



Energinet
Tonne Kjærvej 65
DK-7000 Fredericia

+45 70 10 22 44
info@energinet.dk

Dato:
12. april 2024

Forfatter:
HTP

BILAG 1.3

BILAG 1.3 – SPECIFIKKE TEKNISKE FORHOLD OG KRAV FOR KRIGERS FLAK II TILSLUTTET I RINGSBJERG PÅ 400 KV

Dokumenttitel		Bilag 1.3 – Specifikke tekniske forhold og krav for Krigers Flak II tilsluttet i Ringsbjerg på 400 KV					
Dokumentnummer		23/11030-4					
Målgruppe		Anlægsejer					
Version	Dokument status	Ejer		Reviewer		Godkender	
		Navn	Dato	Navn	Dato	Navn	Dato
1.0	Udkast	HTP	27/10/2023				

Dette bilag indeholder specifikke tekniske krav til Produktionsanlægget. Kravene kan være forskellig fra tilslutning til tilslutning afhængig af Tilslutningspunktet i Transmissionssystemet.

1. Basis info om anlæg

Dette bilag er baseret på følgende informationer om Produktionsanlægget:

Navn:	Krigers Flak II
Type:	Havvindmøllepark
Forventet tilsluttet effekt:	Op til 1.000 MW
Tilsluttet spændingsniveau:	400 kV
Tilsluttet i station:	Ringsbjerg
Forventet dato for tilslutning EON:	xx/xx/xxxx

2. Kortslutningsniveauer og impedanskarakteristik

Prognose for kortslutningsniveauer og impedanskarakteristikker er fremregnet til det år, hvor produktionsanlægget forventes tilsluttet, og findes i henholdsvis Aftalens bilag 1.1 og Aftalens bilag 1.2.

Udgifter til opgradering af materiel i forbindelse med et fremtidig stigende kortslutningsniveau er Energinet uvedkommende.

3. Elkvalitet

Emissionsgrænseværdierne for spændingsforvrængning fra Producentens produktionsanlæg må maksimalt udgøre de i Aftalens bilag 1.2 angivne værdier.

4. Systemværn

I henhold til RfG's krav skal Produktionsanlægget være udstyret med et systemværn.

Kravet om systemværn følger af RfG artikel 15, stk. 6, litra d.

Energinet forventer, at der ved idriftsættelsen af Produktionsanlægget bliver brug for et aktivt systemværn. De aktuelle niveauer for nedregulering afklares i løbet af etableringsfasen.

Energinet kan til enhver tid kræve systemværnet aktiveret, deaktiveret, eller ændret, såfremt Energinet vurderer, at behovet er opstået eller vil opstå.

Uanset Energinets konkrete behov for systemværn skal der i forbindelse med idriftsættelse af Produktionsanlægget som minimum udføres en test af systemværnsfunktionaliteten.

Ud over det generelle krav til systemværn som beskrevet overfor, kan det i særlige tilfælde, hvor der er brug for et momentant respons, være nødvendigt med automatisk udkobling af Produktionsanlægget ved hjælp af brydere i Nettilslutningspunktet.

5. Design mod udfald af største dimensionerende enhed

Da produktionsanlægget er større end den dimensionerende fejl for DK, skal etablering af vindmølleparken og tilslutningen frem til og med POC ske, så følgende krav til enhver tid er opfyldt:

Havvindmølleparken og ilandføringsanlægget skal designes, konstrueres og til enhver tid drives, så ingen hændelse kan forårsage udfald af mere produktion, end hvad der svarer til den dimensionerende fejl i DK.

6. Koordinering af reaktiv kompensering

Producenten er ansvarlig for reaktiv kompensering jf. gældende krav.

7. Realtidsinformationsudveksling

Produktionsanlægget skal ved ION anvende seneste godkendte krav til realtidsinformationsudveksling.

8. Måleransvarlig i Tilslutningspunktet

DSO'en i netområdet, hvor Tilslutningspunktet til Produktionsanlægget er placeret, er Måleransvarlig for Produktionsanlægget. Producenten er selv ansvarlig for at afklare afregningsmåling med den måleransvarlige DSO.

9. Normaldriftsspænding

I relation til RfG artikel 18, stk. 2, litra b, litra i og artikel 21, stk. 3, litra b, litra i omtales normaldriftsspændingen U_c i forbindelse med krav-bilag 1 samt krav-bilag 1D.

For denne tilslutning er den normale driftsspænding 400 kV.

10. Kontrol-mode

I henhold til RfG'en skal Produktionsanlægget kunne drives i henholdsvis

- Q-kontrol
- Spændingsregulering
- $\cos(\varphi)$ -regulering

Medmindre andet er aftalt, skal Produktionsanlægget senest ved overgang til FON drives i spændingsregulering med følgende parametre:

- Setpunkt: 415 kV
- Statik: 4%

Såfremt Energinet efterfølgende ønsker, at Produktionsanlægget skal drives ved et andet setpunkt eller i et andet kontrol-mode, informeres dette til Anlægssejer via produktionstelegrafen.

11. Jording af Producentens 400 kV transformere

Energinet kræver som udgangspunkt at primærsiden (400 kV-siden) af Produktionsanlæggets step-up transformer skal udføres med stjernepunktsjording, hvor jordingen som minimum skal kunne etableres med håndbetjent adskiller.

Ved idriftsættelse af anlægget skal stjernepunktsjordingen på transformeren være åben.

Kobling af stjernepunktsjordingen må kun og skal ske på foranledning af Energinet.

Hvis Anlægssejer vælger at jorde et eventuelt stjernepunkt på transformerens sekundærside, må dette ikke have indflydelse på Energinets brug af stjernepunktsjordingen på primærsiden. Producentens udstyr på sekundærsiden skal derfor være dimensioneret korrekt i forhold til de høje kortslutningsstrømme, der kan opstå, når begge sider af en Yn-Yn transformer er stjernepunktsjordnet.

12. Øvrige krav til produktionsanlægget

12.1 Logning af hændelser

Logning skal realiseres via et elektronisk udstyr, der kan opsættes til, som minimum, at logge relevante hændelser for nedennævnte signaler i *tilslutningspunktet* ved fejl i det kollektive elforsyningssystem og tilsluttet anlæg.

Systembrugeren skal installere et logningsudstyr, der som minimum registrerer:

- Spænding for hver fase for anlægget
- Strøm for hver fase for anlægget
- Aktiv effekt for anlægget (kan være beregnede størrelse)
- Reaktiv effekt for anlægget (kan være beregnede størrelse)
- Frekvens for anlægget (kan være beregnede størrelse, kan være rotorhastighed (synkrogenerator))
- Aktivering af interne beskyttelsesfunktioner

Logningen skal udføres som sammenhængende tidsserier af måleværdier med angivet tid før (-) og efter (+) efter hændelsestidspunktet.

Logning af hændelser differentieres med udgangspunkt i anlæggets nominelle effekt.

Følgende logninger/filer skal på efterspørgsel leveres:

Nominel effekt [MW]	Tidsserie [s]	Type	Sample-frekvens
$3 \leq P < 10$	-10 til +60	Slow scan	50 Hz, RMS-værdier
$10 \leq P < 25$	-10 til +60	Slow scan	50 Hz, RMS-værdier
$10 \leq P < 25$	-0,25 til +2,75	Fast scan	Minimum 1 kHz
$P \geq 25$	-10 til +60	Slow scan	50 Hz, RMS-værdier
$P \geq 25$	-3 til +60	Fast scan	Minimum 1 kHz

Ved fast scan logges kun spændinger og strømme.

Alle målinger og data, der skal opsamles, skal logges med en tidsstempling og en nøjagtighed, som sikrer, at disse kan korreleres med hinanden og med tilsvarende registreringer i det kollektive elforsyningssystem.

Logningen skal arkiveres i minimum tre måneder fra fejlsituationen, dog maksimalt op til 100 hændelser.

Energinet skal på forlangende have adgang til loggede og relevante registrerede informationer.

Dette krav omhandler generering af logninger, TFR-filer. Indledningsvist skal det fremhæves at der i denne ændring er tale om en lempelse af det eksisterende krav.

12.2 Asymmetrisk fejlstrømsinjektion

Med hensyn til symmetrisk fejlstrømsinjektion skal produktionsanlægget levere reaktiv tillægsstrøm, jf. karakteristikken i RfG artikel 20, stk. 2, litra b). Ved 1-fasede og 2-fasede fejl skal den synkrone spændingskomponent benyttes som styrespænding for den reaktive tillægsstrøm (I_Q/I_n).

Med hensyn til asymmetrisk fejlstrømsinjektion kan dette aftales med *Energinet*, i det omfang teknologien har mulighed for at respondere med asymmetrisk fejlstrøm i forbindelse med asymmetriske fejl, så længe krav til symmetrisk fejlstrømsinjektion overholdes.

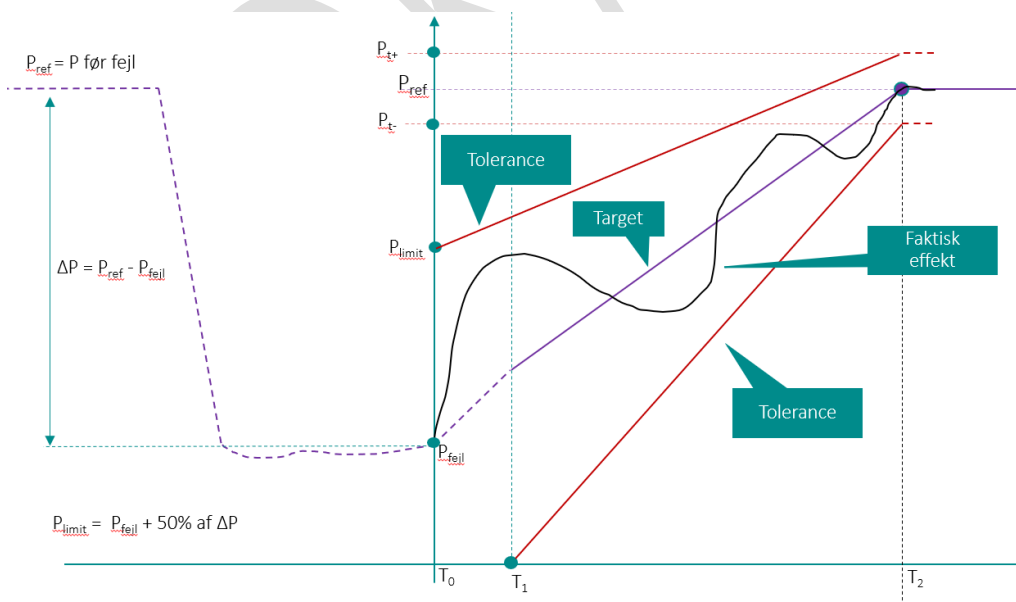
12.3 Rampe for aktiv effekt efter Fault-Ride-Through

Anlægget skal efter et indsvingningsforløb levere normal produktion senest 5 sekunder efter, at driftsforholdene i tilslutningspunktet er tilbage i området kontinuert drift.

Nøjagtighed for en fuldført regulering skal være i området $\pm 5\%$ af P_n , med forbehold for ændring i tilgængeligheden af primær energikilde.

Effektreguleringen skal ske med en tilnærmelsesvis konstant gradient, hvor den aktive effekt under indsvingningsforløbet skal ligge inden for området defineret på figuren nedenfor, hvor:

- T_0 er tidspunktet, hvor driftsforholdene er tilbage i området kontinuert drift.
- T_1 er tidspunktet, hvor anlægget forlader FRT-mode.
- T_2 er tidspunktet, hvor anlægget igen leverer normal produktion. (kan være op til 5 sekunder efter T_0).
- P_{ref} er normal produktion før fejl.
- P_{fault} er produktionen ved T_0 .
- P_{limit} er værdien midt mellem P_{ref} og P_{fejl} .
- P_{t+} og P_{t-} er henholdsvis $P_{ref} \pm 5\%$ af P_n .



Foruden kravet i RfG artikel 20, stk. 3, litra a) skal type D PPM produktionsanlæg være i stand til at lave en langsommere og kontrolleret regulering af aktiv effekt tilbage til normal produktion.

I henhold til definitionerne under RfG artikel 20, stk. 3 litra a) skal det være muligt at indstille tiden T_2 til mellem 5 og 30 sekunder. Derudover gælder det, at den maksimale gradient under reguleringen (mellem T_0 og T_2) ikke må overstige 25% af P_n/s .

Der er som udgangspunkt normalt brug for, at anlæg efter FRT hurtigt returnerer til niveauet af aktiv effekt som før hændelsen. Denne funktion skal sikre og derved forbedre det for nuværende gældende krav, at anlæg i forbindelse med Post Fault Active Power Recovery (PFAPR) og anlæggets indsvingningsforløb har et begrænset oversving af aktiv effekt samt anvender niveauet for aktiv effekt som før hændelsen. Desuden giver funktionen mulighed for at indpasse en anlægsspecifik systemafhængig effektgradient.

12.4 Aftale om anvendelse af viklingskobler inden ION

Driftsmode betinget af ydelseslevering. Produktionstelegraf anvendes til drifts- og driftspunktændringer.

For et transmissionstilsluttet produktionsanlæg fastsættes den maksimalt tilladelige størrelse af maskintransformers/nettransformers kortslutningsreaktans i samarbejde med *Energinet* på baggrund af anlægsejerens anlægsstudier og stabilitetsanalyser. Den tilladelige værdi skal fremgå af nettilslutningsaftalen (evt. af et bilag), inden produktionsanlægget tildeles *EON*.

Hvor der anvendes viklingskobler på maskintransformer/nettransformer, kan det aftales med *Energinet*, om viklingskobleren må anvendes til opfyldelse af krav til reaktive reguleringsegen-skaber. Hvis aftale indgås, skal det fremgå af *nettilslutningsaftalen* (evt. af et bilag) for produktionsanlægget, inden produktionsanlægget tildeles *EON*.

Hvis der anvendes viklingskobler på maskintransformer/nettransformer, er anlægsejer ansvarlig for den rette koordinering mellem anlæggets reaktive reguleringsfunktioner og viklingskoblerregulering.

12.5 FRT: Toggling

Produktionsanlægget skal efter et indsvingningsforløb levere normalproduktion senest 5 sekunder efter, at driftsforholdene i tilslutningspunktet er tilbage i området kontinuert drift. Effektreguleringen skal ske med en gradient på 20 % af anlæggets nominelle effekt.

Efter endt FRT-forløb og spændingen er normaliseret i normaldriftsområdet, holdes produktionsanlægget i FRT-mode i yderligere 500 ms.

Med henblik på at sikre, at anlæg ikke toggler ind og ud af FRT-mode, skal produktionsanlægget kunne indstilles til at blive i FRT-mode mellem 100 - 500 ms. efter spændingen i tilslutningspunktet er normaliseret i normaldriftsområdet.

Medmindre andet aftales med *Energinet*, skal denne funktionalitet være aktiveret og indstillet til 500 ms.

Funktionen skal kunne deaktiveres.

12.6 FRT: OVVRT – Over Voltage Fault Ride Through

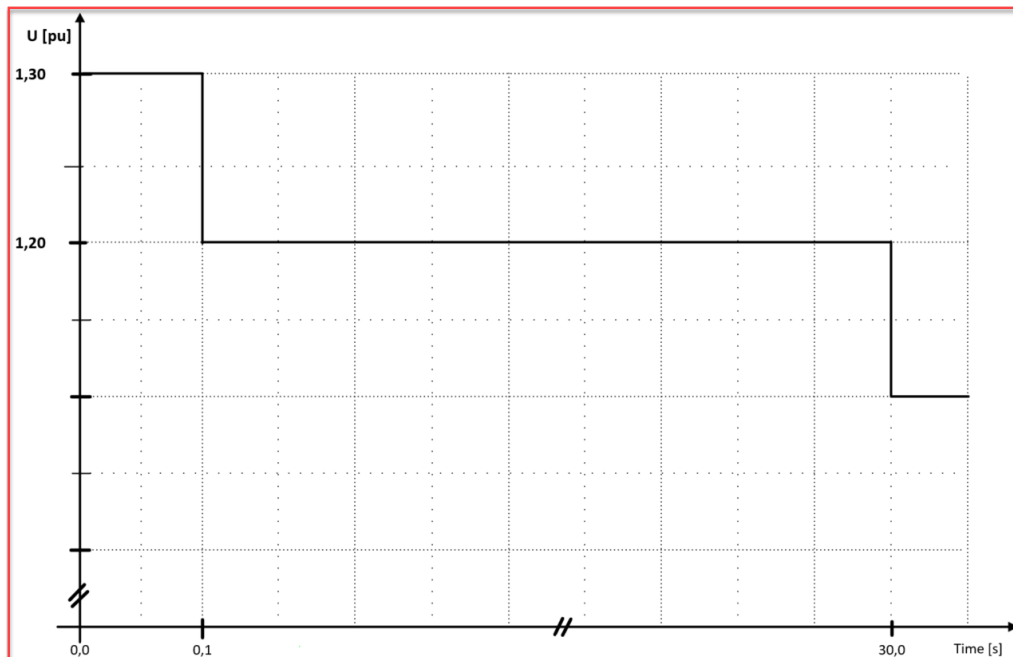
Produktionsanlægget skal forblive tilkoblet og i drift under spændingshændelsen.

Kravet til OVVRT er gældende for symmetriske såvel usymmetriske spændingshændelser.

Den højeste fase-fase eller fase-jord spænding (effektivværdi) skal indgå i spændingsevalueringen.

Spænding og tid som definerer OVVRT-profilen:

- 1,3 p.u i 100 ms.
- 1,2 p.u. i 30 sek.



Figur 1: OVFRT-profil for transmissionstilsluttede generatorer.

U er i forbindelse med OVFRT den maksimale tilladte systemdriftsspænding, kontinuerle eller tidsbegrænsede spænding, for hvilken der repræsenterer den højeste værdi.

Kravet til OVFRT skal sikre, at produktionsanlæg ikke bortkobler fra det kollektive elforsynings-system i forbindelse med korte forløb, hvor systemspændingen kortvarigt er over den maksimalt tilladte driftsspænding.

Overspændingssituationerne kan opstå ved forskellige scenarier, f.eks. ved bortkobling af fejl (fault clearing), fase til jord fejl, udfald af betydelig mængde af produktion eller forbrug, kobling af reaktive komponenter m.fl.

12.7 FRT for gentagende fejl

Gentagende fejl i det kollektive elforsyningssystem, spændingsdyk, må ikke udkoble produktionsanlægget, medmindre de allerede fastsatte krav i nettilslutningsaftalens bilag 1.3 overskrides.

Produktionsanlægget skal have tilstrækkelige energireserver i hjælpeudstyr som nødforsyning og andet til at opfylde nedenstående, gældende for alle typer af systemfejl, spændingsdyk, i tilfælde af individuelle fejl og gentagende fejl, hvor langsom og hurtig genindkobling anvendes:

- Produktionsanlægget skal blive i drift i tilfælde af gentagende fejl, hvor det akkumulerede spændingsdyk, inden for et 10-sekunders vindue, ikke overskrider robusthedskravene jf. nettilslutningsaftalens bilag 1.3 i forhold til dybde og tid af spændingsdyk.
 - Yderligere skal anlægget som minimum kunne klare 2 spændingsdyk til mellem 0.0-0.6 pu inden for 2 sekunder, hver af varighed op til

150 ms og adskilt af mindst 300 ms., hvor spændingen har været over 0.6 pu.

- ii. Produktionsanlægget må udkoble i tilfælde af mere end 2 individuelle fejl med spændingsdyk til under 0.6 pu i løbet af 10 sekunder.
- b. Produktionsanlægget må udkoble i tilfælde af mere end 4 individuelle fejl med spændingsdyk til under 0.6 pu i løbet af 5 minutter.
- c. Produktionsanlægget må udkoble i tilfælde af mere end 10 individuelle fejl i løbet af 30 minutter.

Individuelle fejl er defineret som værende spændingsdyk under den nedre grænse for det definerede normaldriftsområde adskilt af mere end 2 sekunder. Gentagende fejl grundet genindkobling betragtes ikke som individuelle fejl.

Spændingens synkronkomponent anvendes ved spændingsevaluering.

Som følge af udviklingen i og omstillingen af det kollektive elforsyningssystem er der konstant fokus på systemstabilitet og robusthed, dels systemrobusthed men også robusthed fra de enkelte produktionsanlæg. Inden RfG blev gennemført i perioden fra 2016 til 2019, var der i de eksisterende tekniske forskrifter fastsat krav omhandlende gentagende fejl. Dette var således gældende for sol (TF 3.2.2), vind (TF 3.2.5) samt termiske anlæg (TF 3.2.3).

I forbindelse med gennemførelse af RfG blev der ikke lagt vægt på situationer med gentagende fejl og sikring mod sådanne hændelser er således ikke inkluderet. Situationen og fokus har dog ændret sig væsentligt i forhold til dette, og derfor er der nu et opdateret krav om robusthed for gentagende fejl.

12.8 Power Oscillation Damping (POD)/(FPO) for PPM

For PPM gælder:

- Effekt-oscillationer genereret af anlægget, med frekvenser lig med og over 0,1 Hz, må ikke overstige den mindst restriktive af:
 - $\pm 0,5$ % af den aktuelle effektproduktion
 - $\pm 0,25$ % af anlæggets nominelle effekt.
- Effekt-oscillationer, som overskrider denne grænse, skal dæmpes til ovennævnte grænseværdier inden for 180 sekunder efter overskridelsen.
- Egenskab for dæmpning af effekt-oscillationer gælder for alle spændinger inden for det tidsubegrænsede og tidsbegrænsede driftsspændingsområde.
- Kravet gælder og eftervises ved normale, stabile forhold i tilslutningspunktet og efter enkelte hændelser uden for produktionsanlægget. Ved gentagne hændelser i det kollektive elforsyningssystem skal anlæggets potentielle af-fødte effektooscillationer være dæmpet til de acceptable niveauer inden for 180 sekunder efter den seneste hændelse i det kollektive elforsyningssystem.

12.9 Initiering af logning

Det præciseres, at fejlskriveren skal logge data ved følgende hændelser:

1. Når spændingen i tilslutningspunktet kommer uden for driftsspændingsområdet:
 - a. DK1 (CE):
 - i. For 110 kV til 300 kV tilslutning: 0,9 pu – 1,118 pu
 - ii. For 110 kV til 300 kV tilslutning: $\leq 0,85$ pu
 - iii. For 110 kV til 300 kV tilslutning: $\geq 1,15$

- iv. For 300 kV til 400 kV tilslutning: 0,9 pu – 1,05 pu
 - v. For 300 kV til 400 kV tilslutning: $\leq 0,85$ pu
 - vi. For 300 kV til 400 kV tilslutning: $\geq 1,10$
- b. DK2 (N):
- i. For 110 kV til 300 kV tilslutning: 0,9 pu – 1,05 pu
 - ii. For 300 kV til 400 kV tilslutning: 0,9 pu – 1,05 pu
 - iii. For 110 kV til 300 kV tilslutning: $\geq 1,1$
 - iv. For 300 kV til 400 kV tilslutning: $\geq 1,10$
2. Når frekvensen i POC kommer uden for normalområdet:
- a. DK1 (CE): i. ± 200 mHz
 - b. DK2 (N): i. ± 500 mHz
3. Ved aktivering af systemværn (5 trin til nedregulering)
4. Ved aktivering af anlæggets beskyttelsesfunktioner, inklusiv
- anlægsudkobling (bortkobling fra elsystemet)
 - anlægsdriftsstop.

Præciseringen skal tjene til forenkling af generel kravforståelse og godkendelsesproces.

12.10 Spændingskontrol – Q prioritet

For produktionsanlæg i spændingskontrol har reaktiv effekt prioritet over aktiv effekt. Præciseringen skal tjene til forenkling af generel kravforståelse og godkendelsesproces.

12.11 Simulering af Q-U/Pn krav for synkrone anlæg

Præcisering:

1. Eftervisning af Q-U/Pn-compliance skal foretages i en tidsdomænesimulering.
2. Ved eftervisning af Q-U/Pn-compliance skal simuleringen gennemføres, således, at P ikke ændres ($P = P_n$), og at det er evnen til at levere tilstrækkeligt Q, der vurderes.
3. Der accepteres en kortvarig transient ændring af P i en tidsdomænesimulering efter momentane spændingsændringer ved eftervisning af Q-U/Pn.
4. I forbindelse med eftervisning af Q-U/Pn kravene må anlægsejer ikke indstille egne passive komponenter, fx viklingskoblere og shuntelementer, i en mere gunstig driftsposition end det for anlægget normale drifts-punkt ved den forventede normaldriftsspænding i POC og fuld aktiv effekt (P_n). P_n er her den anførte værdi i tilslutningsaftalen.

Præciseringen skal tjene til forenkling af generel kravforståelse og godkendelsesproces.

12.12 Simulering af Q-U/Pn krav for asynkrone anlæg

Præcisering:

1. Eftervisning af Q-U/Pn-compliance skal foretages i en tidsdomænesimulering.
2. Ved eftervisning af Q-U/Pn-compliance skal simuleringen gennemføres således, at P ikke ændres ($P = P_n$), og at det er evnen til at levere tilstrækkeligt Q til tiden, der vurderes.
3. Der accepteres en kortvarig transient ændring af P i en tidsdomænesimulering ved eftervisning af Q-U/Pn. Efter en ændring i spænding skal den momentane ændring i aktiv effekt være indreguleret til en maksimal afvigelse på 1% efter maksimalt 2 sekunder.
4. Når anlægget reguleres ud i hjørnerne af Q-U/Pn diagrammet, skal leveringen af reaktiv effekt ske jævnfør artikel 21.3.d.iv, hvor 90 % af den reaktive effekt skal leveres inden for 1 sekund (t_1) og 100 % inden for 5 sekunder (t_2). Tolerancer accepteres ikke

ved eftervisning på simuleringsmodel til ION, men ved eftervisning af kravet på det fysiske anlæg accepteres en steady-state error (tolerance) på 5 % af maksimal reaktiv effekt (5 % af 0.33 p.u.). Tolerancen på 5 % har til formål at tilgodese komponenttolerancer og måleusikkerheder på det fysiske anlæg.

5. I forbindelse med eftervisning af Q-U/Pn-kravene må anlægsejer ikke indstille egne passive komponenter, fx viklingskoblere og shunt-elementer, i en mere gunstig driftsposition end det for anlægget normale driftspunkt ved forventede normaldriftsspænding i POC og fuld aktiv effekt (Pn). Pn er her den anførte værdi i tilslutningsaftalen. Compliance opnås, når det dokumenteres, at indregulering jævnfør artikel 21.3.d.iv, og kravet om t1 og t2 er opnået uden reduktion af Pn.

Præciseringen skal tjene til forenkling af generel kravforståelse og godkendelsesproces.

12.13 FRT-overgang

Den reaktive fejlstrøm skal betragtes som en tillægsstrøm, i forhold til før FRT-mode aktiveres. Hvis anlægget allerede leverer en større reaktiv strøm i nettilslutningspunktet end krævet jf. karakteristikken i figurerne for hhv. synkronområde CE og N, skal denne strøm som minimum fastholdes ved skift til FRT-mode. Præciseringen skal tjene til forenkling af generel kravforståelse og godkendelsesproces.

13. Krav i forbindelse med samplacering af produktionsanlæg og forbrugsanlæg mv.

De tekniske krav i forbindelse med overplanting af produktionsanlæg samt samplacering af produktions-, energilager- og/eller forbrugsanlæg er under udarbejdelse. Energinets forventede samplacerings- og overplantingskrav på tidspunktet for koncessionsudbuddet, fremgår af dokumentet "Tekniske krav for samplacerede og/eller overplantede elproducerende og -forbrugende anlæg samt energilageranlæg". Systembrugeren skal som en del af koncessionsudbuddet forvente tilslutningskrav tilsvarende kravene i dokumentet, men bør holde sig orienteret om justeringer eller præciseringer i kravene som led i proceduren for fastsættelse af tilslutningskravene, da *anlægget* vil omfattes af de endelige krav, se *aftalens* punkt 2.6.9.

Kravene vil i nødvendigt omfang indarbejdes i *nettilslutningsaftalens* bilag på tidspunktet for indgåelse af nettilslutningsaftalen