

Vejledning til FON (Final Operational Notification) - Endelig Driftstilladelse

Revisionsoversigt

AFSNIT	ÆNDRING	REV	DATO
Alle		0	21-12-2021

Indhold

1. Baggrund	5
1.1 Anvendelsesområde	5
2. Forudsætninger for tests.....	7
2.1 Generelle Dokumentationskrav.....	8
2.1.1 Tidsserie data	8
2.1.2 Verifikation af Simuleringsmodeller	8
2.2 Validering af parameterindstillinger efter testprogram	8
3. Testkrav for synkrone produktionsanlæg	9
3.1 Krav til målepunkter og målte parametre	9
3.2 Reguleringssegenskaber for aktiv effekt	9
3.2.1 Setpunktsregulering (planregulering).....	9
3.2.1.1 Test af Setpunktsregulering - Setpunktsændring	9
3.2.2 FSM – Frequency Sensitive Mode	10
3.2.2.1 Test af FSM – Setpunktsændring	10
3.2.2.2 Test af FSM – Rampeændring.....	11
3.2.3 LFSM-O og -U – Limited Frequency Sensitive Mode - Over- and Under frequency	11
3.2.3.1 Test af LFSM-O og -U - Setpunktsændring.....	11
3.2.3.2 Test af LFSM-O og -U - Rampeændring.....	12
3.2.4 Systemværn (hvis krævet af Energinet)	13
3.2.4.1 Test Systemværn	13
3.3 Reguleringssegenskaber for magnetiseringssystem	14
3.3.1 AVR - Automatic Voltage Regulator	14
3.3.1.1 Test af AVR - Step respons i tomgang.....	14
3.3.2 PSS - Power system stabilizer	15
3.3.2.1 Test af AVR - Frekvenskarakteristik, offline	15
3.3.2.2 Test af AVR - Frekvenskarakteristik, online	15
3.3.2.3 Test af PSS – Spændingsforstyrrelser	15
3.3.3 Reaktiv effekt kapacitet.....	15
3.3.3.1 Test af PQ-egenskaber – Kortlægning af arbejdsområde	15
3.3.4 Begrænserfunktioner	15
3.3.4.1 Test af undermagnetiseringsbegrænser.....	15
3.3.4.2 Test af overmagnetiseringsbegrænser	15
3.3.4.3 Test af statorstrømsbegrænser	15
3.3.4.4 Test af V/Hz-begrænser	15
4. Testkrav for asynkrone produktionsanlæg	16
4.1 Krav til målepunkter og målte parametre	16
4.2 Reguleringssegenskaber for aktiv effekt	17
4.2.1 Setpunktsregulering (planregulering).....	17
4.2.1.1 Test af Setpunktsregulering - Setpunktsændring	17
4.2.1.2 Test af Setpunktsregulering - Delta-effektbegrænser	18
4.2.2 FSM – Frequency Sensitive Mode	18
4.2.2.1 Test af FSM – Setpunktsændring	18
4.2.2.2 Test af FSM – Rampeændring.....	19

4.2.3	LFSM-O og -U – Limited Frequency Sensitive Mode – Over- and Under frequency	20
4.2.3.1	Test af LFSM-O og -U - Setpunktsændring.....	20
4.2.3.2	Test af LFSM-O og -U - Rampeændring.....	21
4.2.4	Systemværn	22
4.2.4.1	Test af Systemværn	22
4.2.5	Robusthed overfor frekvensændringer (RoCoF)	23
4.2.5.1	Test af RoCoF	23
4.3	Reguleringsegenskaber for reaktiv effekt.....	23
4.3.1	Regulering af reaktiv effekt	23
4.3.1.1	Test af U-kontrol.....	23
4.3.1.2	Test af Q-kontrol.....	24
4.3.1.3	Test af pf-kontrol	25
4.3.1.4	Test af Sømløst skifte imellem Q-, U- og pf-kontrol	26
4.3.2	Reaktiv effekt kapacitet.....	27
4.3.2.1	Test af U-Q/P-egenskaber – Kortlægning af arbejdsområde ved lav spænding	27
4.3.2.2	Test af U-Q/P-egenskaber – Kortlægning af arbejdsområde ved høj spænding	28
4.3.2.3	Test af P-Q/P _n - egenskaber - Kortlægning af P-Q/P _n arbejdsområde.....	28
4.4	Tidsforsinkelse mellem parkregulator og produktionsenheder	29
4.4.1	Modelverifikation af tidsforsinkelsen for parkreguleringsresponsset	29
4.4.1.1	Modelverifikationstest for tidsforsinkelse mellem parkregulator og produktionsenheder	29
5.	Test af produktionstelegraf.....	30
6.	Test af spændingskvalitet.....	30
7.	Test af dødstart (systemgenoprettelsesreserve).....	30
8.	Beskyttelse og relæindstillinger	30
9.	Koordinering med Energinet under udførelse af tests	31
9.1	Koordinering med kontrolrum	31
9.2	Koordinering med marked	32
10.	Referencer	33

1. Baggrund

Nærværende dokument tjener som vejledning til den dokumentation, som anlægsejer skal udarbejde i forbindelse med ansøgning om en endelige driftstilladelse (FON) for produktionsanlæg der ønskes tilsluttet i transmissionsnettet.

I det følgende beskrives de tests og dokumentationskrav, som skal være opfyldt, før Energinet kan udstede en FON. Den endelige driftstilladelse er sidste tilladelse, som anlægsejer skal opnå, for frit at kunne drive sit anlæg tilsluttet transmissionsnettet.

1.1 Anvendelsesområde

Denne vejledning finder anvendelse på nye transmissionstilsluttede anlæg, som er omfattet af/tilsluttet efter:

- RfG – Kommissionens Forordning (EU) 2016/631 af 14. april 2016 om fastsættelse af netregler om krav til nettilslutning for produktionsanlæg, herunder
 - o Asynkrone produktionsanlæg af type D
 - o Synkrone produktionsanlæg af type D
- TF 3.3.1 – Teknisk Forskrift 3.3.1 For Elektriske Energilageranlæg
- TF 3.2.7 – Teknisk Forskrift 3.2.7 Krav For Spændingskvalitet For Tilslutning Af Produktionsenheder

Vejledningen finder ikke anvendelse på:

- Distributionstilsluttede anlæg
- Forbrugsanlæg tilsluttet efter DCC – Kommissionens Forordning (EU) 2016/1388 af 17. august 2016 om fastsættelse af netregler om nettilslutning af forbrugs- og distributionsystemer

Anlægsejer skal forud for FON sikre, at anlægget testes og verificeres jævnfør Kapitel 2, 3 og 4 i Titel IV i Kommissionens Forordning (EU) 2016/631¹.

- Kapitel 2 beskriver overensstemmelsesafprøvning af synkrone produktions produktionsanlæg
- Kapitel 3 beskriver overensstemmelsesafprøvning af elproducerende anlæg (herunder asynkrone anlæg)
- Kapitel 4 beskriver overensstemmelsesafprøvning af elproducerende offshore anlæg

Jævnfør RfG Artikel 15.6.c.i skal anlægsejer sikre at simuleringsmodellerne leveret til systemoperatøren, er verificeret mod resultaterne af testforløbene beskrevet i Kapitel 1, Kapitel 2 og Kapitel 3 i Forordningen.

Krav til simuleringsmodeller er beskrevet i RfG Bilag 1.B².

Afsnit 4 i Bilag 1.B beskriver verifikationen af simuleringsmodeller. Her angives:

”Anlægsejeren skal sikre, at simuleringsmodellerne er verificeret [1]. Anlægsejeren er ansvarlig for al udførelse af test til modelverifikation, herunder fremskaffelse af nødvendigt måleudstyr, dataloggere og personel. Anlægsejeren er desuden ansvarlig for gennemførelse og dokumenta-

¹ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DA/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R0631&from=EN>

² <https://energinet.dk/-/media/98C3A9C198DF4AD798A0391F0BA4AD08.PDF?la=da&hash=4D5929035404757FC2F1B01726390D86FEDB823C>

tion af den påkrævede modelverifikation, herunder dokumentation af overholdelse af de definerede nøjagtighedskrav til simuleringsmodellen. Den praktiske udførelse af overensstemmelsesprøvnings skal ske som specificeret i [1], hvor omfanget af modelverifikationen fastlægges i samarbejde med den systemansvarlige virksomhed, efter oplæg fra anlægsejeren. 22/26
 Dok.16/05118-107 Offentlig/Public Anlægsejeren skal dokumentere målingerne anvendt til verifikation af simuleringsmodellen for produktionsanlægget i form af en rapport indeholdende beskrivelser af hvert datasæt, herunder det anvendte måleudstyr og den efterfølgende databehandling, samt randbetingelser for de gennemførte overensstemmelsesprøvnings og årsag til eventuelle afvigelser i forhold til de specificerede randbetingelser. Måleresultater sammenholdes med de tilsvarende simulerede resultater og simuleringsmodellens nøjagtighed dokumenteres i form af en verifikationsrapport. Modelverifikationsproceduren betragtes først som afsluttet, når den systemansvarlige virksomhed har godkendt den af anlægsejeren fremsendte modelverifikationsrapport. Tidsseriemålingerne anvendt til verifikation af simuleringsmodellen skal vedlægges verifikationsrapporten i CSV-format (comma separated values).”

Kilde henvisning [1] i ovennævnte er Forordning (EU) 2016/631, hvor Kapitel 1, Kapitel 2 og Kapitel 3 angiver krav til eftervisningen.

Dette dokument har til formål at vejlede anlægsejeren i udførelsen af tests og indsamling af måledata, til udførelse af ovennævnte modelverifikationsprocedure og aflevering af modelverifikationsrapport.

Dokumentet søger at vejlede anlægsejer i:

- Hvor og hvilke elektriske signaler der skal måles og indsamles til evaluering og aflevering til systemoperatøren
- Hvilke testforløb der som minimum skal udføres

Det forventes at samtlige af de elektriske signaler angivet måles, indsamles og afleveres i .csv format for alle testforløb.

Energinet har søgt at skabe sammenhæng mellem ION vejledning og FON vejledning, således at testforløbene for det fysiske anlæg så vidt muligt svarer til de simulerede forløb rapporteret i forbindelse med ION. Dette har til formål at strømligne processen med at sammenligne simulerede og målte værdier i verifikationsrapporten.

For hvert testforløb, angives de for testen relevante elektriske signaler, som den pågældende test skal evalueres på, og hvor der skal indgå en direkte sammenligning mellem simuleret og det i testen målte testforløb i anlægsejeren verifikationsrapport.

Kapitel 3 omkring synkron produktionsanlæg er ikke færdigbehandlet og vil blive opdateret i en senere revision.

2. Forudsætninger for tests

Testrapporten skal inkludere en beskrivelse af (gerne anvist på et-stregs-diagram og kontrolsystemstegning), hvor de forskellige elektriske variable (spænding, strøm, aktiv effekt, reaktiv effekt etc.) samt evt. kontrol signaler og referencer er målt.

Ligeledes skal udstyret, der bliver brugt til målingerne beskrives. Dette inkluderer som minimum:

- Samplingsfrekvens ved både test og logning
- Opløsning og range på måleudstyret
- Tolerancer på måleudstyret
- Informationer om eventuel efterbehandling af data

Derudover skal det beskrives i detaljer, hvordan alle nedenstående tests vil blive udført i praksis. Enhver planlagt test skal beskrive følgende:

- Formålet med testen
- Hvordan testen bliver evalueret
- Hvilke elektriske variable og signaler der bliver målt
- Succeskriterierne for testene
- Forudsætninger for testen (f.eks. et minimum rådighed af aktiv effekt niveau eller krav til netspænding og netfrekvens)

Forudsætning for gennemførelse af en test, er, at spænding og frekvens i POC er inden for normaldriftsområdet jf. System Operation Guideline (SO GL).

Normaldriftsområde		
	DK1	DK2
Normalt frekvensområde	50 Hz ± 200 mHz	50 Hz ± 500 mHz
Normalt spændingsområde – 110-300 kV	0,9 - 1,118 pu	0,9 - 1,05 pu
Normalt spændingsområde – 300-400 kV	0,9 - 1,05 pu	0,9 - 1,05 pu

Tabel 1 Definition af normaldriftsområde.

Baseværdi for de forskellige spændingsniveauer er givet ved nedenstående tabel.

Baseværdi for 1 pu		
Systemspænding	DK1	DK2
132 kV	-	138 kV
150 kV	152 kV	-
220 kV	220 kV	234 kV
400 kV	400 kV	400 kV

Tabel 2 Baseværdier for pu-spænding.

Alle test må først påbegyndes, når anlægget er i steady state.

De beskrevne test i denne vejledning er Energinets forslag til verificering af krav jf. RfG'en. Nogle test kan med fordel udvides såfremt anlægsejer i samme omgang ønsker at teste anlægget med henblik på opfyldelse af krav i forbindelse med levering af systemydelser. Det drejer sig blandt andet om krav til test for levering af frekvensrespons FSM. Beskrivelse af testkrav for levering af systemydelser findes på Energinets hjemmeside under "[Systemydelser](#)".

2.1 Generelle Dokumentationskrav

2.1.1 Tidsserie data

Alle overensstemmelsesprøvnings af det fysiske anlæg skal optages og leveres til Energinet Systemansvar A/S i csv (comma separated value) format.

2.1.2 Verifikation af Simuleringsmodeller

Foruden overensstemmelsesprøvnings af det fysiske anlæg, som skal vise compliance med RfG krav, skal de nævnte tests i denne vejledning også bruges til verifikation af de leverede RMS og EMT simuleringsmodeller. Her skal en compliance rapport af anlægget inkludere en sammenligning af alle udførte tests op imod de leverede RMS- og EMT-modeller og simuleringer. For bedste sammenligningsgrundlag plottes resultater fra simuleringsmodeller i samme graf som de målte data, hvilket muliggør god vurdering om nøjagtighedskrav af modeller er overholdt. Ved unacceptable uoverensstemmelser imellem målte og simulerede tests, eller ved opdaterede reguleringsparametre af anlægget under ION perioden, skal der leveres opdaterede anlægsmodeller (RMS og EMT).

2.2 Validering af parameterindstillinger efter testprogram

Efter udførelse af tests skal det sikres, at diverse parameterindstillinger ændret under tests, justeres tilbage til oprindelige værdier jf. nettilslutningsaftalen og almindelige nettilslutningskrav. Her tænkes blandt andet på:

- Droop for LFSM-O/U
- FSM – dødbånd
- FSM – aktiveringsområde
- Rampehastig for aktiv effekt
- Droop – spændingsregulering
- Kontrol-mode, samt referenceværdien for pågældende kontrol-mode

3. Testkrav for synkrone produktionsanlæg

Dette afsnit beskriver vejledning til de tests, der skal udføres, på det fysiske synkrone produktionsanlæg for at verificere overholdelse af nettilslutningskrav forud for at opnå FON. Testene danner rammerne for at verificere modellen af det fulde anlæg.

3.1 Krav til målepunkter og målte parametre

Beskrivelse under udarbejdelse

3.2 Reguleringsegenskaber for aktiv effekt

Dette afsnit beskriver testkrav for eftervisning af reguleringsfunktioner og -egenskaber for aktiv effekt.

3.2.1 Setpunktsregulering (planregulering)

Anlæggets egenskab til at ændre outputtet af aktiv effekt eftervises.

3.2.1.1 Test af Setpunktsregulering - Setpunktsændring

Formålet med denne test er at eftervise turbineregulering ved setpunktsændringer for aktiv effekt og at kortlægge reguleringshastighed for det samlede anlæg.

Forudsætninger:

- Anlægget drives ved følgende driftspunkt målt i POC: $P = P_{\min}$, $Q = 0$ pu.

Evalueringsparametre:

- Aktiv effekt i POC
- Reaktiv effekt i POC
- Spænding i POC

Succeskriterier:

- Test viser overensstemmelse med krav til aktiv effekt-kontrol, jf. artikel 15, stk. 2, litra a) i RfG.
- Test viser overensstemmelse med krav til max/min gradient, jf. artikel 15, stk. 6, litra e) i RfG.
- Test viser stabil og kontrolleret drift for anlæg uden uventede/uforklarlige hændelser.

Test:

- Anlæggets aktiv effekt-setpunkt ændres i fem trin, som følger:

Setpunktsændring	
	P _{setpunkt} [pu]
P ₀ =	P _{min}
P ₁ =	0,5
P ₂ =	0,7
P ₃ =	1,0
P ₄ =	0,7
P ₅ =	0,5

- Hver setpunktsændring igangsættes først, når steady state på ny er opnået.

- I løbet af testen skal anlægges maksimale rampehastighed verificeres.

3.2.2 FSM – Frequency Sensitive Mode

Anlæggets egenskab til at yde frekvensregulering i normaldriftsområdet eftervises.

3.2.2.1 Test af FSM – Setpunktsændring

Formålet med denne test er at eftervise turbineregulering ved setpunktsændringer for frekvens for dermed at eftervise, at anlægget er i stand til at yde frekvensregulering inden for normaldriftsområdet.

Forudsætninger:

- Anlægget drives i frekvenskontrol tilstand.
- Testen skal udføres således, at statikken (droop) under frekvensregulering er 2%.
Dette opnås med følgende indstillinger:
 - o Kapacitet frigjort til frekvensbalancer: $\pm 0,10 \times P_n$
 - o Dødbånd for frekvensregulering: ± 20 mHz
 - o Frekvensbånd for fuld aktivering af frekvensregulering: ± 120 mHz

Evalueringsparametre:

- Aktiv effekt i POC
- Reaktiv effekt i POC
- Spænding i POC
- Frekvens

Succeskriterier:

- Test viser overensstemmelse med krav til aktiv effekt-kontrol, jf. artikel 15, stk. 2, litra d) i RfG.
- Test viser stabil og kontrolleret drift uden uventede/uforklarlige hændelser.
- Test viser fuld aktivering af den reserverede aktive effekt.
- Test trigger ikke aktivering af LFSM-O/U.

Test:

- Frekvensen ændres i otte trin, som vist i nedenstående tabel. (Frekvensen kan ændres ved evt. at tillægge et offset til frekvensmåling eller ved at overskrive frekvensmålingen.)
- Hver setpunktsændring igangsættes først, når steady state på ny er opnået.
- Testen udføres ved minimum tre forskellige driftspunkter for aktiv, som samlet set repræsenterer hele arbejdsområdet for anlægget. Dvs. ved
 - a) $P_1 = 0,2 - 0,4$ pu
 - b) $P_2 = 0,4 - 0,7$ pu
 - c) $P_3 = 0,7 - 0,9$ pu

FSM - Setpunktsændring	
	f _{setpunkt} [Hz]
f ₀ =	50
f ₁ =	50,12
f ₂ =	50

$f_3 =$	49,88
$f_4 =$	50
$f_5 =$	50,2
$f_6 =$	50
$f_7 =$	49,8
$f_8 =$	50

3.2.2.2 Test af FSM – Rampeændring

Formålet med denne test er at eftervise regulering ved rampeændringer for frekvens for dermed at kortlægge anlæggets evne til at levere frekvensregulering.

Forudsætninger, Evalueringsparametre, Succeskriterier, Test:

- Se beskrivelse i forrige test: FSM - Setpunktsændring

Test – forsat:

- I stedet for frekvensstep ændres frekvensen her med en rampehastighed på 0,1 Hz/s.
- Setpunktet for frekvensen ændres som angivet i nedenstående tabel.
- Hver ny frekvensændring igangsættes først, når steady state på ny er opnået.

FSM - Rampeændring	
	f_{setpunkt} [Hz]
$f_0 =$	50
$f_1 =$	50,2
$f_2 =$	50
$f_3 =$	49,8
$f_4 =$	50

- Efter endt test indstilles frekvensbåndet for fuld aktivering af allokeret effekt, så det afspejler standardindstillingerne (se nettilslutningsaftalen).

3.2.3 LFSM-O og -U – Limited Frequency Sensitive Mode - Over- and Under frequency

Anlæggets egenskab til at yde frekvensregulering udenfor normaldriftsområdet eftervises.

Anlæggets aktive effekt skal følge den krævede statik, uanset om netfrekvensen er stigende eller faldende. Parametre for regulering i statisk tilstand, såsom parametre for statik og dødbånd samt dynamiske parametre, skal verificeres.

3.2.3.1 Test af LFSM-O og -U - Setpunktsændring

Formålet med denne test er at eftervise korrekt aktiv effekt-respons fra anlægget, når det påtrykkes en setpunktsændring i frekvensen.

Forudsætninger:

- Anlægget drives ved setpunktsregulering.
- Droop-indstilling og tærskelværdi for LFSM-O og -U skal afspejle krav jf. artikel 13, stk. 2, litra c), og stk. 2, litra d) samt artikel 15, stk. 2, litra c), nr. i) i RfG (se RfG bilag 1). Dvs. droop og tærskelværdi på hhv.
 - o DK1: 5%, ± 200 mHz

- o DK2: 4%, ± 500 mHz
- FSM-funktionaliteten skal være deaktiveret.

Evalueringsparametre:

- Aktiv effekt i POC
- Reaktiv effekt i POC
- Spænding i POC
- Frekvens

Succeskriterier:

- Test viser overensstemmelse med krav til LFSM-O, jf. artikel 13, stk. 2 i RfG.
- Test viser overensstemmelse med krav til LFSM-U, jf. artikel 15, stk. 2, litra c) i RfG.
- Test viser stabil og kontrolleret drift uden uventede/uforklarlige hændelser.

Test:

- Frekvens i elnettet (manipuleret) ændres i fire trin, som følger:

LFSM-O/U - Setpunktsændring	
	f_{setpunkt} [Hz]
$f_0 =$	50 Hz
$f_1 =$	51,5 Hz
$f_2 =$	50 Hz
$f_3 =$	48,5 Hz
$f_4 =$	50 Hz

- Hver setpunktsændring igangsættes først, når steady state på ny er opnået.
- Testen udføres ved minimum tre forskellige driftspunkter for aktiv, som samlet set repræsenterer hele arbejdsområdet for anlægget. Dvs. ved
 - a) $P_1 = 0,2 - 0,4$ pu
 - b) $P_2 = 0,4 - 0,7$ pu
 - c) $P_3 = 0,7 - 0,9$ pu

3.2.3.2 Test af LFSM-O og -U - Rampeændring

Formålet med denne test er at eftervise korrekt aktiv effekt-respons fra anlægget, når det påtrykkes en rampeændring i frekvensen.

Forudsætninger, Evalueringsparametre, Succeskriterier:

- Se beskrivelse i forrige test: LFSM-O og -U - Setpunktsændring

Test:

- Ved test af frekvensvariationer i nettet bruges et kunstigt frekvenssignal, som sendes til parkregulatoren. Den kunstige frekvens i elnettet ændres i én sammenhængende rampeprofilen, som beskrevet i nedenstående tabel.

Rampeændring	Test 1: LFSM-O	Test 2: LFSM-U
Tid	Aktion	Aktion
0 s	Frekvensen er 50 Hz Steady state	Frekvensen er 50 Hz Steady state
0-3 s	Frekvensen ændres til 51,5 Hz med en rampehastighed på 0,5 Hz/s.	Frekvensen ændres til 48,5 Hz med en rampehastighed på 0,5 Hz/s.
3-4 s	Frekvensen er 51,5 Hz Afvent steady state	Frekvensen er 48,5 Hz Afvent steady state
4-9 s	Frekvensen ændres til 50,5 Hz med en rampehastighed på 0,2 Hz/s.	Frekvensen ændres til 49,5 Hz med en rampehastighed på 0,2 Hz/s.
9-10 s	Frekvensen er 50,5 Hz Afvent steady state	Frekvensen er 49,5 Hz Afvent steady state
10-11 s	Frekvensen ændres til 50 Hz med en rampehastighed på 0,5 Hz/s.	Frekvensen ændres til 50 Hz med en rampehastighed på 0,5 Hz/s.
11-12 s	Frekvensen er 50 Hz Afvent steady state	Frekvensen er 50 Hz Afvent steady state

- Hver setpunktsændring igangsættes først, når steady state på ny er opnået.
- Testen udføres ved minimum tre forskellige driftspunkter for aktiv, som samlet set repræsenterer hele arbejdsområdet for anlægget. Dvs. ved
 - a) $P_1 = 0,2 - 0,4$ pu
 - b) $P_2 = 0,4 - 0,7$ pu
 - c) $P_3 = 0,7 - 0,9$ pu

3.2.4 Systemværn (hvis krævet af Energinet)

Anlæggets evne til hurtigt at nedregulere aktiv effekt til en foruddefineret værdi efter aktive-ring af systemværnsindgang afprøves.

3.2.4.1 Test Systemværn

Formålet med denne test er at eftervise systemværn for at sikre korrekt performance jf. speci-fikt krav stillet for det konkrete POC.

Forudsætninger:

- Anlægget drives ved setpunktsregulering og tilhørende setpunkt, som specificeret af Energinet.
- Anlægget drives ved reaktiv effekt reguleringsfunktion og tilhørende parametre, som specificeret af Energinet (U- eller Q-kontrol).

Evalueringsparametre:

- Tidspunkt for aktivering og deaktivering af systemværnsindgange
- Aktiv effekt i POC
- Reaktiv effekt i POC
- Spænding i POC

Succeskriterier:

- Test viser overensstemmelse med krav til systemværn, som specificeret af Energinet.
- Test viser stabil og kontrolleret drift for anlæg uden uventede/uforklarlige hændelser.

Test:

- Som specificeret af Energinet.

3.3 Reguleringssegenskaber for magnetiseringssystem

Dette afsnit validerer kravene til magnetiseringssystemet, inklusiv PSS-funktionen.

3.3.1 AVR - Automatic Voltage Regulator

Dette afsnit beskriver de tests der skal udføres for at validere det dynamiske respons fra den automatiske spændingsregulering (AVR).

3.3.1.1 Test af AVR - Step respons i tomgang

Formålet med denne test er verifikation af magnetiseringssystemets tidsrespons under tomgang, frakoblet nettet og drevet ved nominel omløbshastighed. Bemærk, at der skal udføres test for både positivt og negativt step i spændingsreferencen.

Forudsætninger:

- Generator frakoblet nettet og i tomgang.
- Anlægget drives ved nominel omløbshastighed og følgende driftspunkt:
 - o $P = 0$ pu.
 - o $Q = 0$ pu.
 - o $V_t = 0,9$ pu.
- Steady state.

Evalueringsparametre:

- RMS-spænding på generatorterminaler
- Generatorens omløbshastighed
- AVR-output spænding
- AVR-output strøm
- Ovenstående signaler fra test gemmes i CSV-format og anvendes til modelverifikation.

Succeskriterier:

- Måling viser overensstemmelse med krav til "rise-time", jf. artikel 19, stk. 2, litra a) i RfG (se note til artikel 19, stk. 2, litra a) bagerst i RfG-bilag 1).
- Måling viser stabil og kontrolleret drift uden uventede/uforklarlige hændelser.

Test:

- Generator-terminals-pænding ændres momentant ved ændring af referencespændingen for anlægget med hhv. $\pm 0,1$ pu.
- Under test øges generatorens spændingsreference fra 0,9 pu til 1,0 pu. Når steady state er opnået ændres spændingsreferencen tilbage fra 1,0 pu til 0,9 pu.
- Målingen afsluttes først når steady state er opnået.

3.3.2 PSS - Power system stabilizer

3.3.2.1 Test af AVR - Frekvenskarakteristik, offline

Testbeskrivelse under udarbejdelse

3.3.2.2 Test af AVR - Frekvenskarakteristik, online

Testbeskrivelse under udarbejdelse

3.3.2.3 Test af PSS – Spændingsforstyrrelser

Testbeskrivelse under udarbejdelse

3.3.3 Reaktiv effekt kapacitet

3.3.3.1 Test af PQ-egenskaber – Kortlægning af arbejdsområde

Testbeskrivelse under udarbejdelse

3.3.4 Begrænserfunktioner

3.3.4.1 Test af undermagnetiseringsbegrænser

Testbeskrivelse under udarbejdelse

3.3.4.2 Test af overmagnetiseringsbegrænser

Testbeskrivelse under udarbejdelse

3.3.4.3 Test af statorstrømsbegrænser

Testbeskrivelse under udarbejdelse

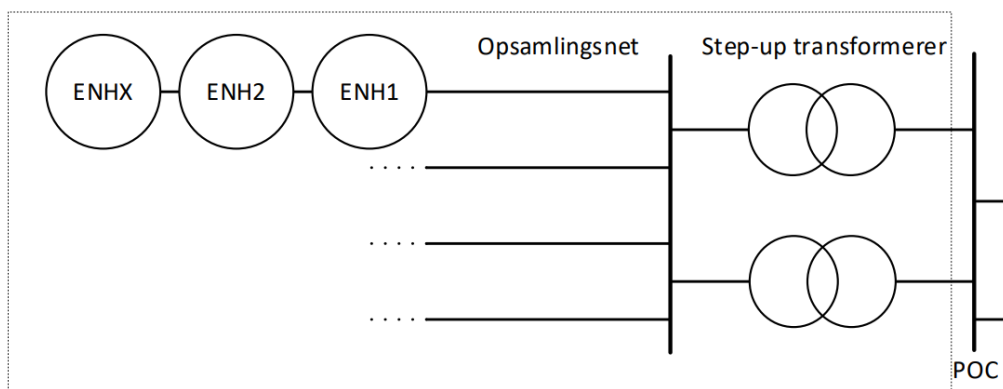
3.3.4.4 Test af V/Hz-begrænser

Testbeskrivelse under udarbejdelse

4. Testkrav for asynkrone produktionsanlæg

Dette afsnit beskriver vejledning til de tests, der skal udføres, på det fysiske asynkrone produktionsanlæg for at verificere overholdelse af nettilslutningskrav forud for at opnå FON. Testene danner rammerne for at verificere modellen af det fulde anlæg.

4.1 Krav til målepunkter og målte parametre



Måling i POC:

- Aktiv effekt
- Reaktiv effekt
- Positiv sekvens RMS-spænding
- Positiv sekvens RMS-strøm

Måling på park regulator:

- Indgangsreferencesignaler for P og Q for Parkregulatoren
- Udgangssignaler fra Parkregulator (P/id, Q/iq) som sendes til de individuelle anlægs-komponenter.

Måling på nærmeste delkomponent (ENH1)

- Der vælges én komponent som er elektrisk tættest på POC (fx nærmeste inverter i en radial)
- Indgangssignaler (P/id, Q/iq)
- Positiv sekvens RMS-spænding på delanlægs terminaler
- Positiv sekvens RMS-strøm på delanlægs terminaler
- Aktiv effekt på delanlægs terminaler
- Reaktiv effekt på delanlægs terminaler

Måling på fjerneste delkomponent (ENHX)

- Der vælges én komponent som er elektrisk fjernest fra POC (fx fjerneste inverter i en radial)
- Indgangssignaler (P/id, Q/iq)
- Positiv sekvens RMS-spænding på delanlægs terminaler
- Positiv sekvens RMS-strøm på delanlægs terminaler
- Aktiv effekt på delanlægs terminaler
- Reaktiv effekt på delanlægs terminaler

4.2 Reguleringsgenskaber for aktiv effekt

Dette afsnit beskriver testkrav for eftervisning af reguleringsfunktioner og -egenskaber for aktiv effekt.

4.2.1 Setpunktsregulering (planregulering)

Anlæggets egenskab til at ændre outputtet af aktiv effekt eftervises.

4.2.1.1 Test af Setpunktsregulering - Setpunktsændring

Formålet med denne test er at eftervise regulering ved setpunktsændringer for aktiv effekt og kortlægge reguleringshastighed.

Forudsætninger:

- Netfrekvens og spænding skal være inden for normalområdet (se tabel 1).
- Anlægget drives ved følgende driftspunkt: $P > 0,7$ pu og $Q = 0$ pu.

Evalueringsparametre:

- Total aktiv effekt i POC
- Total reaktiv effekt i POC
- Line-Line spænding pr fase i POC
- Strøm pr fase til POC
- Tilgængelig aktiv effekt
- Alle setpunkts- og parameter-ændringer under testen

Succeskriterier:

- Testen viser overensstemmelse med krav til aktiv effekt-kontrol, jf. artikel 15, stk. 2, litra a) i RfG.
- Testen viser overensstemmelse med krav til max/min-gradient, jf. artikel 15, stk. 6, litra e) i RfG.
- Testen viser stabil og kontrolleret drift for anlæg uden uventede/uforklarlige hændelser.

Test:

- Aktiv effekt setpunktet ændres i fire trin med forskellige rampehastigheder i én sammenhængende testprofil på følgende måde:

Setpunktsændring for aktiv effekt		
Tid	Rampehastighed	P _{setpunkt} [pu]
t ₀ :		$P > 0,7$
t ₁ :	20% af P _n /min (dog max 60 MW/min)	$P = 0,4$
t ₂ :	15% af P _n /min (dog max 45 MW/min)	$P = 0,2$
t ₃ :	10% af P _n /min (dog max 30 MW/min)	$P = 0,6$
t ₄ :	20% af P _n /min (dog max 60 MW/min)	$P > 0,7$

- Hver setpunktsændring igangsættes først, når steady state på ny er opnået.

4.2.1.2 Test af Setpunktsregulering - Delta-effektbegrænser

Formålet med denne test er at eftervise delta-effektbegrænser kan begrænse den aktive effekt til en ønsket konstant værdi i forhold til mulig aktiv effekt.

Forudsætninger, Evalueringsparametre og Succeskriterier:

- Se beskrivelse i forrige test: Setpunktsændring

Test:

- Testen udføres med en rampehastighed på 10% af P_n /min og efter følgende plan:

Delta-effektbegrænser	
Tid	$\Delta P_{\text{setpunkt}}$ [pu]
t_0 :	$\Delta P = 0,0$
t_1 :	$\Delta P = 0,1$
t_2 :	$\Delta P = 0,05$
t_3 :	$\Delta P = 0,0$

- Hver setpunktsændring igangsættes først 60 s efter at steady state er opnået.

4.2.2 FSM – Frequency Sensitive Mode

Anlæggets egenskab til at yde frekvensregulering i normaldriftsområdet eftervises.

Test af FSM skal udføres uanset, om anlægget forventes at levere denne systemydelse eller ej.

4.2.2.1 Test af FSM – Setpunktsændring

Formålet med denne test er at eftervise parkregulering ved setpunktsændringer for frekvens for dermed at eftervise, at anlægget er i stand til at yde frekvensregulering inden for normaldriftsområdet.

Forudsætninger:

- Anlægget drives i frekvenskontrol tilstand.
- Anlægget drives ved følgende driftspunkt: $Q = 0$ pu
- Testen skal udføres således, at statikken (droop) under frekvensregulering er 2%.

Dette opnås med følgende indstillinger:

- o Kapacitet frigjort til frekvensbalancer: $\pm 0,10 \times P_n$
- o Dødbånd for frekvensregulering: ± 20 mHz
- o Frekvensbånd for fuld aktivering af frekvensregulering: ± 120 mHz

Evalueringsparametre:

- Realtidsovervågning af FSM-tilstand jf. artikel 15, stk. 2 litra g) i RfG
- Kunstig netfrekvens og reel netfrekvens
- Line-Line spænding pr fase i POC
- Total reaktiv effekt i POC
- Strøm pr fase til POC
- Tilgængelig aktiv effekt
- Alle setpunkts- og parameter-ændringer under testen

Succeskriterier:

- Testen betragtes som vellykket, hvis betingelserne er opfyldt jf. artikel 48, stk. 4, litra c) i NC RfG.
- Testen viser overensstemmelse med krav til FSM, jf. artikel 15, stk. 2, litra d) i RfG.
- Testen viser stabil og kontrolleret drift uden uventede/uforklarlige hændelser.
- Test viser fuld aktivering af den reserverede aktive effekt.
- Test trigger ikke aktivering af LFSM-O/U.

Test:

- Ved test af frekvensvariationer i nettet bruges et kunstigt frekvenssignal, som sendes til parkregulatoren. Den kunstige frekvens i elnettet ændres i otte trin i én sammenhængende testprofil som vist i nedenstående tabel.
- Hver setpunktsændring igangsættes først, når steady state på ny er opnået.

FSM - Setpunktsændring	
	f_{setpunkt} [pu]
$f_0 =$	50
$f_1 =$	50,12
$f_2 =$	50
$f_3 =$	49,88
$f_4 =$	50
$f_5 =$	50,2
$f_6 =$	50
$f_7 =$	49,8
$f_8 =$	50

4.2.2.2 Test af FSM – Rampeændring

Formålet med denne test er at eftervise regulering ved rampeændringer for frekvens for dermed at kortlægge anlæggets evne til at levere frekvensrespons.

Forudsætninger, Evalueringsparametre, Succeskriterier, Test:

- Se beskrivelse i forrige test: FSM - Setpunktsændring

Test – forsat:

- I stedet for frekvensstep ændres frekvensen her med en rampehastighed på 0,1 Hz/s.
- Setpunktet for frekvensen ændres som angivet i nedenstående tabel.
- Hver ny frekvensændring igangsættes først, når steady state på ny er opnået.

FSM - Rampeændring	
	f_{setpunkt} [Hz]
$f_0 =$	50
$f_1 =$	50,2
$f_2 =$	50
$f_3 =$	49,8
$f_4 =$	50

- Efter endt test indstilles frekvensbåndet for fuld aktivering af allokeret effekt, så det afspejler standardindstillingerne (se nettilslutningsaftalen).

4.2.3 LFSM-O og -U – Limited Frequency Sensitive Mode – Over- and Under frequency

Anlæggets egenskab til at yde frekvensregulering udenfor normaldriftsområdet eftervises samt opfyldelse af kravene i artikel 13, stk. 2 i RfG.

Anlæggets aktive effekt skal følge den krævede statik, uanset om netfrekvensen er stigende eller faldende. Parametre for regulering i statisk tilstand, såsom parametre for statik og dødbånd samt dynamiske parametre, skal verificeres.

4.2.3.1 Test af LFSM-O og -U - Setpunktsændring

Formålet med denne test er at eftervise korrekt aktiv effekt-respons fra anlægget, når det påtrykkes en setpunktsændring i frekvensen.

Forudsætninger:

- Anlægget drives ved setpunktsregulering.
- Anlægget skal under testen kunne levere fuld aktiv effekt.
- Droop-indstilling og tærskelværdi for LFSM-O og -U skal afspejle krav jf. artikel 13, stk. 2, litra c), og stk. 2, litra d) samt artikel 15, stk. 2, litra c), nr. i) i RfG (se RfG bilag 1).
Dvs. droop og tærskelværdi på hhv.
 - o DK1: 5%, ± 200 mHz
 - o DK2: 4%, ± 500 mHz
- FSM-funktionaliteten skal være deaktiveret.

Evalueringsparametre:

Følgende parametre skal optages under testen:

- Kunstig netfrekvens (og reelle netfrekvens, hvis kunstig netfrekvens opnås via offset på den målte netfrekvens)
- Aktiv effekt i POC
- Reaktiv effekt i POC
- Positiv sekvens RMS-spænding i POC
- Referencesignaler for P og Q for Park regulatoren
- Udgangssignaler fra parkregulator (P/id, Q/iq) som sendes til de individuelle anlægs-komponenter.

Succeskriterier:

- Testene skal gennemføres så frekvenstrin og -ramper er store nok til at udløse en ændring i maksimaleffekt for aktiv effekt på mindst 10 % under hensyntagen til statikindstillingerne for negativ hældning og dødbånd.
- Testen/e viser overensstemmelse med krav til LFSM-O, jf. artikel 13, stk. 2 i RfG.
- Testen/e viser overensstemmelse med krav til LFSM-U, jf. artikel 15, stk. 2, litra c) i RfG.
- Testen viser stabil og kontrolleret drift uden uventede/uforklarlige hændelser.

Test:

- Ved test af frekvensvariationer i nettet bruges et kunstigt frekvenssignal, som sendes til parkregulatoren. Den kunstige frekvens i elnettet ændres i fire trin i én sammenhængende testprofil som følger:

LFSM-O/U - Setpunktsændring	
	f_{setpunkt} [Hz]
$f_0 =$	50
$f_1 =$	51,5
$f_2 =$	50
$f_3 =$	48,5
$f_4 =$	50

- Hver setpunktsændring igangsættes først, når steady-state på ny er opnået.
- Testen gentages med følgende driftspunkter for aktiv effekt:
 - $P_{\text{setpunkt}} = 0,8 \text{ pu}$
 - $P_{\text{setpunkt}} = P_{\text{min}} + 0,2 \text{ pu}$

4.2.3.2 Test af LFSM-O og -U - Rampeændring

Formålet med denne test er at eftervise korrekt aktiv effekt-respons fra anlægget, når det påtrykkes en rampeændring i frekvensen.

Forudsætninger, Evalueringsparametre, Succeskriterier:

- Se beskrivelse i forrige test: LFSM-O og -U - Setpunktsændring

Test:

- Ved test af frekvensvariationer i nettet bruges et kunstigt frekvenssignal, som sendes til parkregulatoren. Den kunstige frekvens i elnettet ændres i én sammenhængende rampeprofilen, som beskrevet i nedenstående tabel.
- Hver frekvensændring igangsættes først, når steady-state på ny er opnået.

Rampeændring	Test 1: LFSM-O	Test 2: LFSM-U
Tid	Aktion	Aktion
0 s	Frekvensen er 50 Hz Steady state	Frekvensen er 50 Hz Steady state
0-3 s	Frekvensen ændres til 51,5 Hz med en rampehastighed på 0,5 Hz/s .	Frekvensen ændres til 48,5 Hz med en rampehastighed på 0,5 Hz/s .
3-4 s	Frekvensen er 51,5 Hz Afvent steady state	Frekvensen er 48,5 Hz Afvent steady state
4-9 s	Frekvensen ændres til 50,5 Hz med en rampehastighed på 0,2 Hz/s .	Frekvensen ændres til 49,5 Hz med en rampehastighed på 0,2 Hz/s .
9-10 s	Frekvensen er 50,5 Hz Afvent steady state	Frekvensen er 49,5 Hz Afvent steady state

10-11 s	Frekvensen ændres til 50 Hz med en rampehastighed på 0,5 Hz/s.	Frekvensen ændres til 50 Hz med en rampehastighed på 0,5 Hz/s.
11-12	Frekvensen er 50 Hz Afvent steady state	Frekvensen er 50 Hz Afvent steady state

- Testen gentages med følgende driftspunkter for aktiv effekt:
 - o $P_{\text{setpunkt}} = 0,8 \text{ pu}$
 - o $P_{\text{setpunkt}} = P_{\text{min}} + 0,2 \text{ pu}$

4.2.4 Systemværn

Anlæggets evne til hurtigt at nedregulere aktiv effekt til en foruddefineret værdi efter aktive-ring af systemværnssindgang afprøves.

4.2.4.1 Test af Systemværn

Formålet med denne test er at eftervise at produktionsanlægget kan nedregulere hurtigt jf. krav fra RfG.

Forudsætninger:

- Anlægget drives ved følgende driftspunkt: $P > 0,85 \text{ pu}$.
- Den planlagte nedregulering er koordineret med Energinet herunder Energinets kontrolcenter
- Anlægget drives ved reaktiv effekt reguleringsfunktion og tilhørende parametre, som aftalt med Energinet (U- eller Q-kontrol)

Evalueringsparametre:

Følgende parametre skal optages under testen:

- Tidspunkter for aktivering og deaktivering af systemværnssindgange
- Aktiv effekt i POC
- Reaktiv effekt i POC
- Spænding i POC

Succeskriterier:

- Testen viser overensstemmelse med krav til responstid mm. for nedregulering, jf. artikel 15, stk. 6, litra d) i RfG. Dvs. kapabilitet til at regulere til det aktiverede nedreguleringstrin indenfor 10 sekunder.
- Testen viser stabil og kontrolleret drift for anlægget uden uventede/uforklarlige hændelser.

Test:

- Nedreguleringen afprøves ved minimum at aktivere følgende niveauer for nedregulering samt evt. nedregulering til andre niveauer afhængig af de faktiske behov i tilslutningspunktet.
- Nedreguleringstrin af aktiv effekt:
 - o Fra $>0,85 \text{ pu}$ til $0,40 \text{ pu}$
 - o Fra $>0,85 \text{ pu}$ til $0,00 \text{ pu}$

- Systemværnindgange aktiveres som minimum i anlæggets snitflade mod Energinet og evt. suppleret med aktivering af faktisk implementerede signaler aktiveret fra Energinets anlæg.
- Deaktivering af systemværnindgange og efterfølgende opregulering til normal drift afprøves ligeledes.

4.2.5 Robusthed overfor frekvensændringer (RoCoF)

Produktionsanlægget skal være robust overfor frekvensændringer i nettet jf. betingelserne i artikel 13, stk. 1, litra b) i RfG.

4.2.5.1 Test af RoCoF

Det ses ofte, at problemer med trip relateret til RoCoF, skyldes fejlindstillinger eller fejloperationer på relæer. Anlægssejer skal udføre test, der efterviser, at relæer med RoCoF beskyttelse overholder kravene jf. betingelserne i artikel 13, stk. 1, litra b) i RfG.

4.3 Reguleringssegenskaber for reaktiv effekt

Dette afsnit validerer kravene til reaktiv effekt inklusive kravene til arbejdsområdet for reaktive effekt.

4.3.1 Regulering af reaktiv effekt

Anlæggets egenskab til at regulere reaktiv effekt i POC eftervises ved tests af:

- Spændingsreguleringstilstand (U-kontrol) hvor reaktiv effekt er udregnet fra spændingsstatik og den målte spænding i POC.
- Reaktiveffektreguleringstilstand (Q-kontrol) hvor den reaktive effekt er reguleret til en specificeret referenceværdi.
- Effektfaktorreguleringstilstand (pf-kontrol) hvor den reaktive udgangseffekt er reguleret på baggrund af en specificeret effektfaktor og anlæggets aktive effektpunkt.

4.3.1.1 Test af U-kontrol

Formålet med denne test er at eftervise anlæggets egenskab til at operere i spændingsreguleringstilstand, jf. betingelserne i artikel 21, stk. 3, litra d), nr. ii)-iv) i RfG.

Forudsætninger:

- Anlægget drives ved følgende driftspunkt: $P = 1,0$ pu og $Q = 0$ pu
- Droop for spændingskontrol sættes til 2%

Evalueringsparametre:

Følgende parametre skal optages under testen:

- Aktiv effekt i POC
- Reaktiv effekt i POC
- Positiv sekvens RMS-spænding i POC
- Referencesignaler for, V, P og Q for Park regulatoren
- Udgangssignaler fra Parkregulator (P/id , Q/iq) som sendes til de individuelle anlægskomponenter.

Succeskriterier:

- Testen viser overensstemmelse med krav til responstid mm. for spændingsregulering, jf. artikel 21, stk. 3, litra d) nr. ii)-iv) i RfG. Dvs. kapabilitet til at regulere 90 % af den reaktive effekt ændring inden for 1 sekund og 100 % indenfor 5 sekunder.
- Testen viser stabil og kontrolleret drift for anlæg uden uventede/uforklarlige hændelser.

Da spændingsforstyrrelser ikke er garanteret at kunne blive leveret i elnettet som følge af kontrolcentret kobler med reaktorer eller lignende, kan tests af U-kontrol udføres ved at ændre spændingsreferencen i parkregulatoren i mindre trin.

Test:

- Igangsæt U-kontrol med den krævede statik. Spændingsreferencen for parkregulatoren ændres herefter i otte trin i én sammenhængende test som vist neden for.
- Hver spændingsændring igangsættes først, når steady state på ny er opnået.

U-kontrol	
	U _{setpunkt}
U ₀ =	1,00 x U _{POC}
U ₁ =	0,95 x U ₀
U ₂ =	1,00 x U ₀
U ₃ =	1,05 x U ₀
U ₄ =	1,00 x U ₀
U ₅ =	0,90 x U ₀
U ₆ =	1,00 x U ₀
U ₇ =	1,10 x U ₀
U ₈ =	1,00 x U ₀

- U_{POC} er driftsspænding i nettet umiddelbart forud for testen.
- Efter endt test genindstilles droop for spændingskontrol til den i nettilslutningsaftalen anførte værdi.

4.3.1.2 Test af Q-kontrol

Formålet med denne test er at eftervise anlæggets egenskab til at operere i reaktiveffektreguleringstilstand, jf. betingelserne i artikel 21, stk. 3, litra d), nr. v).

Forudsætninger:

- Anlægget drives ved følgende driftspunkt: P = 1,0 pu og Q = 0 pu

Evalueringsparametre:

Følgende parametre skal optages under testen:

- Aktiv effekt i POC
- Reaktiv effekt i POC
- Positiv sekvens RMS-spænding i POC
- Referencesignaler for, V, P og Q for Park regulatoren
- Udgangssignaler fra Parkregulator (P/id, Q/iq) som sendes til de individuelle anlægskomponenter.

Succeskriterier:

- Testen viser overensstemmelse med krav til reaktiv effekt-regulering, jf. artikel 21, stk. 3, litra d) i RfG.
- Testen viser stabil og kontrolleret drift for anlæg uden uventede/uforklarlige hændelser.

Test:

- Setpunkt for Q-kontrol ændres i otte trin i én sammenhængende testkørsel som vist neden for.
- Hver ændring i setpunkt for reaktiv effekt igangsættes først, når steady state på ny er opfyldt.

Q-kontrol	
	Qsetpunkt [pu]
Q ₀ =	0,0
Q ₁ =	0,1
Q ₂ =	0,2
Q ₃ =	0,3
Q ₄ =	0,0
Q ₅ =	-0,1
Q ₆ =	-0,2
Q ₇ =	-0,3
Q ₈ =	0,0

4.3.1.3 Test af pf-kontrol

Formålet med denne test er at eftervise anlæggets egenskab til at operere i effektfaktorreguleringstilstand, jf. betingelserne i artikel 21, stk. 3, litra d), nr. vi).

Forudsætninger:

- Anlæggets setpunkt for aktiv effekt skal kunne sættes til minimum 70%.

Evalueringsparametre:

Følgende parametre skal optages under testen:

- Aktiv effekt i POC
- Reaktiv effekt i POC
- Positiv sekvens RMS-spænding i POC
- Referencesignaler for, V, P og Q for Park regulatoren
- Udgangssignaler fra Parkregulator (P/id, Q/iq) som sendes til de individuelle anlægs-komponenter.

Succeskriterier:

- Testen viser overensstemmelse med krav til reaktiv effekt-regulering, jf. artikel 21, stk. 3, litra d) i RfG.
- Testen viser stabil og kontrolleret drift for anlæg uden uventede/uforklarlige hændelser.

Test:

- Anlægget sættes i pf-kontrol. Anlægget drives ved følgende driftspunkt:
 - o $P = 0,3$ pu.
 - o $p_{\text{fsetpunkt}} = 0,99$ pu
- Herefter ændres anlæggets aktive effekt setpunkt i fire trin i én sammenhængende test som vist neden for.
- Hver ændring i aktiv effekt igangsættes først, når steady state på ny er opnået.

pf-kontrol	
	$P_{\text{setpunkt}} [\text{pu}]$
$P_0 =$	0,3
$P_1 =$	0,4
$P_2 =$	0,5
$P_3 =$	0,6
$P_4 =$	0,7

4.3.1.4 Test af Sømløst skifte imellem Q-, U- og pf-kontrol

Anlæggets evne til jævnt og uden bump af kunne skifte imellem forskellige reaktiveffektregulerings-tilstande uden forekomster af systemtransienter og større udsving skal eftervises.

Forudsætninger:

- Anlæggets setpunkt for aktiv effekt skal kunne sættes til minimum 70%, hvilket kan stille krav for solindstrålings- eller vindprofil for testdagen for nogle anlæg.

Evalueringsparametre:

Følgende parametre skal optages under testen:

- Aktiv effekt i POC
- Reaktiv effekt i POC
- Positiv sekvens RMS-spænding i POC
- Referencesignaler for, V, P og Q for Park regulatoren
- Udgangssignaler fra Parkregulator (P/id , Q/iq) som sendes til de individuelle anlægs-komponenter.

Succeskriterier:

- Testen viser stabil og kontrolleret drift for anlæg uden uventede/uforklarlige hændelser samt at skifte imellem forskellige tilstande for reaktiv effekt regulering ikke forårsager system transienter og hop.

Test:

- Anlægget drives ved $P=0,7$ pu og sættes i Q-kontrol med $Q_{\text{ref}} = 0,1$ pu (kapacitiv). Dernæst udføres testproceduren som beskrevet nedenfor.
 1. Sæt anlægget i U-kontrol og observer at spændingsreferencen er ændret således at Q_{ref} forbliver konstant.
 2. Sæt anlægget i pf-kontrol og observer at effektfaktoren er ændret således at Q_{ref} forbliver konstant.
 3. Sæt anlægget i Q-kontrol og observer at Q_{ref} forbliver konstant.
 4. Sæt $Q_{\text{ref}} = 0$.

4.3.2 Reaktiv effekt kapacitet

Formålet med denne test er at eftervise anlæggets egenskab til at optage og afgive reaktiv effekt i POC.

4.3.2.1 Test af U-Q/P-egenskaber – Kortlægning af arbejdsområde ved lav spænding

Formålet med denne test er at kortlægge anlæggets egenskab til hhv. at optage og afgive reaktiv effekt ved nominel aktiv effekt og varierende driftsspænding i POC.

Det vil ikke være praktisk muligt at teste den fulde overensstemmelse, med krav til U-Q/P_n-egenskaber, jf. artikel 21, stk. 3, litra b), nr. i) i RfG, da det ikke vil være muligt at tvinge systemspændingen i POC ud i alle yderpunkter. Via rettidig planlægning og i samarbejde med Energis kan spændingen i POC muligvis ændres, således at der kan testes i et større arbejdsområde.

Formålet med testen er at eftervise stabil drift af anlægget ved maksimal strøm, når der leveres både aktiv og reaktiv effekt.

Forudsætninger:

- Anlægget skal under testen kunne levere fuld aktiv effekt.
- Anlægget har en neutral Mvar-udveksling ($Q_{ref} = 0$) med nettet forud for påbegyndelsen af testen.
- Ved test af spændingsvariationer i nettet bruges et kunstigt spændingssignal, som sendes til parkregulatoren, med henblik på at emulere under- og overspænding i POC.

Evalueringsparametre:

Følgende parametre skal evalueres og verificeres på baggrund af testen:

- Aktiv effekt i POC
- Reaktiv effekt i POC

Succeskriterier:

- Anlægget kan drives stabilt ved den maksimale strøm

Test:

Følgende test procedure anvendes:

- Klargøring:
 1. Hvis muligt anvendes anlæggets egne viklingskoblere til at reducere spændingen på mellemspændingsniveau. Dog ikke lavere end 10 % under den nominelle værdi.
 2. Viklingskoblerens automatik deaktiveres, således at denne er låst til det indstillede trin set i forhold til spændingen på mellemspændingssiden.
 3. Anlægget indstilles til spændingskontrol med følgende parametre:
 - a. Droop = 2 %
 - b. Spændingsreferencen (V_{ref}) indstilles til en værdi tilsvarende den pågældende driftsspænding i POC (U_{POC}) på tidspunktet, hvor testen udføres.
- Udførelse:

1. Parkregulatoren påvirkes med en konstant kunstig spændingsmåling svarende til $0,9 \times U_{POC}$, eller en værdi der medfører $Q_{ref} = Q_{max}$.
2. Steady state afventes, og anlægget driftes i dette driftspunkt i minimum 1 min.
3. Anlægget returneres til udgangspunktet.

4.3.2.2 Test af U-Q/P-egenskaber – Kortlægning af arbejdsområde ved høj spænding

Formål, forudsætninger, evalueringsparametre samt succeskriterier:

- Se forrige test: "Test af U-Q/P-egenskaber – Kortlægning af arbejdsområde ved lav spænding"

Test:

Følgende test procedure anvendes:

- Klargøring:
 1. Hvis muligt anvendes anlæggets egne viklingskoblere til at øge spændingen på mellemspændingsniveau. Dog ikke højere end 5 % over den nominelle værdi.
 2. Viklingskoblerens automatik deaktiveres, således at denne er låst til det indstillede trin set i forhold til spændingen på mellemspændingssiden.
 3. Anlægget indstilles til spændingskontrol med følgende parametre:
 - a. Droop = 2 %
 - b. Spændingsreferencen (V_{ref}) indstilles til en værdi tilsvarende den pågældende driftsspænding i POC (U_{POC}) på tidspunktet, hvor testen udføres.
- Udførelse:
 1. Parkregulatoren påvirkes med en konstant kunstig spændingsmåling svarende til $1,05 \times U_{POC}$, eller en værdi der medfører $Q_{ref} = -Q_{max}$.
 2. Steady state afventes, og anlægget driftes i det nye driftspunkt i minimum 1 min.
 3. Anlægget returneres til udgangspunktet.
- Efter endt test indstilles droopen for spændingsregulering til den i nettilslutningsaftalen aftalte værdi.

4.3.2.3 Test af P-Q/P_n - egenskaber - Kortlægning af P-Q/P_n arbejdsområde

Formålet med denne test er at kortlægge anlæggets egenskab til hhv. at optage og afgive reaktiv effekt ved varierende aktiv effekt-driftspunkter.

Forudsætninger:

- Anlæggets setpunkt for aktiv effekt skal kunne sættes til 100%, hvilket kan stille krav for solindstrålings- eller vindprofil for testdagen for nogle anlæg.
- Anlægget drives i reaktiv effekt kontrol (Q-kontrol).

Evalueringsparametre:

Følgende parametre skal optages under testen:

- Aktiv effekt i POC
- Reaktiv effekt i POC

- Positiv sekvens RMS-spænding i POC
- Positiv sekvens RMS-spænding på delanlægs terminaler (der vælges én enhed med længste elektriske afstand til POC)
- Referencesignaler for P og Q for Park regulatoren
- Udgangssignaler fra Parkregulator (P/id, Q/iq) som sendes til de individuelle anlægs-komponenter.

Succeskriterier:

- Simulering viser overensstemmelse med krav til P-Q/P_n-egenskaber, jf. artikel 21, stk. 3, litra c), nr. i) i RfG.

Test:

- Anlægget drives ved forskellige driftspunkter (Q og P) inden for det krævede P-Q/P_n-diagram. Som minimum eftervises alle hjørner af P-Q/P_n-diagram.
- Anlægget drives i minimum 1 min. i hvert PQ setpunkt.

Kortlægning af P-Q/P _n arbejdsområde		
Setpunkt nr.	P _{ref} [pu]	Q _{ref} [pu]
1	1,0	0
2	1,0	0,33
3	0,1	0,33
4	0,1	-0,33
5	1,0	-0,33
6	1,0	0

4.4 Tidsforsinkelse mellem parkregulator og produktionsenheder

Denne test har til formål at validere tidsforsinkelsen mellem parkregulatoren og produktionsenhederne.

4.4.1 Modelverifikation af tidsforsinkelsen for parkreguleringsrespons

Anlæggets tidsforsinkelse ved kommunikation mellem parkregulator og produktionsenheder eftervises og sammenholdes med modellerne.

4.4.1.1 Modelverifikationstest for tidsforsinkelse mellem parkregulator og produktionsenheder

Formålet med denne test er at anskaffe nødvendige data, for at kunne validere parkregulator, RMS- og EMT-model op imod det virkelige parkreguleringsrespons.

Her er det særligt tidsforsinkelse til distribution af referencer fra parkregulator til den enkelte enhed der er i fokus.

Dette kan enten udføres som en særskilt test, eller ved indsamling af de nødvendige måledata fra øvrige tests (se nødvendige evalueringsparametre)

Evalueringsparametre:

- Referencesignaler for P og Q for parkregulatoren.
- Udgangssignaler fra parkregulator (P/id, Q/iq) som sendes til de individuelle anlægs-komponenter.
- Indgangssignaler (P/id, Q/iq) på minimum 2 delanlæg.

- o Der vælges én anlægskomponent i den elektrisk fjerneste ende af parken set fra POC, og én anlægskomponent elektrisk nærmest POC.
- Positiv sekvens RMS-spænding på delanlægs terminaler
- Positiv sekvens strøm på delanlægs terminaler
- Aktiv effekt på delanlægs terminaler
- Reaktiv effekt på delanlægs terminaler

Succeskriterier:

- Der kan påvises en tilstrækkelig nøjagtighed mellem parkregulatoremodel og det fysiske anlæg, jævnfør RfG bilag 1B "Krav til simuleringsmodeller". Såfremt der påvises uoverensstemmelser, skal modellen opdateres inden der kan tildeles FON.

Test:

- Såfremt de beskrevne evalueringsparametre ikke er indsamlet i øvrige tests foreslås, at der gennemføres en step-respons-test i spændingskontrol-mode, samt en step-respons-test i FSM-kontrol-mode. Vær dog opmærksom på, at de nødvendige data kan indsamles i de øvrige tests, forudsat at de nødvendige målinger foretages på parkregulatoren og enkelte delkomponenter som beskrevet.

5. Test af produktionstelegraf

Produktionstelegraf skal være oprettet og afprøvet af Energinets kontrolcenter uden fejl minimum en gang inden endelig driftstilladelse. Se teknisk forskrift TF 5.3.4.2.

6. Test af spændingskvalitet

Eftervisning af krav til spændingskvalitet er nærmere beskrevet for de enkelte spændingskvalitetsparametre i teknisk forskrift TF 3.2.7.

7. Test af dødstart (systemgenoprettelsesreserve)

Eftervisning af dødstart er kun aktuelt såfremt anlægget deltager i leverance af systemgenoprettelsesreserve. Eventuel eftervisning af anlæggets evne til at udføre black start er nærmere beskrevet i de tekniske krav tilhørende det konkrete udbud af systemgenoprettelsesreserve. Se Energinets hjemmeside for systemydelse.

8. Beskyttelse og relæindstillinger

I forbindelse med midlertidig drift, test og justering af parken ændres der af og til på relæindstillinger – både permanent men også midlertidigt.

- Alle relæer, som midlertidig har fået ændret indstillinger, skal bekræftes korrekt indstillet.
- Nye relæindstillinger skal forevises og godkendes af Energinet. Det skal tydelig fremgå af dokumentation, hvilke indstillinger der er opdateret – herunder både den oprindelige samt den nye værdi.

9. Koordinering med Energinet under udførelse af tests

9.1 Koordinering med kontrolrum

Forud for en testkørsel skal anlægsejer i god tid sende et udspecificeret testprogram inklusiv dato og ca. tidspunkt for testen til relevant kontaktperson hos Energinet. Herefter afklarer Energinet internt med kontrolcenteret, om den ønskede test kan gennemføres på det angivne tidspunkt.

Testkørsel af elproduktionsanlægget kan have indflydelse på det samlede elsystem samt forsyningssikkerheden. Det er derfor vigtigt at udførelse af test af elproduktionsanlægget foregår i tæt samarbejde med Energinets kontrolcenter. På selve testdagen skal der rettes henvendelse til Energinets kontrolcenter. TSO-vagten træffes på 70701924 og mail på kontrolcenterel@energinet.dk. Udførelse af test af elproduktionsanlægget foregår herefter i tæt samarbejde med Energinets kontrolcenter.

Energinets kontrolcenter afgør om, den ønskede test kan udføres på den pågældende dag, og om der er restriktioner i forhold til testkørslen – f.eks. begrænsning i størrelsen af step af reaktiv effekt eller det maksimale reaktive effektproduktion. Uplanlagte elsystemhændelser kan ligeledes foranledige at kontrolcenteret med kort varsel må aflyse den planlagte test. Dette kan f.eks. skyldes udkobling af linjer på grund fejl i nettet eller forsinkelse i anden revisionsarbejde.

Skulle det under afvikling af testen vise sig, at testen giver u hensigtsmæssig påvirkning af elsystemet er kontrolcenteret i sin fulde ret til **øjeblikkeligt** at kræve testen ændret eller stoppet.

Vejledende oplysninger:

Energinet skal vejledende oplyse, at den midlertidige driftstilladelse (ION) er udstedt med henblik på at teste produktionsanlægget og at denne tidsbegrænsede periode samlet set ikke kan overstige 24 måneder. Testperioden anvendes til at eftervise overholdelse af gældende tekniske krav. Energinet har ret til at fastsætte kortere gyldighedsperioder for den midlertidige driftstilladelse. En forlængelse af gyldighedsperioden (dog til maksimalt 24 måneder) for en midlertidig driftstilladelse gives kun, hvis Energinet vurderer, at anlægsejeren har gjort betydelige fremskridt hen mod fuld overensstemmelse, og det klart fastslås, hvilke punkter der stadig er udestående. Undtagelsesansøgning for forlængelse udover de 24 måneder skal både behandles af Energinet og Forsyningstilsynet. En forlængelse udover 24 måneder skal derfor også godkendes af Forsyningstilsynet som en undtagelse til kravene i RfG. Der må forventes en relativ lang behandlingstid, da både Energinet og Forsyningstilsynet som udgangspunkt har op til 6 måneders behandlingstid hver.

Det følger af RfG, at anlægsejer skal sikre, at hvert enkelt produktionsanlæg opfylder kravene i eller i medfør af RfG i hele anlæggets levetid.

Anlægsejer skal underrette Energinet om enhver planlagt ændring af produktionsanlæggets tekniske kapacitet, der kan have betydning for opfyldelsen af kravene i RfG, inden ændringerne foretages.

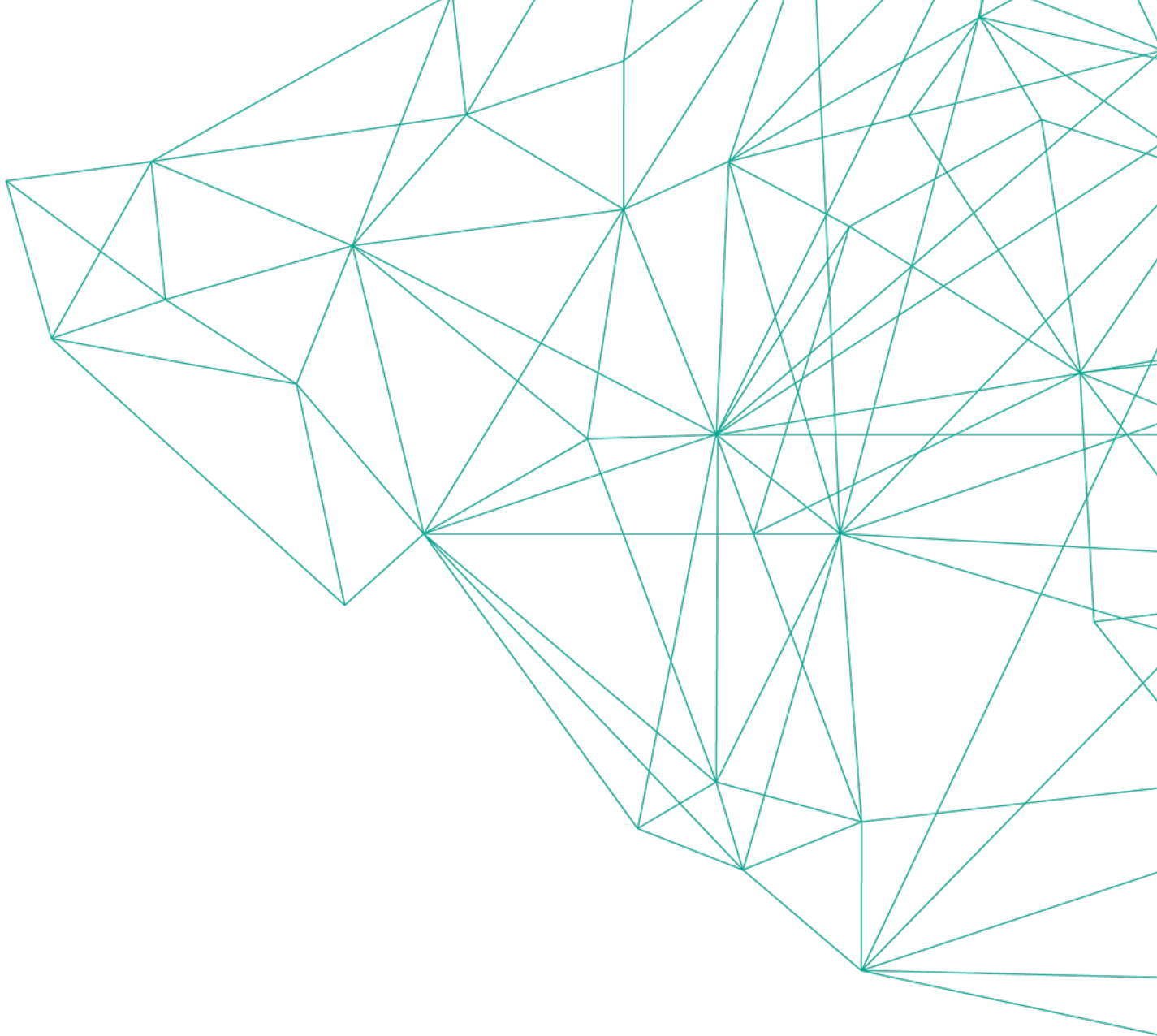
Anlægsejer skal underrette uden ugrundet ophold Energinet om enhver hændelse vedrørende drift eller fejl på produktionsanlæg, der har indvirkning på opfyldelsen af kravene fastsat i eller i medfør af RfG umiddelbart efter at sådanne hændelser finder sted.

9.2 Koordinering med marked

Anlægsejer og dennes balanceansvarlig er ansvarlige for al koordinering med elmarkedet, og indmelding af effektplaner til Energinet. Dette gør sig også gældende i forbindelse med testkørsel af anlægget. De indmeldte effekter til markedet skal derfor afspejle den effektvariation, der måtte være under testforløbet.

10. Referencer

- [1] Energinet, »Vejledning RfG - Tilslutning af produktionsanlæg til transmissionsnettet - Requirements for Generators (RfG),« 2021.
- [2] Energinet, »RfG-BILAG 1, Krav fastsat i henhold til EU-forordningen 2016/631 (RFG)«.



ENERGINET
Elsystemansvar

Energinet
Tonne Kjærsvej 65
DK-7000 Fredericia

+45 70 10 22 44
info@energinet.dk
CVR-nr. 39 31 49 59

Forfatter: SBS/POR
Dato: 21. december 2021