



BILAG 1B

REQUIREMENTS FOR GENERATORS (RFG)

- KRAV TIL SIMULERINGSMODEL

ENERGINET

Elsystemansvar

Energinet
Tonne Kjærvej 65
DK-7000 Fredericia

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

Dato:
29. august 2022

Forfatter:
SBS/KAB/MKT/JEG/LAN/
CFJ/CSH

2	Offentlig udgave	LAN CFJ CSH	JMI	MPO HAB KDL JGA VLA JKW	SBN PHT	22.10.2020
<u>3</u>	<u>Anmeldt udgave</u>	<u>SBS</u> <u>MKT</u> <u>KAB</u> <u>JEG</u>	<u>FBN</u>	<u>NAQ</u> <u>JKW</u> <u>YLI</u> <u>LDL</u>	<u>CFJ</u>	<u>30.08.2022</u>
REV.	DESCRIPTION	PREPARED	CHECKED	REVIEWED	APPROVED	DATE

AFSNIT	TEKST	REVISION	DATO
Alle	<u>Krav om levering af simuleringmodeller til Energinet for C-anlæg mellem C-anlæg er 10-25 MW, fjernet for synkron og asynkron produktionsanlæg.</u> <u>Krav til levering af simuleringmodeller til Energinet for D-anlæg fastholdt, udvidet og præciseret.</u> <u>Krav for D-anlæg udvidet med levering af EMT-simuleringmodel for synkron produktionsanlæg.</u> <u>Øvrige præciseringer og opdateringer samt strukturoptagelser.</u>	<u>3</u>	<u>29.08.2022</u>
2 Alle	Tabel 1: produktionsanlægstype C nærmere specificeret Redaktionelle rettelser, krydshenvisninger klikbare	2	22.10.2020
3.2.2.1.1	Opdatering ifm. Forsyningstilsynets godkendelse af indsendte krav (beskrivelse af anvendelsen af per unit værdier, Tabel 2)	1	13.11.2018

Nærværende ~~notat-dokument~~ omfatter Energinets krav til simuleringmodeller i forbindelse med nettilslutning af produktionsanlæg. ~~Notatet-Dokumentet~~ indgår som ~~baggrundsnotat-krav~~ i forbindelse med ~~implementering-opdatering af den nationale gennemførelse af EU-Kommissionens Forordning (EU) 2016/631 af 14. april 2016 om fastsættelse af netregler om krav til produktionsanlæg~~~~Kommissionens forordning 2016/631 af 14. april 2016, (Requirements for Generators (RfG))~~ [1], og omhandler således krav til ~~simuleringmodeller for~~ synkrone produktionsanlæg og asynkrone (onshore og offshore) produktionsanlæg, jf. definitionen af disse.

~~Notatet-Dokumentet~~ beskriver:

- Funktionelle krav til de påkrævede simuleringmodeller.
- Krav til strukturel opbygning og implementering af de påkrævede simuleringmodeller.
- Dokumentationskrav for påkrævede simuleringmodeller.
- Nøjagtighedskrav til de påkrævede simuleringmodeller.
- Verifikationskrav for de påkrævede simuleringmodeller.

Indhold

1. Baggrund	4
2. Generelle krav til simuleringmodel.....	4
2.1 Overordnet dokumentationskrav	75
2.2 Proces for levering af simuleringmodeller og relateret dokumentation.	96
3. Modeltekniske krav	117
3.1 Synkrone produktionsanlæg.....	117
3.1.1 Krav til stationær simuleringmodel (stationære forhold og kortslutningsforhold)	117
3.1.2 Krav til dynamisk simuleringmodel (PDT-model).....	139
3.1.3 Krav til transient simuleringmodel (EMT-model).....	2015
3.1.4 Krav til harmonisk simuleringmodel	2620
3.2 Asynkrone produktionsanlæg.....	2724
3.2.1 Krav til stationær simuleringmodel (stationære forhold og kortslutningsforhold)	2724
3.2.2 Krav til dynamisk simuleringmodel (PDT-model).....	3023
3.2.3 Krav til transient simuleringmodel (EMT-model).....	4330
3.2.4 Krav til harmonisk simuleringmodel	5136
3.2.5 Aggregering af modeller for produktionsanlæg	5338
4. Verifikation af simuleringmodel	5439
4.1 Dokumentationskrav	5439
4.1.1 Evalueringskriterier	5439
4.1.2 Testoplæg for modelverifikation	5540
4.2 Synkrone anlæg verificeringsprocedure	5540
4.2.1 Verifikationskrav til stationær simuleringmodel	5540
4.2.2 Verifikationskrav til dynamisk simuleringmodel (PDT-model).....	5641
4.2.3 Verifikationskrav til transient simuleringmodel (EMT-model).....	5741
4.3 Asynkrone anlæg verificeringsprocedure	5742
4.3.1 Verifikationskrav til stationær simuleringmodel	5742
4.3.2 Verifikationskrav til dynamisk simuleringmodel (PDT-model).....	5742
4.3.3 Verifikationskrav til transient simuleringmodel (EMT-model).....	6950
4.3.4 Verifikationskrav til harmonisk simuleringmodel	6950
5. Referencer.....	7451
Bilag 1.....	7552
Bilag 2.....	7653

1. Baggrund

Den igangværende omstilling af elsystemet, hvor konventionelle produktionsanlæg gradvist udfases og erstattes af mere komplekse produktionsanlæg, medfører, at ~~den systemansvarlige virksomhed~~ Energinet har behov for større indsigt i disse nye anlægs ~~strukturelle opbygning og deres~~ systemmæssige påvirkning af det kollektive ~~elforsyningsnet~~ elforsyningssystem og dermed deres ~~strukturelle opbygning~~.

~~Til analyseformål vedrørende planlægning, design og drift af det kollektive elforsyningssystem har Energinet behov for at kunne gennemføre net- og systemanalyser. For at dette kan gøres retvisende, kræves opdaterede og validerede simuleringsmodeller af alle større anlæg tilsluttet det kollektive elforsyningssystem. De krævede simuleringsmodellens anvendelse kan opsummeres til tre formål: anlægscompliance, systemintegrationsstudier og løbende systemevaluering. Anlægscompliance verificeres via simulering forud for idriftsættelse af ny produktionsanlæg, således at anlæggets robusthed eftervises, og det sikres, at produktionsanlægget ikke har en negativ påvirkning på forsyningsikkerheden af det kollektive elforsyningssystem. Systemintegrationsstudier udføres af Energinet i forbindelse med idriftsættelse af nye produktionsanlæg og skal sikre korrekt funktionalitet mellem alle anlæg i det kollektive elforsyningssystem. Systemevaluering giver løbende kontrol af elsystemet som en helhed og bliver realiseret ved, at alle produktionsanlæg inkluderet i Energinets net- og systemmodel automatisk indgår i diverse systemkritiske analyser. Dermed sikres den løbende kontrol af anlæggets compliance over hele produktionsanlæggets levetid.~~

~~Til analyseformål vedrørende planlægning, design og drift af det kollektive elforsyningsnet~~ elforsyningssystem har ~~den systemansvarlige virksomhed~~ Energinet Systemansvar A/S behov for at kunne gennemføre net- og systemanalyser, fx i forbindelse med nettilslutning af nye produktionsanlæg, ~~ved netudbygning, kapacitetsforøgelse, og for at kunne evaluere systemets stabilitet under forskellige driftsforhold. Til dette formål kræves opdaterede og retvisende simuleringsmodeller for nettilsluttede forbrugs- og produktionsanlæg.~~

Simuleringsmodellerne benyttes til analyse af transmissions- og distributionsnettets stationære og dynamiske forhold, herunder spændings-, frekvens- og rotorvinkelstabilitet, kortslutningsforhold, transiente fænomener samt harmoniske forhold.

Hjemlen til at fastsætte krav til simuleringsmodeller er givet i [EU-forordningen om fastsættelse af netregler om krav til produktionsanlæg](#) [1]. ~~Den systemansvarlige virksomhed~~ Energinet har ved kravfastsættelsen i størst muligt omfang refereret til internationale standarder, således anvendte definitioner og procedurer er i overensstemmelse med internationale standarder.

2. Generelle krav til simuleringsmodel

Anlægsejeren skal stille simuleringsmodeller til rådighed for ~~den systemansvarlige virksomhed~~ Energinet [1], hvor disse simuleringsmodeller på korrekt vis skal afspejle produktionsanlæggets egenskaber både i stationær og quasi-stationær tilstand. Til brug ved tidsdomæneanalyser skal anlægsejeren desuden stille en dynamisk **"phasor-domain transient" simuleringsmodel (PDT/RMS-model¹)** og en **elektromagnetisk** transient simuleringsmodel (EMT-model) til rådighed for ~~den systemansvarlige virksomhed~~ Energinet. Til analyse af harmoniske forhold i det kollektive ~~elforsyningsnet~~ elforsyningssystem, herunder produktionsanlæggets bidrag til harmonisk emission i ~~nettilslutningspunkt~~ tilslutningspunktet, skal anlægsejeren ligeledes stille en harmonisk simuleringsmodel til rådighed ~~herfor~~.

Kommenterede [SBS1]: RMS-model er omdøbt til PDT. På baggrund af intern afklaring

¹ PDT-model blev tidligere kaldet RMS-model, og gør det stadig andre steder, men er omdøbt i dette dokument, da PDT vurderes at være mere retvisende.

Kravet til simuleringsmodeller og leveringsomfang for de enkelte typer af produktionsanlæg [1] fremgår af Tabel 1. Anlægssejeren er ansvarlig for, at en sådan modelfremsendelse finder sted til rette tid i henhold til den gældende procedure for nettilslutning af produktionsanlæg og ~~forordningens øvrige bestemmelser~~ under iagttagelse af gældende lovgivning og regulering i øvrigt.

Produktionsanlægstype	Synkrone produktionsanlæg	Asynkrone produktionsanlæg
Type A	Intet krav om simuleringsmodel	Intet krav om simuleringsmodel
Type B	Intet krav om simuleringsmodel	Intet krav om simuleringsmodel
Type C, når den nominelle aktive effekt ≥ 10 MW	Stationær simuleringsmodel RMS-simuleringsmodel Intet krav om simuleringsmodel	Stationær simuleringsmodel RMS-simuleringsmodel Intet krav om simuleringsmodel
Type D	Stationær simuleringsmodel RMSPDT-simuleringsmodel EMT-simuleringsmodel	Stationær simuleringsmodel RMSPDT-simuleringsmodel EMT-simuleringsmodel Harmonisk simuleringsmodel

Tabel 1+ Krav til simuleringsmodeller for de enkelte typer af produktionsanlæg.

Anlægssejeren skal sikre, at simuleringsmodellerne er verificeret med resultaterne af de definerede overensstemmelsesprøvninger [1] samt relevante test- og verifikationsstandarder, og skal fremsende den nødvendige dokumentation herfor.

Såfremt produktionsanlægget indeholder eksterne komponenter, fx af hensyn til overholdelse af nettilslutningskravene eller til levering af kommercielle systemydelser, skal simuleringsmodellen indeholde den nødvendige repræsentation af disse komponenter gældende for alle påkrævede modelletyper.

Anlægssejeren skal, fra produktionsanlæggets designfase til tidspunktet for meddelelse Energinets udstedelse af endelig nettilslutningstilladelse/drifstilladelse (FON), løbende holde den systemansvarlige virksomhed Energinet orienteret, hvis de foreløbige anlægs- og modeldata ikke længere kan antages at repræsentere det endeligt idriftsatte produktionsanlæg.

For et eksisterende produktionsanlæg, hvor der foretages *væsentlige ændringer* [1] af produktionsanlæggets egenskaber, skal anlægssejeren stille en opdateret² og dokumenteret simuleringsmodel til rådighed for det ombyggede anlæg.

Modelleverancen betragtes først som afsluttet, når den systemansvarlige virksomhed Energinet har godkendt de af anlægssejeren fremsendte simuleringsmodeller og den påkrævede dokumentation.

2.1 — Særlige forhold vedrørende modelleverance for asynkrone produktionsanlæg (Type C)

For asynkrone produktionsanlæg (Type C) bestående af samme type enkeltanlæg (fx en specifik vindmølletype eller solcelleinverter) og hvor der ikke anvendes site-specifikke funktioner for produktionsanlæggets kontrol-, beskyttelses- og reguleringsfunktioner, herunder parkregulator, kan den påkrævede modelleverance ske i form af en valideret simuleringsmodel for det anvendte enkeltanlæg og parkregulator, hvor en sådan anvendes. Øvrige modeltekniske krav for denne type produktionsanlæg fremgår af Afsnit 3.2.

Den medfølgende dokumentation skal indeholde beskrivelser af, hvorledes den pågældende simuleringsmodel for et enkeltanlæg kan anvendes ved eventuel efterfølgende aggregering til repræsentation af produktionsanlæggets egenskaber i nettilslutningspunkttilslutningspunktet, samt eventuelle begrænsninger for anvendelsen af dette.

Simuleringsmodellen skal verificeres, som specificeret i Afsnit 4.

For asynkrone produktionsanlæg (Type C), hvor der anvendes eksterne komponenter, fx STATCOMs eller energilagringenheder m.m., eller hvor der anvendes site-specifikke funktioner for produktionsanlæggets kontrol-, beskyttelses- og reguleringsfunktioner, herunder parkregulator, skal modelleverancen omfatte det samlede produktionsanlæg, jf. Afsnit 2, og opfylde øvrige modeltekniske krav, jf. Afsnit 3.

2.2.1 Overordnet dokumentationskrav

For at sikre korrekt modelanvendelse, skal de påkrævede simuleringsmodeller dokumenteres i form af en brugervejledning. Krav for brugervejledningen er inkluderet i de respektive afsnit for modeltype i indværende dokument. Der skal være entydig versionsstyring af simuleringsmodellen og den tilhørende dokumentation.

² Den nødvendige modelopdatering omfatter kun de udskiftede anlægskomponenter eller systemer til kontrol, regulering eller anlægsbeskyttelse, idet det antages, at den systemansvarlige virksomhed Energinet i udgangspunktet har en gyldig simuleringsmodel for det pågældende produktionsanlæg. Hvor dette ikke er tilfældet, vil en væsentlig ændring af produktionsanlægget medføre krav om en komplet og fuldt dokumenteret simuleringsmodel i henhold til denne modelkravspecifikation.

For at sikre korrekt modelanvendelse, skal de påkrævede simuleringsmodeller dokumenteres i form af en brugervejledning med beskrivelser af modellernes strukturelle opbygning samt beskrivelser af simuleringsmodellernes parametring og gyldige randbetingelser i form af arbejds punkter og eventuelle restriktioner i relation til netforhold (kortslytningsforhold og R/X forhold) i nettilslutningspunktet og i fejlstedet i forbindelse med simulering af eksterne hændelser i det kollektive elforsyningsnet. Ligeledes skal brugervejledningen indeholde oplysninger om særlige modeltekniske forhold, fx det maksimalt anvendelige tidskridt for den anvendte ligningsløser i forbindelse med gennemførelse af dynamiske og transiente simuleringer m.m.

Brugervejledningen skal desuden omfatte beskrivelser af de i simuleringsmodellen implementerede kontrol-, beskyttelses- og reguleringsfunktioner til brug ved evaluering af produktionsanlæggets egen-skaber i nettilslutningspunktet, hvor et særligt fokus skal rettes mod følgende forhold:

Foruden simuleringsmodel og brugervejledning skal følgende dokumentation leveres:

- Enstreksdiagram med angivelse af simuleringsmodellens elektriske hovedkomponenter frem til tilslutningspunktet.
- En samlet parameterliste, hvor alle parameterværdier skal kunne genfindes i de medfølgende datablade for hovedkomponenter, blokdiagrammer og overføringsfunktioner m.m.
- Beskrivelse af opbygning og aktiveringsniveauer for anvendte beskyttelsesfunktioner.
- Data for netkomponenter og øvrige dele, som indgår i anlægsinfrastrukturen.

Enstregediagram med angivelse af simuleringsmodellens elektriske hovedkomponenter frem til nettilslutningspunktet.

2.32.2 Proces for levering af simuleringsmodeller og relateret dokumentation.

- ~~Beskrivelse af simuleringsmodellens elektriske indgangs- og udgangssignaler (elektriske terminaler), herunder relevante forhold i relationer til anvendte målepunkter, deres måleenheder og anvendte baseværdier for disse.~~
- ~~En samlet parameterliste, hvor alle parameterverdier skal kunne genfindes i de medfølgende datablade for hovedkomponenter, blokdiagrammer og overføringsfunktioner m.m.~~
- ~~Beskrivelse af opbygning og aktiveringsniveauer for anvendte beskyttelsesfunktioner.~~
- ~~Beskrivelse af opsætning og initialisering af simuleringsmodellen samt eventuelle begrænsninger for anvendelsen af denne.~~
- ~~Beskrivelse af hvorledes simuleringsmodellen kan integreres i en større net- og systemmodel, som anvendt af den systemansvarlige virksomhed.~~
- ~~Entydig versionsstyring af simuleringsmodellen og den tilhørende dokumentation.~~

Forud for tildeling af spændingssætningsstilladelse (EON), midlertidig driftstilladelse (ION) og endelig driftstilladelse (FON); skal ~~følgende~~ nedenstående leverancer relateret til simuleringsmodeller være fremsendt og godkendt af Energinet:

Inden tildeling af EON:

- Studierapport, der påviser, at elkvalitetskrav overholdes for passive komponenter (*).

Inden tildeling af ION:

- Harmonisk model for enkeltenheder og aggregeret anlægsmodel samt:
 - o Modelvejledning.
 - o Modelbeskrivelse og datablade for komponenter for det fulde anlæg.
 - o Studie, der påviser, at elkvalitetskrav overholdes.
 - o Valideringsrapport for harmoniske emission og impedanser for aktive komponenter (type-test).
- Modelverifikationsrapport for type-test på enkeltanlæg med sammenligning imellem målinger og simuleringsresultater fra tilhørende RMSPDT- og EMT-model af komponenten, se afsnit 4 (ikke relevant for synkron anlæg).
- Statisk simuleringsmodel af det aggregerede anlæg samt tilhørende model-dokumentationsrapport. (Såfremt den stationære simuleringsmodel er identisk med den dynamiske simuleringsmodel, bortfalder kravet om en separat stationær simuleringsmodel).
- Dynamisk PDTRMS-simuleringsmodel af det aggregerede anlæg samt tilhørende model-dokumentationsrapport.
- Transient EMT-simuleringsmodel af det aggregerede anlæg samt tilhørende model-dokumentationsrapport.
- Compliance-simuleringsrapport, der sammenligner RMSPDT- og EMT-model af anlægget samt verificerer, at anlægget overholder gældende krav til anlægsegenskaber (*). ~~segenskaber til at overholde gældende performance krav.~~

Inden tildeling af FON:

- Overensstemmelsesprøvnings på elkvalitet foretaget af Energinet (*).
- Testrapport, der igennem overensstemmelsesprøvnings dokumenterer, at det fysiske anlæg overholder gældende krav (*).
- Verifikationsrapporten skal også verificere modeller ved sammenligninger af målinger fra overensstemmelsesprøvnings med de endelige RMS- og EMT-modeller. Opdaterede RMS- og

EMT-modeller skal fremsendes, såfremt anlægscitespecifik tuning er udført eller hvis der er uoverensstemmelse imellem overensstemmelsesprøvingerne og de tilsvarende simulerede tests.

- Modelverifikationsrapport, der i overensstemmelse med afsnit 4 påviser, at de leverede RMS PDT- og EMT-modeller overholder relevante nøjagtighedskrav.
- Udbedring af evt. eventuelle problematikker forbundet med simuleringsmodellernes integration med Energinets samlede net- og systemmodel.

Punkter markeret med (*) er kun relevant for produktionsanlæg tilsluttet på transmissionsniveau ($U_n > 110 \text{ kV}$).

Modelspecifikke dokumentationskrav er beskrevet i de efterfølgende afsnit.

3. Modeltekniske krav

3.1 Synkron produktionsanlæg

3.1.1 Krav til stationær simuleringsmodel (stationære forhold og kortslutningsforhold)

Simuleringsmodellen for det samlede produktionsanlæg skal repræsentere anlæggets stationære og quasi-stationære egenskaber i ~~nettilslutningspunkt~~tilslutningspunktet, gældende for det definerede normaldriftsområde [1] og under alle relevante stationære ~~netforhold~~systemforhold, hvor produktionsanlægget skal kunne drives.

Quasi-stationære egenskaber omfatter i denne sammenhæng produktionsanlæggets egenskaber i forbindelse med en kortslutning i ~~nettilslutningspunkt~~tilslutningspunktet eller et vilkårligt sted i det kollektive ~~elforsyningsnet~~elforsyningsystem. En kortslutning kan her antage ~~følgende~~ følgende former ~~som~~:

- En fase-jord kortslutning med en vilkårlig impedans i fejlstedet.
- En to-faset kortslutning uden eller med jordberøring med en vilkårlig impedans i fejlstedet.
- En trefaset kortslutning med en vilkårlig impedans i fejlstedet.

~~Anlægssejer har til~~ ansvaret for at levere en stationær simuleringsmodel af produktionsanlægget til Energinet i henhold til specifikationerne i afsnit 3.1.1.1, 3.1.1.2, 3.1.1.3 og 3.1.1.4.

Simuleringsmodellen skal kunne integreres i Energinets samlede net- og systemmodel uden at have en problematisk indvirkning på anvendelsen af denne. Modelkravene specificeret i følgende underafsnit har bl.a. til formål at forebygge dette, men såfremt simuleringsmodellen alligevel giver udfordringer ved integration med Energinets samlede net- og systemmodel, er det anlægssejerens ansvar at finde en løsning på dette i samarbejde med Energinet. I praksis vil det foregå således, at modeller testes og godkendes inden tildeling af ION på baggrund af kravene i de følgende underafsnit. Efter udstedelse af ION vil Energinet teste simuleringsmodellens performance ved integration ~~med~~ med en større systemmodel, og eventuelle udfordringer skal håndteres, inden endelige model-godkendelse kan gives, jf. krav til FON.

Simuleringsmodellen skal verificeres, som specificeret i ~~A~~afsnit 4.

Såfremt den stationære simuleringsmodel er identisk med den i ~~A~~afsnit 3.1.2 beskrevne dynamiske simuleringsmodel, bortfalder kravet om en separat stationær simuleringsmodel.

3.1.1.1 Funktionelle ~~modelkrav~~modelkrav

Den stationære simuleringsmodel skal:

1. Indeholde karakteristikker for produktionsanlæggets stationære driftsområder for aktiv og reaktiv effekt, således simuleringsmodellen ikke fejlagtigt drives i et ugyldigt arbejds punkt.
2. Muliggøre anvendelse af samtlige påkrævede reguleringsfunktioner for reaktiv effekt:
 - I. Effektfaktor-regulering (cos ϕ -regulering) med angivelse af referencepunktet.
 - II. Q-regulering (Mvar-regulering) med angivelse af referencepunktet.
 - III. Spændingsregulering inklusive parametre for anvendt droop/komponering med angivelse af referencepunktet.

3. Kunne benyttes til simulering af effektivværdier i de enkelte faser under symmetriske og asymmetriske hændelser og fejl i det kollektive elforsyningsystem. Den anvendte metode til statiske kortslutningsberegninger skal aftales med Energinet.

- ~~Kunne benyttes til simulering af effektivværdier i de enkelte faser under symmetriske hændelser og fejl i det kollektive elforsyningsnet.~~

- ~~Kunne benyttes til simulering af effektivværdier i de enkelte faser under asymmetriske hændelser og fejl i det kollektive elforsyningsnet.~~
- 4. Som minimum kunne benyttes i frekvensområdet fra 47,5 Hz til 51,5 Hz og i spændingsområdet fra 0,0 pu til 1,4 pu.
- 5. Indeholde relevant kontrol af produktionsanlæggets passive komponenter, herunder styring af:
 - I. Transformer tap-indstillinger.
 - II. Shunt-komponenter.

3.1.1.2 ~~Model format~~Modelformat

1. Simuleringsmodellen skal leveres implementeret i seneste udgave af simuleringsværktøjet DigSILENT PowerFactory ved anvendelse af de indbyggede netkomponentmodeller og standardprogrammeringsfunktioner.
- 1.2. Seneste udgave af, hvilket skal afspejles i den anvendte modelstruktur m.m. DigSILENT PowerFactory skal anvendes, medmindre andet aftales med Energinet.
2. Den anvendte modelimplementering må ikke forudsætte anvendelse af særlige indstillinger for eller afvigelser fra standardindstillingerne for simuleringsværktøjets numeriske ligningsløser eller på anden måde forhindre integration mellem den af anlægsejeren leverede simuleringsmodel og en større net- og systemmodel, som anvendt af den systemansvarlige virksomhed Energinet Systemansvar A/S Energinet.
- 3.
4. Såfremt produktionsanlægget indeholder flere parallelle generatoranlæg, skal simuleringsmodellen kunne repræsentere produktionsanlæggets egenskaber i nettilslutningspunkttilslutningspunktet, jf. afsnit 3.1.1.1. Simuleringsmodellens parametring skal indeholde komplette datasæt for hvert enkeltanlæg.
5. Simuleringsmodellen skal være gyldig for både balanceret og ubalanceret loadflow.

Kommenterede [SBS2]: Ændret på baggrund af kommentar

For at sikre integration med Energinets samlede net- og systemmodel, stilles der desuden krav til strukturen af den statiske model. Produktionsanlæggets statiske model skal:

1. Kun indeholde relevante dele. Dele, der er out of service, må ikke indgå i modellen.
2. Indeholde en "base case" study case uden aktive operational scenarios eller variations, som afspejler produktionsanlæggets påtænkte normaldriftsindstillinger.
3. Model dannes i et enkelt net, der indeholder samtlige statiske komponenter.
4. Have samtlige anvendte komponenttyper liggende i en separat mappe.

Kommenterede [SBS3]: Tilføjet på baggrund af kommentar

3.1.1.3 Modelleverancer

Den stationære simuleringsmodel skal ved levering bestå af følgende:

- DigSILENT PowerFactory simuleringsmodel i seneste udgave
 - o En funktionel stationær simuleringsmodel, som overholder krav fra i afsnit 3.1.1, skal leveres for produktionsanlægget forbundet til en simpel modelrepræsentation af det kollektive elforsyningssystem, f.eks. fx en Théveninækvivalent -model.
- Brugervejledning med beskrivelse af:
 - o Funktionsbeskrivelser af de overordnede moduler i modellen.
 - o De enkelte modelkomponenter og tilhørende parametre.
 - o Opsætning af simuleringsmodellen, modelantagelser samt eventuelle begrænsninger for anvendelsen af denne.
 - o Hvorledes simuleringsmodellen kan integreres i en større net- og systemmodel, som anvendt af Energinet Systemansvar A/S Energinet.

- Relevante parametre for kortslutningskarakteristik. Omfang skal aftales med Energinet.
- Data for netkomponenter og øvrige dele, som indgår i anlægsinfrastrukturen. Data skal have et omfang og et detaljeringsniveau, som muliggør opbygning af en komplet, fuldt funktionsdygtig simuleringsmodel, som krævet i afsnit 2.
- Verifikationsrapporter for RMSden stationære modellen som indeholder:
- en verificering, som specificeret i Afsnit 4.

3.1.1.4 Nøjagtighedskrav

Simuleringsmodellen må generelt ikke vise egenskaber, der ikke kan påvises for det fysiske produktionsanlæg.

3.1.2 Krav til dynamisk simuleringsmodel (RMSPDT-model)

Den dynamiske simuleringsmodel for det samlede produktionsanlæg (inklusive egetforbrugsanlæg) skal repræsentere anlæggets stationære og dynamiske egenskaber i ~~nettilslutningspunkt~~ ~~tilslutningspunkt~~, gældende for det definerede normaldriftsområde [1] og under alle relevante netforhold, hvor produktionsanlægget skal kunne drives.

Anlægssejer har til ansvar at levere en dynamisk simuleringsmodel af produktionsanlægget til Energinet i henhold til specifikationerne i afsnit 3.1.2.1, 3.1.2.2, 3.1.2.3 og 3.1.2.4.

Simuleringsmodellen skal kunne integreres i Energinets samlede net- og systemmodel uden at have en problematisk indvirkning på anvendelsen af denne. Modelkravene specificeret i følgende underafsnit har bl.a. til formål at forebygge dette, men såfremt simuleringsmodellen alligevel giver udfordringer ved integration med Energinets samlede net- og systemmodel, er det anlægssejers ansvar at finde en løsning på dette i samarbejde med Energinet. I praksis vil det foregå således, at modeller testes og godkendes inden tildeling af ION på baggrund af kravene i de følgende underafsnit. Efter udstedelse af ION vil Energinet teste simuleringsmodellens performance ved integration med en større systemmodel, og evt. udfordringer skal håndteres, inden endelige model-godkendelse kan gives, jf. kravene til FON.

Simuleringsmodellen skal verificeres, som specificeret i Afsnit 4.

3.1.2.1 Funktionelle ~~modelkrav~~ modelkrav

Den dynamiske simuleringsmodel skal kunne repræsentere produktionsanlæggets stationære og dynamiske egenskaber i forbindelse med setpunktsændringer for anlæggets produktion af aktiv og reaktiv effekt, herunder ændring af reguleringsform for dette, samt nedenstående eksterne hændelser, eller kombinationer af disse eksterne hændelser i det kollektive ~~elforsyningsnet~~ elforsyningsystem:

- [Generatornære fejl] set fra ~~nettilslutningspunkt~~ ~~tilslutningspunkt~~ i henhold til den påkrævede FRT-karakteristik [2±], hvor en kortslutning her kan antage følgende former ~~form som~~:
 - En fase-jord kortslutning med en vilkårlig impedans i fejlstedet.
 - En to-faset kortslutning uden eller med jordberøring med en vilkårlig impedans i fejlstedet.
 - En trefaset kortslutning med en vilkårlig impedans i fejlstedet.
- Udkobling af, og mulig efterfølgende automatisk genindkobling af, en vilkårlig fejlfremt netkomponent i det kollektive ~~elforsyningsnet~~ elforsyningsystem, jf. ovenstående fejlforløb, og det afledte vektorspring i ~~nettilslutningspunkt~~ tilslutningspunkt.

Kommenterede [SBS4]: Generatornære slettet, på baggrund af kommentar

- Manuel ind- eller udkobling (uden forudgående fejl) af en vilkårlig netkomponent i det kollektive elforsyningsnet/elforsyningssystem og det afledte vektorspring i nettilslutningspunkt/tilslutningspunktet.
- Spændingsforstyrrelser og tenderende spændingskollaps med en varighed inden for den påkrævede minimumssimuleringstid, jf. nedenstående, og som minimum inden for indsvingningsforløbet for produktionsanlæggets overgang til en ny stationær tilstand.
- Frekvensforstyrrelser ~~med af~~ en varighed inden for den påkrævede minimumssimuleringstid, jf. nedenstående, og som minimum inden for indsvingningsforløbet for produktionsanlæggets overgang til en ny stationær tilstand.
- Aktivering af et pålagt systemværn (via et eksternt signal) til hurtig regulering af produktionsanlæggets aktive effektproduktion i henhold til en foruddefineret slutværdi og gradient.

Den dynamiske simuleringssmodel skal overholde følgende:

1. Indeholde samtlige påkrævede reguleringsfunktioner [1].
2. Indeholde relevant kontrol af produktionsanlæggets passive komponenter, herunder styring af:
 - a. Transformer tap-indstillinger.
 - a-b. Shunt-komponenter.
3. Indeholde relevante beskyttelsesfunktioner, som kan aktiveres ved eksterne hændelser og fejl i det kollektive elforsyningsnet/elforsyningssystem, implementeret enten i form af blokdiagrammer, med angivelse af overføringsfunktioner, programmeret i DSL (DigSILENT Simulation Language) eller via DigSILENTS PowerFactorys indbyggede relækomponentmodeller med angivelse af overføringsfunktioner og sekvensdiagrammer for de enkelte elementer.
- 2-4. Indeholde magnetiseringssystemet, spændingsregulator, dæmpetilsats (PSS) og eventuel magnetiseringsmaskine implementeret i form af standardiserede modeller [3].
- 3-5. Indeholde magnetiseringssystemets begrænsningsfunktioner (statorstrømsbegrænsere, volt/hertz-begrænsere samt over- og undermagnetiseringsbegrænsere) implementeret i form af blokdiagrammer med angivelse af overføringsfunktioner og sekvensdiagrammer for de enkelte elementer.
- 4-6. Indeholde effekt- og hastighedsregulator, drivmaskine eller turbineanlæg implementeret i form af standardiserede modeller [4]. Såfremt det kan dokumenteres, at den påkrævede modelnøjagtighed ikke kan opnås med en standardiseret model, kan der efter aftale med ~~den systemansvarlige virksomhed~~ Energinet anvendes anlægsspecifikke modeller for disse anlægskomponenter.
- 5-7. Indeholde en samlet mekanisk svingningsmassemodel for relevante anlægskomponenter (generatoranlæg, drivmaskine, turbineanlæg, gear, koblinger og magnetiseringsmaskine) inklusive dokumentation af inertikonstanter, egenfrekvenser samt fjeder- og dæmpningskonstanter for hvert af drivtogets masselementer.
- 6-8. Kunne benyttes til simulering af effektivværdier i de enkelte faser under symmetriske og asymmetriske hændelser og fejl i det kollektive elforsyningssystem.
 - ~~Kunne benyttes til simulering af effektivværdier (RMS) i de enkelte faser under symmetriske hændelser og fejl i det kollektive elforsyningsnet/elforsyningssystem.~~
 - ~~Kunne benyttes til simulering af effektivværdier (RMS) i de enkelte faser under asymmetriske hændelser og fejl i det kollektive elforsyningsnet/elforsyningssystem.~~
- 7-9. Som minimum kunne benyttes i frekvensområdet fra 47,5 Hz til 51,5 Hz og i spændingsområdet fra 0,0 pu til 1,4 pu.

Kommenterede [SBS5]: Tilføjet tekst

Kommenterede [SBS6]: Tekst opdateret på baggrund af kommentar

- 8-10. Kunne eftervisse krav til magnetiseringssystemets dynamiske svar, herunder krav til dæmpetilsats (PSS) med hensyn til dæmpning og fasekompensering [1].
- 9-11. Kunne beskrive produktionsanlæggets dynamiske egenskaber i mindst 60 sekunder efter enhver af ovenstående setpunktsændringer og eksterne hændelser i det kollektive ~~elforsyningssystem~~netforsyningssystem.
- 10-12. Være numerisk stabil ved gennemførelse af en simulering på minimum 60 sekunder uden påtrykning af et hændelsesforløb eller ændring af randbetingelser, hvor de simulerede værdier for aktiv effekt, reaktiv effekt, spænding og frekvens skal forblive konstante under hele simuleringsforløbet.
13. Være numerisk stabil ved et momentant vektorspring på op til 20 grader i ~~nettilslutningspunkt~~nettilslutningspunktet.
- 11-14. Såfremt produktionsanlægget indeholder eksterne komponenter, fx af hensyn til overholdelse af nettilslutningskravene eller til levering af kommercielle systemydelse, skal simuleringsmodellen indeholde den nødvendige repræsentation af disse komponenter, som krævet i Afsnit 2.
- 12-15. Det accepteres, at simuleringsmodellen i løbet af et gennemført simuleringsforløb giver enkelte fejlmeddelelser om manglende konvergens i forbindelse med påtrykte eksterne hændelser. Dette vil dog i udgangspunktet blive opfattet som modelimplementeringsmæssig imperfektion, hvor årsagen og forslag til afhjælpning af denne skal fremgå af den tilhørende modeldokumentation. ~~Såfremt det kan dokumenteres, at simuleringsmodellens konvergensmæssige forhold har negativ indvirkning på anvendelsen af den systemansvarlige virksomhed~~Energinet Systemansvar A/Ss samlede net- og systemmodel, vil den pågældende simuleringsmodel blive afvist.

3.1.2.2 Modelformat

1. Simuleringsmodellen skal leveres implementeret i ~~seneste udgave af~~ seneste udgave af simuleringsværktøjet DlgSILENT PowerFactory ved anvendelse af de indbyggede netkomponentmodeller og standardprogrammeringsfunktioner, ~~hvilket skal afspejles i den anvendte modelstruktur m.m. Simuleringsmodellens dynamiske lag skal implementeres ved hjælp af DlgSILENT DlgSILENT Simulation Language (DSL) i versioner op til DSL level 6, medmindre andet aftales med Energinet Systemansvar A/S Energinet.~~
2. Seneste udgave af DlgSILENT PowerFactory skal anvendes, medmindre andet aftales med Energinet.
3. Den anvendte modelimplementering må ikke forudsætte anvendelse af særlige funktioner i DlgSILENT PowerFactory, ud over hvad der er indeholdt i "Base Package", "Distance Protection" og "Stability Analysis Functions (RMS)"-licenserne.
4. Den anvendte modelimplementering må ikke forudsætte anvendelse af særlige indstillinger for eller afvigelser fra standardindstillingerne for simuleringsværktøjets numeriske ligningsløser eller på anden måde forhindre integration mellem den af anlægsejeren leverede simuleringsmodel og en større net- og systemmodel, som anvendt af ~~den systemansvarlige virksomhed~~Energinet Systemansvar A/S Energinet.
5. Modellen skal så vidt muligt anvende makroer fra DlgSILENT PowerFactorys "Global Library" samt anvende DSL performance-optimerede funktioner.
6. For at sikre en entydig modelimplementering skal simuleringsmodellens baseværdier for generatorfeltstrøm og generatorfeltspænding angives i henhold til *non-reciprocal per unit*-systemet [5], hvilket skal anvendes som baseværdi for den anvendte model for produktionsanlæggets spændingsregulator. Anvendelse af skaleringsfaktorer skal angives eksplicit for signaler mellem

Kommenterede [SBS7]: Ændret på baggrund af kommentar

magnetiseringssystemets øvrige funktioner, hvis der anvendes forskellige baseværdier for de pågældende delmodeller.

- 3-7. Såfremt produktionsanlægget indeholder flere parallelle generatoranlæg, skal simuleringsmodellen kunne repræsentere produktionsanlæggets egenskaber i ~~nettilslutningspunkt~~tilslutningspunktet, jf. ~~afsnit~~ 3.1.2.1. Simuleringsmodellens parametring skal indeholde komplette datasæt for hvert enkeltanlæg.
8. Simuleringsmodellen skal kunne initialiseres i et stabilt arbejds punkt på baggrund af én enkelt, vilkårlig og gyldig, loadflow-simulering uden efterfølgende iterationer, for både et balanceret og ubalanceret load flow, samt initialisere for både balanceret og ubalanceret netværksrepræsentation i dynamisk simulering. Ved initialisering skal den afledte værdi (dx/dt) for enhver af simuleringsmodellens tilstandsvariable være mindre end 0,0001.
9. Simuleringsmodellen skal kunne initialiseres i et stabilt arbejds punkt, som beskrevet i ovenstående, uden yderligere manuelle betjeninge af både hverken statisk og dynamisk model, hvorved modellen skal kunne initialiseres direkte ved brug af load-flow resultat uden anvendelse af programmeringer, herunder scripts.
10. Simuleringsmodellen skal indeholde signaler for aktivering af særlige reguleringsfunktioner (f.eks. FRT-aktivering) og systemværn, hvis pålagt.
11. Alle relevante setpunkter og indstillinger på det virkelig anlæg skal være tilgængelige i den dynamiske simuleringsmodel, og hvert enkelt input må ikke kræve justering mere end ét sted, og skal kunne justeres både før og under dynamisk simulering, herunder:
- Aktiv effektregulering.
 - Effektfaktor-regulering (cos ϕ -regulering).
 - Q-regulering (Mvar-regulering).
 - Spændingsregulering (inklusive parametre for droop/kompondering).
 - Frekvensregulering (statik og dødbånd).
12. Yderligere skal alle setpunkter og indstillinger angives med fortegn i henhold til generator-konventionen [5].
13. Setpunkter for aktiv effekt, reaktiv effekt og spænding skal angives i per unit, i henhold til produktionsanlæggets nominelle aktive effekt og spænding i tilslutningspunktet.
14. Setpunkt for effektfaktor-regulering skal angives ved cos ϕ og separat input, som indikerer induktiv eller kapacitiv reaktiv effektudveksling.
15. Det skal være muligt at skifte mellem samtlige påkrævede reguleringsfunktioner for aktiv og reaktiv effekt både før og under dynamisk simulering, såfremt dette kan gøres under drift på det virkelige anlæg.
16. Simuleringsmodellen må ikke kræve, at komponenter, kontrolblokke eller målinger skal sættes out of service ved forskellige driftsmønstre og reguleringsformer.
17. Simuleringsmodellen skal kunne simuleres korrekt med udnyttede numeriske ligningslødere med variabelt tidsskridt i intervallet 1 til 10 ms.
- 4-18. Simuleringsmodellen skal kunne simuleres korrekt med udnyttede numeriske ligningslødere med et fikseret tidsskridt på 1 ms.
- 5-19. Simuleringsmodellen må ikke indeholde krypterede eller kompilerede dele (accepteres ikke), medmindre andet aftales med Energinet, da den systemansvarlige virksomhed Energinet Systemansvar A/S Energinet skal kunne kvalitetssikre resultaterne fra simuleringsmodellen og vedligeholde denne uden begrænsninger ved softwareopdatering m.m.

For at sikre integration med Energinet Systemansvar A/S Energinets samlede net- og systemmodel, stiles der desuden krav til strukturen af den dynamiske model. Produktionsanlæggets dynamiske model skal:

Kommenterede [SBS8]: Tilføjet på baggrund af kommentar

Kommenterede [SBS9]: Tilføjet på baggrund af kommentar

Kommenterede [SBS10]: Nettilslutningspunkt, rettet til tilslutningspunkt alle steder.

Kommenterede [SBS11]: Opdateret på baggrund af kommentar

Kommenterede [SBS12]: Indsat på baggrund af kommentar

5. Kun indeholde relevante dele. Dele, der er out of service, må ikke indgå i modellen.
6. Indeholde en "base case" Sstudy Ccase uden aktive Ooperational Sscenarios eller Vvariations, som afspejler produktionsanlæggets påtænkte normaldriftsindstillinger.
7. Modeldannes i et enkelt gridnet, der indeholder samtlige statistiske komponenter, samt Ccomposite Mmodels.
8. Modeldannes med enså den enkelte-overordnet Cceomposite Mmodel (.ElmComp), som indeholder samtlige relevante:
 - a. Common models (.ElmDsl).
 - b. Anvendte målinger (.ElmPhi_pll, .StaPqmea, .StaVmea, .Stalmea etc.).
9. Have samtlige anvendte Bblock dDefinitions (.BlkDef) liggende i en separat mappe, som indeles i tre forskellige undermapper:
 - a. Frames (indeholder signalforbindelser).
 - b. Macros (indeholder matematiske udtryk, uden grafisk repræsentation).
 - c. Model Definitions (indeholder både matematiske udtryk og signalforbindelser).
10. Have samtlige anvendte komponenttyper liggende i en separat mappe.

3.1.2.3 Modelleverancer

RMSPTD-modellen skal ved levering bestå af følgende:

- DigSILENT PowerFactory simuleringsmodel i seneste udgave
 - o En funktional PDTRMS-simuleringsmodel³, som overholder krav fra Aafsnit 3.1.2, skal leveres for produktionsanlægget forbundet til en simpel modelrepræsentation af det kollektive elforsyningssystem, f.eks. fx en Théveninækvivalent model.
- Brugervejledning med beskrivelse af:
 - o Modellernes strukturelle opbygning samt beskrivelser af simuleringsmodellernes parametring og gyldige randbetingelser i form af arbejds punkter og eventuelle restriktioner i relation til netforhold (kortslutningsforhold og R/X-forhold) i tilslutningspunktet og i fejlstedet i forbindelse med simulering af eksterne hændelser i det kollektive elforsyningssystem.
 - o De i simuleringsmodellen implementerede kontrol-, beskyttelses- og reguleringsfunktioner til brug ved evaluering af anlæggets egenskaber i tilslutningspunktet.
 - o Såfremt dele af simuleringsmodellens parametersæt ikke kan genfindes direkte ud fra det tilsvarende og påkrævede parameterudtræk fra produktionsanlæggets kontrol-, beskyttelses- og reguleringsudstyr, skal modeldokumentationen indeholde beskrivelser af de til simuleringsmodellen gennemførte parameteromregninger samt forudsætningerne herfor.
 - o Modelantagelser og anvendelse af RMSPTD-modellen.
 - o Modelbegrænsninger og alle de af produktionsanlæggets funktioner, der ikke er inkluderet i RMSPTD-modellen, som ville kunne antages at have betydning for produktionsanlæggets dynamiske egenskaber og performance.
 - o Hvorledes simuleringsmodellen kan integreres i en større net- og systemmodel, som anvendt af Energinet Systemansvar A/SEnerginet.
 - o Opsætning og initialisering af simuleringsmodellen
 - o Parametre for de enkelte modelkomponenter, herunder mætning, ulinearitet, dødbånd, tidsforsinkelser samt begrænserefunktioner (non-wind-up/anti wind-up) samt look-up tabeldata og anvendte principper for interpolation m.m.
 - o Såfremt produktionsanlægget indeholder hovedkomponenter, fx effekt- og hastighedsregulator, drivmaskine eller turbineanlæg, hvor modeldannelsen af disse kræver parametertilpasninger som funktion af produktionsanlæggets aktuelle arbejds punkt af hensyn til den påkrævede modelnøjagtighed, skal modeldokumentatio-

³ I DigSILENT PowerFactory kaldet RMS-simulering.

nen, jf. ovenstående, indeholde nødvendige modelparametersæt for hvert af nedenstående arbejdspunkter:

- 25 % af nominal aktiv effektproduktion.
- 50 % af nominal aktiv effektproduktion.
- 75 % af nominal aktiv effektproduktion.
- 100 % af nominal aktiv effektproduktion.

o Simuleringsmodellens indgangs- og udgangssignaler, hvor dette som minimum skal omfatte følgende:

- Aktiv effekt.
- Reaktiv effekt.
- Setpunkter for:
 - Aktiv effektregulering.
 - Effektfaktor-regulering (cos ϕ -regulering).
 - Q-regulering (Mvar-regulering).
 - Spændingsregulering inklusive parametre for anvendt droop/kompounding.
 - Frekvensregulering (statik og dødbånd).
 - Systemværs indgreb (slutværdi og gradient for regulering af aktiv effekt), hvis pålagt.
- Signaler for aktivering af særlige reguleringsfunktioner i forbindelse med hændelser i det kollektive elforsyningssystem (f.eks. FRT-aktivering).
- Signal for aktivering af systemværn, hvis pålagt.
- Styresignaler for eventuelle eksterne netkomponenter, fx STATCOMs eller energilagringenheder m.m.

- Data for netkomponenter og øvrige dele, som indgår i anlægsinfrastrukturen. Data skal have et omfang og et detaljningsniveau, som muliggør opbygning af en komplet, fuldt funktionsdygtig simuleringsmodel, som krævet i Afsnit 2.

— Verifikationsrapporter for RMS-PDT-modellen som indeholder:

— sammenligning af DigSILENT PowerFactory modellens stationære og dynamiske respons med målinger foretaget på den virkelige forbrugsenhed. Dette omfatter ikke stationære harmoniske forhold.

- en verificering, som specificeret i Afsnit 4.

3.1.2.4 Nøjagtighedskrav

PDT-simuleringsmodellen skal repræsentere det synkron produktionsanlægs stationære og dynamiske egenskaber i tilslutningspunktet tilstrækkeligt nøjagtigt. Anlægsejeren skal, underlagt kravene i dette afsnit, gennem sammenligning af tests af produktionsanlægget og PDT-simuleringsmodellen dokumentere dette.

RMS-simuleringsmodellen skal repræsentere produktionsanlæggets stationære og dynamiske egenskaber i nettilslutningspunktet/tilslutningspunktet. Simuleringsmodellen skal således reagere tilstrækkeligt nøjagtigt i forhold til det fysiske anlægs stationære svar for et gyldigt stationært arbejds punkt og tilsvarende for det dynamiske svar i forbindelse med en setpunktændring/setpunktændring eller en ekstern hændelse i det kollektive elforsyningsnet/elforsyningssystem.

Anlægsejeren skal sikre, at simuleringsmodellerne er verificeret med resultaterne af de definerede overensstemmelsesprøvninger [1] samt relevante test- og verifikationsstandarder, og skal fremsende den nødvendige dokumentation herfor.

Kommenterede [SBS13]: Tilføjet på baggrund af kommentar

Kommenterede [SBS14]: Tilføjet på baggrund af kommentar

Kommenterede [SBS15]: Tilføjet på baggrund af kommentar

Som minimum skal følgende af simuleringsmodellens reguleringsfunktioner inkluderes i modelverifikationen:

- Reaktiv effektregulering:
 - Effektfaktor-regulering ($\cos \phi$ -regulering).
 - Q-regulering (Mvar-regulering).
- Spændingsregulering (spændingsreferencepunkt i ~~nettilslutningspunkt~~tilslutningspunktet).
- Frekvensregulering (påkrævede reguleringsfunktioner).
- Systemværsindgreb (slutværdi og gradient for nedregulering af aktiv effekt), ~~—~~ hvis pålagt.

Simuleringsmodellens nøjagtighed i forhold til de påkrævede reguleringsfunktioner skal verificeres på baggrund af beregning af afvigelsen mellem modellens simulerede svar i forhold til den tilsvarende målte værdi.

Bilag 1 viser, hvilke af produktionsanlæggets elektriske signaler ~~der~~ er omfattet af nedenstående nøjagtighedskrav.

For at sikre en objektiv vurdering af simuleringsmodellens nøjagtighed, skal følgende kvantitative krav være opfyldte for hver af de gennemførte standardtest. Det skal bemærkes, at samtlige kriterier gælder, og at intet kriterium kan tilsidesætte et andet.

For magnetiseringssystemet og dæmpetilsats (PSS) skal nøjagtigheden for frekvensresponset (V_t/V_{ref}) inden for frekvensområdet 0,1 Hz til 5 Hz være inden for følgende tolerance:

- (a) Afvigelsen mellem den simulerede amplitude og den tilsvarende målte amplitude skal være mindre end 10 % for en vilkårlig frekvens inden for det definerede frekvensområde.
- (b) Afvigelsen mellem den simulerede fasevinkel og den tilsvarende målte fasevinkel skal være mindre end 5 grader for en vilkårlig frekvens inden for det definerede frekvensområde.
- (c) Simulerede quasi-stationære oscillationer inden for frekvensområdet 0,1 Hz til 5 Hz i produktionsanlæggets aktive og reaktive effektproduktion samt spænding skal være dæmpede, og frekvensafvigelsen skal være mindre end 10 % af den tilsvarende målte værdi.

Gældende for produktionsanlæggets dynamiske egenskaber (tidsdomæne-fænomener) foranlediget af fx setpunktændringer for anlæggets produktion af reaktiv effekt, herunder ændring af reguleringsform for dette, samt eksterne hændelser i det kollektive ~~elforsyningsnet~~forsyningsystem, skal simuleringsmodellens tilsvarende svar opfylde nedenstående nøjagtighedskrav:

Regulering af produktionsanlæggets arbejds punkt er inddelt i to perioder. Den transiente periode og den quasi-stationære periode, se Figur 3 (Bilag 2). I den transiente periode foregår hovedparten af produktionsanlæggets regulering til det nye stationære operationspunkt. Den transiente periode begynder første gang, at differencen mellem produktionsanlæggets regulering og den forrige stationære værdi overstiger $\pm 2\%$ af ændringen i det stationære operationspunkt. Den transiente periode slutter, når produktionsanlægget forbliver reguleret inden for $\pm 2\%$ af ændringen i stationært operationspunkt fra den endelige stationære værdi. Den del af responset, der ikke er i en transient-periode, er i en quasi-stationær periode.

Kommenterede [SBS16]: Beskrivelsen af nøjagtighedskrav til Synkron anlæg er opdateret. I princippet er nøjagtighedskravene det samme. (10%) er bare skrevet ensrettet med Asynkron anlæg og forklarende figur er flyttet til bilag. Som før var i afsnit for asynkron anlæg.

- 1) I den transiente periode skal den absolutte difference mellem produktionsanlæggets respons og PDT-simuleringsmodellens korresponderende respons til enhver tid være inden for den **mindst** restriktive af følgende tolerancer:
 - a) 10% af produktionsanlæggets ændring i stationærværdien.
 - b) 2% af produktionsanlæggets nominelle effekt.
- 2) I den quasi-stationære periode skal den absolutte difference mellem produktionsanlæggets respons og PDT-simuleringsmodellens korresponderende respons være inden for en tolerance på 2% af produktionsanlæggets nominelle effekt.

Ovenstående nøjagtighedskrav er illustreret på Figur 4 (Bilag 2).

1. Afvigelser mellem simulerede gradienter (dx/dt) sammenlignet med tilsvarende målte gradienter skal være inden for følgende tolerancer:
 - (a) 10 % afvigelse i amplitude.
 - (b) Tidsforskydning (positiv eller negativ) for gradientens starttidspunkt eller sluttidspunkt skal være mindre end 20 millisekunder.
2. Produktionsanlæggets simulerede svar må ikke indeholde momentane ændringer af amplituden i form af positive eller negative "spikes" på mere end 10 % af den tilsvarende målte værdi. Såfremt der opstår momentane amplitudeændringer over det tilladte niveau, og hvor dette alene kan tilskrives numeriske forhold grundet det anvendte simuleringsværktøj, skal dette forhold dokumenteres i den påkrævede modelverifikationsrapport.
- 3.1 Simulerede quasi-stationære oscillationer inden for frekvensområdet 0,1 Hz til 5 Hz i produktionsanlæggets aktive og reaktive effektproduktion samt spænding skal være dæmpede, og frekvensafvigelsen skal være mindre end 10 % af den tilsvarende målte værdi.
4. Under hensyntagen til eventuel forskel i simuleret og målt spænding i nettilslutningspunkttilslutningspunktet skal afvigelsen mellem produktionsanlæggets simulerede aktive og reaktive effektproduktion til enhver tid under simuleringen være mindre end 10 % af den tilsvarende målte værdi.
5. Under hensyntagen til eventuel forskel i simuleret og målt spænding i nettilslutningspunkttilslutningspunktet skal afvigelsen mellem produktionsanlæggets simulerede stationære aktive og reaktive effektproduktion, i forhold til den tilsvarende målte værdi, være mindre end 2 % af produktionsanlæggets nominelle effekt.

Nøjagtighedskravet til den påkrævede simuleringsmodel betragtes som værende opfyldt, såfremt samtlige af de definerede tolerancer i forhold til tilladelig afvigelse er opfyldte.

Simuleringsmodellen må generelt ikke vise egenskaber, der ikke kan påvises for det fysiske produktionsanlæg.

3.1.3 Krav til transient simuleringsmodel (EMT-model)

Den transiente simuleringsmodel leveret af anlægsejeren skal være en nøjagtig repræsentation af det samlede anlæg såvel som specifikke komponenter. Modellen skal indeholde anlægsspecifikke indstillinger og repræsentere anlæggets stationære og dynamiske egenskaber i tilslutningspunktet, gældende for det definerede normaldriftsområde [1] og under alle relevante netforhold, hvor produktionsanlæg-

get skal kunne drives. Modellen skal være tilstrækkeligt nøjagtig til at studere transienter på systemniveau, hvor frekvensområdet kan være op til 2 kHz. Ikke-påkrævede PSCAD-modellen leveret af anlægsejeren skal være en nøjagtig repræsentation af det samlede produktionsanlæg (inklusive egetforbrugsanlæg) såvel som specifikke komponenter. Modellen skal være testet imod fabriksgodkendelsestestdata og også imod felldata efter midlertidig idriftsættelse. Modellen skal indeholde anlægsspecifikke indstillinger. Modellen skal være nøjagtig til at studere transienter på systemniveau, hvor frekvensområdet kan være i størrelsesordenen få Hz til få kHz. Anlægsejer skal levere en modelbrugervejledning, der beskriver forskellige modeldetaljer, inputparametre og outputparametre.

Kommenterede [SBS17]: Ændret baseret på kommentar

Anlægsejer har til ansvar at levere en transient simuleringsmodel af produktionsanlægget til Energinet Systemansvar A/S Energinet i henhold til specifikationerne i afsnit 3.1.3.1, 3.1.3.2 ~~Fejl-Henvisningskilde ikke fundet~~, 3.1.3.3 og 3.1.3.4.

Simuleringsmodellen skal kunne integreres i Energinets samlede net- og systemmodel uden at have en problematisk indvirkning på anvendelsen af denne. Modelkravene specificeret i følgende underafsnit har bl.a. til formål at forebygge dette, men såfremt simuleringsmodellen alligevel giver udfordringer ved integration med Energinets samlede net- og systemmodel, er det anlægsejerens ansvar at finde en løsning på dette i samarbejde med Energinet. I praksis vil det foregå således, at modeller testes og godkendes inden tildeling af ION på baggrund af kravene i de følgende underafsnit. Efter udstedelse af ION vil Energinet teste simuleringsmodellens performance ved integration med en større systemmodel, og evt. udfordringer skal håndteres, inden endelige model-godkendelse kan gives, jf. krav til FON.

Simuleringsmodellen skal verificeres, som specificeret i Afsnit 4.

3.1.3.1 Funktionelle ~~modelkrav~~ modelkrav

Den transiente simuleringsmodel skal kunne repræsentere produktionsanlæggets stationære og dynamiske egenskaber i forbindelse med setpointsændringer for anlæggets produktion af aktiv og reaktiv effekt, herunder ændring af reguleringsform for dette, samt nedenstående eksterne hændelser, eller kombinationer af disse eksterne hændelser i det kollektive elforsyningssystem:

- ~~[Generatornære fejl]~~ set fra tilslutningspunktet i henhold til den påkrævede FRT-karakteristik [2±], hvor en kortslutning her kan antage form som:
 - En fase-jord kortslutning med en vilkårlig impedans i fejlstedet.
 - En to-faset kortslutning uden eller med jordberøring med en vilkårlig impedans i fejlstedet.
 - En trefaset kortslutning med en vilkårlig impedans i fejlstedet.
- Udkobling af, og mulig efterfølgende automatisk genindkobling af, en vilkårlig fejlramt netkomponent i det kollektive elforsyningssystem, jf. ovenstående fejlforløb, og det afledte vektorspring i tilslutningspunktet.
- Manuel ind- eller udkobling (uden forudgående fejl) af en vilkårlig netkomponent i det kollektive elforsyningssystem og det afledte vektorspring i tilslutningspunktet.
- Spændingsforstyrrelser og tenderende spændingskollaps med en varighed inden for den påkrævede minimumssimuleringsperiode, jf. nedenstående, og som minimum inden for indsvingningsforløbet for produktionsanlæggets overgang til en ny stationær tilstand.
- Frekvensforstyrrelser med en varighed inden for den påkrævede minimumssimuleringsperiode, jf. nedenstående, og som minimum inden for indsvingningsforløbet for produktionsanlæggets overgang til en ny stationær tilstand.

Kommenterede [SBS18]: Generatornære slettet på baggrund af kommentar

- Aktivering af et pålagt systemværn (via et eksternt signal) til hurtig regulering af produktionsanlæggets aktive effektproduktion i henhold til en foruddefineret slutværdi og gradient.

Den leverede transiente simuleringsmodel skal overholde følgende:

~~Den leverede EMT transiente simuleringsmodel skal:~~

- ~~1. Indeholde alle relevante regulerings-, kontrol- og beskyttelsesfunktioner. Dette inkluderer omfatter f.eks.:

 - ~~a. Samtlige påkrævede reguleringsfunktioner [1].~~
 - ~~b. Modellen skal omfatte alle kontrol- og beskyttelsesfunktioner på anlægsniveau og generatorniveau som implementeret i det faktiske udstyr, heriblandt

 - ~~i. Indstillinger for spændings- og frekvensbeskyttelse.~~~~~~
- ~~2. Indeholde relevant kontrol af produktionsanlæggets passive komponenter, herunder styring af:

 - ~~a. Transformer tap-indstillinger.~~
 - ~~b. Shunt-komponenter.~~~~
- ~~3. Indeholde magnetiseringssystemet, spændingsregulator, dæmpetilsats (PSS) og eventuel magnetiseringsmaskine implementeret i form af standardiserede modeller [3].~~
- ~~4. Indeholde magnetiseringssystemets begrænserfunktioner (statorstrømsbegrænser, volt/hertz-begrænser samt over- og undermagnetiseringsbegrænser) implementeret i form af blokdiagrammer med angivelse af overføringsfunktioner og sekvensdiagrammer for de enkelte elementer.~~
- ~~5. Indeholde effekt- og hastighedsregulator, drivmaskine eller turbineanlæg implementeret i form af standardiserede modeller [4]. Såfremt det kan dokumenteres, at den påkrævede modelnøjagtighed ikke kan opnås med en standardiseret model, kan der efter aftale med Energinet Systemansvar A/S Energinet anvendes anlægsspecifikke modeller for disse anlægskomponenter.~~
- ~~6. Indeholde en samlet mekanisk svingningsmassemodel for relevante anlægskomponenter (generatoranlæg, drivmaskine, turbineanlæg, gear, koblinger og magnetiseringsmaskine) inklusive dokumentation af inertikonstanter, egenfrekvenser samt fjeder- og dæmpningskonstanter for hvert af drivtogets masselementer.

 - ~~— Som minimum kunne benyttes i frekvensområdet fra 47,5 Hz til 51,5 Hz og i spændingsområdet fra 0,0 pu til 1,4 pu.~~
 - ~~— Simuleringstidspunkt for påbegyndelse af EMT modellens injektion af tilsyneladende effekt skal kunne indstilles af brugeren.~~
 - ~~— Simuleringstidspunkt for aktivering af produktionsanlæggets beskyttelsessystemer i EMT modellen skal kunne indstilles af brugeren.~~~~
- ~~7. Kunne initialiseres på maksimalt 3 sekunders simuleringstid.~~
- ~~8. Simuleringstidspunkt for påbegyndelse af EMT-modellens injektion af tilsyneladende effekt skal kunne indstilles af brugeren.~~
- ~~9. Simuleringstidspunkt for aktivering af produktionsanlæggets beskyttelsessystemer i EMT modellen skal kunne indstilles af brugeren.~~
- ~~10. Kunne beskrive produktionsanlæggets dynamiske egenskaber i mindst 60 sekunder efter enhver af ovenstående setpunktændringer og eksterne hændelser i det kollektive elforsyningsystem.~~
- ~~11. Være numerisk stabil ved gennemførelse af en simulering på minimum 60 sekunder uden påtrykning af et hændelsesforløb eller ændring af randbetingelser, hvor de simulerede værdier for aktiv effekt, reaktiv effekt, spænding og frekvens skal forblive konstante under hele simuleringforløbet.

 - ~~— Modellen skal kunne initialiseres på maksimalt 3 sekunders simuleringstid.~~~~

Kommenterede [SBS19]: Slettet gammel punkt 10, ikke passende for EMT-modeller

12. EMT-modellen skal repræsentere alle komponenter, reguleringssystemer og beskyttelsessystemer relevante for EMT-analyser.
13. Netkomponenter og øvrige dele, som indgår i anlægsinfrastrukturen, skal implementeres i EMT-modellen i et omfang og med et detaljeringsniveau, der er gyldigt for EMT-studier. Dette inkluderer opsamlingskabler, transformere, filtre m.m. Omfanget af leverancen godkendes af Energinet. Hvis kabler er modelleret med PI-sektioner, skal deres frekvensafhængige karakteristiker valideres mod geometriske modeller. ~~Omfanget af leverancen godkendes af Energinet Systemansvar A/S.~~
- ~~For produktionsenheder med mekanisk drivtøj skal EMT-modellen indeholde en mekanisk svingningsmassemodel for produktionsanlæggets drivtøj inklusive dokumentation af inerti konstanter, egenfrekvenser samt fjeder- og dæmpningskonstanter.~~
14. EMT-modellen skal repræsentere produktionsanlæggets FRT-egenskaber [24].
15. Modellen skal være gyldig for stationære driftsforhold.
16. EMT-modellen skal være anvendelig for EMT-simuleringer af balancerede samt ubalancerede fejl og afbrydelse af produktionsanlæggets forbindelse til det kollektive elforsyningssystem.
17. Såfremt produktionsanlægget indeholder eksterne komponenter, fx af hensyn til overholdelse af nettilslutningskravene eller til levering af kommercielle systemydelse, skal simuleringmodellen indeholde den nødvendige repræsentation af disse komponenter som krævet i Aafsnit 2.

Simuleringstid

3.1.3.2 Modelformat

- EMT-modellen skal udvikles og leveres i PSCAD/EMTDC ~~og være kompatibel med PSCAD-version, som aftales med Energinet 4.6.3 og nyere.~~
- For at sikre en entydig modelimplementering skal simuleringens baseværdier for generatorfeltstrøm og generatorfeltspænding angives i henhold til *non-reciprocal per unit*-systemet [5], hvilket skal anvendes som baseværdi for den anvendte model for produktionsanlæggets spændingsregulator. Anvendelse af skaleringsfaktorer skal angives eksplicit for signaler mellem magnetiseringssystemets øvrige funktioner, hvis der anvendes forskellige baseværdier for de pågældende delmodeller.
- Såfremt produktionsanlægget indeholder flere parallelle generatoranlæg, skal simuleringmodellen kunne repræsentere produktionsanlæggets egenskaber i tilslutningspunktet, if. afsnit 3.1.2.1. Simuleringens parametrisering skal indeholde komplette datasæt for hvert enkeltanlæg.
- ~~EMT-modellen~~ Interval for simuleringstidsskridt, hvor EMT-modellen kan anvendes, skal aftales med Energinet. ~~skal kunne anvendes med et tidsskridt på 10 mikrosekunder. Hvis anlægsejer ønsker at anvende et andet tidsskridt end 10 mikrosekunder, skal dette godkendes af systemoperatøren Energinet Systemansvar A/S.~~
- EMT- Modellen skal give tilnærmelsesvis samme resultater ved transiente simuleringer med ethvert simuleringstidsskridt i det gyldige interval. ~~Modellen skal, via få tests, valideres for simuleringer ved forskellige simuleringstidsskridt.~~
- EMT-modellen skal valideres for simuleringer ved forskellige simuleringstidsskridt. ~~Modellen skal give tilnærmelsesvis samme resultater ved transiente simuleringer med ethvert tidsskridt i det gyldige interval. EMT-modellen skal kunne optræde funktionelt flere gange i samme PSCAD simuleringstilfil, uden at dette leder til, at væsentlige ændringer skal foretages. Derfor skal EMT-modellen kunne indgå som adskillige "definitions" eller adskillige "instances". Hvis modellen indeholder et alternativ til brug af adskillige "definitions" eller "instances", skal dette beskrives i brugervejledningen.~~

Kommenterede [SBS20]: Slettet gammel punkt 15, da det var ens med punkt 6.

Kommenterede [SBS21]: Rettet formulering fra version 4.6.3 og nyerer til dette. I praksis det samme krav pt. Men ikke hensigtsmæssig vi kræver 4.6.3 indtil 1B opdateres.

Kommenterede [SBS22]: Ændret på baggrund af kommentar

Kommenterede [SBS23]: Indsat ekstra forklarende tekst / punkt omskrevet

7. EMT-modellen skal understøtte brug af PSCAD/EMTDC's "snapshot"-funktion. Det påkræves, at modellen viser samme svar med og uden brug af snapshot-funktionen.
8. EMT-modellen skal understøtte brug af PSCAD/EMTDC's "multiple run"-funktion.
- Alle for EMT-analyser relevante funktionsindstillinger i produktionsanlæggets reguleringssystem, der kan ændres enten lokalt eller ved fjernkontrol, skal være tilgængelige parametre i simuleringmodellen. Omfanget af leverancen godkendes af Energinet Systemansvar A/S.
9. Alle relevante setpunkter og indstillinger på det virkelige anlæg, der kan ændres enten lokalt eller ved fjernkontrol, skal være tilgængelige i den dynamiske transiente simuleringmodellen. Hvert enkelt input må ikke kræve justering mere end ét sted og skal kunne justeres både før og under dynamisk simulering, herunder:
- Aktiv effektregulering.
 - Effektfaktor-regulering (cos ϕ -regulering).
 - Q-regulering (Mvar-regulering).
 - Spændingsregulering (inklusive parametre for anvendt droop/komponering).
 - Frekvensregulering (statik og dødbånd).
10. Yderligere skal alle setpunkter og indstillinger angives med fortegn i henhold til generator-konvention [5].
11. Setpunkter for aktiv effekt, reaktiv effekt og spænding skal angives i per unit, i henhold til produktionsanlæggets nominelle aktive effekt og spænding i nettilslutningspunkttilslutningspunktet.
12. Setpunkt for effektfaktor-regulering skal angives ved cos ϕ og separat input, som indikerer induktiv eller kapacitiv reaktiv effektudveksling.
- Setpunkt for effektfaktor-regulering, skal angives ved cos ϕ .
13. Det skal være muligt at skifte mellem samtlige påkrævede reguleringsfunktioner for aktiv og reaktiv effekt både før og under dynamisk simulering, så frem dette kan gøres under drift på det virkelige anlæg.
14. Alle elektriske, mekaniske og beskyttelsessignaler relevante for EMT-analyser af det kollektive elforsyningssystem skal være tilgængelige i EMT-modellen. Omfanget af leverancen godkendes af Energinet Systemansvar A/S Energinet. Særligt fremhæves herunder:
- Signaler for aktivering af særlige reguleringsfunktioner i forbindelse med hændelser i det kollektive elforsyningssystem (f.eks. FRT-aktivering).
 - Signal for aktivering af systemværn, hvis pålagt.
15. EMT-modellen må indeholde prækompilerede og krypterede dele. EMT-modellens kompilerede dele skal være DLL-baseret. EMT-modellen skal være kompatibel med Energinets simuleringstiløb, hvor kompilering- og kryptering (version og kompatibelt versionsinterval af Intel Fortran og MS Visual Studio) aftales mellem anlægsejer og Energinet. EMT-modellen må indeholde prækompilerede og krypterede dele. EMT-modellens krypterede dele skal være DLL-baseret. EMT-modellen skal være kompatibel med systemoperatørens simuleringstiløb, hvor kompilering og kryptering (version og kompatibelt versionsinterval af Intel Fortran og MS Visual Studio) aftales mellem anlægsejer og systemoperatøren.
16. EMT-modellen må ikke bruge eller være afhængig af globale variable i PSCAD.
17. EMT-modellen må ikke gøre brug af flere lag i PSCAD-værktøjet inklusiv "disabled"-lag.

Kommenterede [SBS24]: Tilføjet på baggrund af kommentar

Kommenterede [SBS25]: Punkt 9 og 10 sammenskrevet, grundet stort overlap: Gammel 9) Alle for EMT-analyser relevante funktionsindstillinger i produktionsanlæggets reguleringssystem, der kan ændres enten lokalt eller ved fjernkontrol, skal være tilgængelige parametre i simuleringmodellen. Omfanget af leverancen godkendes af Energinet.

Kommenterede [SBS26]: Opdateret på baggrund af kommentar

Kommenterede [SBS27]: Indsat på baggrund af kommentar

Kommenterede [SBS28]: Tilføjet på baggrund af kommentar

3.1.3.23.1.3.3 Modelleverancer

EMT-modellen skal ved levering bestå af følgende:

- PSCAD-/EMTDC-simuleringstiløb – version efter aftale med Energinet Systemansvar A/S Energinet.

- o En funktional PSCAD-simuleringsmodel, der overholder krav fra Afsnit 3.1.3, skal leveres for produktionsanlægget forbundet til en simpel modelrepræsentation af det kollektive elforsyningssystem, f.eks. fx en Théveninækvivalent model.
- Identificer tydeligt producentens EMT-modeludgivelsesversion og den relevante tilhørende hardware-firmwareversion.
- o _____
- Brugervejledning med beskrivelse af:
 - o modellernes strukturelle opbygning samt beskrivelser af simuleringsmodellernes parametring og gyldige randbetingelser i form af arbejds punkter og eventuelle restriktioner i relation til netforhold (kortslutningsforhold og R/X-forhold) i tilslutningspunktet og i fejlstedet i forbindelse med simulering af eksterne hændelser i det kollektive elforsyningssystem.
 - o modelantagelser og anvendelse af EMT-modellen.
 - o modelbegrænsninger og alle de af produktionsanlæggets funktioner, der ikke er inkluderet i EMT-modellen, som ville kunne antages at have betydning for produktionsanlæggets transiente elektriske egenskaber og performance.
 - o hvorledes simuleringsmodellen kan integreres i en større net- og systemmodel, som anvendt af Energinet Systemansvar A/S Energinet.
 - o højeste mulige tidsskridt.
 - o hvor mange "definitions" og "instances", der kan oprettes af modellen.
 - o opsætning og initialisering af simuleringsmodellen.
 - o Tilhørende parametre for de enkelte modelkomponenter, herunder mætning, ulinearitet, dødbånd, tidsforsinkelser samt begrænsningsfunktioner (non-wind-up/anti wind-up) samt look-up tabeldata og anvendte principper for interpolation m.m.
 - o Såfremt produktionsanlægget indeholder hovedkomponenter, fx effekt- og hastighedsregulator, drivmaskine eller turbineanlæg, hvor modeldannelsen af disse kræver parametertilpasninger som funktion af produktionsanlæggets aktuelle arbejds punkt af hensyn til den påkrævede modelnøjagtighed, skal modeldokumentationen, jf. ovenstående, indeholde nødvendige modelparametersæt for hvert af nedenstående arbejds punkter:
 - 25 % af nominel aktiv effektproduktion.
 - 50 % af nominel aktiv effektproduktion.
 - 75 % af nominel aktiv effektproduktion.
 - 100 % af nominel aktiv effektproduktion.
 - o simuleringsmodellens indgangs- og udgangssignaler, hvor dette som minimum skal omfatte følgende:
 - Aktiv effekt.
 - Reaktiv effekt.
 - Setpunkter for:
 - Aktiv effektregulering.
 - Effektfaktor-regulering (cos ϕ -regulering).
 - Q-regulering (Mvar-regulering).
 - Spændingsregulering inklusive parametre for anvendt droop/kompoundingering
 - Frekvensregulering (statik og dødbånd).
 - Systemværns indgreb (slutværdi og gradient for regulering af aktiv effekt), hvis pålagt.
 - Signaler for aktivering af særlige reguleringsfunktioner i forbindelse med hændelser i det kollektive elforsyningssystem (f.eks. FRT-aktivering).

Kommenterede [SBS29]: Tilføjet på baggrund af kommentar

Kommenterede [SBS30]: Tilføjet på baggrund af kommentar

- Signal for aktivering af systemværn, hvis pålagt.
- Styresignaler for eventuelle eksterne netkomponenter, fx STATCOMs eller energilagringenheder m.m.
- _____
- Data for netkomponenter og øvrige dele, som indgår i anlægsinfrastrukturen. Data skal have et omfang og et detaljeringsniveau, som muliggør opbygning af en komplet, fuldt funktionsdygtig simuleringsmodel, som krævet i aAfsnit 2.
- _____
- Verifikationsrapporter for EMT-modellen ~~som indeholder~~
en sammenligning af EMT modellens stationære og dynamiske respons med målinger foretaget på den virkelige produktionsenhed.
- en verificering, som specificeret i Aafsnit 4.

Kommenterede [SBS31]: Tilføjet på baggrund af kommentar

3.1.3.4 Nøjagtighedskrav

Nøjagtigheden af den påkrævede transiente simuleringsmodel fastlægges på samme måde som for den dynamiske simuleringsmodel (RMS/PDT-model), jf. aAfsnit 3.1.2.4, ved anvendelse af passende filtrering til beregning af grundtonekomponenten af målte og simulerede værdier. Metoden anvendt til filtrering aftales mellem anlægsejer og Energinet Systemansvar A/S Energinet. Nøjagtighedskravet til den transiente simuleringsmodel og den anvendte evalueringsmetode er dermed identisk med den påkrævede PDT-dynamiske simuleringsmodel.

3.1.4 Krav til harmonisk simuleringsmodel

Ikke påkrævet.

3.2 Asynkron produktionsanlæg

3.2.1 Krav til stationær simuleringsmodel (stationære forhold og kortslutningsforhold)

Simuleringsmodellen for det samlede produktionsanlæg skal repræsentere anlæggets stationære og quasi-stationære egenskaber i nettilslutningspunkttilslutningspunktet, gældende for det definerede normaldriftsområde [1] og under alle relevante stationære netforhold, hvor produktionsanlægget skal kunne drives.

Quasi-stationære egenskaber omfatter i denne sammenhæng produktionsanlæggets egenskaber i forbindelse med en kortslutning i nettilslutningspunkttilslutningspunktet eller et vilkårligt sted i det kollektive elforsyningsnetelforsyningssystem. En kortslutning kan her antage form som:

- En fase-jord kortslutning med en vilkårlig impedans i fejlstedet.
- En to-faset kortslutning uden eller med jordberøring med en vilkårlig impedans i fejlstedet.
- En trefaset kortslutning med en vilkårlig impedans i fejlstedet.

Anlægs ejer har til ansvar at levere en stationær simuleringsmodel af produktionsanlægget til Energinet i henhold til specifikationerne i afsnit 3.2.1.1, 3.2.1.2, 3.2.1.3 og 3.2.1.4.

Simuleringsmodellen skal kunne integreres i Energinets samlede net- og systemmodel uden at have en problematisk indvirkning på anvendelsen af denne. Modelkravene specificeret i følgende underafsnit har bl.a. til formål at forebygge dette, men såfremt simuleringsmodellen alligevel giver udfordringer ved integration medi Energinet samlede net- og systemmodel, er det anlægsejerens ansvar at finde en løsning på dette i samarbejde med Energinet. I praksis vil det foregå således, at modeller testes og godkendes inden tildeling af ION på baggrund af kravene i de følgende underafsnit. Efter udstedelse af ION vil Energinet teste simuleringsmodellens performance ved integration medi en større systemmodel, og eventuelle udfordringer skal håndteres, inden endelige model-godkendelse kan gives, jf. krav til FON.

Simuleringsmodellen skal verificeres, som specificeret i Aafsnit 4.

Såfremt den stationære simuleringsmodel er identisk med den i aAfsnit 3.2.2 beskrevne dynamiske simuleringsmodel, bortfalder kravet om en separat stationær simuleringsmodel.

3.2.1.1 Funktionelle ~~modelkrav~~modelkrav

Den stationære simuleringsmodel skal:

- 1-2 Indeholde karakteristikker for produktionsanlæggets stationære driftsområder for aktiv og reaktiv effekt, således at så simuleringsmodellen ikke fejlagtigt drives i et ugyldigt arbejds punkt.
- 2-3 Muliggøre anvendelse af samtlige påkrævede reguleringsfunktioner for reaktiv effekt:
 - Effektfaktor-regulering ($\cos \phi$ -regulering) med angivelse af referencepunktet.
 - Q-regulering (Mvar-regulering) med angivelse af referencepunktet.
 - Spændingsregulering inklusive parametre for anvendt droop/kompondering med angivelse af referencepunktet.
- 4 Kunne benyttes til simulering af effektivværdier i de enkelte faser under symmetriske og asymmetriske hændelser og fejl i det kollektive elforsyningssystem. Den anvendte metode til statiske kortslutningsberegninger skal aftales med Energinet Systemansvar A/S Energinet.
- 5 Som minimum kunne benyttes i frekvensområdet fra 47,5 Hz til 51,5 Hz og i spændingsområdet fra 0,0 pu til 1,4 pu.
- 6 Indeholde relevant kontrol af produktionsanlæggets passive komponenter, herunder styring af:
 - Transformer tap-indstillinger.

B. Shunt-komponenter.

3.2.1.2 Modelformat

1. Simuleringsmodellen skal leveres implementeret i seneste udgave af simuleringsværktøjet DlgSILENT PowerFactory ved anvendelse af de indbyggede netkomponentmodeller og standardprogrammeringsfunktioner. Simuleringsmodellen skal leveres implementeret i simuleringsværktøjet DlgSILENT PowerFactory ved anvendelse af de indbyggede netkomponentmodeller og standardprogrammeringsfunktioner.
- 1-2. Seneste udgave af DlgSILENT PowerFactory skal anvendes, medmindre andet aftales med Energinet, hvilket skal afspejles i den anvendte modelstruktur m.m.
3. Den anvendte modelimplementering må ikke forudsætte anvendelse af særlige indstillinger for, eller afvigelser fra, standardindstillingerne for simuleringsværktøjets numeriske ligningsløser eller på anden måde forhindre integration mellem den af anlægsejeren leverede simuleringsmodel og en større net- og systemmodel, som anvendt af den systemansvarlige virksomhed Energinet Systemansvar A/S Energinet.
- 2-4. Simuleringsmodellen skal aggregeres som beskrevet i Afsnit 3.2.5, hvis produktionsanlægget består af flere identiske produktionsenheder.
5. For hybride anlæg bestående af flere forskellige typer af produktionsenheder, skal den stationære model korrekt repræsentere hver af disse typer.
6. Simuleringsmodellen skal være gyldig for både balanceret og ubalanceret loadflow.

Kommenterede [SBS32]: Ændret på baggrund af kommentar

For at sikre integration med Energinets samlede net- og systemmodel stilles der desuden krav til strukturen af den statiske model. Produktionsanlæggets statiske model skal:

1. Kun indeholde relevante dele. Dele, der er out of service, må ikke indgå i modellen.
2. Indeholde en "base case" study case uden aktive operational scenarios eller variations, som afspejler produktionsanlæggets påtænkte normaldriftsindstillinger.
3. Modeldannes i et enkelt net, der indeholder samtlige statiske komponenter.
4. Have samtlige anvendte komponenttyper liggende i en separat mappe.

Kommenterede [SBS33]: Tilføjet på baggrund af kommentar

3.2.1.3 Modelleverancer

Den stationære simuleringsmodel skal ved levering bestå af følgende:

- DlgSILENT PowerFactory simuleringsmodel i seneste udgave
 - En funktional, stationær simuleringsmodel, som overholder krav fra Afsnit 3.2.1, skal leveres for produktionsanlægget forbundet til en simpel modelrepræsentation af det kollektive elforsyningssystem, f.eks. fx en Théveninækvivalent model.
- Brugerveiledning med beskrivelse af:
 - Funktionsbeskrivelser af de overordnede moduler i modellen.
 - De enkelte modelkomponenter og tilhørende parametre.
 - de i simuleringsmodellen implementerede kontrol-, beskyttelses- og reguleringsfunktioner til brug ved evaluering af anlæggets egenskaber i tilslutningspunktet.
 - den anvendte modelaggregering, jf. kravene fra Afsnit 3.2.5.
 - Opsætning af simuleringsmodellen, modelantagelser samt eventuelle begrænsninger for anvendelsen af denne.
 - hvorledes simuleringsmodellen kan integreres i en større net- og systemmodel, som anvendt af Energinet Systemansvar A/S Energinet.
 - Relevante parametre for kortslutningskarakteristik. Omfang skal aftales med Energinet.

Kommenterede [SBS34]: Slettet punkt omkring kontrol og beskyttelsesfunktioner som ikke var relevant for statiske modeller.

- Data for netkomponenter og øvrige dele, som indgår i anlægsinfrastrukturen. Data skal have et omfang og et detaljeringsniveau, som muliggør opbygning af en komplet, fuldt funktionsdygtig simuleringsmodel, som krævet i Afsnit 2.
- Verifikationsrapporter for den stationære RMS-modellen som indeholder:
- en verificering, som specificeret i afsnit 4.

3.2.1.4 Nøjagtighedskrav

Simuleringsmodellen må generelt ikke vise egenskaber, der ikke kan påvises for det fysiske produktionsanlæg.

3.2.2 Krav til dynamisk simuleringsmodel (RMSPDT-model)

Den dynamiske simuleringsmodel for det samlede produktionsanlæg skal repræsentere anlæggets stationære og dynamiske egenskaber i ~~nettilslutningspunkt~~~~tilslutningspunkt~~, gældende for det definerede normaldriftsområde [1] og under alle relevante netforhold, hvor produktionsanlægget skal kunne drives.

Anlægsejer har til ansvar at levere en dynamisk simuleringsmodel af produktionsanlægget til Energinet i henhold til specifikationerne i afsnit 3.2.2.1, 3.2.2.2, 3.2.2.3 og 3.2.2.4.

Simuleringsmodellen skal kunne integreres i Energinets samlede net- og systemmodel uden at have en problematisk indvirkning på anvendelsen af denne. Modelkravene specificeret i følgende underafsnit har bl.a. til formål at forebygge dette, men såfremt simuleringsmodellen alligevel giver udfordringer ved integration med Energinets samlede net- og systemmodel, er det anlægsejerens ansvar at finde en løsning på dette i samarbejde med Energinet. I praksis vil det foregå således, at modeller testes og godkendes inden tildeling af ION på baggrund af kravene i de følgende underafsnit. Efter udstedelse af ION vil Energinet teste simuleringsmodellens performance ved integration med en større systemmodel, og eventuelle udfordringer skal håndteres, inden endelige model-godkendelse kan gives, jf. krav til FON.

Simuleringsmodellen skal verificeres, som specificeret i ~~A~~afsnit 4.

3.2.2.1 Funktionelle ~~modelkrav~~~~modelkrav~~

Den dynamiske simuleringsmodel skal kunne repræsentere produktionsanlæggets stationære og dynamiske egenskaber i forbindelse med setpunktsændringer for anlæggets produktion af aktiv og reaktiv effekt, herunder ændring af reguleringsform for dette, samt nedenstående eksterne hændelser, eller kombinationer af disse eksterne hændelser i det kollektive ~~elforsyningsnet~~~~elforsyningsnet~~:

- ~~[Generatornære fejl]~~ set fra ~~nettilslutningspunkt~~~~tilslutningspunkt~~ i henhold til den påkrævede FRT-karakteristik [24], hvor en kortslutning her kan antage form som:
 - En fase-jord kortslutning med en vilkårlig impedans i fejlstedet.
 - En to-faset kortslutning uden eller med jordberøring med en vilkårlig impedans i fejlstedet.
 - En trefaset kortslutning med en vilkårlig impedans i fejlstedet.
- Udkobling af, og mulig efterfølgende automatisk genindkobling af, en vilkårlig fejlfremt netkomponent i det kollektive ~~elforsyningsnet~~~~elforsyningsnet~~, jf. ovenstående fejlforløb, og det afledte vektorspring i ~~nettilslutningspunkt~~~~tilslutningspunkt~~.
- Manuel ind- eller udkobling (uden forudgående fejl) af en vilkårlig netkomponent i det kollektive ~~elforsyningsnet~~~~elforsyningsnet~~ og det afledte vektorspring i ~~nettilslutningspunkt~~~~tilslutningspunkt~~.
- Spændingsforstyrrelser og tenderende spændingskollaps med en varighed inden for den påkrævede minimumssimuleringsperiode, jf. nedenstående, og som minimum inden for indsvingningsforløbet for produktionsanlæggets overgang til en ny stationær tilstand.

Kommenterede [SBS35]: Generatornære slettet på baggrund af kommentar

- Frekvensforstyrrelser med en varighed inden for den påkrævede minimumssimuleringstid, jf. nedenstående, og som minimum inden for indsvingningsforløbet for produktionsanlæggets overgang til en ny stationær tilstand.
- Aktivering af et pålagt systemværn (via et eksternt signal) til hurtig regulering af produktionsanlæggets aktive effektproduktion i henhold til en foruddefineret slutværdi og gradient.

Den dynamiske simuleringsmodel skal overholde følgende:

1. Indeholde samtlige påkrævede reguleringsfunktioner [1].
2. Indeholde en fuld repræsentation af plant-level regulering, herunder parkregulatoren (PPC), som inkluderer tidsforsinkelser, transition til og fra fault ride-through modes mm.
3. Indeholde relevant kontrol af produktionsanlæggets passive komponenter, herunder styring af:
 - a. Transformer tap-indstillinger.
 - a. Shunt-komponenter.
 - b. Indeholde relevante beskyttelsesfunktioner, som kan aktiveres ved eksterne hændelser og fejl i det kollektive elforsyningsnet/elforsyningssystem implementeret i form af blokdiagrammer med angivelse af overføringsfunktioner og sekvensdiagrammer for de enkelte elementer.
 - b. _____
4. Indeholde relevante beskyttelsesfunktioner, som kan aktiveres ved eksterne hændelser og fejl i det kollektive elforsyningssystem, implementeret enten i form af blokdiagrammer, med angivelse af overføringsfunktioner, programmeret i DSL (DigSILENT Simulation Language) eller via DigSILENTS PowerFactorys indbyggede relækomponentmodeller.
- 2-5. Indeholde samtlige kontrolfunktioner⁴, som kan aktiveres ved alle relevante hændelser og fejl i det kollektive elforsyningsnet/elforsyningssystem.
- 3-6. Indeholde produktionsanlæggets effekt- og hastighedsregulator, hvis aktuelt.
- 4-7. Indeholde en samlet mekanisk svingningsmassemodel for produktionsanlæggets drivtøj, inklusive dokumentation af inertikonstanter, egenfrekvenser samt fjeder- og dæmpningskonstanter for hvert af drivtøjets masselementer, såfremt dette er relevant for repræsentationen af produktionsanlæggets stationære og dynamiske egenskaber.
8. Kunne benyttes til simulering af effektivværdier i de enkelte faser under symmetriske og asymmetriske hændelser og fejl i det kollektive elforsyningssystem.
9. For produktionsanlæg med varierende primær energikilde, skal det være muligt at justere på den tilgængelige effekt, også under simulering.
 - Kunne benyttes til simulering af effektivværdier (RMS) i de enkelte faser under symmetriske hændelser og fejl i det kollektive elforsyningsnet.
 - Kunne benyttes til simulering af effektivværdier (RMS) i de enkelte faser under asymmetriske hændelser og fejl i det kollektive elforsyningsnet.
- 5-10. _____ Som minimum kunne benyttes i frekvensområdet fra 47,5 Hz til 51,5 Hz og i spændingsområdet fra 0,0 pu til 1,4 pu.
- 6-11. _____ Kunne beskrive produktionsanlæggets dynamiske egenskaber i mindst 60 sekunder efter enhver af ovenstående setpunktsændringer og eksterne hændelser i det kollektive elforsyningsnet/elforsyningssystem.
- 7-12. _____ Være numerisk stabil ved gennemførelse af en simulering på minimum 60 sekunder uden påtrykning af et hændelsesforløb eller ændring af randbetingelser, hvor de simulerede værdier for aktiv effekt, reaktiv effekt, spænding og frekvens skal forblive konstante under hele simuleringsforløbet.

Kommenterede [SBS36]: Tekst opdateret på baggrund af kommentar

Kommenterede [SBS37]: Tilføjet på baggrund af kommentar

⁴ Kontrolfunktioner i relation til produktionsanlæggets pålagte *fault-ride through*-egenskaber, herunder dynamisk spændingsstøtte i forbindelse med et spændingsdyk.

- 8-13. Være numerisk stabil ved et momentant vektorspring på op til 20 grader i nettilslutningspunkttilslutningspunktet.
- 9-14. Såfremt produktionsanlægget indeholder eksterne komponenter, fx af hensyn til overholdelse af nettilslutningskravene eller til levering af kommercielle systemydelser, skal simuleringsmodellen indeholde den nødvendige repræsentation af disse komponenter, som krævet i Afsnit 2.
- 10-15. Det accepteres, at simuleringsmodellen i løbet af et gennemført simuleringsforløb giver enkelte fejlmeddelelser om manglende konvergens i forbindelse med påtrykte eksterne hændelser. Dette vil dog i udgangspunktet blive opfattet som modelimplementeringsmæssig imperfektion, hvor årsagen og forslag til afhjælpning af denne skal fremgå af den tilhørende modeldokumentation. Såfremt det kan dokumenteres, at simuleringsmodellens konvergensmæssige forhold har negativ indvirkning på anvendelsen af den systemansvarlige virksomhed Energinet Systemansvar A/S's samlede net- og systemmodel, vil den pågældende simuleringsmodel blive afvist.

Såfremt simuleringsmodellen anvendes til aggregering af enkeltanlæg til en samlet repræsentation af produktionsanlægget i nettilslutningspunktet, skal modellen kunne repræsentere produktionsanlæggets egenskaber i nettilslutningspunktet, jf. ovenstående. Den medfølgende dokumentation skal indeholde beskrivelser af de anvendte principper for aggregering samt eventuelle begrænsninger for anvendelsen af dette. Simuleringsmodellens parametring skal indeholde komplette datasæt for enkeltanlæg og det aggregerede anlæg.

3.2.2.2 Modelformat/Modelformat

1. Simuleringsmodellen Simuleringsmodellen skal leveres implementeret i simuleringsværktøjet DigSILENT PowerFactory ved anvendelse af de indbyggede netkomponentmodeller og standardprogrammeringsfunktioner. Simuleringsmodellens dynamiske lag skal implementeres ved hjælp af DigSILENT Simulation Language (DSL), medmindre andet aftales med Energinet.
- 1-2. Seneste udgave af DigSILENT PowerFactory skal anvendes, medmindre andet aftales med Energinet, skal leveres implementeret i seneste udgave af simuleringsværktøjet DigSILENT PowerFactory ved anvendelse af de indbyggede netkomponentmodeller og standardprogrammeringsfunktioner, hvilket skal afspejles i den anvendte modelstruktur m.m. Simuleringsmodellen skal implementeres ved hjælp af DigSILENT Simulation Language (DSL) i versioner op til DSL level 6, medmindre andet aftales med Energinet Systemansvar A/S.
3. Den anvendte modelimplementering må ikke forudsætte anvendelse af særlige funktioner i DigSILENT PowerFactory, ud over hvad der er indeholdt i 'Base Package', 'Distance Protection' og 'Stability Analysis Functions (RMS)'. 'Base Package' og 'Stability Analysis Functions (RMS)'-licenserne.
4. Den anvendte modelimplementering må ikke forudsætte anvendelse af særlige indstillinger for, eller afvigelser fra, standardindstillingerne for simuleringsværktøjets numeriske ligningsløser eller på anden måde forhindre integration mellem den af anlægsejeren leverede simuleringsmodel og en større net- og systemmodel, som anvendt af den systemansvarlige virksomhed Energinet Systemansvar A/S Energinet.
- 2-5. Modellen skal så vidt muligt anvende makroer fra DigSILENT PowerFactorys 'Global Library' samt anvende DSL performance-optimerede funktioner.
- 3-6. Aggregeres som beskrevet i afsnit 3.2.5, hvis produktionsanlægget består af flere identiske produktionsenheder.

Kommenterede [SBS38]: Ændret på baggrund af kommentar

4-7. For hybride anlæg bestående af flere forskellige typer af produktionsenheder skal RMS/PDT-modellen korrekt repræsentere hver af disse typer.

— Simuleringsmodellen skal kunne initialiseres i et stabilt arbejds punkt på baggrund af én enkelt, vilkårlig og gyldig, loadflow-simulering uden efterfølgende iterationer, for både et balanceret og ubalanceret load flow, samt initialisere for både balanceret og ubalanceret netværks-repræsentation i dynamisk simulering. Ved initialisering skal den afledte værdi (dx/dt) for enhver af simuleringsmodellens tilstandsvariable være mindre end 0,0001.

Modelle skal også mulige ændringer i data og parametre. Global tilpasning samt ændring af DC-performances optimerede muligheder.

5-8.

9. Kunne initialiseres i et stabilt arbejds punkt, som beskrevet i ovenstående, uden yderligere manuelle betjeninger af både statisk og dynamisk model. Hvorved modellen skal kunne initialiseres direkte ved brug af load-flow resultat uden anvendelse af programmeringer, herunder scripts.

6-10. Simuleringsmodellen skal indeholde signaler for aktivering af særlige reguleringsfunktioner (f.eks. FRT-aktivering) og systemværn.

11. Alle relevante setpunkter og indstillinger på det virkelig anlæg skal være tilgængelige i den dynamiske simuleringsmodel. Hvert enkelt input må ikke kræve justering mere end ét sted og skal kunne justeres både før og under dynamisk simulering, herunder:

- Aktiv effektregulering.
- Effektfaktor-regulering (cos ϕ -regulering).
- Q-regulering (Mvar-regulering).
- Spændingsregulering (inklusive parametre for droop/kompondering).
- Frekvensregulering (statik og dødbånd).

12. Yderligere skal alle setpunkter og indstillinger angives med fortegn i henhold til generator-konvention [5].

13. Setpunkter for aktiv effekt, reaktiv effekt og spænding skal angives i per unit, i henhold til produktionsanlæggets nominelle aktive effekt og spænding i tilslutningspunktet.

14. Setpunkt for effektfaktor-regulering, skal angives ved cos ϕ og separat input, som indikerer induktiv eller kapacitiv reaktiv effekt udveksling.

Det skal være muligt at skifte mellem samtlige påkrævede reguleringsfunktioner for aktiv og reaktiv effekt både før og under dynamisk simulering, så fremt dette kan gøres under drift på det virkelige anlæg.

15.

16. Simuleringsmodellen må ikke kræve, at komponenter, kontrolblokke eller målinger skal sættes out of service ved forskellige driftsmønstre og reguleringsformer.

17. Kunne simuleres korrekt med udnytte numeriske ligningslødere med variabelt tidskridt i intervallet 1 til 10 ms.

7-18. Kunne simuleres korrekt med udnytte numeriske ligningslødere med et fikseret tidskridt på 1 ms.

8-19. Ikke indeholde krypterede eller kompilerede dele (accepteres ikke), medmindre andet aftales med Energinet, da den systemansvarlige virksomhed Energinet Systemansvar A/S Energinet skal kunne kvalitetssikre resultaterne fra simuleringsmodellen og vedligeholde denne uden begrænsninger ved softwareopdatering m.m.

For at sikre integration med Energinet Systemansvar A/S Energinets samlede net- og systemmodel, stilles der desuden krav til strukturen af den dynamiske model. Produktionsanlæggets dynamiske model skal:

1. Kun indeholde relevante dele. Dele, der er out of service, må ikke indgå i modellen.

Kommenterede [SBS39]: Tilføjet på baggrund af kommentar

Kommenterede [SBS40]: Tilføjet på baggrund af kommentar

Kommenterede [SBS41]: Opdateret på baggrund af kommentar

Kommenterede [SBS42]: Indsat på baggrund af kommentar

2. Indeholde en "base case" sstudy case uden aktive-Operational Scenarios eller Variations, som afspejler produktionsanlæggets påtænkte normaldriftsindstillinger.
3. Modeldannes i et enkelt grid, der indeholder samtlige statiske komponenter, samt Composite Models.
4. Modeldannes så den enkelte composite model (.ElmComp) indeholder samtlige relevante med en overordnet Composite mModel (.ElmComp), som indeholder samtlige:
 - a. Common models (.ElmDsl).
 - b. Anvendte målinger (.ElmPhi pll, .StaPmea, .StaVmea, .Stalmea etc.).
5. Have samtlige anvendte Block dDefinitions (.BlkDef) liggende i en separat mappe, som inddeles i tre forskellige undermapper:
 - a. Frames (indeholder signalforbindelser).
 - b. Macros (indeholder matematiske udtryk, uden grafisk repræsentation).
 - c. Model dDefinitions (indeholder både matematiske udtryk og signalforbindelser).
6. Have samtlige anvendte komponenttyper liggende i en separat mappe.

3.2.2.3 Modelleverancer

RMSPDT-modellen skal ved levering bestå af følgende:

- DlgSILENT PowerFactory simuleringsmodel i seneste udgave
 - o En funktional PDTRMS-simuleringsmodel⁵, som overholder krav fra Afsnit 3.2.2, skal leveres for produktionsanlægget forbundet til en simpel modelrepræsentation af det kollektive elforsyningssystem, f.eks. fx en Théveninækvivalent model.
- Brugervejledning med beskrivelse af:
 - o Modellernes strukturelle opbygning samt beskrivelser af simuleringsmodellernes parametring og gyldige randbetingelser i form af arbejds punkter og eventuelle restriktioner i relation til netforhold (kortslutningsforhold og R/X-forhold) i tilslutnings punktet og i fejlstedet i forbindelse med simulering af eksterne hændelser i det kollektive elforsyningssystem.
 - o De i simuleringsmodellen implementerede kontrol-, beskyttelses- og reguleringsfunktioner til brug ved evaluering af anlæggets egenskaber i tilslutnings punktet.
 - o Modelantagelser og anvendelse af RMSPDT-modellen.
 - o Modelbegrænsninger og alle de af produktionsanlæggets funktioner, der ikke er inkluderet i RMSPDT-modellen, som ville kunne antages at have betydning for produktionsanlæggets dynamiske egenskaber og performance.
 - o Den anvendte modelaggregerings-metode jf. kravene fra a-Afsnit 3.2.5.
 - o Hvorledes simuleringsmodellen kan integreres i en større net- og systemmodel, som anvendt af Energinet Systemansvar A/S Energinet.
 - o Opsætning og initialisering af simuleringsmodellen.
 - o Parametre for de enkelte modelkomponenter, herunder mætning, ulinearitet, dødbånd, tidsforsinkelser samt begrænserefunktioner (non-wind-up/anti wind-up) samt look-up tabeldata og anvendte principper for interpolation m.m.
 - o Simuleringens indgangs- og udgangssignaler, hvor dette som minimum skal omfatte følgende:
 - Aktiv effekt.
 - Reaktiv effekt.
 - Setpunkter for:
 - Aktiv effektregulering.
 - Effektfaktor-regulering (cos ϕ -regulering).
 - Q-regulering (Mvar-regulering).

⁵ I DlgSILENT PowerFactory kaldet RMS simulering.

- Spændingsregulering inklusive parametre for anvendt droop/komponering.
 - Frekvensregulering (statisk og dødbånd).
 - Systemværnindsigreb (slutværdi og gradient for regulering af aktiv effekt).
 - Signaler for aktivering af særlige reguleringsfunktioner i forbindelse med hændelser i det kollektive elforsyningsystem (f.eks. FRT aktivering).
 - Signal for aktivering af systemværn.
 - Styresignaler for eventuelle eksterne netkomponenter, fx STATCOMs eller energilagringseenheder m.m.
- Data for netkomponenter og øvrige dele, som indgår i anlægsinfrastrukturen. Data skal have et omfang og et detaljningsniveau, som muliggør opbygning af en komplet, fuldt funktionsdygtig simuleringsmodel, som krævet i Afsnit 2.
 - Verifikationsrapporter for PDT-modellen, som specificeret i Afsnit 4.

Verifikationsrapporter for RMS-modellen som indeholder sammenligning af DigSILENT PowerFactory modellens stationære og dynamiske respons med målinger foretaget på den virkelige forbrugsenhed. Dette omfatter ikke stationære harmoniske forhold, en verificering, som specificeret i Afsnit 4.

3.2.2.4 Nøjagtighedskrav til RMSPDT-simuleringsmodeller af asynkrone produktionsanlæg

RMSPDT-simuleringsmodellen skal repræsentere det asynkrone produktionsanlæggets stationære og dynamiske egenskaber i nettilslutningspunktet tilstrækkeligt nøjagtigt. Simuleringsmodellen skal således reagere tilstrækkeligt nøjagtigt i forhold til det fysiske anlægss stationære svar for et gyldigt stationært arbejds punkt og tilsvarende for det dynamiske svar i forbindelse med en setpunktændring eller en ekstern hændelse i det kollektive elforsyningsnet/elforsynings system. Anlægs ejeren skal, underlagt kravene i dette afsnit, gennem sammenligning af tests af produktionsanlægget og RMSPDT-simuleringsmodellen dokumentere dette.

Produktionsanlæggets dynamiske respons er inddelt i to kategorier, hvortil der er separate nøjagtighedskrav og krav til de udførte tests:

- 1) Produktionsanlæggets dynamiske respons på momentane spændingsændringer i tilslutningspunktet, uden for normaldriftsområdet i nettilslutningspunktet.
- 2) Produktionsanlæggets dynamiske respons ved ændring af dets stationære arbejds punkt.

Simuleringsmodellen må generelt ikke vise egenskaber, der ikke kan påvises for det fysiske produktionsanlæg.

Med henblik på design af anlæg og eftervisning af overholdelse af nettilslutningskrav vha. simuleringsmodeller, accepteres ingen tolerancer på simuleringsstudier. Tolerancer er forbeholdt måleusikkerheder og mindre uoverensstemmelser imellem det fysiske anlæg og hvad der er designet i et simuleringsmiljø.

Kommenterede [SBS43]: Tilføjet på baggrund af kommentar

Kommenterede [SBS44]: Tilføjet denne, så det er tydeligt det gælder fejl

Anlægssejeren skal sikre, at simuleringsmodellerne er verificeret med resultaterne af de påkrævede overensstemmelsesprøvnings [1] samt relevante test- og verifikationsstandarder [5,6] og fremsende den nødvendige dokumentation herfor.

Eftersom modelverifikationen omfatter produktionsanlæggets stationære og dynamiske egenskaber i forbindelse med eksterne hændelser i det kollektive elforsyningsnet/elforsyningssystem, og tilsvarende i forbindelse med setpunktændringer for anlæggets produktion af aktiv og reaktiv effekt, er det hensigtsmæssigt at definere nøjagtighedskrav og behandle verifikationsproceduren for disse forhold separat, som beskrevet i de efterfølgende afsnit.

3.2.2.4.1 Nøjagtighedskrav ved eksterne hændelser i det kollektive elforsyningsnet/elforsyningssystem momentane spændingsændringer i nettilslutningspunkt/tilslutningspunktet

Begrebet *eksterne hændelser* omfatter i denne sammenhæng momentane spændingsændringer målt i produktionsanlæggets nettilslutningspunkt/tilslutningspunkt forekommer, fx i forbindelse med kortslutning af en netkomponent eller i forbindelse med manuel kobling med en netkomponent i det kollektive elforsyningsnet/elforsyningssystem.

Verificering af nøjagtigheden, på RMS den dynamiske simuleringsmodellens repræsentation af produktionsanlæggets samlede dynamiske respons, på denne type hændelser, må oftest foretages som en afledt nøjagtighedsverifikation med hver enkelt type delanlæg. Det vil sige, at vs. nøjagtighedskravet til produktionsanlæggets samlede RMS dynamiske simuleringsmodel betragtes som værende opfyldt, såfremt RMS de dynamiske simuleringsmodellerne af hvert type delanlæg overholder samme nøjagtighedskrav.

Test og verifikation Validering af et delanlægs produktionsanlægs stationære og dynamiske egenskaber RMS simuleringsmodel i forbindelse med sådanne eksterne hændelser gennemføres typisk kun i sammenhæng med certificering og/eller typegodkendelse af det pågældende delanlæg. Denne type tests skal gennemføres og dokumenteres i henhold til definitioner og beskrivelser givet i [6]. produktionsanlæg. Disse standardtests gennemføres normalt for et enkeltanlæg, hvor en veldefineret spændingsprofil påtrykkes produktionsanlægget, typisk på højspændingssiden af den anvendte maskintransformer.

Det primære formål med disse standardtests er verifikation og certificering af produktionsanlæggets overholdelse af de påkrævede FRT egenskaber, herunder krav om levering af dynamisk spændingsstøtte (reaktiv tillægsstrøm I_{cr}) under fejlforløbet i henhold til den definerede karakteristik [1]. Resultaterne af disse standardtests anvendes ved den efterfølgende verifikation af de opstillede funktionskrav til, og nøjagtigheden af, den påkrævede simuleringsmodel.

De til modelverifikationen anvendte standardtests skal gennemføres og dokumenteres i henhold til definitioner og beskrivelser givet ved [6].

Modelverifikationen er baseret på evaluering af simuleringsmodellens statistiske nøjagtighed, hvor Nøjagtigheden fastlægges på baggrund af beregning af afvigelsen mellem modellens simulerede responsvar og den tilsvarende målte værdi, hvormed Afvigelsen defineres som: $X_E(t_n) = X_{sim}(t_n) - X_{målt}(t_n)$. Den beregnede afvigelse evalueres ved anvendelse af nedenstående statistiske størrelse/kriterier defineret i [6] afsnit 6.4.3.

- MXE - Den maksimale afvigelse (the maximum error).
- ME – Den gennemsnitlige afvigelse (the mean error).
- MAE – Den gennemsnitlige (absolutte) afvigelse (the mean absolute error).

Bilag 1 viser, hvilke af produktionsanlæggets elektriske signaler der er omfattet af ovenstående nøjagtighedskrav.

For at sikre en objektiv vurdering af simuleringsmodellens nøjagtighed skal følgende kvantitative krav være opfyldt for hver af de gennemførte standardtests, idet de for modellen beregnede afvigelser skal være mindre end eller lig med de i Tabel 2 angivne tilladelige afvigelser for hver af de i [6] definerede tidsperioder (pre-fault, fault og post-fault).

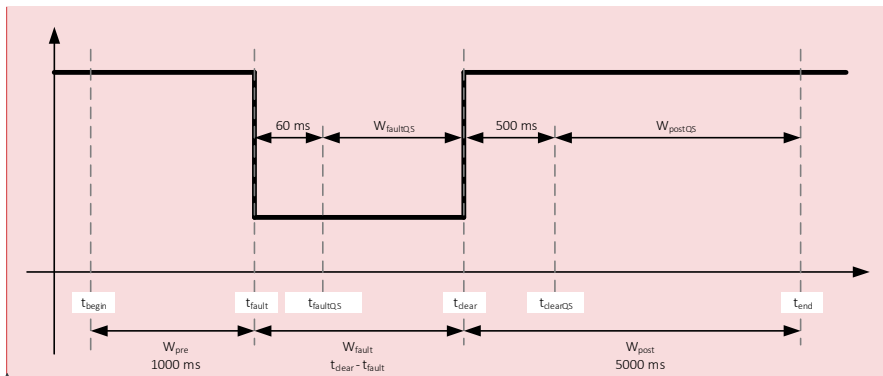
Nøjagtighedskrav til hver af disse størrelser, fastsættes i henhold til tidsvinduerne defineret i [6] afsnit 6.4.4, se Figur 1 (figuren viser spændingsfald, men gælder også spændingsstigning). Tidsvinduerne er:

- W_{pre} er tidsvinduet før spændingsændring (fra t_{begin} og indtil t_{fault}).
- W_{fault} er tidsvinduet under spændingsændringen (fra t_{fault} og indtil t_{clear}).
- W_{post} er tidsvinduet efter spændingsændringen (fra t_{clear} og indtil t_{end}).

Det samlede tidsvindue for spændingsændringen er afgrænset af t_{begin} og t_{end} , hvor disse er defineret som:

- t_{begin} er 1000 ms før t_{fault} .
- t_{end} er 5000 ms efter t_{clear} .

Hermed er nøjagtighedskrav i forbindelse med momentane spændingsændringer afgrænset til t_{end} , for verificering af nøjagtighed. Efter t_{end} er det kravene specificeret i afsnit 3.2.2.4.2, som er gældende.



Figur 1 – Tidsvindue for momentan spændingsændring if. [6]. Bemærk tiden fra t_{fault} til $t_{faultQS}$ er justeret.

Som vist på Figur 1 er der defineret yderligere to tidsvinduer, som dækker de quasi-stationære perioder efter $t_{faultQS}$ og $t_{clearQS}$. Disse tidsvinduer er:

- $W_{faultQS}$ ⁶ er perioden fra 60 ms efter t_{fault} ($t_{faultQS}$) og indtil t_{clear} .
- W_{postQS} er perioden fra 500 ms efter t_{clear} ($t_{clearQS}$) og indtil t_{end} .

⁶ Bemærk, definitionen af $W_{faultQS}$ er ændret i forhold til [6].

Kommenterede [SBS45]: Tekst stod før på Engelsk her.

Kommenterede [SBS46]: T_{fault} – T_{faultQS} ændret fra 140ms til 60ms.

Feltkode ændret

Kommenterede [SBS47]: Opdateret, som følge af ændringer til verificerings test.

Disse tidsvinduer anvendes for at kunne differentiere mellem krav til de transiente perioder efter t_{fault} og t_{clear} og så de efterfølgende quasi-stationære forløb. Dermed fastsættes tidsvinduerne, hvor hver af størrelserne (MXE, ME og MAE) beregnes for den dynamiske simuleringsmodel, som angivet i Tabel 2. Bemærk her, at Tabel 2 afviger fra specifikationen i [6], og at det er Tabel 2, som er gældende.

Periode	X_{MXE}	X_{ME}	X_{MAE}
Pre-fault	W_{pre}	W_{pre}	W_{pre}
Fault	W_{faultGS}	W_{fault}	W_{fault}
Post-fault	W_{postGS}	W_{post}	W_{post}

Tabel 2 – Tidsvinduer for beregning af afvigelse, for PDT-modeller.

Tabel 2 angiver de tilladelige tolerancer for hvert relevant signal, og hvert kriterie, i de definerede tidsperioder [6]. Tolerancerne er opgivet i per unit. For aktiv effekt og reaktiv effekt er basen produktionsanlæggets nominelle aktive effekt. For strømmens aktive og reaktive komponent er basen anlæggets nominelle strøm, jf. definitionen i [6].

De i Tabel 2 angivne tilladelige afvigelser for de specificerede elektriske signaler er angivet i forhold til produktionsanlæggets baseværdier i form af nominel aktiv effekt (gældende for evaluering af værdier for aktiv effekt og reaktiv effekt) samt nominel strøm (gældende for evaluering af værdier for aktiv strømkomponent og reaktiv strømkomponent), jf. definitionen i [6].

		Synkron- og inverskomponenter											
		Aktiv effekt			Reaktiv effekt			Strøm (aktiv komponent)			Strøm (reaktiv komponent)		
		MXE	ME	MAE	MXE	ME	MAE	MXE	ME	MAE	MXE	ME	MAE
Tilladelig afvigelse	Pre-fault	0,020	±0,020	0,020	0,020	±0,020	0,020	0,100	±0,050	0,050	0,100	±0,050	0,050
	Fault	0,150	±0,100	0,150	0,150	±0,100	0,150	0,200	±0,150	0,200	0,150	±0,100	0,150
	Post-fault	0,100	±0,050	0,050	0,100	±0,050	0,050	0,100	±0,050	0,050	0,100	±0,050	0,050

Kommenterede [SBS48]: Tolerancer for P og Q prefault er opdateret. Så overensstemmelse med afsnit 3.2.2.4.2

		Synkron- og inverskomponenter											
		Aktiv effekt			Reaktiv effekt			Strøm (aktiv komponent)			Strøm (reaktiv komponent)		
		MXE	ME	MAE	MXE	ME	MAE	MXE	ME	MAE	MXE	ME	MAE
Tilladelig afvigelse	Pre-fault	0,150	±0,100	0,120	0,150	±0,100	0,120	0,150	±0,100	0,120	0,150	±0,100	0,120
	Fault	0,170	±0,150	0,170	0,170	±0,150	0,170	0,500	±0,300	0,400	0,170	±0,150	0,170
	Post-fault	0,170	±0,150	0,170	0,170	±0,150	0,170	0,170	±0,150	0,170	0,170	±0,150	0,170

Tabel 3 – Nøjagtighedskrav - tilladelige afvigelser.

Nøjagtighedskravet til den påkrævede simuleringsmodel betragtes som værende opfyldt, såfremt samtlige af de definerede tolerancer i forhold til tilladelig afvigelse er opfyldte.

Nøjagtighedskravene specificeret i Tabel 3 gælder for både positive- og negativsekvens værdier i tilfælde af asymmetriske hændelser.

Simuleringsmodellen må generelt ikke vise egenskaber, der ikke kan påvises for det fysiske produktionsanlæg.

3.2.2.4.2 Nøjagtighedskrav i forbindelse med ændringer af produktionsanlæggets arbejds punkt

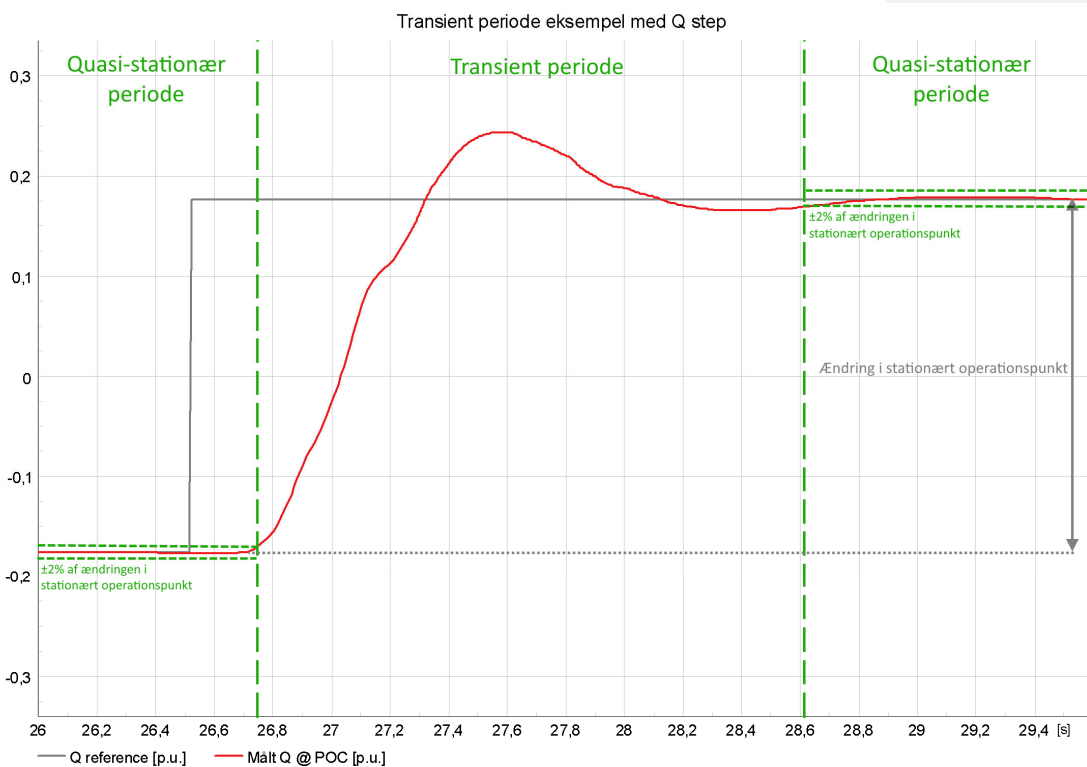
Begrebet ændringer af produktionsanlæggets arbejds punkt omfatter i denne sammenhæng ændringer af produktionsanlæggets stationære arbejds punkt, fx. Som eksempel:

- Manuelle setpunktændringer af aktiv eller reaktiv effekt-udveksling i nettilslutningspunkttilslutningspunktet.

- Returnering til stabilt arbejds punkt efter forstyrrelse af aktiv eller reaktiv effekt-udveksling i nettilslutningspunkttilslutningspunktet. F.eks. Fx ved udkobling af delanlæg.
- Automatisk ændring af anlæggets reaktive effekt setpunkt som følge af en ændring i spændingen i nettilslutningspunkttilslutningspunktet.
- Automatisk ændring af anlæggets aktive effekt setpunkt som følge af aktivering af FSM, LFSM-O eller LFSM-U.
- Returnering til stabilt arbejds punkt efter fejl og resulterende FRT-forløb.
- Ændring af anlæggets arbejds punkt som følge af en ændring i den tilrådelige effekt.

RMS Den dynamiske simuleringsmodelsten repræsentation af produktionsanlæggets dynamiske respons på ifm. regulering af ændring i dets arbejds punkt er underlagt følgende nøjagtighedskrav:

Regulering af produktionsanlæggets arbejds punkt Produktionsanlæggets respons er inddelt i to perioder. Den transiente periode og den quasi-stationære periode, se Figur 3 (Bilag 2). I den transiente periode foregår hovedparten af produktionsanlæggets regulering til det nye stationære operationspunkt. Den transiente periode begynder, første gang, at differencen mellem produktionsanlæggets responsregulering og den forrige stationære værdi overstiger $\pm 2\%$ af ændringen i det stationære operationspunkt. Den transiente periode slutter, når produktionsanlægget forbliver reguleret inden for $\pm 2\%$ af ændringen i stationært operationspunkt fra den endelige stationære værdi. Den del af responset, der ikke er i en transient-periode, er i en quasi-stationær periode.



Figur 2 – Eksempel på den transiente periode, som den skal defineres fra den målte respons (rød).

For signalerne aktiv og reaktiv -effekt-udveksling i nettilslutningspunktet gælder:

1) I den transiente periode skal den absolutte difference mellem produktionsanlæggets respons og RMSPDT-simuleringsmodellens korresponderende respons, til enhver tid være inden for den **mindst** restriktive af følgende tolerancer:

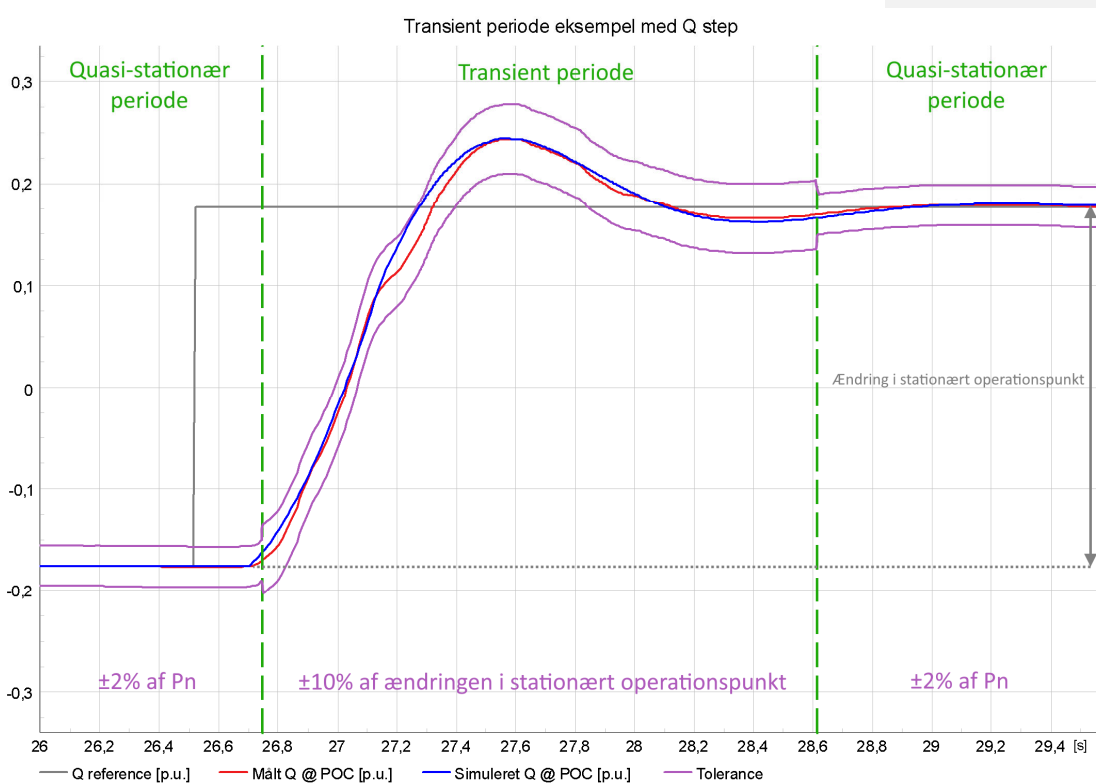
a) 10% af produktionsanlæggets ændring i stationærværdien.

— 2% af produktionsanlæggets nominelle effekt.

b)

2) I den quasi-stationære periode skal den absolutte difference mellem produktionsanlæggets respons og RMSPDT-simuleringsmodellens korresponderende respons være inden for en tolerance på 2% af produktionsanlæggets nominelle effekt.

Ovenstående nøjagtighedskrav er illustreret på Figur 4 (Bilag 2).



Figur 3 — Samme eksempel som i figur 2. Her med den simulerede respons overlæjet (blå) og tolerancerne påtegnet (lilla). Ændringen i det stationære operationspunkt er på 0,25 p.u., og derved bliver tolerancen i den transiente periode $\pm 0,025$ p.u.

Anlægssejeren skal planlægge, udføre og dokumentere en modelverificering på det specifikke anlæg for at dokumentere, at overstående nøjagtighedskrav er opfyldt.

— Reaktiv effekt udveksling i nettilslutningspunktet.

Begrebet *ændringer af produktionsanlæggets arbejdspunkt* omfatter i denne sammenhæng manuelle ændringer af produktionsanlæggets stationære arbejdspunkt, fx

i forbindelse med en setpunktændring for anlæggets produktion af aktiv effekt eller tilsvarende ændring af setpunktet for de øvrige påkrævede reguleringsfunktioner. Test og verifikation af et produktionsanlægs stationære og dynamiske egenskaber i forbindelse med sådanne setpunktændringer gennemføres typisk i sammenhæng med de påkrævede overensstemmelsesprøvninger [1].

Det primære formål med disse standardtests er verifikation af produktionsanlæggets overholdelse af de påkrævede stationære og dynamiske egenskaber i nettilslutningspunktet/tilslutningspunktet, herunder overholdelse af de definerede krav i forhold til fx reaktionstid og reguleringsgradienter, aktiveringsniveauer for regulerings- og begrænserfunktioner samt verifikation af produktionsanlæggets arbejdsområde m.m.

Resultaterne af disse standardtests anvendes ved den efterfølgende verifikation af de opstillede funktionskrav til, og nøjagtigheden af, den påkrævede simuleringsmodel.

De til modelverifikationen anvendte standardtests skal gennemføres og dokumenteres i henhold til definitioner og beskrivelser givet ved [6].

Som minimum skal følgende af simuleringsmodellens reguleringsfunktioner inkluderes i modelverifikationen:

- Aktiv effektregulering.
- Reaktiv effektregulering:
 - Effektfaktor regulering (cos ϕ regulering).
 - Q-regulering (Mvar regulering).
- Spændingsregulering (spændingsreferencepunkt i nettilslutningspunkt/tilslutningspunktet).
- Frekvensregulering (påkrævede reguleringsfunktioner).
- Systemværnindsigreb (slutværdi og gradient for nedregulering af aktiv effekt) — hvis pålagt.

Simuleringsmodellens nøjagtighed i forhold til de påkrævede reguleringsfunktioner skal verificeres på baggrund af beregning af afvigelsen i modellens simulerede svar i forhold til den tilsvarende målte værdi.

Bilag 1 viser, hvilke af produktionsanlæggets elektriske signaler der er omfattet af ovenstående nøjagtighedskrav.

For at sikre en objektiv vurdering af simuleringsmodellens nøjagtighed skal følgende kvantitative krav, som er gældende for produktionsanlæggets steprespons, jf. definitionen i [6], være opfyldt for hver af de gennemførte standardtests, idet de for modellen beregnede afvigelser skal være mindre end eller lig med de i Tabel 3 angivne tilladelige afvigelser.

	<u>Rise time</u>	<u>Reaction time</u>	<u>Settling time</u>	<u>Overshoot</u>	<u>Steady state</u>
	$X_E = X_{sim} - X_{m\ddot{a}lt}$	$X_E = X_{sim} - X_{m\ddot{a}lt}$	$X_E = X_{sim} - X_{m\ddot{a}lt}$	$X_E = X_{sim} - X_{m\ddot{a}lt}$	$X_E = X_{sim} - X_{m\ddot{a}lt}$
Tilladelig afvigelse	<50 ms	<50 ms	<100 ms	<15 %	<2 % af $P_{nominel}$

~~Tabel 3 Nøjagtighedskrav – tilladelige afvigelse~~

~~Nøjagtighedskravet til den påkrævede simuleringsmodel betragtes som værende opfyldt, såfremt samtlige af de definerede tolerancer i forhold til tilladelig afvigelse er opfyldte.~~

~~Simuleringsmodellen må generelt ikke vise egenskaber, der ikke kan påvises for det fysiske produktionsanlæg.~~

3.2.3 Krav til transient simuleringsmodel (EMT-model)

~~PSCAD-modellen~~ Den transiente simuleringsmodel leveret af anlægsejeren skal være en nøjagtig repræsentation af det samlede anlæg såvel som specifikke komponenter. ~~Modellen skal være testet mod fabriksgodkendelsestestdata imod feltdata efter midlertidig idriftsættelse.~~ Modellen skal indeholde anlægsspecifikke indstillinger og repræsentere anlæggets stationære og dynamiske egenskaber i tilslutningspunktet, gældende for det definerede normaldriftsområde [1] og under alle relevante netforhold, hvor produktionsanlægget skal kunne drives. Modellen skal være nøjagtig til at studere transienter på systemniveau, hvor frekvensområdet ~~kan være op til 2 kHz, være i størrelsesordenen få Hz til få kHz.~~ Anlægsejer skal levere en modelbrugervejledning, der beskriver forskellige modeldetaljer, inputparametre og outputparametre.

Kommenterede [SBS49]: Opdateret på baggrund af kommentar

Anlægsejer har til ansvar at levere en transient simuleringsmodel af produktionsanlægget til ~~den systemansvarlige virksomhed~~ Energinet Systemansvar A/S Energinet i henhold til ~~nedenstående~~ nedenstående specifikationer i afsnit 3.2.3.1, 3.2.3.2, 3.2.3.3 og 3.2.3.4.

Simuleringsmodellen skal kunne integreres i Energinets samlede net- og systemmodel uden at have en problematisk indvirkning på anvendelsen af denne. Modelkravene specificeret i følgende underafsnit har bl.a. til formål at forebygge dette, men såfremt simuleringsmodellen alligevel giver udfordringer ved integration ~~medi~~ Energinets samlede net- og systemmodel, er det anlægsejerens ansvar at finde en løsning på dette i samarbejde med Energinet. I praksis vil det foregå således, at modeller testes og godkendes inden tildeling af ION på baggrund af kravene i de følgende underafsnit. Efter udstedelse af ION vil Energinet teste simuleringsmodellens performance ved integration ~~medi~~ en større systemmodel, og eventuelle udfordringer skal håndteres, inden endelig modelgodkendelse kan gives, jf. krav til FON.

Simuleringsmodellen skal verificeres, som specificeret i Aafsnit 4.

3.2.3.1 Funktionelle ~~modelkrav~~ modelkrav

Den transiente simuleringsmodel skal kunne repræsentere produktionsanlæggets stationære og dynamiske egenskaber i forbindelse med setpunktsændringer for anlæggets produktion af aktiv og reaktiv effekt, herunder ændring af reguleringsform for dette, samt nedenstående eksterne hændelser, eller kombinationer af disse eksterne hændelser i det kollektive ~~elforsyningsnet~~ elforsyningsnet elforsyningsystem:

- ~~Fejl~~ Fejl set fra ~~nettilslutningspunkt~~ nettilslutningspunkt tilslutningspunktet i henhold til den påkrævede FRT-karakteristik [2], hvor en kortslutning her kan antage form som:
 - o En fase-jord kortslutning med en vilkårlig impedans i fejlstedet.
 - o En to-faset kortslutning uden eller med jordberøring med en vilkårlig impedans i fejlstedet.
 - o En trefaset kortslutning med en vilkårlig impedans i fejlstedet.
- Udkobling af, og mulig efterfølgende automatisk genindkobling af, en vilkårlig fejlramt netkomponent i det kollektive elforsyningsnet/elforsyningsystem, jf. ovenstående fejlforløb, og det afledte vektorspring i nettilslutningspunkt/tilslutningspunktet.
- Manuel ind- eller udkobling (uden forudgående fejl) af en vilkårlig netkomponent i det kollektive elforsyningsnet/elforsyningsystem og det afledte vektorspring i nettilslutningspunkt/tilslutningspunktet.
- Spændingsforstyrrelser og tenderende spændingskollaps med en varighed inden for den påkrævede minimumssimuleringsstid, jf. nedenstående, og som minimum inden for indsvingingsforløbet for produktionsanlæggets overgang til en ny stationær tilstand.

Kommenterede [SBS50]: Generatornære slettet på baggrund af kommentar

- Frekvensforstyrrelser med en varighed inden for den påkrævede minimumssimuleringstid, if. nedenstående, og som minimum inden for indsvingningsforløbet for produktionsanlæggets overgang til en ny stationær tilstand.
- Aktivering af et pålagt systemværn (via et eksternt signal) til hurtig regulering af produktionsanlæggets aktive effektproduktion i henhold til en foruddefineret slutværdi og gradient.

1. Den leverede transiente simuleringmodel skal overholde følgende:

1. ~~Det er anlægsejerens ansvar at sikre, at den leverede EMT-model indeholder alle relevante regulerings-, kontrol og beskyttelsesfunktioner. Dette inkluderer f.eks. fx:~~

a. ~~En fuld repræsentation af de indre og ydre reguleringsløjfer for effektelektronik-baserede anlæg, herunder bl.a. spændingskontrol, phase-locked loop, fault ride-through-logik, dæmpningskontrol, begrænserfunktioner. Dette gælder også alle relevante fysiske, elektriske og mekaniske komponenter som f.eks. fx filtre, transformere, shunt-komponenter, gearbox, pitch controller, generatorer, DC-link chopper mm.~~

a. ~~_____~~

b. ~~En fuld repræsentation af plant-level regulering, herunder Power Plant Controller parkregulatoren (PPC), som inkluderer tidsforsinkelser, transition til og fra fault ride-through modes mm.~~

b. ~~_____~~

c. ~~Samtlige påkrævede reguleringsfunktioner [1].~~

d. ~~Modellen skal omfatte alle kontrol- og beskyttelsesfunktioner på anlægsniveau og in-~~
~~verterenkeltniveau, som implementeret i det faktiske udstyr, heriblandt~~

i. ~~Indstillinger for spændings- og frekvensbeskyttelse,~~

ii. ~~Fault ride-through-aktiverings og deaktiverings-indstillinger,~~

iii. ~~Indstillinger for injektion af aktive og reaktive strømme under en fejl.~~

~~2.1. Simuleringstidspunkt for påbegyndelse af EMT-modellens injektion af tilsyneladende effekt skal kunne indstilles af brugeren.~~

~~1. Simuleringstidspunkt for aktivering af produktionsanlæggets beskyttelsessystemer i EMT-modellen skal kunne indstilles af brugeren.~~

- ~~For produktionsenheder med en nettilsluttet konverter skal anlægsejer i deres EMT-model repræsentere konverterens skiftedynamikker enten på transistor-niveau eller som en styret spændingskilde-/strømkilde-approximation ('average' model). Såfremt modellen er baseret på en 'average' model-repræsentation, skal anlægsejer verificere, at kontrol- og beskyttelsesfunktionaliteterne ikke er forenklede, og modellen er velegnet til dynamisk responsanalyse i området fra Hz-kHz. Ved brug af average model skal denne lave et gennemsnit med skiftefrekvensen for anlæggets dynamikker, således at hurtige reguleringsløjfer bevares, og det udelukkende er skiftedynamikken og eventuel pulsbreddemodulation, der udelades. Denne average model-repræsentation skal stadig kunne korrekt repræsentere de dynamikker, der er imellem DC-siden og AC-siden af anlægget (f.eks. fx DC-link-dynamik, vindmøllers mekaniske dynamik eller solcellers dynamik), hvilket skal dokumenteres af anlægsejer.~~

2. ~~_____~~

3. ~~Modellen skal kunne initialiseres på maksimalt 3 sekunders simuleringstid. Ydermere skal det være muligt at specificere ved hvilket simuleringstidspunkt modellen påbegynder initialisering.~~

4. ~~Simuleringstidspunkt for påbegyndelse af EMT-modellens injektion af tilsyneladende effekt skal kunne indstilles af brugeren.~~

3. ~~Simuleringstidspunkt for aktivering af produktionsanlæggets beskyttelsessystemer i EMT-modellen skal kunne indstilles af brugeren.~~

5. ~~_____~~

Kommenterede [SBS51]: Rettet på baggrund af kommentar

- ~~4. Som minimum kunne benyttes i frekvensområdet fra 47,5 Hz til 51,5 Hz og i spændingsområdet fra 0,0 pu til 1,4 pu.~~
6. Kunne beskrive produktionsanlæggets dynamiske egenskaber i mindst 60 sekunder efter enhver af ovenstående setpunktsændringer og eksterne hændelser i det kollektive elforsynings-system.
7. Være numerisk stabil ved gennemførelse af en simulering på minimum 60 sekunder uden påtrykning af et hændelsesforløb eller ændring af randbetingelser, hvor de simulerede værdier for aktiv effekt, reaktiv effekt, spænding og frekvens skal forblive konstante under hele simulationsforløbet.
- ~~5.~~
- ~~6-8.~~ EMT-modellen skal repræsentere alle komponenter, reguleringssystemer og beskyttelsessystemer relevante for EMT-analyser, herunder også det samlede anlægs parkregulator.
- ~~7-9.~~ Netkomponenter og øvrige dele, som indgår i anlægsinfrastrukturen, skal implementeres i EMT-modellen i et omfang og et detaljeringniveau, der er gyldig for EMT-studier. Dette inkluderer opsamlingskabler, transformere, filtre m.m. Omfanget af leverancen godkendes af ~~den systemansvarlige virksomhed~~ Energinet Systemansvar A/S Energinet. Hvis kabler er modelleret med PI-sektioner, skal deres frekvensafhængige karakteristikker valideres mod geometriske modeller.
10. For produktionsenheder med mekanisk drivtog skal EMT-modellen indeholde en mekanisk svingningsmassemodel for produktionsanlæggets drivtog inklusive dokumentation af inertikonstanter, egenfrekvenser samt fjeder- og dæmpningskonstanter, såfremt dette er relevant for repræsentationen af produktionsanlæggets stationære og dynamiske egenskaber.
- ~~— Som minimum kunne benyttes i frekvensområdet fra 47,5 Hz til 51,5 Hz og i spændingsområdet fra 0,0 pu til 1,4 pu.~~
- ~~8.~~
- 9-11. EMT-modellen skal repræsentere ~~produktionsenhedens produktionsanlæggets~~ FRT-egenskaber [21].
- ~~10-12.~~ Hvis produktionsanlægget har særlige funktioner, som eksempel et reguleringsregime for særligt svagt net, skal disse funktioner inkluderes i EMT-modellen. En relevant modelteknisk beskrivelse af de særlige funktioner og disses begrænsninger skal inkluderes i EMT-modellens brugervejledning.
- ~~11-13.~~ Modellen skal være gyldig for stationære driftsforhold.
14. EMT-modellen skal være anvendelig for EMT-simuleringer af balancerede samt ubalancerede fejl og afbrydelse af produktionsanlæggets forbindelse til det kollektive ~~elforsyningsnet~~ elforsyningsnet ~~elforsyningsnet~~ elforsyningsnet ~~elforsyningsnet~~ elforsyningsnet.
15. For produktionsanlæg med varierende primær energikilde, skal det være muligt at justere på den tilgængelige effekt, også under simulering.
- ~~12-16.~~ Såfremt produktionsanlægget indeholder eksterne komponenter, fx af hensyn til overholdelse af nettilslutningskravene eller til levering af kommercielle systemydelse, skal simulationsmodellen indeholde den nødvendige repræsentation af disse komponenter, som krævet i Afsnit 2.

3.2.3.2 Modelformat

- ~~1. EMT modellen skal udvikles og leveres til i PSCAD/EMTDC og være kompatibel med PSCAD version 4.6.3 og nyere i softwareversionen fastsat af den systemansvarlige virksomhed.~~
1. EMT-modellen skal udvikles og leveres i PSCAD/EMTDC og være kompatibel med PSCAD-version som aftales med Energinet.

Kommenterede [SBS52]: Omskrevet fra at nævne specifik version til dette. I praksis samme krav. Tanken er vi nævner versioner i vejledning

2. Hvis produktionsanlægget består af flere identiske produktionsenheder, skal EMT-modellen aggregeres som beskrevet i Afsnit 3.2.5. Den aggregerede model skal være skalerbar ved hjælp af en indbygget funktion eller ved hjælp af en ekstern PSCAD 'skalerings'-komponent.
- 2-3. For hybride anlæg bestående af flere forskellige typer af produktionsenheder skal EMT-modellen korrekt repræsentere hver af disse typer.
4. Interval for simuleringstidsskridt, hvor EMT-modellen skal kunne anvendes, skal aftales med Energinet. For anlæg med meget høj skiftefrekvens foretrækker Energinet anvendelse af 'average' model, som beskrevet i 3.2.3.1 punkt 2, med et tidsskridt på 10 mikrosekunder. Hvis anlægsejer ønsker at anvende et andet tidsskridt end 10 mikrosekunder, skal dette godkendes af systemoperatøren.
5. EMT-modellen skal valideres for simuleringer ved forskellige simuleringstidsskridt. Modellen skal give tilnærmelsesvis samme resultater ved transiente simuleringer med ethvert simuleringstidsskridt i det gyldige interval. Modellen skal, via få tests, valideres for simuleringer ved forskellige simuleringstidsskridt.
- Højeste mulige tidsskridt skal angives i brugervejledningen.
- 3-6. EMT-modellen skal kunne optræde funktionelt flere gange i samme PSCAD-simuleringsfil, uden at dette leder til, at væsentlige ændringer skal foretages. Derfor skal EMT-modellen kunne indgå som adskillige "definitions" eller adskillige "instances". Hvis modellen indeholder et alternativ til brug af adskillige "definition" eller "instance", skal dette beskrives i brugervejledningen.
7. EMT-modellen skal understøtte brug af PSCAD/EMTDCs "snapshot"-funktion. Det påkræves, at modellen viser samme svar med og uden brug af snapshot-funktionen.
- 4-8. EMT-modellen skal understøtte brug af PSCAD/EMTDCs "multiple run"-funktion.
5. Alle for EMT-analyser relevante funktionsindstillinger i produktionsanlæggets reguleringssystem, der kan ændres enten lokalt eller ved fjernkontrol, skal være tilgængelige parametre i simuleringmodellen. Omfanget af leverancen godkendes af den systemansvarlige virksomhed Energinet Systemansvar A/S.
9. Alle relevante setpunkter og indstillinger på det virkelige anlæg, der kan ændres enten lokalt eller ved fjernkontrol, skal være tilgængelige i den transiente simuleringmodel. Hvert enkelt input må ikke kræve justering mere end ét sted og skal kunne justeres både før og under dynamisk simulering, herunder:
- a. Aktiv effektregulering.
 - b. Effektfaktor-regulering (cos ϕ -regulering).
 - c. Q-regulering (Mvar-regulering).
 - d. Spændingsregulering (inklusive parametre for droop/kompondering).
 - e. Frekvensregulering (statik og dødbånd).
10. Yderligere skal alle setpunkter og indstillinger angives med fortegn i henhold til generator-konvention [5].
11. Setpunkter for aktiv effekt, reaktiv effekt og spænding skal angives i per unit, i henhold til produktionsanlæggets nominelle aktive effekt og spænding i tilslutningspunktet.
12. Setpunkt for effektfaktor-regulering skal angives ved cos ϕ og separat input, som indikerer induktiv eller kapacitiv reaktiv effekt udveksling.
- 6-13. Det skal være muligt at skifte mellem samtlige påkrævede reguleringsfunktioner for aktiv og reaktiv effekt både før og under dynamisk simulering, såfremt dette kan gøres under drift på det virkelige anlæg.
14. Alle elektriske, mekaniske, regulerings og beskyttelsessignaler relevante for EMT-analyser af det kollektive elforsyningsnetforsyningssystem skal være tilgængelige i EMT-modellen. Omfanget af leverancen godkendes af Energinet. Særligt fremhæves herunder:

Kommenterede [SBS53]: Ændret på baggrund af kommentar

Kommenterede [SBS54]: Tilføjet på baggrund af kommentar

Kommenterede [SBS55]: Punkt 9 og 10 sammenskrevet, grundet stort overlap: Gammel 9) Alle for EMT-analyser relevante funktionsindstillinger i produktionsanlæggets reguleringssystem, der kan ændres enten lokalt eller ved fjernkontrol, skal være tilgængelige parametre i simuleringmodellen. Omfanget af leverancen godkendes af Energinet.

Kommenterede [SBS56]: Opdateret på baggrund af kommentar

Kommenterede [SBS57]: Indsat på baggrund af kommentar

a. Signaler for aktivering af særlige reguleringsfunktioner i forbindelse med hændelser i det kollektive elforsyningssystem (f.eks. FRT-aktivering).

b. Signal for aktivering af systemværn.

c. Den interne kontrols reference for måling af spændinger og strømme i dq-domænet (V_d/V_q og I_d/I_q) for anlæg-effektelektronik-baserede anlæg med PLL-funktion. Omfanget af leverancen godkendes af den systemansvarlige virksomhed Energinet Systemansvar A/S.

d. PLL udgangssignal, for anlæg som anvender phase-locked-loop (PLL) til synkronisering.

— EMT-modellen må indeholde prækompilerede og krypterede dele. EMT-modellens kompilerede krypterede dele skal være DLL-baseret. EMT-modellen skal være kompatibel med systemoperatørens Energinets simuleringsmiljø, hvor kompilering-indstillinger (version og kompatibelt versionsinterval af Intel Fortran og MS Visual Studio) aftales mellem anlægsejer og systemoperatøren Energinet.

7.15. EMT-modellen må indeholde prækompilerede og krypterede dele. EMT-modellen skal være DLL-baseret og kunne benyttes med Intel Fortran fra version 12 til og med senest udgivne på datoen for kontraktunderskrivning mellem anlægsejer og producenten af produktionsenheden. Afhængighed af PSCAD versionsopdatering accepteres, under forudsætning af at EMT-modellen benytter standardkomponenter, der er tilgængelige for brugeren.

16. EMT-modellen må ikke bruge eller være afhængig af global variable i PSCAD.

8-17. EMT-modellen må ikke gøre brug af flere lag i PSCAD-værktøjet, inklusiv "disabled" lag.

Kommenterede [SBS58]: Tilføjet på baggrund af kommentar

3.2.3.3 Modelleverancer

EMT-modellen skal ved levering bestå af følgende:

- PSCAD/EMTDC-simuleringsmodel, ~~version~~ efter aftale med ~~den systemansvarlige virksomhed Energinet Systemansvar A/S Energinet~~.
 - ~~En funktional PSCAD-simuleringsmodel, der overholder krav fra a-Afsnit 3.2.3, skal leveres for produktionsanlægget forbundet til en simpel modelrepræsentation af det kollektive elforsyningsnet/elforsyningssystem, f.eks. fx en Théveninækvivalent model.~~
 - ~~Identificer tydeligt producentens EMT-modeludgivelsesversion og den relevante tilhørende hardware-firmwareversion.~~
 -
- Brugervejledning med beskrivelse af:
 - modellernes strukturelle opbygning samt beskrivelser af simuleringsmodellernes parametring og gyldige randbetingelser i form af arbejdspunkter og eventuelle restriktioner i relation til netforhold (kortslutningsforhold og R/X-forhold) i tilslutningspunktet og i feilstedet i forbindelse med simulering af eksterne hændelser i det kollektive elforsyningssystem.
 - ~~Brugervejledning med beskrivelse af modelbegrænsninger.~~
 - ~~Brugervejledningen skal beskrive modelantagelser og anvendelse af EMT-modellen.~~
 - ~~En detaljeret beskrivelse af modelbegrænsninger skal leveres, med beskrivelse af alle modelbegrænsninger og alle de af produktionsanlæggets funktioner, der ikke er inkluderet i EMT-modellen, som ville kunne antages at have betydning for produktionsanlæggets transiente elektriske egenskaber og performance.~~
 - ~~den anvendte modelaggregering, jf. kravene fra a-Afsnit 3.2.5.~~
 - ~~hvorledes simuleringsmodellen kan integreres i en større net- og systemmodel, som anvendt af Energinet Systemansvar A/S Energinet.~~
 - ~~højeste mulige tidsskridt.~~
 - ~~hvor mange "definitions" og "instances", der kan oprettes af modellen.~~
 - ~~opsætning og initialisering af simuleringsmodellen.~~
 - ~~Ptilhørende parametre for de enkelte modelkomponenter, herunder mætning, ulinearitet, dødbånd, tidsforsinkelser samt begrænserfunktioner (non-wind-up/anti wind-up) samt look-up tabeldata og anvendte principper for interpolation m.m.~~
 - simuleringsmodellens indgangs- og udgangssignaler, hvor dette som minimum skal omfatte følgende:
 - Aktiv effekt.
 - Reaktiv effekt.
 -
 - Setpunkter for:
 - Aktiv effektregulering.
 - Effektfaktor-regulering (cos ϕ -regulering).
 - Q-regulering (Mvar-regulering).
 - Spændingsregulering inklusive parametre for anvendt droop/kompondering.
 - Frekvensregulering (statik og dødbånd).
 - Systemværnindgreb (slutværdi og gradient for regulering af aktiv effekt).

- Signaler for aktivering af særlige reguleringsfunktioner i forbindelse med hændelser i det kollektive elforsyningssystem (f.eks. FRT-aktivering).
- Signal for aktivering af systemværn.
- Styresignaler for eventuelle eksterne netkomponenter, fx STATCOMs eller energilagringenheder m.m.
-
- Data for netkomponenter og øvrige dele, som indgår i anlægsinfrastrukturen. Data skal have et omfang og et detaljeringsniveau, som muliggør opbygning af en komplet, fuldt funktionsdygtig simuleringsmodel, som krævet i Afsnit 2.
-
- Verifikationsrapporter for EMT-modellen som indeholder:
 - en sammenligning af EMT modellens stationære og dynamiske respons med målinger foretaget på den virkelige forbrugsenhed.
 - en verificering, som specificeret i Afsnit 4.

Kommenterede [SBS59]: Tilføjet på baggrund af kommentar

3.2.3.4 Nøjagtighedskrav

Nøjagtigheden af den påkrævede transiente simuleringsmodel fastlægges på samme måde som for den dynamiske simuleringsmodel (RMSPDT-model), jf. afsnit 3.2.2.4.3.2.1.1, ved anvendelse af passende filtrering til beregning af grundtonekomponenten af målte og simulerede værdier. Metoden anvendt til filtrering aftales mellem anlægsejer og den systemansvarlige virksomhed Energinet Systemansvar A/S Energinet. Nøjagtighedskravet til den transiente simuleringsmodel og den anvendte evalueringsmetode er ~~dermed~~ identisk med krav for den påkrævede dynamiske simuleringsmodel, dog med undtagelse af nedenstående punkter.

Kommenterede [SBS60]: Afsnit er omskrevet / bedre formuleret. Krav uændret.

Tidsvinduerne for hvilke størrelserne (MXE, ME og MAE) beregnes, jf. krav til momentane spændingsændringer er forskellige i forhold til afsnit 3.2.2.4.1. For den transiente simuleringsmodel skal størrelserne beregnes som angivet i Tabel 4.

Periode	X _{MXE}	X _{ME}	X _{MAE}
Pre-fault	W _{pre}	W _{pre}	W _{pre}
Fault	W _{fault}	W _{fault}	W _{fault}
Post-fault	W _{post}	W _{post}	W _{post}

Tabel 4 – Tidsvinduer for beregning af afvigelse, for EMT-modeller.

I forbindelse med verificering af enkeltanlæg jf. afsnit 4.3.3 gælder yderligere:

- For asynkron anlæg, som er nettilsluttet via en konverter, gælder nøjagtighedskravene til aktiv- og reaktiv strøm-komponent også for den interne kontrols omregning af måleværdier til dq-domænet (I_d og I_q), n -Når relevant for både positiv- og negativsekvens.
- Sammenligning af øjebliksværdier for strøm og spænding anvendes til verificering af simuleringens nøjagtighed i forbindelse med de transiente forløb ved spændingsændringer. Sammenligning af øjebliksværdier er ikke underlagt kvantitative nøjagtighedskrav, men verificering er baseret på en visuel inspektion og ingeniørfaglig vurdering. Ved vurdering af øjebliksværdierne er fokus på amplitude og oscillationsfrekvens før, under og efter spændingsforstyrrelsen, antallet af perioder for at opnå ny steady state, fase-asymmetri samt størrelsen af et eventuelt fasehop. Resultat og omfang er beskrevet i afsnit 4.3.3.

Der kan afviges fra sammenligning af I_a og I_b , så frem der kan redegøres for anden metode som sikre tilsvarende kontrol af nøjagtighed.

+ eventuelt

3.2.4 Krav til harmonisk simuleringsmodel

3.2.4.1 Funktionelle modelkrav

Simuleringsmodellen for det samlede produktionsanlæg skal repræsentere anlæggets emission af harmoniske overtoner og passive harmoniske respons (harmoniske impedans) i tilslutningspunktet, gældende for det definerede normaldriftsområde [1] og under alle relevante stationære netforhold, hvor produktionsanlægget skal kunne drives.

Enkeltanlægsmodel skal leveres som en Théveninækvivalent repræsentativ for produktionsanlæggets emission af heltals-harmoniske, angivet som RMS-spændinger, samt anlæggets passive respons i frekvensområdet 50 Hz til 2500 Hz. Modellen skal indeholde de relevante synkron-, invers- og nul-sekvensimpedanser i det specificerede frekvensområde med frekvensopløsningen på 1 Hz.

Hvis anlægget består af flere produktionsanlæg, skal der foruden enkeltanlægsmodellen leveres en aggregeret simuleringsmodel repræsentativ for den samlede emission samt det samlede passive harmoniske respons i tilslutningspunktet. Krav til frekvensområde og opløsning er identisk med enkeltanlægsmodellen.

Hvis produktionsanlæggets emission eller impedanser er afhængige af anlæggets arbejds punkt, skal modellen leveres ved tre effektområder ved nominel spænding og nul reaktiv effekt; $P = 0,0$ pu, $P = 0,5$ pu og $P = 1,0$ pu. Derudover skal det beskrives, hvordan reaktiv effekt påvirker den harmoniske emission og impedans. Desuden skal anlægsejeren levere en model opsat med højeste emission per harmoniske; hvor dette er gældende både for den aggregerede samt enkeltanlægsmodellen. Det er anlægsejerens ansvar at dokumentere afhængighed af arbejds punkt samt at sikre korrekt implementering i modellerne.

Det er anlægsejerens ansvar at specificere en metode for summering af emission fra flere produktionsanlæg. Dette kan enten gøres ved at specificere krav til fastsættelse af vinklen på Théveninsspændingen for hver harmonisk frekvens givet specifikt for hvert produktionsanlæg. Alternativt benyttes en summeringslov, som eksempelvis angivet i [7]. Benyttes en summeringslov, skal α -koefficienterne fastsættes af anlægsejeren. Der skal redegøres for valg af α -koefficienterne for alle harmoniske. Det er for begge metoder anlægsejerens ansvar at redegøre for, at den anvendte metode giver et korrekt respons for produktionsanlæggets samlede emission.

Data for netkomponenter og øvrige dele, som indgår i anlægsinfrastrukturen, skal have et omfang og et detaljeringniveau, som muliggør opbygning af en komplet frekvensafhængig simuleringsmodel i frekvensområdet 50 Hz til 2500 Hz. Dette inkluderer opsamlingskabler, transformere, filtre mm. Omfanget af leverancen godkendes af [Energinet Systemansvar A/S Energinet](#).

3.2.4.2 Modelformat

Den harmoniske enkeltanlægsmodel og aggregeret simuleringsmodel opsat til højeste emission per harmoniske orden skal leveres enten som tabellata i EXCEL eller som DigSILENT PowerFactory model, i PowerFactory version, som aftales med [Energinet Systemansvar A/S Energinet](#). En fulddetaljeret harmonisk model kan udgøre leverance af data for netkomponenter og øvrige dele. En fulddetaljeret harmonisk model skal i så fald leveres i DigSILENT PowerFactory.

Harmoniske emissioner og/eller impedanser, der angiver anlæggets afhængighed af arbejds punkt skal leveres som tabeldata i EXCEL. Hertil skal relevante data, der muliggør opbygning af en komplet frekvensafhængig simuleringsmodel, leveres i EXCEL. Dette omfatter bl.a. elektriske data for anlægskomponenter og kabellængder internt i anlægget.

3.2.4.3 Modelleverancer

Leverance af den harmoniske simuleringsmodel skal indeholde:

- Harmonisk enkeltanlægsmodel opsat med højeste emission per harmoniske orden.
- Harmonisk aggregeret simuleringsmodel opsat med højeste emission per harmoniske orden.

- Teknisk dokumentation og data for
 - o Relevante synkron-, invers- og nul-sekvensimpedanser i frekvensområdet 50 Hz til 2500 Hz med frekvensopløsningen på 1 Hz.
 - o Dokumentation for produktionsanlæggets emission og/eller impedansers afhængighed af anlæggets arbejds punkt.
 - o Netkomponenter og øvrige dele af anlægsinfrastrukturen i omfang og detaljeringsniveau, som muliggør opbygning af en komplet frekvensafhængig simuleringsmodel.

- Modelvejledning med beskrivelse af
 - o Modelantagelser og opbygning.
 - o Metode for summering af emission fra flere produktionsanlæg.
 - o Den anvendte modelaggregering og overensstemmelse af denne med komplet harmonisk simuleringsmodel.

3.2.4.23.2.4.4 Nøjagtighedskrav

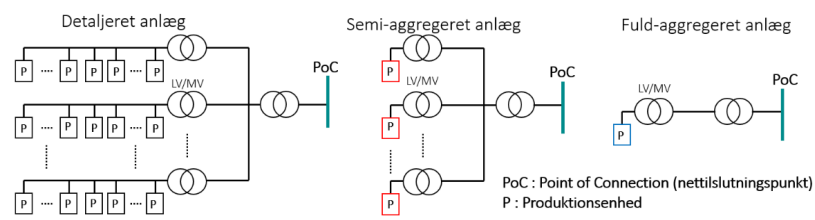
Metoden anvendt til opstilling af modellen for den enkelte produktionsenhed skal specificeres og godkendes af Energinet Systemansvar A/S Energinet. Bestemmes modelparametre ved måling, skal en målerapport vedlægges som dokumentation. Desuden skal der redegøres for, hvordan modelparametre fastsættes ud fra målerapportens resultater. Fastsættes modelparametre ved beregning eller simulering, skal metoden anvendt specificeres, samt eksempler på resultatbehandling for udledning af modelparametre gives.

3.2.5 Aggregering af modeller for produktionsanlæg

Produktionsanlægget kan bestå af adskillige mindre enheder, som til-sammen udgør mærkeeffekten af produktionen i tilslutningspunktet. For analyser i det kollektive elforsyningssystem implementerer systemoperatøren en fuld-aggregeret eller semi-aggregeret model af anlægget afhængig af anlæggets interne komponenter, symmetri set fra tilslutningspunktet, den elektriske afstand imellem tilslutningspunktet og interne komponenter og enheder mm.

Anlægssejer har til ansvar at levere aggregerede simuleringsmodeller af produktionsanlægget til Energinet i henhold til nedenstående specifikation:

- Krav om model aggregering gælder for de krævede stationære, dynamiske og transiente modeller.
- Det er anlægssejers ansvar at sikre, at den aggregerede dynamiske model er en retvisende repræsentation for det samlede produktionsanlæg i tilslutningspunktet, både under statiske og dynamiske forhold, jf. de krav der er nedsat for stationære, dynamiske og transiente modeller i Afsnit 3.2.1, 3.2.2, 3.2.3.
- Anlægssejer skal i brugervejledningen for modellen inkludere
 - o beskrivelser af de anvendte principper for aggregering samt eventuelle begrænsninger for anvendelsen af dette. Simuleringsmodellens parametring skal indeholde komplette datasæt for enkeltanlæg og det aggregerede anlæg.
 - o et verifikationsafsnit, der dokumenterer, at den fuld-aggregerede model er repræsentativ for en detaljeret repræsentation af anlægget. Hvorvidt dette gøres gennem en sammenligning af den fuld-aggregerede model med en detaljeret repræsentation af anlægget eller gennem analytiske tiltag, aftales imellem anlægssejer og systemoperatøren.
 - o en beskrivelse af det fulde park-layout.
- For de statiske og dynamiske RMSPDT-simuleringsmodeller accepteres kun en fuld-aggregeret model af anlægget.
- For den transiente EMT-simuleringsmodel, accepteres en semi-aggregeret model af anlægget, såfremt anlægssejer kan påvise at en fuld-aggregeret model ikke er tilstrækkelig for retvisende at bevare anlæggets dynamiske og transiente egenskaber.
- Ved hybride anlæg med flere forskellige typer af produktionsenheder, skal der foretages en fuld-aggregering af hver enhedstype for sig. Dette gælder både for RMSPDT- og EMT-modeller.



Figur 2 - Eksemplificeret ~~et~~ ~~stred~~ ~~diagram~~ ~~men~~ ~~stred~~ ~~diagram~~, der visualiserer forskellige aggregeringsniveauer omtalt i nærværende dokument.

3.2.5

4. Verifikation af simuleringmodel

Anlægssejeren skal sikre, at simuleringmodellerne er verificeret [1]. Anlægssejeren er ansvarlig for al udførelse af test til modelverifikation, herunder fremskaffelse af nødvendigt måleudstyr, dataloggere og personel. Anlægssejeren er desuden ansvarlig for gennemførelse og dokumentation af den påkrævede modelverifikation, herunder dokumentation af overholdelse af de definerede nøjagtighedskrav til simuleringmodellen.

Omfanget af modelverifikationen fastlægges i samarbejde med Energinet, efter oplæg fra anlægssejeren.

4.1 Dokumentationskrav

Anlægssejeren skal dokumentere verifikationen af simuleringmodeller for produktionsanlægget i form af rapporter i henhold til test-procedure fastsat i afsnit 4.2 og/eller 4.3. Måleresultater sammenholdes med de tilsvarende simulerede resultater, og simuleringmodellens nøjagtighed dokumenteres. Modelverifikationsproceduren betragtes først som afsluttet, når Energinet har godkendt de af anlægssejeren fremsendte modelverifikationsrapporter.

Rapporter for modelverifikation skal indeholde:

1. Beskrivelser af de udførte tests, herunder eksempelvis:
 - a. Randbetingelser.
 - b. Størrelse på sætpunktsændring eller fejl-karakteristik.
 - c. Aktiv effekt setpunkt ved start.
 - d. Reaktiv effekt setpunkt ved start.
 - e. Anvendt net-ækvivalent (impedans) og systemstyrke (SCR).
 - f. Relevante anlægsindstillinger såsom droops, eller FRT K-faktor.
2. Beskrivelser af hvert datasæt, herunder det anvendte måleudstyr og den efterfølgende data-behandling (herunder evt. efterfølgende tidsforskydning).
3. Tabel der sammenholder med signalnavne for målte værdier med tilsvarende signalnavne i simuleringmodellen.
4. Tidsserie-resultater for både måling og simulering skal vises grafisk.
 - a. Beide resultatsæt for en given test og signal, skal vises i samme graf.
 - b. Grafer skal have et format, som gør det således, det er muligt visuelt at inspicere modellens nøjagtighed både under steady state-konditioner og dynamiske forløb (som f.eks. fx sætpunkts-ændring eller ved fejl-begyndelse og -bortkobling).
5. Nøjagtighedskrav til de udførte tests.
6. Beregning af afvigelsen mellem måling og simulering skal dokumenteres i passende tabeller og grafer i henhold til de givne randbetingelser og parametre til vurdering af nøjagtighed.
7. Redegørelse (årsag) for afvigelser mellem måling og simulering, som overskrider de fastsatte nøjagtighedskrav, eller som indikerer forskelle i dynamisk respons. Det er ikke acceptabelt blot at postulere en årsag. Redegørelsen skal underbygges af måledata, evt. med signaler internt i anlægget.
8. Tidsseriemålingerne anvendt til verifikation af simuleringmodellen skal vedlægges verifikationsrapporten i CSV-format (comma-separated values).

Kommenterede [SBS61]: tilføjet

Kommenterede [SBS62]: tilføjet på baggrund af kommentar

Kommenterede [SBS63]: rettet på baggrund af kommentar

4.1.1 Evalueringskriterier

Godkendelse af modelverifikation sker på baggrund to overordnede principper:

- Evaluering af modellen i henhold til de fastsatte kvantitative nøjagtighedskrav (se afsnit 3).

- Evaluering af modellen ud fra en ingeniørmæssig vurdering af forventet nøjagtighed.

Energinet har så vidt muligt fastsat kvantitative nøjagtighedskrav, for at sikre en objektiv vurdering af simuleringsmodellens nøjagtighed. Men med henblik på at verificere modellens dynamiske respons (særlig for EMT-modeller) er de kvantitative nøjagtighedskrav ikke tilstrækkelige. Det er muligt, at en model overholder de kvantitative nøjagtighedskrav, men tendenserne i det simulerede dynamiske respons er forskellig fra det målte. Og da det ikke er hensigtsmæssigt at fastsætte de kvantitative krav så skrap, at ens dynamik sikres, er der brug for en visuel inspektion og ingeniørmæssig vurdering i forbindelse med modelverifikation.

Energinet laver derfor en ingeniørmæssig vurdering med udgangspunkt i forventet nøjagtighed for den givne model og anlægstype. Vurderingen er baseret på Energinets erfaring og samarbejde med relevante leverandører. Overholdelse af de kvantitative nøjagtighedskrav er altså ikke tilstrækkelig for at få godkendt modelverifikationen, så frem resultaterne viser væsentlige forskelle i dynamik. Omvendt set kan enkelte overskridelser af de kvantitative nøjagtighedskrav accepteres, såfremt der kan redegøres for disse, og tendenserne i det dynamiske respons er ensartede.

4.1.2 Testoplæg for modelverifikation

Det er anlægseiers ansvar at udarbejde et oplæg for test af produktionsanlægget med henblik på at verificere modellen. Testoplægget skal godkendes af Energinet. Et testoplæg skal som minimum indeholde:

1. Testbeskrivelse
 - a. Formål med testen.
 - b. Hvad er involveret i testen.
 - c. Hvilke dele af modellen er i fokus.
2. Forudsætninger
 - a. Krav til driftssituationen under test, eksempelvis minimum produktionsniveau under testen.
 - b. Særlig test-opsætning, afvigelse fra normale drifts-indstillinger, eks. fx anden tuning af aktiv eller reaktiv effekt-kontrol.
 - c. Sammenhæng med andre tests.
3. Måling
 - a. Hvilke signaler bliver målt.
 - b. Hvor på anlægget foretages målingen.
 - c. Hvilket udstyr anvendes til måling.
4. Model-verifikation
 - a. Hvordan sammenlignes testresultaterne med simuleret resultat.
 - b. Succes-kriterier for model-verifikation.

4.2 Synkron anlæg verificeringsprocedure

4.2.1 Verifikationskrav til stationær simuleringsmodel

Verifikation er ikke påkrævet.

Dog skal det dokumenteres, at den stationære simuleringsmodel er repræsentativ for produktionsanlæggets stationære og quasi-stationære egenskaber, hvor et særligt fokus skal rettes mod anlæggets subtransiente og transiente kortslutningsbidrag i forbindelse med en vilkårlig fejl i det kollektive elforsyningssystem.

Dette gøres i forbindelse med de krævede overensstemmelsessimuleringer [1]. ~~Hvor~~ Resultater fra statiske kortslutningsberegninger skal sammenlignes med resultater fra dynamisk simulering for udvalgte fejlhændelser. Omfang aftales med Energinet.

4.2.2 Verifikationskrav til dynamisk simuleringsmodel (PDT-model)

Simuleringsmodellen for det samlede produktionsanlæg skal verificeres af anlægsejeren, omfattende samtlige påkrævede reguleringsformer og eftervisning af produktionsanlæggets stationære og dynamiske egenskaber ved påtrykning af de i afsnit 3.1.2.1 beskrevne setpunktsændringer og eksterne hændelser.

For synkrone produktionsanlæg består modelverifikationen af følgende:

- Sammenligning af overensstemmelsessimuleringer [1] udført med den transiente simuleringsmodel (EMT-model). Omfang aftales med Energinet.

Dokumentation herfor afleveres og godkendes forud for tildeling af ION.

- Sammenligning med måleresultater optaget i forbindelse med gennemførelsen af de påkrævede overensstemmelsesprøvnings [1] ved produktionsanlæggets idriftsættelse.
 - o Sammenligningen skal dokumenteres i henhold til kravene i afsnit 4.1.

Dokumentation herfor afleveres og godkendes forud for tildeling af FON.

For synkrone produktionsanlæg bestående af flere enkeltanlæg skal modelverifikationen gennemføres for hvert af disse enkeltanlæg.

4.2.2.1 Påkrævet signalomfang ved verifikation af synkrone produktionsanlæg

Som minimum skal følgende målesignaler optages i forbindelse med de gennemførte overensstemmelsesprøvnings ved produktionsanlæggets idriftsættelse til brug for den efterfølgende modelverifikation:

- Aktiv effekt – målt i tilslutningspunktet.
- Reaktiv effekt – målt i tilslutningspunktet.
- Fasespændinger – målt i tilslutningspunktet.
- Fasestrømme – målt i tilslutningspunktet.
- Netfrekvens – målt i tilslutningspunktet.
- Aktiv effekt – målt ved generatorklemmerne.
- Reaktiv effekt – målt ved generatorklemmerne.
- Fasespændinger – målt ved generatorklemmerne.
- Fasestrømme – målt ved generatorklemmerne.
- Feltstrøm – målt ved generatorklemmerne (eller for magnetiseringsmaskine, hvis anvendt).
- Feltspænding - målt ved generatorklemmerne (eller for magnetiseringsmaskine, hvis anvendt).
- AVR-udgangssignaler fra dæmpetilsats (PSS) (hvis et separat signal er til rådighed).
- AVR-signaler (alarmer) for aktivering af begrænserfunktioner.
- Generatorens omløbshastighed.
- Frekvensrespons for magnetiseringssystemet og dæmpetilsats (PSS) (Vt/Vref).
- Setpunkter for:
 - o Aktiv effektregulering.
 - o Effektfaktor-regulering (cos ϕ -regulering).
 - o Q-regulering (Mvar-regulering).
 - o Spændingsregulering.
 - o Frekvens- eller hastighedsregulering.
- Signal for aktivering af systemværn, hvis pålagt.

Kommenterede [SBS64]: tilføjet på baggrund af kommentar

4.2.3 Verifikationskrav til transient simuleringsmodel (EMT-model)

Identisk med verifikationskrav til PDT-model, jf. Afsnit 4.2.2.

4.3 Asynkrone anlæg verificeringsprocedure

4.3.1 Verifikationskrav til stationær simuleringsmodel

Verifikation er ikke påkrævet.

Dog skal det dokumenteres, at den stationære simuleringsmodel er repræsentativ for produktionsanlæggets stationære og quasi-stationære egenskaber, hvor et særligt fokus skal rettes mod anlæggets subtransiente og transiente kortslutningsbidrag i forbindelse med en vilkårlig fejl i det kollektive elforsyningssystem.

Dette gøres i forbindelse med de krævede overensstemmelsessimuleringer. ~~Hvor~~ Resultater fra statiske kortslutningsberegninger skal sammenlignes med resultater fra dynamisk simulering for udvalgte fejlhændelser. Omfang aftales med Energinet.

4.3.2 Verifikationskrav til dynamisk simuleringsmodel (PDT-model)

Simuleringsmodellen, for det samlede produktionsanlæg, skal verificeres af anlægsejeren, omfattende samtlige påkrævede reguleringsformer og eftervisning af produktionsanlæggets stationære og dynamiske egenskaber ved påtrykning af de i Afsnit 3.2.2.1 beskrevne setpunktsændringer og eksterne hændelser.

Modelverifikationen sker på baggrund af måleresultater optaget i forbindelse med prøvninger på det samlede produktionsanlæg. Men da det ikke er muligt at teste alle egenskaber i forhold til robusthed og eksterne hændelser, accepteres det, at dele af modelverifikationen for det samlede produktionsanlæg foregår via verifikation af modeller for hver type enkeltanlæg indeholdt i produktionsanlægget. Verifikation af modeller for enkeltanlæg foregår normalt via standardtest udført i forbindelse med certificering og/eller typegodkendelse af det pågældende delanlæg. Ved enkeltanlæg forstås alle produktionsenheder (fx én model for hver af de anvendte vindmølle typer eller solcelleinvertere) og eksterne komponenter (fx én model for hver af de anvendte energilagringenheder, eller STATCOMs etc.).

For asynkrone produktionsanlæg består modelverifikationen af følgende to steps:

- Type-verificering af modeller for enkeltanlæg. Se afsnit 4.3.2.1.

Skal afleveres og godkendes forud for tildeling af **ION**.

- Park-model-verificering for det samlede produktionsanlæg. Se afsnit 4.3.2.2.

Skal afleveres og godkendes forud for tildeling af **FON**.

4.3.2.1 Enkeltanlæg type-verificering

Simuleringsmodel for alle typer af aktive komponenter (produktionsenheder og eksterne komponenter såsom STATCOMs) skal verificeres via sammenligning med fabriks-/typetest. Det primære formål er at verificere simuleringsmodellens nøjagtighed i forhold til forstyrrelser og robusthed, samt evnen til korrekt at eftervise komponentens FRT-egenskaber. Verificering af simuleringsmodeller for enkeltanlæg skal foregå forud for tildeling af ION, da dette er en forudsætning for, at sikre validiteten af de krævede overensstemmelsessimuleringer [1] af det samlede produktionsanlægs robusthed og FRT-egenskaber.

For verificering af enkeltanlæg gælder følgende:

1. Det er anlægsejerens ansvar at udarbejde et oplæg for test og modelverifikation, som skal godkendes af Energinet.
2. Alle testforløb skal påbegyndes og afsluttes med minimum 1 sekund, hvor anlægget er i en stationær tilstand inden for det definerede normaldriftsområde for frekvens og spænding [2].
3. Test af FRT skal overholde krav fastsat i [8] for at være gyldige.

Kommenterede [SBS65]: tilføjet på baggrund af kommentar. Krav om 1pu i spændingstest fjernet.

4. Testomfang skal opfylde minimumskrav fastsat i afsnit 4.3.2.1.1.
5. Signaler inkluderet i modelverifikationen skal opfylde minimumskrav fastsat i afsnit 4.3.2.1.3.
6. Det er tilladt at udføre testene på del-komponenter af enkeltanlægget, hvor der kan redegøres for, at dette er et gyldigt grundlag for modelvalidering, og test på det samlede enkeltanlæg ikke er hensigtsmæssig.

Kommenterede [SBS66]: Tilføjet på baggrund af kommentar

Det kan accepteres, at typetest og verifikation af modeller for enkeltanlæg udføres i henhold til anden standard end kravene specificeret i afsnit 4, såfremt der kan redegøres for, at standarden som minimum sikrer tilsvarende test af egenskaber if. afsnit 4.3.2.1, og nøjagtighed if. afsnit 3.2.2.4.

Kommenterede [SBS67]: ændret til afsnit 4. i stedet for dette dokument.

4.3.2.1.1 Minimum test omfang

Modelverificeringsproceduren skal som minimum dække følgende scenarier/kontrolfunktioner:

Kommenterede [SBS68]: omformuleret lidt, krav uændret

1. Aktiv effekt setpointsregulering.
2. De af enkeltanlæggets funktioner for regulering af reaktiv effekt som anvendes på det pågældende produktionsanlæg, herunder:
 - a. Effektfaktor-regulering (cos ϕ -regulering).
 - b. Q-regulering (Mvar-regulering).
 - c. Spændingsregulering.
3. UVRT.
4. OVRT.
5. ROCOF-robusthed.
6. FSM (kun hvis enkeltanlæggets funktioner anvendes på det pågældende produktionsanlæg).
7. LFSM-O (kun hvis enkeltanlæggets funktion anvendes på det pågældende produktionsanlæg).
8. LFSM-U (kun hvis enkeltanlæggets funktion anvendes på det pågældende produktionsanlæg).

Kommenterede [SBS69]: Rettet på baggrund af kommentar

Kommenterede [SBS70]: Rettet på baggrund af kommentar

Alle overstående tests er underlagt nøjagtighedskravene fremsat i afsnit 3.2.2.4.

4.3.2.1.2 Enkeltanlæg test-procedure

Kommenterede [SBS71]: Test værdier (størrelse af P steps osv.) er opdateret så det er bedre alignet med test i forordning.

For modelverificering af aktiv effekt setpointsregulering gælder følgende:

- 1) Test skal udføres ved at påtrykke produktionsanlægget step-input på dets aktiv effekt reference, der skal som minimum udføres to test, hvor disse er:
 - a. Én test med opregulering, hvor ændring i aktiv effekt er på mindst 0.1 p.u.
 - b. Én test med nedregulering, hvor ændring i aktiv effekt er på mindst 0.1 p.u.
- 2) Test kan udføres som en sammenhængende kørsel.
- 3) Sammenligning af reaktiv effekt respons, under aktiv effekt reguleringen skal være en del af modelverificeringen.
- 4) Såfremt der udføres test med frekvensregulering af aktiv effekt, udgår krav om separat test af setpointsregulering.

For modelverificering af reaktiv effekt regulering gælder følgende:

- 1) Der skal som minimum udføres to test, hvor disse er:
 - a. Én test med regulering af reaktiv effekt fra 0 p.u til over 0.1 p.u.
 - b. Én test med regulering af reaktiv effekt fra 0 p.u til under (-0.1) p.u.
- 2) Test kan udføres med en vilkårlig af de 3 reguleringsformer:
 - a. Effektfaktor-regulering (cos ϕ -regulering).
 - b. Q-regulering (Mvar-regulering).
 - c. Spændingsregulering.

3) Såfremt spændingsreguleringsfunktionen på enkeltanlægget anvendes i det på gældende produktionsanlægs spændingsregulering, skal modelverifikation af reaktiv effekt regulering omfatte denne reguleringsform.

4) Test skal udføres med aktiv effekt setpunkt større end 0.5 p.u.

5) Test kan udføres som en sammenhængende kørsel.

Kommenterede [SBS72]: Værdi reduceret. Alignet med 61400-21-2

For modelverifikation af UVRT gælder følgende:

1) Test skal udføres for flere spændingsfald, hvor der varieres på størrelsen og tidsperioden for spændingsdykket. Som minimum skal følgende test inkluderes:

- Spændingsfald til 0 p.u. (<0.05 p.u.).⁷
- Spændingsfald til mellem 0.20 p.u. og 0.30 p.u.
- Spændingsfald til mellem 0.4 p.u. og 0.6 p.u.
- Spændingsfald til mellem 0.8 p.u.-

Kommenterede [SBS73]: Krav om start i 1 pu fjernet på baggrund af kommentar

Kommenterede [SBS74]: Rettet på baggrund af kommentar

Kommenterede [SBS75]: Tilføjet at det kunne gælde TSO anlæg, da denne test er under FRT kurven på DSO niveau

2) For alle tests gælder det at tidsperioden for spændingsdykket som minimum skal opfylde FRT kravene jf. artikel 16.3.a.i i RFG bilag 1 [2].

Kommenterede [SBS76]: Tilføjet på baggrund af kommentar

3) Test specificeret i punkt 1) skal som minimum udføres for 3-fasede og 2-fasede spændingsdyk

4) Som minimum skal alle test af 3-fasede spændingsdyk udføres for aktiv effekt P på:

- P = 1 p.u.
- P < 0.5 p.u.

Kommenterede [SBS77]: Pref omskrevet til P på baggrund af kommentar

5) Som minimum skal alle test af 2-fasede spændingsdyk udføres for aktiv effekt P på:

- P = 1 p.u.

6) For anlæg, der skal levere reaktiv fejlstrøm under FRT, skal disse indstillinger anvendes:

- FRT-aktivering mellem 0.85-0.90 p.u spænding.
- K-factor for indstilling af $I_0(U)$ skal være mellem 2 – 3.

7) Test kan udføres for varierende systemstyrke (short circuit ratio – SCR), men SCR bør være mindre end 10. Og som minimum skal der udføres én test ved den laveste SCR, for hvilken simuleringsmodellen er valid. Testen for validering af laveste SCR skal være med et 3-faset spændingsdyk under 0.5 p.u.

For modelverifikation af OVRT gælder følgende:

1) Test skal udføres for flere spændingsstigninger hvor der varieres på størrelsen og tidsperioden for spændingsstigningen. Som minimum skal følgende test inkluderes:

- Spændingsstigning til mellem 1.05 p.u. og 1.10 p.u. og tidsperiode større end 500ms.
- Spændingsstigning til mellem 1.10 p.u. og 1.20 p.u. og tidsperiode større end 500ms.
- Spændingsstigning til mere end 1.25 p.u. og tidsperiode lig eller større end 100ms.

Kommenterede [SBS78]: Rettet på baggrund af kommentar

Kommenterede [SBS79]: Krav om start i 1pu fjernet på baggrund af kommentar

2) Test specificeret i punkt 1) skal som minimum udføres for 3-fasede og 2-fasede spændingsstigninger.

Kommenterede [SBS80]: Tilføjet i overensstemmelse med nyanmeldte RFG krav.

3) Som minimum skal test alle test af 3- og 2-fasede spændingsstigninger udføres for aktiv effekt P på:

- P = 1 p.u.

For modelverifikation af ROCOF--robusthed gælder følgende:

1) Test skal udføres med frekvensændring svarende til en ROCOF på mindst 2,0 Hz/s.

2) Test skal foregå ved at ændre den faktiske systemfrekvens.

3) Der skal som minimum udføres 2 test, hvor disse er:

- Frekvensstigning på minimum 0.5 Hz.
- Frekvensfald på minimum 0.5 Hz.

Kommenterede [SBS81]: Punkt 5 slettet på baggrund af hørings kommentar. Da den ser ud til at skabe mere forvirring end gavn.: (Såfremt der udføres test af frekvensregulering (FSM/LFSM), som opfylder minimumskrav til ROCOF, udgår krav om separat ROCOF-test.)

⁷ Gælder kun for anlæg tilsluttet på transmissionsniveau ($U_n > 110$ kV).

4) Det er tilladeligt at lave testen i én kontinuerlig optagelse af de påkrævede signaler.

577

For modelverificering af FSM gælder følgende:

- 1) LFSM-O- og LFSM-U-funktionerne må ikke aktivere under testen.
- 2) Produktionsanlægget skal være indstillet i reaktiveffekt setpunktsregulering, med reaktiv setpunkt = 0 p.u. i tilslutningspunktet.
- 3) Testen skal foregå ved at påtrykke produktionsanlægget step/rampe-inputs på dets frekvens feedback-signal eller ændringer af den faktiske systemfrekvens, som er store nok til at udløse hele intervallet for regulering af aktiv effekt for FSM-tilstand.
- 4) Det er tilladeligt at lave testen i én kontinuerlig optagelse af de påkrævede signaler.

For modelverificering af LFSM-O gælder følgende:

- 1) FSM-funktionen må ikke aktivere under testen.
- 2) Produktionsanlægget skal være indstillet i reaktiveffekt setpunktsregulering, med reaktiv setpunkt = 0 p.u. i tilslutningspunktet.
- 3) Testen skal foregå ved at påtrykke produktionsanlægget step/rampe-inputs på dets frekvens feedback signal eller ændringer af den faktiske systemfrekvens, således den resulterende ændring i aktiv effekt er på mindst 0.1 p.u.
- 4) Det er tilladeligt at lave testen i én kontinuerlig optagelse af de påkrævede signaler.

For modelverificering af LFSM-U gælder følgende:

- 1) FSM-funktionen må ikke aktivere under testen.
- 2) Produktionsanlægget skal være indstillet i reaktiv effekt setpunktsregulering, med reaktiv setpunkt = 0 p.u.
- 3) Testen skal foregå ved at påtrykke produktionsanlægget step/rampe-inputs på dets frekvens feedback signal eller ændringer af den faktiske systemfrekvens, således den resulterende ændring i aktiv effekt er på mindst 0.1 p.u.
- 4) Det er tilladeligt at lave testen i én kontinuerlig optagelse af de påkrævede signaler.

Kommenterede [SBS82]: Frekvens test omskrevet, så de matcher forordning

4.3.2.1.3 Påkrævet signal-omfang

Som minimum skal følgende målesignaler optages i forbindelse med de gennemførte typetest til brug for den efterfølgende modelverifikation:

- Aktiv effekt – målt ved anlæggets terminaler.
- Reaktiv effekt – målt ved anlæggets terminaler.
- Fasespændinger – målt ved anlæggets terminaler.
- Fasestrømme (resulterende) – målt ved anlæggets terminaler.
- Fasestrømme (aktiv komponent) – målt ved anlæggets terminaler.
- Fasestrømme (reaktiv komponent) – målt ved anlæggets terminaler.
- Netfrekvens – Hvor dette er relevant.
- Generatorens omløbshastighed – hvor dette er relevant.
- Setpunkter for:
 - Aktiv effektregulering.
 - Effektfaktor-regulering (cos ϕ -regulering).
 - Q-regulering (Mvar-regulering).
 - Spændingsregulering.
 - Frekvens- eller hastighedsregulering.

Måling af signaler og omregning til RMS-værdier for positiv-, negativ- og nulsekvens skal udføres i henhold til [8]. For asymmetriske test skal verificeringsrapporten indeholde resultater for både positiv og negativ sekvens.

4.3.2.2 Park-model-verificering for det samlede produktionsanlæg

RMSPDT-simuleringsmodellen for det samlede produktionsanlæg skal verificeres. Formålet med verifikationen er at eftervise simuleringsmodellens nøjagtighed i forbindelse med ændring af setpunkter for aktiv- og reaktiv effekt, herunder også ændringer i forbindelse med spændings- og frekvenskontrol.

Det er anlægsejerens ansvar at udarbejde et oplæg for test og modelverifikation, som skal godkendes af Energinet Systemansvar A/S Energinet. Verificerings-test-proceduren og dokumentationen er underlagt følgende:

4.3.2.2.1 Minimum testomfang

Modelverificeringsproceduren skal minimum dække følgende scenarier/kontrolfunktioner:

1. Aktiveffekt setpunktsregulering.
2. FSM.
3. FSM med overgang til LFSM-O (**).
4. LFSM-O.
5. LFSM-U.
6. Aktiveffekt anti-windup.
7. Reaktiv effekt setpunktsregulering.
8. Reaktiv effekt setpunktsregulering med samtidig aktivering af LFSM-O (**).
9. Parkregulator FRT-håndtering.

Kommenterede [SBS83]: Slettet test: Aktiv effekt anti-windup på baggrund af kommentar

Kommenterede [SBS84]: Denne test er slettet. Siemens stiller spørgsmål til den, den er svær at forklare og ikke kritisk test. Ved nærmere eftertanke vurderes det at den kan undværes.

Energinet kan, men er ikke begrænset til, yderligere at kræve verificering af spændingsregulering, power factor-regulering, skifte mellem reguleringsformer for reaktiv effekt, kontrol af båndbredde og systemværsindsindgreb.

Test markeret med (**) er som udgangspunkt kun påkrævet for anlæg tilsluttet på transmissionsniveau (Un > 110kV)

Kommenterede [SBS85]: Tilføjet at nogle test kun gælder TSO niveau

Alle overstående tests er underlagt nøjagtighedskravene fremsat i afsnit 3.2.2.4.2.

4.3.2.2.2 Anlægs Park-model Test-procedure krav

Generelt for modelverificerings-test-proceduren gælder følgende:

1. Testene skal foregå ved at påtrykke produktionsanlægget step-inputs på dets reference-indgange eller feedback-signaler.
2. 90% af anlæggets samlede installerede kapacitet skal være i drift under alle tests [9].
3. Energinet har ret til at foreskrive parametringen for både park-regulator og delanlæg under park-modelverificeringen.
4. Alle tests skal kunne eksekveres inden for normaldriftsområdet [2], defineret ved spændingen og frekvensen i netslutningspunktet, og inden for SCR-spændingsminimum og maksimum kortslutningsniveauer angivet i nettilslutningsaftalen.
5. Ingen tests må stille særlige krav til driften af det kollektive elforsyningssystemet, medmindre dette aftales med TSO'en eller DSO'en Energinet eller den relevante systemoperatør.
6. Alle tests-forløb skal påbegyndes og afsluttes med minimum tre sekunder, hvor anlægget er i en stationær tilstand.

Kommenterede [SBS86]: Alle frekvens test opdateret så de er alignet med forordning

Kommenterede [SBS87]: Opdateret så det er alignet med 61400-21-2

7. Alle tests skal som minimum udføres og dokumenteres to gange.
8. Ved efterfølgende sammenligning mellem målt og simuleret respons skal simuleringsmodellen parametres identisk med det faktiske produktionsanlæg.
9. Ved efterfølgende sammenligning mellem målt og simuleret respons er det tilladeligt at tidsforskyde det simulerede respons i forhold til det målte. Tidsforskydningen skal fremgå af dokumentationen.

For modelverificering af aktiv effekt setpunktsregulering gælder følgende:

- 1) Testen skal foretages med den aktive effekt gradient-begrænsning, der forventes ved normaldrift.
- 2) Produktionsanlægget skal være indstillet i reaktiveffekt setpunktsregulering, med reaktiv setpunkt = 0 p.u. i tilslutningspunktet.
- 3) Testen skal foregå ved at påtrykke produktionsanlægget et eller flere step-input på dets aktive effekt reference-indgangssignal.
- 4) Testen skal som minimum manøvrere indeholde én setpunktsændring, hvor den resulterende ændring i aktiv effekt er på mindst med 120% af Pn.
- 5) Aktiv effekt referencen skal til enhver tid forblive 10% af Pn under den tilrådelige effekt.

For modelverificering af FSM gælder følgende:

- 5) Parametringen af FSM-funktionen skal for alle parametre være inden for spændet angivet i [2 RFG REFERENCE].
- 6) LFSM-O- og LFSM-U-funktionerne må ikke aktivere under testen.
- 7) Produktionsanlægget skal være indstillet i reaktiv effekt setpunktsregulering, med reaktiv setpunkt = 0 p.u. i tilslutningspunktet.
- 8) Testen skal udføres i henhold til artikel 48, stk. 4 i [1]. Overensstemmelsesprøvning af FSM-tilstand foregår ved at påtrykke produktionsanlægget step inputs på dets frekvens reference eller frekvens feedback signal, med alle følgende resulterende manøvringer af aktiv effekt: +10%Pn, -10%Pn, +5%Pn og -5%Pn.
- 9) Det er tilladeligt at lave testen i én kontinuerlig optagelse af de påkrævede signaler.
- 10) Aktiv effekt setpunktet (internt, som funktion af frekvensen) skal til enhver tid forblive 10% af Pn under den tilrådelige effekt.

For modelverificering af FSM med overgang til LFSM-O gælder følgende:

- 1) Parametringen af FSM-funktionen og LFSM-O-funktionen skal for alle parametre være inden for spændet angivet i [2RFG-REFERENCE].
- 2) Produktionsanlægget skal være indstillet i reaktiveffekt setpunktsregulering, med reaktiv setpunkt = 0 p.u. i tilslutningspunktet.
- 3) Testen skal foregå ved at påtrykke produktionsanlægget et eller flere step/rampe-input på dets frekvens-reference eller frekvens-feedback-signal, således at der udløses en nedregulering af aktiv effekt på mindst ~~der minimum manøvreres med~~ -10% af Pn af FSM-funktionen og efterfølgende -10% af Pn af LFSM-O-funktionen. Dvs. en samlet ~~minimum manøvrerings~~ ændring af aktiv effekt på mindst -20% af Pn.
- 4) Testen afsluttes når frekvensreferencen og frekvensfeedbacksignalet igen er 50Hz og den aktive effekt er reguleret til ny stationær tilstand.
~~Det er tilladeligt at lave testen i én kontinuerlig optagelse af de påkrævede signaler.~~
~~Aktiv effekt setpunktet (internt, som funktion af frekvensen) skal til enhver tid forblive 10% af Pn under den tilrådede effekt.~~

For modelverificering af LFSM-O gælder følgende:

- 5) Parametringen af LFSM-O-funktionen skal for alle parametre være inden for spændet angivet i [2RFG-REFERENCE].
- 6) FSM-funktionen må ikke aktivere under testen.
- 7) Produktionsanlægget skal være indstillet i reaktiveffekt setpunktsregulering, med reaktiv setpunkt = 0 p.u. i tilslutningspunktet.
- 8) Testen skal foregå ved at påtrykke produktionsanlægget step/rampe ~~step~~-inputs på dets frekvens-reference eller frekvens-feedback-signal i henhold til artikel 47, stk. 3 i [1]. Overensstemmelsesprøvning af LFSM-O-tilstand.

med alle følgende resulterende manøvreringer af aktiv effekt: 10%Pn og 20%Pn.

Det er tilladeligt at lave testen i én kontinuerlig optagelse af de påkrævede signaler.

Aktiv effekt setpunktet (internt, som funktion af frekvensen) skal til enhver tid forblive 10% af Pn under den tilrådelige effekt.

Kommenterede [SBS88]: Kun krav om 1 step med mindst 10%

For modelverificering af LFSM-U gælder følgende:

5) Parametringen af LFSM-U-funktionen skal for alle parametre være inden for spændet angivet i [2RFG-REFERENCE].

6) FSM-funktionen må ikke aktivere under testen.

7) Produktionsanlægget skal være indstillet i reaktiveffekt setpunktsregulering, med reaktivsetpunkt = 0 p.u. i tilslutningspunktet.

8) Testen skal foregå ved at påtrykke produktionsanlægget step/rampe-inputs på dets frekvensreference eller frekvensfeedbacksignal i henhold til artikel 48, stk. 3 i [1]. Overensstemmelsesprøvning af LFSM-U-tilstand.

Testen skal foregå ved at påtrykke produktionsanlægget step-inputs på dets frekvensreference eller frekvens feedback-signal, med alle følgende resulterende manøvreringer af aktiv effekt: 10%Pn og 20%Pn.

Det er tilladeligt at lave testen i én kontinuerlig optagelse af de påkrævede signaler.

9) Aktiv effekt setpunktet (internt, som funktion af frekvensen) skal til enhver tid forblive 10% af Pn under den tilrådelige effekt.

Kommenterede [SBS89]: Opdateret alignet med forordning

For modelverificering af aktiv effekt anti-wind-up gælder følgende:

- Parametringen af LFSM-O funktionen skal for alle parametre være inden for spændet angivet i [RFG-REFERENCE].
- Den tilrådede effekt skal være mellem 20%Pn og 80% Pn.
- Produktionsanlægget skal være indstillet i reaktiv effekt setpunktregulering, med reaktiv setpunkt = 0 p.u.
- Produktionsanlægget skal i minimum fem minutter inden teststart og under hele testen være konstant påtrykt 100%Pn på aktiv effekt-referencen.
- Testen skal foregå ved at påtrykke produktionsanlægget step-inputs på dets frekvens-reference eller frekvens-feedback-signal, således at der manøvreres med 20%Pn.

Under sammenligningen er det tilladeligt at tilbagespille det målte aktiv effekt feedback signal til parkregulatoren, som syntetisk feedback signal til park regulator modellen i den samlede RMS-simuleringsmodel.

For modelverificering af reaktiv effekt setpunktregulering gælder følgende:

- 1) Testen skal foregå ved at påtrykke produktionsanlægget minimum fem step-input på dets reaktiv effekt-referencen-indgangssignal.
 - 2) Testen skal udføres i henhold til artikel 48, stk. 8 i [1]. Overensstemmelsesprøvnings af reaktiv effektreguleringstilstand.
 - 3) Testen skal gennemføres med ændringer af reaktiv effekt der er store nok til at udløse hele intervallet for reaktiv effekt regulering.
 - 4) Test skal udføres med aktiv effekt setpunkt større end 50% af Pn [9].
- Minimum to påtrykte steps skal manøvrere med mellem 10% og 15% af Pn. Det er tilladeligt at gå fra over-eksiteret til under-eksiteret med ét step.
 - Minimum tre påtrykte steps skal manøvrere med minimum 30% af Pn. Det er tilladeligt at gå fra over-eksiteret til under-eksiteret med ét step.
- 5) Det er tilladeligt at lave testen i én kontinuerlig optagelse af de påkrævede signaler.

Kommenterede [SBS90]: Tilføjet i overensstemmelse med 61400-21-2

For modelverificering af reaktiveffekt setpunktregulering med samtidig aktivering af LFSM-O gælder følgende:

- 1) Parametringen af LFSM-O-funktionen skal for alle parametre være inden for spændet angivet i [2RFG-REFERENCE].
 - 2) Testen skal foregå ved at påtrykke produktionsanlægget et stepinput på dets reaktiv effekt reference-indgangssignal, samtidig (tolerance: ± 100 ms) med et step-input på dets frekvens-reference eller frekvens-feedback-signal.
 - 3) Reaktiv effekt reference-indgangssignaletreguleringen skal minimumindst resultere manøvrere i en ændring af reaktiv effekt på med 100% af Pn. Reguleringen kan foretages med enten Det er tilladeligt at gå fra positiv over-eksiteret eller til negativ faseforskydning under-eksiteret.
 - 4) Aktiveringen af LFSM-O skal mindst resultere i en manøvringsændring af aktiv effekt på -120% af Pn.
- Aktiv effekt setpunktet (internt, som funktion af frekvensen) skal til enhver tid forblive 10% af Pn under den tilrådede effekt.

For modelverificering af Parkregulatorens FRT-håndtering gælder følgende:

- 1) Parametringen af eventuelle FRT-detekterings-/håndterings-funktioner skal være som forventet ved normaldrift.
- 2) Testen skal foretages med den aktiv effekt gradient-begrænsning, der forventes ved normaldrift.

- 3) Testen skal foregå ved at påtrykke produktionsanlægget et step-input på dets aktiv effekt reference-indgangssignal, der manøvrerer anlægget fra 0% af Pn til 20% af Pn. I det anlægget er 50% indreguleret, skal park-regulator-FRT-håndteringen aktiveres i fem sekunder.
- 4) Denne test kan udføres enten ved idriftsættelse af produktionsanlægget eller via hardware-in-loop test på den anvendte parkregulator.

Før modelverificering af kontrolbåndbredde gælder følgende:

Modelvalideringsproceduren skal indeholde tests der dækker hele anlæggets kontrol båndbredde for både aktiv effekt og reaktiv effekt kontrol funktioner.

Det er anlægsejers ansvar at designe sådan test, og bevise dynamisk ækvivalens med anlæggets hurtigste reaktion på en setpunktsændring (manuel eller automatisk).

Eksempel: Et anlæg har absolut den hurtigste kontrol reaktion når park regulatoren er indstillet til spændingskontrol og anlægget operere i svageste net tilstand (laveste SCR). Da en test af dette er praktisk umuligt, indstilles parkregulatoren under testen med kontrol forstærkninger der giver anlægget en ligeså stor båndbredde ved reaktiv setpunkts regulering. Derefter foretages samme testprocedure som for modelvalidering af reaktiveffekt setpunktsregulering.

4.3.2.2.3 Påkrævet signalomfang ved verifikation af asynkrone produktionsanlæg

Som minimum skal følgende målesignaler optages i forbindelse med de gennemførte typetest og den gennemførte overensstemmelsesprøvning ved produktionsanlæggets idriftsættelse til brug for den efterfølgende modelverifikation:

1. Aktiv effekt-udveksling i nettilslutningspunkttilslutningspunktet.
2. Reaktiv effekt i nettilslutningspunkttilslutningspunktet.
3. RMS-strømmen i hver af de tre faser.
4. RMS-spændingen i nettilslutningspunkttilslutningspunktet (alle tre fase-fase-spændinger).
5. Netfrekvensen.
6. Tap-positionen for samtlige af anlæggets online-tap-changere.
—Samtlige indgangs-signaler til den centrale park-regulator.
7. Efter aftale med Energinet kan irrelevante signaler udelades. Er definitionen af det præcise signal uklar, f.eks. fx ved atypiske kontrol-strukturer, skal det afklares med Energinet.
—Samtlige udgangs-signaler fra den centrale park-regulator.
8. Efter aftale med Energinet kan irrelevante signaler udelades. Er definitionen af det præcise signal uklar, f.eks. fx ved atypiske kontrol-strukturer, skal det afklares med Energinet.

For punkt 7 og 8 kan signaler undlades, for reguleringsfunktioner, der styres af park-regulatoren, såfremt der foreligger en modelvalideringsverificering på park-regulator-niveau, og denne kan accepteres efter en ingeniør-teknisk gennemgang foretaget af Energinet.

Ethvert signal og enhver parameter, der manipuleres under testene, skal optages med en sampletid på maksimum 10ms. Dette gælder f.eks. fx produktionsanlæggets reference-indgange. Alle andre signaler og parametre skal indgå i en parameterudskrift, der vedlægger hver test.

Måleudstyr, resultatbehandling og testopstilling skal leve op til kravene defineret i 61400-21-1 [85].

Nævn standard for måling 61400-21-2 skal tilføjes som kilde (måske vi kun skal henvise til 61400-21-1.) den anden er ikke udgivet.

4.3.3 Verifikationskrav til transient simuleringsmodel (EMT-model)

Identisk med verifikationskrav til PDT-model, jf. Afsnit 4.3.2, på nær nedenstående tilføjelser.

Krav til signalomfang ved type-verificering af enkeltanlæg (afsnit 4.3.2.1.3) er udvidet til også at gælde følgende signaler, hvis relevant:

- Spændingsmåling i dq-domænet fra anlæggets interne kontrol opdelt i U_d og U_q .
- Strømmåling i dq-domænet fra anlæggets interne kontrol opdelt i I_d og I_q . Disse er underlagt nøjagtighedskrav som fastsat i afsnit 3.2.3.4.
- Øjeblikks-fasespændinger – målt ved anlæggets terminaler.
 - Skal kun inkluderes for UVRT-test.
 - Øjebliksværdierne skal inkluderes for vinduerne:
 - 2 perioder før spændingsfald (t_{fault} jf. [6]) til 7 perioder efter.
 - 2 perioder før spændingsstigning (t_{clear} jf. [6]) til 10 perioder efter.
- Øjeblikks-fasestrømme – målt ved anlæggets terminaler.
 - Skal kun inkluderes for UVRT-test.
 - Øjebliksværdierne skal inkluderes for vinduerne:
 - 2 perioder før spændingsfald (t_{fault} jf. [6]) til 7 perioder efter.
 - 2 perioder før spændingsstigning (t_{clear} jf. [6]) til 10 perioder efter.

Kommenterede [SBS91]: Rettet på baggrund af kommentar

Kommenterede [SBS92]: Rettet på baggrund af kommentar

Den anvendte metode til signal behandling skal være ens for EMT-modellen og det virkelige anlæg.

Kommenterede [SBS93]: Tilføjet begge dele, som yderligere forklaring.

Det kan accepteres, at typetest og verifikation af modeller for enkeltanlæg udføres i henhold til anden standard end kravene specificeret i dette dokument, såfremt der kan redegøres for, at standarden som minimum sikrer tilsvarende test af egenskaber jf. afsnit 4.3.2.1, og nøjagtighed jf. afsnit 3.2.3.4.

4.3.4 Verifikationskrav til harmonisk simuleringsmodel

Intet krav om modelverifikation.

Gammel tekst: Anlægssejeren skal sikre, at simuleringsmodellerne er verificeret [1]. Anlægssejeren er ansvarlig for al udførelse af test til modelverifikation, herunder fremskaffelse af nødvendigt måleudstyr, dataloggere og personel. Anlægssejeren er desuden ansvarlig for gennemførelse og dokumentation af den påkrævede modelverifikation, herunder dokumentation af overholdelse af de definerede nøjagtighedskrav til simuleringsmodellen.

Den praktiske udførelse af overensstemmelsesprøvninger skal ske som specificeret i [1], hvor omfanget af modelverifikationen fastlægges i samarbejde med den systemansvarlige virksomhed Energinet Systemansvar A/S, efter oplæg fra anlægssejeren.

Anlægssejeren 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 overensstemmelsesprøvninger 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 Energinet Systemansvar A/S har godkendt den af anlægssejeren fremsendte modelverifikationsrapport.

Tidsseriemålingerne anvendt til verifikation af simuleringsmodellen skal vedlægges verifikationsrapporten i CSV format (comma-separated values).

4.1.1 – Verifikationskrav til stationær simuleringsmodel (stationære og kortslutningsforhold)

Verifikation er ikke påkrævet, dog skal det dokumenteres, at den stationære simuleringsmodel er repræsentativ for produktionsanlæggets stationære og quasi-stationære egenskaber, hvor et særligt fokus skal rettes mod anlæggets subtransiente og transiente kortslutningsbidrag i forbindelse med en vilkårlig fejl i det kollektive elforsyningsnet~~elforsyningsystem~~.

4.1.2 – Verifikationskrav til dynamisk simuleringsmodel (RMS-model)

Simuleringsmodellen skal verificeres af anlægsejeren for det samlede produktionsanlæg omfattende samtlige påkrævede reguleringsformer og eftervisning af produktionsanlæggets stationære og dynamiske egenskaber ved påtrykning af de i Afsnit 3.1.2 og Afsnit 3.2.2 beskrevne setpunktsændringer og eksterne hændelser i det kollektive elforsyningsnet~~elforsyningsystem~~.

Modelverifikationen sker på baggrund af måleresultater optaget i forbindelse med gennemførelsen af typetest eller de påkrævede overensstemmelsesprøvninger ved produktionsanlæggets idriftsættelse eller ved kombination af disse, således de opstillede funktionskrav til, og nøjagtigheden af, den påkrævede simuleringsmodel kan verificeres.

For synkrone produktionsanlæg bestående af flere enkeltanlæg skal modelverifikationen gennemføres for hvert af disse enkeltanlæg.

For asynkrone produktionsanlæg, der består af flere enkeltanlæg, indeholder centrale kontrol-, beskyttelses-, og reguleringsfunktioner eller anvender eventuelle eksterne komponenter, og dermed fremstår som et aggregeret produktionsanlæg i nettilslutningspunkttilslutningspunktet, skal modelverifikationen gennemføres på aggregeret niveau og dermed repræsentere produktionsanlæggets samlede egenskaber i nettilslutningspunkttilslutningspunktet. For denne type produktionsanlæg kræves, jf. Afsnit 2, individuelle simuleringsmodeller for hver type enkeltanlæg (fx én model for hver af de anvendte vindmølletyper) og eksterne komponenter (fx én model for hver af de anvendte energilagringenheder etc.), hvorfor modeldannelsen af disse enkeltanlæg og eksterne komponenter skal verificeres enkeltvis.

4.1.2.1 – Særlige forhold vedrørende modelverifikation af asynkrone produktionsanlæg (Type C)

For asynkrone produktionsanlæg (Type C) er der som udgangspunkt ikke krav om modelverifikation på aggregeret niveau i nettilslutningspunkttilslutningspunktet. Modelverifikationen for denne type produktionsanlæg kan ske i form af en (certificeret) typetest af et enkeltanlæg eller ved gennemførelse af de påkrævede overensstemmelsesprøvninger ved produktionsanlæggets idriftsættelse.

For asynkrone produktionsanlæg (Type C), hvor der anvendes eksterne komponenter, fx STATCOMs eller energilagringenheder, eller hvor der anvendes site-specifikke funktioner for produktionsanlæggets kontrol-, beskyttelses-, og reguleringsfunktioner, herunder parkregulator, skal modelverifikationen gennemføres på aggregeret niveau og dermed repræsentere produktionsanlæggets samlede egenskaber i nettilslutningspunkttilslutningspunktet, jf. Afsnit 4.1.2.

4.1.2.2 – Påkrævet signalomfang ved verifikation af synkrone produktionsanlæg

Som minimum skal følgende målsignaler optages i forbindelse med de gennemførte overensstemmelsesprøvninger ved produktionsanlæggets idriftsættelse til brug for den efterfølgende modelverifikation:

- Aktiv effekt – målt i nettilslutningspunkttilslutningspunktet.
- Reaktiv effekt – målt i nettilslutningspunkttilslutningspunktet.

- ~~Fasespændinger – målt i nettilslutningspunkttilslutningspunktet.~~
- ~~Fasestrømme – målt i nettilslutningspunkttilslutningspunktet.~~
- ~~Netfrekvens – målt i nettilslutningspunkttilslutningspunktet.~~
- ~~Aktiv effekt – målt ved generatorklemmerne.~~
- ~~Reaktiv effekt – målt ved generatorklemmerne.~~
- ~~Fasespændinger – målt ved generatorklemmerne.~~
- ~~Fasestrømme – målt ved generatorklemmerne.~~
- ~~Feltstrøm – målt ved generatorklemmerne (eller for magnetiseringsmaskine, hvis anvendt).~~
- ~~Feltspænding – målt ved generatorklemmerne (eller for magnetiseringsmaskine, hvis anvendt).~~
- ~~AVR-udgangssignaler fra dæmpetilsats (PSS) (hvis et separat signal er til rådighed).~~
- ~~AVR-signaler (alarmer) for aktivering af begrænserfunktioner.~~
- ~~Generatorens omløbshastighed.~~
- ~~Frekvensrespons for magnetiseringsystemet og dæmpetilsats (PSS) (V_t/V_{ref}).~~
- ~~Setpunkter for:~~
 - ~~Aktiv effektregulering.~~
 - ~~Effektfaktor regulering ($\cos \phi$ regulering).~~
 - ~~Q-regulering (Mvar regulering).~~
 - ~~Spændingsregulering.~~
 - ~~Frekvens eller hastighedsregulering.~~
- ~~Signal for aktivering af systemværn.~~

4.1.2.3 Påkrævet signalomfang ved verifikation af asynkrone produktionsanlæg

Som minimum skal følgende målesignaler optages i forbindelse med de gennemførte typetest og den gennemførte overensstemmelsesprøvning ved produktionsanlæggets idriftsættelse til brug for den efterfølgende modelverifikation:

- ~~Aktiv effekt – målt i nettilslutningspunkttilslutningspunktet.~~
- ~~Reaktiv effekt – målt i nettilslutningspunkttilslutningspunktet.~~
- ~~Fasespændinger – målt i nettilslutningspunkttilslutningspunktet.~~
- ~~Fasestrømme – målt i nettilslutningspunkttilslutningspunktet.~~
- ~~Netfrekvens – målt i nettilslutningspunkttilslutningspunktet.~~
- ~~Aktiv effekt – målt ved primærsiden af maskintransformer.~~
- ~~Reaktiv effekt – målt ved primærsiden af maskintransformer.~~
- ~~Fasespændinger – målt ved primærsiden af maskintransformer.~~
- ~~Fasestrømme (resulterende) – målt ved primærsiden af maskintransformer.~~
- ~~Fasestrømme (aktiv komponent) – målt ved primærsiden af maskintransformer.~~
- ~~Fasestrømme (reaktiv komponent) – målt ved primærsiden af maskintransformer.~~
- ~~Kontrolsignaler (alarmer) for aktivering af *fault ride through* funktioner.~~
- ~~Generatorens omløbshastighed – hvor dette er relevant.~~
- ~~Setpunkter for:~~
 - ~~Aktiv effektregulering.~~
 - ~~Effektfaktor regulering ($\cos \phi$ regulering).~~
 - ~~Q-regulering (Mvar regulering).~~
 - ~~Spændingsregulering.~~
 - ~~Frekvens eller hastighedsregulering.~~
- ~~Signal for aktivering af systemværn.~~
- ~~Andre specifikke krav for signaler identificeret af systemoperatøren.~~

4.1.3 — Verifikationskrav til transient simuleringsmodel (EMT-model)

Identisk med verifikationskrav til RMS-model, jf. Afsnit 4.1.2.

4.1.4 — Verifikationskrav til harmonisk simuleringsmodel

Intet krav om modelverifikation.

5. Referencer

1. Kommissionens Forordning (EU) 2016/631 af 14. april 2016 om fastsættelse af netregler om krav til produktionsanlæg.
- ~~2.~~ [RFG-Bilag 1, Krav fastsat i henhold til EU-forordning 2016/631 \(RFG\).](#)
- ~~3.~~ IEEE Standard 421.5: Recommended Practice for Excitation System Models for Power System Stability Studies.
- ~~4.~~ IEEE Dynamic Models for Turbine-Governors in Power System Studies PES-TR1.
- ~~5.~~ P. Kundur, Power System Stability and Control, McGraw-Hill, 1994.
5. [IEC 61400-21: Wind turbines – Part 21: Measurement and assessment of power quality characteristics of grid connected wind turbines.](#)
6. IEC 61400-27-2: Wind turbines – Part 27-2: Electrical simulation models – Model validation.
7. IEC 61000-3-6: Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3-6: Limits - Assessment of emission limits for the connection of distorting installations to MV, HV and EHV power systems.
8. [IEC 61400-21-1: Wind energy generation systems – Part 21-1: Measurement and assessment of electrical characteristics – Wind turbines.](#)
9. [IEC 61400-21-2: Wind energy generation systems – Part 21-2: Measurement and assessment of electrical characteristics – Wind power plants.](#)

Kommenterede [SBS94]: Opdateret til nyeste

Kommenterede [SBS95]: Opdateret standard navn. Vestas efterspørger 61400-21-2, kan vi bruge den, selvom den ikke er udkommet endnu ?

Kommenterede [SBS96]: Opdateret til nyeste

Bilag 1

Synkron produktionsanlæg

Signaler omfattet af modelverifikationskravet:

- Aktiv effekt – målt i [nettilslutningspunkttilslutningspunkt](#)et.
- Reaktiv effekt – målt i [nettilslutningspunkttilslutningspunkt](#)et.
- Fasespændinger – målt i [nettilslutningspunkttilslutningspunkt](#)et.
- Fasestrømme – målt i [nettilslutningspunkttilslutningspunkt](#)et.
- Feltstrøm – målt ved generatorklemmerne (eller for magnetiseringsmaskine, hvis anvendt).
- Feltspænding - målt ved generatorklemmerne (eller for magnetiseringsmaskine, hvis anvendt).
- Generatorens omløbshastighed.
- Frekvensrespons for kontrol- og reguleringssystemmodeller.

Asynkron produktionsanlæg

Signaler omfattet af modelverifikationskravet:

- Aktiv effekt – målt i [nettilslutningspunkttilslutningspunkt](#)et (eller ved primærsiden af maskintransformer ved typetest).
- Reaktiv effekt – målt i [nettilslutningspunkttilslutningspunkt](#)et (eller ved primærsiden af maskintransformer ved typetest).
- ~~Fasestrømme (aktiv komponent) – målt i [nettilslutningspunkttilslutningspunkt](#)et (eller ved primærsiden af maskintransformer ved typetest). [Kun relevant for nøjagtighedskrav i forbindelse med momentane spændingsændringer.](#)~~
- ~~Fasestrømme (reaktiv komponent) – målt i [nettilslutningspunkttilslutningspunkt](#)et (eller ved primærsiden af maskintransformer ved typetest). [Kun relevant for nøjagtighedskrav i forbindelse med momentane spændingsændringer.](#)~~
- ~~_____~~

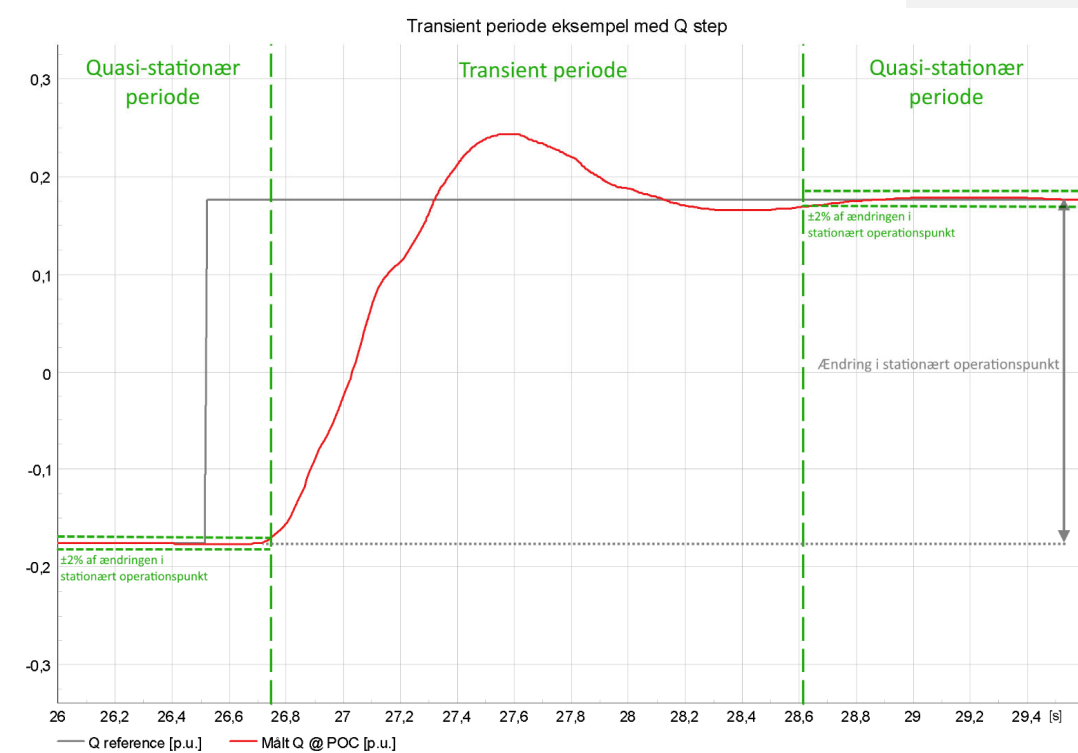
Bilag 2

Definition af "transient" og "quasi-stationær" periode er illustreret på [Figur 3](#).

Den transiente periode begynder, første gang, at differencen mellem produktionsanlæggets responskurve og den forrige stationære værdi overstiger $\pm 2\%$ af ændringen i det stationære operationspunkt.

Den transiente periode slutter, når produktionsanlægget forbliver reguleret inden for $\pm 2\%$ af ændringen i stationært operationspunkt fra den endelige stationære værdi.

Den del af responset, der ikke er i en transient-periode, er i en quasi-stationær periode.



Figur 3 – Eksempel på den transiente periode, som den skal defineres fra den målte respons (rød).

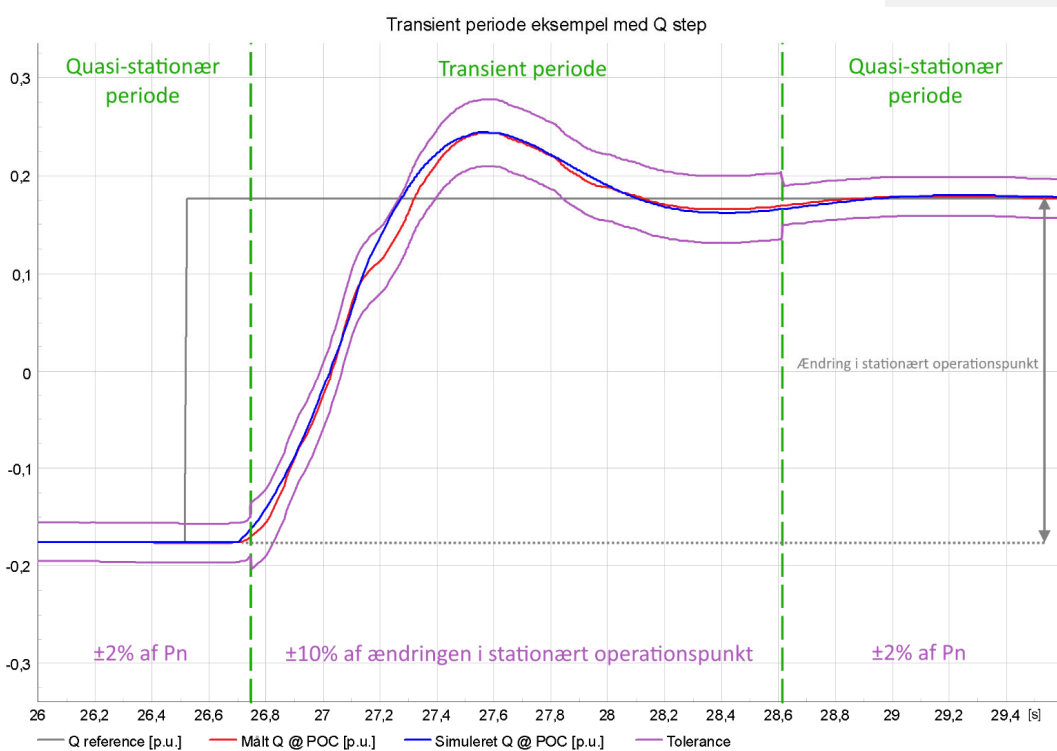
Nøjagtighedskrav for hver af perioderne "transient" og "quasi-stationær" er illustreret på [Figur 4](#).

3) I den transiente periode skal den absolutte difference mellem produktionsanlæggets respons og RMSPDT-simuleringsmodellens korresponderende respons, til enhver tid være inden for den mindst restriktive af følgende tolerancer:

c) 10% af produktionsanlæggets ændring i stationærværdien.

d) 2% af produktionsanlæggets nominelle effekt.

4) I den quasi-stationære periode skal den absolutte difference mellem produktionsanlæggets respons og RMSPDT-simuleringsmodellens korresponderende respons være inden for en tolerance på 2% af produktionsanlæggets nominelle effekt.



[Figur 4](#) – Samme eksempel som [Figur 3](#), her med den simulerede respons overlejret (blå) og tolerancerne påtegnet (lilla). Ændringen i det stationære operationspunkt er på 0,35 p.u., og derved bliver tolerancen i den transiente periode $\pm 0,035$ p.u.