

Kiwa Kärnteknikdagarna 2019

Nya möjligheter för kärnkraften med flexibel drift

Vi har vant oss vid att se våra kärnkraftverk leverera jämn och stabil baskraft, som kompletteras med vattenkraft, biobränslebaserad kraft och numera allt oftare med intermittent kraft i form av vind-, solcells- och vågkraft. Det innebär en ojämna balans i nätet och en orolig prisbild med sämre lönsamhet. Därför har man inom den nukleära sektorn börjat överväga en flexibel kraftproduktion, men den innebär nya utmaningar. På kärnteknikdagarna 2019 var säker, hållbar och flexibel produktion ett bärande tema, särskilt med tanke på de konsekvenser förändrad drift medför för anläggningens livslängd och påverkan på material.

Flexibel drift ett kraftprov för energiproducenterna

Trots att vi människor gärna berömmar oss av att ha kontroll över vårt samhälle är det ändå naturen och dess processer som styr det mesta. Ett exempel är den moderna energiförsörjningen, som av miljöskäl allt mer styrs över mot förnyelsebara produktionsformer. Långvariga mulna perioder, hårda vindar eller stiltje påverkar tillgången på sol- och vindkraft. Under vårar och höstar har vi ett tillskott av vattenbaserad energi som en följd av snösmältning eller höstregn samtidigt som de senaste årens långvariga torra dränerar vattenmagasinen. Det blir allt svårare att förplanera produktionen. Samtidigt ökar efterfrågan på el genom att både industrin och transportsektorn blir allt mer beroende av elektricitet. Kärnkraften har genom sin stabila produktionsrytm varit en trygg bas, men en kraftigt fluktuerande prisbild under perioder med höga tillskott av intermittent energi gör det olönsamt att producera på en jämn nivå året om.

Samma problem förekommer globalt. Det finns flera förslag till lösningar, till exempel att lagra överskottsenergin i form av vätgas, som kan användas som sekundärenergi i stället för lagring i batterier. Men, diskussionen i dag gäller främst möjligheterna till flexibel produktion och vilka fördelar och nackdelar det kan innebära att ställa om till en varierande kraftproduktion.

Vad säger forskningen om flexibel produktion?

EPRI, Electric Power Research Institute, är ett av världens mest ansedda forskningsinstitut inom energiproduktion och användning av elektricitet med huvudsäte i USA. Sherry **Bernhoft** är Senior Program Manager på EPRI i Dallas. På kärnteknikdagarna sammanfattade hon slutsatser från den forskning som EPRI bedriver kring livstidsförlängning och flexibel drift i kärnkraftverk.



Bild 1. Sherry Bernhoft, EPRI, USA

”När intermittent produktion läggs ovanpå baskraften kan en situation uppkomma då efterfrågan och utbud inte möts, vilket ökar risken för överbelastning av nätet. EPRI har sedan 2012 forskat kring de tekniska effekter som kan uppstå på anläggningen och bränslet när kraftproduktionen varierar.”

I USA förekommer flera olika modeller för flexibel produktion. Vanligast är att man på förhand planerar en nedskärning till 80 % av normal nivå i takt med förändringarna av efterfrågan under dygnet. En del operatörer har också undersökt möjligheterna att gå ner till 50 % produktion under 2-8 veckor för att svara mot säsongvariationer. Forskning pågår också för extremfallet att snabbt gå ner till 30 % med en brant ramp på 2-5 % per minut vid uppkörning för att svara mot snabba fluktuationer i nätet. En så dramatisk förändring av produktionen kräver ytterligare forskning innan man vet vilka modifikationer om behövs i anläggningen och driften.

”Forskningen fokuseras på flera områden som radioaktiv säkerhet, påverkan på ånggeneratoren, reaktorn och byggnader samt direkta materialfrågor som till exempel flödesaccelererad korrosion på grund av ändrad vattenkemi. Vår slutsats är dock att kärnkraftverk kan leverera stabil baskraft OCH vara flexibla.”

Sherry påpekar också att underhållsavdelningen och operatörerna bör vara extra vaksamma på tecken som oväsen eller ökande vibrationer.

”Man kan behöva öka inspektionsintervallet för kritiska komponenter och vara beredd på att till exempel rör som inte påverkas av 100 % last kan ta skada vid körning med dellast. Korrosionsprodukter transporteras också lättare i systemet när flödet varierar.”

Som sammanfattning konstaterar Sherry att det är ekonomin som driver utvecklingen mot flexibel operation.

”En viss amerikansk kraftproducent sparar miljontals dollar genom att driva 21 enheter flexibelt och undvika negativa elpriser. Ingen vill egentligen vara flexibel, men vi måste vara det av ekonomiska skäl. Vattenkemin kan hanteras men övervakning och inspektionsprogram måste modifieras. Alternativet är att använda överskottet el för avsättning eller vätgasproduktion. I det senare fallet kan man använda en reversibel bränslecell och mata in effekt i nätet igen när elpriserna är på topp.”

Erfarenheter från flexibel drift

Westinghouse är med sina 9000 anställda och verksamhet i 19 länder en stark aktör i den globala kärnkraftsindustrin. Matthew **Solmos** berättar att företaget och dess kunder upplever en accelererande trend mot flexibel drift. Sedan 2012 har efterfrågan på baskraft fallit med upp till 40 % mellan klockan 9 och 16 för att sedan uppvisa en allt brantare ramp med snabb effektökning fram till klockan nio på kvällen. Orsaken är tillskottet av intermittent kraft.

”Vi rekommenderar en stegvis övergång till flexibel drift (FPO) för att minska riskerna. Det finns ingen vägledning i regelverket för hur man skall övergå från stabil baskraftproduktion till varierande effektuttag. Westinghouse har upprättat en fyrstegsplan för att övergå till FPO.”

I det första steget identifierar man förutsättningarna och eventuella begränsningar i form av design och bränsle. I det andra steget börjar man hantera begränsningarna som till exempel förändringar i vattenkemin och gör en riskbedömning. I det tredje steget börjar man implementera den nya driftmodellen, gör en säkerhetsanalys och utformar detaljerade planer för modifiering av systemet samt upprättar ett nytt inspektionsprogram. Det fjärde steget innehåller nödvändiga uppgraderingar av anläggningens teknik och kontrollsystem samt implementeringen av nya inspektionsrutiner.

”Vid analys av hur förändringar i matarvattentemperaturer och flöden påverkat komponenter har man kunnat konstatera att FPO medför nya förutsättningar. Westinghouse har tillsammans med sina kunder klassat komponenterna efter risk för nedbrytning samt konstaterad degradering.”

Westinghouse har undersökt både tryckvattenreaktorer (PWR) och kokvattenreaktorer (BWR). För de senare finns en preliminär rapport, där anläggningsägare delar med sig av sina erfarenheter.

”PWR är generellt sett flexiblare än BWR, som uppvisar en större variation. Det finns en bred spännvidd i driftsförutsättningarna och kostnadsbilden är inte helt klar, men det finns en försiktig optimism i USA. Genomförande av FPO på ett säkert och ekonomiskt sätt kräver ett gränsöverskridande samarbete, till exempel inom ramen för EPRI. Vi har också sett att nordiska enheter har en annan design och vi har fått intressanta erfarenheter från försök med en BWR hos TVO i Finland.”

Kärnenergis framtid är flexibel?

Framatome är en annan stor aktör inom den globala kärnkraftsindustrin. Thibaut **Gain** berättar att företaget har uppdrag att hantera mer än 80 reaktorer i fullt flexibel drift.

”Vi kan på basen av tusentals driftårs erfarenhet konstatera att operatörerna med flexibel drift fått förbättrad lönsamhet utan signifikant påverkan på anläggningarna. Framtidens kärnkraft är flexibel!”

Osäkerheten kring villkoren för energiproduktionen, särskilt prisbilden, gör att investeringar i kärnkraft kan bedömas innebära en affärsrisk. Flexibel drift håller elnätet stabilt och frånvaron av överutbud innebär prisstabilitet.

”För att inte utbudet av förnybar energi skall leda till instabilitet är det viktigt att vi kan lagra energi som produceras när behovet är lägre än efterfrågan. Då den lagrade energin kan sättas in vid behov får vi en flexibel energiförsörjning där de olika produktionsformerna kompletterar varandra och fossil energi kan fasa ut.”

Framatome har tagit fram lösningar som tillåter ett brett spann av laster, från 100 % till 30 %. Också variationerna i last och rampen vid uppkörning av effekten påminner om kolkraftverk även om man inte når upp till gasturbinernas stora flexibilitet.

”Det är ett stort antal variabler som skall beaktas vid flexibel produktion, allt från förändrad vattenkemi, nya korrosionsrisker och vibrationsmönster till utbildning av operatörer och underhållspersonal. Nya kärnkraftverk är redan från början designade för flexibel drift, men äldre enheter kommer att behöva investeringar i styrsystem och utbyte av vissa komponenter. Men, som helhet betraktat går investeringen ihop.”

Vad säger regelverket om flexibel drift?

Tekniskt sett kan ett kärnkraftverk gå från 100 % till 0 % produktion och vice versa snabbt och smidigt, men en frekvent varierad produktion innebär stress på anläggningen – men som framkommer ovan kan de riskerna hanteras. Hur är det då med regelverket – vad säger bestämmelserna om flexibel produktion?

”Kraftnätens egenskaper håller på att förändras. EU:s tredje energipaket från 2009 om en harmonisering av elmarknaden spelar in, likaså VAREN om att främja intermittenta och förnybara energikällor. I Sverige och Tyskland avvecklar vi leverantörer av baskraft som Oskarshamn 1 och 2 samt Ringhals 1 och 2. Det innebär en ökad efterfrågan på nätanpassning. Vad säger då regelverket?”, frågar Mattias **Karlsson** från den svenska Strålskyddsmyndigheten SSM.

I dag består regelverket av kärnkraftslagen 1984:3, miljöbalken 1998:808 och SSM:s föreskrift 2008:17, där det bland annat står att man skall använda sig av bästa tillgängliga teknologi och undvika belastningar på reaktorn för att säkra strålsäker drift. Olika incidenter är graderade enligt sannolikhet.

”Det finns inget hinder i regelverket för flexibel drift. Till exempel de svenska reaktorerna från Asea Atom är från början konstruerade för varierande produktion, men man måste validera och verifiera att de ursprungliga egenskaperna består och också utarbeta nya driftsrutiner. Det finns dock inget behov att ställa upp nya regler för att tillåta flexibel produktion.”