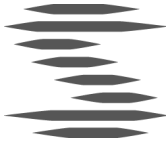


2019-05-07

**Systemdrifttillstånd
– grundläggande dimensionering- och riskkoncept i ett mer flexibelt
kraftsystem**



Innehåll

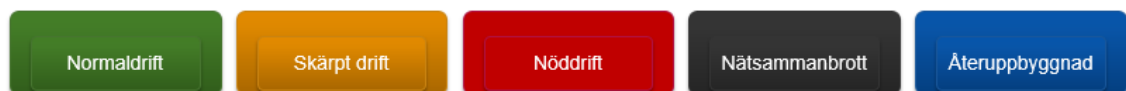
1	De fem systemdrifttillstånden.....	3
2	Nyttan med systemdrifttillstånd.....	3
2.1	<i>Kraftsystemet och leveranssäkerhet</i>	<i>3</i>
2.2	<i>Systemansvar och ett kraftsystem som samverkar driftsäkert.....</i>	<i>4</i>
2.3	<i>Systemdrifttillstånd – dimensionering- och riskkoncept för ett tillräckligt driftsäkert kraftsystem.....</i>	<i>5</i>
3	Definitioner och användning	7
3.1	<i>Definition av systemdrifttillstånden i förordningen (EU) 2017/1485 om drift av elöverföringssystem (SO)</i>	<i>7</i>
3.2	<i>Exempel på användning av systemdrifttillstånd och relation till andra förordningar: Frekvensstabilitet och reserver</i>	<i>9</i>



1 De fem systemdrifttillstånden

Systemdrifttillstånd beskriver kraftsystemets tillstånd i driftshänseende. Fem tillstånd finns definierade: normaldrift, skärpt drift, nöddrift, nätsammanbrott och återuppbyggnad. Tillstånden finns definierade i [förordning \(EU\) 2017/1485 om driften av elöverföringssystem](#). Användning av systemdrifttillstånden behöver definieras och implementeras nationellt av varje systemansvarig. Tillstånden ger ett stöd i arbetet med att sätta ramar för kraftsystemets driftsäkerhet.

Att definiera och implementera kraftsystemets systemdrifttillstånd är ett kontinuerligt arbete som måste spegla kraftsystemets behov och utveckling. För att möjliggöra utveckling behöver definitioner och implementeringsplan tas fram så att utvecklingsarbete har en grund att utgå ifrån. En sådan grund möjliggör ramar för Svenska kraftnäts arbete med driftsäkerheten samt kommunikation mellan aktörer. Dessutom ger den en möjlighet att identifiera vilka förbättringar som behöver vidtas samt ifrågasättande av befintlig hantering.



Figur 1. Fem systemdrifttillstånd

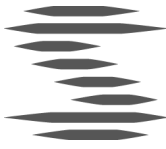
2 Nyttan med systemdrifttillstånd

2.1 Kraftsystemet och leveranssäkerhet

Ett kraftsystem består av kraftproducenter som producerar el, kraftledningar som transporterar el och förbrukare som konsumerar el. Syftet med det svenska elkraftsystemet är att försörja medborgare och företag inom landet med el.

För att kraftsystemet ska kunna utföra sitt syfte, att leverera el, krävs det att samtliga tre delar - produktion, transport och förbrukning - kan samverka på ett driftsäkert sätt. För att driftsäkerheten i kraftsystemet ska upprätthållas behöver tekniska grundläggande egenskaper uppfyllas, dessa skapar ett övergripande tekniskt ramverk.

Det är inom dessa tekniska ramverk som handel med el kan ske. Om händelser sker som gör att dessa tekniska villkor inte uppfylls måste den systemansvariga myndigheten ingripa och vidta åtgärder. Åtgärderna ska syfta till att säkerställa att kraftsystemet stannar i eller återgår till normaldrift. Om inte kraftsystemet har verktyg och åtgärder för att behålla eller ta tillbaka kraftsystemet till normaldrift kan komponenter eller delar av kraftsystemet skadas eller kopplas bort.



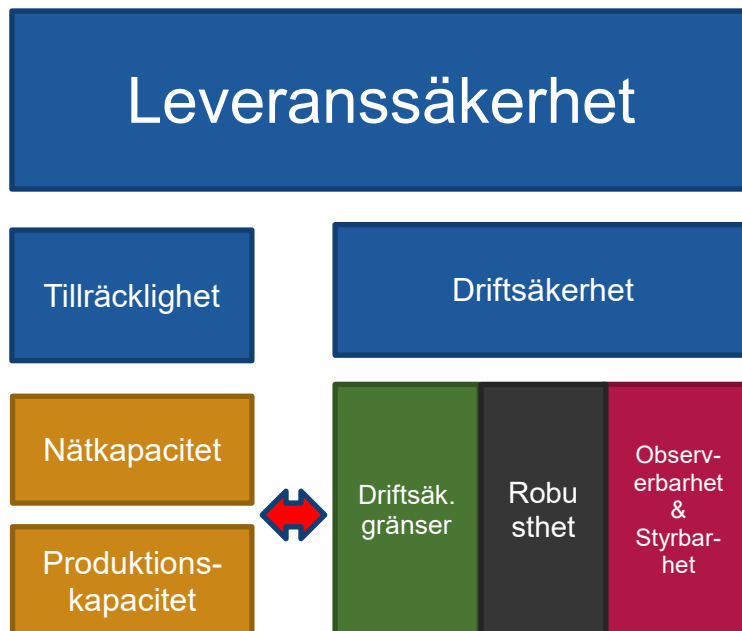
Ett mått på hur väl kraftsystemet utför sin funktion är leveranssäkerheten. Den beskriver under vilka förutsättningar kraftsystemet ska kunna fortsätta leverera el till förbrukarna.

2.2 Systemansvar och ett kraftsystem som samverkar driftsäkert

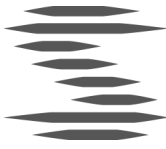
Som systemansvarig myndighet har Svenska kraftnät ansvaret för att kraftsystemets olika delar ska samverka driftsäkert. Detta är en del av kraftsystemets leveranssäkerhet, se figur 2 nedan.

Som figur 2 visar är kraftsystemets leveranssäkerhet beroende av tillräckligt bra driftsäkerhet men även att effekt och kapacitet (tillräcklighet) finns i rätt omfattning och speglar samhällets behov av el.

Det är viktigt att inse att de fysikaliska egenskaperna som styr driftsäkerheten och effekten går hand i hand. Minskar driftsäkerheten minskar även tillräckligheten. Det är till exempel elmarknaden som ska hantera tillräcklig produktionskapacitet och det ingår inte i Svenska kraftnäts systemansvar. Ändras då produktionskapaciteten och tillräckligheten kommer det att påverka kraftsystemets driftsäkerhet. Ändras driftsäkerheten påverkar det tillräckligheten. Det innebär att Svenska kraftnät måste anpassa driften av kraftsystemet efter vad som finns tillgängligt i aktuell drifttimme.



Figur 2 Leveranssäkerhet uppnås genom tillräcklighet i nät- och produktionskapacitet samt genom en tillräcklig driftsäkerhet.



Systemdrifttillstånden är en metod för att hantera driftsäkerhet i sig och gränstorna mellan driftsäkerhet och tillräcklighet. Med hjälp av dessa förtydligas vilka åtgärder som finns tillgängliga för den systemansvariga.

En av Svenska kraftnäts uppgifter är att säkerställa att kraftsystemet är inom acceptabla driftgränser. För det behövs bland annat gränsvärden för frekvens, spänning och effekt/energi. De elektriska storheterna ger i varje ögonblick kraftsystemets aktuella tillstånd och är bl.a. en avgörande faktor för hur mycket kapacitet som kan tillgängliggöras till marknaden.

Robusthet och dimensioneringsprinciper, till exempel att kraftsystemet ska klara N-1¹-kriteriet, för att kraftsystemet ska kunna stå emot störningar och fortsatt vara inom acceptabla gränsvärden med en tillräcklig driftsäkerhet.

Vidare behöver kraftsystemet observerbarhet och styrbarhet för att vara operativt körbart. Detta inkluderar bl.a. transparens vilket innebär att Svenska kraftnät är så tydliga att samtliga aktörer vet vad som gäller vid olika driftsituationer och varför Svenska kraftnät agerar på ett visst sätt i olika situationer.

Hur åtgärder utformas och anskaffas för att kraftsystemet ska vara tillräckligt driftsäkert avgörs av systemdrifttillstånden. Systemdrifttillstånden är en riskmodell för att avgöra vad som är ett tillräckligt driftsäkert och tillförlitligt kraftsystem.

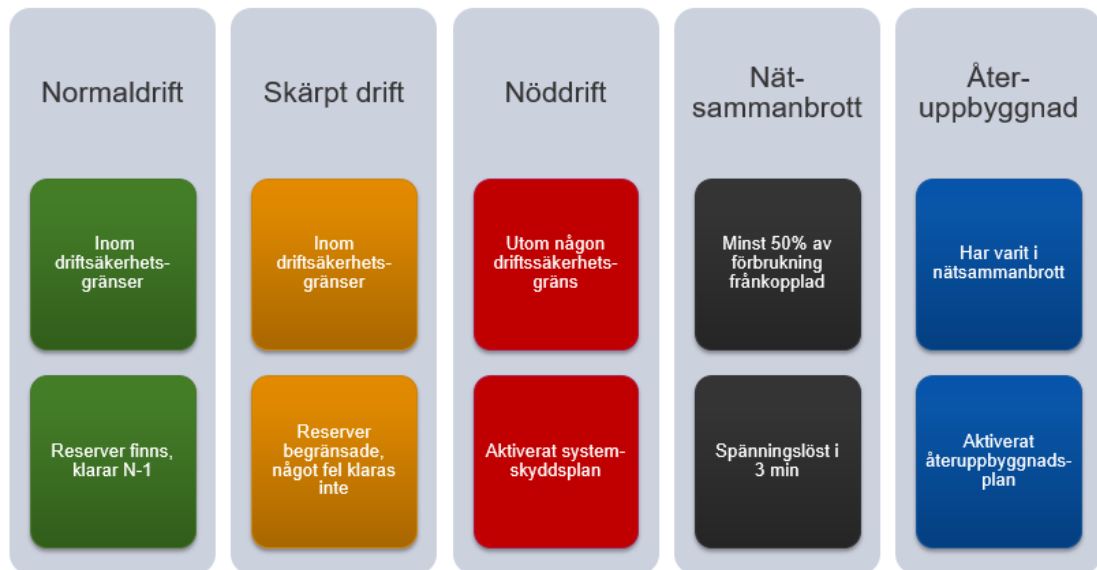
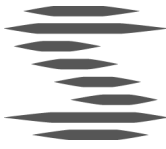
2.3 Systemdrifttillstånd – dimensionering- och riskkoncept för ett tillräckligt driftsäkert kraftsystem

Systemdrifttillstånd används för att övergripande definiera hur kraftsystemets förmågor ska användas. Detta berör samtliga aktörer i kraftsystemet, så som delsystemansvariga, kraftproducenter och förbrukare.

Utifrån systemdrifttillstånden ska flera nivåer av försvar byggas upp där det ska finnas planerade åtgärder för att kraftsystemet ska stanna i eller tas tillbaka till normaldrift, se figur 3 nedan. Åtgärderna är uppbyggda för att förebygga fel, skydda systemet om fel skulle uppstå samt begränsa och minimera konsekvenserna om fel uppstår som kraftsystemet inte är dimensionerat för.

Systemdrifttillstånden definierar driftsäkerhetsgränser, robustheten och observerbarhet och styrbarhet i kraftsystem och ger därmed ramarna som behövs för driftsäkerheten. Genom systemdrifttillstånden blir det tydligare och mer transparent för alla aktörer när åtgärder behöver vidtas för att säkerställa kraftsystemets driftsäkerhet.

¹ N-1 är en robusthetsprincip som innebär att kraftsystemet ska klara att hantera att en komponent faller bort och ha förmågan att anpassa sig till den nya driftsituationen och samtidigt upprätthålla områdets leveranssäkerhet.



Figur 3. Tjänster och åtgärder i normal och skärpt systemdrifttillstånd syftar till att förebygga fel. Åtgärder i nöddrifttillståndet ska skydda systemet vid uppkomna fel när de två första nivåerna har fallerat. Nätsammanbrott och återuppbyggnad syftar till att minimera konsekvenserna om fel inträffar som kraftsystemet inte är dimensionerat för.

Det är Svenska kraftnäts ansvar att anskaffa åtgärder och tjänster för att bygga fler nivåer av försvar med åtgärder. I ansvaret ligger också att kraftsystemets aktuella förmågor nyttjas på ett kostnadseffektivt och säkert sätt. Anskaffandet av åtgärder och utformande av tjänster behöver göras utifrån kraftsystemets tekniska förutsättningar och de förmågor som finns i kraftsystemet. Svenska kraftnät ska göra detta på ett öppet och icke-diskriminerande sätt.

Aktörerna i kraftsystemet behöver ha en övergripande förståelse för hur kraftsystemet fungerar och vad det innebär att Svenska kraftnät utövar systemansvaret. Att definiera och använda systemdrifttillstånd som grundläggande riskmodell ligger även i linje med att uppdatera och implementera EU-förordningarna om en gemensam europeisk elmarknad. I förordningen om drift av elöverföringssystem ((EU) 2017/1485) anges ett ramverk för det tillståndsbaserade angreppssättet för riskhantering och hur anskaffandet av tjänster och åtgärder ska ske inom dessa ramar.



3 Definitioner och användning

3.1 Definition av systemdrifttillstånden i förordningen (EU) 2017/1485 om drift av elöverföringssystem (SO)

Definitioner finns i artikel 3 i SO och systemdrifttillstånden är vidare beskrivna i artikel 18. Några av de villkor och gränser som avgör vilket systemdrifttillstånd kraftsystemet befinner sig i är frekvensgränser som anges i tabell 1 i Bilaga II, se även figur 2 i detta dokument. Den nationella implementeringen av artikel 18 kräver också driftsäkerhetsgränser för spänning, kortslutningsströmmar och strömmar (termisk last).

Systemets drifttillstånd avgörs utifrån olika felfall, aktuella värden på de elektriska storheterna, avhjälpande åtgärder, systemets reserver samt tillgänglighet av medel, verktyg och anläggningar i kraftsystemet.

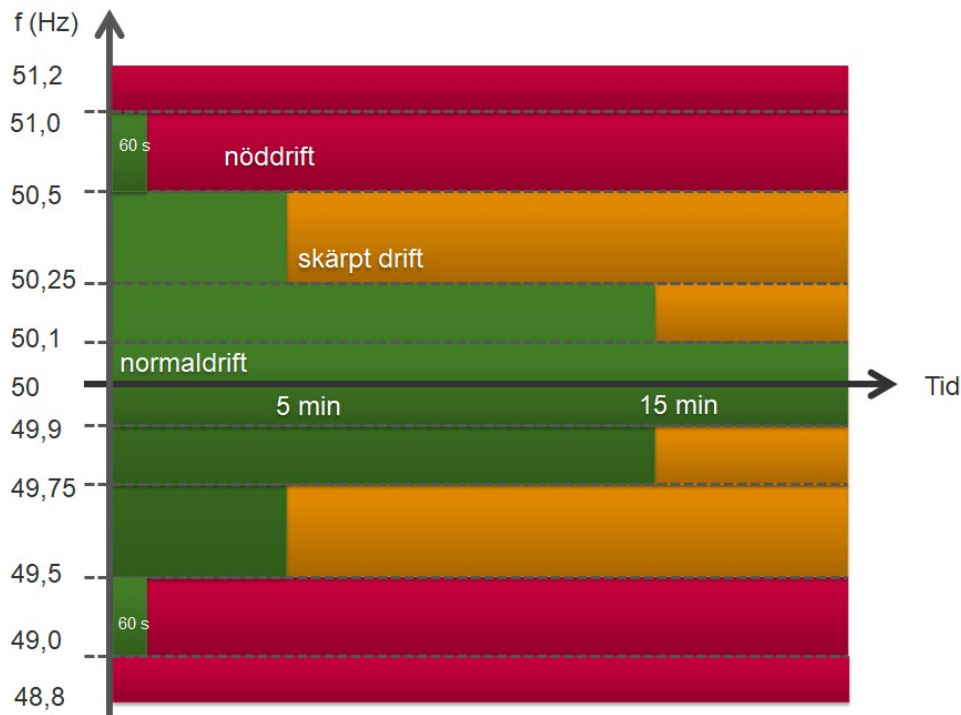
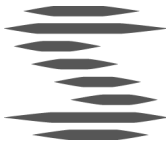
Följande beskrivningar utgår från definitionerna i SO artikel 3 och fylls på med kriterier i artikel 18 samt driftprinciper som är relevanta i Sverige och Norden.

Normaldrifttillstånd

Definition: En situation där systemet befinner sig inom gränserna för driftsäkerhet i N-situationen efter det att eventuella oförutsedda händelser från förteckningen över oförutsedda händelser ägt rum, med beaktande av inverkan från tillgängliga avhjälpande åtgärder.

Normaldrifttillståndet innebär att kraftsystemet är inom sina driftsäkerhetsgränser och har god elkvalitet. Detta uppfylls bland annat genom att tillgången av tjänster och avhjälpande åtgärder är tillräckliga för att hantera händelserna i förteckningen av oförutsedda händelser. Detta betyder att om en händelse i förteckningen över oförutsedda händelser inträffar ska kraftsystemet fortsatt vara inom sina driftgränser innan, under och efter att händelsen inträffat. Vidare ska de verktyg och avtal som behövs för att hålla en tillräcklig god observerbarhet och transparens i kraftsystemet finnas tillgängliga.

Exempel på olika villkor för när kraftsystemet är inom ett visst systemdrifttillstånd ges nedan avseende frekvensstabilitet. Normaldrift är stationärt mellan 49,9 Hz och 50,1 Hz, men drifttillståndet bestäms också av hur länge en avvikelse från det här frekvensbandet varat, se figur 4 nedan.

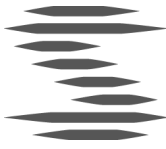


Figur 4. Ett förenklat exempel på hur systemdrifttillstånden avseende frekvensdriftgränser kan se ut. Notera att det är många fler parametrar och villkor som kan ändra ett kraftsystems drifttillstånd.

Skärpt drifttillstånd

Definition: Det systemdrifttillstånd där systemet befinner sig inom gränserna för driftsäkerhet, men en oförutsedd händelse från förteckningen över oförutsedda händelser har upptäckts och, om den inträffar, tillgängliga avhjälpande åtgärder inte räcker till för att upprätthålla normaldrifttillståndet.

I skärpt drifttillstånd är spänning, kortslutningsströmmar och strömgränser fortfarande inom de så kallade driftsäkerhetsgränserna. Frekvensen kan tillfälligt vara utanför spannet 49,9-50,1 Hz, se figur 4. Om kraftsystemet inte innehar tillräckligt med tjänster och avhjälpande åtgärder för att hantera möjliga händelser (från förteckningen av oförutsedda händelser) utan att bibehålla kraftsystemet i normaldrift, t.ex. att driftsäkerhetsgränserna överskrids efter att ett möjligt felfall har inträffat, är kraftsystemet i skärpt drifttillstånd. Skärpt drifttillstånd i sig leder alltså inte till avbrott eller en undermålig elkvalitet men riskerar att göra det om inte åtgärder vidtas. Kraftsystemets marginaler och förmåga att hantera fel har reducerats.



Nöddrifttillstånd

Definition: Ett systemdrifttillstånd där en eller flera gränser för driftsäkerhet överträds.

Artikel 18 i SO ger fyra alternativa villkor för nöddrifttillstånd. Det första är att någon av driftsäkerhetsgränserna för spänning, kortslutningsströmmar eller strömmar har överskridits. Det andra är att frekvensen är utanför intervallet 49,5-50,5 Hz. Det tredje är att någon av åtgärderna i den så kallade systemskyddsplanen (definieras i förordning (EU) 2017/2196 om nöddrift och återuppbyggnad (ER)) har aktiverats. Det fjärde är att ett för överföringssystemet viktigt medel, verktyg eller en viktig anläggning, inte är tillgängliga i 30 minuter eller mer.

Nöddrifttillstånd kan visa sig genom avbrott i mindre delar av systemet eller exempelvis genom en undermålig frekvens eller spänning. Det kan också inträffa utan att kraftsystemets användare påverkas.

Nätsammanbrott

Definition: Det systemdrifttillstånd där driften i hela eller delar av överföringssystemet avbryts.

Vid nätsammanbrott påverkas många av elavbrott. Artikel 18 ger två kriterier för detta – antingen att hälften av förbrukningen står utan el, eller att spänningslöshet i minst tre minuter lett till att återuppbyggnadsplanen (också definierad i ER) aktiverats.

Återuppbyggnadstillstånd

Definition: Ett systemdrifttillstånd där syftet med all verksamhet i överföringssystemet är att återupprätta systemdriften och bibehålla driftsäkerheten efter ett nätsammanbrott eller ett nöddrifttillstånd.

Överföringssystemet är i återuppbyggnadstillstånd om återuppbyggnadsplanen har aktiverats. Detta kan vara efter att kraftsystemet har befunnit sig i systemdrifttillstånden nätsammanbrott eller nöddrift. Återuppbyggnadsplanen är utformad för att klara en återuppbyggnad från grunden och kräver ett gott samarbete mellan kraftsystemets aktörer och en god förståelse för hur kraftsystemet fungerar.

3.2 Exempel på användning av systemdrifttillstånd och relation till andra förordningar: Frekvensstabilitet och reserver

Kraven på frekvensreglering (FSM) för en nybyggnation av en kraftproduktionsanläggning återfinns i förordning (EU) 2016/631 om krav för anslutning av generatorer (RfG) och är ett exempel på en förmåga som krävs för att bidra till att hålla frekvensstabiliteten. Kraven på frekvensreglering motsvarar någorlunda



de tekniska krav som ställs för FCR-produkterna (Frequency Containment Reserve) för normaldrift.

FCR-produkterna är utformade som en marknadsbaserad stödtjänst. För att någon ska kunna delta i en sådan marknadslösning behöver förmågor i kraftsystemet finnas. För att säkerställa att kraftsystemet utvecklas så att förmågor finns att anskaffa och att nya anläggningar ska kunna bidra till systemets driftsäkerhet behövs grundläggande tekniska krav som gör kraftsystemet robust. Att ställa dessa krav vid anslutning, och då framförallt vid nybyggnation, är inte kontroversiellt ur en teknisk synvinkel.

Syftet med kraven i anslutningskoderna är att skapa en grundläggande teknisk nivå som över tid skapar förutsättningar för att behålla och utveckla driftsäkerheten inom kraftsystemet. Kraftsystemet är mer än 100 år gammalt och i ständig förändring. Det innebär att de komponenter som kraftsystemet består av och som ska samverka, dvs. ledningar, stolpar, transformatorer, produktionsanläggningar etc, tillhör olika generationer. Att kraftsystemet trots denna differentiering och ständiga förändringsprocess upprätthåller sin samlade funktion beror till stor del på att den grundläggande tekniska nivån baserats på vilka generiska behov som kan dyka upp i kraftsystemet över tid.

I den svenska kravbilden för anslutning av generatorer är det angivet att inställningarna för frekvensreglering ska göras i samordning med den systemansvarige, för att som minimum kunna aktiveras när kraftsystemet har behov av förmågan. Detta beror på att anskaffandet av åtgärder för frekvensstabilitet kan ske på flera sätt som alla bestäms via driftkoderna. Behoven av mängd och typ av förmåga varierar både avseende vilket systemdrifttillstånd förmågan ska användas till samt över tid då kraftsystemet förändras och nya behov i kraftsystemet uppstår. Man kan kort beskriva att förmågorna för frekvensstabilitet ska kunna användas enligt följande:

- 1) **Normaldrift** – FCR-produkter. Deltagande är marknadsbaserat. Marknadsbaserade lösningar har fördelen att de främjar en frivillighet som säkerställer att kraftproducenterna själva kan buda in en volym och således kan välja vad som är lämpligt för just deras anläggning.
- 2) **Skärpt drift** – Förmåga utanför normaldriftspannet men inom driftgränsen för nöddrift. Samma funktion som FCR-produkterna men med andra inställningsvärden och responstid. Kraven om tillgänglighet för åtgärden i skärpt drifttillstånd är höga då de syftar till att användas när tjänsterna i normaldrift inte lyckats med att bibehålla kraftsystemet i normaldriftområdet.
- 3) **Nöddrift** - LFSM-O och LFSM-U för att hantera driftlägen innan systemet börjar koppla bort producenter eller förbrukare (ER NC). Om åtgärderna för



LFSM-U inte är tillräcklig kommer funktionen AFK att börja koppla bort delar av kraftsystemet.

Frekvensreglering är en förmåga som först och främst syftar till hantering av normalt och skärpt drifttillstånd för frekvensstabiliteten. Det är alltså regleringen i driftkoderna som avgör hur förmågan används. Det är därför viktigt att förstå relationerna mellan förordningarna RfG, DCC, SO och ER samt övergripande syfte och mål med hela "nätkodspaketet".

Marknadsbaserade tjänster som t.ex. FCR har fördelen att de skapar en frivillighet, men flera nivåer av "försvar" behöver finnas om oväntade händelser sker. Kraftsystemet är komplext och tekniskt och för att ha ett driftsäkert, d.v.s. robust system, krävs flera nivåer av försvar med åtgärder för att hålla en acceptabel risknivå. Som systemansvarig myndighet är det Svenska kraftnäts ansvar att hålla systemet i normaldrift.

Det ligger i alla aktörers intresse att det finns förmågor som ser till att hålla systemet robust och driftsäkert så att samtliga anslutande aktörer får en bra produktionsmiljö.