

Vägledning för variabla resurser för att leverera stödtjänster och avhjälpande åtgärder

Svenska kraftnät

Svenska kraftnät är systemansvarig myndighet, med uppgift att på ett affärsmässigt sätt förvalta, driva och utveckla ett kostnadseffektivt, driftsäkert och miljöanpassat kraftöverföringssystem. Det omfattar ledningar för 400 kV och 220 kV med stationer och utlandsförbindelser. Svenska kraftnät 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

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	Bakgrund och syfte	4
2	Referensvärde	4
2.1	Definition av referensvärde	4
2.2	Förslag på metoder för att förbättra ett referensvärde.....	11
2.2.1	Styrning av effekt mot referensvärde	11
2.2.2	Kalibrering.....	11
2.2.3	Frysmetoden.....	12
2.3	Reduktionsfaktor	12
3	Insamling av data inför förkvalificering.....	13
3.1	Val av tidsperiod för datainsamling	13
4	Budgivning från variabla resurser.....	14
4.1	Budgivning under vintertid	14
5	Referenser.....	15

1 Bakgrund och syfte

Historiskt har stödtjänster levererats av resurser vars aktiva effekt varit mer eller mindre fullt styrbar vilket medfört att startvärde innan reglering och slutvärde efter reglering har varit väldefinierade. Stödtjänstleveransen har således varit tydlig och definierbar. För att möjliggöra för variabla resurser så som t.ex. vindkraft, solkraft eller variabla förbrukningssanläggningar att leverera stödtjänster genomfördes en pilotstudie mellan åren 2022 och 2023. Pilotstudien mynnade ut i en slutrapport där ett antal förkvalificeringskrav och anpassade utvärderingsmetoder som hanterar naturliga effektvariationer presenteras [1]. Detta möjliggör för variabla resurser att leverera stödtjänster samtidigt som Svenska kraftnät kan utvärdera att den kapacitet som sålts från variabla resurser erhålls.

Detta dokument introducerar begreppet referensvärde samt metoder för att förbättra ett referensvärde, tips kring insamling av data inför förkvalificering samt vägledning inför budgivning. För mer detaljerad information om dessa delar hänvisas läsaren till slutrapporten för pilotstudien [1].

Dokumentet syftar till att stötta leverantörer med variabla resurser att genomgå förkvalificeringsprocessen och vägleda leverantören genom områden kopplade specifikt till leverans av stödtjänster från variabla resurser.

Notera att detta dokument är ett tekniskt stöddokument som inte ersätter ordinarie testprogram och krav utan fungerar som ett komplement till dessa.

2 Referensvärde

För att leverera stödtjänster från resurser med underliggande effektvariationer krävs det att ett referensvärde¹ beräknas som visar vad produktionen/förbrukningen hade varit om stödtjänst inte hade varit aktiverad. I detta avsnitt ges definition av det referensvärde som ska beräknas av leverantören samt olika föreslagna metoder som kan användas för att förbättra ett referensvärde.

2.1 Definition av referensvärde

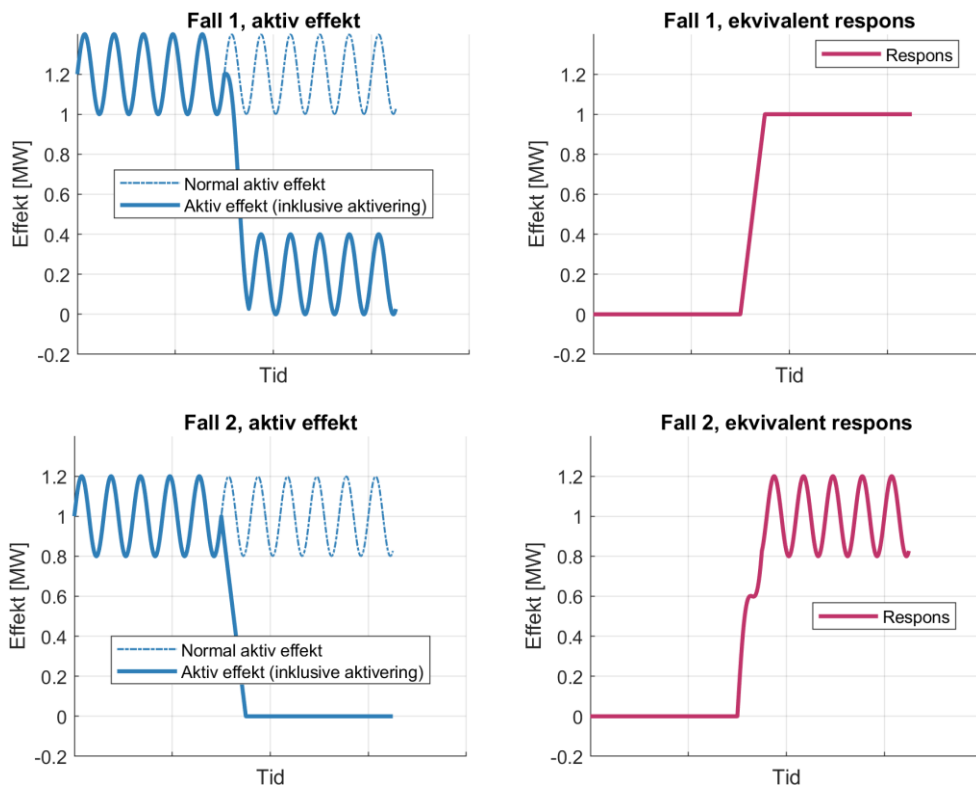
Leveransen av en stödtjänst definieras som differensen mellan uppmätt aktiv effekt och den effekt som hade producerats/förbrukats utan aktivering av stödtjänsten, normal aktiv effekt.

¹ Referensvärde i detta sammanhang avser tekniskt referensvärde (ej ekonomiskt), även kallat referenseffekt eller engelska Baseline.

Ekvation 1

$$'Leverans' = |'Uppmätt aktiv effekt' - 'Normal aktiv effekt'|$$

Principen bakom ekvation (1) illustreras i Figur 1.



Figur 1. Illustration av ekvivalent respons hos resurser med variabel förbrukning/produktion. **Övre raden:** I Fall 1 är variationerna opåverkade av aktiveringen och responsen blir då konstant. **Nedre raden:** I Fall 2 upphör effektvariationerna under aktivering, med en varierande respons som resultat, vilket inte är önskvärt.

I Fall 1 som kan ses i övre raden i Figur 1 visas en situation där effekten varierar på ett sätt som är oberoende av huruvida resursen har aktiverats eller inte. Leveransen påverkas alltså inte av variationerna och responsen blir konstant. I Fall 2 illustreras en situation där variationerna är beroende av leveransen. I detta fall överförs variationerna till responsen, i enlighet med grafen för ekvivalent respons för Fall 2, eftersom effektvariationerna upphör under aktivering. I Fall 2 går det således inte säkerställa en tydlig leverans av stödtjänst.

Under pågående aktivering är 'Normal aktiv effekt' typiskt sett inte tillgänglig för direkt mätning. Istället används en referensmetod för att beräkna referensvärdet som ska motsvara den normala aktiva effekt som hade producerats/förbrukats om

stödttjänst inte hade varit aktiverad. Referensvärdet används för att beräkna börvärdet för aktiv effekt under aktivering.

Ekvation 2

$$'Börvärde \text{ under aktivering}' = 'Referensvärde' + 'Börvärde \text{ leverans}'$$

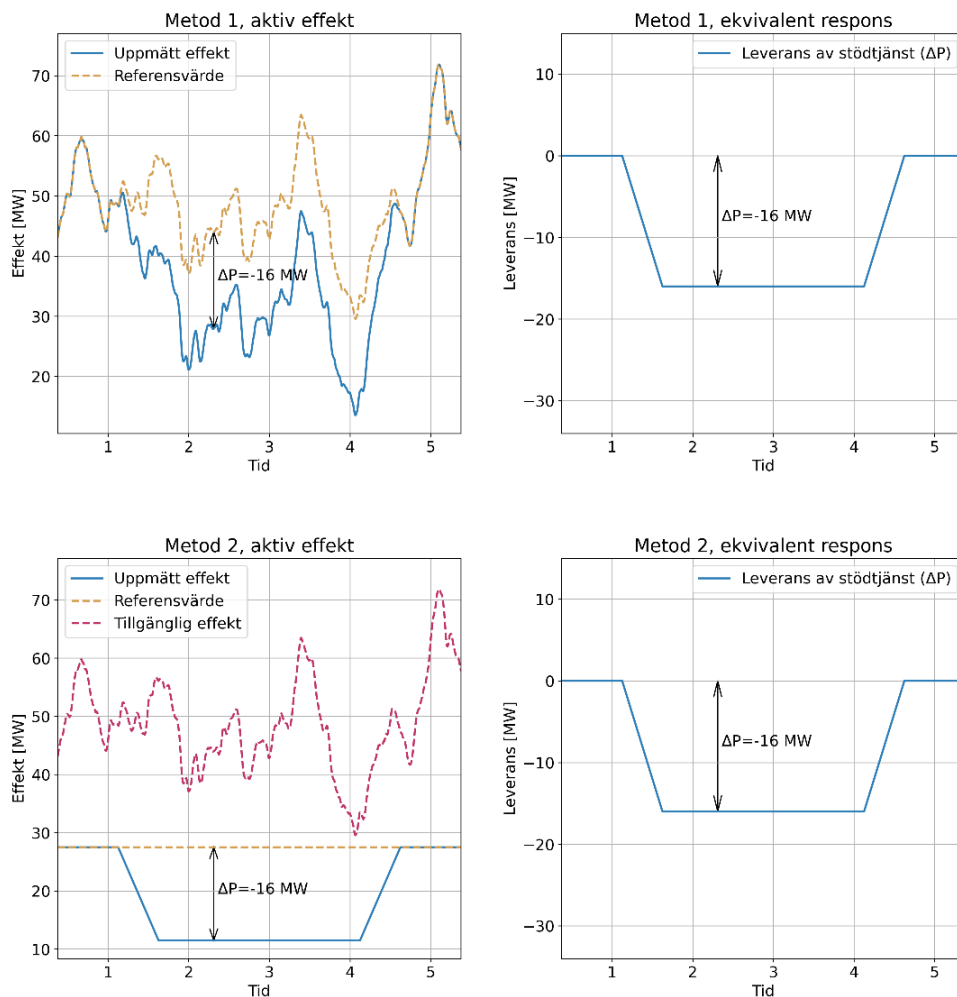
För att leveransen ska bli korrekt krävs att referensvärdet är tillförlitligt och överensstämmer med 'Normal aktiv effekt'. I de fall den aktiva effekten hos en resurs är fullt styrbar är referensvärdet entydigt och lika med den utstyrda effekten (exklusive reglering). Andra resurser, exempelvis vindkraft och solkraft, är till sin natur variabla. Det finns två olika principer för referensmetoder som dessa variabla resurser kan använda, i syfte att ta fram referensvärde och leverera stödttjänster:

Metod 1 - Reglera utifrån ett dynamiskt beräknat referensvärde som följer resursens naturliga effektvariationer. Vid en aktivering förskjuts resursens effekt nedåt eller uppåt i förhållande till den dynamiska referensnivån. Förskjutningen ska motsvara förväntad leverans. Detta dynamiska referensvärde kan exempelvis utgöras av teoretiskt tillgänglig effekt beräknad kontinuerligt utifrån lämpliga mätvärden.

Metod 2 - Begränsa börvärdet mot ett statiskt referensvärde i syfte att uppnå en väldefinierad baseffekt. Exempelvis kan en produktionsanläggning mata ut en konstant (begränsad) effekt istället för att leverera på teoretisk maxeffekt. Referensvärdet blir då tydligt definierat och regleringen sker utifrån denna fasta nivå. Motsvarande gäller för förbrukningsresurser.

Dessa två principer illustreras i Figur 2 och Figur 3 nedan, med exempel på ned- respektive uppreglering. Båda metoderna resulterar i en identisk leverans, i enlighet med Ekvation 1.

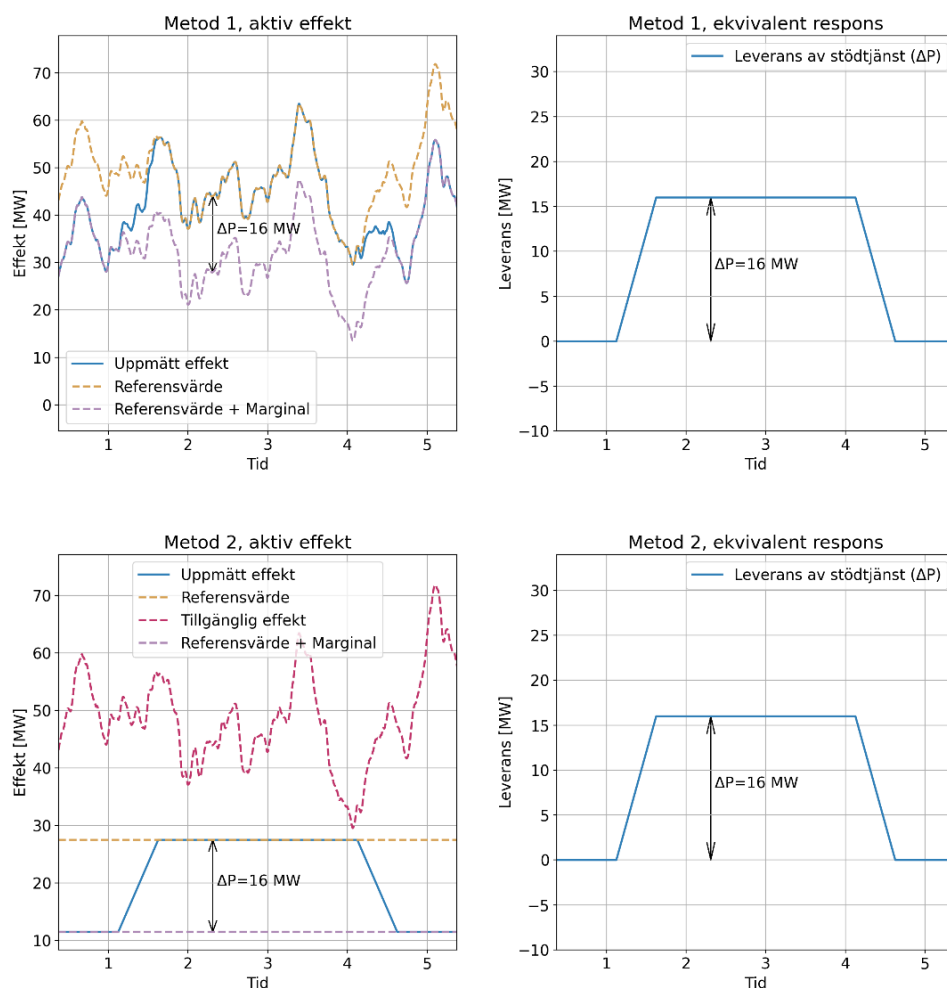
Nedreglering



Figur 2. Illustration av Metod 1 och Metod 2 vid leverans av nedreglering. **Övre raden:** exempel då Metod 1 tillämpas. Till vänster ses en dynamisk referensvärdeskurva som innan och efter aktivering följer resursens uppmätta normala effekt. Vid aktivering sker en förskjutning i effekt, i detta fall nedåt gentemot referenskurvan. Denna förskjutning motsvarar leveransen, vilken illustreras i figuren till höger. **Nedre raden:** exempel då Metod 2 med statiskt referensvärde tillämpas. Till vänster har börvärdet begränsats och följer inte längre den teoretiskt tillgängliga effekten, utan håller istället en stabil och väldefinierad nivå som utgör referensvärdet. Vid aktivering regleras effekten ned baserat på denna statiska kurva för baseffekten.

För både Metod 1 och Metod 2 som illustreras i Figur 2 observeras att stödtjänstleveransen blir densamma som ett resultat av att differensen mellan referensvärde och uppmätt effekt är identisk för de båda metoderna.

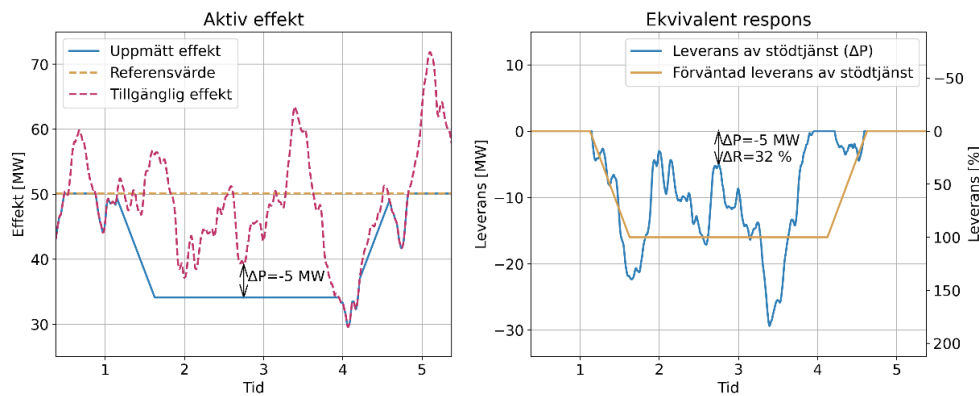
Uppreglering



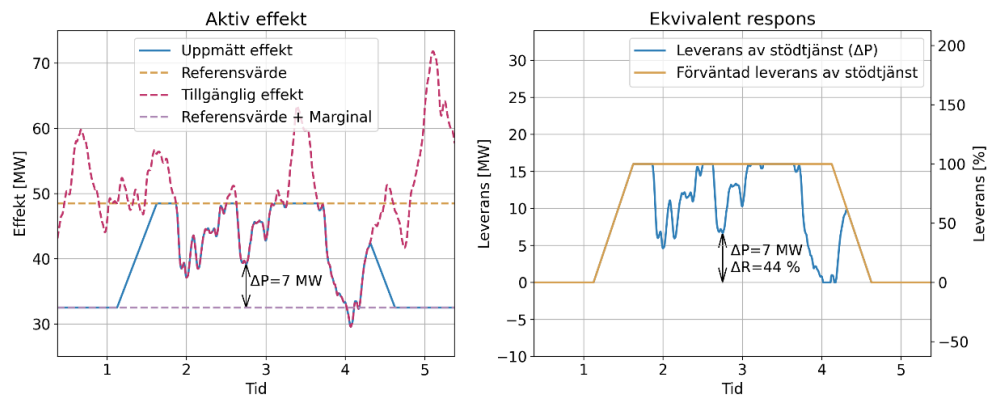
Figur 3. Illustration av Metod 1 och Metod 2 vid leverans av uppreglering. **Övre raden:** exempel då Metod 1 tillämpas. Till vänster ses en dynamisk referensvärdeskurva som innan och efter aktivering följer resursens uppmätta normala effekt. Vid aktivering sker en förskjutning i effekt, i detta fall i riktning mot referenskurvan eftersom en marginal har tillämpats för att möjliggöra uppreglering. Denna förskjutning motsvarar leveransen, vilken illustreras i figuren till höger. **Nedre raden:** exempel då Metod 2 med statiskt referensvärde tillämpas. Till vänster har börvärdet begränsats och följer inte längre den teoretiskt tillgängliga effekten, utan håller istället en stabil och väldefinierad nivå som utgör referensvärdet med en marginal för att möjliggöra uppreglering. Vid aktivering regleras effekten upp mot denna statiska kurva för baseffekten.

För både Metod 1 och Metod 2 som illustreras i Figur 3 observeras att stödtjänstleveransen blir densamma som ett resultat av att differensen mellan referensvärde med en marginal och uppmätt effekt är identisk för de båda metoderna.

Vid reglering som sker utifrån en dynamisk referensvärdeskurva ställs krav på att dessa värden momentant följer resursens naturliga effektvariationer. En avvikelse mellan referensvärde och aktiv effekt (som ej beror på aktivering av stödtjänsten), kommer resultera i en motsvarande avvikelse hos leveransen av stödtjänsten. Vid reglering som sker utifrån en statisk referensvärdeskurva krävs att tillräcklig marginal appliceras på den statiska referensvärdeskurvan för att garantera leverans av stödtjänst utifrån de naturliga effektvariationerna. Exempel på hur stödtjänstleveransen kan påverkas när varken Metod 1 eller Metod 2 uppfylls illustreras i Figur 4 nedan avseende nedreglering, samt i Figur 5 nedan avseende uppreglering. Dessa avvikelser kommer ge en absolut skillnad i aktiv effekt (MW), som sedan räknas om till relativ avvikelse i förhållande till avsedd leverans. De relativa avvikelserna ska minimeras, mätt i procent av såld kapacitet.



Figur 4. Illustration av leveransen då referensvärde varken överensstämmer med teoretiskt tillgänglig effekt (enligt Metod 1) eller har beräknats för att understiga denna (enligt Metod 2). I grafen till vänster syns uppmätt effekt, referensvärde och tillgänglig effekt under en tänkt nedreglering om 16 MW. Differensen mellan normal aktiv effekt utan reglering och referensvärde fortplantar sig och ger upphov till en motsvarande differens mellan förväntad och faktisk leverans av stödtjänsten. Denna differens leveransen illustreras i högra figuren i absoluta tal på vänster y-axel, och som relativ andel av förväntad leverans på höger y-axel. Det relativa felet ska minimeras.



Figur 5. Illustration av leveransen då referensvärde varken överensstämmer med teoretiskt tillgänglig effekt (enligt Metod 1) eller har beräknats för att understiga denna (enligt Metod 2). I grafen till vänster syns uppmätt effekt, referensvärde och tillgänglig effekt under en tänkt uppreglering om 16 MW. Differensen mellan normal aktiv effekt utan reglering och referensvärde fortplantar sig och ger upphov till en motsvarande differens mellan förväntad och faktisk leverans av stödtjänsten. Denna differens i leveransen illustreras i högra figuren i absoluta tal på vänster y-axel, och som relativ andel av förväntad leverans på höger y-axel. Det relativa felet ska minimeras.

2.2 Förslag på metoder för att förbättra ett referensvärde

Ett referensvärde ska tas fram för att ge en så bra representation som möjligt av produktionen/förbrukningen för en enhet/grupp när ingen aktivering av stödtjänst sker. Referensvärdet måste uppfylla definierade krav på avvikelse mellan referensvärde och uppmätt effekt samt avvikelser för percentilvärden. Ett referensvärde med låg kvalitet leder till att den minsta tillåtna budkapacitet ökar, vilket betyder att kapacitetsintervallet för budgivningen kommer att minskas. Med en väldigt låg kvalitet på referensvärdet, blir den minsta tillåtna budkapaciteten lika med eller högre än resursens märkeffekt vilket innebär att en förkvalificering ej kan godkännas. För att undvika detta finns metoder för att förbättra referensvärdet. I detta avsnitt presenteras några förslag på sådana metoder som kan användas. Observera att detta endast är förslag, det finns alltså inget krav på att använda någon av dessa metoder. Förslagen är skrivna på en övergripande nivå och måste, ifall de används, anpassas efter varje resurs.

Metoderna som presenteras nedan riktar sig framförallt mot framtagande av dynamiskt referensvärde, men det utesluts inte att varianter av dessa kan användas även för ett statiskt eller semistatiskt/semidynamiskt referensvärde. Det är upp till leverantören av stödtjänsten att avgöra om en lösning passar för deras resurser eller inte. Kombinationer av olika lösningar kan även övervägas för att uppnå bästa resultat. Observera att metoder för att förbättra referensvärdet inte begränsas till de metoder som nämns nedan utan en leverantör har möjlighet att använda egna metoder för att förbättra referensvärdet. Hur referensvärdet har tagits fram ska tydligt beskrivas i förkvalificeringsansökan.

2.2.1 Styrning av effekt mot referensvärde

Lämpar sig för leverans av stödtjänsterna: FFR, FCR, aFRR och mFRR.

För att kunna använda metoden med styrning av effekt mot referensvärde läggs en marginal till på det dynamiska referensvärdet vartefter produktionen/förbrukningen styrs mot det korrigerade referensvärdet. Denna marginal innebär en del produktionsspill alternativt förbrukningsreduktion och det är upp till leverantören att hitta en lämplig marginalnivå anpassade för dess resurser. Fördelen med denna metod är att det går att reducera avvikelserna i referensvärdet nästan helt.

2.2.2 Kalibrering

Lämpar sig för leverans av stödtjänsterna: FFR, FCR, aFRR och mFRR.

Kalibrering är en metod som lämpar sig om det finns en tydlig medelvärdesavvikelse mellan referensvärdet och den uppmätta aktiva effekten då stödtjänsten inte är

aktiverad. Målet med kalibrering är att kunna justera så att medelvärdet av avvikelserna mellan referensvärdet och uppmätt aktiv effekt blir noll.

Ett sätt att tillämpa kalibrering baseras på att analysera historisk data över produktion eller förbrukning och beräkna avvikelserna. Utifrån dessa data kan en kalibreringstabell för exempelvis olika produktions/förbrukningsintervall och/eller säsongbaserade variationer tas fram som visar hur referensvärdet bör kalibreras utifrån de faktorer som är mest avgörande för resursen i fråga.

Mätdata bör alltid övervakas och kalibreringstabellen bör uppdateras regelbundet för att vara aktuell.

2.2.3 Frysmetoden

Lämpar sig för leverans av stödtjänsterna: FFR och FCR-D².

Frysmetoden justerar referensvärdet vid aktiveringstillfället vilket minimerar initiala avvikelser och säkerställer därmed korrekt initial leverans. Justeringen baseras på avvikelserna mellan referensvärdet och uppmätta effekterna vid aktiveringstillfället. Justeringsvärdet som används fryses under aktiveringen av stödtjänsten och vid deaktivering nollställs justeringsvärdet igen tills nästa aktivering. Denna princip lämpar sig bäst för stödtjänster som vanligtvis aktiveras under kortare perioder, som FFR och FCR-D.

2.3 Reduktionsfaktor

Eventuella avvikelser mellan referensvärdet och uppmätt effekt påverkar den minsta budkapaciteten som en resurs tillåts leverera. För att kompensera för vad dessa eventuella avvikelser leder till som minsta kapacitet kan en reduktionsfaktor användas. Reduktionsfaktorn förbättrar inte referensvärdet utan möjliggör istället en budgivning med en lägre kapacitet och fungerar genom att extra kapacitet läggs till på den avropade kapaciteten, dvs. om den budade kapaciteten är $K_{red} \Delta P$ är den kapacitet som ska levereras ΔP . Ersättningen ges för den reducerade kapaciteten, $K_{red} \Delta P$. Reduktionsfaktor kan användas för FCR-D, FCR-N och aFRR med olika reduktionsfaktorer för de olika stödtjänsterna.

² Frysmetoden fungerar ej för FCR-D upp för vindkraft, solkraft eller andra resurser som behöver begränsa sin produktion för att kunna leverera FCR-D upp.

3 Insamling av data inför förkvalificering

För att förkvalificera en variabel resurs behöver leverantören samlat in minst två månaders data i rad, av bland annat uppmätt effekt, referensvärde och fiktiva eller tänkta bud³, mer om hur data ska rapporteras finns i Rapportering av mätvärden för enheter och grupper med variabel produktion och förbrukning [2]. Dessa data används för att utvärdera referensvärdets noggrannhet och strategi som kommer användas för budgivning.

Insamlad data måste innehålla minst 300 timmar med fiktiva bud för FFR och FCR och 150 timmar av fiktiva bud för aFRR och mFRR. Om antalet timmar med fiktiva bud inte uppnås under två månader får datainsamlingsperioden förlängas till dess att minsta antal timmar med fiktiva bud har uppnåtts.

För enheter/grupper som redan levererar stödtjänster eller avhjälpande åtgärder sedan tidigare behöver en paus i budgivningen göras för leverans av dessa stödtjänster under datainsamlingsperioden. Undantag kan ges till FCR-D ned eftersom aktiveringar sker sällan och är relativt korta. Anledningen till pausad budgivning av andra eventuella stödtjänster är att en aktivering av stödtjänst påverkar den uppmätta effekten och därmed utvärderingen av referensvärdet. Variabla resurser som inte deltar på någon stödtjänstmarknad sedan tidigare påverkas inte av detta.

Referensvärdet ska inte påverkas av stödtjänstaktivering eller uppmätt effekt och ska vara som det används under aktiveringar. Detta är nödvändigt för att referensvärdet ska vara användbart och att leveransen ska vara definierbar.

3.1 Val av tidsperiod för datainsamling

Vilken tidsperiod som lämpar sig för insamling av data är beroende av vilken typ av resurs som ska förkvalificeras.

För väderberoende resurser som sol- och vindkraft kan det under vintermånaderna finnas risk för snö och isbildning som kan påverka produktionen, t.ex. isbildning på vindkraftverkens rotorblad eller täckande snöskikt över hela eller delar av en solcellspark. Generell rekommendation för vindkraft och solkraft är därför att planera datainsamlingen till vår, sommar eller höst ifall referensvärdesberäkningen inte är anpassad för att ta hänsyn till påverkan från snö och/eller isbildning.

³ Fiktiva eller tänkta bud är den budkapacitet som skulle budats in om resurser deltagit på marknaden.

Oberoende av när datainsamling till förkvalificering sker förväntas det att leverantören kan garantera att kvaliteten på referensvärde och budtillgänglighet som uppvisats under förkvalificeringen kan bibehållas under de timmar som bud kommer läggas från enheten/gruppen efter godkänd förkvalificering.

4 Budgivning från variabla resurser

Vissa typer av variabla resurser är väderberoende och kan vid vissa vädersituationer påverkas negativt med utebliven leverans som följd. Därför kommer tillgänglig budkapacitet att utvärderas i förkvalificering [1]. Efter godkänd förkvalificering är det av stor vikt att leverantören minimerar risk för utebliven leverans vid budläggning.

4.1 Budgivning under vintertid

Det kan vara en stor utmaning att i väderprognoser förutse hur resurser och leverans av stödtjänst påverkas, t.ex. vind- och solkraft kan påverkas mycket negativt av isbildning på turbinblad eller snö som täcker hela eller delar av en solcellspark. För att leverera stödtjänster från vind- eller solkraft vid sådana väderförhållanden bör referensvärdet vara anpassat för att kunna ge en korrekt representation av effekten under dessa förutsättningar.

Det har visat sig vara svårt att förutse exakt när isbildning eller snöfall sker och därför behöver denna risk beaktas inför budläggning.

Kan budad kapacitet inte levereras under budtimmen behöver detta rapporteras till Svenska kraftnät så snart som möjligt och budläggning bör inte ske igen förrän det kan säkerställas att funktionen hos enheten/gruppen återgått till det normala.

5 Referenser

- [1] "Slutrapport från Pilotstudien: Leverans av stödtjänster från resurser med variabel produktion eller förbrukning," Svenska kraftnät, 2023.
- [2] "Rapportering av mätvärden för enheter och grupper med variabel produktion och förbrukning," Svenska kraftnät, 2023.