

**ENERGINET**

Energinet  
 Tonne Kjærvej 65  
 DK-7000 Fredericia

+45 70 10 22 44  
 info@energinet.dk  
 CVR-nr. 28 98 06 71

Dato:  
 14. oktober 2019

Forfatter:  
 JMI /JMI

## ANNEX D - REAKTIVE REGULERINGSEGENSKABER JF ARTIKEL 20, 40 OG 48, HVDC – REV. 0

Nærværende kravspecifikation omfatter Energinets krav for reaktive reguleringsegenskaber i forbindelse med nettilslutning af HVDC-anlæg. Kravspecifikationen indgår som baggrund i forbindelse med implementering af EU-forordning 2016/1447, *High Voltage Direct Current (HVDC)*, og omhandler således krav til HVDC-anlæg.

AFSNITNR.	TEKST	REV.	DATO
	Oprindelige udgave til FSTS	A	28-09-2018
2.1	Ændrede krav til DK2	B	03-10-2019
	Krav godkendt af Forsyningstilsynet	0	14-10-2019

## Indhold

1. Læsevejledning.....	3
2. Krav til reaktive reguleringssegenskaber for HVDC-anlæg .....	4
2.1 HVDC-anlæg.....	4
2.2 DC tilsluttet PPM.....	6
2.3 HVDC anlæg som DC tilsluttet PPM er tilsluttet i .....	6

## 1. Læsevejledning

Denne kravspecifikation indeholder alle generelle og specifikke krav vedrørende reaktive reguleringssegenskaber for HVDC-anlæg.

Kravspecifikationen er bygget op således, at afsnit 2 indeholder de overordnede generelle krav og forpligtelser

Kravspecifikationen er udgivet af den systemansvarlige virksomhed og kan hentes på Energinets hjemmeside, [www.energinet.dk](http://www.energinet.dk).

## 2. Krav til reaktive reguleringssegenskaber for HVDC-anlæg

Jf. artikel 20, 40 og 48 i HVDC-forordningen skal systemoperatøren i samarbejde med TSO'en specificere krav til U/Q-Pmax-egenskaber for HVDC-anlæg, DC tilsluttet PPM og HVDC anlæg som DC tilsluttet PPM er tilsluttet i. Nærværende dokument beskriver disse samt argumentation for kravstillelse.

Som illustreret i figur 5 og tabel 6 i HVDC er der defineret områder for spænding og reaktiv effekt, hvor kravet, der defineres, skal ligges inden for.

I nedenstående afsnit defineres først krav til HVDC-anlæg, og derefter krav til DC tilsluttet PPM og HVDC anlæg, som DC tilsluttet PPM er tilsluttet i.

### 2.1 HVDC-anlæg

I fremtidens VE-baserede elforsyningssystem forventes størstedelen af de termiske centrale kraftværker, som traditionelt har været systembærende, at være udfaset. De systembærende egenskaber, der går tabt ved udfasning af et kraftværk, skal erstattes af andre anlæg i elforsyningssystemet. Her tænkes HVDC-anlæggene at have en vigtig rolle ift. at levere de spændingsstabiliserende egenskaber. I kravstillelsen til U/Q-Pmax-egenskaberne skal det forsøges at opnå lignende egenskaber som hos de centrale kraftværker, under hensyntagen til teknologiens begrænsninger.

Kontinuer overmagnetiseringsegenskab for et centralt kraftværk ligger typisk i intervallet 160 – 240 MVAR. Kraftværkerne designes desuden med en overlasteegenskab, som tillader, at anlægget kortvarigt (10 s) kan levere ca. 1,6 gange ovenstående værdi. Undermagnetiseringsegenskaberne er mere begrænset grundet svækkelse af den elektromekaniske kobling til nettet. Egenskaberne ligger typisk i intervallet 100 – 150 MVAR.

HVDC-anlæg har ikke samme udfordring med at undermagnetisere, hvorfor der stilles et symmetrisk krav. Anvendes samme krav til reaktive reguleringssegenskaber, som det der stilles for PPM ( $\tan(\phi) = \pm 0,33$ ), opnås  $\pm 230$  MVAR for et HVDC-anlæg med en aktiv effektoverførings- evne på  $P_{\max} = 700$  MW. Med dette krav er der en tilfredsstillende overensstemmelse mellem kraftværkernes og HVDC-anlæggenes egenskaber. For at sikre ligebehandling, stilles lignende krav til eksterne aktørers anlæg, som det der stilles til Energinets egne, da teknologien, der anvendes for PPM og HVDC-anlæg, er den samme. Kravet vælges således til  $\tan(\phi) = \pm 0,33$ . I Figur 1 og Figur 2 er krav til anlæg tilsluttet i hhv. DK1 og DK2 illustreret.



Tilslutningspunktet for fremtidens HVDC-anlæg forventes at være placeret i stærke knudepunkter i transmissionsnettet på 400 kV. Anlæggene skal derfor altid være drevet i spændingsregulering. Der stilles derfor reduceret krav i spændingsområdet overspænding/overmagnetiseret og underspænding/undermagnetiseret, da anlægget aldrig vil kunne komme til at ligge i et driftspunkt i disse områder. Spændingsreguleringens spændingsreference skal kunne indstilles i intervallet 0,95 – 1,05 pu jf. artikel 22 i NC HVDC. I praksis vil spændingsreferencen vælges til typisk driftsspænding liggende i intervallet 1,02 – 1,04 pu (408 – 416 kV). For DK1 er spændingsvinduet derfor valgt til at muliggøre drift med spændingsregulering med en spændingsreference i intervallet 0,96 – 1,04 pu med mulighed for at indstille en statik i intervallet 3 % - 6 %, hvor 4 % er typisk indstilling. Da rammerne for spændingsvinduet i DK2 er tættere, er det valgt at udgangspunkt for reguleringsegenskaber er baseret på  $U_c + 3\%$ , svarende til 1,03 pu. Fra dette udgangspunkt gives mulighed for at indstille en statik i intervallet 3 % - 6 %, hvor 4% er en typisk indstilling.

Spændingsområdet fra 1,05 – 1,1 pu i DK1 er tidsbegrænset jf. robusthedskrav. Derfor accepteres det, at de reaktive egenskaber i dette område kun er til rådighed i den tidsperiode, hvor anlægget kræves at være i drift.

Maksimal strømrating for inverteren defineres af driftspunktet, hvor inverteren kontinuerligt skal kunne levere  $P_{max}$  og  $Q_{max}$  ved underspænding. Strømratingen er bestemmende for performance af spændingsregulering under fejl, da HVDC-anlægget injicerer en reaktiv strøm med en størrelse, som minimum svarende til nominel strøm. Som det ses, er underspændingen valgt til 0,9 pu, hvilket betyder, at inverterstørrelsen skal designes 10 % større med reference til 1 pu.

Fra 0,0 – 1,0 pu aktiv effekt skal det være muligt at udnytte HVDC-anlæggets indbyggede reaktivegenskaber. Dvs. det skal altså være muligt at anvende evt. forøgede reaktivegenskaber, som anlægget måtte have, ved driftspunkter under 1,0 pu aktiv effekt.

Anlægget skal kunne drives i statcom-mode, hvilket muliggør anvendelse af HVDC-anlæggets reaktivegenskaber i situationer, hvor der ikke er nogen aktiv effektoverførsel.

## 2.2 DC tilsluttet PPM

I kravstillelsen henvises til krav defineret i EU-forordning 2016/631, artikel 21. Der stilles ikke et andet krav, da det ville være at diskriminere anlægstypen.

Da de reaktive egenskaber fra PPM ikke kan overføres via HVDC-anlægget til det kollektive elforsyningsnet, skal der være mulighed for at få dispensation for U/Q- $P_{max}$ -krav. Anlægsejer vil med høj sandsynlighed både eje PPM og HVDC-anlæg, hvorfor han har rådighed over begge anlæg ift. spændingsregulering i offshore AC-ø. Anlægsejer kan altså selv bestemme, hvilken af enhederne som skal udføre spændingsregulering.

## 2.3 HVDC anlæg som DC tilsluttet PPM er tilsluttet i

I kravstillelsen henvises der til krav defineret for HVDC-anlæg (se Figur 1 og Figur 2).

Da de reaktive egenskaber fra HVDC-anlægget ikke kan overføres til det kollektive elforsyningsnet, skal der være mulighed for at få dispensation for U/Q- $P_{max}$ -krav. Anlægsejer vil med høj sandsynlighed både eje PPM og HVDC-anlæg, hvorfor han har rådighed over begge anlæg

---

ift. spændingsregulering i offshore AC-ø. Anlægssejer kan altså selv bestemme, hvilken af enhederne som skal udføre spændingsregulering.