



SKI-PM

05:13

Datum
2005-07-04

Vår referens

Fastställd

Författare

Per Olov Nützmann, tf GD

Ninos Garis, RT
Jan In de Betou, RT
Jan-Erik Lindbäck, RT

Effekthöjningens påverkan på kärnbränsleförbrukning och utsläpp till omgivningen samt transport, mellanlagring och slutförvar av utbränt kärnbränsle

1. Inledning

I samband med pågående diskussioner om att höja den termiska effekten vid flera svenska kärnkraftreaktorer har frågor väckts om vilken inverkan detta har på kärnbränsleförbrukningen och utsläppen till omgivningen samt transport, mellanlagring och slutförvar av utbränt kärnbränsle.

I denna promemoria redovisar SKI sin syn på dessa frågeställningar.

2. Allmänt om hur den termiska effekten påverkar reaktorn och dess driftförhållanden

En höjning av den termiska effekten i en reaktor kan påverka anläggningen på en rad olika sätt och i varierande grad beroende på höjningens storlek. De förhållanden och parametrar som kan påverka säkerheten måste därför identifieras och analyseras för att klargöra om säkerhetskraven uppfylls med nödvändiga marginaler.

Följande huvudsakliga förhållanden och parametrar påverkas av en större effekthöjning:

- Medelvärde av effekttätheten i härden ökar vid en effekthöjning. Detta kan, beroende på hur effekthöjningen görs, innebära att säkerhetsmarginalerna minskar. Genom lämplig härdoptimering kan lågt belastade kärnbränsleknippen¹ få ökad effekt medan det högst belastade knippet inte påverkas. Även vid en högre belastning i det högst

¹ Kärnbränsleknippe eller kärnbränslepatron är en reaktorkomponent som innehåller stavar med kärnbränsle.

STATENS KÄRNKRAFTINSPEKTION
Swedish Nuclear Power Inspectorate

POSTADRESS 106 58 Stockholm
BESÖK Klarabergsviadukten 90
TELEFON 08-698 84 00
TELEFAX 08-661 90 86
E-POST ski@ski.se
WEBBPLATS www.ski.se

belastade bränsleknippet kan nödvändiga säkerhetsmarginaler bibehållas genom användning av kärnbränsle med högre prestanda.

- Ångflödet från kokvattenreaktorers reaktortryckkärl och tryckvattenreaktorers ånggeneratorer kommer under normal drift att öka vid en effekthöjning. Detta medför ett högre tryckfall i ångledningarna vilket ger högre belastning på vissa system och komponenter. Det kan därför vara aktuellt med förbättrad övervakning och uppföljning samt nya analyser, t.ex. med avseende på vibrationer i rörsystem och i reaktortryckkärlens respektive ånggeneratorernas interna delar.
- Vissa transientförlopp kommer att bli snabbare. Inställningsvärden för reaktorskyddet kommer att påverkas. Detta innebär att förnyade analyser och andra åtgärder behöver utföras för att visa att kraven är uppfyllda.
- Vissa haveriförlopp kommer att påverkas vid en effekthöjning. Detta innebär att anläggningens haverihantering behöver ses över.
- Resteffekten kommer att öka vid en effekthöjning. Detta innebär en ökad belastning på säkerhetssystemen. I vissa situationer kommer tiden för operatörsingrepp att reduceras. Förnyade säkerhetsanalyser behöver därför göras för att visa att säkerhetskraven är uppfyllda med nödvändiga marginaler. Även de säkerhetstekniska driftförutsättningarna med tillhörande instruktioner behöver uppdateras. Utbildnings- och träningsprogrammen för driftpersonalen behöver också ses över.
- Mass- och energifrigörelsen till reaktorinneslutningen i händelse av ett ångledningsbrott eller brott på primärkretsen kan komma att påverkas av en effekthöjning. Tryckutvecklingen i inneslutningen i samband med dessa händelser beror huvudsakligen på termisk effekt och primärsystemets drifttemperatur. I korttidsförloppet avgör massfrigörelsen medan långtidsförloppet påverkas av resteffekten och därmed av effekthöjningen. Förnyade hållfasthets- och säkerhetsanalyser behöver därför göras för att visa att säkerhetskraven är uppfyllda med nödvändiga marginaler.
- Temperaturförhållandet i en tryckvattenreaktors reaktorkylkretsar kommer att ändras vid en effekthöjning. Detta kan påverka belastningsbilden och korrosionsbenägenheten i aktuella områden. Förnyade analyser behöver därför göras för att visa att nödvändiga hållfasthetsmarginaler innehålls. Även programmen för återkommande kontroll kan behöva ses över.
- Avställningsmarginalen kan komma att minska vid en effekthöjning. Detta behöver analyseras och beaktas genom tillämpade strategier för härdomladdning.
- Belastningen på vissa elektriska system och komponenter kan komma att öka vid en effekthöjning. Detta innebär att kraven på hur elförsörjningens kapacitet (dieselgeneratorer, batterier, omformare, etc.) i störnings- och haverisituationer uppfylls vid den högre effektnivån behöver ses över.
- Neutronstrålningen i härden kommer att öka. Detta innebär bl.a. att programmen för kontroll av bestrålningsförsprödning och bestrålningsinducerad spänningskorrosion behöver ses över.

3. Effekthöjningens påverkan på kärnbränsleförbrukning

Kärnbränsleförbrukningen i en reaktorläggning kommer, om inga ytterligare åtgärder genomförs, att öka i samma utsträckning som effekthöjningen. Detta betyder att 1 % ökad termisk effekt medför att cirka 1 % mer kärnbränsle kommer att förbrukas. En höjning av den termiska reaktoreffekten kan genomföras genom att fler kärnbränsleknippen förbrukas.

Genom att höja anrikningen av klyvbart material (uran-235) per kärnbränsleknippe, kan man dock reducera eller till och med eliminera behovet av fler kärnbränsleknippen. Modifieringar i bränslekonstruktionen kan också tänkas att i begränsad utsträckning minska behovet av fler bränsleknippen.

Troligen kommer kraftbolagen att använda sig av en kombination av ökad förbrukning och anrikningshöjning för att höja den termiska effekten. Valet av metod beror på en ekonomisk värdering där bl.a. kostnaden för ökad anrikning, större mängd uran och slutförvar påverkar.

4. Effekthöjningens påverkan på omgivningen under normal drift och haverier

Under normal drift påverkas omgivningen dels genom utsläpp till luft och vatten, dels genom luftspridd strålning från turbinläggningen. En ökning av den termiska effekten kommer att medföra en ökning i produktionen av radioaktiva ämnen som i stort är proportionell mot effekthöjningen. Detta innebär att stråldoserna till omgivningen vid normal drift kommer att öka i samma grad som effekthöjningen. Dock kommer stråldoserna till omgivningen fortfarande att vara långt under fastställda gränsvärden.

Dessutom påverkas anläggningens omgivning genom att mer värme förs till havet och att mer kemiska produkter används. Förbrukningen av kemikalier förväntas öka i motsvarande grad som effekthöjningen.

För konstruktionsstyrande händelser och även händelser som utgör grunden för kärnreaktorers konsekvenslindrande system vid svåra haverier, skall reaktorinneslutningen fungera så att regeringskravet på maximalt utsläpp är uppfyllt, dvs. inte mer än 0.1% av de radioaktiva ämnena i kärnan för en reaktor med termisk effekt på 1800 MW får släppas ut till omgivningen. I samband med effekthöjningarna, måste åtgärder vidtas för att innehålla detta krav. Vid mycket svåra haveriförlopp med låg sannolikhet som medför utsläpp till omgivningen, kommer utsläppen till omgivningen att öka i samma grad som effekthöjningen.

5. Effekthöjningens påverkan vid förvaring, transport, mellanlagring och slutförvar av utbränt kärnbränsle

Förvaring av kärnbränsle vid anläggningen

För att kunna förvara fler kärnbränsleknippen vid anläggningen som följd av effekthöjningen, behöver utrymmet i torrförråd och bränslebassänger ses över. För kärnbränsle med högre anrikning av klyvbart material (uran-235) behöver kriticitetssäkerhetsanalyserna för mottagning, torrförråd och bränslebassänger uppdateras.

I bränslebassängerna för använt kärnbränsle kommer den totala resteffekten att vara högre till följd av effekthöjningen oavsett om man ökar antalet bränsleknippen eller höjer

anrikningen. För att kunna förvara kärnbränsle som har en högre resteffekt i bränslebassängerna behöver kapaciteten hos bassängernas kylsystem analyseras.

Transport till och förvaring i CLAB av utbränt kärnbränsle

Med bibehållen anrikning, kommer antalet transporter med utbränt kärnbränsle till CLAB att öka. Behållare för transport till CLAB och förvaringskassetter i CLAB kan användas som tidigare. Om man däremot väljer ökad anrikning, kommer inte antalet transporter att öka i samma utsträckning men det kan behövas ny licensiering för transportbehållaren och kassetterna. Dessutom behöver kylkapaciteten i CLAB verifieras eftersom kärnbränsle med högre resteffekt kommer att förvaras där.

Slutförvar av utbränt kärnbränsle

Om antalet utbrända bränsleknippen ökar, medför detta att fler kopparkapslar behöver användas i slutförvaret. Om man däremot väljer ökad anrikning, behöver inte antalet kopparkapslar öka i samma utsträckning. Detta förutsätter dock att man kan klara av kraven på kriticitets säkerhet och resteffekt. Inom SKB pågår utredningar för att ta fram en inkapslings- och deponeringsstrategi för använt kärnbränsle som beaktar bl.a. de planerade effekthöjningarna.

Låg- och medelaktivt avfall

Den årliga producerade mängden lågaktivt avfall bedöms inte påverkas av en effekthöjning i någon betydande omfattning. Däremot kommer den årliga produktionen av medelaktivt avfall i form av jonbytarmassor att öka i stort sett i samma grad som effekthöjningen.

Sammanfattning

Förbrukningen av antalet kärnbränsleknippen i en reaktoranläggning kommer, om inga ytterligare åtgärder genomförs, att öka i samma utsträckning som effekthöjningen. Dock kan behovet av fler bränsleknippen reduceras eller elimineras om anrikningen av klyvbart material (uran-235) per kärnbränsleknippe höjs.

Utsläpp till omgivningen kommer också att öka i samma utsträckning som effekthöjningen om inga ytterligare åtgärder vidtas.

Om antalet utbrända bränsleknippen ökar, medför detta att fler kopparkapslar behöver användas i slutförvaret. Om man däremot väljer ökad anrikning, behöver inte antalet kopparkapslar nödvändigtvis öka i samma utsträckning.

Sändlista

Miljö- och samhällsbyggnadsdepartementet

För kännedom inom SKI

GD, cR, cK, cN, cI, cRx, IPN

./.