fra en enkelt vindmølle i et tilslutningspunkt, hvor nettets kortslutningseffekt og kortslutningsvinkel er kendt. Den ene faktor – flickerkoefficienten – anvendes til at estimere flickerbidraget fra fluktuationerne i en vindmølles produktion. Den anden faktor – flickertrinfaktoren – anvendes til at estimere flickerbidraget fra koblinger med vindmøller. De to faktorer kan bestemmes ved typeprøvning af en vindmølle.

10.2.1 Flickerbidrag under drift

Kravet til en vindmølles flickerkoefficient kan bestemmes af følgende udtryk:

$$c(\psi_k) < P_{lt} \cdot \frac{S_k}{\sqrt{S_{park} \cdot S_n}}$$

$c(\psi_k)$: Flickerkoefficienten

S_k : Kortslutningseffekten i tilslutningspunktet

ψ_k : Kortslutningsvinklen i tilslutningspunktet

S_n : Vindmøllens tilsyneladende mærkeeffekt

S_{park} : Vindmølleparkens nominelle tilsyneladende effekt.

Eksempel:

Kravet til flickerkoefficienten beregnes ved hjælp af formeludtrykket til

$$c \leq 0,5 \cdot \frac{50 \text{ MVA}}{\sqrt{4,5 \text{ MVA} \cdot 0,75 \text{ MVA}}} = 13,6$$

Af et udfyldt skema – som det der er vist i bilag 2 – fremgår det, at vindmøllerne har en flickerkoefficient på 10 ved den aktuelle kortslutningsvinkel. Kravet er således opfyldt.

Hvis der ud over vindmøllerne i en park er eller vil blive tilsluttet andre vindmøller til samme hovedtransformerstation, skal der tages hensyn til dette ved bestemmelse af kravet til førstnævnte vindmøllers flickerkoefficient. Kravet til flickerkoefficienten anses for opfyldt, hvis der for S_{park} i udtrykket indsættes den totale vindmølleeffekt, som vil blive tilsluttet under hovedtransformerstationen.

10.2.2 Flickerbidrag ved kobling med vindmøller

Kravet til en vindmølles flickertrinfaktor kan bestemmes af følgende udtryk:

$$k_f(\psi_k) < \frac{P_{lt}}{8 \cdot \sqrt[3]{N_{kobl}}} \cdot \frac{S_k}{\sqrt[3]{S_{park} \cdot S_n^2}}$$

$k_f(\psi_k)$: Flickertrinfaktor

- S_k : Kortslutningseffekten i tilslutningspunktet
 ψ_k : Kortslutningsvinklen i tilslutningspunktet
 S_n : Vindmøllens tilsyneladende mærkeeffekt
 S_{park} : Vindmølleparkens nominelle tilsyneladende effekt
 N_{kobl} : Det maksimale antal dimensionerende koblinger i en 2-timers periode.

Eksempel:

Kravet til flickertrinfaktoren beregnes ved hjælp af formeludtrykket til

$$k_f \leq \frac{0,5}{8 \cdot \sqrt[3]{8}} \cdot \frac{50 \text{ MVA}}{\sqrt[3]{4,5 \text{ MVA} \cdot (0,75 \text{ MVA})^2}} = 1,15$$

Af et udfyldt skema – som det der er vist på bilag 2 – fremgår det, at vindmøllerne har en flickertrinfaktor på 1 ved den aktuelle kortslutningsvinkel. Kravet er således opfyldt.

Hvis det maksimale antal ind- og omkoblinger i en 2-timers periode ikke er begrænset af en vindmølles kontroludstyr, er kravet til flickertrinfaktoren følgende:

$$k_f(\psi_k) < \frac{P_{\text{lt}}}{16} \cdot \frac{S_k}{\sqrt[3]{S_{\text{park}} \cdot S_n^2}}$$

Er eller vil der blive tilsluttet andre vindmøller under samme hovedtransformerstation, skal der tages hensyn til dette ved bestemmelse af kravet til vindmøllers flickertrinfaktor. Kravet til flickertrinfaktoren anses for opfyldt, hvis der for S_{park} i udtrykket indsættes den totale vindmølleeffekt, som vil blive tilsluttet under hovedtransformerstationen.

10.3 Overtoner

Generelle krav

Varierer en strøm ikke tidsmæssigt efter en sinusfunktion, indeholder den en grundtonestrøm og overtonestrømme. Er overtonernes frekvens et helt tal gange grundtonefrekvensen, som normalt er 50 Hz, benævnes overtonerne harmoniske af grundtonen. Overtoner, hvis frekvens ikke er et multiplum af grundtonefrekvensen, benævnes interharmoniske.

10.3.1 Harmoniske af grundtonen

Størrelsen af harmoniske i strømmen fra en vindmølle – og genereret af denne – skal overholde følgende krav⁵:

⁵ Efter aftale med netselskabet kan kravet lempes, hvis der i en vindmøllepark anvendes mølletransformere med forskellige koblingscifre, og der derved opnås en udligning mellem de 5. henholdsvis de 7. harmoniske strømme.

$$I_v(\%) \leq U_v(\%) \cdot \sqrt{\frac{1 + \operatorname{tg}(\psi_k)^2}{1 + (v \cdot \operatorname{tg}(\psi_k))^2}} \cdot \frac{|S_k|}{|S_{\text{last}}| + |S_{\text{park}}|}$$

I_v : Forholdet mellem en v.-harmoniske i strømmen fra en vindmølle og strøm-
mens grundtone

U_v : Den v.-harmoniske spænding fra **Tabel 3.1** (værdier for net med spændinger
over 30 kV er under overvejelse)

S_k : Kortslutningseffekten i tilslutningspunktet

ψ_k : Kortslutningsvinklen i tilslutningspunktet

S_{last} : Hovedtransformerstationens maksimale belastning (uden decentral produkti-
on)

S_{park} : Vindmølleparkens nominelle tilsyneladende effekt.

Er summen af effekterne i nævneren større end den foran siddende hovedtransfor-
mers mærkeeffekt, indsættes i stedet transformerens mærkeeffekt.

Eksempel:

Kravet til den 5. harmoniske i strømmen beregnes ved hjælp af formeludtrykket til

$$I_5(\%) \leq 3(\%) \cdot \sqrt{\frac{1 + \operatorname{tg}(45)^2}{1 + (5 \cdot \operatorname{tg}(45))^2}} \cdot \frac{50 \text{ MVA}}{4,5 \text{ MVA} + 50 \text{ MVA}} = 4,4\%$$

*Af et udfyldt skema – som det der er vist på bilag 2 – fremgår det, at den 5. harmo-
niske i strømmen er 3,5 %. Kravet er således opfyldt.*

Hvis der ud over vindmøllerne i parken er eller vil blive tilsluttet andre vindmøller
til samme hovedtransformerstation, skal der tages hensyn til dette ved bestemmelse
af kravet til vindmøllers strømharmoniske. Kravet anses for opfyldt, hvis der for
 S_{park} i udtrykket indsættes den totale vindmølleeffekt, som vil blive tilsluttet under
hovedtransformerstationen.

Forannævnte formel er baseret på, at strømharmoniske med samme ordenstal adde-
rer sig direkte. Kravet kan efter aftale med netselskabet lempes ved frekvensom-
formere, som anvender PWM-modulation med taktfrekvenser i kHz-området.

10.3.2 Interharmoniske

Det samlede bidrag fra vindmøller til de interharmoniske spændinger i tilslutnings-
punktet skal overholde kravene i **Tabel 3.2**.

Kravene i tabellen anses for opfyldte, hvis de interharmoniske strømme opfylder de
krav, som er stillet til naboharmoniske strømme med lige ordenstal.

Ordenstallet v	Harmonisk spænding U_v (%)
Ulige harmoniske	
5	3,0
7	2,5
11	1,8
13	1,5
17	1,0
19	0,8
23	0,8
25	0,8
Lige harmoniske	
2	1,0
4	0,5
6	0,3
8	0,3
10	0,1
>12	0,1

Tabel 3.1 Grænseværdier for harmoniske spændinger i 10-20 kV-net.

Frekvens [Hz]	Maksimalt bidrag til overtonespændinger [%]
<100	0,2
$100 \leq f < 2.500$	0,5

Tabel 3.2 Grænseværdier for interharmoniske spændinger i 10-20 kV-net [ref. 2].

11. Typeprøvninger

Den systemansvarlige virksomhed skal have tilsendt en kopi af dokumentationen vedrørende nedennævnte specielle prøvninger. Netselskaberne må kun tilslutte vindmøller, som er medtaget i de systemansvarlige virksomheders liste over afprøvede vindmøller.

11.1 Overspændinger ved ø-drift

Generelt krav

Typeprøvningen skal udføres ved

- en vindhastighed, som medfører produktion af mærkeeffekten,
- fuld kompensering – også selv om der vil blive anvendt central kompensering,
- en spænding på generatorklemmerne, der højst afviger $\pm 5\%$ fra generatorens mærkespænding.

Vindmøllens forbindelse til elnettet skal udkobles, og de temporære overspændinger mellem faserne på vindmøllesiden af afbryderen registreres i tiden umiddelbart før adskillelsen, indtil vindmøllen selv har foretaget en definitiv udkobling. Typeprøvningen er bestået, hvis spændingens effektivværdi ikke stiger mere end 1,2 pu ved tre på hinanden følgende prøvninger.

11.2 Reservekapacitet

Tillægskrav

Det skal eftervises, at en vindmølle har tilstrækkelige reserver til at fungere som foreskrevet i kapitel 8 ved gentagne netkortslutninger.

11.3 Effektforhold under og efter en netkortslutning

Tillægskrav

Der skal foretages en beregning af en vindmølles opførsel ved netkortslutninger. Det er tilstrækkeligt at simulere en 3-faset kortslutning. Beregningen skal udføres ved:

- en vindhastighed, som medfører produktion af mærkeeffekten,
- nominel rotorhastighed,
- fuld kompensering inden kortslutningen.

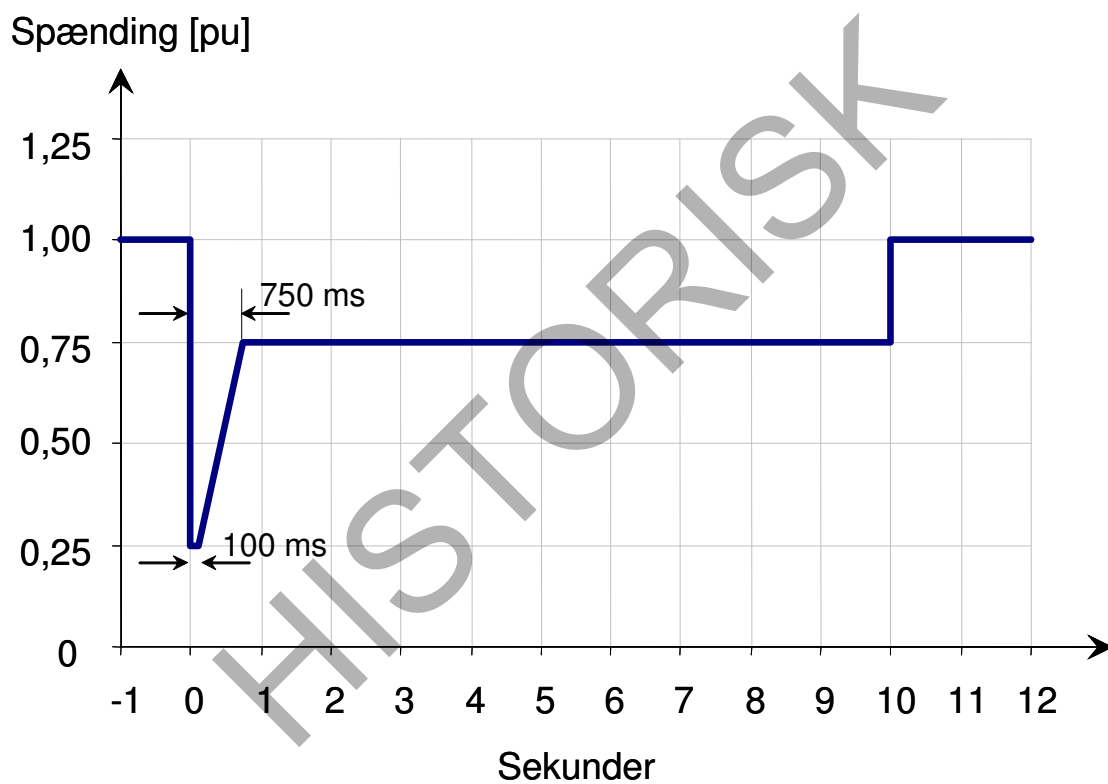
Elsystemet skal repræsenteres ved et Theveninækvivalent. Effektivværdien af spændingen på Theveningeneratorens klemmer skal variere som vist på **Figur 5.1** med vindmøllens mærkespænding som basis.

Serieimpedansen i Theveninækvivalentet skal have følgende værdi henført til 10 kV:

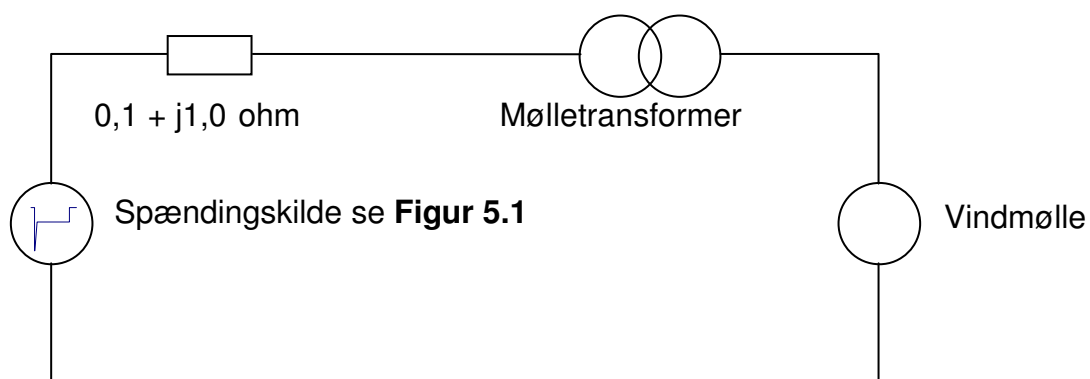
$$R + jX = (0,1 + j1,0) \text{ ohm}$$

Det forudsættes, at mølletransformerens impedans indgår i vindmøllemodellen, se **Figur 5.2**.

Indgår mølletransformer ikke i en leverance, skal vindmølleproducenten specificere de krav, der må stilles til transformerens data, for at kombinationen vindmølle og transformer vil kunne bestå typeprøvningen. Kravene til transformerens data skal fremgå af dokumentationen.



Figur 5.1 Spændingsprofil.



Figur 5.2 Theveninækvivalentet i 1-faset afbildning.

Dokumentationen skal oplyse, hvilket programværktøj der er anvendt ved beregningen samt indeholde en beskrivelse af den anvendte model af vindmølletypen i en detaljeringsgrad, der gør det muligt at eftergøre beregningen.

For at en vindmølle har bestået typeprøvningen, skal følgende være opfyldt:

- Vindmøllen skal senest 10 sekunder efter, at spændingen igen er 1 pu, producere mærkeeffekten, og udvekslingen af reaktiv effekt med nettet skal opfylde kravet i afsnit 6.
- Det skal dokumenteres, at vindmøllen tåler de termiske påvirkninger ved to gentagne kortslutninger med 2-minutters interval under de samme betingelser, som er anvendt ved simuleringen af en 3-faset kortslutning.

Dokumentationen skal oplyse, hvorledes effektivværdien af den aktive og reaktive strøm gennem vindmøllens tilslutningsterminaler varierer under simuleringen.

11.4 Data med relation til spændingskvalitet

Der skal foretages en bestemmelse af de data, der er nødvendige for at vurdere vindmøllers indflydelse på spændingskvaliteten. De relevante data er nævnt i [ref. 5] og skal bestemmes som foreskrevet i standarden.

12. Ekstern kontrol af vindmøller. Tillægskrav

12.1 Dataomfang

I **Tabel 4** er specificeret, hvilke data der skal kunne overføres mellem en vindmølle og en ekstern lokalitet som f.eks. et kontrolrum. Der er anvendt følgende forkortelser:

O:	Ordre	DO:	Dobbelt ordre
T:	Tilstandsmelding	DT:	Firetilstandsindikering
K:	Kan-værdi	M:	Målt værdi
B:	Bør-værdi	V:	Værdi (18 cifre)

Data	Antal og type
Produktionsbegrænsning, til/fra	DO og DT
Aktiv effekt [kW]	K, B og M
Reguleringshastighed [kW/min.]	B
Mistet produktion [kWh]	Se teksten efter tabellen
Frekvensstyring, til/fra	DO og DT
Nedre og øvre frekvensgrænse for reguleringsområdet [Hz]	2 B
Dødbånd ved under- og overfrekvens [Hz]	2 B
Regulering af reaktiv effekt, til/fra	DO og DT
Reaktiv effekt [kvar]	2 K, B og M
Ind- henholdsvis udkobling af vindmølle	DO
Vindmøllen er ind- henholdsvis udkoblet	DT
Udkoblet på grund af høj vindhastighed	T
Udkoblet af netselskabet	T
Ude af drift på grund af fejl/revision	T
Spændingen på lavspændingssiden [V]	M
Vindmøllens identifikationsnr. (GSRN nr.)	V

Tabel 4 Data der skal kunne overføres mellem en vindmølle og en ekstern lokalitet.

Fortegnet for effektværdierne skal følge generatorkonventionen. Den reaktive effekt skal således have et negativt fortegn, hvis vindmøllen forbruger reaktiv effekt, og et positivt fortegn, hvis vindmøllen producerer reaktiv effekt.

Alle måleværdier skal overføres med en opløsning på minimum 11 bit plus fortegn og være i nøjagtighedsklasse 1,0.

Måleusikkerhed på den målte aktive effekt skal således ligge inden for fejlgrænserne for klasse 1,0 målere i henhold til IEC 62053. De anvendte måletransformere

skal mindst være i klasse 0,5 efter IEC 60044-1 (strømtransformere) og IEC 60044-2 (spændingstransformere).

De i **Tabel 4** nævnte kan-værdier henholdsvis måleværdier skal automatisk overføres til en ekstern lokalitet, når en ny værdi afviger fra den sidst overførte værdi. Der skal kunne defineres en passende filtrering for hver måling. Der ønskes anvendt "Event-Delta"-metoden, så ændringer i en måleværdi akkumuleres over tid, hvorved store ændringer kan overføres øjeblikkeligt og mindre ændringer efter en vis tid.

De i **Tabel 4** nævnte data skal på anfordring kunne overføres fra vindmøllen til en ekstern lokalitet. Tilsvarende skal der kunne overføres bør-værdier den modsatte vej. Når en tilstandsmelding eller kvalitetskode ændrer værdi, skal meldingen automatisk overføres.

En vindmølle skal ud fra kan-værdier og målte værdier beregne den energiproduktion (kWh), der mistes i perioder med nedreguleret produktion. Vindmøllen skal gemme et estimat af den mistede produktion i hver nedreguleringsperiode sammen med tidspunktet for periodens start og ophør (år, dato, time, minut). Disse data skal kunne overføres på anfordring. Den usikkerhed, der kan accepteres på kan-værdien, vil afhænge af de afregningsmæssige krav.

Data kan også overføres til/fra en fælles kontrolenhed for vindmøllerne i en park. I dette tilfælde skal vindmølleparken betragtes som én stor vindmølle.

12.2 Dataoverføring

Medmindre andet aftales med netselskabet, skal kommunikationssystemet være i overensstemmelse med [6].

Hvis implementeringen af protokollen i en vindmøllestyring ikke er gennemført på tidspunktet for den tekniske forskrifts ikrafttræden, skal protokollen indlægges senere.

Den protokol, der skal anvendes, er under overvejelse.

Referenceliste

- 1 DEFU-rekommandation nr. 21: *Spændingskvalitet i 10-20 kV-net. (Februar 1995).*
- 2 IEC 61000-3-6: *EMC limits. Limitation of emissions of harmonic currents for equipment connected to medium and high voltage power supply systems. (Oktober 1996).*
- 3 IEC 61000-3-7: *EMC-limits. Limitation of voltage fluctuations and flicker for equipment connected to medium and high voltage power supply systems. (November 1996).*
- 4 IEC 61400-12: *Windturbine generator systems. Power performance measurement techniques.*
- 5 IEC 61400-21: *Power quality requirements for grid connected wind turbines.*
- 6 IEC 61400-25: *Communications for monitoring and control of wind power plants (foreligger i øjeblikket kun som udkast).*
- 7 IEC 62053-21: *Electricity metering equipment (ac) – Particular requirements. Part 21: Static meters for active energy*
- 8 IEC 60044-1. *Instrument transformers – Part 1: Current transformers.*
- 9 IEC 60044-2. *Instrument transformers – Part 2: Inductive voltage transformers.*
- 10 IEC 60050-415. *Electrotechnical Vocabulary – Part 415: Wind turbine generator systems.*
- 11 IEC 61000-4-7: *General guide on harmonics and interharmonics measurements and instrumentation for power supply systems and equipment connected thereto.*

Love, regler, forskrifter og procedurer vedrørende nettilslutning af vindmøller

I det følgende gives en vejledning i love, regler, forskrifter og procedurer, der skal følges ved nettilslutning af vindmøller m.m. Vejledningen omfatter følgende punkter:

1. Regler for tilslutning af vindmøller
2. Hvem gør hvad, når man søger om tilslutning?
3. Stikprøvekontrol
4. Konsekvens af manglende overholdelse af regler og forskrifter
5. Klage og tilsyn
6. Typegodkendelse.

1. Reglerne

Lovreglerne for tilslutning af vindmøller findes i Elforsyningslovens § 68 og er nærmere uddybet i Bekendtgørelse nr. 331 af 8. maj 2003 om nettilslutning af vindmøller (og prisafregning af vindmølleproduceret strøm).

Netselskaberne skal kontrollere rigtigheden af afregningsmålere, jf. Bekendtgørelse nr. 54 af 23. januar 1997.

Det er pålagt de systemansvarlige virksomheder at udstede tekniske forskrifter for tilslutning af elproduktionsanlæg til det kollektive elforsyningssystem.

Forskrift TF 3.2.6 er udstedt på baggrund af ovennævnte regler.

I øvrigt kan en vindmølle kun tilsluttes elnettet, hvis den er opstillet i overensstemmelse med gældende bestemmelser i Elforsyningsloven, lov om udnyttelse af vedvarende energikilder m.v., herunder reglerne om typegodkendelse, plan- og byggelovgivning samt regler i medfør af disse love.

På Energistyrelsens hjemmeside (www.ens.dk) under "lovstof" findes energilovene samt tilhørende bekendtgørelser.

2. Hvem gør hvad, når man søger om tilslutning?

Netselskabet i bevillingsområdet, hvor møllen tilsluttes, træffer afgørelse, om betingelserne for tilslutning er opfyldte (jf. Vindmøllebekendtgørelsen, § 22, stk. 1). Endvidere træffer netselskabet afgørelse om fordeling af omkostninger mellem mølleejeren og netselskabet.

2.1. Tilslutningspunktet samt krav til tilslutningen

Vindmølleejeren skal:

- Indsende en anmodning om nettilslutning af sin vindmølle til det netselskab i hvis område, vindmøllen skal opstilles.
- Sikre, at typegodkenderen har udfyldt og indsendt bilag 2
- Medsende en kopi af møllens typegodkendelse.

Og skal have:

- Egen afregningsmåler, som overholder den systemansvarlige virksomheds målerforskrifter, jf. den systemansvarlige virksomheds målerforskrifter på hjemmeside under tekniske forskrifter.

Og har oplysningspligt over for netselskabet og over for den systemansvarlige virksomhed. Således er mølleejeren forpligtet til at:

- Afgive oplysninger, som er nødvendige til at træffe beslutning om møllens nettilslutning
- Meddele netselskabet om ejerskifte
- Meddele tidligere nettilslutninger
- Meddele ændrede forhold i øvrigt af betydning for tilslutningsbetingelsernes overholdelse.

Netselskabet:

- Anviser et tilslutningspunkt på det nærmeste sted på elnettet, hvor elektriciteten fra den nye mølle kan aftages med eksisterende netforhold.
- Opstilles møllen i et vindmølleområde, som specifikt er udpeget ved en regionplan (Miljøministeriets cirkulære nr. 100 af 10. juni 1999), fører elnettet frem til et tilslutningspunkt ved vindmølleområdets afgrænsning, når der er sikkerhed for, at der opføres mølle med en samlet installeret effekt (står på typegodkendelsen) på mindst 1,5 MW.
- Fastsætter spændingsniveauet og meddeler dette til vindmølleejeren samt den systemansvarlige virksomhed.

2.2. Omkostninger ved tilslutning

Vindmølleejeren afholder omkostningerne til nettilslutningen frem til det af netselskabet anviste nettilslutningspunkt, det vil sige:

- Vindmøllens installation
- Lavspændingstilslutning
- Etablering af eventuel lokal vindmølletransformer, inklusive afregningsmåler
- Stikledning til elnettet
- Tilslutning til elnettet, herunder fasekompensering (dog ikke for ikke-medleveret reaktiv effekt).

Samt omkostninger til:

- Netselskabets omkostninger til behandling af anmodningen om nettilslutning
- Vedligeholdelse af netselskabets afregningsmåler, til aflæsning af måler og afregning af elektricitet
- Kalibrering og udskiftning af netselskabets afregningsmåler
- Egen afregningsmåler med tilhørende telekommunikation.

Netselskabet afholder omkostningerne til:

- Udbygning og forstærkning af elnettet
- Nettab fra afregningsmåleren på net, hvortil der ikke er tilsluttet forbrugere eller andre producenter end vindmøller.
- Fasekompensering for ikke-medleveret reaktiv effekt.

3. Stikprøvekontrol

Netselskabet fører kontrol med afregningsmålerens rigtighed.

4. Konsekvens af manglende overholdelse af regler og forskrifter

Det straffes med bøde, hvis vindmølleejeren:

- Afgiver urigtige oplysninger i forbindelse med anmodning om nettilslutning, eller
- Hvis ejeren undlader at indsende underretning til netselskabet om ændringer i forudsætninger af betydning for nettilslutning, eller
- Hvis ejeren afgiver urigtige oplysninger i forbindelse med underretningen om ændringer.

5. Tilsyn og klage

Energitilsynet fører tilsyn med de vilkår, som netselskabet fastsætter for nettilslutning.

Vindmølleejeren kan klage til Energitilsynet over netselskabets afgørelse. Klagen skal være indgivet skriftligt inden fire uger efter, at afgørelsen er meddelt til mølle-

ejeren og skal sendes til netvirksomheden, som igen inden fire uger efter modtagelsen videregiver klagen til Energitilsynet.

Forskrift TF 3.2.6 er anmeldt til Energistyrelsen.

Klage over forskrifterne kan indbringes for Energistyrelsen og skal være indgivet senest fire uger efter, forskrifterne er gjort tilgængelige for brugere og potentielle brugere af det kollektive elforsyningsnet.

6. Typegodkendelse

Reglerne for typegodkendelse findes i Energistirelsens Bekendtgørelse 270 af 2. maj 1991.

Vindmøller, der opstilles, skal være typegodkendt. Typegodkendelser udstedes af Prøvestationen for Vindmøller på Forskningscenter Risø eller andre bemyndiget af Energistyrelsen.

Til sikring af møllens kvalitet skal der for produktion og installation af møllerne være opbygget og anvendt et kvalitetsstyringssystem, som er certificeret.

For typegodkendelse og certificering henvises til Energistyrelsen, idet reglerne i øjeblikket er under revision.

Tekniske oplysninger til netselskaberne

Dette skema udfyldes af typegodkenderen, og det skal indgå som et bilag til typecertifikatet. Skemaet er tilgængeligt i elektronisk format på hjemmesiden

www.dawt.dk.

Oplysningerne i skemaerne skal være baseret på definitionerne og måleprocedurerne i IEC 61400-21. Afvigelser herfra skal angives. Hvis netselskabet ønsker det, skal det have tilsendt en testrapport.

Vindmølletype/tekniske data

Fabrikant	
Typebetegnelse	
Typegodkendelse	
Godkendelsesorgan	
Mærkevindhastighed, $v_{\text{mærke}}$ [m/s]	
Mærkeeffekt, P_n [kW]	
Tilsyneladende mærkeeffekt, $S_{\text{mærke}}$ [kVA]	
Maksimal tilladt effekt, P_{mc} [kW]	
Maksimal målt effekt:	
- 60 sekunders middelværdi, P_{60} [kW]	
- 0,2 sekunders middelværdi, $P_{0,2}$ [kW]	
Mærkespænding [V]	
Mærkestrøm, I_n [A]	
Største stationære kortslutningsstrøm ved en 3-faset kortslutning i tilslutningspunktet [MVA]	

Flickerkoefficient med vindmøllen i drift, $c(\psi_k, v_a)$

Middelvindhastighed, v_a [m/s]	Nettets impedansvinkel, ψ_k [grader]			
	30	50	70	85
6				
7,5				
8,5				
10,0				

Spændingsændringer og flicker forårsaget af koblinger

Koblingssituation	Indkobling ved startvindhastigheden			
Maks. antal koblinger i 2 timer, N_{120}				
	Nettets impedansvinkel, ψ_k [grader]			
	30	50	70	85
Flickertrinfaktor, $k_f(\psi_k)$				
Spændingsændringsfaktor, $k_u(\psi_k)$				

Koblingssituation	Indkobling ved mærkevindhastigheden			
Maks. antal koblinger i to timer, N_{120}				
	Nettets impedansvinkel, ψ_k [grader]			
	30	50	70	85
Flickertrinfaktor, $k_f(\psi_k)$				
Spændingsændringsfaktor, $k_u(\psi_k)$				

Koblingssituation	Værste tilfælde ved kobling mellem generatorer eller viklinger			
Maks. antal koblinger i 2 timer, N_{120}				
	Nettets impedansvinkel, ψ_k [grader]			
	30	50	70	85
Flickertrinfaktor, $k_f(\psi_k)$				
Spændingsændringsfaktor, $k_u(\psi_k)$				

HISTORISK

Overtoner

Dette skema skal kun udfyldes for vindmøller med en elektronisk effektomformer.

Det er ikke nødvendigt at oplyse værdier, som er lavere end 0,1 % af mærkestrømmen.

Ordenstal	Afgivet effekt [kW]	Harmonisk strøm [% af $I_{\text{mærke}}$]	Ordenstal	Afgivet effekt [kW]	Harmonisk strøm [% af $I_{\text{mærke}}$]
2			3		
4			5		
6			7		
8			9		
10			11		
12			13		
14			15		
16			17		
18			19		
20			21		
22			23		
24			25		
26			27		
28			29		
30			31		
32			33		
34			35		
36			37		
38			39		
40			41		
42			43		
44			45		
46			47		
48			49		
50					
Maks. total harmonisk forvrængning [% af I_n]					
Afgivet effekt ved maks. total harmonisk forvrængning [kW]					

Den reaktive effekt, som vindmøllen kan levere/optage uden for reguleringsbåndet på **Figur 2**, skal fremgå af et P-Q-diagram, som skal vedlægges det udfyldte bilag 2.