



Teknisk forskrift

TF 5.9.1

Systemtjenester

Systemtjenester som produktionsanlæg skal levere vederlagsfrit som en betingelse for tilslutning til nettet.

1.1		19.06.2012	W26-2012	04.07.2012	05.07.2012	DATE
REV.	DESCRIPTION	LGS	ELSK	LGS	TSK	NAME
		PREPARED	CHECKED	REVIEWED	APPROVED	
		91470-11 v5				

Revisionsoversigt

Kapitel nr.	Tekst	Revision	Dato
Hele forskriften	Ændringer indarbejdet som følge af kommentarer fra offentlig høring.	1.1	06.07.2012
Hele forskriften	Omskrevet i ny skabelon. Tekniske ændringer. Offentlig høring.	1.0	23.11.2011 - 17.01.2012

Indholdsfortegnelse

1.	Terminologi og definitioner	6
1.1	Anlægsejer	6
1.2	Anlægsoperatør	6
1.3	Distributionsnet	6
1.4	Ekstra frekvensregulering	6
1.5	Elforsyningsvirksomhed	6
1.6	Forceret nedkørsel	6
1.7	Forceret opkørsel	6
1.8	Frekvensregulering	7
1.9	Kollektive elforsyningsnet	7
1.10	Kritisk effekt-/frekvensregulering	7
1.11	Netvirksomhed	7
1.12	P/Q-diagram	7
1.13	Produktionsanlæg	7
1.14	Produktionsbalanceansvarlig	7
1.15	Spændingsreferencepunkt	7
1.16	Statik	8
1.17	Systemtjenester	8
1.18	Størrelse af produktionsanlæg	8
1.19	Transmissionsnet	8
1.20	Transmissionsvirksomhed	8
1.21	Vindkraftværksregulator	8
2.	Formål, anvendelsesområde og forvaltningsmæssige bestemmelser	9
2.1	Forskriftens formål og anvendelsesområde	9
2.2	Hjemmel	9
2.3	Hvilke anlægskategorier er omfattet af forskriften	10
2.4	Misligholdelse og sanktioner	10
2.5	Klage	10
2.6	Dispensation og uforudsete forhold	10
2.7	Ikrafttræden og implementering	11
3.	Krav til levering af systemtjenester	12
3.1	Systemtjenester fra termiske elproducerende anlæg tilsluttet transmissionsnettet ($U_n > 100$ kV)	12
3.1.1	Driftsstabilitet	12
3.1.2	Effektregulering	12
3.1.3	Reaktiv effektregulering/spændingsregulering	12
3.1.4	Ekstra frekvensregulering	13
3.1.5	Kritisk effekt-/frekvensregulering	13
3.1.6	Blok-ø-drift	13
3.2	Systemtjenester fra termiske elproducerende anlæg $\geq 1,5$ MW tilsluttet distributionsnettet ($U_n < 100$ kV)	14
3.2.1	Effektregulering	14
3.2.2	Reaktiv effektregulering/spændingsregulering	14
3.2.3	Ekstra frekvensregulering	14
3.2.4	Kritisk effekt-/frekvensregulering	14

3.3	Systemtjenester fra termiske elproducerende anlæg <1,5 MW tilsluttet distributionsnettet ($U_n < 100$ kV)	15
3.3.1	Reaktiv effektregulering/spændingsregulering	15
3.4	Systemtjenester fra vindkraftanlæg tilsluttet transmissionsnettet ($U_n > 100$ kV).....	16
3.4.1	Generelt.....	16
3.4.2	Reaktiv effektregulering/spændingsregulering	16
3.4.3	Ekstra frekvensregulering	18
3.4.4	Kritisk effekt-/frekvensregulering	18
3.5	Systemtjenester fra vindkraftanlæg ≥ 25 MW tilsluttet distributionsnettet ($U_n < 100$ kV)	21
3.5.1	Generelt.....	21
3.5.2	Reaktiv effektregulering/spændingsregulering	21
3.5.3	Kritisk effekt-/frekvensregulering	21
3.6	Systemtjenester fra vindkraftanlæg $\geq 1,5$ MW men <25 MW tilsluttet distributionsnettet ($U_n < 100$ kV)	23
3.6.1	Generelt.....	23
3.6.2	Reaktiv effektregulering/spændingsregulering	23
Bilag 1: Oversigt over ældre tilslutningsbestemmelser		24

Læsevejledning

Denne forskrift indeholder krav til producenter vedrørende de systemtjenester, som produktionsanlæg vederlagsfrit skal levere som bidrag til en sikker og stabil systemdrift. Opfyldelse af kravene er en betingelse for at være tilsluttet det kollektive elforsyningsnet.

Forskriften beskriver tillige, hvordan anlæggenes påkrævede driftsparametre skal være indstillet.

Forskriften er bygget op således:

Kapitel 1 indeholder terminologier og definitioner, som anvendes i de efterfølgende kapitler.

Kapitel 2 beskriver formålet med forskriften, dens anvendelsesområde og de forvaltningsmæssige bestemmelser, der ligger til grund for udstedelse af forskriften.

Kapitel 3 indeholder de specifikke krav til systemtjenesterne. Kapitlet er underopdelt efter anlægstype og -størrelse.

Forskriftens sidste del er bilag 1, der er en oversigt over ældre tilslutningsbestemmelser for termiske elproducerende anlæg.

Forskriften er udgivet af Energinet.dk og kan hentes på www.energinet.dk.

1. Terminologi og definitioner

1.1 Anlægsejer

Anlægsejer er den, der juridisk ejer produktionsanlægget. *Anlægsejer* kan overdrage det driftsmæssige ansvar til en anlægsoperatør.

1.2 Anlægsoperatør

Anlægsoperatøren er den virksomhed, der har det driftsmæssige ansvar for produktionsanlægget via ejerskab eller kontraktmæssige arrangementer.

1.3 Distributionsnet

Se *Kollektive elforsyningsnet*.

1.4 Ekstra frekvensregulering

Funktionaliteten *Ekstra frekvensregulering* er den samme som "Frekvensregulering". "Ekstra" betyder, at elsystemet har brug for mere frekvensregulering end det, der på det pågældende tidspunkt ved leveringsaftale er til rådighed.

Kørende anlæg, der modtager ordren *Ekstra frekvensregulering*, skal efter bedste evne levere maksimal mulig frekvensregulering med udgangspunkt i det planlagte lastarbejdsområde/driftspunkt.

Hvis Energinet.dk ønsker bedre evne til at levere *ekstra frekvensregulering*, vil ændring af lastarbejdsområde/driftspunkt blive beordret og afregnet som specialregulering.

1.5 Elforsyningsvirksomhed

Elforsyningsvirksomheden er den virksomhed, i hvis net et produktionsanlæg er tilsluttet elektrisk. For spændingsniveauer op til 100 kV er det den lokale *netvirksomhed*, og for spændingsniveauer over 100 kV er det *transmissionsvirksomheden*.

1.6 Forceret nedkørsel

Forceret nedkørsel er en ordre om hurtig nedregulering af effekt fra produktionsanlæg. *Forceret nedkørsel* foregår typisk automatisk og efter på forhånd indgået aftale med det/de pågældende produktionsanlæg.

1.7 Forceret opkørsel

Energinet.dk kan afgive ordren *Forceret opkørsel* til kørende produktionsanlæg, når der er alvorligt effektunderskud, og elsystemet har brug for hurtig effektstøtte.

Ved modtagelse af ordren skal det/de pågældende produktionsanlæg hurtigst muligt levere maksimal mulig effekt inklusive overbelastningsevne og med maksimal reguleringsgradient. Eventuel fjernvarme skal bortkobles, og andre mulige tiltag for at levere maksimal effekt skal aktiveres.

1.8 Frekvensregulering

Regulering af aktiv effekt med henblik på stabilisering af netfrekvensen benævnes *frekvensregulering*.

1.9 Kollektive elforsyningsnet

Transmissions- og distributionsnet, som på offentligt regulerede vilkår har til formål at transportere elektricitet for en ubestemt kreds af elleverandører og elforbrugere.

Transmissionsnettet defineres som det *kollektive elforsyningsnet* med nominel spænding over 100 kV, mens distributionsnettet defineres som det *kollektive elforsyningsnet* med nominel spænding under 100 kV.

1.10 Kritisk effekt-/frekvensregulering

Kritisk effekt-/frekvensregulering er en automatisk frekvensstyret regulering, hvor idriftværende produktionsanlæg inden for dets tekniske rammer og efter bedste evne skal levere effektregulering proportionalt med frekvensafvigelsen (statikregulering) for at bidrage til at undgå sammenbrud af elsystemet.

Kritisk effekt-/frekvensregulering aktiveres ved store frekvensafvigelser, hvor de kommercielle reguleringsydelse er udreguleret.

Kritisk effekt-/frekvensregulering leveres med udgangspunkt i det planlagte lastarbejdsområde/driftspunkt. Hvis Energinet.dk ønsker bedre evne til *kritisk effekt-/frekvensregulering*, vil ændring af lastområde/driftspunkt blive beordret og afregnet som specialregulering.

1.11 Netvirksomhed

Virksomhed med bevilling, der driver distributionsnettet.

1.12 P/Q-diagram

Et *P/Q-diagram* angiver, hvor meget aktiv og reaktiv effekt (samtidig for begge typer effekt) generatoren kontinuert kan levere eller optage.

1.13 Produktionsanlæg

Produktionsanlæg er et termisk elproducerende anlæg eller et vindkraftanlæg.

1.14 Produktionsbalanceansvarlig

En *produktionsbalanceansvarlig* varetager balanceansvaret for et givet produktionsapparat over for Energinet.dk og er ligeledes økonomisk ansvarlig over for Energinet.dk.

1.15 Spændingsreferencepunkt

Referencepunkt for spændingsregulering. *Spændingsreferencepunktet* kan være forskelligt fra tilslutningspunktet. Det er den elforsyningsvirksomhed, i hvis net et produktionsanlæg bliver tilsluttet, der vælger placering af *spændingsreferencepunktet*.

1.16 Statik

Statik er hældningen af en kurve, som en regulering skal følge. *Statik* angives ofte i procent.

1.17 Systemtjenester

Systemtjenester er fællesbetegnelse for de systemstabiliserende funktioner eller reguleringer, der leveres automatisk fra elproducerende enheder alene på grund af anlæggenes fysik, automatisk på baggrund af indstillinger (variable eller faste), eller som leveres efter direkte indgreb på den enkelte produktionsenhed. *Systemtjenester* er funktioner, der skal leveres vederlagsfrit som betingelse for tilslutning til nettet.

1.18 Størrelse af produktionsanlæg

Størrelsen af et produktionsanlæg skal i denne forskrift regnes som summen af MW, som anlægget producerer ind i samme tilslutningspunkt.

1.19 Transmissionsnet

Se *Kollektive elforsyningsnet*.

1.20 Transmissionsvirksomhed

Virksomhed med bevilling eller elforsyningsvirksomhed, som driver transmissionsnettet.

1.21 Vindkraftværksregulator

En *vindkraftværksregulator* er en samling af regulerings- og styringsfunktioner, der gør det muligt at regulere og styre et vindkraftanlæg som ét anlæg i tilslutningspunktet. Samlingen af regulerings- og styringsfunktioner skal være en del af vindkraftanlægget.

Ofte bliver en *vindkraftværksregulator* benævnt "Parkcontroller".

2. Formål, anvendelsesområde og forvaltningsmæssige bestemmelser

2.1 Forskriftens formål og anvendelsesområde

Formålet med forskriften er at sikre den tekniske kvalitet og balance i det kollektive elforsyningsnet.

Forskriften specificerer de systemtjenester, som de enkelte produktionsanlæg skal levere i overensstemmelse med de tekniske krav, der var gældende, da anlæggene blev etableret. Ved væsentlige ombygninger, hvor produktionsanlæg godkendes efter nyere tilslutningsbestemmelser, skal anlæggene levere systemtjenester i overensstemmelse med de nye betingelser for godkendelse.

Note: Systemtjenester må ikke forveksles med systemydelse. Systemydelser, som der ydes særskilt betaling for, fremgår af de til enhver tid gældende udbudsbetingelser for reguleringsreserver og systemydelser.

Forskriften beskriver, hvordan produktionsanlæg tilsluttet det kollektive elforsyningsnet skal reagere.

Forskriften specificerer, hvad de enkelte produktionsanlæg skal stille til rådighed for nettet, og hvordan de skal reagere under forskellige forhold i nettet for at opnå en koordineret virkning af den samlede mængde idriftværende produktionsenheder.

Note: Tilslutningsbestemmelser for de enkelte anlægstyper beskriver, hvad de enkelte produktionsanlæg skal kunne som betingelse for at være tilsluttet nettet. Forskrift TF 5.9.1 Systemtjenester beskriver, hvordan anlæggene skal reagere i forskellige situationer inden for rammerne i tilslutningsbetingelserne.

2.2 Hjemmel

Forskriften har – jf. § 7, stk. 1, i bekendtgørelse nr. 891 af 17. august 2011 om systemansvarlig virksomhed og anvendelse af eltransmissionsnettet m.v. – været i ekstern høring inden anmeldelse til Energitilsynet.

Forskriften præciserer bestemmelserne i lovbekendtgørelse nr. 516 af 20. maj 2010 om Lov om elforsyning:

- § 27b, stk. 3, hvorefter Energinet.dk af hensyn til forsyningssikkerheden kan kræve, at yderligere elproduktionsanlæg holdes driftsklare, således at anlæggene kan producere elektricitet med et varsel fastsat af Energinet.dk.
- § 27c, stk. 7, hvorefter Energinet.dk ved overhængende risiko for netsammenbrud, under netsammenbrud og til genopbygning af nettet – uden betaling – kan kræve de nødvendige omlægninger af produktion, handel og forbrug.
- § 26, stk. 2, hvorefter brugere skal opfylde de krav, som er fastsat for adgang og tilslutning til det kollektive elforsyningsnet.

2.3 Hvilke anlægskategorier er omfattet af forskriften

Forskriften gælder for nye og for eksisterende produktionsanlæg.

2.4 Misligholdelse og sanktioner

Det påhviler ejeren af produktionsanlægget at sikre, at bestemmelserne i denne forskrift overholdes.

Omkostningerne forbundet med overholdelse af bestemmelserne påhviler ejeren af produktionsanlægget.

Overtrædelse af de tekniske bestemmelser i denne forskrift vil blive anmeldt til Energitilsynet.

Hvis manglende eller forkert levering af systemtjenester kan bringe systembalancen og/eller -sikkerheden i fare, vil Energinet.dk om nødvendigt foranledige anlægget nedreguleret eller afbrudt.

2.5 Klage

Klage over forskriftens indhold kan indbringes for Energitilsynet, Carl Jacobsens Vej 35, 2500 Valby. Energitilsynet kan give Energinet.dk pålæg om ændring af forskriften.

Klager over Energinet.dk's forvaltning af bestemmelserne i forskriften kan ligeledes indbringes for Energitilsynet.

Spørgsmål vedrørende administrationen af bestemmelserne i forskriften kan rettes til Energinet.dk.

2.6 Dispensation og uforudsete forhold

Dispensation

Energinet.dk kan give dispensation fra specifikke bestemmelser i denne forskrift.

For at der kan gives dispensation,

- skal der være tale om særlige forhold, fx af lokal karakter
- må afvigelsen ikke give anledning til nævneværdig forringelse af den tekniske kvalitet og balance i det kollektive elforsyningsnet
- må afvigelsen ikke være uhensigtsmæssig set ud fra en samfundsøkonomisk betragtning.

Dispensionsansøgning skal ske skriftligt til Energinet.dk. Der skal angives, hvilke bestemmelser dispensationen vedrører og begrundelsen for dispensationsønsket.

Uforudsete forhold

Hvis der viser sig forhold omkring systemtjenester, som ikke er forudset i denne forskrift, men som er af væsentlig betydning for systembalancen og/eller

-sikkerheden på kortere sigt, vil Energinet.dk – efter drøftelse med anlægsejeren – beslutte, hvilke ændringer anlægsejeren skal foretage med hensyn til systemtjenester.

2.7 Ikrafttræden og implementering

Forskriften træder i kraft 6. juli 2012.

I bilag 1 findes en oversigt over ældre tilslutningsbestemmelser.

Forskriften anmeldes til Energitilsynet efter reglerne i elforsyningslovens § 76 samt systemansvarsbekendtgørelsens § 7.

Implementering

Justering af parametre skal være gennemført senest 31. august 2012.

Justering af funktionaliteter skal være gennemført senest 6. juli 2013.

3. Krav til levering af systemtjenester

3.1 Systemtjenester fra termiske elproducerende anlæg tilsluttet transmissionsnettet (Un>100 kV)

3.1.1 Driftsstabilitet

Anlæg skal i den daglige drift og under fejl udvise driftsstabilitet.

Hvis et anlæg ikke udviser tilstrækkelig driftsstabilitet, eller anlægget skønnes at have nedsat evne til at bidrage til at bringe systemet tilbage til en stabil tilstand efter en fejl, skal dette meddeles til Energinet.dk, som derefter i samarbejde med anlægsejeren fastlægger nødvendige forbedringstiltag.

Hvis Energinet.dk vurderer, at driftsstabiliteten er utilstrækkelig, vil der efter forudgående drøftelser med anlægsejeren blive fastlagt produktionsbegrænsninger for det pågældende anlæg.

3.1.2 Effektregulering

Anlæg skal i kritiske driftssituationer bidrage med effektregulering efter Energinet.dk's anvisninger. Dette kan medføre ordrer om produktionsændring, fx ved forskydning af planlagt start/stop, forceret op-/nedkørsel og lignende. Effekten leveres efter Energinet.dk's anvisninger i et driftsområde betinget af hvert anlægs P/Q-diagram.

I perioder, hvor driftssituationen gør det nødvendigt, skal der på foranledning af Energinet.dk udarbejdes en plan for forceret nedkørsel i det pågældende prisområde, herunder evt. aktivering af nedstyringsautomatik for det kommende driftsdøgn. Planen udarbejdes for den time, hvor den produktionsbalanceansvarlige har den laveste nedreguleringsevne. Planen skal fremsendes til Energinet.dk senest kl. 18.00 dagen før driftsdøgnet.

3.1.3 Reaktiv effektregulering/spændingsregulering

Produktionsanlæg skal levere reaktiv effektregulering til transmissionsnettet for at opretholde det samlede elsystems spændingsniveau og reaktive balance.

Produktionsanlægget skal spændingsregulere efter en statiskindstilling, der skal aftales mellem anlægsejeren og Energinet.dk, inden anlægget idriftsættes. Indstillingen kan ændres efter behov.

Reaktiv effekt leveres efter Energinet.dk's anvisninger i et driftsområde betinget af hvert anlægs P/Q-diagram.

Normalt sker den reaktive effektlevering fra anlægget som følge af en automatisk spændingsregulering med en given spændingsreference, som udmeldes af Energinet.dk.

For at udbalancere unødvendig reaktiv produktion (med fortegn) på produktionsanlæg kan Energinet.dk beordre en specifik Mvar-ændring på produktionsanlæggene.

3.1.4 *Ekstra frekvensregulering*

Kørende produktionsanlæg, der modtager ordren "Ekstra frekvensregulering", skal efter bedste evne levere maksimal mulig frekvensregulering ved at:

- Vestdanmark: Tilkoble mulige primærreguleringsreserver (med aktiveringsfrekvens 50 Hz \pm 20 mHz)
- Østdanmark: Tilkoble mulige reserver til frekvensstyret normaldriftsreserve (med aktiveringsfrekvens 50 Hz \pm 0 mHz, dvs. bortkoblet dødbånd).

3.1.5 *Kritisk effekt-/frekvensregulering*

Ved store frekvensafvigelser skal alle produktionsanlæg bidrage med kritisk effekt-/frekvensregulering:

- Reguleringens statik skal være indstillet på 6 %.
- Produktionsanlæggene skal automatisk bidrage med kritisk effekt-/frekvensregulering i områderne $f \leq 49,800$ Hz og $f \geq 50,200$ Hz (aktivering skal starte ved 49,800 Hz henholdsvis 50,200 Hz) for Vestdanmark – og $f \leq 49,500$ Hz og $f \geq 50,100$ Hz (aktivering skal starte ved 49,500 Hz henholdsvis 50,100 Hz) for Østdanmark.

3.1.6 *Blok-ø-drift*

Ved hændelser i elsystemet, hvor generatorerne i henhold til tilslutningsbetingelserne må koble fra nettet, skal kraftværksblokkene overgå til blok-ø-drift.

3.2 Systemtjenester fra termiske elproducerende anlæg $\geq 1,5$ MW tilsluttet distributionsnettet ($U_n < 100$ kV)

3.2.1 Effektregulering

Anlæg skal i kritiske driftssituationer bidrage med effektregulering efter Energinet.dk's anvisninger. Dette kan medføre ordrer om produktionsændring, fx ved forskydning af planlagt start/stop eller lignende.

Anvisninger fra Energinet.dk vil – i overensstemmelse med kontrolstrukturen – blive sendt via den produktionsbalanceansvarlige.

3.2.2 Reaktiv effektregulering/spændingsregulering

Produktionsanlæg skal levere reaktiv effektregulering til distributionsnettet for at opretholde distributionsnettets reaktive balance og spændingsniveau.

Anlæggene skal levere reaktiv effekt efter den lokale netvirksomheds anvisninger i et driftsområde inden for produktionsanlæggets tekniske rammer.

3.2.3 Ekstra frekvensregulering

Kørende produktionsanlæg ≥ 25 MW, der modtager ordren "Ekstra frekvensregulering", skal efter bedste evne levere maksimal mulig frekvensregulering ved at:

- Vestdanmark: Tilkoble mulige primærreguleringsreserver (med aktiveringsfrekvens $50 \text{ Hz} \pm 20 \text{ mHz}$)
- Østdanmark: Tilkoble mulige reserver til frekvensstyret normaldriftsreserve (med aktiveringsfrekvens $50 \text{ Hz} \pm 0 \text{ mHz}$, dvs. bortkoblet dødbånd).

3.2.4 Kritisk effekt-/frekvensregulering

Ved store frekvensafvigelse skal alle produktionsanlæg bidrage med kritisk effekt-/frekvensregulering:

- Reguleringens statik skal være indstillet på 4 %.
- Produktionsanlæggene skal automatisk bidrage med kritisk effekt-/frekvensregulering i områderne $f \leq 49,800 \text{ Hz}$ og $f \geq 50,200 \text{ Hz}$ (aktivering skal starte ved $49,800 \text{ Hz}$ henholdsvis $50,200 \text{ Hz}$) for Vestdanmark – og $f \leq 49,500 \text{ Hz}$ og $f \geq 50,100 \text{ Hz}$ (aktivering skal starte ved $49,500 \text{ Hz}$ henholdsvis $50,100 \text{ Hz}$) for Østdanmark.

3.3 Systemtjenester fra termiske elproducerende anlæg <1,5 MW tilsluttet distributionsnettet (Un<100 kV)

3.3.1 Reaktiv effektregulering/spændingsregulering

Produktionsanlæg skal levere reaktiv effektregulering til distributionsnettet for at opretholde distributionsnettets reaktive balance og spændingsniveau.

Anlæggene skal levere reaktiv effekt efter den lokale netvirksomheds anvisninger i et driftsområde inden for produktionsanlæggets tekniske rammer.

3.4 Systemtjenester fra vindkraftanlæg tilsluttet transmissionsnettet (Un>100 kV)

3.4.1 Generelt

Reguleringsfunktionerne i kapitel 3.4 skal være til rådighed som systemtjenester for Energinet.dk.

Alle ordrer – til vindkraftanlæg tilsluttet transmissionsnettet (Un>100 kV) – om omlægning/frigivning af produktion afgives fra Energinet.dk's KontrolCenter EI til den produktionsbalanceansvarlige, som uden unødigt forsinkelse skal gennemføre den beordrede omlægning/frigivning på vindkraftanlægget. Den maksimale reaktionstid på videregivelse af ordrer til vindkraftanlæggets vindkraftværksregulator må højst være 1 minut.

Note: For vindkraftanlæg, der er omfattet af lovgivning om kompensation ved påkrævet nedregulering som beskrevet i forskriften "Kompensation til havvindmølleparker ved påbudt nedregulering", kompenseres efter gældende regler.

3.4.2 Reaktiv effektregulering/spændingsregulering

For vindmølleparker tilsluttet efter 1. december 2004 men før 1. december 2010 gælder:

Vindmølleparker tilsluttet i henhold til den tekniske forskrift "TF 3.2.5 Vindmøller tilsluttet net med spændinger over 100 kV", anmeldt til Energistyrelsen 3. december 2004, skal levere reaktiv effektregulering til transmissionsnettet for at opretholde det samlede elsystems reaktive balance og spændingsniveau.

Følgende tre reguleringsfunktioner skal være til rådighed for Energinet.dk:

1. Q-regulering, hvor vindkraftanlægget leverer en konstant Mvar-værdi i tilslutningspunktet.
2. Spændingsregulering, hvor vindkraftanlægget stabiliserer spændingen i spændingsreferencepunktet til en fastsat værdi – dog kun inden for anlæggets tilladte reguleringsområde.
3. Reguleringsbånd, hvor vindkraftanlægget i tilslutningspunktet leverer en variabel reaktiv effekt, der opfylder minimumskravene i henhold til tilslutningsforskriftens kapitel 6.

Operatøren for vindkraftanlægget kan selv vælge, hvilken af de tre ovennævnte reguleringsfunktioner for reaktiv effekt/spændingsregulering, der skal være aktiveret, medmindre elsystemet er påvirket/fejlført i en grad, der ikke tillader frit valg mellem funktionerne. Som udgangspunkt kan operatøren også selv vælge indstillingsværdien (Mvar-værdi, spændingsværdi eller Tanφ-værdi) for en given reguleringsfunktion, men værdien skal på forhånd aftales med og accepteres af Energinet.dk's KontrolCenter EI for at sikre, at vindmølleparkens regulering ikke giver anledning til væsentlige uhensigtsmæssigheder på transmissionsnettet eller på andre produktionsanlæg. Enhver ændring af regulerings-

funktion eller af indstillingsværdi skal på forhånd aftales med og accepteres af Energinet.dk's KontrolCenter EI.

I driftssituationer, hvor elsystemet er påvirket/fejlrant i en sådan grad, at systemsikkerheden eller –balancen kan sikres/forbedres væsentligt med optimal støtte fra vindkraftanlægget, skal Energinet.dk's KontrolCenter EI kunne beordre en vilkårlig af de tre ovennævnte reguleringsfunktioner aktiveret med en indstillingsværdi, der ligger inden for det for vindkraftanlægget teknisk mulige område.

De tre ovennævnte reguleringsfunktioner skal i tilfælde af atypisk driftsspænding i spændingsreferencepunktet som følge af en indtruffet hændelse midlertidigt overgå til spændingsreguleringsfunktion, der skal sørge for, at vindkraftanlægget automatisk, og uden unødigt tidsforsinkelse, regulerer Mvar-udvekslingen med nettet for at stabilisere spændingen til en aftalt værdi. De aktuelle spændingsværdier m.v. – hvor denne stabiliseringsfunktion skal fungere – aftales, inden vindkraftanlægget eller funktionen idriftsættes, og kan ændres efter behov. Formålet med reguleringsfunktionen er at undgå unødvendige udkoblinger af vindkraftanlægget. Overgang til spændingsreguleringsfunktion skal kunne deaktiveres/aktiveres efter beordring fra Energinet.dk's KontrolCenter EI.

Hvis vindkraftanlægget af en eller anden teknisk grund er begrænset i at kunne levere en eller flere reguleringsfunktioner, skal den produktionsbalanceansvarlige straks meddele dette til Energinet.dk's KontrolCenter EI, som herefter – ud fra de givne muligheder – beslutter, hvordan vindkraftanlægget skal drives, indtil den tekniske begrænsning bortfalder.

For vindmølleparker tilsluttet 1. december 2010 eller derefter gælder:

Vindmølleparker tilsluttet på transmissionsnettet (Un>100 kV) i henhold til "Teknisk forskrift 3.2.5 for vindkraftværker større end 11 kW", der trådte i kraft 1. december 2010, skal levere reaktiv effektregulering til transmissionsnettet for at opretholde det samlede elsystems reaktive balance og spændingsniveau.

Følgende tre reguleringsfunktioner skal være til rådighed for Energinet.dk:

1. Q-regulering, hvor vindkraftanlægget leverer en konstant Mvar-værdi i tilslutningspunktet.
2. Spændingsregulering, hvor vindkraftanlægget stabiliserer spændingen i spændingsreferencepunktet til en fastsat værdi – dog kun inden for anlæggets tilladte reguleringsområde.
3. Effektfaktorregulering, hvor vindkraftanlægget leverer en variabel reaktiv effekt proportional med den aktive effekt i tilslutningspunktet.

Operatøren for vindkraftanlægget kan selv vælge, hvilken af de tre ovennævnte reguleringsfunktioner for reaktiv effekt/spændingsregulering, der skal være aktiveret, medmindre elsystemet er påvirket/fejlrant i en grad, der ikke tillader frit valg mellem funktionerne. Som udgangspunkt kan operatøren også selv vælge indstillingsværdien (Mvar-værdi, spændingsværdi eller $\tan\phi$ -værdi) for

en given reguleringsfunktion, men værdien skal på forhånd aftales med og accepteres af Energinet.dk's KontrolCenter EI for at sikre, at vindmølleparkens regulering ikke giver anledning til væsentlige u hensigtsmæssigheder på transmissionsnettet eller på andre produktionsanlæg. Enhver ændring af reguleringsfunktion eller af indstillingsværdi skal på forhånd aftales med og accepteres af Energinet.dk's KontrolCenter EI.

I driftssituationer, hvor elsystemet er påvirket/fejlrant i en sådan grad, at systemsikkerheden eller -balancen kan sikres/forbedres væsentligt med optimal støtte fra vindkraftanlægget, skal Energinet.dk's KontrolCenter EI kunne beordre en vilkårlig af de tre ovennævnte reguleringsfunktioner aktiveret med en indstillingsværdi, der ligger inden for det for vindkraftanlægget teknisk mulige område.

De tre ovennævnte reguleringsfunktioner skal i tilfælde af atypisk driftsspænding i spændingsreferencepunktet som følge af en indtruffet hændelse midlertidigt overgå til spændingsreguleringsfunktion, der skal sørge for, at vindkraftanlægget automatisk, og uden unødig tidsforsinkelse, regulerer Mvar-udvekslingen med nettet for at stabilisere spændingen til en aftalt værdi. De aktuelle spændingsværdier m.v. – hvor denne stabiliseringsfunktion skal fungere – aftales, inden vindkraftanlægget eller funktionen idriftsættes, og kan ændres efter behov. Formålet med reguleringsfunktionen er at undgå unødvendige udkoblinger af vindkraftanlægget. Overgang til spændingsreguleringsfunktion skal kunne deaktiveres/aktiveres efter beordring fra Energinet.dk's KontrolCenter EI.

Hvis vindkraftanlægget af en eller anden teknisk grund er begrænset i at kunne levere en eller flere reguleringsfunktioner, skal den produktionsbalanceansvarlige straks meddele dette til Energinet.dk's KontrolCenter EI, som herefter – ud fra de givne muligheder – beslutter, hvordan vindkraftanlægget skal drives, indtil den tekniske begrænsning bortfalder.

3.4.3 Ekstra frekvensregulering

Kørende vindkraftanlæg, der modtager ordren "Ekstra frekvensregulering", skal efter bedste evne levere maksimal mulig frekvensregulering ved at:

- Vestdanmark: Tilkoble mulige primærreguleringsreserver (med aktiveringsfrekvens 50 Hz ± 20 mHz)
- Østdanmark: Tilkoble mulige reserver til frekvensstyret normaldriftsreserve (med aktiveringsfrekvens 50 Hz ± 0 mHz, dvs. bortkoblet dødbånd).

3.4.4 Kritisk effekt-/frekvensregulering

Ved store frekvensafvigelse skal alle vindkraftanlæg bidrage med kritisk effekt-/frekvensregulering.

For vindkraftanlæg, der er tilsluttet det kollektive elforsyningsnet **før 1. december 2010**, gælder følgende krav om kritisk effekt-/frekvensregulering:

- Reguleringens statik skal være indstillet på 2 %.
- Ved fortsat stigende frekvens må vindkraftanlægget ikke udkoble, men skal forblive i drift ved minimum effektproduktion, indtil udkoblingsfrekvensen 52,000 Hz eventuelt overskrides.
- Vindkraftanlægget skal automatisk bidrage med kritisk effekt-/frekvensregulering i områderne $f \leq 49,800$ Hz og $f \geq 50,200$ Hz (aktivering skal starte ved 49,800 Hz henholdsvis 50,200 Hz) for Vestdanmark – og $f \leq 49,500$ Hz og $f \geq 50,100$ Hz (aktivering skal starte ved 49,500 Hz henholdsvis 50,100 Hz) for Østdanmark.

For vindkraftanlæg, der er tilsluttet det kollektive elforsyningsnet

1. december 2010 eller derefter, gælder følgende krav til kritisk effekt-/frekvensregulering:

Ved *underfrekvenser* gælder følgende krav:

- Reguleringens statik skal være indstillet på 2 %.
- Vindkraftanlægget skal automatisk bidrage med kritisk effekt-/frekvensregulering i området $f \leq 49,800$ Hz (aktivering skal starte ved 49,800 Hz) for Vestdanmark – og $f \leq 49,500$ Hz (aktivering skal starte ved 49,500 Hz) for Østdanmark.

Ved *overfrekvenser* skal de relevante frekvenser og statikker (f_4, f_5, f_6, f_7 , statik 3 og statik 4, **fremhævet med fed skrift**) indstilles på værdierne i tabel 1 – medmindre andet direkte aftales.

Note: Sammenhæng mellem frekvenser og statikker kan ses i kapitel 5 i "Teknisk forskrift 3.2.5 for vindkraftværker større end 11 kW", som findes på www.energinet.dk.

Frekvens- og statikbenævnelser. (Refererer til TF 3.2.5)	Forklaring	Danmark-vest Indstillingsværdier (default) [Hz]	Danmark-øst Indstillingsværdier (default) [Hz]
f_{nominel}	Fast værdi	50,000	50,000
f_{min}	Mindste værdi	47,000	47,000
f_{maks}	Maksimal værdi	52,000	52,000
f_1	Nedre regulerbånd	49,800	49,500
f_2	Nedre dødbånd	49,980	49,900
f_3	Øvre dødbånd	50,020	50,200
f_4	Øvre regulerbånd	50,200	50,100
f_5 Note	Skift mellem statik- og hystereseseområde Note	50,300	50,300
f_6	Udkobling	52,000	52,000
f_7	Opregulering ved frekvensnormalisering	50,050	50,050
Statik 1 ($f_1 - f_2$)		Afhænger af mængde og anlæggets størrelse	Afhænger af mængde og anlæggets størrelse
Statik 2 ($f_3 - f_4$)		Afhænger af mængde og anlæggets størrelse	Afhænger af mængde og anlæggets størrelse
Statik 3 ($f_4 - f_5$) Note		2 %	2 %
Statik 4 ($f_5 - f_6$) Note		4 %	4 %

Tabel 1 Indstillingsværdier (default) for kritisk effekt-/frekvensregulering på vindkraftanlæg tilsluttet transmissionsnettet.

Note til tabel 1 (om skift mellem statik- og hystereseseområde):

Ved frekvenser mindre end f_5 må effektreduktionen aftage (dvs. effektproduktionen må forøges) med det samme, hvis frekvensen falder. Dette må ikke ske, hvis frekvensen på et tidspunkt har overskredet grænsen f_5 .

Ved frekvenser større end f_5 (dvs. i hystereseseområdet) skal effektproduktionen fastholdes eller reduceres, og effektproduktionen må først forøges igen, når frekvensen på et tidspunkt er mindre end f_7 .

3.5 Systemtjenester fra vindkraftanlæg ≥ 25 MW tilsluttet distributionsnettet ($U_n < 100$ kV)

3.5.1 Generelt

Kravene i kapitel 3.5 er gældende for vindkraftanlæg tilsluttet nettet i henhold til TF 3.2.6 "Teknisk forskrift for vindmøller tilsluttet net med spændinger under 100 kV" dateret 24. maj 2004 – og senere tilslutningsbetingelser.

Ældre vindkraftanlæg må udveksle reaktiv effekt med nettet i henhold til netvirksomhedens leveringsbestemmelser.

Reguleringsfunktionerne i kapitel 3.5 skal være til rådighed som systemtjenester for Energinet.dk.

Alle ordrer – til vindkraftanlæg ≥ 25 MW tilsluttet distributionsnettet ($U_n < 100$ kV) – om omlægning/frigivning af produktion afgives fra Energinet.dk's KontrolCenter EI til den produktionsbalanceansvarlige, som uden unødigt forsinkelse skal gennemføre den beordrede omlægning/frigivning på vindkraftanlægget. Den maksimale reaktionstid på videregivelse af ordrer til vindkraftanlæggets vindkraftværksregulator må højst være 15 minutter.

3.5.2 Reaktiv effektregulering/spændingsregulering

Vindkraftanlæggene skal levere reaktiv effektregulering til distributionsnettet for at opretholde distributionsnettets spændingsniveau og reaktive balance.

Anlæggene skal levere reaktiv effekt efter den lokale netvirksomheds anvisninger i et driftsområde inden for vindkraftanlæggets tekniske rammer.

3.5.3 Kritisk effekt-/frekvensregulering

For vindkraftanlæg, der er tilsluttet det kollektive elforsyningsnet **før 1. december 2010**, er der ingen krav om kritisk effekt-/frekvensregulering.

For vindkraftanlæg ≥ 25 MW, der er tilsluttet det kollektive elforsyningsnet **1. december 2010 eller derefter**, gælder følgende krav til kritisk effekt-/frekvensregulering:

Ved *underfrekvenser* gælder følgende krav:

- Reguleringens statik skal være indstillet på 2 %.
- Vindkraftanlægget skal automatisk bidrage med kritisk effekt-/frekvensregulering i området $f \leq 49,800$ Hz (aktivering skal starte ved 49,800 Hz) for Vestdanmark – og $f \leq 49,500$ Hz (aktivering skal starte ved 49,500 Hz) for Østdanmark.

Ved *overfrekvenser* skal de relevante frekvenser og statikker (f_4 , f_5 , f_6 , f_7 , statik 3 og statik 4, **fremhævet med fed skrift**) indstilles på værdierne i tabel 2 – medmindre andet direkte aftales.

Note: Sammenhæng mellem frekvenser og statikker kan ses i kapitel 5 i "Teknisk forskrift 3.2.5 for vindkraftværker større end 11 kW", som findes på www.energinet.dk.

Frekvens- og statikbenævnelser. (Refererer til TF 3.2.5)	Forklaring	Danmark-vest	Danmark-øst
		Indstillingsværdier (default)	Indstillingsværdier (default)
		[Hz]	[Hz]
f_{nominel}	Fast værdi	50,000	50,000
f_{min}	Mindste værdi	47,000	47,000
f_{maks}	Maksimal værdi	52,000	52,000
f_1	Nedre regulerbånd	49,800	49,500
f_2	Nedre dødbånd	49,980	49,900
f_3	Øvre dødbånd	50,020	50,200
f_4	Øvre regulerbånd	50,200	50,100
f_5 Note	Skift mellem statik- og hystereseseområde Note	50,300	50,300
f_6	Udkobling	52,000	52,000
f_7	Opregulering ved frekvensnormalisering	50,050	50,050
Statik 1 ($f_1 - f_2$)		Afhænger af mængde og anlæggets størrelse	Afhænger af mængde og anlæggets størrelse
Statik 2 ($f_3 - f_4$)		Afhænger af mængde og anlæggets størrelse	Afhænger af mængde og anlæggets størrelse
Statik 3 ($f_4 - f_5$) Note		2 %	2 %
Statik 4 ($f_5 - f_6$) Note		4 %	4 %

Tabel 2 Indstillingsværdier (default) for kritisk effekt-/frekvensregulering på vindkraftanlæg tilsluttet distributionsnettet.

Note til tabel 2 (om skift mellem statik- og hystereseseområde):

Ved frekvenser mindre end f_5 må effektreduktionen aftage (dvs. effektproduktionen må forøges) med det samme, hvis frekvensen falder. Dette må ikke ske, hvis frekvensen på et tidspunkt har overskredet grænsen f_5 .

Ved frekvenser større end f_5 (dvs. i hystereseseområdet) skal effektproduktionen fastholdes eller reduceres, og effektproduktionen må først forøges igen, når frekvensen på et tidspunkt er mindre end f_7 .

3.6 Systemtjenester fra vindkraftanlæg $\geq 1,5$ MW men < 25 MW tilsluttet distributionsnettet ($U_n < 100$ kV)

3.6.1 Generelt

Kravene i dette kapitel er gældende for vindkraftanlæg tilsluttet nettet i henhold til TF 3.2.6 "Teknisk forskrift for vindmøller tilsluttet net med spændinger under 100 kV" dateret 24. maj 2004 – og senere tilslutningsbetingelser.

Ældre vindkraftanlæg må udveksle reaktiv effekt med nettet i henhold til netvirksomhedens leveringsbestemmelser.

Alle ordrer – til vindmøller tilsluttet distributionsnettet ($U_n < 100$ kV) – om omlægning af produktion vil normalt blive sendt via den produktionsbalanceansvarlige.

3.6.2 Reaktiv effektregulering/spændingsregulering

I daglig drift må vindkraftanlæggene udveksle reaktiv effekt med nettet i henhold til den lokale netvirksomheds leveringsbestemmelser.

Eventuelle yderligere driftsvilkår aftales med den lokale netvirksomhed.

Bilag 1: Oversigt over ældre tilslutningsbestemmelser

Der angives herunder en oversigt over tidligere bestemmelser og rekommandationer gældende for **termiske elproducerende anlæg**. Eksisterende anlæg etableret før ikrafttræden af Teknisk Forskrift 3.2.3, version 5, vil være omfattet af de nedenstående tidligere bestemmelser og rekommandationer:

For det vestdanske område (Jylland og Fyn) for *kraftværksenheder* over 25-50 MW:

- 1977-1987: "Kraftværkspecifikationer for effektudbygning i 1980'erne", notat ARN-77/179, Elsam, 1977
- 1987-1995: "Kraftværksspecifikationer for nyanlæg større end 25 MW", notat S87-56g, Elsam, 1987
- 1995-2004: "Kraftværksspecifikationer for produktionsanlæg > 50 MW", notat SP92-230j, Elsam, 1995.

For det vestdanske område (Jylland og Fyn) for *kraftværksenheder* under 25-50 MW:

- 1977-1991: "Kraftværkspecifikationer for effektudbygning i 1980'erne", notat ARN-77/179, Elsam, 1977
- 1991-1995: "Kraftværksspecifikationer for decentrale kraftvarmeanlæg op til 50 MW", notat EP91/172, Elsamprojekt, 1991
- 1995-2004: "Kraftværksspecifikationer for produktionsanlæg mellem 2 og 50 MW", notat SP92-017a, Elsam, 1995.

For det østdanske område (Sjælland og øer) for *kraftværksenheder* over 100-200 MW:

- 1975-1982: "Drifttekniske specifikationer for varmekraft", Nordel, juli 1975
- 1982-1995: "Drifttekniske specifikationer for varmekraft, Revision, nr. 1", Nordel, juni 1982
- 1995-2004: "Operational Performance Specifications for Thermal Power Units larger than 100 MW", Nordel, 1995.

For det østdanske område (Sjælland og øer) for *kraftværksenheder* under 100-200 MW:

- 1990-1995: "Driftstekniske specifikationer for mindre varmekraft anlæg, Tillæg nr. 1", Nordel, august 1990
- 1995-2004: "Operational Performance Specifications for small Thermal Power Units, Amendment no. 1", Nordel, 1995.