

**NOTAT**

SYSTEMGENOPRETTELSE, KRAV TIL SIMULERINGSMODELLER OG STUDIER

Indhold

1. Baggrund1
2. Generelle krav til EMT-modeller til systemgenoprettelsesstudier.1
3. Generelle evalueringskriterier og krav til systemgenoprettelsesstudier2

1. Baggrund

I forbindelse med systemgenoprettelse i det danske el-system, skal der udføres detaljerede systemstudier. Formålet med disse systemstudier er, at sikre gennemførligheden af de/den pågældende genoprettelsesprocedure. Her er der både fokus på stabiliteten af anlæg og net under spændingssætning, men også en vurdering af risici for komponentbeskadigelser.

Af hensyn til validiteten af disse systemstudier, skal der anvendes detaljerede anlægsspecifikke tidsdomæne simuleringsmodeller til gennemførelse af disse.

Dette dokument beskriver de generelle krav Energinet Elsystemansvar stiller til simuleringsmodeller af anlæg der skal levere systemgenoprettelsesydelse.

2. Generelle krav til EMT-modeller til systemgenoprettelsesstudier

Til systemgenoprettelsesstudier, kræver Energinet, at der leveres en detaljeret EMT-model (Elektromagnetisk Transient) af det udførende anlæg. Formålet med anvendelsen af EMT-modeller, i modsætning til RMS-modeller, er at kunne simulere transienter i forbindelse med spændingssætning af el-systemets komponenter. Dette kunne eksempelvis være *inrush* strømme i forbindelse med spændingssætning af transformere, som vil kunne trippe anlægsbeskyttelse og afbryde systemgenoprettelsesproceduren.

Overordnet set, er det anlægsejerens ansvar at sikre, at den leverede EMT-model er valid for systemgenoprettelsesstudier, og at alle detaljer, anlægsejeren vurderer relevante for denne specifikke type studier, er inkluderet.

Følgende krav er på linje med EMT modekravene fra RfG'ens Bilag 1.B (requirements for generators), som er offentligt tilgængelige på Energinets hjemmeside¹. Dog er der i det følgende fremhævet krav til detaljer der gør sig særligt gældende for systemgenoprettelse.

De generelle krav er:

1. EMT-modellen skal udvikles og leveres til PSCAD/EMTDC i softwareversionen fastsat af den systemansvarlige virksomhed.
1. Det er anlægsejerens ansvar at sikre, at den leverede EMT model indeholder alle relevante regulerings-, kontrol og beskyttelsesfunktioner.
2. Simuleringsmodellen skal leveres med en brugervejledning med beskrivelse af modelbegrænsninger, samt en verifikationsrapport for EMT-modellens validitet ved fx idriftsættelse. Alternativ til verifikationsrapport fremsendes en skriftlig erklæring på, at EMT-modellen er retvisende ift. de anlægsspecifikke egenskaber. Bemærk at denne verifikationsrapport er forskellige fra den i Punkt 9 beskrevne rapport, som udføres efter systemgenoprettelsestest på anlægget.
3. Levering af brugervejledning der beskriver modelantagelser og anvendelse af EMT-modellen.
4. En detaljeret beskrivelse af modelbegrænsninger skal leveres, med beskrivelse af alle de af produktionsanlæggets funktioner, der ikke er inkluderet i EMT-modellen eller består af en forenklet repræsentation, som ville kunne antages at have betydning for produktionsanlæggets transiente elektriske egenskaber og performance.
5. Alle for systemgenoprettelsesstudier relevante funktionsindstillinger i anlæggets reguleringsystem, der kan ændres enten lokalt eller ved fjernkontrol, skal være tilgængelige parametre i simuleringsmodellen. Omfanget af leverancen godkendes af den systemansvarlige virksomhed.
6. Hvis anlægget har særlige funktioner, som eksempel et reguleringsregime for særligt svagt net (som fx ved systemgenoprettelse) eller "soft-energisation" funktionalitet, skal disse funktioner inkluderes i EMT-modellen.
 - a. En relevant modelteknisk beskrivelse af de særlige funktioner og disses begrænsninger skal inkluderes i EMT-modellens brugervejledning.
7. Netkomponenter og øvrige dele, som indgår i anlægsinfrastrukturen, skal implementeres i EMT-modellen i et omfang og et detaljeringniveau, der er gyldig for systemgenoprettelsesstudier. Dette inkluderer opsamlingskabler, transformere, filtre m.m. Omfanget af leverancen godkendes af den systemansvarlige virksomhed.
8. EMT-modellen skal være anvendelig for EMT-simuleringer af balancerede samt ubalancerede fejl.
9. EMT-modellens stationære og dynamiske respons skal valideres igennem en verifikationsrapport, hvor modelrespons skal sammenlignes med målinger foretaget på det virkelige anlæg under udførelse af systemgenoprettelsestest, som aftales med systemoperatøren.

3. Generelle evalueringskriterier og krav til systemgenoprettelsesstudier

Den leverede anlægsspecifikke EMT-model, som opfylder kravene listet under Afsnit 2, vil af Energinet Elsystemansvar blive anvendt til gennemførelse af et systemgenoprettelsesstudie, hvor anlæggets evne til at spændingssætte en del af det kollektive el-transmissionsnet påvises, og siden eftervises i en test. I dette systemgenoprettelsesstudie vil der indgå flere hovedkomponenter, som skal spændingssættes, uden indikationer for særlige risici, såsom komponentbe-

¹ <https://energinet.dk/El/Nettilslutning-og-drift/Regler-for-nye-anlaeg#Nyeproduktionsanlaeg>

skadigelser eller ustabilitet hvor systemgenoprettelsesreserven udkobler. Det er tilladt at anvende "soft-energisation" hvor det afgrænsede spændingsløse net kobles sammen med systemgenoprettelsesreserven og herefter langsomt, over få sekunder, øger spændingen i nettet.

Disse hovedkomponenter vil være:

1. Transformere med rating op til 600 MVA på 150/400 kV eller 132/400 kV spændingsniveau
2. Lange højspændingskabler (132/150/400 kV)
3. Luftledninger (132/150/400 kV)
4. Kompenseringsenheder, såsom shunt-reaktorer, typisk mellem 50 Mvar og 150 Mvar

Derudover vil der i systemgenoprettelsesstudiet indgå mindst én systembærende enhed, som det pågældende anlæg skal spændingssætte frem til, og synkroniseres med. Dette kunne fx være et HVDC-VSC anlæg, synkronkompensator eller synkrongenerator på et kraftværk. Dette inkluderer den nødvendige aktive effekt til opstart og drift af den systembærende enhed og de deraf forventede lastspring.

Systemgenoprettelsesstudiet godkendes hvis:

1. Alle netkomponenter kan spændingssættes uden påvist risiko for temporære overspændinger (TOV), og at spændinger holdes inden for Energinets normalspændingsområde defineret i netdimensioneringskriterierne².
2. De reaktive effekttræk fra anlægget ikke overstiger anlæggets kapacitet, og dermed risikerer aktivering af begrænser-funktioner som kan lede til ustabilitet og trip
3. De aktive effekttræk fra anlægget ikke overstiger anlæggets kapacitet, og dermed risikerer aktivering af begrænser-funktioner som kan lede til ustabilitet og trip
4. Transiente strømme ved fx spændingssætninger af transformere, ikke leder til trip af anlæggets beskyttelsesfunktioner.
5. Anlægget kan opnå og holde et stabilt arbejds punkt i alle faser af systemgenoprettelsesproceduren, uden udæmpede oscillationer i spænding, samt aktiv- og reaktiveffekt.
6. Anlægsbeskyttelsen reagerer korrekt og sikrer at der ved påtrykning af kortslutninger udvalgte steder i det spændingssatte net, ikke er risiko for komponentbeskadigelse. Manglende selektivitet accepteres i det omfang det ikke vurderes muligt at indstille beskyttelsen til selektivitet under hensyn til den normale drift af anlægget. Dette skal aftales med og godkendes af den systemansvarlige virksomhed.

² <https://energinet.dk/El/Eltransmissionsnettet/Forudsætninger>