



Dokumenttitel		Guideline til reaktiv kompensering - Opdatering af Netdimensioneringsreglerne					
Dokumentnummer		83990/12					
Målgruppe		Netplanlægning					
Revision	Dokument status	Forfatter		Reviewer		Godkender	
		Navn	Dato	Navn	Dato	Navn	Dato
A	Udkast	ASK	08-08-2013	MJK, FBC, PMO	28-08-2013		
B	Udkast	ASK	29-11-2013	JKE	04-12-2013		
C	version 1	ASK	10-12-2013	CRA, RBI			
0	Version 1					BCG	06-06-2014

Tonne Kjærvej 65
7000 Fredericia
Tel. +45 70 10 22 44
Fax +45 76 24 51 80

info@energinet.dk
www.energinet.dk
cvr-nr. 28 98 06 71

20. august 2013
ASK/ASK

Guideline til reaktiv kompensering - Opdatering af Netdimensioneringsreglerne

Dette dokument er et princip for reaktiv kompensering af det danske transmissionsnet. Baggrundsdokumentationen for vejledningen findes i Ref. 6.

1. Grundlag

Principperne for den reaktive kompensering er baseret på et transmissionsnet, med meget vind, som gradvis kabellægges og hvor støtten fra centrale kraftværker reduceres. Det betyder, at det hovedsagligt er kompensering ved hjælp af reaktorer der fokuseres på. Det sker i et net, der gradvis bliver svagere og hvor den dynamiske regulering er forbundet med store omkostninger. Metoden er generisk og kan også anvendes til kondensator-dimensionering.

1.1 Definitioner

Minimalt kortslutningsniveau

Scenarie som anvendes til at finde de største spændingsspring ved intakt og ikke intakt net. Den præcise opsætning er beskrevet i Ref. 1.

Værste N-1

Værste udfald af alle relevante seriekomponenter og kortslutningsbidragende udstyr, både direkte tilsluttede komponenter og hovedforsyningsforbindelser. Udfald, der isolerer det undersøgte område, er ikke relevante.

Variabel reaktiv kompensering (VSR)

Variabel reaktiv kompensering kan som udgangspunkt reguleres i omkring 21 trin ved hjælp af en viklingskobler. Reguleringsområdet er ca. 40-100 % for 150/132 kV og ca. 50-100 % for 220/400 kV komponenter. Det er ikke muligt at reducere antallet af trin. Det skyldes, at spændingsspringet, der opstår imellem trinene, skal begrænses. Serviceintervallet for en standard viklingskobler er ca. 150.000-300.000 koblinger.

Kobbelbar reaktiv kompensering

Kobbelbar reaktiv kompensering kan ind- og udkobles via et standard afbryder felt eller via en afbryder direkte tilsluttet et kabel.

Fasttilsluttede reaktiv kompensering

Reaktiv kompensering der er direkte tilsluttet et kabelanlæg og som ikke kan kobles under drift. Kan anvendes på lange kabler, hvor spændingsspringet alternativt bliver stort.

Designspænding

Designspændingen er den spænding, som komponentstørrelser bliver beregnet ud fra.

1.2 Ikke omfattet af princippet

Anvendelse af reaktive egenskaber fra følgende komponenter er ikke en del af princippet:

- Centrale kraftværker
- Decentrale kraftværker
- Vindmøller
- Synkronkompensatorer
- SVC
- STATCOM
- HVDC VSC/LCC

1.3 Spændingsgrænser

De tilstræbte spændinger i Tabel 1 er de grænser, som skal kunne overholdes under den normale statistiske planlægning af transmissionsnettet.

Designspændingen er den spænding, som komponentstørrelsen bliver designet efter. Det betyder, at det er vigtigt, at Mvar-behov og komponentstørrelser bliver omregnet til designspænding. Eller at man som minimum specificerer, hvilke alternative spændinger der er anvendt.

Nominel spænding	Base spænding [1 PU]	Tilstræbt nedre driftsspænding		Tilstræbt øvre driftsspænding		Designspænding		Tilladt spændingsændring	Maksimal spænding	
		kV	Pu	kV	Pu	kV	Pu		%	kV
400	400	405	1,013	417	1,043	400	1,000	3,0%	420	1,050
220	232	220	0,948	242	1,043	235	1,013	9,5%	245	1,056
150	165	160	0,970	167	1,012	165	1,000	4,2%	170	1,030
132	132	130	0,985	137	1,038	132	1,000	5,3%	145	1,098

Tabel 1 Tilstræbte og dimensionerende spændinger i transmissionsnettet.

Der kan være lokale forhold som gør, at det tilstræbte spændingsområdet er reduceret. Det gælder specielt for Københavnsområdet. Der henvises til gældende driftsinstrukser.

2. Princip - Reaktiv kompensering

Den reaktive kompensering af det danske transmissionsnet skal udføres efter følgende principper. Den reaktive kompensering er udført efter et overordnet princip om en optimal statistisk neutralisering af reaktiv effekt produktion/forbrug i transmissionsnettet, samt håndtering af eventuelle aftaler omkring reaktive kompensering af distributionsnettet.

1. Generatorerne og synkronkompensatorerne skal kunne drives svagt overmagnetiseret (producerer Mvar). SVC, STATCOM, VSC og aktive vindmølleparker skal kunne drives Mvar-neutralt. Samtidigt skal de tilstræbte driftsspændinger overholdes i alle dimensionerende scenarier og SIVAEL balancer.
Det skal samtidigt være muligt at håndtere et vilkårligt udfald af en reaktiv komponent.
2. De tilstræbte driftsspændinger skal overholdes hvis båndene i Mvar-ordningen anvendes (1 % og 99 % fraktilerne). Det betyder, at det værste mulige driftsscenario, som vi er forpligtet til at kunne overholde via Mvar-ordningen, skal kunne håndteres. Eventuelle aftaler om yderligere reaktiv kompensering over for distributionsnettet skal også kunne håndteres.
3. Alle komponenter skal kunne fjernbetjenes fra Energinet.dk's kontrolcenter og indgå i automatisk regulering af spænding og Mvar-flow. Det gælder både en autonom hurtig lokal regulering samt overordnet langsom regulering.

4. Ved dimensionering af nye kabelforbindelse udnyttes kablerne korttidsbelastningsevne. Dette betyder, at kablerne kan belastes med op til 200 % i kortere perioder, hvormed kablets samlede Mvar-produktion reduceres. Denne reduktion af Mvar-produktion skal også kunne håndteres. Det vil sandsynligvis være en situation, hvor et andet kabel er ude af drift, hvorved Mvar-produktionen falder yderligere. Det gælder transitlejninger med mulighed for aflastning med manuelle reserver.

3. Dimensionering

I det efterfølgende beskrives, hvordan reaktiv kompensering skal dimensioneres. Kompenseringen skal udføres helhedsorienteret på tværs af transmissionsprojekter og Mvar-ordningen og ikke isoleret i de enkelte projekter.

- Der skal installeres reaktiv kompensering så principperne i afsnit 2 kan overholdes.
- Der skal installeres 100 % kompensering af alle kabler (ubelastet/No-load).
- Der skal kompenseres 100 % for båndene i Mvar-ordningen. Mvar-båndene skal fordeles på stationer
- Hvis det er teknisk og samfundsøkonomisk optimalt skal kabler i distributionsnettet kompenseres
- Der skal kun indsættes reservekapacitet¹, hvis det ikke er muligt at overholde spændingerne uden. Reservekapacitet skal bestemmes på baggrund af behov. Minimumsbelastningen vil automatisk give en reservekapacitet. De dynamiske ressourcer må ikke anvendes som reserver ved N-1. Hvis det ikke er muligt at beregne reservebehovet benyttes en kvalitativ analyse
- Variable reaktorer kan med fordel dimensioneres til drift på maksimalt 90 % ved intakt net
- Ved intakt net, skal det være muligt at holde de systembærende komponenters Mvar-produktion neutralt samt overholde de tilstræbte driftsspændinger
- Ved N-1 på serie og shunt komponenter, skal det være muligt at holde de systembærende komponenters Mvar-produktion indenfor grænserne samt overholde de tilstræbte driftsspændinger
- Under detailplanlægningen vurderes konsekvensen af:
 - N-1 på serie + N-1 shunt
 - N-1 på skinne/station
 - N-1-1 på shunte
 - N-1-1 med omlægninger

3.1 Spændingsspring ved kobling

Ved kobling med især statisk reaktiv kompensering og kabler sker der et spændingsspring. I fremtiden vil der i stigende grad installeres spændingsregulerende udstyr, som ikke nødvendigvis producerer kortslutningseffekt. Det er derfor nødvendigt at anvende en metode til

¹ Reservekapacitet er kompensering udover 100 % af Mvar produktionen i nettet

spændingsspringsevaluering, der ikke udelukkende fokuserer på kortslutningseffekten.

Definition af spændingsspring

Det statiske spændingsspring har stor betydning for kvaliteten af Mvar-reguleringen. Det skyldes, at et statisk spændingsspring afgør om det er muligt at holde den tilstræbte driftsspænding uden at forårsage unødvendig kobling/regulering med andet udstyr.

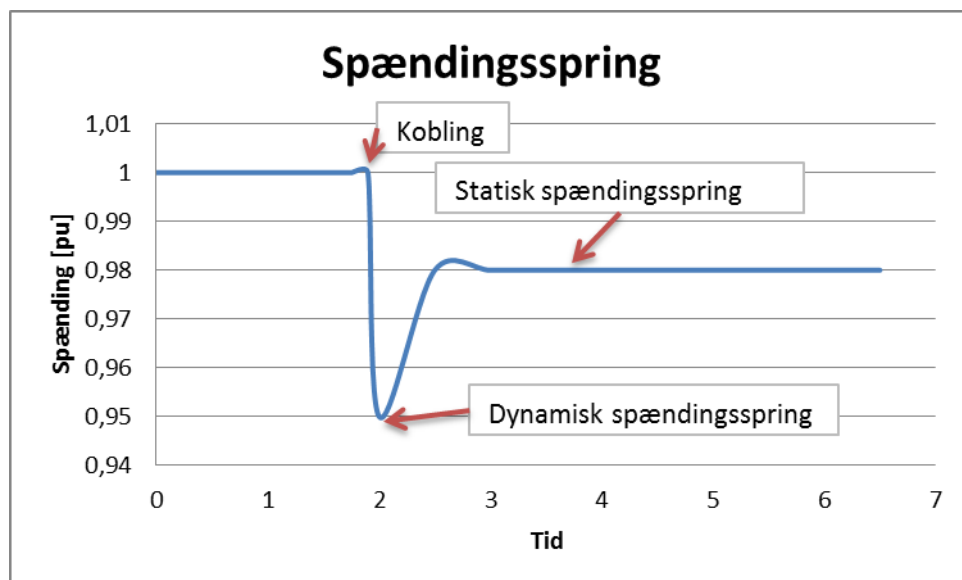
Det statiske spændingsspring vil være det, kontrolcenteret oplever og reagerer på, og vil være det, der anvendes, når spændingsspring skal beregnes.

Statisk spændingsspring

- Et statisk spændingsspring defineres som spændingsforskellen mellem den stationære spænding før og efter ind- og udkobling eller udfald af reaktiv kompensering og serie komponenter (se Figur 3.1). Spændingsspringets størrelse fastsættes på tidspunktet efter indsvingningsforløbet fra de dynamiske spændingsregulerende ressourcer i nettet er overstået, men før bidraget fra automatisk kobling med viklingskoblere og statiske reaktive komponenter indtræder.

Dynamisk spændingsspring

- Den maksimale absolutte spændingsvariation under indsvingningsforløbet i forbindelse med en kobling i nettet (se Figur 3.1). Det gælder ikke hurtige transiente spændinger som koblingstransienter.



Figur 3.1 Spændingsspring

Vejledende krav til statisk spændingsspring

Under normal anvendelse af komponenter bør spændingsspringet ikke overstige de specificerede størrelser i Tabel 2. Overstiger spændingsspringet de specificerede størrelser, skal det aftales med relevante interessenter.

Udgangspunktet for spændingsspringsberegningerne er, at de skal være præcise, og at eventuelle usikkerheder eller konservatisme indregnes i den tilladte størrelse og ikke i beregningen.

Det der beregnes, skal også være det der sker efterfølgende, ellers mister procentsatserne værdi og bliver et relativt begreb, som ikke kan bruges i en diskussion.

Det er prioriteret, at metoden skal være simpel og reproducerebar.

Spændingsspringet skal undersøges for, så vidt muligt, hele levetiden for de reaktive komponenter. Det vil sige at aktuelle fremtidsscenerier skal anvendes.

Det er vigtigt, at de aktive dynamiske spændingsregulerende enheder er placeret elektrisk langt væk fra de undersøgte stationer. Det gælder centrale kraftværker, synkronkompensatorer, STATCOM-anlæg, SVC-anlæg og VSC-forbindelser.

Spændingsspringet for de enkelte stationer beregnes på baggrund af scenariet fra "Minimalt kortslutningsniveau ved intakt net" Ref. 1.

Navn	Spændingsspring [x]	Situation	Metode	Bemærkning
Normale koblinger	2 %	Intakt net ²	Følsomhed/Load-flow eller ved scenariet minimalt kortslutningsniveau Alternativt anvendes det minimale kortslutningsniveau	Reaktiv kompensering. Mvar og spændingsregulering
Normale koblinger - Worst case	4 %	Værste N-1	Minimalt kortslutningsniveau	Reaktiv kompensering. Mvar og spændingsregulering Husk at korrigere spændingen
Sjældne koblinger	4 %	Intakt net	Følsomhed/Load-flow ved scenariet minimalt kortslutningsniveau Alternativt anvendes det minimale kortslutningsniveau	Gælder kobling med serie komponenter og grundlast kompensering. Indgår ikke i den normale spændings- og Mvar-regulering udfald af variable reaktorer i max position Husk at korrigere spændingen
Sjældne koblinger - worst case	6 %	Værste N-1	Minimalt kortslutningsniveau	Gælder kobling med serie komponenter og grundlast kompensering. Indgår ikke i den normale spændings- og Mvar-regulering
Specielle koblinger	Aftales		Load-flow/dynamik studie	Vindmølleparker, ect.

Tabel 2 Grænser for spændingsspring

3.1.1 Metode til beregning af spændingsspring

Normale koblinger

Gælder normal Mvar og spændingsregulering.

Den maksimale størrelse for reaktive komponenter under normal drift beregnes ved balancen for minimalt kortslutningsniveau ved intakt net, jf. Ref. 1, for den pågældende station. Der udføres en følsomhedsanalyse dv/dQ eller en load-flow analyse med relevante reaktive komponenter. Ved load-flow analysen er det

² Intakt net er et intakt dansk net, men med N-1 på en udlandsforbindelse

vigtigt, at der ikke skiftes på viklingskobler eller statiske komponenter til reaktiv kompensering, når der kobles med de undersøgte enheder. Derudover er det vigtigt, at spændingsregulerende enheder ikke når deres reaktive grænser. Det gælder både for følsomhedsanalysen og load-flow analysen. Med droop i modellen og generatorfjern beregninger vil betydningen være begrænset. Hvis det ikke er muligt at lave en følsomhedsberegning, kan kortslutningsmetoden, som er beskrevet i det efterfølgende afsnit, anvendes. Det er en konservativ beregning, som bliver mere upræcis i fremtiden, når der kommer flere FACTS-enheder.

De reaktive komponenter skal kunne give de dynamiske ressourcer maksimal fleksibilitet, samt kunne håndtere store fluktuationer i behovet på grund af meget vind i svage områder. Derudover skal store ændringer i effekt-flowet på grund af transit også kunne håndteres. Det betyder, at variable reaktorer med fordel kan anvendes til at dække den øverste del af kompenseringen.

Kompenseringen må ikke føre til kobling med viklingskobler, RPC og andet udstyr. RPC er et system til automatisk kobling med filtre på HVDC forbindelserne. Automatisk udkobling af filtre sker i visse tilfælde ved spændinger større end 430 kV.

Komponentstørrelsen beregnes ofte ved basespændingen (U_{base}). Skal komponentstørrelsen flyttes til en anden designspænding (U_{design}) anvendes følgende metode.

$$Komponentstørrelse \text{ ved } U_{design} = Komponentstørrelse \text{ ved } U_{base} \cdot \left(\frac{U_{design}}{U_{base}} \right)^2$$

Normale koblinger - Worst case

Det værste tænkelige spændingsspring, der skal kunne håndteres under normale koblinger beregnes som det minimale kortslutningsniveau ved værste N-1. Beregningen udføres som en 3-faset minimumskortslutningsberegning ifølge IEC-60909.

En minimumsberegning udføres ved en specifik spændingsfaktor [c]. Det er vigtigt, at spændingen for kortslutningsniveauet er identisk med designspændingen for reaktive komponenter, eller at værdien korrigeres efterfølgende. Der skal korrigeres på følgende måde:

$$Sk3_{minU_{design}} = Sk3_{min} \cdot \frac{(U_{designPU})^2}{c_{Sk3min}} = Sk3_{min} \cdot \frac{\left(\frac{U_{design}}{U_{base}} \right)^2}{c_{Sk3min}}$$

Eksempel:

$$Sk3_{minU_{design}} = 9200 \text{ MVA} = 8033 \text{ MVA} \cdot \frac{(1,0303)^2}{0,927} = 8033 \text{ MVA} \cdot \frac{\left(\frac{170 \text{ kV}}{165 \text{ kV}} \right)^2}{0,927}$$

Der skal gøres opmærksom på, at kortslutningseffekten følger c-faktoren lineært i modsætning til spændingen, som følger effekten i anden potens. Hvilket er årsagen til ovenstående formel

$$I_k = \frac{c \cdot U}{Z_k}$$

$$S_k = U \cdot I_k = \frac{c \cdot (U)^2}{Z_k}$$

Hvis den præcise værdi ønskes i kortslutningsberegningen skal spændingsreferencen for den undersøgte station flyttes til designspændingen og c-faktoren sættes til 1.

Den tilladte reaktorstørrelse (Q_{max}) beregnes på følgende måde:

$$Q_{max} = \frac{Sk3_{minUdesign}}{\left(\frac{1}{(x\%)} - 1\right)}$$

Eksempel

$$Q_{max} = 188 \text{ Mvar} = \frac{9200 \text{ MVA}}{\left(\frac{1}{(2\%)} - 1\right)}$$

Den aktive spændingsregulering, der sker i virkeligheden og i load-flow modellen vil ikke være medtaget i denne beregning. Det betyder, at der indlagt en begrænset mængde konservatisme i beregningen.

Når mængden af ikke kortslutningsbidragende dynamiske komponenter (SVC/STATCOM) stiger vil afvigelsen blive større.

N-2 skal som udgangspunkt ikke undersøges. N-1 i en minimumssituation vil være en tilstrækkelig ekstrem situation.

Sjældne koblinger

Ved koblinger, der ikke er en del af den normale spændings- og Mvar-regulering, accepteres der et større spændingsspring. Det gælder kobling og udfald af serie komponenter som bl.a. kabler og reaktive komponenter, der anvendes til grundkompensering, samt udfald af variable kompensering. Beregnes efter samme metode som ved "Normale koblinger". I denne situation accepteres kobling med RPC, viklingskobler og andet udstyr.

Det kan være nødvendigt at tilpasse spændingerne inden sjældne koblinger udføres. Det skal sikre at der ikke opstår uacceptable over/underspændinger.

De maksimale spændingsgrænser må ikke overskrides

Sjældne koblinger – worst case

Beregnes efter samme metode som "Normal drift - Worst case". Her er det vigtigt at spændingsspringene ikke medfører skader på udstyr.

Hvis de maksimale spændingsgrænser overskrides skal det undersøges om det er muligt at få den inden for de tilstræbte grænser med eksisterende shunte og viklingskoblere.

Specielle koblinger

Ved specielle situationer kan kompenseringemetoden udarbejdes efter alternativ metode. Det gælder specielt radialer til vindmølleparker hvor der ikke er tilsluttet forbruger. Metoden skal afstemmes med Systemdrift.

Ved planlagt kobling af store enheder vil systembærende enheder og netkonfigurationen kunne tilpasses.

På radialer til bl.a. vindmølleparker kan større spændingsfald accepteres eftersom det ikke har betydning for andre.

4. Zero miss

Hvis der indsættes en fasttilsluttet reaktor til et kabel, må den maksimale størrelse kun være 50 % af den mængde reaktive effekt, som kablet producerer i tomgang. Er det nødvendigt at indsætte større komponenter, skal der udføres et specifikt studie af kompenseringen. For yderlig dokumentation se Ref. 2.

5. Resultater og dokumentation

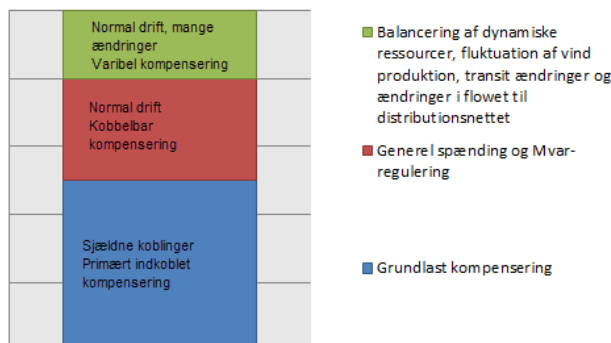
Følgende skal dokumenteres og arkiveres:

- Den anvendte netmodel samt version. En lokal version gemmes på Z-drevet for det specifikke projekt.
- Den reaktive balance for samtlige aktive dynamiske enheder samt Mvar-flowet imellem Danmark og Tyskland/Sverige for alle dimensionerende scenarier og situationer.
- Overholdelse af spændingsniveauerne for alle relevante stationer.
- Hvilke værste N-1-hændelser i forbindelse med kortslutningsniveauet, der er gældende for de undersøgte stationer.

6. Designvejledning

Når transmissionsnettet er fuldt kabellagt forventes det, at maksimalt 20 % af den reaktive kompensering skal anvendes ofte til bl.a. fluktuationer i vindproduktion og hurtige transitændringer (Normale koblinger). Derudover forventes det, at omkring 50 % af kompenseringen kun vil blive udkoblet i sjældne tilfælde (Sjældne koblinger). Det vil kun være aktuelt, hvis kabler skal udkobles eller belastes med 200 %. Det vil sandsynligvis kun give lokale konsekvenser. De resterende 30 % skal anvendes med jævne mellemrum (Normale koblinger) se Figur 6.1.

Fordeling af kompensering



Figur 6.1 Fordeling af kompensering

Variable reaktorer kan med fordel anvendes, hvor spændingsspring mindre end 2 % er en fordel.

Ved lange kabelstrækninger kan reaktorer tilsluttes direkte til kablet. De kan både være fastmonteret eller kobbelbare. Det vil reducere spændingsspringet ved kobling med kablet.

6.1 132 kV standard komponenter

(132 kV)

6.2 150 kV standard komponenter

For at begrænse antallet af komponenttyper skal følgende som udgangspunkt anvendes:

- Reaktor, 40-100 Mvar variabel (165 kV)
- Reaktor, 40 Mvar fast (165 kV)
- Reaktor, 70 Mvar fast (165 kV)
- Kondensatorer. Der er pt. ikke grundlag for standardstørrelser

Reaktor, 40-100 Mvar variabel

En variabel reaktor anvendes, når der er:

- Risiko for store spændingsspring
- Behov for fleksibel kompensering pga. stor variation i Mvar-flowet på grund af ændringer i vind produktionen samt transitten ændringer.
- Aflastning af dynamiske ressourcer
- Optimering af spændingen
- Økonomisk mere optimal end to komponenter på 50 Mvar

Reaktor, 40 Mvar fast kobbelbar

- Anvendes i områder, hvor der er risiko for store spændingsspring
- Begrænset behov for kompensering
- Ved lange kabler (>80 Mvar) er der mulighed for at fasttilslutte 40 Mvar reaktor direkte til kablet. Det vil mindske gener ved ind og udkobling

Reaktor, 70 Mvar fast kobbelbar

- Anvendes hvor det er muligt
- Den mest økonomiske komponent

Reaktor, 70 Mvar fast primært indkoblet, grundlastkompensering

Anvendes hvor der er behov for en grundlastkompensering, som kun skal udkobles i specielle situationer (sjældne koblinger). Som udgangspunkt kan omkring 50 % af kabelkompenseringen udføres efter dette princip.

6.3 220 kV standard komponenter

Følgende typer komponenter skal som udgangspunkt anvendes til 220 kV kompensering:

- Reaktor, 120 Mvar (235 kV)
- Reaktor, 60-120 Mvar variabel(235 kV)

Grundlaget for 220 kV standard komponenter er begrænset og skal derfor kun betragtes som en anbefaling.

Anvendes ofte til vindmølleparker, hvor der er lange kabelstrækninger. Derfor bør fasttilsluttede reaktorer overvejes.

6.4 400 kV standard komponenter

Følgende typer komponenter skal som udgangspunkt anvendes til 400 kV kompensering:

- Reaktor, 65 Mvar (400 kV)
- Reaktor, 100 Mvar (400 kV)
- ?
- Reaktor, 50-110 Mvar variabel (400 kV)
- Reaktor, 70-140 Mvar variabel (400 kV)

Det er ofte aktuelt at overveje fasttilsluttede reaktorer på 400 kV niveau eftersom Mvar-produktionen fra kablerne medfører store spændingsspring/spændingsstigninger hvis de ikke er delvist permanent kompenseret.

7. Bilag

7.1 Kapitalisering af nettab

Kapitaliseringen af tab som funktion af driftstimer og eventuelt arbejds punkt skal specificeres i forbindelse med kravspecifikationerne.

Indsæt antallet af forventede driftstimer pr år i dokumentet "Regneark til kapitalisering af nettab" Ref. 4 (se Figur 7.1). Anvend den gældende version.

Kapitaliseringsfaktor C	Indtast kalkulationsrente: 0,05					
r	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
GSE	0,424	0,413	0,406	0,399	0,406	0,4
Indtast aktuelt års beregnede tabsbesparelse MWh	8500	8500	8500	8500	8500	8500
Forudsat besparelse i belastningstab MWh	8500	8500	8500	8500	8500	8500
Installationsår	2011	2012	2013	2014	2015	2016
levetid						
1	3604,00	3510,50	3451,00	3391,50	3451,00	3510,50
2	6947,33	6797,17	6681,00	6678,17	6794,33	6910,50

Figur 7.1 Kapitalisering af nettab

Resultatet giver omkostningen pr. MW tab i den valgte levetiden [kr./kW el. tkr./MW].

Hvis der undersøges en variabel reaktor skal kapitaliseringen fordeles på det forventede driftsmønster.

Eksempel ved 8.500 timer total:

40 Mvar	1.000 timer = 11,8 %
60 Mvar	2.000 timer = 23,5 %
80 Mvar	4.000 timer = 47,1 %
100 Mvar	1.500 timer = 17,6 %

Referencer

- Ref. 1 [Sagsnr.:12/390] - [Dok.nr.:37281/12] Opdatering af "Kortslutningsberegninger - metode, jordingspraksis og forudsætninger"
- Ref. 2 [Sagsnr.:10/2957] - [Dok.nr.:66724/10] Zero-miss kravspecifikation
- Ref. 3 Netdimensioneringskriterier - <http://www.energinet.dk/DA/EI/Udvikling-af-elsystemet/Netplanlaegning/Sider/Netdimensioneringskriterier.aspx>
- Ref. 4 [Sagsnr.:10/4455] - [Dok.nr.:49428/12] Regneark til kapitalisering af nettab 2012 (version 2012)
- Ref. 5 [Sagsnr.:10/3055] - [Dok.nr.:23575/10] Teknisk Forskrift, TF 2.1.3 - gældende 1. maj 2010
- Ref. 6 [Sagsnr.:10/2957] - [Dok.nr.:11830/12] Reaktiv kompensering - Forudsætninger og metode