

Dynamiska kraftsystemmodeller – Processer, format och vägledning för datautbyte av systemdriftinformation

I enlighet med artikel 40.6 och 40.7 i kommissionens förordning (EU) 2017/1485 av den 2 augusti 2017 om fastställande av riktlinjer för driften av elöverföringssystem

Svenska Kraftnät

Svenska kraftnät är ett statligt affärsverk med uppgift att förvalta Sveriges transmissionsnät för el, som omfattar ledningar för 400 kV och 220 kV med stationer och utlandsförbindelser. Vi har också systemansvaret för el. Vi utvecklar transmissionsnätet och elmarknaden för att möta samhällets behov av en säker, hållbar och ekonomisk elförsörjning. Därmed har Svenska kraftnät också en viktig roll i klimatpolitiken.

Version 1.0

Org. Nr 202 100-4284

Svenska kraftnät
Box 1200
172 24 Sundbyberg
Sturegatan 1

Tel: 010-475 80 00
Fax: 010-475 89 50
www.svk.se

Innehåll

1	Introduktion	10
1.1	Bakgrund	10
1.2	Syfte	10
2	Omfattning och avgränsningar	12
2.1	RMS-modeller	12
2.2	EMT-modeller	16
3	Roller och ansvar	17
3.1	Ägare av kraftproduktionsmoduler	17
3.2	Ägare av distributionssystem (DSO)	17
3.3	Svenska kraftnät	18
4	Kraftsystemhubben	19
4.1	Utbyte av dynamiska modeller i Kraftsystemhubben	19
5	Informationssäkerhet, informationsklassning och tillgång till information	21
6	Beroenden till övriga informationsmängder	23
6.1	Statisk kraftsystemmodell	23
6.2	Strukturinformation för datautbytet	23
7	Övergripande kommentar om införandeplaner och insamlingsmallar	24
8	Modeller av synkrona kraftproduktionsmoduler	25
8.1	Krav på RMS-modeller	25
8.2	Införandeplan	27
8.2.1	Skede 1 - Innan idrifttagning av Kraftsystemhubben	27
8.2.2	Skede 2 - När Kraftsystemhubben är drifttagen	29
9	Modeller av kraftparksmoduler	31
9.1	Krav på RMS-modeller	31
9.2	Krav på EMT-modeller	32

9.3	Införandeplan.....	33
9.3.1	Skede 1 – Innan idrifttagning av Kraftsystemhubben	33
9.3.2	Skede 2 - När Kraftsystemhubben är drifttagen	33
10	Modeller av automatiker och skydd i distributionssystem ...	34
10.1	Krav på RMS-modeller	34
10.2	Införandeplan.....	36
10.2.1	Skede 1 – Innan idrifttagning av Kraftsystemhubben.....	36
10.2.2	Skede 2 - När Kraftsystemhubben är drifttagen.....	37

Ordlista och begrepp

Ord/begrepp	Förklaring
AFK	Automatisk förbrukningsbortkoppling (AFK).
ARISTO	Advanced Realtime Interactive System for Training and Operation (ARISTO) är en interaktiv kraftsystemsimulator som används för att träna och utbilda operatörer och annan driftpersonal samt för olika typer av analysändamål.
Betydande nätanvändare	<p>En betydande nätanvändare såsom definieras i System Operation Guidelines (se SO i ordlistan) kan vara någon av följande:</p> <p>a) Befintliga och nya kraftproduktionsmoduler som är klassificerade, eller skulle kunna klassificeras, som typ B, C och D i enlighet med kriterierna i artikel 5 i Grid Connection of Generators, RfG (se RfG i ordlistan).</p> <p>b) Befintliga och nya förbrukningsanläggningar som är anslutna till överföringssystem.</p> <p>c) Befintliga och nya slutna distributionssystem som är anslutna till överföringssystem.</p> <p>d) Befintliga och nya förbrukningsanläggningar, slutna distributionssystem och tredje parter, om de tillhandahåller efterfrågefleksibilitet direkt till den systemansvarige för ett överföringssystem i enlighet med kriterierna i artikel 27 i Demand Connection Code, DCC (se DCC i ordlistan).</p> <p>e) Leverantörer av omdirigering av kraftproduktionsmoduler eller förbrukningsanläggningar genom aggregering samt leverantörer av aktiva reserver i enlighet med del IV avdelning 8 i SO.</p> <p>f) Befintliga och nya system för högspänd likström i enlighet med kriterierna i artikel 3.1 i High Voltage Direct Current Connections, HVDC-koden (se HVDC-koden i ordlistan).</p>
DCC	Demand Connection Code (DCC), kommissionens förordning (EU) 2016/1388 ¹ av den 17 augusti 2016 om fastställande av nätföreskrifter för anslutning av förbrukare.
DSO	Distribution System Operator (DSO), systemansvarig för distributionssystem. I Sverige regionnätägare och lokalnätägare. Ägare till s.k. icke koncessionspliktiga nät (industrinät) räknas i vissa sammanhang som DSO och har då samma skyldigheter som region- och lokalnätägare. En DSO kan äga både lokal- och regionnät.

¹ Dokumentet finns för nedladdning (PDF) via: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R1388&from=EN>

EMT-modell	Elektromagnetisk Transient-modell (EMT-modell). En kraftsystemmodell som representerar kraftsystemet alla tre faser och använder momentanvärden på ström för att beräkna snabba elektromagnetiska transienter.																				
HVDC-koden	High Voltage Direct Current Connections (HVDC), kommissionens förordning (EU) 2016/1447 ² av den 26 augusti 2016 om fastställande av nätföreskrifter med krav för nätanslutning av system för högspänd likström och likströmsanslutna kraftparksmoduler.																				
IEC-modeller	I denna rapport en benämning på de generiska modeller för vindkraft som IEC har utvecklat enligt standarden IEC 61400–27-1.																				
KORRR	Key Organisational Requirement Roles and Responsibilities (KORRR) ³ . Förslag från alla systemansvariga för överföringssystem avseende viktiga organisatoriska krav, roller och ansvarsområden när det gäller datautbyte i enlighet med artikel 40.6 i kommissionens förordning (EU) 2017/1485 ⁷ av den 2 augusti 2017 om fastställande av riktlinjer för driften av elöverföringssystem. Metod framtagen av alla berörda TSO:er och godkänd av alla berörda tillsynsmyndigheter, dvs. Energimarknadsinspektionen (Ei) för svensk del.																				
Kraftproduktionsmodul	<p>Definieras i RfG (se RfG i ordlistan). En kraftproduktionsmodul är antingen en synkron kraftproduktionsmodul (synkrogenerator) eller en kraftparksmodul.</p> <p>Nedanstående tabell visar klassificering enligt RfG, och som relateras till i detta dokument.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tröskelvärden för</th> <th>Typ A</th> <th>Typ B</th> <th>Typ C</th> <th>Typ D</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Maxeffekt</td> <td>≥ 0,8 kW</td> <td>≥ 1,5 MW</td> <td>≥ 10 MW</td> <td>≥ 30 MW</td> </tr> <tr> <td></td> <td>och</td> <td>och</td> <td>och</td> <td>eller</td> </tr> <tr> <td>Anslutningsspänning</td> <td>< 110 kV</td> <td>< 110 kV</td> <td>< 110 kV</td> <td>≥ 110 kV</td> </tr> </tbody> </table>	Tröskelvärden för	Typ A	Typ B	Typ C	Typ D	Maxeffekt	≥ 0,8 kW	≥ 1,5 MW	≥ 10 MW	≥ 30 MW		och	och	och	eller	Anslutningsspänning	< 110 kV	< 110 kV	< 110 kV	≥ 110 kV
Tröskelvärden för	Typ A	Typ B	Typ C	Typ D																	
Maxeffekt	≥ 0,8 kW	≥ 1,5 MW	≥ 10 MW	≥ 30 MW																	
	och	och	och	eller																	
Anslutningsspänning	< 110 kV	< 110 kV	< 110 kV	≥ 110 kV																	

² Dokumentet finns för nedladdning (PDF) via: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R1447&from=EN>

³ Dokumentet finns för nedladdning (PDF) via: https://eepublicdownloads.entsoe.eu/clean-documents/nc-tasks/SOGL/SOGL_A40.6_180227_KORRR_180314.pdf

Kraftparksmodul	<p>Enligt definition i RfG (se RfG i ordlistan): En kraftparksmodul är en eller flera elproduktionsenheter (t.ex. vindkraftverk eller solpaneler) som antingen är asynkront anslutna till nätet eller anslutna via kraftelektronik, och som dessutom har en enda anslutningspunkt till elnätet.</p> <p>Asynkront anslutna elproduktionsenheter bör, om de är samlade så att de tillsammans utgör en ekonomisk enhet och om de har en gemensam anslutningspunkt, bedömas efter sin sammanlagda kapacitet.</p>
Kraftproduktionsanläggning	En (kraft)produktionsanläggning består av en eller flera kraftproduktionsmoduler som är anslutna till elnätet i en eller flera anslutningspunkter.
Kraftsystemhubben	Kraftsystemhubben kommer vara det nav där aktörer levererar och hämtar data. Syftet med Kraftsystemhubben är att förenkla datautbytet mellan aktörer i kraftsystemet, för att på så sätt uppnå effektivare processer och arbetssätt. Mer information finns på hemsidan Kraftsystemhubben ⁴ .
Kraftsystemobjekt	Kraftsystemobjekt är ett samlingsbegrepp för den utrustning som ingår i ett kraftsystem, dvs. transformator, generator, ledningssegment, reaktor, kondensator, brytare, fränkskiljare, etc.
Modellansvar	Ansvar för att se till att ett visst kraftsystemobjekt eller anläggning finns modellerad i en specifik kraftsystemmodell.
Nätmodell, kraftsystemmodell	Datauppsättning som beskriver ett elkraftsystems egenskaper, elektriska parametrar för ingående kraftsystemobjekt och hur dessa är kopplade till varandra. En fullständig nätmodell består av tre delar, lastflödesmodell, felströmsmodell och dynamisk modell. Till lastflödesmodellen kopplas inmatningar, produktioner och laster.
Nätvärn	<p>Nätvärn är ett samlingsnamn för de funktioner som har till uppgift att automatiskt göra ingrepp i nätet vid försvagat nät eller i samband med driftstörningar. I begreppet nätvärn ingår följande automatiker:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Produktionsfrånkoppling (PFK) - Systemvärn - Automatisk förbrukningsfrånkoppling (AFK) - Extremspänningsautomatik (EXA)

⁴ Webbplats: <https://www.svk.se/kraftsystemhubben>

Observerbarhetsområde	<p>En TSO:s eget överföringssystem och relevanta delar av anslutna DSO:ers distributionssystem samt angränsande TSO:ers överföringssystem. TSO:n ansvarar för övervakning och modellering i realtid för observerbarhetsområdet för att bibehålla driftsäkerheten i sitt kontrollområde, inklusive externa anslutningar.</p> <p>Kort beskrivet kan observerbarhetsområdet i Sverige sägas omfatta:</p> <ul style="list-style-type: none"> > 400 - 70 kV-näten i Sverige. > För spänning < 70 kV, nätelement mellan en kraftproduktionsmodul av typ D och upptransformering mot 130 – 70 kV. <p>Se SvK (2020/672)⁵ och tillhörande förklarande dokument för en fullständig definition.</p> <p>Omfattningen kommer att revideras minst vart tredje år. Det innebär att ytterligare anläggningsdelar med lägre spänningsnivåer kan komma att inkluderas i observerbarhetsområdet.</p>
RfG	<p>Requirements for grid connection of generators (RfG), kommissionens förordning (EU) 2016/631⁶ av den 14 april 2016 om fastställande av nätföreskrifter med krav för nätanslutning av generatorer.</p>
RMS-modell	<p>Root-Mean-Square-modell. En effektivvärdesmodell där objekten är modellerade med teorin om symmetriska komponenter.</p>
SCR	<p>Short-Circuit-Ratio (SCR). I denna rapport relevant för kraftparksmoduler. Beräknas utifrån kortslutningseffekten (MVA) i anslutningspunkten, utan kraftparksmodulen ansluten, dividerat med den installerade effekten (MW) hos kraftparksmodulen.</p>
SO	<p>System Operation Guidelines (SO), kommissionens förordning (EU) 2017/1485⁷ av den 2 augusti 2017 om fastställande av riktlinjer för driften av elöverföringssystem.</p>

⁵ Dokumentet finns för nedladdning (PDF) via: https://www.svk.se/contentassets/c7ba36defb8c47fe91ea01455421a966/definition_av_observerbarhetsomradet_v1.0.pdf

⁶ Dokumentet finns för nedladdning (PDF) via: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R0631&from=EN>

⁷ Dokumentet finns för nedladdning (PDF) via: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017R1485&from=EN>

Station	Station avser i detta sammanhang en fördelningsstation, produktionsanläggning, förbrukningsanläggning och/eller energilager. Begreppet station används här endast för att identifiera kraftsystemobjekt och lokalisera dem geografiskt. Kraftsystemobjekten i en station kan ha olika ägare, vilket innebär att en station kan bestå av flera delar med olika ägare, t.ex. anslutande linjer ägs av en DSO, transformatorer och ställverk av en annan och en produktionsanläggning kan vara direktansluten i ett utgående fack.
Synkrona kraftproduktionsmoduler	Enligt kommissionens förordning (EU) 2016/631 ⁶ : En odelbar uppsättning av apparater som kan generera elektrisk energi så att frekvensen av den genererade spänningen, generatorns varvtal och nätspänningens frekvens har ett konstant förhållande och därmed är synkroniserade.
TSO	Transmission System Operator (TSO), systemansvarig för överföringssystemet. Svenska kraftnät är TSO i Sverige, Statnett är TSO i Norge, Fingrid är TSO i Finland och Energinet är TSO i Danmark.
WECC-modeller	I denna rapport en förkortning för de generiska modeller, så kallade Renewable Energy System models, som organisationen Western Electricity Coordinating Council (WECC) har utvecklat och som ger en RMS-representation av en kraftparksmodul.
Överföringssystem	Det transmissionsnät som TSO förvaltar och driver.
Övergripande reglersystem för spänningsreglering och/eller reaktiv effektreglering	Avser exempelvis ett reglersystem som mäter en spänning eller ett reaktivt effektlöde i en punkt, och som utifrån en logik kommunicerar samt koordinerar börvärden och/eller kopplingslägen hos produktionsanläggningar, lindningskopplare, shuntreaktorer eller kondensatorbatterier.

1 Introduktion

1.1 Bakgrund

Omställningen av kraftsystemet ställer allt högre krav på systemoperatörerna för att kunna bibehålla ett stabilt kraftsystem och upprätthålla driftsäkerheten. För att kunna hantera framtida utmaningar, uppfylla lagkrav och fortsatt ta ansvar för en säker systemdrift behöver Svenska kraftnät etablera ett utökat datautbyte av systemdriftinformation för att upprätthålla systemstabiliteten. Genom ett utökat datautbyte med andra aktörer i kraftsystemet möjliggörs automatisering, förbättring och nyutveckling av verktyg för systemdriften.

Svenska kraftnät har tidigare publicerat dokumentet *Införande av krav, processer och vägledning för datautbyte av systemdriftinformation (Svk 2020/2824-5)*⁸. Dokumentet ger en övergripande introduktion till datautbytet och beskriver vilken nytta ett utökat datautbyte kommer att ge för driften av det svenska kraftsystemet. Utöver det övergripande dokumentet kommer åtta stycken delrapporter publiceras. Delrapporterna fokuserar på ett visst område och beskriver specifika processer och format som systemansvariga enats om för datautbytet inom respektive område. Delrapporterna innehåller också mallar och vägledande information till marknadens aktörer. Denna rapport är ett av dessa åtta stycken delrapporter.

Innehållet i rapporten grundas i artiklarna 43, 45, 48 och 51 från SO samt §1-4, kapitel 3, i EIFS 2019:7 som på ett övergripande sätt beskriver den strukturdata som DSO och ägare av kraftproduktionsmoduler ska tillhandahålla Svenska kraftnät. Dessutom bygger rapporten på det godkända förslaget KORRR (Key Organisational Roles Requirements and Responsibilities) från ENTSO-E.

1.2 Syfte

Rapporten syftar till att fastlägga krav och omfattning av datautbyte av dynamiska kraftsystemmodeller mellan Svenska kraftnät, DSO och ägare av kraftproduktionsmoduler. Dessa modeller används för dynamiska simuleringar, bland annat för att övervaka och bestämma dynamisk stabilitet i enlighet med artikel 38 i SO, men också för att uppfylla de effektmål som beskrivs i Svk 2020/2824-5⁸. Rapporten innebär att datautbytet effektiviseras

⁸ Rapporten finns för nedladdning (PDF) via: <https://www.svk.se/utveckling-av-kraftsystemet/systemansvar--elmarknad/kraftsystemhubben/datautbyte-legala-forutsattningar-och-krav/>

och formaliseras, vilket leder till höjd kvalitet på de dynamiska kraftsystemmodeller som Svenska kraftnät och andra aktörer använder sig av för att säkerhetsställa driftsäkerheten av kraftsystemet.

2 Omfattning och avgränsningar

Rapporten är avgränsad till att gälla dynamiska kraftsystemmodeller för system och anläggningar, främst befintliga sådana, med stöd av kommissionens förordning (EU) 2017/1485⁷ av den andra augusti 2017 (SO). Annan eller ytterligare information vad gäller dynamiska kraftsystemmodeller i enlighet med kommissionens förordning (EU); 2016/631⁶ av den 14 april 2016 (RfG), 2016/1388¹ av den 17 augusti 2016 (DCC), och 2016/1447² av den 26 augusti 2016 (HVDC-koden), omfattas inte av denna rapport.

Rapportens innehåll har diskuterats i dialog med berörda parter inom elbranschen för att säkerhetsställa att de krav och processer som fastställs är effektiva och praktiskt genomförbara. Dialogen har ägt rum i tre olika undergrupper där varje grupp haft en serie med möten. Varje undergrupp har diskuterat modeller för olika typer av kraftsystemobjekt. Därmed har olika aktörstyper inom branschen berörts vilket ställt krav på deltagare med olika typer av teknisk kompetens. Undergrupperna har varit följande:

- Modeller för synkrona kraftproduktionsmoduler
- Modeller för kraftparksmoduler
- Modeller för automatiker och skydd i distributionssystem.

Den senare delen av rapporten är uppdelad i olika kapitel utifrån dessa undergrupper, kapitel 8, 9 och 10.

Vid framtagandet av denna rapport har det inte fastställts för vilka systemdrifttillstånd modellerna är giltiga. Fokus har istället legat på normalt drifttillstånd och skärpt drifttillstånd.

De typer av dynamiska kraftsystemmodeller som Svenska kraftnät behöver kan delas in i RMS-modeller och EMT-modeller. EMT-modellerna omfattar även frekvensberoende impedanskaraktäristik. RMS-modellerna och EMT-modellerna skiljer sig åt i detaljeringsgrad och används för olika typer av studier. Omfattningen och avgränsningarna mellan modelltyperna skiljer sig därmed åt och beskrivs i avsnitt 2.1 och 2.2.

2.1 RMS-modeller

RMS-modeller eller Root-Mean-Square modeller grundar sig på teorin om symmetriska komponenter och innebär beräkningar med effektivvärden för ström och spänning. Svenska kraftnät använder RMS-modellerna för att studera klassiska stabilitetsfenomen som frekvensstabilitet, rotorvinkelstabilitet och spänningsstabilitet. Hos Svenska kraftnät görs detta i

dagsläget i simuleringsverktygen PSS®E och ARISTO och exempelvis i samband med följande:

- Under avbrottsanalys, där överföringskapaciteter beräknas och avhjälpande åtgärder tas fram.
- Under nätplaneringen, när bland annat nätförstärkningar eller anslutningsärenden utreds.
- För att i efterhand undersöka systemstörningar som inträffat.
- Vid framtagning och utvärdering av tekniska funktionskrav på utrustning och anläggningar.
- Vid driftrelaterade tester av hur nätet kan köras i extrema situationer som exempelvis ödrift och dödnätsstart.

Dessutom används hela eller delar av Svenska kraftnäts modeller av de andra nordiska TSO:erna, av DSO, av ägare av produktionsanläggningar och av annan tredje part för olika stabilitetsstudier.

För de RMS-modeller som Svenska kraftnät efterfrågar och de studier de används för gäller dessutom:

- Studierna görs ofta på delar av kraftsystemet eller på kraftsystemet som helhet, men mer sällan på enskilda aggregat och anläggningar.
- Modeller över kraftproduktionsmoduler ska representera modulens beteende i anslutningspunkten, vilket inkluderar börvärdesändringar och externa händelser i nätet. Det senare innefattar trefasfel, planerade och oplanerade till- och fränkopplingar av kraftsystemobjekt, spänningsstörningar samt frekvensstörningar. Modellerna behöver inte kunna representera händelser inom kraftproduktionsmodulens egna nät, exempelvis i uppsamlingsnätet för en kraftparksmodul. I de fall detta är nödvändigt att studera, används istället EMT-modeller.
- RMS-modellerna omfattar endast plusföljdsdata och 50 Hz-komponenten.
- Studierna omfattar elektromekaniska fenomen med tidsupplösningar på runt 5 ms och pendlingar med frekvenser normalt mellan 0.1-3 Hz. För studier av frekvensreglerförlopp är också långsammare fenomen av intresse.
- Simuleringstider varierar från några sekunder till flertalet timmar beroende på typ av studie.
- Modeller för kraftparksmoduler förväntas vara representativa för en SCR åtminstone ner till 3.

De objekt som ska modelleras med en dynamisk RMS-modell är följande:

- För synkrona kraftproduktionsmoduler:
 - Synkronmaskinen
 - Magnetiseringssystemet
 - Turbin- och turbinreglering
 - Lindningskopplautomatik och övermagnetiseringsskydd hos aggregattransformatorn
 - Över- och underspänningsskydd samt över- och underfrekvensskydd.
- För kraftparksmoduler:
 - Den enskilda kraftproduktionsenhetens (exempelvis vindkraftsturbinens)
 - Primära drivkraft
 - Generator och omriktare
 - Reglersystem för aktiv och reaktiv effekt
 - Över- och underspänningsskydd samt över- och underfrekvensskydd
 - Parkregulator
 - Lindningskopplautomatik för parktransformator
 - Eventuella extremspänningsautomatiker för reaktorer och kondensatorbatterier inom kraftparksmodulen
- För automatiker och skydd i distributionssystem:
 - Lindningskopplautomatiker för transformatorer, inklusive fasvridande transformatorer
 - Extremspänningsautomatiker för reaktorer och kondensatorbatterier
 - Lindningskopplautomatiker för reaktorer

- Övergripande reglersystem för spänningsreglering och/eller reaktiv effektregering⁹
- Övriga nätvärn, produktionsnedstyrningar och ledningsbortkopplingar
- FACTS och HVDC
- Överlastskydd för ledningar
- Överlastskydd för transformatorer
- Övermagnetiseringsskydd för transformatorer
- Spännings- och frekvensskydd för förbrukningsanläggningar som inte är AFK

Modeller över aggregerade lasters dynamiska beteende, utöver frekvens och spänningsskydd, behandlas inte i denna rapport då ett parallellt projekt pågår med de nordiska TSO:erna inom detta ämnesområde.

Utöver detta gäller följande angående RMS-modellerna:

- Endast kraftsystemobjekt belägna inom observerbarhetsområdet omfattas av kraven i denna rapport.
- I de fall en kraftproduktionsmodul omfattas av RfG och har tillhandahållit simuleringsmodeller eller dataunderlag för hela eller delar av dess anläggning, med avseende på exempelvis synkronmaskinen, magnetiseringssystem och så vidare, har de även uppfyllt kraven för motsvarande delar i denna rapport. Detsamma gäller för distributionssystem som omfattas av kraven i DCC.
- Om ändringar i inställningar görs som innebär att modellerna behöver uppdateras, ska detta göras oavsett ifall modellerna har tillhandahållits i samband med RfG, DCC eller kraven i denna rapport.

⁹ Avser exempelvis ett reglersystem som mäter en spänning eller ett reaktivt effektlöde i en punkt, och som utifrån en logik kommunicerar samt koordinerar börvärden och/eller kopplingslägen hos produktionsanläggningar, lindningskopplare, shuntreaktorer eller kondensatorbatterier.

2.2 EMT-modeller

EMT-modeller används generellt för att studera elektromagnetiska fenomen och för olika typer av interaktionsstudier, det vill säga fenomen och studier där varken RMS-modellernas bandbredd eller detaljeringsgrad är tillräcklig. EMT-modellerna modellerar kraftsystemets alla tre faser och visar, till skillnad från RMS-modellerna, momentanvärden för ström och spänning. Modellerna som krävs är därför betydligt mer komplexa jämfört med RMS-modellerna och en EMT-modells representation av en anläggnings kontrollsystem är ofta mer eller mindre identisk med det verkliga systemet.

Risken för uppkomst av olika interaktionsfenomen blir allt större när mer omriktaransluten produktion, förbrukning och HVDC-länkar ansluts till systemet. Dessutom innebär fler AC-kablar i kraftsystemet att risken för vissa interaktionsfenomen ökar. Även om synkrona kraftproduktionsmoduler kan delta i vissa interaktionsfenomen är det främst kraftparksmoduler som riskerar att interagera. Därmed är det främst kraftparksmoduler som Svenska kraftnät behöver EMT-modeller för och som kravställs i denna rapport.

Dessutom krävs inte EMT-modeller för alla kraftparksmoduler utan endast sådana som Svenska kraftnät bedömer kan interagera med andra system på ett negativt sätt. Det kan exempelvis vara kraftparksmoduler i närheten av seriekondensatorstationer som byggs om eller i närheten av kommande HVDC-länkar. EMT-modellerna kommer inkludera en Thevenin-ekvivalent i anslutningspunkten inom åtminstone följande frekvensområden, 5-45 Hz respektive 50-2500 Hz.

3 Roller och ansvar

SO och EIFS 2019:7 beskriver roller och ansvarsområden avseende datautbyte av dynamiska modeller för systemansvarig för överföringssystemet, systemansvarig för distributionssystemet och ägare av kraftproduktionsmoduler. Dessutom beskriver KORRR övergripande ansvar gällande tillhandahållande av strukturdata som även är tillämpligt på de dynamiska modellerna. I detta kapitel sammanfattas de tolkningar och tillämpningar som Svenska kraftnät gjort utifrån dessa artiklar för att få ett effektivt datautbyte med hänsyn taget till förutsättningar som finns i dagsläget. Roller och ansvarsområden kan komma att ändras ifall förutsättningar och behov ändras i framtiden.

3.1 Ägare av kraftproduktionsmoduler

Ägare av kraftproduktionsmoduler är ansvariga för att tillhandahålla färdiga modeller eller modellunderlag för att ta fram dynamiska modeller, för de kraftproduktionsmoduler som de äger och som finns innanför observerbarhetsområdet. Formatet för modellunderlag är antingen ifyllda mallar eller separata dokument. Formatet för färdiga modeller är något av de format som Svenska kraftnäts simuleringsverktyg använder, exempelvis PSS®E eller PSCAD. Detaljer kring detta specificeras i avsnitten 8.1, 9.1 och 9.2. Ägaren ska löpande rapportera ändringar och korrigeringar av uppgifterna i dessa mallar, dokument eller modeller.

3.2 Ägare av distributionssystem (DSO)

DSO är ansvarig att tillhandahålla underlag för framtagning av dynamiska modeller för sina automatiker och skydd inom observerbarhetsområdet, och som nämns i avsnitt 2.1. Beroende på typ av automatik eller skydd sker detta på olika sätt, se kapitel 10. Dessutom är DSO ansvarig för att inhämta information om de förbrukningsanläggningar som finns anslutna i DSO:s nät. DSO ska löpande rapportera förändringar och felaktigheter i de uppgifter som de tillhandahåller. DSO ska även ge uppgifter om vilka kraftproduktionsmoduler som finns anslutna i DSO:s nät.

3.3 Svenska kraftnät

Svenska kraftnät är ansvarig för att ta emot modeller och modellunderlag från DSO och ägare av kraftproduktionsmoduler och implementera dessa i sina simuleringsverktyg över kraftsystemet. Det inkluderar att ta fram dynamiska modeller för de fall när endast modellunderlag har erhållits. Svenska kraftnät ska kunna förse ägaren av en kraftproduktionsmodul eller DSO med en dynamisk modell över deras anläggningar och kraftsystemobjekt som har tagits fram utifrån erhållet underlag, om så önskas. Utöver detta ska Svenska kraftnät kunna tillhandahålla en sammantagen modell över det svenska kraftsystemet inkluderande dynamiska modeller till TSO:erna i det nordiska synkronområdet.

4 Kraftsystemhubben

Gemensamt för olika typer av datautbyte är relationen till de faktiska kraftsystemobjekten som utgör kraftsystemet. Realtidseffekten mäts i en mät punkt i anslutning till en specifik transformator, en produktionsplan avser generatorerna i ett specifikt kraftverk, en dynamisk modell avser en ansluten kraftproduktionsmodul, etc.

Grundstrukturen utgörs således av kraftsystemobjekten i kraftsystemet. Genom att allt datautbyte relaterar till en gemensam grundstruktur möjliggörs och säkerställs analysarbetet som krävs för en säker systemdrift.

Svenska kraftnät utvecklar en Kraftsystemhubb som blir navet för datautbytet av systemdriftinformation mellan de svenska kraftsystemets aktörer. Kraftsystemhubben består av flera olika funktioner, både tekniska och icke-tekniska. En funktion kommer hantera hur kraftsysteminformation som avser datautbytet ska registreras och förvaltas. Där kommer berörda aktörer genom ett behörighetssystem kunna lämna och komma åt information.

Detaljer kring Kraftsystemhubben beskrivs i delrapporten *Strukturinformation för datautbytet - Processer, format och vägledning för utbyte av systemdriftinformation* ([Svk 2020/2824-12](#))¹⁰.

4.1 Utbyte av dynamiska modeller i Kraftsystemhubben

En för utbytet av dynamiska modeller viktig funktion är en säker kanal för utbyte av filer. Utbytta filer registreras, kategoriseras, versionhanteras och relateras till kraftsystemobjekt, kraftproduktionsmodul, station eller aktör beroende på typ av fil.

Gällande insamlingsmallar och eventuella instruktioner för dynamiska parameterdata ska kunna laddas ner av berörda aktörer.

I Kraftsystemhubben ska ägaren av en kraftproduktionsmodul kunna:

- Ladda upp följande filer:

¹⁰ Rapporten finns för nedladdning på Svenska kraftnäts webbplats (PDF) via: <https://www.svk.se/utveckling-av-kraftsystemet/systemansvar-elmarknad/kraftsystemhubben/datautbyte-legala-forutsattningar-och-krav/>

- De insamlingsmallar som denna rapport berör.
 - Övrig teknisk dokumentation som ska tillhandahållas utöver insamlingsmallarna, exempelvis modellbeskrivningar, provningsprotokoll och kapabilitetskurvor.
 - Färdiga modeller på PSS®E-format: både DYR- och DLL-filer.
- Se vilka filer som har skickats in för varje kraftproduktionsmodul.
 - Filtrera bland sina kraftproduktionsmoduler, exempelvis utifrån status vad gäller levererade modellunderlag och modeller.
 - Få notiser vid ändrad status gällande en dataleverans, exempelvis när Svenska kraftnät har godkänt en leverans eller när den behöver kompletteras för en kraftproduktionsmodul.

DSO:er ska kunna:

- Ladda upp dokument med dataunderlag för dynamiska modeller för deras kraftsystemobjekt.
- Se vilka filer som har skickats in för varje kraftsystemobjekt.
- Filtrera bland sina kraftsystemobjekt, bland annat utifrån status vad gäller leverans av modellunderlag och modeller.
- Få notiser vid ändrad status gällande en dataleverans, exempelvis när Svenska kraftnät har godkänt en leverans eller när den behöver kompletteras för ett kraftsystemobjekt.

Svenska kraftnät ska via Kraftsystemhubben:

- Tillhandahålla dokument och mallar för kraftsystemobjekt och kraftproduktionsmoduler.
- Delge status vad gäller datainsamling för kraftproduktionsmoduler och kraftsystemobjekt till ägare av kraftproduktionsmoduler respektive DSO.
- Antingen godkänna eller hänvisa till att en insamlingsmall behöver kompletteras.

5 Informationsssäkerhet, informationsklassning och tillgång till information

Kraftsystemhubben ska vara designad för att säkert kunna utbyta och hantera den information som beskrivs i denna rapport. Endast de som behöver ha tillgång till en viss datamängd för ett visst objekt ska ha det. Dessutom kommer olika behörigheter samt kontotyper finnas i Kraftsystemhubben för olika aktörer.

Utbytet av information ska kunna ske på ett säkert sätt även innan Kraftsystemhubben är på plats. Utbytesvägarna som föreslås är antingen via mail eller via tjänsten Deaddrop beroende på informationsklassning av den datamängd som utbyts. Svenska kraftnät kan förmedla tillfälliga Deaddrop-konton till aktörer som kan användas för att skicka modeller. Aktörerna behöver därmed inte införskaffa denna tjänst själva.

Informationsklassning av de datamängder som ska utbytas enligt denna rapport pågår och kommer att vara fastställt innan utbytet startar. Informationsklassningen tar hänsyn till konfidentialitet, riktighet och tillräcklighet, se definitioner i textruta. Dessutom görs en bedömning ifall uppgifterna kan bedömas omfattas av sekretess och säkerhetsskydd.

Faktaruta

Standard för klassningsmodeller för säkerhetsarbete

Klassningsmodeller nyttjar aspekterna Konfidentialitet, Riktighet och Tillgänglighet (KRT). De kan i linje med standard beskrivas enligt nedan.

Konfidentialitet: Egenskapen att information inte tillgängliggörs eller avslöjas för obehöriga individer, objekt eller processer.

Riktighet: Egenskapen att informationen är korrekt samt motstå och hantera störning eller skadlig manipulation.

Tillgänglighet: Egenskapen att vara åtkomlig och användbar på begäran av ett behörigt objekt.

Mer information angående både informationsklassning, informationssäkerhet och vem som ska ha tillgång till vilken information finns i delrapporten *Informationssäkerhet för datautbyte av systemdriftsinformation* ([Svk 2020/2824-7](#))¹¹.

¹¹ Rapporten finns för nedladdning på Svenska kraftnäts webbplats (PDF) via: <https://www.svk.se/utveckling-av-kraftsystemet/systemansvar--elmarknad/kraftsystemhubben/datautbyte-legala-forutsattningar-och-krav/>

6 Beroenden till övriga informationsmängder

6.1 Statisk kraftsystemmodell

De insamlingsmallar för synkrona kraftproduktionsmoduler respektive kraftparksmoduler som denna rapport refererar till används även för att ta fram statistiska modeller för deras respektive kraftsystemobjekt. Se mer i delrapporten *Statisk kraftsystemmodell - Processer, format och vägledning för datautbyte av systemdriftinformation* ([Svk 2020/2824-8](#))¹². Dessa statistiska modeller används förutom i PSS@E och ARISTO även i andra system, exempelvis i Svenska kraftnäts SCADA/EMS-system.

6.2 Strukturinformation för datautbytet

I rapporten *Strukturinformation för datautbytet - Processer, format och vägledning för utbyte av systemdriftinformation* ([Svk 2020/2824-12](#))¹² beskrivs grundstrukturen för datautbytet, dvs. de generella strukturdata som behövs för att identifiera kraftproduktionsmoduler och kraftsystemobjekt och som övriga typer av datamängder relaterar till, inklusive dynamiska modeller. En del av den information som efterfrågas i denna rapports bifogade mallar kan senare komma att ingå i Kraftsystemhubbens grundstruktur och därmed utgå ur mallarna.

¹² Rapporten finns för nedladdning på Svenska kraftnäts webbplats (PDF) via: <https://www.svk.se/utveckling-av-kraftsystemet/systemansvar-emarknad/kraftsystemhubben/datautbyte-legala-forutsattningar-och-krav/>

7 Övergripande kommentar om införandeplaner och insamlingsmallar

Den information som ska tillhandahållas Svenska kraftnät är omfattande och kräver stort arbete, både från aktören som ska samla in data och ta fram modeller samt från Svenska kraftnät som ska administrera och bearbeta insamlad data. Därför har införandeplaner tagits fram som ska vara praktiskt genomförbara för alla inblandade aktörer. Behovet att modellera de skilda typerna av kraftsystemobjekt är olika viktigt och insamlingsarbetet har olika praktiska förutsättningar beroende på vilket kraftsystemobjekt som avses. Utifrån detta skiljer sig införandeplanerna åt för de olika modelltyperna i avsnitten 8.2, 9.3 och 10.2.

De insamlingsmallar som beskrivs, refereras till och publiceras i samband med denna rapport är preliminära versioner vars format och innehåll kan komma att justeras i samband med att datautbytet initieras.

8 Modeller av synkrona kraftproduktionsmoduler

Dynamiska modeller över synkrona kraftproduktionsmoduler är centrala för att utföra dynamiska simuleringar och stabilitetsstudier av det svenska kraftsystemet. Många av de RMS-modeller som finns idag över synkrona kraftproduktionsmoduler är dock undermåligt modellerade i brist på rätt modellunderlag. Därför krävs att mer och bättre modellunderlag tillhandahålls av ägare av kraftproduktionsmoduler samt att dessa underlag hålls uppdaterade.

8.1 Krav på RMS-modeller

Ägare av synkrona kraftproduktionsmoduler ska tillhandahålla informationsunderlag som kan användas för att ta fram dynamiska RMS-modeller för ägarens kraftproduktionsmoduler. Det inkluderar information om själva synkronmaskinen, dess magnetiseringssystem samt turbin – och turbinreglering och relevanta skydd. Dessutom ska, i förekommande fall, information om lindningskopplarautomatik för aggregattransformatorn tillhandahållas.

Insamling av underlaget görs via ”Insamlingsmall - Synkron kraftproduktionsmodul.xlsx”. Mallen är uppdelad i olika sektioner som avser olika typer av tekniska uppgifter för kraftproduktionsmodulen där en del är specifika parametervärden som ska fyllas i direkt i mallen, medan annan information ska tillhandahållas som bilagor. Uppgifterna som efterfrågas används också för att ta fram statistiska modeller för kraftproduktionsmodulen som implementeras i Svenska kraftnäts statistiska kraftsystemmodell avseende observerbarhetsområdet.

Nedan visas de olika sektionerna som den preliminära mallen består av:

- Allmänna uppgifter: Innefattar icke-tekniska uppgifter för att identifiera kraftproduktionsmodulens typ, ägare, geografiska placering, storlek och anslutande part. I samband med att Kraftsystemhubben tas i drift kan en del av dessa uppgifter bli redundanta, då de istället kommer finnas inlagda där. Därmed kan uppgifterna tas bort från mallen i ett senare skede.
- Tekniska uppgifter om generatoren: Innehåller information om generatorns elektriska egenskaper som exempelvis reaktanser, tidskonstanter och mättningsparametrar.

- Tekniska uppgifter om magnetiseringssystemet: Beskriver vilken typ av magnetiseringssystem kraftproduktionsmodulen har, inklusive matare, PSS¹³ och vilka begränsare som finns och används. Avsnittet innefattar också vilken reglermod med avseende på reaktiv effekt aggregatet körs med i normal drift.
- Tekniska uppgifter om aggregattransformatorn: Innefattar information om eventuell lindningskopplare eller omsättningskopplare som aggregattransformatorn har.
- Tekniska uppgifter om över- och underspänningsskydd samt över- och underfrekvensskydd: Tas fram i ett senare skede.
- Tekniska uppgifter om turbin och turbinreglering för vattenkraft: Innehåller uppgifter som typ av turbin, vattentidskonstanten, öppningstider och stängningstider för ledskenor samt ifall kraftproduktionsmodulen bidrar med frekvensreglering eller inte. Om kraftproduktionsmodulen inte bidrar med frekvensreglering i något avseende begränsas mängden uppgifter som behövs om turbin och turbinregleringen.
- Tekniska uppgifter om turbin och turbinreglering för värmekraft: Tas fram i ett senare skede.
- Tekniska uppgifter om turbin och turbinreglering för gasturbiner: Tas fram i ett senare skede.
- Allmänna bilagor: Innehåller bilagor som berör alla aggregat oavsett kraftslag och kan vara exempelvis kapabilitetskurvor, tomgångskurvor för generatorn och modellbeskrivningar av magnetiseringssystemet.
- Bilagor vattenkraft: Innehåller bilagor som ska tillhandahållas separat för vattenkraftsaggregat som modellbeskrivning av turbinregulatorn, momentkurvor och kombineringskurvor. Om kraftproduktionsmodulen inte bidrar med frekvensreglering i något avseende begränsas mängden uppgifter som behövs om turbin och turbinregleringen.
- Bilagor värmekraft: Tas fram i ett senare skede
- Bilagor gasturbiner: Tas fram i ett senare skede

¹³ Power System Stabilizer eller på Svenska även kallad dämp tillsats.

Utöver detta är mallen utformad för att kunna visa vilket värde Svenska kraftnät har för en viss uppgift i dagsläget. Därmed finns fyra fält för varje uppgift i mallen. Dessa är enligt följande:

- Nuvarande värde: Visar värdet som Svenska kraftnät har i dagsläget på uppgiften.
- Nytt värde: Aktuellt värde på uppgiften som fylls i av ägaren av kraftproduktionsmodulen.
- Källa: Vart aktuellt värdet på uppgiften kommer ifrån. Fylls i av ägaren av kraftproduktionsmodulen.
- Kommentarer: Eventuella kommentarer från ägaren av kraftproduktionsmodulen angående uppgiften samt dess värde och källa.

Ägaren av kraftproduktionsmodulen ska alltså inte fylla i den första uppgiften, men de tre sistnämnda. Nytt värde ska fyllas i även om det överensstämmer med det Nuvarande värdet, då det annars kan förväxlas med att ägaren exempelvis glömt att fylla i uppgiften.

Om informationen i de insamlingsmallar och dokument som skickas in för en viss kraftproduktionsmodul saknas eller är bristfällig kan det ställas krav på ägaren att genomföra vissa tester och prov, vars resultat kan användas som ersättning för den saknade informationen.

8.2 Införandeplan

Under aktörsmötena som genomförts i arbetsgruppen för synkrona kraftproduktionsmoduler har dialog ägt rum kring utformning av insamlingsmallar. Dessutom har en pilotinsamling genomförts utifrån framtagna mallar. Resultatet från pilotinsamlingen indikerar att arbetet med att samla in modellunderlag är tidskrävande och att många av de uppgifter som efterfrågas inte alltid finns tillgängliga hos ägarna av kraftproduktionsmodulerna. I och med att antalet kraftproduktionsmoduler som omfattas av kraven också är många innebär det att arbetet med att samla in modellunderlag kommer behöva pågå under en längre tidsperiod.

Utbytet kommer också skilja sig åt före och efter att Kraftsystemhubben är i drift. Skillnaderna beskrivs i de nedanstående avsnitten 8.2.1 och 8.2.2.

8.2.1 Skede 1 - Innan idrifttagning av Kraftsystemhubben

Innan insamlingen kan inledas måste först ett antal saker fastställas:

- Det kommer tas fram en guide som beskriver hur insamlingsmallen ska fyllas i. Den ska underlätta ifyllandet av mallen och ge stöd i hur vissa uppgifter kan tas fram utifrån olika externa dokument och tester.
- Insamlingsmallen behöver kompletteras med bland annat modeller för turbin- och turbinreglering för värmekraft respektive gasturbiner. Eventuellt kan också vissa typer av skydd bli aktuella att inkludera.
- En tidsplan behöver tas fram som beskriver i vilken takt som Svenska kraftnät förväntas få in modellunderlag.

Efter detta har genomförts kommer utbytet ske enligt följande steg:

- Svenska kraftnät begär in kontaktuppgifter från respektive ägare av kraftproduktionsmoduler inom observerbarhetsområdet och tar för detta hjälp av anslutande DSO:er.
- Svenska kraftnät kommer, utifrån i dagsläget tillgänglig data, till respektive ägare skicka ut en lista över ägarens kraftproduktionsmoduler. Utifrån den listan ska varje ägare fylla i eller bekräfta uppgifter avseende storlek och spänningsnivå i anslutningspunkten för att avgöra om kraftproduktionsmodulen omfattas av kraven i denna rapport. Varje ägare ska komplettera listan med de aggregat som är anslutna till observerbarhetsområdet, men som inte finns med i listan.
- När Svenska kraftnät har tagit emot listorna med bekräftade kraftproduktionsmoduler skickar Svenska kraftnät ut insamlingsmallar till respektive ägare. Insamlingsmallarna innehåller värden på de parametrar som redan finns registrerade för kraftproduktionsmodulerna hos Svenska kraftnät. Utöver dessa insamlingsmallar kommer Svenska kraftnät också tillhandahålla en prioriteringslista för hur Svenska kraftnät vill att aggregaten ska prioriteras i insamlingen.
- Ägaren ska sedan bekräfta eller ändra de uppgifter som finns ifyllda samt ange värden för de uppgifter som saknas. Dessutom ska ägaren skicka in de bilagor som efterfrågas. Om ägaren av en synkron kraftproduktionsmodul saknar modellrepresentationer för kraftproduktionsmodulens magnetiseringssystem och/eller turbinregulatorer kan Svenska kraftnät kontaktas för att undersöka om det sedan tidigare finns modellrepresentationer av dessa system för andra kraftproduktionsmoduler.

- Svenska Kraftnät bearbetar insamlad data allt eftersom det skickas in och återkopplar när de anser att de fått in tillräcklig information.
- När ägaren har levererat information om en kraftproduktionsmodul och fått den godkänd ska informationen hållas uppdaterad och upptäckta felaktigheter korrigeras.

Vidare gäller följande angående arbetsprocessen:

- Ifall kraftproduktionsmoduler kommer att moderniseras inom en viss tidsperiod, så att de omfattas av anslutningsförfarandet och nätkoden RfG, kan de undantas från tillhandahållandet av vissa uppgifter i denna rapport. Förutsättningen är att motsvarande uppgifter i så fall kommer tillhandahållas i samband med anslutningsförfarandet. Den exakta tidsperioden för när detta kan anses gälla kommer fastställas i tidsplanen.
- De prioriteringslistor som skickas ut kommer att utgå ifrån kraftproduktionsanläggningar snarare än kraftproduktionsmoduler. Det innebär att kraftproduktionsmoduler inom samma kraftproduktionsanläggning kommer ges samma prioritet och därmed kommer uppgifter för dessa kraftproduktionsmoduler efterfrågas samtidigt. Detta för att underlätta insamlandet för ägaren. Därefter kommer prioriteringen av kraftproduktionsanläggningar utgå ifrån deras betydelse för kraftsystemet, exempelvis utifrån anläggningens storlek och anslutningspunkt. Prioriteringen kommer också utgå utifrån det modellunderlag som finns om anläggningens kraftproduktionsmoduler i dagsläget.

Utbytet av data kommer i största möjliga mån ske via Deaddrop, som är den tjänst som används av Svenska kraftnät i dagsläget för motsvarande datautbyte.

8.2.2 Skede 2 - När Kraftsystemhubben är drifttagen

När Kraftsystemhubben är driftsatt och funktioner för att utbyta dynamiska modeller är implementerade finns bättre möjligheter att administrera de mallar och dokument som skickas in av ägarna till kraftproduktionsanläggningarna. Då ska de uppgifter Svenska kraftnät hittills fått in från ägarna finnas tillgängliga i Kraftsystemhubben och datautbytet ska istället ske via den.

Kraftsystemhubben kommer underlätta för Svenska kraftnät och berörda aktörer att följa status på datautbytet. Ägaren har också bättre möjligheter att

hålla sina uppgifter uppdaterade, då det är lättare att följa upp inskickad information.

De funktioner som Kraftsystemhubben ska innehålla beskrivs övergripande i kapitel 4.

9 Modeller av kraftparksmoduler

I samband med att mer asynkron- samt omriktaransluten produktion ansluter sig till kraftsystemet kommer deras dynamiska beteenden vid olika fel och händelser i nätet spela allt större roll för kraftsystemets stabilitet. Därmed blir det allt viktigare att de RMS-modeller Svenska kraftnät har över kraftparksmoduler för att analysera stabilitetsfenomen är representativa. Dessutom innebär mer kraftparksmoduler i kraftsystemet att risken för olika interaktionsfenomen ökar. Detta innebär att för vissa befintliga kraftparksmoduler kan även EMT-modeller behövas för att minimera dessa risker.

9.1 Krav på RMS-modeller

Ägare av kraftparksmoduler ska tillhandahålla informationsunderlag om kraftparksmodulens olika delar, inklusive produktionsenheter, uppsamlingsnät och transformatorer samt tillhandahålla dynamiska RMS-modeller för både enskilda produktionsenheter och parkregulatorer. För att skapa en statisk modell av parken önskas ett informationsunderlag som ger information om parkens utformning samt tekniska uppgifter om dessa delar. Tillhandahållandet av detta informationsunderlag görs för vindkraft via ”Insamlingsmall - Kraftparksmodul typ vindkraft.xlsx”. Efter rapportens publicering kommer det också tas fram en motsvarande insamlingsmall för solkraft.

De dynamiska RMS-modeller för kraftparksmoduler som Svenska kraftnät har som avsikt att använda i sina kraftsystemmodeller är generiska modeller från WECC (Western Electricity Coordinating Council)¹⁴, då dessa finns representerade i simuleringsverktyget PSS®E och därmed är versionsoberoende för programvaran. Modellerna fungerar för både vindkraft och solkraft och är de som Svenska kraftnät vill få in i första hand.

Om WECC-modeller inte kan tillhandahållas kan Svenska kraftnät acceptera två andra typer av modeller, IEC-modeller och tillverkarspecifika modeller. IEC-modeller är generiska modeller för vindkraft från standarden IEC 61400-27-1¹⁵, medan tillverkarspecifika modeller är unika modeller från exempelvis leverantören av vindkraftsverken.

¹⁴ Webbplats: <https://www.wecc.org>

¹⁵ Dokumentet finns för nedladdning (PDF) via: <https://www.sis.se/produkter/energi--och-varmeoverforing-2feba892/vindkraftverk-och-andra-alternativa-energikallor/iec-61400-27-12020/>

Den statistiska modellen mot vilken RMS-modellerna ska anslutas modelleras som en aggregerad modell. Det innebär att alla produktionsenheter och aggregattransformatorer representeras med en generator- respektive aggregattransformatormodell. Strukturen visas mer i detalj i insamlingsmallen.

Dessutom gäller följande för RMS-modellerna:

- Om generiska modeller tillhandahålls önskas detta i form av ett dokument med den generiska modellens parametervärden samt en DYR-fil, ifall sådan finns.
- Om generiska modeller tillhandahålls behövs ett dokument som beskriver de största förenklarna och skillnaderna i prestanda mellan den generiska modellen och det verkliga systemet. Alternativt kan förenklningar och skillnader mot en tillverkarspecifik RMS-modell tillhandahållas, ifall det förstnämnda inte finns tillgängligt. Om en tillverkarmodell har erhållits, utöver en generisk modell, är denna information inte obligatorisk, men får gärna skickas om den finns tillgänglig.
- Om tillverkarspecifika modeller tillhandahålls ska de vara avsedda för simuleringsverktyget PSS®E på begärd version från Svenska kraftnät och enbart vara i form av DYR- och DLL-filer.
- Om endast en tillverkarspecifik modell tillhandahålls måste en användarmanual av modellen också tillhandahållas. Den ska beskriva hur modellen implementeras och används i PSS®E samt ge förklaringar av grundläggande parametrar i modellen. Detta önskas även ifall det utöver en tillverkarspecifik modell, har tillhandahållits en generisk modell.
- Parametriseringen av de modeller som tillhandahålls för både produktionsenheter och parkregulator ska vara gjord utifrån den specifika anläggningens inställningar och inte utifrån standardinställningar hos utrustningen.
- Om både generiska modeller och tillverkarspecifika modeller finns tillgängliga, önskas att båda tillhandahålls.

9.2 Krav på EMT-modeller

Krav angående EMT-modeller ges bilateralt av Svenska kraftnät till ägare av respektive kraftparksmodul som Svenska kraftnät behöver EMT-modeller för. Formatet på modellerna ska vara filer kompatibla med simuleringsprogrammet PSCAD i begärd version av Svenska kraftnät. Dessutom behöver Svenska

kraftnät en Thevenin-ekvivalent i anslutningspunkten inom åtminstone följande frekvensområden, 5-45 Hz respektive 50-2500 Hz.

9.3 Införandeplan

9.3.1 Skede 1 – Innan idrifttagning av Kraftsystemhubben

Svenska kraftnät kommer se över de RMS-modeller som Svenska kraftnät har i dagsläget för alla kraftparksmoduler i kraftsystemet. För de parker där Svenska kraftnät saknar modeller eller där modellerna bedöms som undermåliga kommer Svenska kraftnät ta kontakt med ägaren av kraftparksmodulen och be dem komplettera information som saknas genom insamlingsmallen och kraven i avsnitt 9.1.

Svenska kraftnät kommer kontakta ägare allt eftersom och följa upp insamlingen genom att se över den information som har skickats in.

Vad gäller EMT-modeller kommer Svenska kraftnät ta kontakt med berörd ägare när de har identifierat ett potentiellt interaktionsproblem som kraftparksmodulen kan vara en del av. Utifrån det beskriver Svenska kraftnät omfattningen och detaljeringsgraden för de EMT-modeller de behöver från ägaren.

9.3.2 Skede 2 - När Kraftsystemhubben är drifttagen

När Kraftsystemhubben är driftsatt och funktioner för att utbyta dynamiska modeller är implementerade finns bättre möjligheter att administrera de mallar, modeller och dokument som skickas in av ägarna till kraftproduktionsanläggningarna. Då ska de uppgifter som Svenska kraftnät hittills har fått in från ägarna finnas tillgängliga i Kraftsystemhubben och datautbytet ska istället ske via den.

Kraftsystemhubben kommer underlätta för Svenska kraftnät och berörda aktörer att följa status på datautbytet. Ägaren har också bättre möjligheter att hålla sina uppgifter uppdaterade, då det är lättare att följa upp inskickad information.

De funktioner som Kraftsystemhubben ska innehålla beskrivs övergripande i kapitel 4.

10 Modeller av automatiker och skydd i distributionssystem

Förutom modeller av synkrona kraftproduktionsmoduler och kraftparksmoduler är vissa automatiker och skyddsfunktioner viktiga att återspegla vid dynamiska simuleringar. Dessa listas i avsnitt 2.1. Många av dessa system finns i de nät som DSO äger och därmed behöver DSO tillhandahålla information om dem.

10.1 Krav på RMS-modeller

Kraven på tillhandahållande av informationsunderlag för automatiker och skydd i ett distributionssystem beror på vilken typ av kraftsystemobjekt som avses. Många av systemen förutsätts vara relativt enkla, kända och likartade, vilket medför att generella modellstrukturer kan användas för att få tillräckligt bra representationer av objektens funktioner vid olika studier. Svenska kraftnät kan ta fram dessa modellstrukturer och ägarna av systemen behöver sedan endast tillhandahålla parametervärden för modellstrukturerna. Därmed behövs inte färdiga simuleringsmodeller tillhandahållas av varje DSO.

Undantaget till att använda dessa generiska modellstrukturer är för övergripande reglersystem för spänningsreglering och/eller reaktiv effekt, för HVDC och FACTS samt i vissa fall strukturer för nätvärn, som förutsätts kunna se väldigt olika ut från fall till fall. Ovanligare funktioner för övriga automatiker och skydd kan också behöva hanteras separat.

Nedan listas de parametrar som åtminstone behövs för att ta fram en dynamisk modell för respektive objekt.

Lindningskopplautomatiker för transformatorer och reaktorer

- Börvärde: Antingen ett enskilt värde, ett flertal värden eller ett intervall beroende på hur börvärdet ansätts samt i vilka driftförhållanden som de olika börvärdena används.
- Dödband: Ett intervall, av samma storhet som börvärdet, som visar inom vilket område ärvärdet kan röra sig inom utan att lindningskopplaren byter steg. Överskrider värdet dödbandet kommer lindningskopplaren att byta steg efter inställd tidsfördröjning.
- Tidsfördröjning: Kan vara en tidskonstant som är fast eller som beror på när lindningskopplaren senast bytte steg. Alternativt är

tidskonstanten i sig spänningsberoende, exempelvis i form av en invertertidskurva.

- Eventuell börvärdeskompensering utifrån effektflöde och lindningskopplarblockering som finns.

Extremspänningsautomatiker för reaktorer och kondensatorbatterier

- Spänningsgränser
- Tidsgränser för automatisk tillkoppling och frånkoppling av objektet.
- Eventuella blockeringsgränser.

Övergripande reglersystem för spänningsreglering och/eller reaktiv effekt

- Krävs mer omfattande dokumentation, inklusive blockdiagram på Laplace-format och parametervärden utifrån inställningar för det reglersystemet.

Nätvärn

- Ett schema som beskriver insignaler, logik för aktivering samt utsignaler. Det inkluderar information om för vilka driftläggningar som systemet används.

FACTS och HVDC

- Krävs mer omfattande dokumentation och/ modeller från leverantör av systemet.

Överlastsskydd för ledningar

- Strömnivå eller annat sätt att mäta överlasten
- Tidsfördröjning.

Överlastsskydd för transformatorer

- Strömnivå eller annat sätt mäta överlasten
- Tidsfördröjning.

Spännings- och frekvensskydd för förbrukningsanläggningar (ej AFK) av en viss storlek, med avseende på aktiv effekt. Exakt gräns är inte fastslagen ännu.

- Gränsvärden: spänning eller frekvens.
- Tidsfördröjning

Övermagnetiseringsskydd för transformatorer

- Gränsvärde i V/Hz
- Tidsfördröjning.

10.2 Införandeplan

10.2.1 Skede 1 – Innan idrifttagning av Kraftsystemhubben

I ett första skede behövs det en överblick av vilka av dessa automatiker och skydd respektive DSO har i sina distributionssystem. Dessutom behövs information om hur dessa system fungerar och ifall det finns generella inställningsprinciper för dem. I det inkluderar att Svenska kraftnät får en uppfattning om vilka förbrukningsanläggningar inom observerbarhetsområdet som innehar spännings- och frekvensskydd. För att kunna få en överblicksbild ska ”Inventeringsmall - Automatiker och skydd i distributionssystem.xlsx”, fyllas i och tillhandahållas av varje DSO som äger nät inom observerbarhetsområdet.

Efter att dessa inventeringsmallar är levererade ska inställningsprinciper från respektive DSO tillhandahållas för följande objekttyper, om sådana finns:

- Lindningskopplautomatiker för transformatorer utom fasvridande transformatorer som hanteras separat.
- Extremspänningsautomatiker för reaktorer och kondensatorbatterier
- Lindningskopplautomatiker för reaktorer
- Överlastskydd för ledningar
- Överlastskydd för transformatorer
- Övermagnetiseringsskydd för transformatorer

Inställningsprinciperna ska ange typiska värden för de parametrar som listas för respektive typ av automatik och skydd enligt 10.1. Om vissa typvärden saknas i dessa inställningsprinciper ska denna information anges i inventeringsmallen. Utöver inställningsprinciperna gäller även följande:

- Om en DSO har listor med individuella parametrar för deras berörda objekt önskas den tillhandahållas utöver inställningsprinciperna.

- Om en DSO endast har ett fåtal objekt av en viss typ så är en individuell parameteruppsättning önskvärd för dessa objekt. Bedömningen av detta görs tillsammans med Svenska kraftnät.

För att ta fram modeller för HVDC, FACTS, nätvärn och övergripande reglersystem för spänningsreglering och/eller reaktiv effekt krävs specifika dialoger med respektive DSO för hur deras system kan modelleras.

Vad gäller modeller för frekvens- och spänningsskydd för förbrukningsanläggningar ska Svenska kraftnät göra en bedömning vilka förbrukningsanläggningar det är intressant att samla in data om frekvens- och spänningsskydd för, vilket kommer meddelas DSO:er i ett senare skede.

10.2.2 Skede 2 - När Kraftsystemhubben är drifttagen

När Kraftsystemhubben är på plats finns ett förbättrat verktyg att administrera individuellt parametrerade modeller. Då ska nya dialoger inledas med DSO:er för att avgöra om det kan vara aktuellt att samla in individuella parametrar för kraftsystemobjekt som är modellerade utifrån inställningsprinciper.

De funktioner som Kraftsystemhubben ska innehålla beskrivs övergripande i kapitel 4.

Svenska kraftnät är ett statligt affärsverk med uppgift att förvalta Sveriges transmissionsnät för el, som omfattar ledningar för 400 kV och 220 kV med stationer och utlandsförbindelser. Vi har också systemansvaret för el. Vi utvecklar transmissionsnätet och elmarknaden för att möta samhällets behov av en säker, hållbar och ekonomisk elförsörjning. Därmed har Svenska kraftnät också en viktig roll i klimatpolitiken

SVENSKA KRAFTNÄT
Box 1200
172 24 Sundbyberg
Sturegatan 1

Tel: 010-475 80 00
Fax: 010-475 89 50
www.svk.se

